



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ
PRÓ-REITORIA DE ENSINO E GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL**

IGOR YURI SANTOS DA SILVA

**APLICAÇÃO DE FERRAMENTA SIG PARA OBTENÇÃO DE MAPEAMENTO DE
SOLO POR DUAS BASES DE DADOS DE ENSAIOS DO TIPO S.P.T. DA REGIÃO
CENTRAL DE MACAPÁ**

MACAPÁ-AP

2023

IGOR YURI SANTOS DA SILVA

**APLICAÇÃO DE FERRAMENTA SIG PARA OBTENÇÃO DE MAPEAMENTO DE
SOLO POR DUAS BASES DE DADOS DE ENSAIOS DO TIPO S.P.T. DA REGIÃO DO
CENTRO DE MACAPÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Engenharia Civil como requisito para
obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil
pela Universidade Federal do Amapá.

Orientador: Prof. Me.Luis Henrique Rambo

MACAPÁ-AP

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Central/UNIFAP-Macapá-AP
Elaborado por Mário das Graças Carvalho Lima Júnior – CRB-2 / 1451

- S586 Silva, Igor Yuri Santos da.
Aplicação de ferramenta SIG para obtenção de mapeamento de solo por duas bases de dados de ensaios do tipo S.P.T. da região central de Macapá / Igor Yuri Santos da Silva. - Macapá, 2023.
1 recurso eletrônico. 68 folhas.
- Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Amapá, Coordenação do Curso de Engenharia Civil, Macapá, 2023.
Orientador: Luis Henrique Rambo.
- Modo de acesso: World Wide Web.
Formato de arquivo: Portable Document Format (PDF).
1. SIG. 2. Sondagem a percussão. 3. Mapeamento. I. Rambo, Luis Henrique, orientador. II. Universidade Federal do Amapá. III. Título.

CDD 23. ed. – 624

IGOR YURI SANTOS DA SILVA

APLICAÇÃO DE FERRAMENTA SIG PARA OBTENÇÃO DE MAPEAMENTO DE SOLO POR DUAS BASES DE DADOS DE ENSAIOS DO TIPO S.P.T. DA REGIÃO DO CENTRO DE MACAPÁ

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Amapá.

Data de Aprovação: 12/09/2023

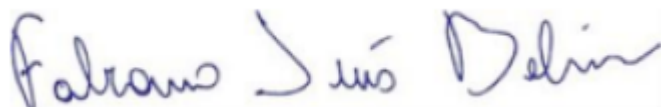
Documento assinado digitalmente
gov.br LUIS HENRIQUE RAMBO
Data: 14/09/2023 21:18:51-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Luis Henrique Rambo – Orientador
Universidade Federal do Amapá – UNIFAP

Documento assinado digitalmente
gov.br ADENILSON COSTA DE OLIVEIRA
Data: 15/09/2023 11:43:33-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Me. Adenilson Costa de Oliveira – Examinador interno
Universidade Federal do Amapá – UNIFAP



Prof. Dr. Fabiano Luís Belém – Examinador interno
Universidade Federal do Amapá – UNIFAP

Documento assinado digitalmente
gov.br MARCELO AUGUSTO RAMBO
Data: 15/09/2023 11:12:33-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Esp. Marcelo Augusto Rambo – Examinador externo
Universidade Federal de Rondônia - UNIR

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me prover o dom da vida.

O desenvolvimento deste trabalho de conclusão de curso contou com a ajuda de diversas pessoas, dentre eles:

A mulher da minha vida, Thayná Corrêa, por me ajudar em todos os âmbitos ao longo deste trabalho, sendo meu porto seguro e meu acalanto nos momentos difíceis.

A minha mãe, Elione Santos, que sempre acreditou em mim e foi a minha maior incentivadora dos meus estudos.

A minha madrinha, Eliana Santos, que partiu antes de poder me ver chegar ao ensino superior, porém sempre me incentivou mesmo sabendo das minhas dificuldades.

Ao meu orientador, Luis Henrique Rambo, por me auxiliar da melhor forma possível mesmo com o pouco tempo para o desenvolvimento do trabalho.

RESUMO

A fundação de uma obra é a ligação final da estrutura com o solo, por isso conhecer as características do solo sob o qual construirá é de total importância, pois a partir desses atributos é possível avaliar as opções de fundações viáveis. Porém muitas vezes para se estipular o tipo de solução e seu custo não se possui uma ferramenta prévia que possa auxiliar nesse momento. O trabalho buscou desenvolver mapas representativos do centro da cidade de Macapá, sobre os parâmetros de nível do impenetrável, nível do lençol freático e NSPT por cota altimétrica, advindos de laudos de ensaios cedidos por duas bases de dados. A partir dessas referências foi desenvolvido o banco de dados com essas informações em função da altimetria da região, e foi feita a inserção desses dados no software ArcMap 10.8, o qual foi usado para a criação das superfícies dos mapas por meio de dois métodos de interpolação. Através dos mapas obtidos foi possível traçar correlações com a topografia e também com canais presentes na região, assim tornando-os satisfatórios.

Palavras-chave: Sistema de Informações Geográficas (SIG), Sondagem a Percussão, Krigagem, IDW.

ABSTRACT

The foundation of work is the final connection of the structure with the soil, therefore knowing the characteristics of the soil on which it will be built is of total importance since from these attributes it is possible to evaluate the options of viable foundations, but often to stipulate the type of solution and its cost if there is no previous tool that can help at this time. The work sought to develop representative maps of the center of the city of Macapá, on the parameters of impenetrable layer, water table and NSPT by altimetric level, Comments on test reports provided by two databases, from these references were the development of a database with this information depending on the altimetry of the region, and this data was inserted into the ArcMap 10.8 software, which was used to create the surfaces of the maps through two interpolation methods. Through the maps obtained, it was possible to trace correlations with the topography and also with channels present in the region, thus making them satisfactory.

Keywords: Geographic Information System (GIS), Standard Penetration Test, Kriging, IDW.

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1 –	Estado de compacidade e consistência.....	15
Figura 2 –	Classes de tipos de solos.....	16
Figura 3 –	Estado do Amapá no Mapa de Climas do Brasil.....	21
Figura 4 –	Unidades Geotécnicas Amapá.....	22
Figura 5 –	Mapa de Geodiversidade do Amapá: Área 8.....	23
Figura 6 –	Fluxograma do método de trabalho.....	24
Figura 7 –	Localização dos furos na área de estudo	26
Figura 8 –	Mapa de Altimetria.....	28
Figura 9 –	Mapa do nível do Impenetrável.....	29
Figura 10 –	Mapa do nível do lençol freático.....	30
Figura 11 –	Mapa de NSPT cota 14.....	31
Figura 12 –	Mapa de NSPT cota 13.....	32
Figura 13 –	Mapa de Tipo de Solo - Cota 9.....	33
Figura 14 –	Mapa de Tipo de Solo - Cota 8.....	34
Figura 15 –	Mapa de Tipo de Solo - Cota 3.....	35
Figura 16 –	Mapa de Tipo de Solo - Cota 2.....	36
Figura 17 –	Mapa do nível do Impenetrável com destaque na zona de maior profundidade.....	37
Figura 18 –	Mapa de Altimetria com destaque na zona de maior altimetria.....	38
Figura 19 –	Mapa de Altimetria.....	39
Figura 20 –	Mapa do nível do lençol freático.....	40
Figura 21 –	Mapa de NSPT cota 06.....	41
Figura 22 –	Mapa de NSPT cota 05.....	42
Figura 23 –	Mapa de NSPT cota 04.....	43
Figura 24 –	Mapa de NSPT cota 03.....	44
Figura 25 –	Mapa de NSPT cota 02.....	45
Figura 26 –	Mapa de NSPT cota 0.....	46
Figura 27 –	Mapa de NSPT cota -01.....	47
Figura 28 –	Mapa de NPST por Cota Altimétrica (Cota 14).....	51
Figura 29 –	Mapa de NPST por Cota Altimétrica (Cota 13).....	52

Figura 30 – Mapa de NPST por Cota Altimétrica (Cota 12).....	53
Figura 31 – Mapa de NPST por Cota Altimétrica (Cota 11).....	54
Figura 32 – Mapa de NPST por Cota Altimétrica (Cota 10).....	55
Figura 33 – Mapa de NPST por Cota Altimétrica (Cota 09).....	56
Figura 34 – Mapa de NPST por Cota Altimétrica (Cota 08).....	57
Figura 35 – Mapa de NPST por Cota Altimétrica (Cota 07).....	58
Figura 36 – Mapa de NPST por Cota Altimétrica (Cota 06).....	59
Figura 37 – Mapa de NPST por Cota Altimétrica (Cota 05).....	60
Figura 38 – Mapa de NPST por Cota Altimétrica (Cota 04).....	61
Figura 39 – Mapa de NPST por Cota Altimétrica (Cota 03).....	62
Figura 40 – Mapa de NPST por Cota Altimétrica (Cota 02).....	63
Figura 41 – Mapa de NPST por Cota Altimétrica (Cota 01).....	64
Figura 42 – Mapa de NPST por Cota Altimétrica (Cota 0).....	65
Figura 43 – Mapa de NPST por Cota Altimétrica (Cota -01).....	66
Figura 44 – Mapa de NPST por Cota Altimétrica (Cota -02).....	67
Figura 45 – Mapa de NPST por Cota Altimétrica (Cota -03).....	68

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	OBJETIVOS	11
2.1	OBJETIVO GERAL	11
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
3	REFERENCIAL TEÓRICO	12
3.1	FUNDAÇÕES.....	12
3.1.1	Tipos de fundações	12
3.1.2	Escolha do tipo de fundação	13
3.2	INVESTIGAÇÃO GEOTÉCNICA.....	13
3.3	ÍNDICE DE CONSISTÊNCIA DE SOLOS ARGILOSOS PELO NSPT.....	14
3.4	CLASSES DOS TIPOS DE SOLO.....	15
3.5	MAPEAMENTO.....	17
3.5.1	Mapa temático	17
3.5.2	Análise espacial	17
3.5.3	Coordenadas cartográficas	17
3.5.4	Geoprocessamento	18
3.5.5	Mapeamento de solos no brasil	18
3.6	INTERPOLAÇÕES.....	18
3.6.1	Krigagem	18
3.6.2	Inverse of Distance Weighted (IDW)	19
4	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	20
4.1	CLIMA.....	20
4.2	GEOMORFOLOGIA.....	22
5	METODOLOGIA	24
5.1	LEVANTAMENTO E AQUISIÇÃO DOS DADOS.....	25
5.2	CRIAÇÃO DO BANCO DE DADOS.....	25
5.2.1	Escolha dos furos	25
5.2.2	Locação dos furos	26
5.2.3	Altimetria dos furos	26

5.3	PROCESSAMENTO DE DADOS EM SIG.....	27
5.3.1	Escolha do tipo de interpolação.....	27
5.4	CRIAÇÃO DOS MAPAS TEMÁTICOS.....	27
6	APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS.....	28
6.1	MAPA DE ALTIMETRIA DA REGIÃO ESTUDADA.....	28
6.2	MAPA DO NÍVEL DO IMPENETRÁVEL.....	29
6.3	MAPA DE NÍVEL DO LENÇOL FREÁTICO.....	29
6.4	MAPAS DE NSPT POR COTA ALTIMÉTRICA.....	30
6.5	MAPAS DE TIPOS DE SOLO.....	32
7	DISCUSSÕES.....	37
7.1	NÍVEL DO IMPENETRÁVEL.....	37
7.2	NÍVEL DO LENÇOL FREÁTICO.....	38
7.3	NSPT POR COTA ALTIMÉTRICA.....	40
7.4	TIPOS DE SOLO POR COTA ALTIMÉTRICA.....	47
8	CONCLUSÃO.....	48
	REFERÊNCIAS.....	49
	ANEXO I.....	51

1. INTRODUÇÃO

O solo é o aparelho de apoio final de uma obra, portanto conhecer suas características é de total importância para o desenvolvimento de um projeto e execução de fundação. De acordo com Das (2010) as fundações são responsáveis por transferir as cargas da estrutura para o solo de maneira segura e estável.

Características como nível d'água, NSPT por metro, nível do impenetrável e tipo de solo são determinantes para quaisquer tipos de fundações tecnicamente viáveis para o empreendimento, a exemplo da estaca tipo broca, que não pode ser executada atravessando o nível d'água pois isso pode causar a lavagem do concreto da estaca pela água do lençol freático. Porém nesse caso, como alternativa, pode-se utilizar estacas pré-moldadas ou estacas escavadas com concretagem sobre pressão como a hélice contínua e a raiz. Além disso, conhecer o NSPT e a consistência do solo pode ser importante para a tomada de decisão de utilização de estacas escavadas por trado, pois cada tipo de trado possui uma determinada força de rotação que suporta até determinada consistência do solo.

Segundo a NBR 6122 (2019) os seguintes aspectos devem ser considerados para previsão de desempenho de fundações: visita ao local; feições topográficas e eventuais indícios de instabilidade de taludes; indícios da presença de aterro na área; indícios de contaminação do subsolo; prática local de projeto e execução de fundações; estado das construções vizinhas; peculiaridades geológico-geotécnicas na área.

A importância do trabalho desenvolvido é criar uma ferramenta que auxilie na estipulação do tipo de fundação de um determinado empreendimento, pois estimar o valor da fundação sem a realização do ensaio SPT previamente torna-se muito difícil saber qual será a melhor solução, porém muitas vezes o cliente deseja um valor estipulado antes da execução desse ensaio, sendo assim, possuir um mapa com dados retirados de ensaios SPT da região auxilia a estimar de forma mais confiável como será o solo naquele local, mesmo que não substitua o ensaio.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Elaborar mapas geotécnicos representativos do centro da cidade de Macapá através de duas bases de dados distintas, por meio de interpolação de dados de ensaio SPT.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Coletar dados de sondagens a percussão feitas na região de estudo;
- b) Coletar dados de altimetria da região de estudo;
- c) Aplicar interpolação para estimar valores dos atributos em locais ainda não conhecidos, a partir da interpolação dos dados conhecidos;
- d) Gerar mapas de estimativa com o nível d'água;
- e) Gerar mapas de estimativa da cota do Impenetrável a percussão;
- f) Gerar mapas de estimativa do NSPT característico da região em diferentes cotas altimétricas;
- g) Gerar mapas de tipos de solo da região.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 FUNDAÇÕES

De acordo com Das (2010), as fundações são elementos fundamentais na construção de edifícios, pois são responsáveis por transferir as cargas da estrutura para o solo de maneira segura e estável. Para escolher o tipo adequado de fundação, é preciso considerar as características do terreno e as exigências da edificação. Existem dois tipos principais de fundações: superficiais, que são executadas próximas à superfície do solo, e profundas, que são instaladas em camadas mais profundas do solo.

Segundo Fellenius (2012), a escolha do tipo de fundação adequado depende das particularidades do solo, das cargas a serem suportadas pela estrutura e das condições de construção. É fundamental a realização de uma análise de estabilidade para garantir que a fundação seja capaz de suportar as cargas e as variações do solo ao longo do tempo. Além disso, é importante considerar as questões de qualidade na construção e a necessidade de monitoramento para assegurar a eficácia e a segurança das fundações.

Conforme estabelecido pela NBR 6122 (2019), as fundações têm como função principal transferir as cargas provenientes da edificação para o solo de apoio, assegurando a estabilidade e segurança da estrutura. Em outras palavras, as fundações são elementos estruturais que têm a responsabilidade de distribuir as cargas da edificação de maneira que a pressão resultante não comprometa a estabilidade da construção.

3.1.1 Tipos de fundações

De acordo com a norma NBR 6122:2019, as fundações superficiais são aquelas que se apoiam diretamente sobre o solo, com carga transmitida ao solo predominantemente por pressão pela base, e sua cota de assentamento não supera o dobro da menor dimensão da fundação.

Segundo Velloso e Lopes (2010) fundações profundas são aquelas em que o mecanismo de ruptura da base não afeta a superfície, o que está relacionado com a ruptura ocorrer a uma distância da base igual a duas vezes a menor dimensão.

3.1.2 Escolha do tipo de fundação

Segundo Falconi (2019) os critérios para seleção do tipo de fundação são três, o técnico que vem primeiro e deve garantir a segurança da edificação, como cargas, tipo de empreendimento, solo e construções adjacentes, após a definição dos tipos tecnicamente viáveis os critérios econômico e de mercado entram com questão de disponibilidade de equipamentos, viabilidade de transporte, entre outros.

De acordo com Reis (2000) ao analisar o recalque de edificações de forma separada e considerando as construções vizinhas pode ocorrer variação, por isso é importante verificar os prédios adjacentes.

A NBR 6122 em seu item 4.7.2 diz que qualquer obra de fundação feita próximo a construções pré-existentes deve ser projetada levando em consideração os possíveis efeitos sobre essas edificações.

3.2 INVESTIGAÇÃO GEOTÉCNICA

A determinação do tipo de fundação de um empreendimento está diretamente ligada ao solo daquele local, pois determinados tipos de fundação não são aconselháveis em certas situações, como nos casos de estacas escadas em regiões com o lençol freático incidente na cota onde pretende-se colocar a estaca.

Portanto é extremamente necessário a investigação do solo para se deliberar as opções tecnicamente viáveis, a forma mais usada de investigação na cidade de Macapá é o ensaio de sondagem a percussão, mas conhecida como SPT (Standard Penetration Test), que segundo Velloso e Lopes (2010) consiste na penetração de um amostrador normalizado, por meio de golpes de um peso de 65 kgf a uma altura de 75 cm, com relação a esses são anotados os os golpes necessários para avançar os últimos 45 cm de cada metro, divididos em três conjuntos de 15 cm, o resultado do SPT é o número de golpes necessários para cravar os 30 cm finais do, ou seja a soma dos dois últimos conjuntos de 15 cm, desprezando o primeiro.

Segundo a NBR 6484 (Solo - Sondagens de simples reconhecimento com SPT - Método de ensaio) tem como objetivo a determinação dos tipos de solo em suas respectivas profundidades de ocorrência; a posição do nível d'água; e os índices de resistência à penetração (N) a cada metro.

O ensaio SPT por meio do seu amostrador que traz uma amostra do solo a cada metro, auxilia na identificação das características geológicas, através da visão e do tato o técnico que executa o ensaio classifica o solo, e essas amostras podem também podem ser avaliadas em laboratório.

3.3 ÍNDICE DE CONSISTÊNCIA DE SOLOS ARGILOSOS PELO NSPT

Segundo Berberian (2015) pode-se classificar a consistência de solos argilosos pelo NSPT encontrado, onde valores de 0 a 2 é muito mole, 3 a 4 é mole, 5 a 8 média, 9 a 15 rija, 16 a 30 muito rija, e mais de 30 dura.

A NBR 6484 (Solo - Sondagem de simples reconhecimento com SPT - Método de ensaio) apresenta uma tabela (Figura 1) sobre o estado de compactidade e consistência para areias e argilas em função do índice NSPT.

Figura 1 – Estado de compactidade e consistência.

Solo	Índice de resistência à penetração <i>N</i>	Designação ^a
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)

^a As expressões empregadas para a designação da compactidade das areias (fofa, compacta etc.) são referências à deformabilidade e à resistência destes solos, sob o ponto de vista de fundações, e não podem ser confundidas com as mesmas denominações empregadas para a designação da compactidade relativa das areias ou para a situação perante o índice de vazios críticos, definidos na mecânica dos solos.

Fonte: NBR 6484 (2020).

3.4 CLASSES DOS TIPOS DE SOLO

Berberian (2015) apresenta uma tabela (Figura 2) sobre pressões admissíveis onde apresenta classes dos tipos de solo, assim relacionando uma característica qualitativa a valores.

Figura 2 – Classes de tipos de solos.

Tab. 3.3.1.3 Pressões (admissíveis) NBR 6122 - SPT= N_{70} Ampliada por Berberian (2011)

CLASSE	DESCRIÇÃO	MPa	Kg/cm ²
1	Rocha sã, maciça, sem laminações ou sinais de decomposição	3,0	30
2	Rochas estratificadas, com pequenas fissuras,	1,5	15
3	Rochas alteradas ou em decomposição (Saprólito)	Ver nota	3
4	Solo granulares concrecionado conglomerado	1,0	10
5	Solo pedregulhoso Compacto a Muito Compacto	0,6	6
6	Solo pedregulhoso fofo	0,3	3
Areias			
7 S	Areia Muito Compacta SPT >40	0,5	5,0
8 S	Areia Compacta 19 ≤ SPT < 40	0,4	4,0
9 S	Areia Medianamente Compacta 9 ≤ SPT < 19	0,2	2,0
10 S5C	Areia Argilosa Mto. Comp SPT > 40	0,4	4,0
11 S5C	Areia Argilosa Comp 19 ≤ SPT < 40	0,3	3,0
12 S	Areia Medianamente. Comp 9 ≤ SPT < 19	0,4	1,5
13 SMC	Areia Silto Argilosa Mto Comp SPT > 40	0,4	4,0
14 SMC	Areia Silto Argilosa Comp. 19 ≤ SPT < 40	0,3	3,0
15 S5M	Areia Siltosa Med. Comp 9 ≤ SPT < 19	0,15	1,5
Argilas			
16 C	Argila Dura 20 ≤ SPT < 50	0,3	3,0
17 C	Argila Rija 11 ≤ SPT < 20	0,2	2,0
18 C	Argila Média 6 ≤ SPT < 10	0,1	1,0
19 C5S	Argila Arenosa Dura 20 ≤ SPT < 50	0,3	3,0
20 C5S	Argila Arenosa Rija 11 ≤ SPT < 20	0,15	1,5
21 C5S	Argila Arenosa Media 6 ≤ SPT < 10	0,4	4,0
22 C5M	Argila Siltosa Dura 20 ≤ SPT < 50	0,3	3,0
23 C5M	Argila Arenito Siltoso Rija 10 ≤ SPT < 20	0,15	1,5
24 C5M	Argila Siltoso Média 6 ≤ SPT < 10	0,3	3,0
Siltes			
25 M	Silte Duro 20 ≤ SPT < 50	0,2	2,0
26 M	Silte Rijo 11 ≤ SPT < 20	0,1	1,0
27 M	Silte 6 ≤ SPT < 10	0,4	4,0
28 M5S	Silte Arenoso Mto. Comp. SPT > 40	0,3	3,0
29 M5S	Silte Arenoso Compacto 19 ≤ SPT < 40	0,15	1,5
30 M5S	Silte Arenoso Med. Comp 9 ≤ SPT < 19	0,3	3,0
31 M5C	Silte Argiloso Duro 20 ≤ SPT < 50	0,2	2,0
32 M5C	Silte Argiloso Rígido 11 ≤ SPT < 20	0,1	1,0
33 M5C	Silte Argiloso Médio 6 ≤ SPT < 10		

Fonte: Berberian (2015).

3.5 MAPEAMENTO

3.5.1 Mapa temático

Segundo a NBR 13133 Carta ou Mapa são representações gráficas de especificidades físicas, naturais e não naturais de uma região real, como as devidas convenções e orientações que permitam o correto entendimento, portanto é um material que auxilia na identificação de uma região para um determinado fim desejado.

De acordo com Fitz (2008) um mapa temático baseia-se em outros mapas para representar fenômenos da superfície terrestre, e deve possuir alguns elementos como título, convenções, mapa-base, escala, indicação do Norte, as referências, o sistema de projeção e de coordenadas usadas.

3.5.2. Análise espacial

Segundo Câmara et al. (2004) a análise espacial tem como intuito introduzir o espaço em uma análise de fenômenos de qualquer espécie, desde ocorrência de crimes a análise geológica. Os problemas de análise espacial podem ser classificados em três tipos, eventos ou padrões pontuais, relacionados a questões ocorridas em locais específicos; áreas com contagens e taxas agregadas, a qual está relacionada com levantamento populacional; e por fim as superfícies contínuas que surgem a partir de dados retirados em campo que podem ou não estar regularmente dispostos.

3.5.3. Coordenadas cartográficas

De acordo com Fitz (2008) os a representação mais comum de coordenadas é pelo sistema sexagesimal, onde latitude (coordenada horizontal) e longitude (coordenada vertical) são representados por graus (°) minutos (') e segundos ("), e servem para localizar um ponto na superfície da Terra.

O sistema geodésico atual do Brasil é o Sirgas2000, é um sistema baseado no GNSS (Global Navigation Satellite System), tendo precisão milimétrica por estar relacionado a satélites (IBGE, 2011).

3.5.4 Geoprocessamento

Segundo Rosa (2013) geoprocessamento é um conjunto de tecnologias que buscam coletar e tratar informações espaciais e como a criação de sistemas e aplicações, está diretamente relacionado a cartografia digital, processamento digital e sistema de informações geográficas (SIG).

Segundo Rosa (2013) um SIG é um sistema destinado à aquisição, armazenamento, manipulação, análise, simulação, modelagem e apresentação de dados geográficos, comumente da superfície terrestre.

3.5.5. Mapeamento de solos no Brasil

Existem estudos dessa área em outros locais do Brasil como o realizado em Blumenau-SC por Thiesen (2016) com o título de “Aplicação de Ferramenta SIG para Mapeamento Geotécnico e Cartas de Aptidão para Fundação a Partir de Ensaio SPT: Um Estudo de Caso em Blumenau/SC”, e também na cidade de Macapá-AP como o realizado por Silva (2019) com o título “Aplicação de Ferramenta Sig para a Interpolação de Dados Obtidos em Ensaio SPT: Análise da Profundidade do Lençol Freático, do Impenetrável e dos Valores de N_{spt} da Região Central de Macapá-AP”.

3.6. INTERPOLAÇÕES

As interpolações podem ser determinísticas, como o caso do IDW, ou probabilísticas como no caso da Krigagem, e ambas baseiam-se em funções matemáticas.

Segundo Mesquita (2009) a diferença entre essas formas é que a o probabilístico busca não somente prever o resultado a partir de funções matemáticas, mas também recorre a métodos estatísticos, assim podendo estimar as incertezas dos resultados.

3.6.1. Krigagem

A Krigagem é uma metodologia de interpolação que depende de modelos matemáticos e estatísticos que busca não apenas prever os o que é desconhecido como também avaliar o erro que ocorre na previsão. Esse método também depende de autocorrelação entre os dados disponibilizados, pois essa correlação pode ser positiva ou negativa dependendo da proporcionalidade entre eles.

A autocorrelação ocorre em função da distância, e correlaciona dados observados em locais distintos, através da função:

$$Z(s) = \mu(s) + \varepsilon(s)$$

Em que Z é a característica de interesse, μ é a uma tendência e ε é a localização do ponto de observação.

Segundo Júnior (2006) a diferença entre a Krigagem e os outros métodos é a forma como os pesos são atribuídos, pois esses são determinados a partir da análise espacial baseado no semivariograma experimental, além de ter variância mínima.

3.6.2. Inverse of Distance Weighted (IDW)

Segundo Murara (2019) a interpolação IDW (Inverse of Distance Weighted) é feita com a combinação de linear ponderada de um conjunto de dados da amostra, é atribuída uma ponderação a cada um dos pontos que dita a influência desse ponto sobre a superfície e esse influxo diminui quando a distância do ponto aumenta. Portanto um local da superfície tem influência de todos os pontos amostrais, mas o tamanho dessa influência depende da distância que os pontos com dados têm deste local.

4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

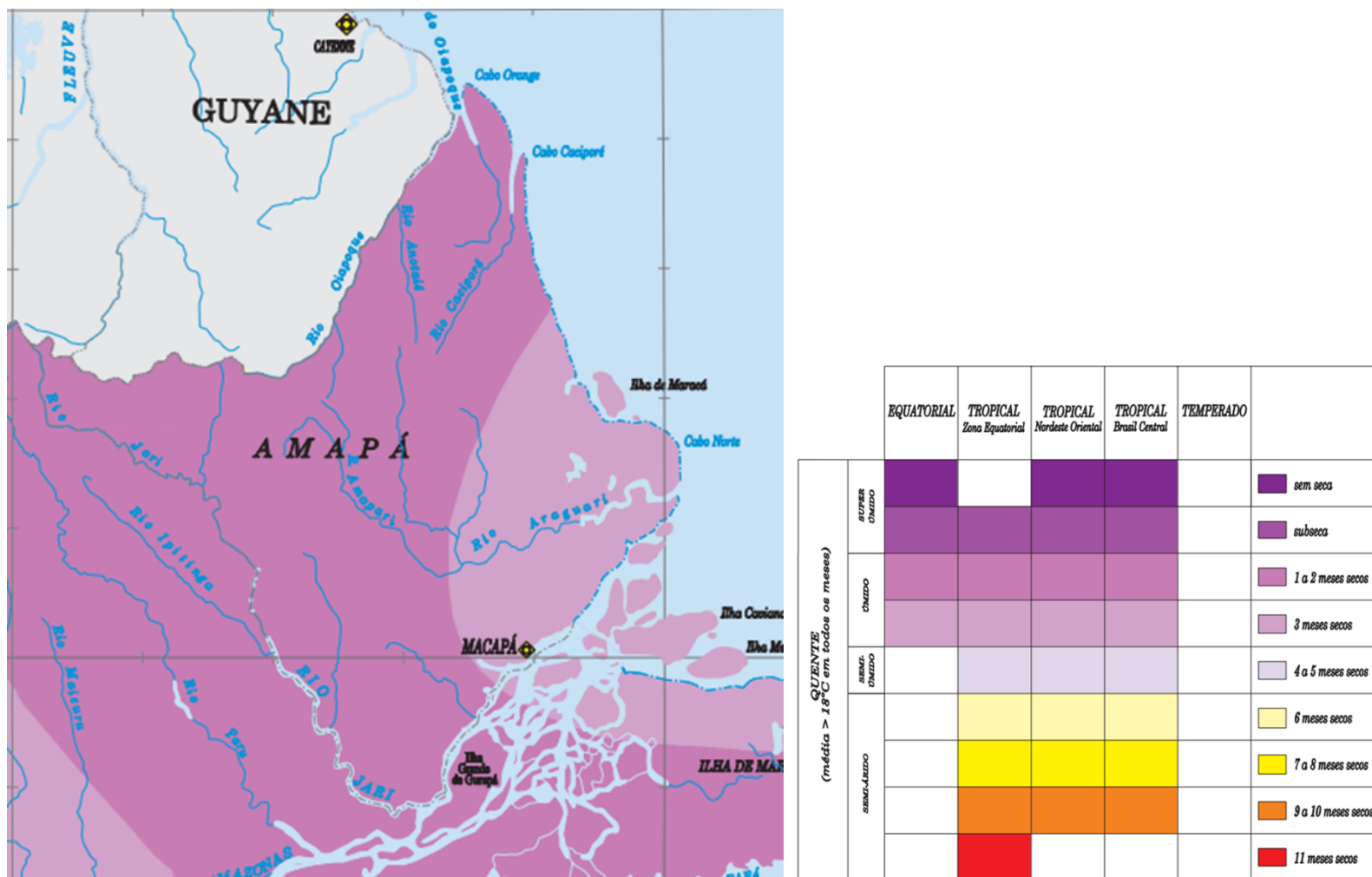
Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2023), a área territorial de Macapá é de 6.563,849 km² e segundo o Censo 2022 possui população de 442.933 habitantes, cerca de 60% da população do estado.

A área de estudo (Figura 3) está localizada no centro comercial da cidade de Macapá-AP, capital do Estado do Amapá, com relação a construções a região se caracteriza por possuir muito prédios comerciais, dentre eles os maiores prédios da cidade o prédio da Associação Comercial e Industrial do Amapá (ACIA) de dezoito pavimentos; e duas torres residenciais de vinte e três pavimentos. Além disso, a área abrange dois canais, o canal da Mendonça Júnior na zona nordeste da área, e o canal do Beírol na zona sudoeste.

4.1. CLIMA

Segundo o Mapa de Climas do Brasil (Figura 3) a cidade de Macapá possui clima equatorial úmido com 3 meses secos.

Figura 3 – Estado do Amapá no Mapa de Climas do Brasil.



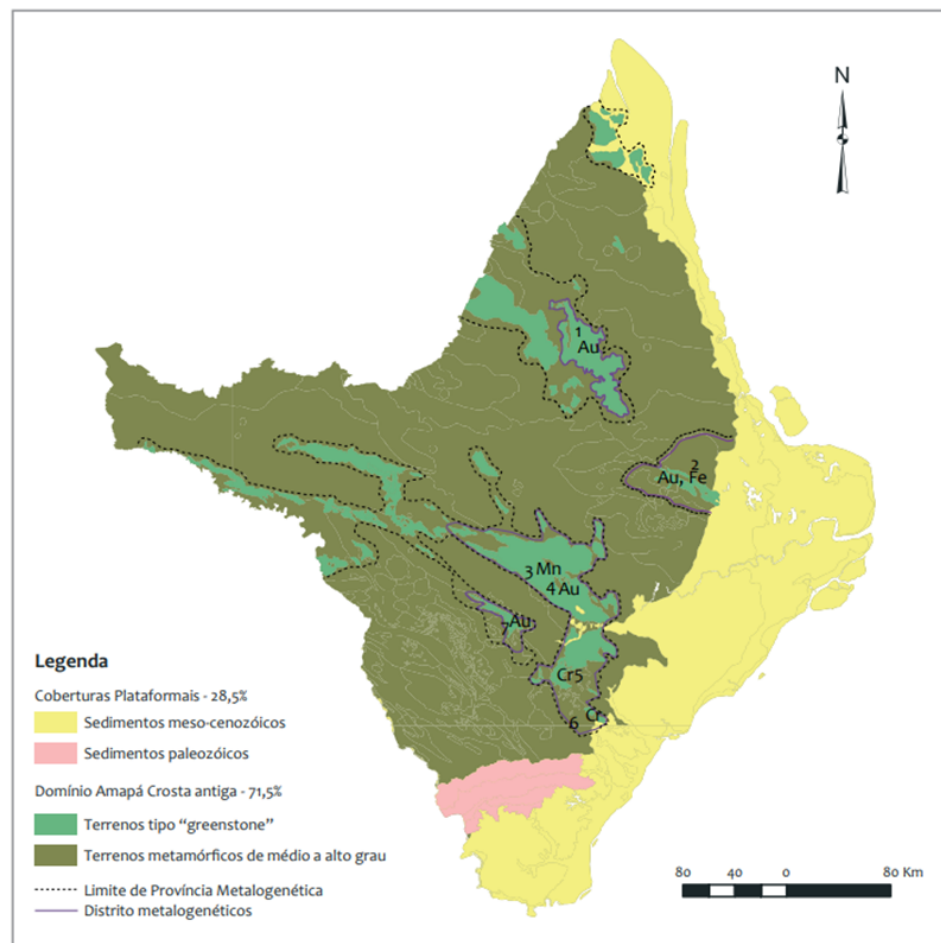
Fonte: IBGE - Mapa de Climas do Brasil (1978).

4.2. GEOMORFOLOGIA

A cidade de Macapá está, de acordo com Lima et. al (1991, apud SILVEIRA, 1998) está na Planície Flúvio-Marinha Macapá-Oiapoque, e por ser uma planície flúvio-marinha sofre influência de formação de origem processos marinhos e fluviais.

Oliveira (2010) afirma que “O Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá (2002) com base nos trabalhos de Carvalho, et al. (1995) e Faraco e Carvalho (1994) apresenta um arcabouço geológico simplificado para o Estado do Amapá, caracterizado por duas unidades geotectônicas distintas”, as quais ser vistas na Figura 4 a região com cores amarela e rosa são de Coberturas Plataformais e região com tons de verde são de Domínio Amapá Crosta antiga.

Figura 4 – Unidades Geotécnicas Amapá.



Fonte: Diagnóstico do Setor Mineral do Estado do Amapá (2010).

Segundo o Mapa de Geodiversidade do Amapá (Figura 5) a capital Macapá está situada na área 8 Macapá-Santana que é caracterizada em substância e contexto geológico por possuir argila (comumente encontrado em áreas de margens de rios e igarapés, está relacionado ao Domínio de Sedimentos Cenozoicos Inconsolidados ou pouco consolidados, depositados em meio aquoso) e saibro (resultado de depósito de materiais incoerentes e inconsolidados ocasionados pelo intemperismo autóctono originado de rochas graníticas).

Figura 5 – Mapa de Geodiversidade do Amapá: Área 8.



Fonte: IBGE – CPRM: Mapa Geodiversidade do Estado do Amapá (2013).

5. METODOLOGIA

A Figura 6 demonstra um fluxograma da metodologia utilizada para a execução dos mapas.

Figura 6 - Fluxograma do método de trabalho.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

5.1. LEVANTAMENTO E AQUISIÇÃO DOS DADOS

Os dados utilizados foram disponibilizados por duas empresas, a empresa A e a empresa B, os quais se tratam de ensaios SPT realizados por essas empresas em diversos pontos da cidade, porém foram utilizados os pontos que estavam dentro da área de estudo pré-determinada. Dentre os dados presentes nos laudos de sondagens encontra-se o endereço onde a sondagem foi realizada e a partir disso com o auxílio do programa Google Earth Pro foi possível adquirir as coordenadas planimétricas. Baseado no mapa topográfico verificou as altimetrias de cada ponto de coleta eram diferentes, mostrando que não existe uma padronização da cota altimétrica dos pontos coletados. Na análise os pontos foram separados por cota altimétrica, para que houvesse a correta compatibilização entre os dados pois por exemplo o primeiro metro de um ponto em uma cota altimétrica mais alta não necessariamente corresponde ao primeiro metro de outro ponto numa cota mais baixa, o que prejudicaria a interpolação feita pelo programa.

5.2. CRIAÇÃO DO BANCO DE DADOS

A criação do banco de dados foi feita com os dados disponibilizados que estão na área de estudo, e conta com as seguintes características: NPST (resultado do ensaio SPT) por camada altimétrica, nível do lençol freático e cota do impenetrável à percussão, e os tipos de solo, locação dos furos e altimetria dos furos.

5.2.1. Escolha dos furos

Os relatórios utilizados vieram em grande parte com mais de um furo de sondagem por obra, portanto existe a necessidade de determinação de um furo mais significativo para cada obra. Os parâmetros que serão utilizados são o furo com a menor média de golpes necessários para cravar os 30 cm finais e com o lençol freático mais aflorado.

5.2.2. Locação dos furos

A locação dos furos foi realizada através do estudo das plantas que foram disponibilizadas e dos endereços presentes nos relatórios de sondagem, através disso foi utilizado a Google Earth Pro para determinação das coordenadas dos furos, em UTM dentro da Zona 22 N do sistema Sirgas 2000. A Figura 7 mostra a locação dos furos feitos no Google Earth Pro.

Figura 7 - Localização dos furos na área de estudo.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

5.2.3. Altimetria dos furos

A altimetria dos furos foi determinada a partir de um modelo digital IDM, do Banco de Dados Geográficos do Exército (BGDEx) que contém as informações de topografia da região estudada.

5.3. PROCESSAMENTO DOS DADOS EM SIG

Com a base de dados realizada os mapas geotécnicos foram feitos com a utilização do software ArcGis, onde foi introduzido o banco de dados e realizadas as superfícies com o uso de duas formas de interpolação, a Krigagem, utilizada para os mapas de impenetrável a percussão e nível de água, e também foi utilizada a IDW (Inverse Distance Weighted - Inverso do Peso da Distância).

5.3.1 Escolha do tipo de interpolação

O que determinou o uso das interpolações para cada um dos casos foi o número de dados usados nas superfícies, para o impenetrável e o nível de água haviam muitos pontos, 43 e 31 respectivamente, já os casos de NSPT e tipo de solo foi usado o IDW por possuir menos de 25 pontos em cada uma das cotas.

5.4. CRIAÇÃO DOS MAPAS TEMÁTICOS

Com as superfícies desenvolvidas foi feito a escolha das legendas a serem utilizadas de acordo com o propósito do estudo, a classificação do Nível do Impenetrável foi feita metro a metro, a de Nível de Água foi feita metro a metro de profundidade, devido a variação dos valores ser pequena e demonstrar melhor o resultado obtido, já o NSPT por metro foi escolhido fazer a classificação pelo método de Berberian para argilas, essa escolha ocorreu devido a grande variação de valores e o solo mais recorrente nas sondagens ser o solo argiloso. E o dos tipos de solo foi feito a partir das classes de Berberian.

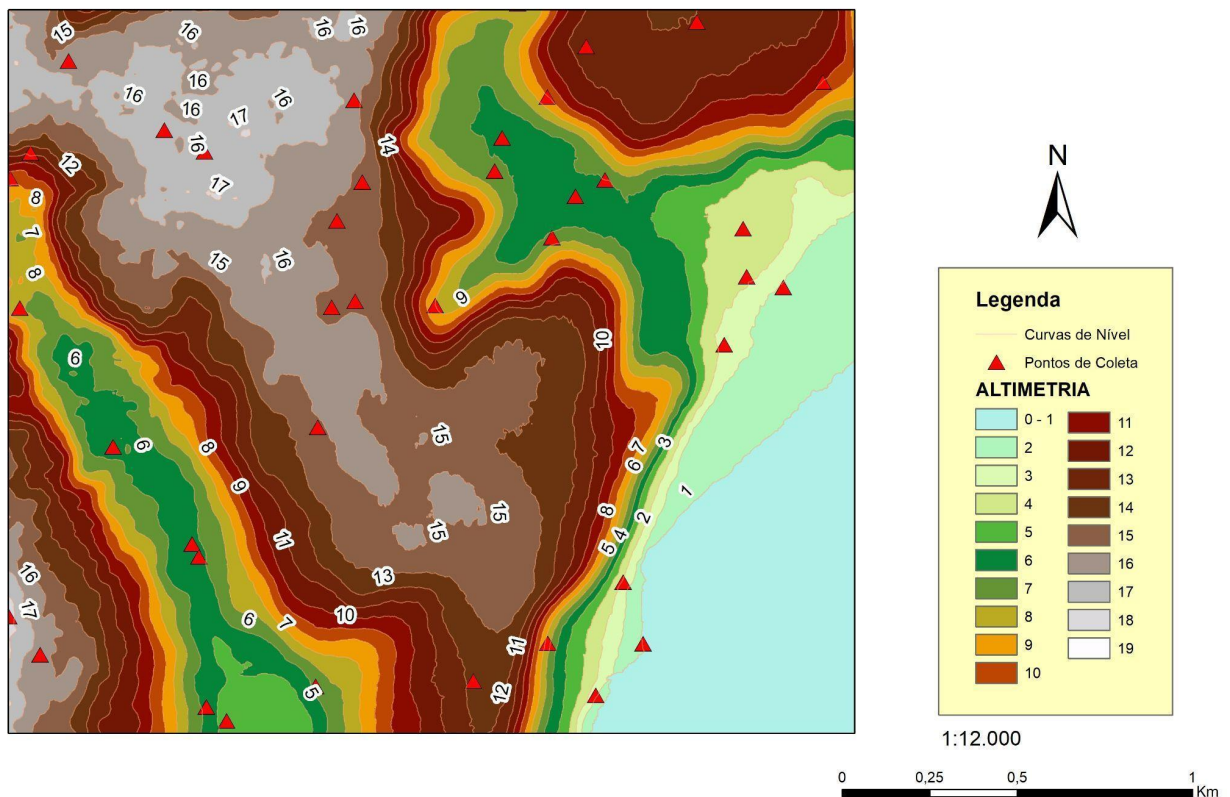
6. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

6.1. MAPA DE ALTIMETRIA DA REGIÃO ESTUDADA

O mapa de altimetria da região de estudo (Figura 8) foi realizado com os dados do Banco de Dados Geográficos do Exército (BGDEx) que contém as informações de topografia da região estudada.

Figura 8 - Mapa de Altimetria.

MAPA DE ALTIMETRIA DOS PONTOS COLETADOS

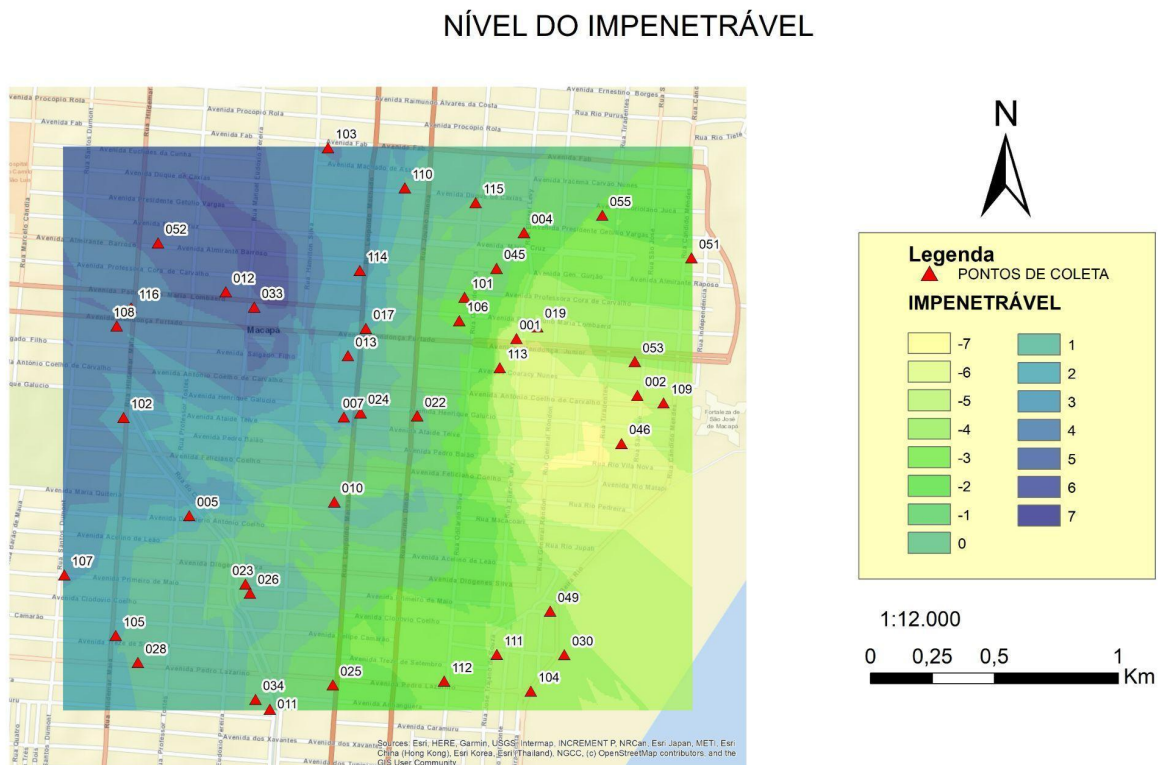


Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

6.2. MAPA DO NÍVEL DO IMPENETRÁVEL

O mapa de nível do impenetrável (Figura 9) foi executado utilizando o método de interpolação Krigagem, e nele foram utilizados todos os quarenta e três pontos escolhidos para o trabalho.

Figura 9 - Mapa do nível do Impenetrável.

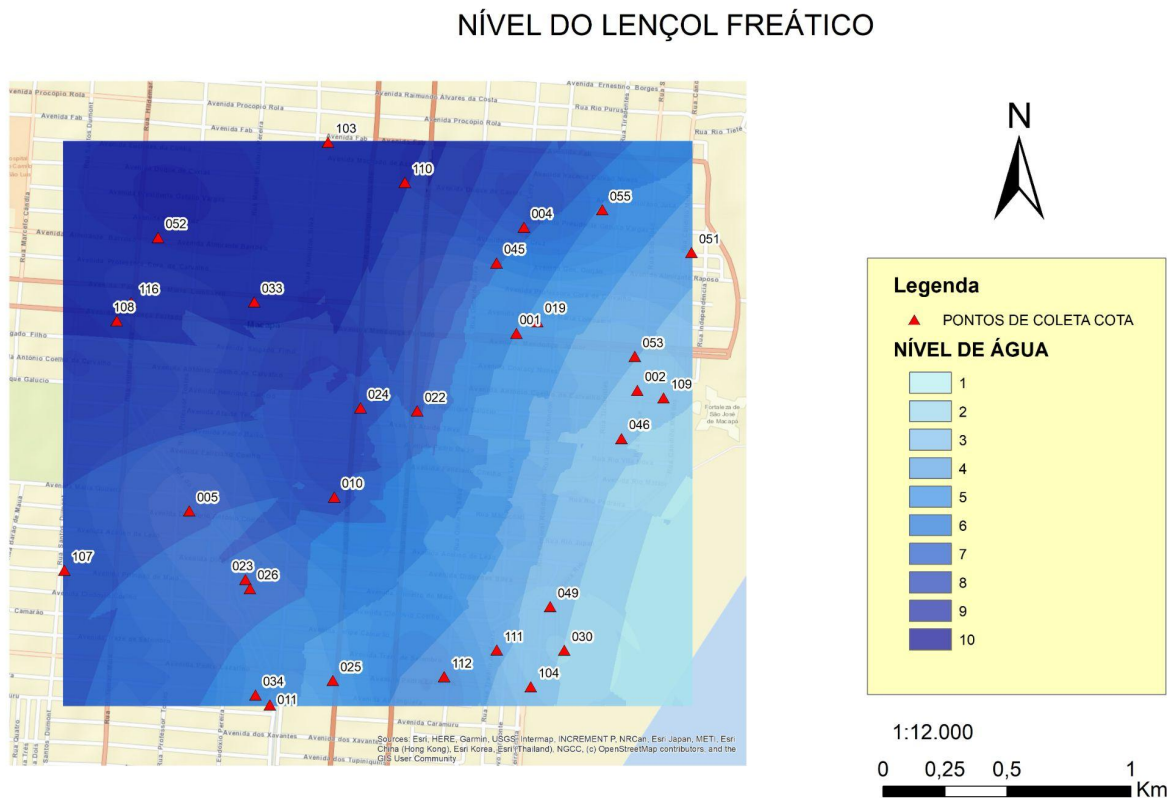


Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

6.3. MAPA DE NÍVEL DO LENÇOL FREÁTICO

O mapa de nível do lençol freático (Figura 10) foi executado utilizando o método de interpolação Krigagem, e nele foram utilizados trinta e um pontos de coleta, pois nem todos as sondagens possuíam os dados sobre lençol freático.

Figura 10 - Mapa do nível do lençol freático.



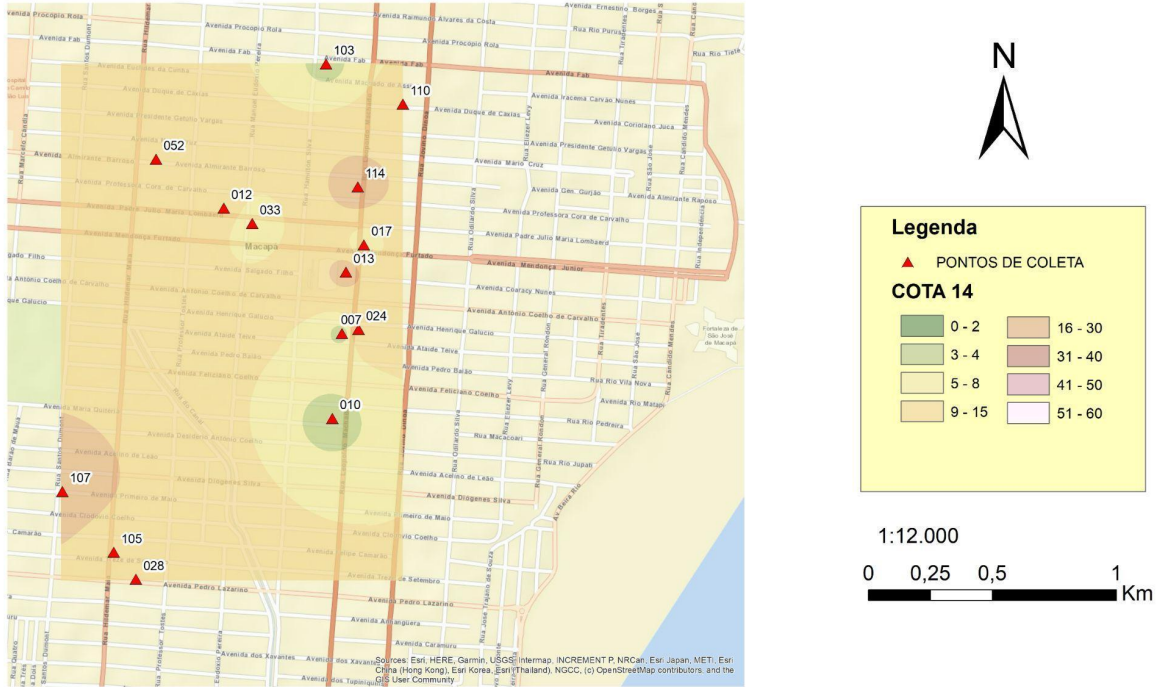
Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

6.4. MAPAS DE NSPT POR COTA ALTIMÉTRICA

Os mapas de NSPT por cota altimétrica foram realizados com a interpolação IDW (Inverso do Peso da Distância) devido a serem poucos pontos por cota altimétrica, entre doze e vinte e um pontos, portanto foi considerado que esse método de interpolação se encaixava melhor nesses casos. A escolha dos valores usados na legenda foi feita levando em consideração o tipo de solo mais verificado nas sondagens, o solo argiloso, portanto os valores correspondem à consistência desse solo, as classes de 31 a 40, 41 a 50 e 51 a 60 foram adicionadas para melhor entendimento das zonas onde o NSPT é mais elevado.

Figura 11 - Mapa de NSPT cota 14.

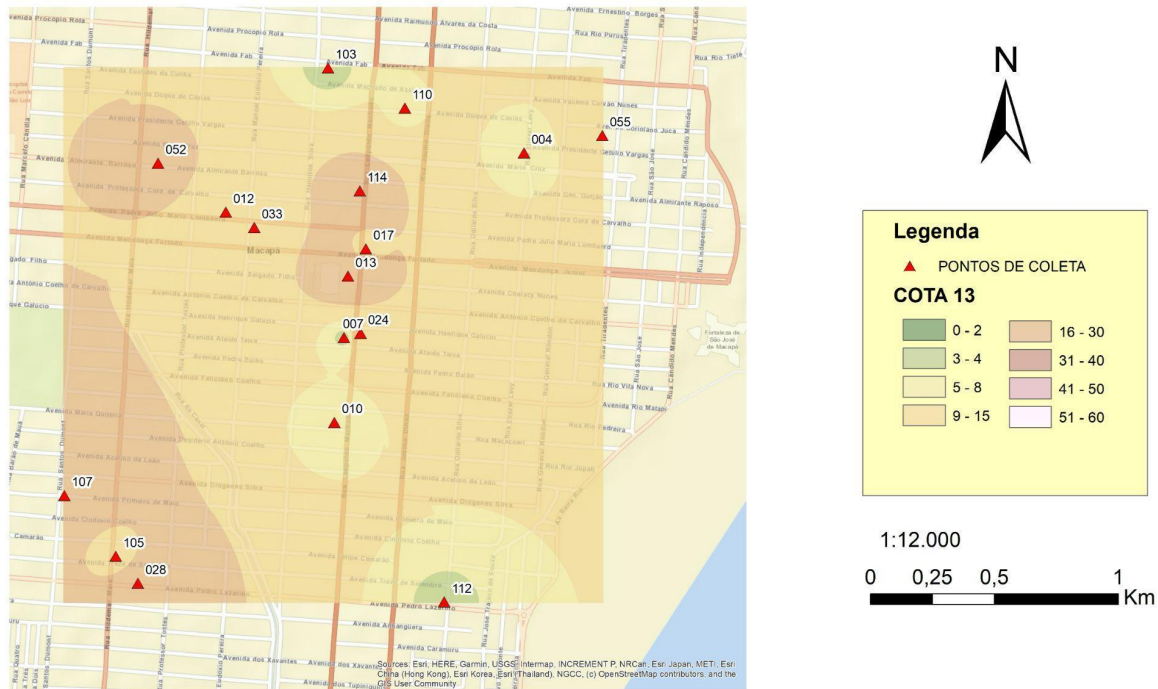
VALORES DE NSPT COTA 14



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Como pode ser observado nas Figuras 11 e 12 ocorre uma mudança de área de abrangência da superfície criada pelos pontos, isso se dá pois ocorre a entrada do ponto 055 que até mais ou leste do que os anteriores, e os limites nas 4 direções da superfície são determinados pelos seus pontos mais distantes em cada uma delas. Os demais mapas de NSPT por cota altimétrica podem ser consultados no Anexo I.

Figura 12 - Mapa de NSPT cota 13.
VALORES DE NSPT COTA 13



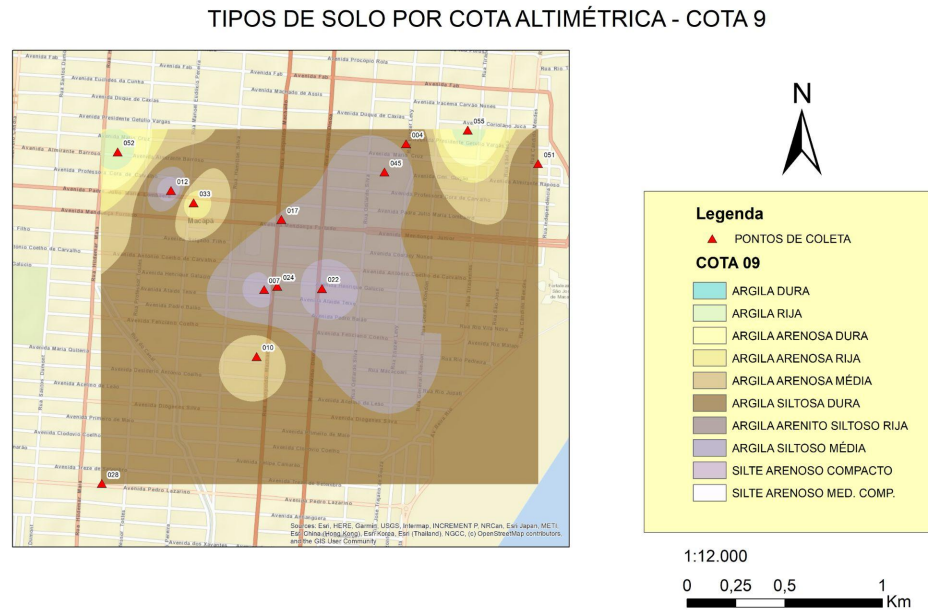
Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

6.5. MAPAS DE TIPOS DE SOLO

Os mapas de tipo de solo (Figuras 13 a 16) por cota altimétrica foram realizados com a interpolação IDW (Inverso do Peso da Distância) devido a serem poucos pontos, e a sua legenda foi baseada nas classes de solo por Berberian (2015).

Pode ser visto da Figura 13 a presença de argila siltosa dura como principal tipo de solo, e considerando argila, silte e areia, a argila é o que mais aparece é o solo argiloso.

Figura 13 - Mapa de Tipo de Solo - Cota 9.

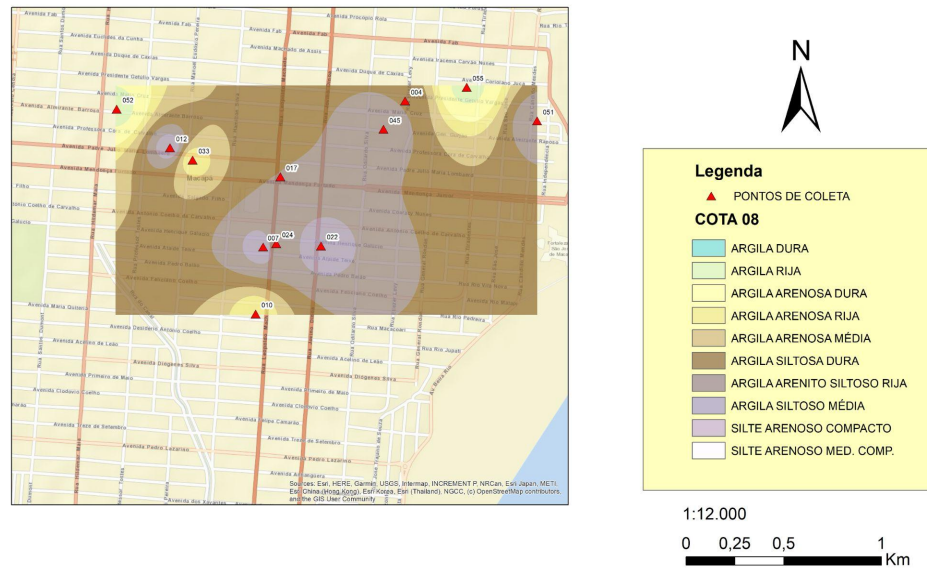


Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Pode ser visto na Figura 14 que corresponde à cota 8, uma cota altimétrica abaixo da cota 9 da Figura 13, é possível notar uma direta correspondência entre os mapas, por se tratarem de cotas altimétricas seguidas, além disso é possível notar em ambos a presença de silte arenoso compacto como um tipo de solo que não possui argila como principal característica.

Figura 14 - Mapa de Tipo de Solo - Cota 8.

TIPOS DE SOLO POR COTA ALTIMÉTRICA - COTA 8

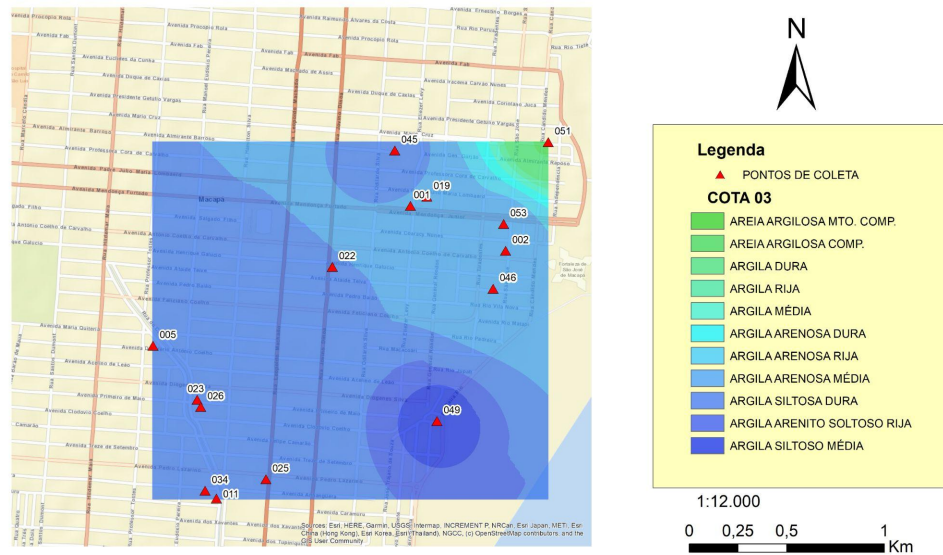


Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Pode ser visto da Figura 15 a presença de argila siltosa dura como principal tipo de solo novamente, e considerando argila, silte e areia, a argila é o que mais aparece é o solo argiloso assim como verificado nas cotas 8 e 9.

Figura 15- Mapa de Tipo de Solo - Cota 3.

TIPOS DE SOLO POR COTA ALTIMÉTRICA - COTA 3

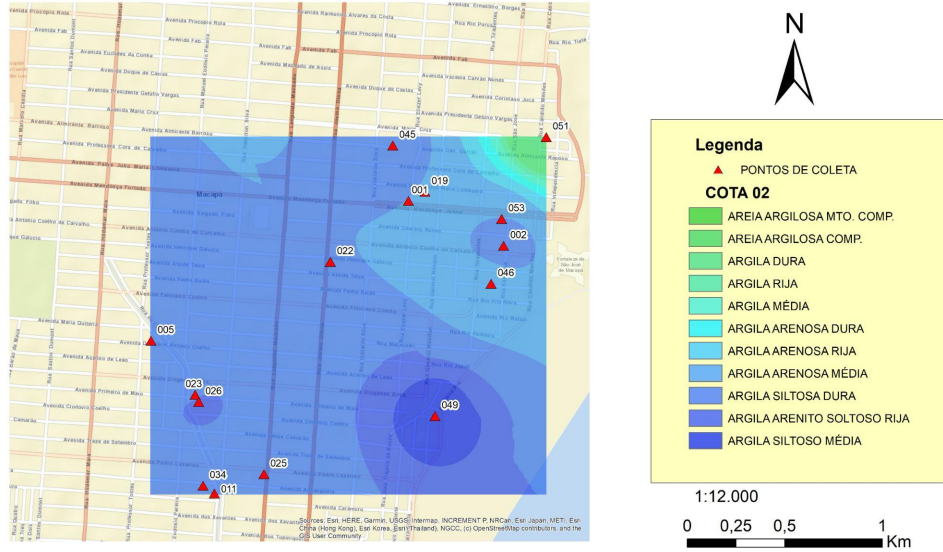


Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Pode ser visto na Figura 16 que corresponde à cota 2, uma cota altimétrica abaixo da cota 3 da Figura 15, é possível notar uma direta correspondência entre os mapas, por se tratarem de cotas altimétricas seguidas, além disso é possível notar em ambos a presença de areia argilosa muito compacta como um tipo de solo que não possui argila como principal característica.

Figura 16 - Mapa de Tipo de Solo - Cota 2.

TIPOS DE SOLO POR COTA ALTIMÉTRICA - COTA 2



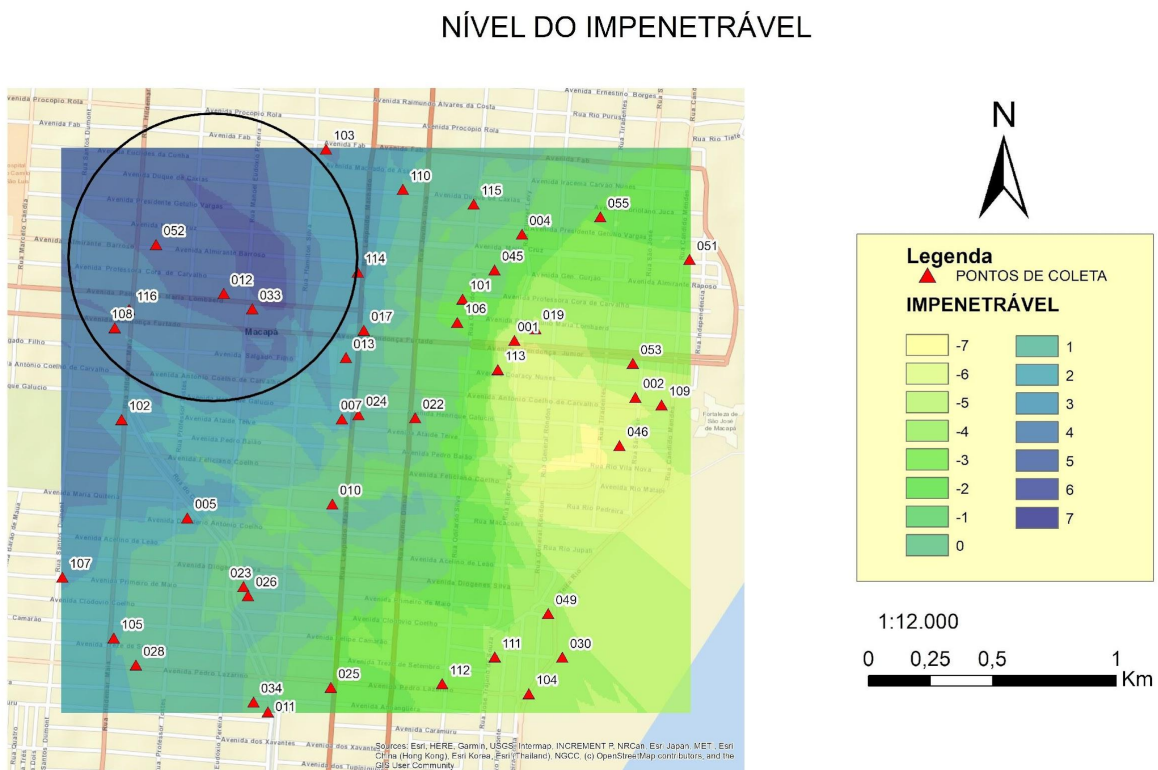
Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

7. DISCUSSÕES

7.1. NÍVEL DO IMPENETRÁVEL

Ao analisar o mapa é possível notar o aumento da profundidade conforme ocorre o distanciamento da orla da cidade, além disso ao comparar o mapa altimétrico e o mapa de impenetrável é possível notar a presença de valores mais profundos de impenetrável no canto superior direito do mapa (Figura 17).

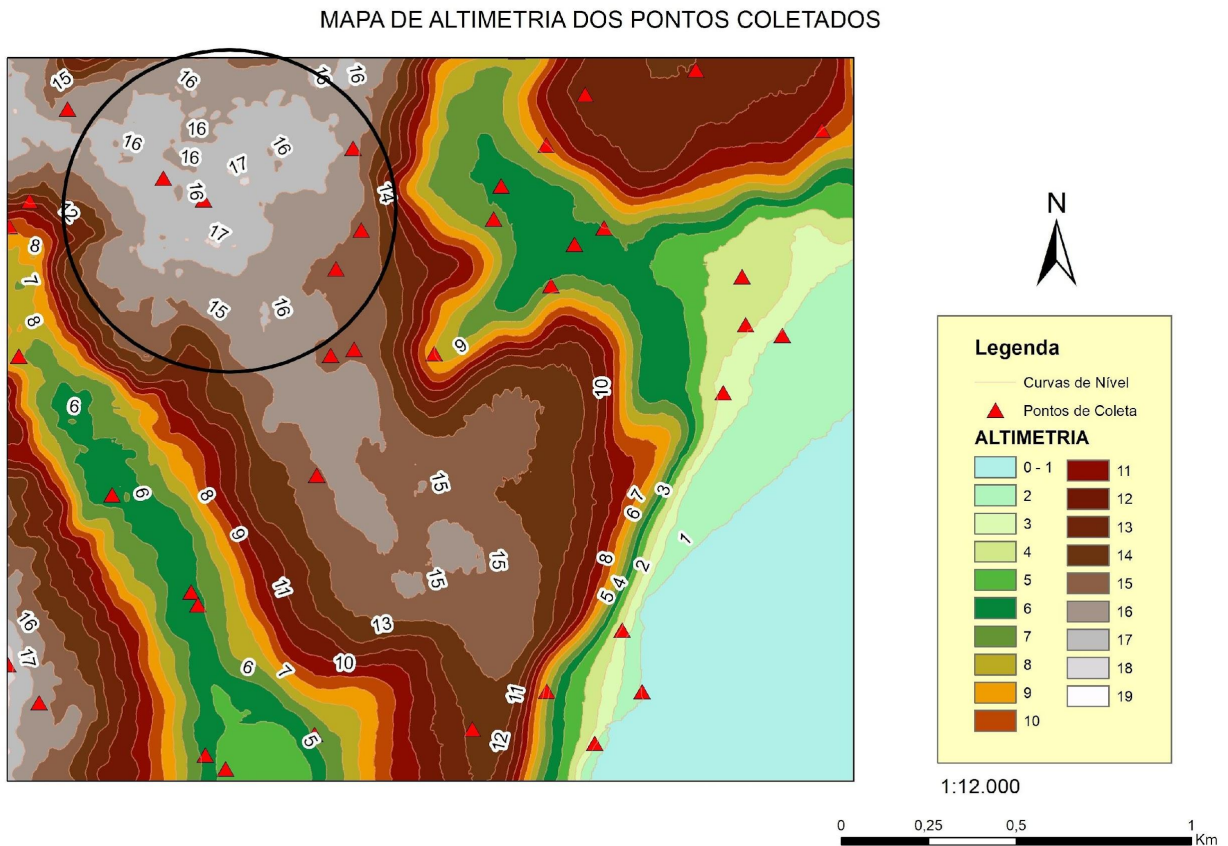
Figura 17 - Mapa do nível do Impenetrável com destaque na zona de maior profundidade.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Região essa que ao se comparar com o mapa de altimetria da região (Figura 18), é possível notar que corresponde a área de maior altimetria do local.

Figura 18- Mapa de Altimetria com destaque na zona de maior altimetria.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

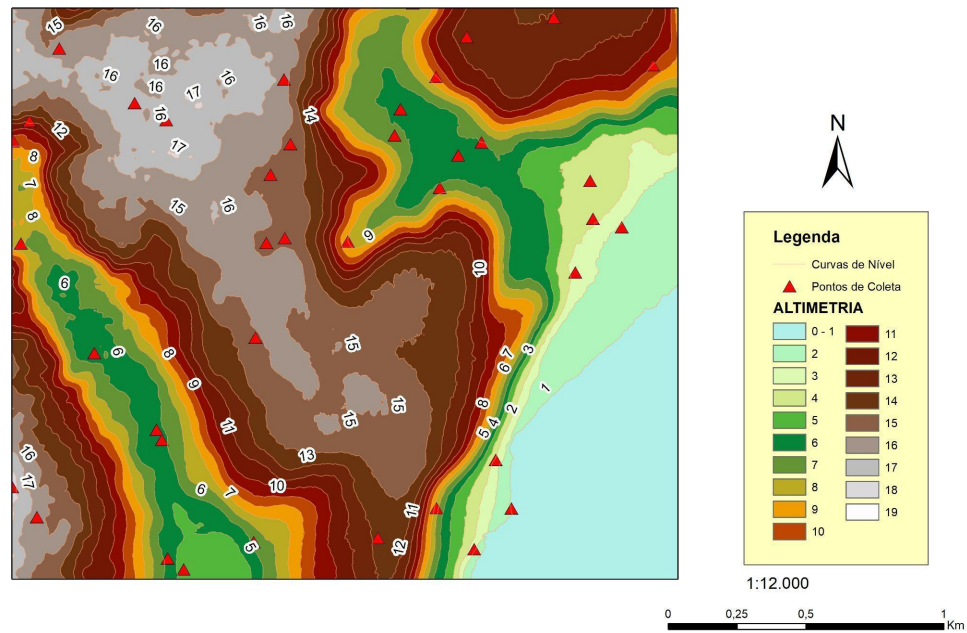
Não houve uma presença massiva de uma determinada cota, ocorreu bastante variação dentro da área de estudo, seguindo os princípios de correlação com altimetria supracitados.

7.2. NÍVEL DO LENÇOL FREÁTICO

Ao analisar o mapa de nível da água é possível constatar a presença de nível de lençol freático mais alto nas zonas de maior altimetria, como pode ser visualizado na figura 19, a zona no canto superior esquerdo é o local com a maior altimetria da região.

Figura 19 - Mapa de Altimetria.

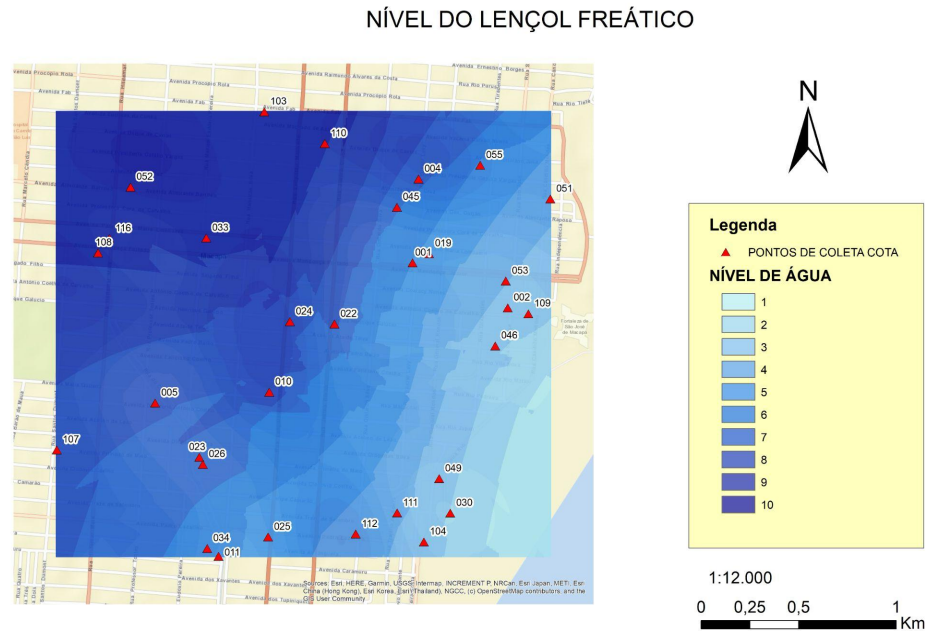
MAPA DE ALTIMETRIA DOS PONTOS COLETADOS



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Ao analisar o canto superior direito do mapa do nível do lençol freático (Figura 20) é notado que esta é a zona com o lençol freático mais aflorado.

Figura 20 - Mapa do nível do lençol freático.



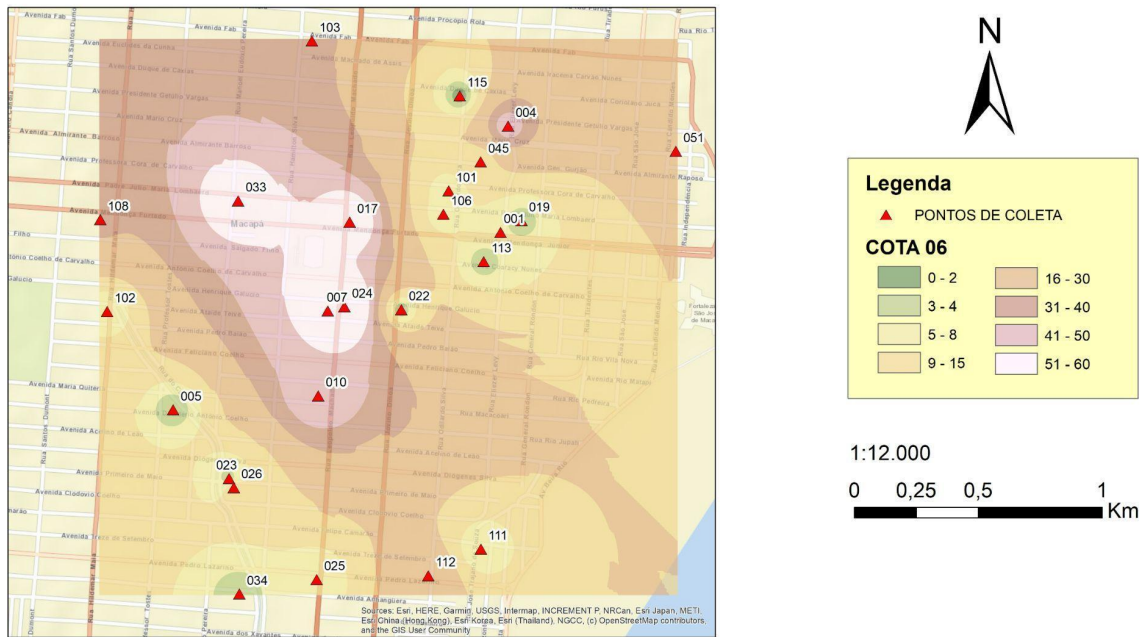
Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

7.3. NSPT POR COTA ALTIMÉTRICA

Os mapas de NSPT por metro de altimetria tem uma alta compatibilidade com a altimetria da região onde pode-se verificar a presença de altos índices NSPT nas camadas mais altas em lugares com maiores altimetrias e também é possível notar nos mapas da cota 6 até a cota 3 (Figuras de 21, 22 e 23) a presença de menores valores de NSPT em regiões onde estão localizados os canais da região. Pode-se verificar isso na Figura 21, onde no canto inferior esquerdo é possível notar tons de verde e amarelo, que correspondem a valores de NSPT baixos, entre 0 e 8.

Figura 21 - Mapa de NSPT cota 06.

VALORES DE NSPT COTA 06

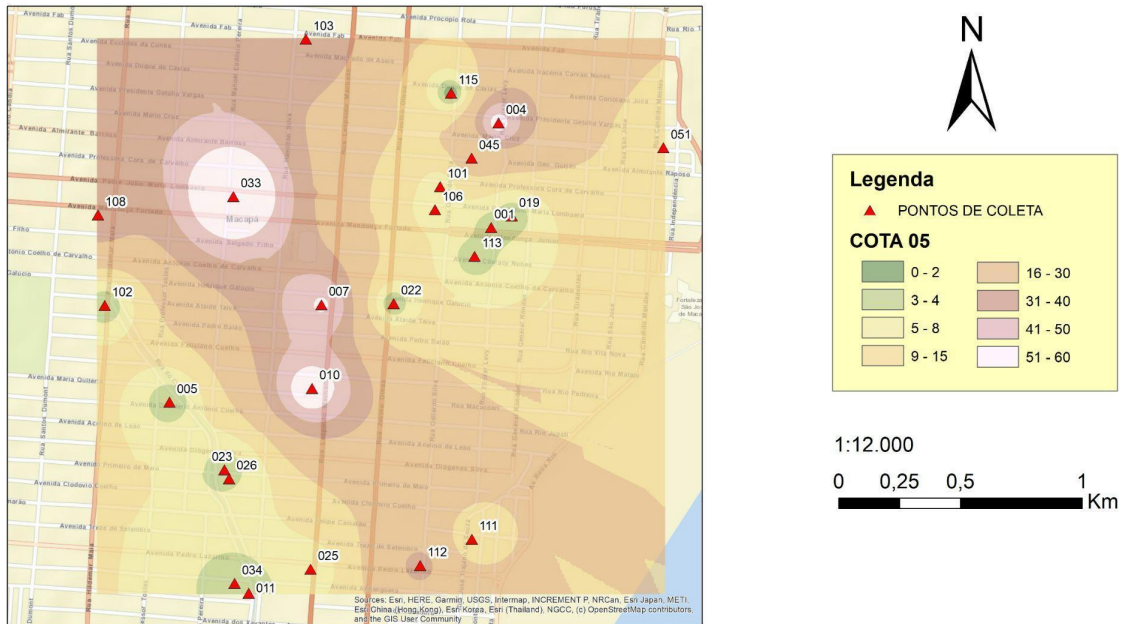


Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

É possível visualizar na Figura 22 um aumento das áreas de NSPT baixo em nas zonas dos canais presentes na área de estudo.

Figura 22 - Mapa de NSPT cota 05.

VALORES DE NSPT COTA 05

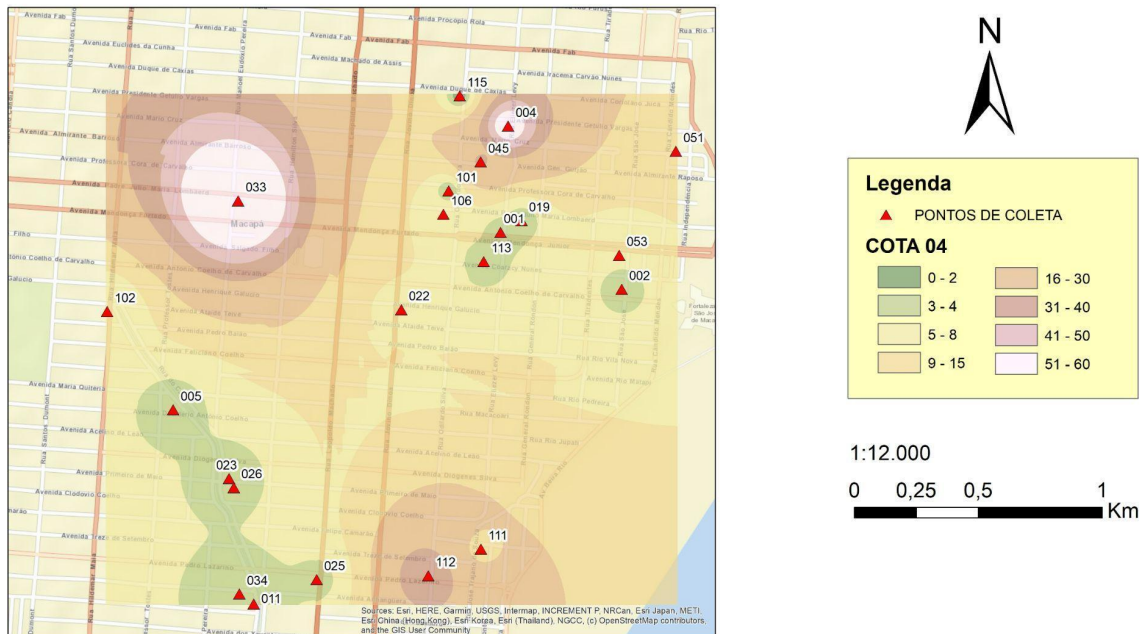


Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Na figura 23 a presença de grande área verde na superfície no canto inferior esquerdo, e por se tratar da cor verde significa NSPT entre 0 e 2, valores muito baixos, o que é esperado para uma zona onde está presente um corpo d'água.

Figura 23 - Mapa de NSPT cota 04.

VALORES DE NSPT COTA 04

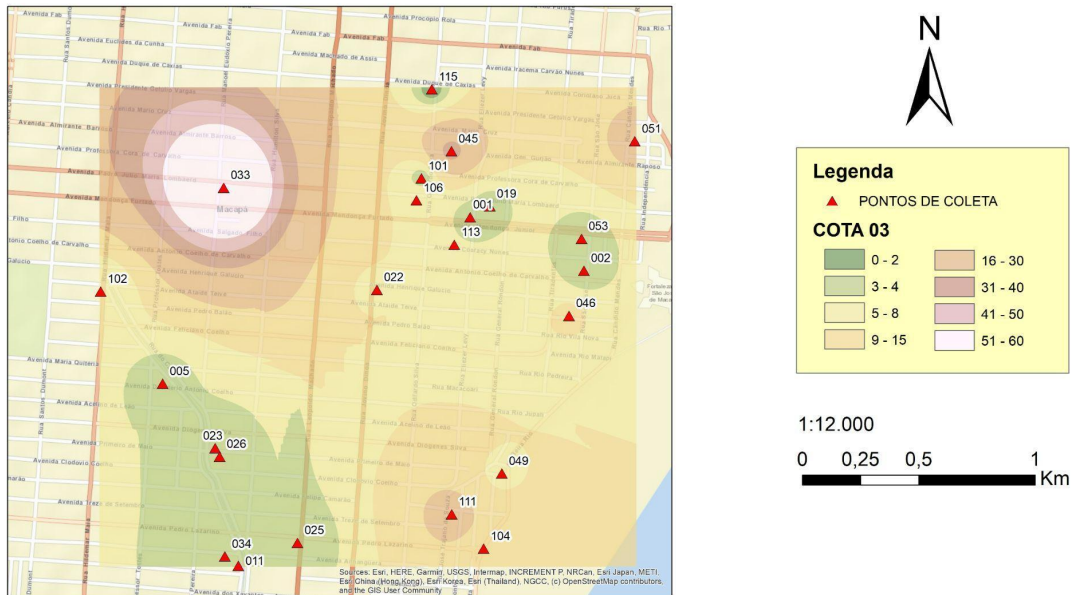


Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

É importante salientar que os mapas nem sempre permitem uma direta correspondência entre eles, e isso se dá ao fato de que os resultados de uma sondagem de um ponto termina quando se encontra o impenetrável, porém o trabalho foi feito usando os pontos até onde se teve dados, e usando todos os pontos que possuíam informações nas determinadas cotas, logo como pode ser visto no mapa da cota 3 (Figura 24) o ponto 033 gera influência no resultado.

Figura 24 - Mapa de NSPT cota 03.

VALORES DE NSPT COTA 03

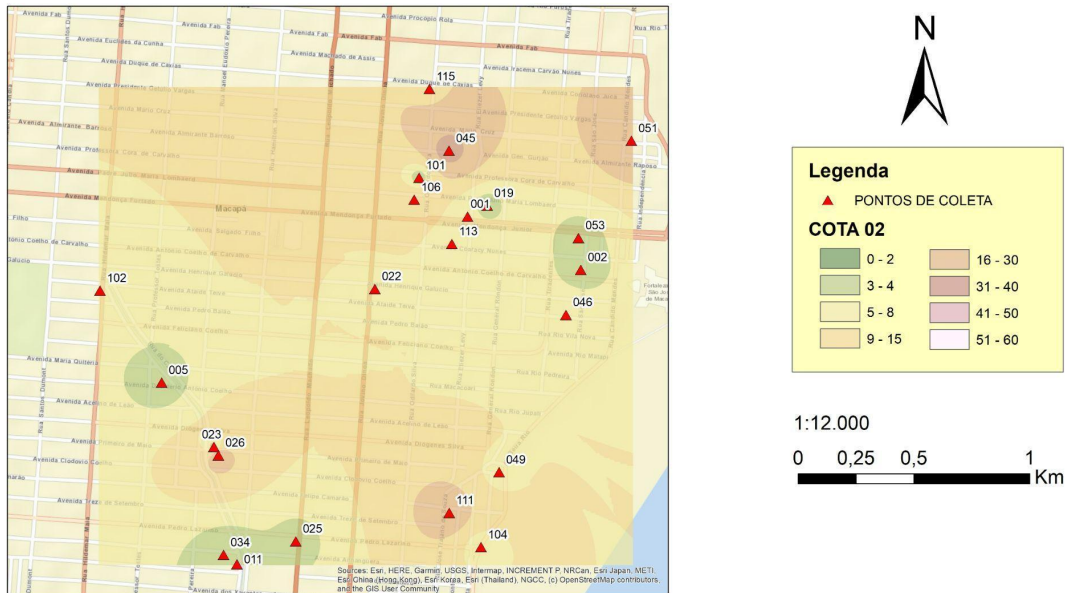


Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Porém na cota 2 (Figura 25) ele não gera mais influência, isso se deve ao fato de que o ponto 033 tem seu impenetrável na cota 3, então no mapa da cota 2 ele não foi considerado.

Figura 25 - Mapa de NSPT cota 02.

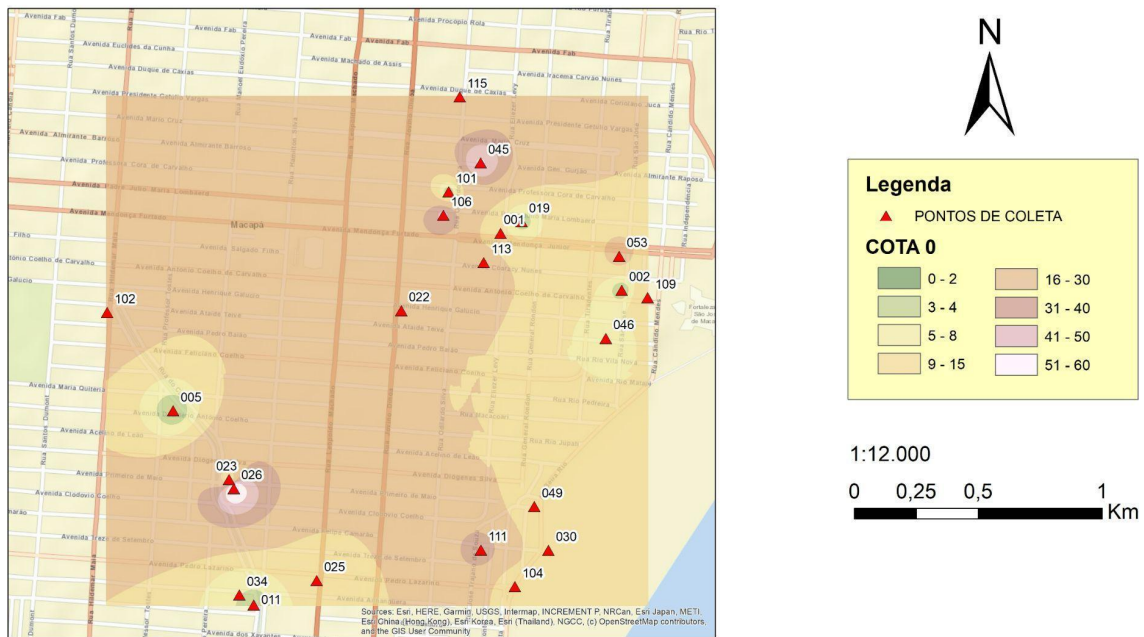
VALORES DE NSPT COTA 02



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Em outra situação que pode ser notada a perda de influência de um ponto sobre a superfície é no caso dos mapas da cota 0 (Figura 26).

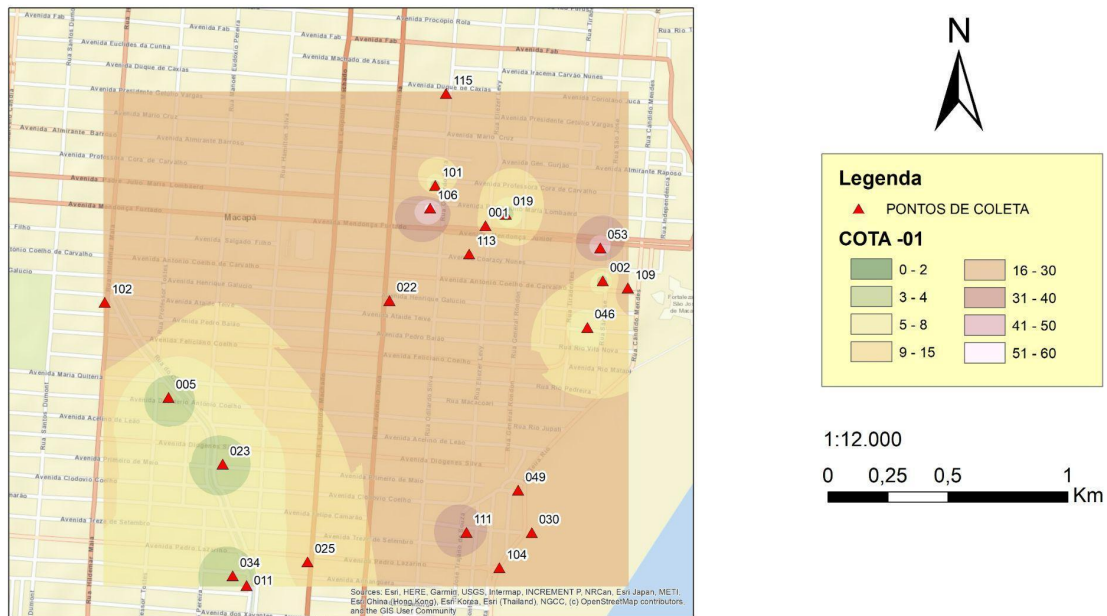
**Figura 26 - Mapa de NSPT cota 0.
VALORES DE NSPT COTA 0**



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Pode ser visto a mudança na zona próxima ao ponto 023 no sudoeste do mapa, e isso acontece devido ao ponto 026 ter seu último valor na cota 0 e, portanto, não possuir valores para a cota -1.

Figura 27 - Mapa de NSPT cota -01.
VALORES DE NSPT COTA -01



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

7.4. TIPOS DE SOLO POR COTA ALTIMÉTRICA

Os mapas de solo como mostrado anteriormente nas Figuras 13 a 16, demonstram a maior presença de argila como principal tipo de solo presente da região de estudo, o que corrobora com os dados de geodiversidade da região.

8. CONCLUSÃO

A principal dificuldade encontrada em relação aos resultados foram os mapas de NSPT por cota altimétrica, pois ocorre a situação de divergências de continuidade.

Os resultados obtidos foram satisfatórios, pois:

- Coletar dados de sondagens a percussão feitas na região de estudo: foi possível coletar e selecionar dados de duas empresas que realizaram sondagens na região, assim obtendo uma quantidade considerável de informações para a geração dos mapas.
- Aplicar interpolação para estimar valores dos atributos em locais ainda não conhecidos, a partir da interpolação dos dados conhecidos: foram usados Krigagem e IDW conforme o número de pontos disponíveis, e as superfícies geradas pelas interpolações proveram a geração dos mapas.
- Gerar mapas de estimativa com o nível d'água: o mapa gerado pela interpolação dos dados de nível do lençol freático foi satisfatório pois foi possível correlacioná-lo com a topografia.
- Gerar mapas de estimativa da cota do Impenetrável a percussão: o mapa gerado pela interpolação dos dados de nível do impenetrável foi satisfatório pois foi possível correlacioná-lo com a altimetria da região.
- Gerar mapas de estimativa do NSPT característico da região: os mapas gerados pela interpolação dos dados de NSPT por cota altimétrica foi satisfatório pois foi possível correlacioná-lo com a topografia e os canais presentes na região.
- Gerar mapas de tipos de solo da região: os mapas gerados foram satisfatórios pois foi verificado a presença esperada de argila como principal tipo de solo na região.

Sendo assim, o trabalho atingiu o objetivo de caracterizar a região através de fatores presentes no ensaio SPT, tornando-se uma ferramenta útil para estipular como será o solo de um local dentro da área que se pretende empreender e assim ajudar na previsão de como será a melhor solução de fundação.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6122:2019: **Projeto e execução de fundações**. 3. ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6484: **Execução de Sondagens de Simples reconhecimento dos Solos**. Rio de Janeiro. 2020.

BERBERIAN, D. **Engenharia de fundações**. 23^a ed. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2015.

CÂMARA, G.; DRUCK, S.; CARVALHO, M. S.; MONTEIRO, A. M. V. **Análise espacial e geoprocessamento**. Análise espacial de dados geográficos. Brasília: EMBRAPA, p. 21-54, 2004.

DAS, B. M. **Fundamentos de Engenharia Geotécnica**. 7. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

FALCONI, F.; CORRÊA, C. N.; ORLANDO, C. SCHIMDT, C.; ANTUNES, W. R.; ALBUQUERQUE, P. J.; HACHICH, W.; NIYAMA, S. **Fundações: teoria e prática**. 3 ed. Oficina de Textos. 2^a reimpressão, p. 215, 2019.

FELLENIUS, B. H. **Fundações: teoria e prática**. 2. ed. São Paulo: Pini, 2012.
FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicações**. 1 Ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Cidades e estados - Macapá**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ap/macapa.html>>. Acesso em: 17 ago. 2023.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Cidades e estados - Amapá**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ap/>>. Acesso em: 17 ago. 2023.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Portal de mapas do IBGE**. Disponível em: <<https://portaldemapas.ibge.gov.br/portal.php#mapa784>>. Acesso em: 17 ago. 2023.

MESQUITA, S. M. P. **Modelação da distribuição espacial da qualidade do ar em Lisboa usando sistemas de informação geográfica**. Dissertação (Mestrado). Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação. Universidade Nova de Lisboa. Lisboa. Portugal. 2009. 119p.

MURARA, P. G. **Técnicas de interpolação para a pesquisa em climatologia regional e agroclimatologia**. Revista Brasileira de Climatologia, 2019.

OLIVEIRA, Marcelo José de (Coord.). **Diagnóstico do setor mineral do estado do Amapá**. Macapá: Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá, 2010. 148 p.

REIS, J. H. C. **Interação solo - estrutura de grupo edifícios com fundações superficiais em argila mole**. 2000. Dissertação de mestrado – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2000.

REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DE GEOCIÊNCIAS (RIGEO). **Mapa Geodiversidade do Estado do Amapá**. Disponível em:

<<https://rigeo.sgb.gov.br/jspui/handle/doc/13678>>. Acesso em: 29 ago. 2023.

SALAME, A. M.; JÚNIOR, J. A. de A. **Fundações em Belém-PA: práticas e mapeamentos**. 1 Ed. Belém: UNAMA / UFPA, 2006.

SILVA JUNIOR, Ar. **Uso da Krigagem para Caracterização da Variabilidade Espacial da Condutividade Hidráulica no Semiárido Nordestino com Enfoque Bayesiano**. 2006. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Modelagem Estatística e Computacional. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE, 2006.

SILVEIRA, O. F. M. da. **A planície costeira do Amapá: dinâmica de ambiente costeiro influenciado por grandes fontes fluviais quaternárias**. 1998. Tese (Doutorado em Geologia e Geoquímica) - Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 1998. Disponível em:

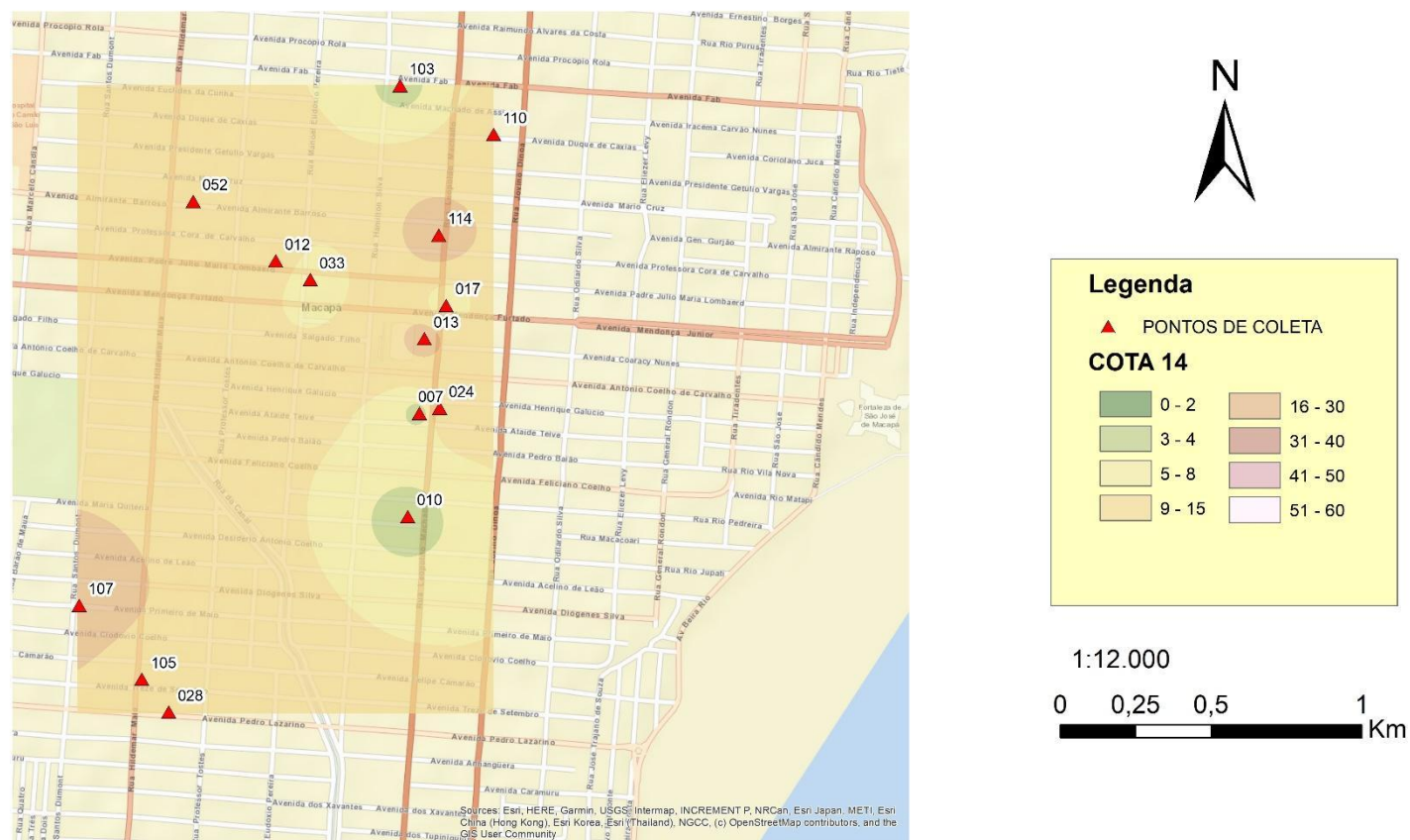
<http://repositorio.ufpa.br:8080/jspui/handle/2011/7895>. Acesso em: 17 ago. 2023.

VELLOSO, D. de A.; LOPES, F. de R. **Fundações: Critérios de Projeto, Investigação do Subsolo, Fundações Superficiais, Fundações Profundas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

ANEXO I

Figura 28 – Mapa de NPST por Cota Altimétrica (Cota 14).

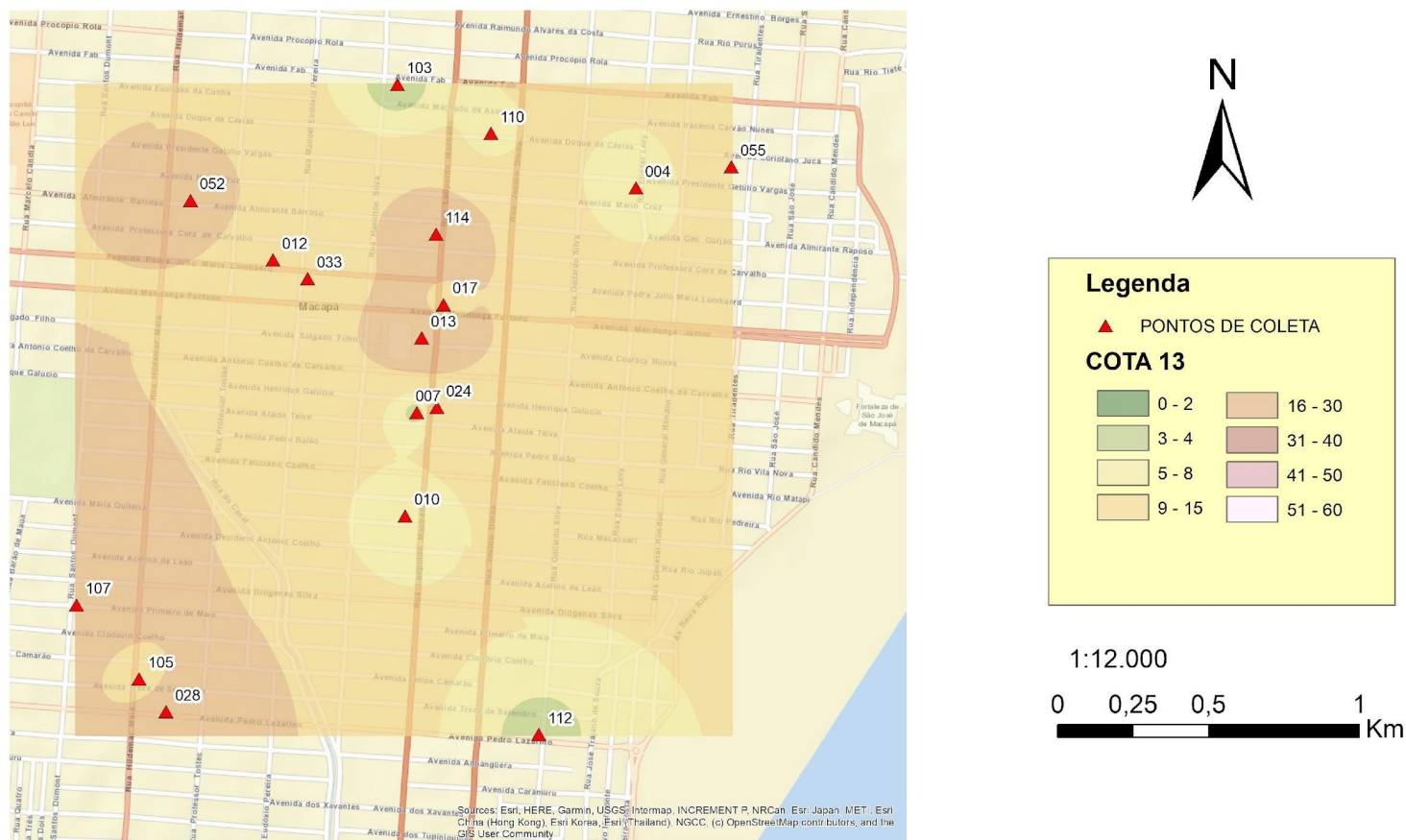
VALORES DE NSPT COTA 14



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 29 – Mapa de NPST por Cota Altimétrica (Cota 13).

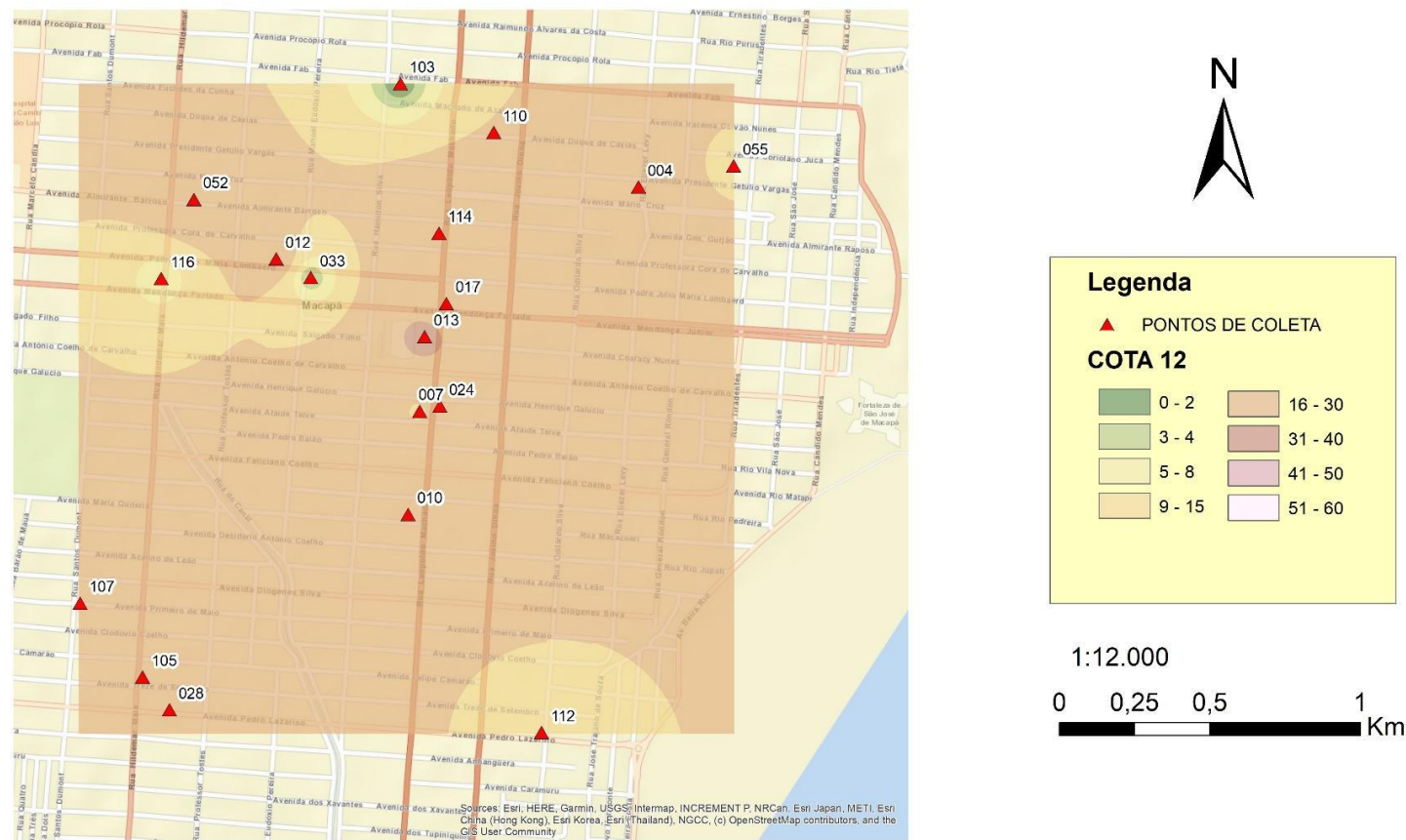
VALORES DE NSPT COTA 13



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 30 – Mapa de NPST por Cota Altimétrica (Cota 12).

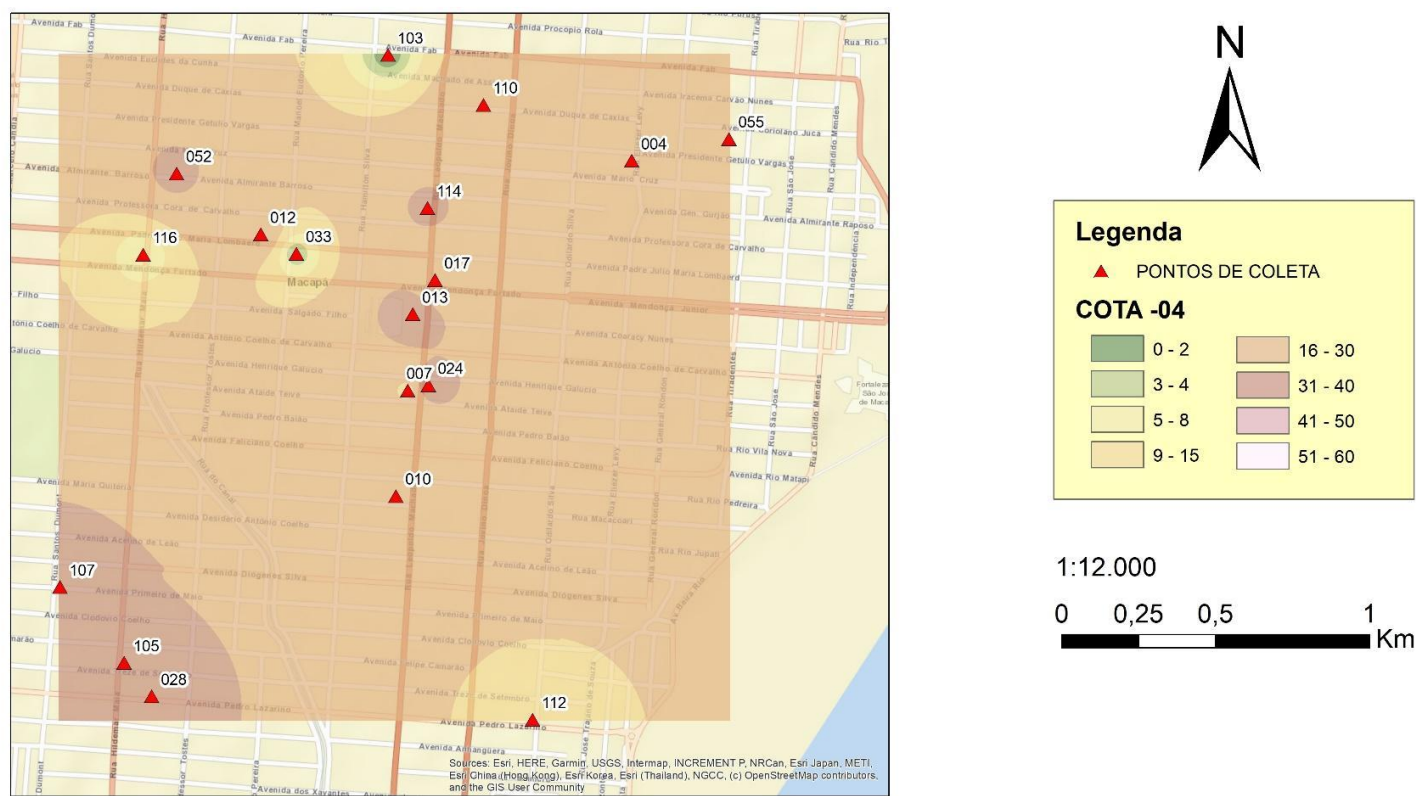
VALORES DE NSPT COTA 12



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 31 – Mapa de NPST por Cota Altimétrica (Cota 11).

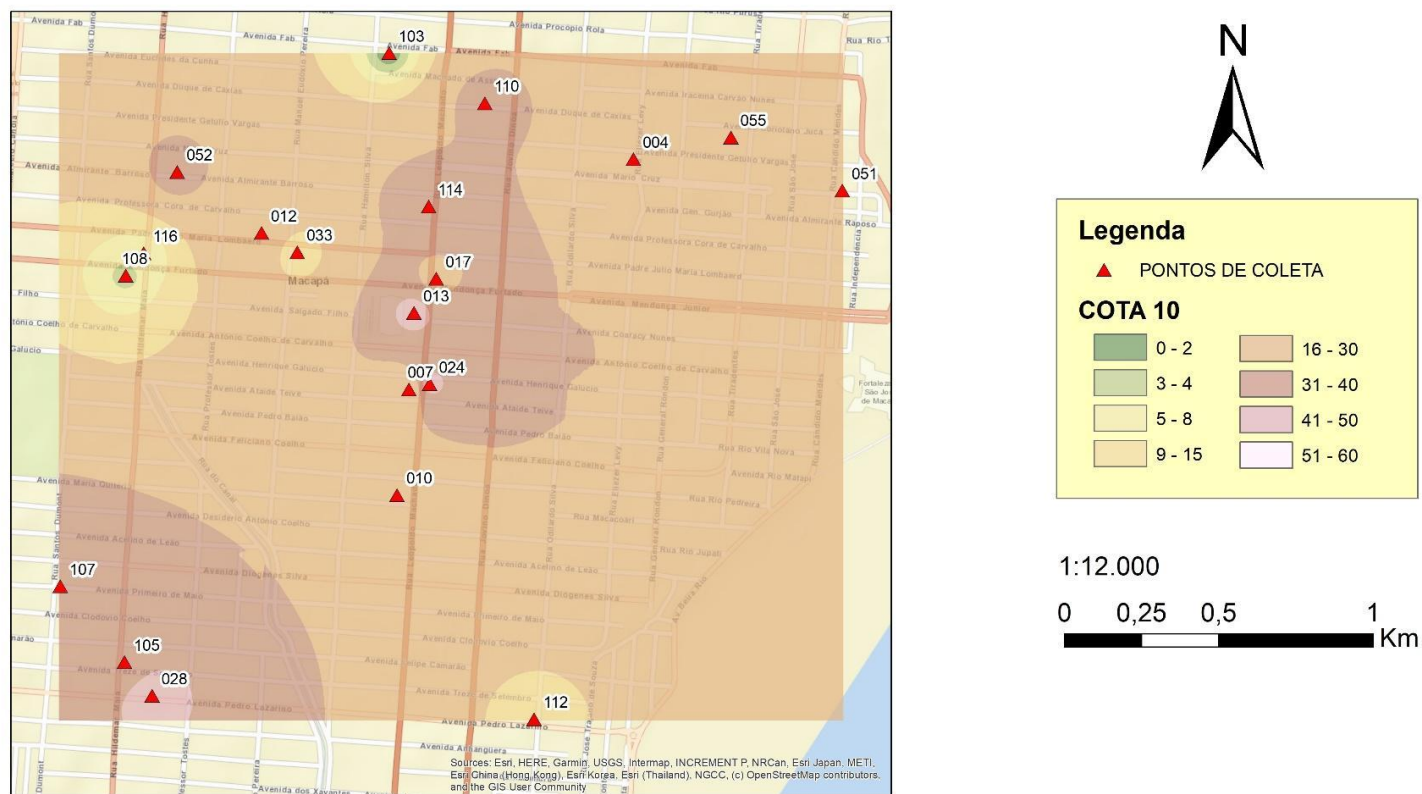
VALORES DE NSPT COTA 11



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 32 – Mapa de NPST por Cota Altimétrica (Cota 10).

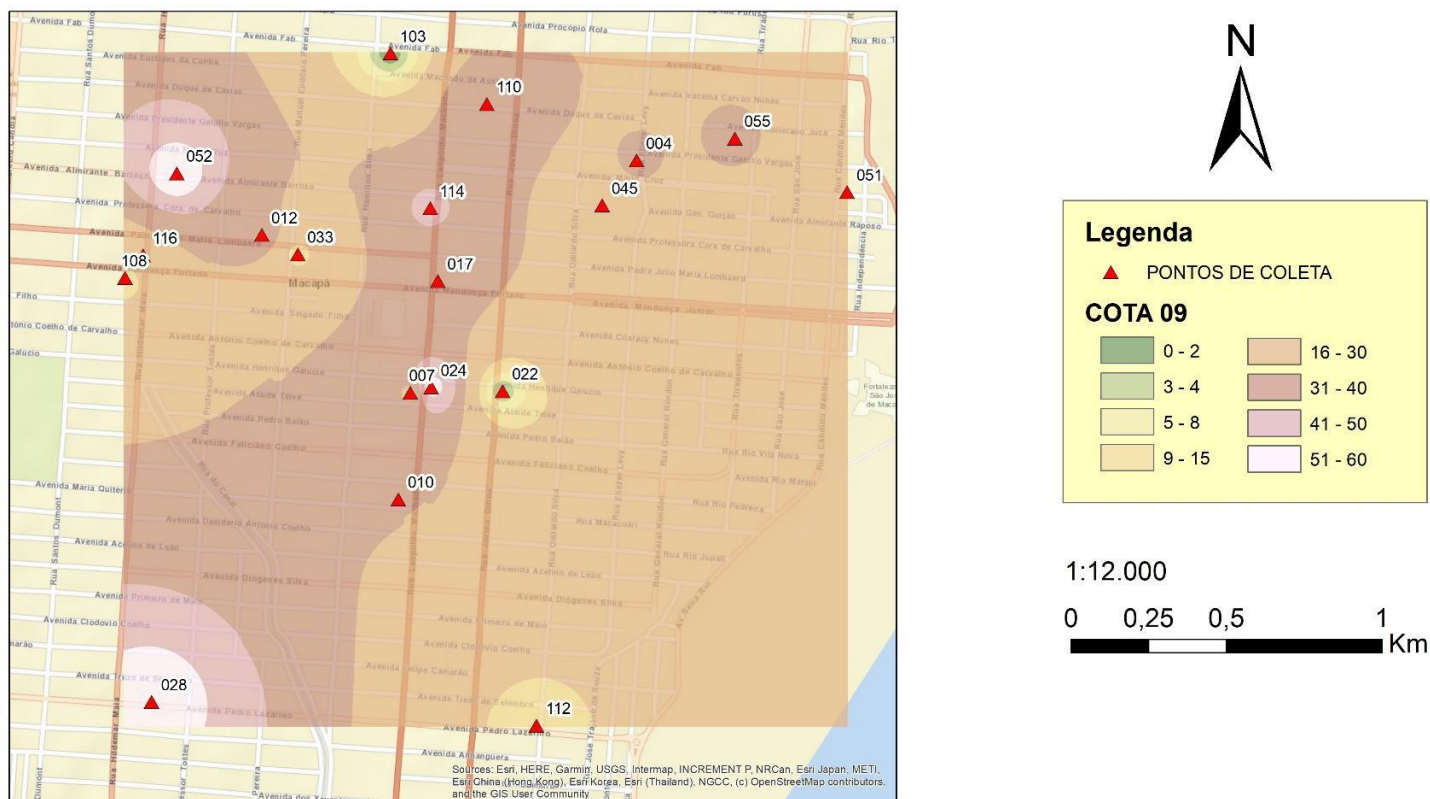
VALORES DE NSPT COTA 10



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 33 – Mapa de NPST por Cota Altimétrica (Cota 09).

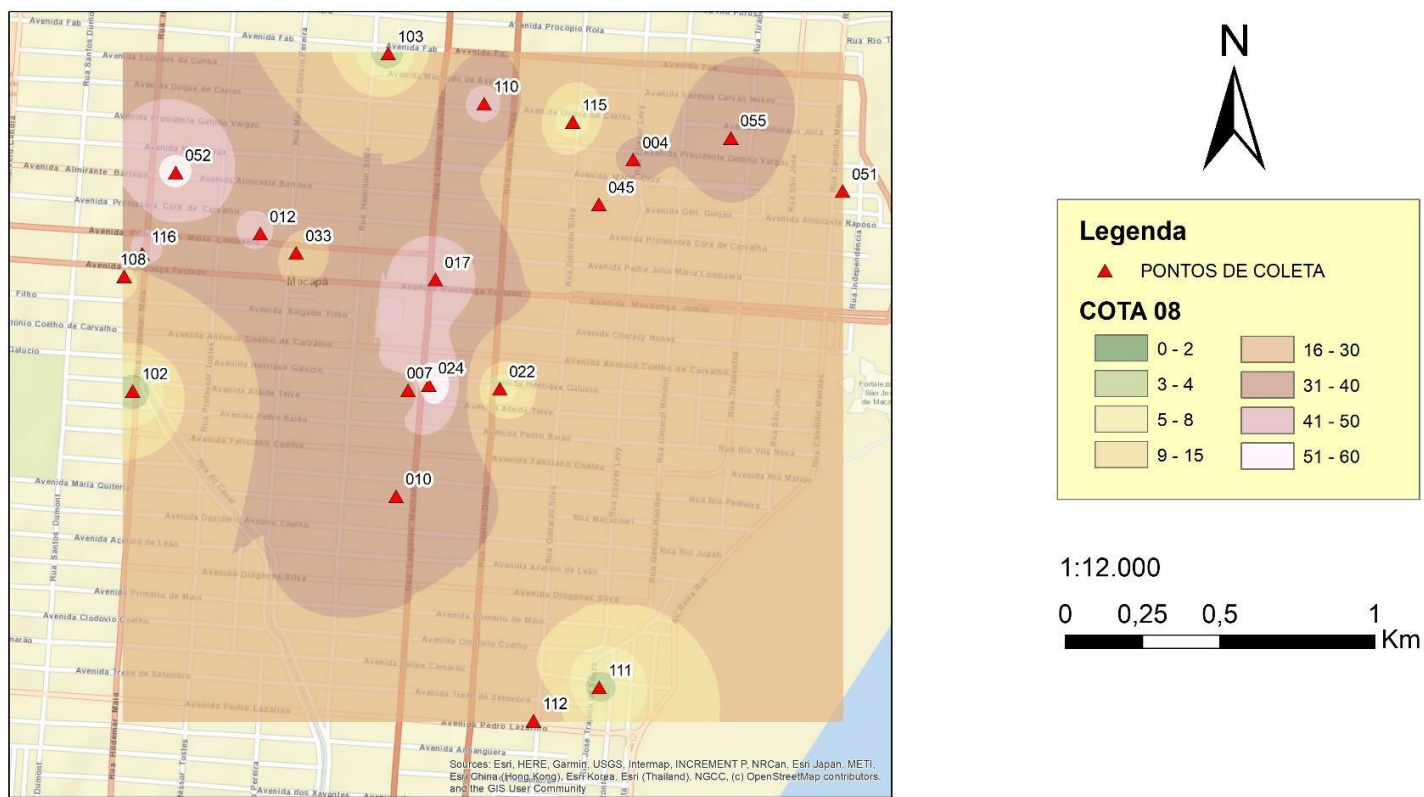
VALORES DE NSPT COTA 09



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 34 – Mapa de NPST por Cota Altimétrica (Cota 08).

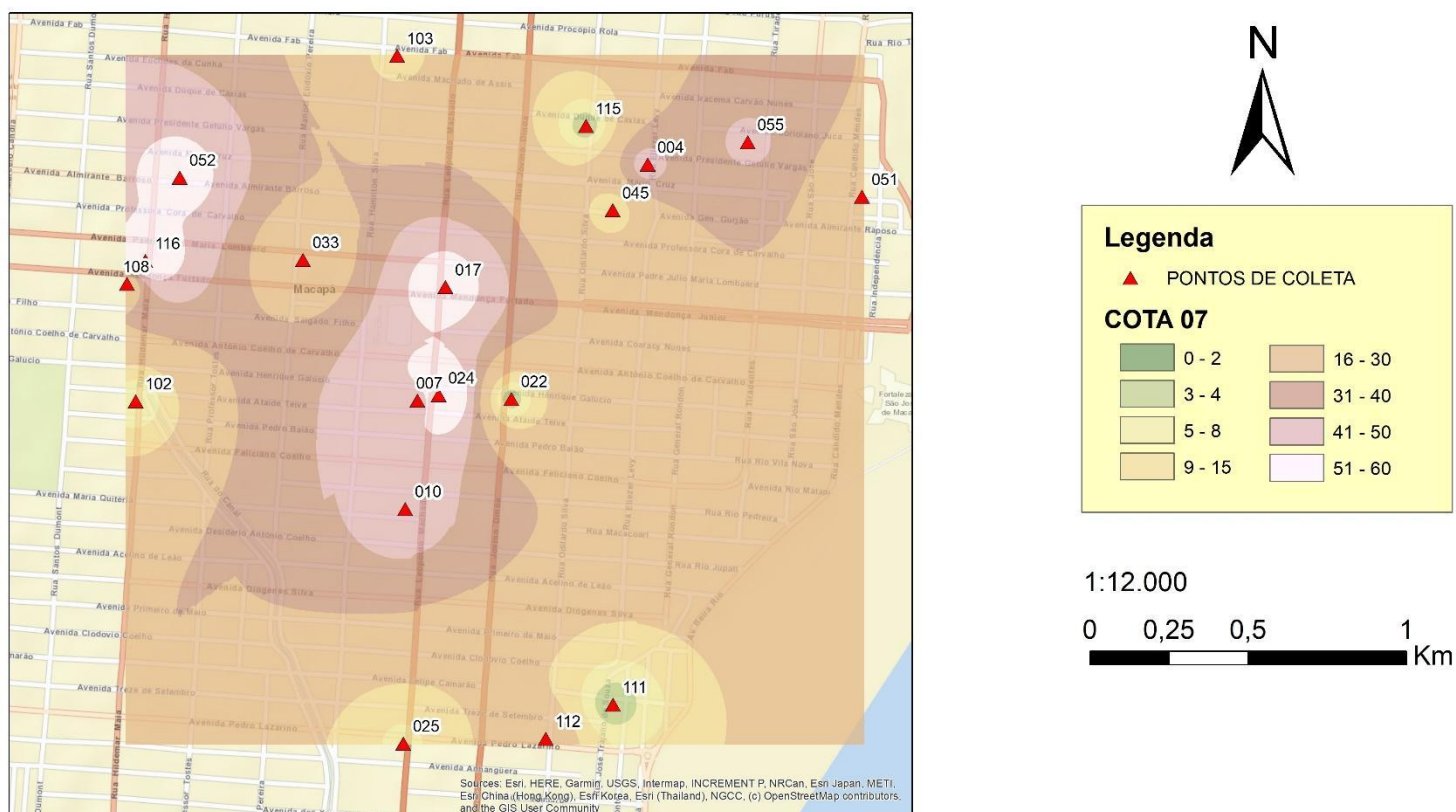
VALORES DE NSPT COTA 08



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 35 – Mapa de NPST por Cota Altimétrica (Cota 07).

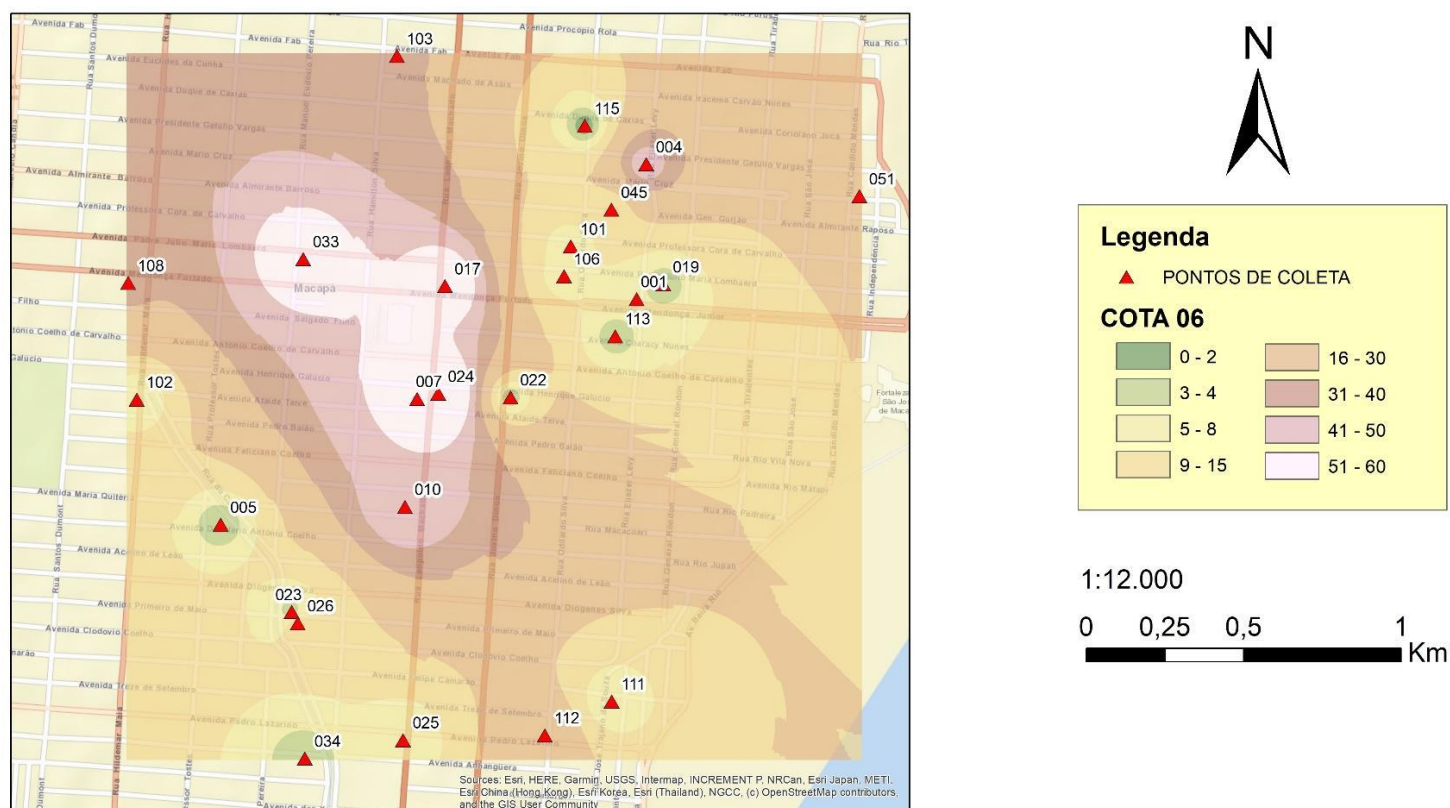
VALORES DE NSPT COTA 07



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 36 – Mapa de NPST por Cota Altimétrica (Cota 06).

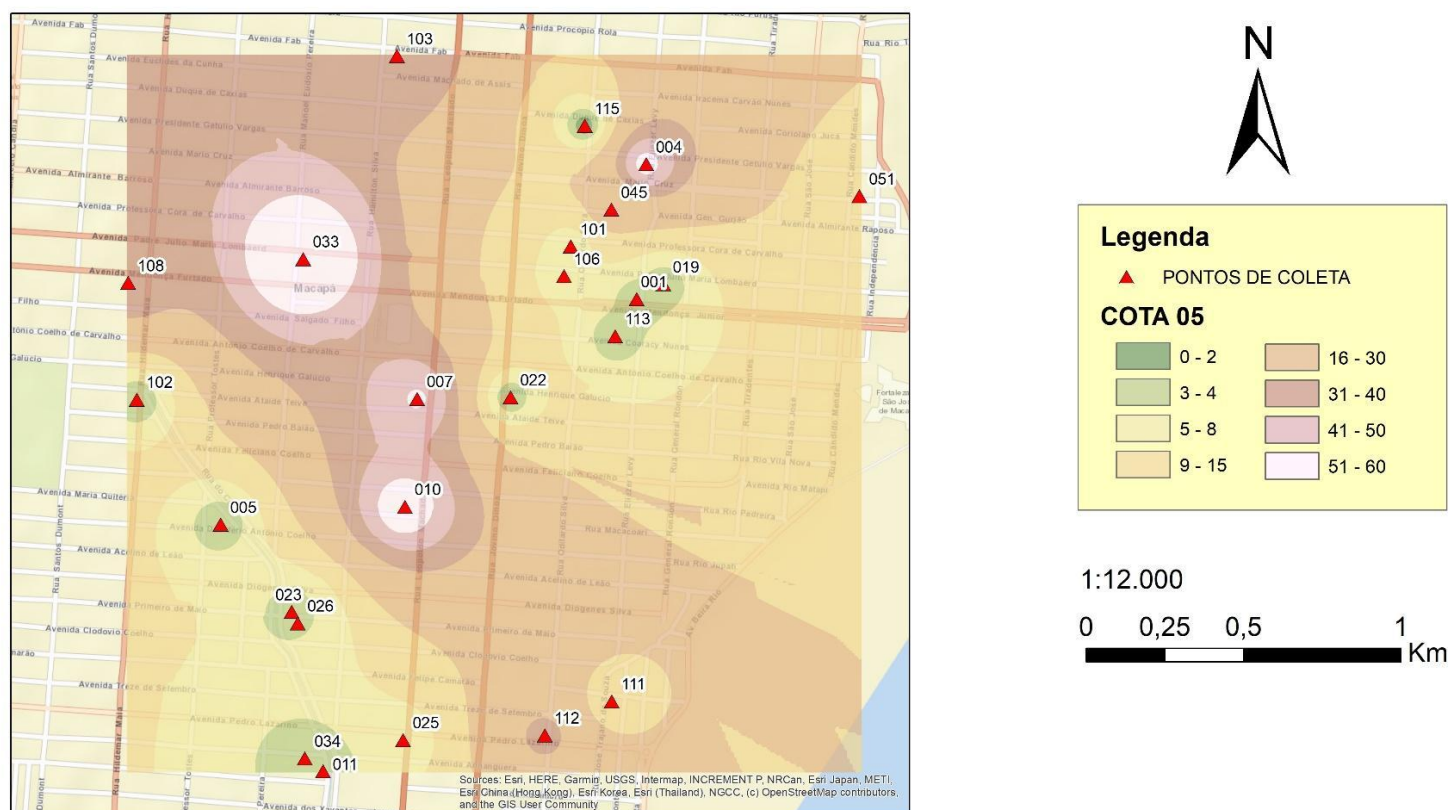
VALORES DE NSPT COTA 06



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 37 – Mapa de NPST por Cota Altimétrica (Cota 05).

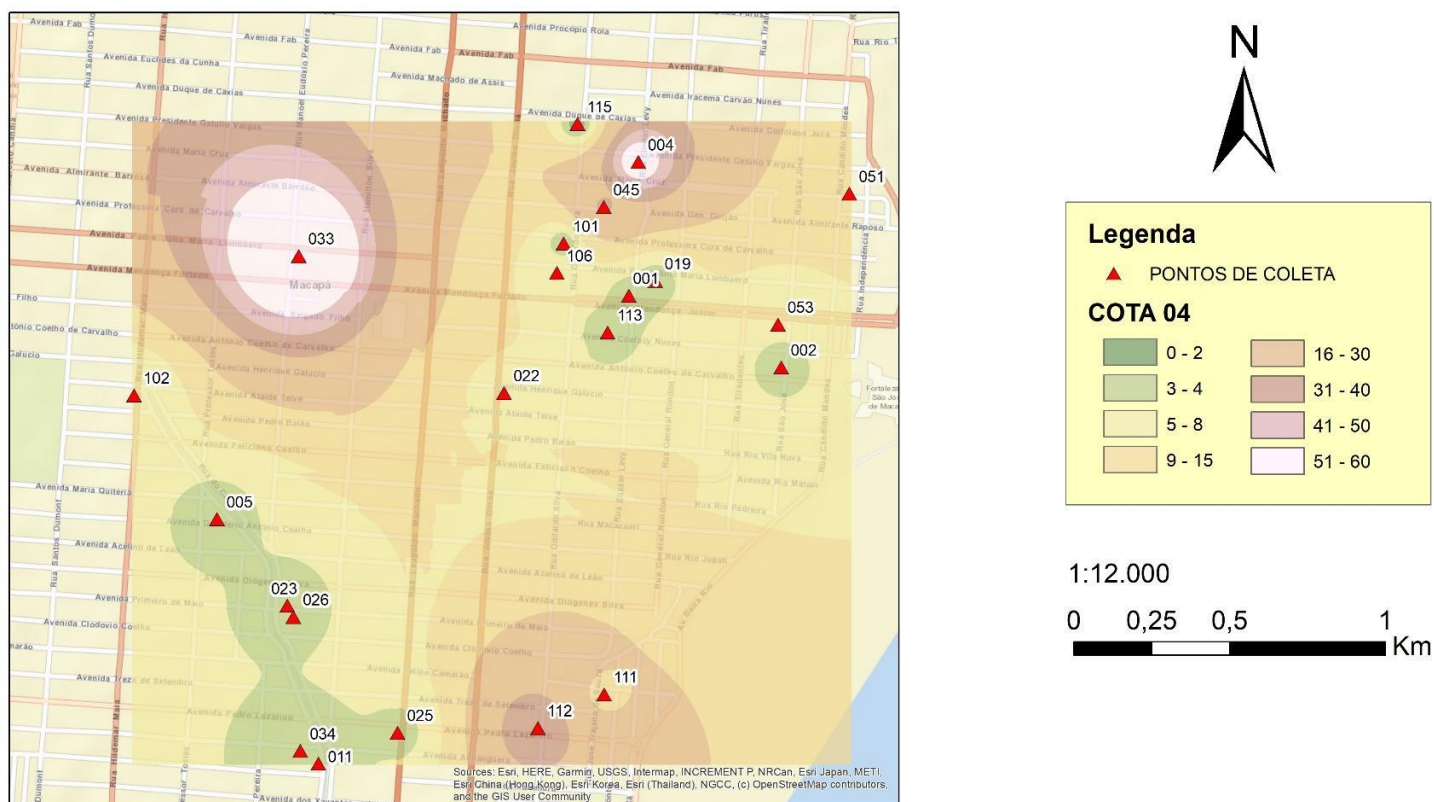
VALORES DE NSPT COTA 05



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 38 – Mapa de NPST por Cota Altimétrica (Cota 04).

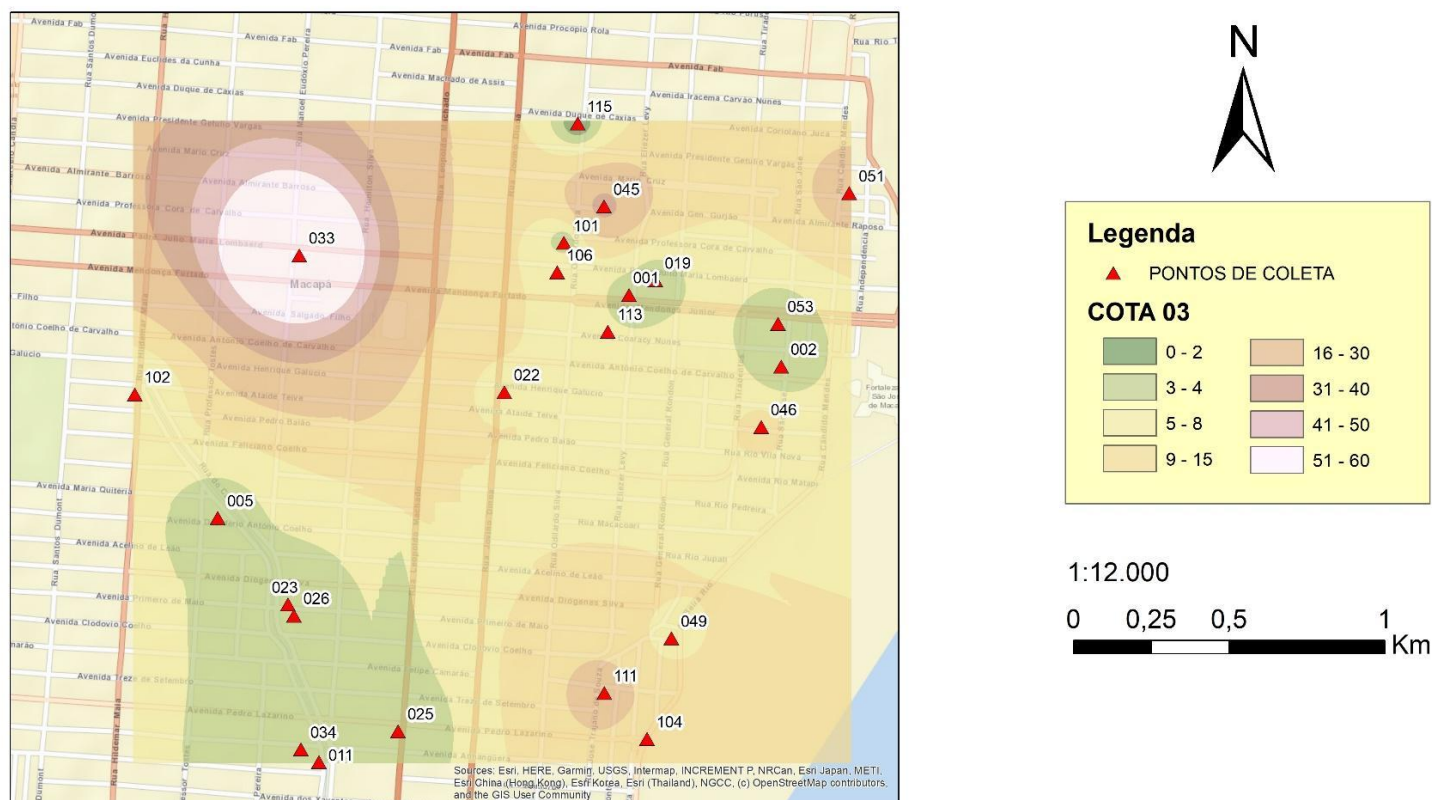
VALORES DE NSPT COTA 04



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 39 – Mapa de NPST por Cota Altimétrica (Cota 03).

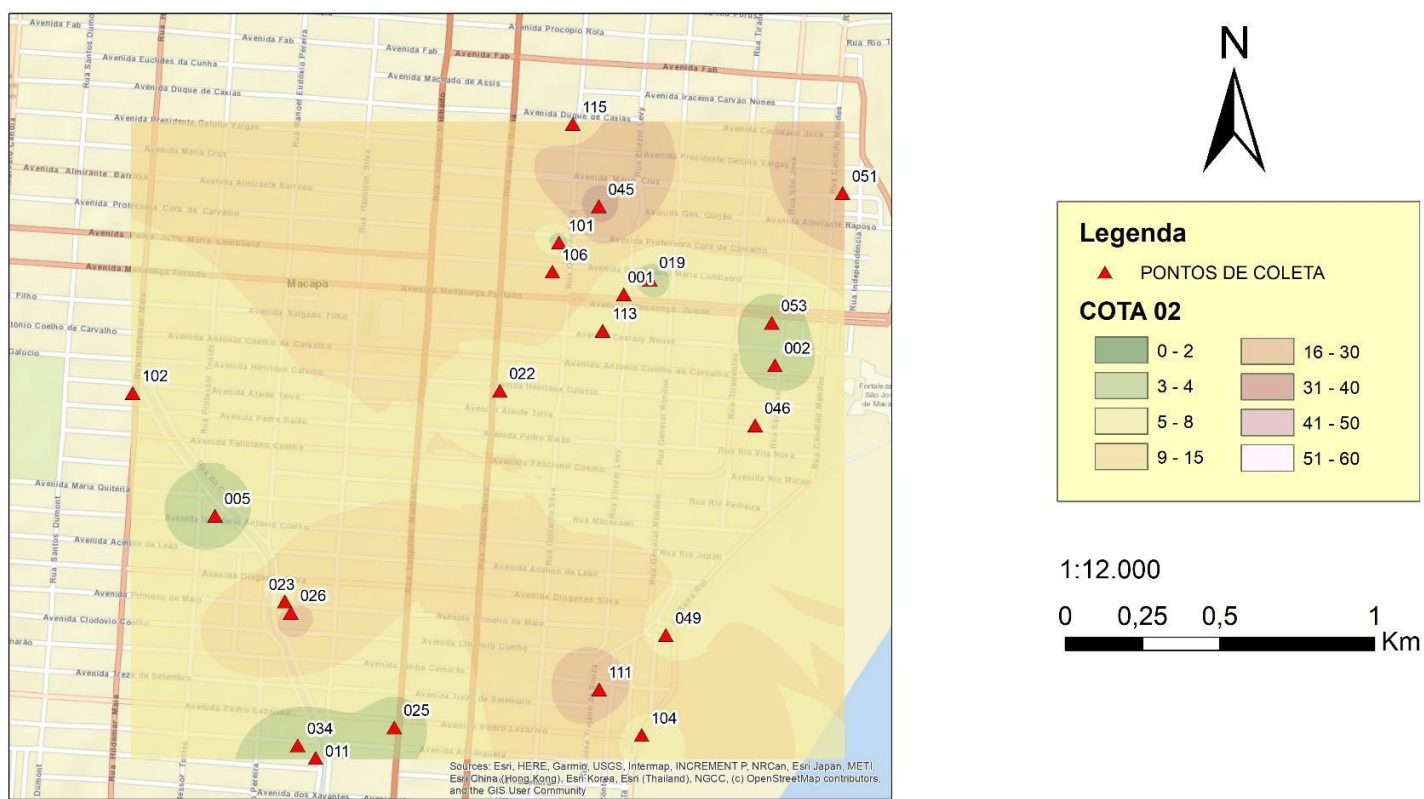
VALORES DE NSPT COTA 03



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 40 – Mapa de NPST por Cota Altimétrica (Cota 02).

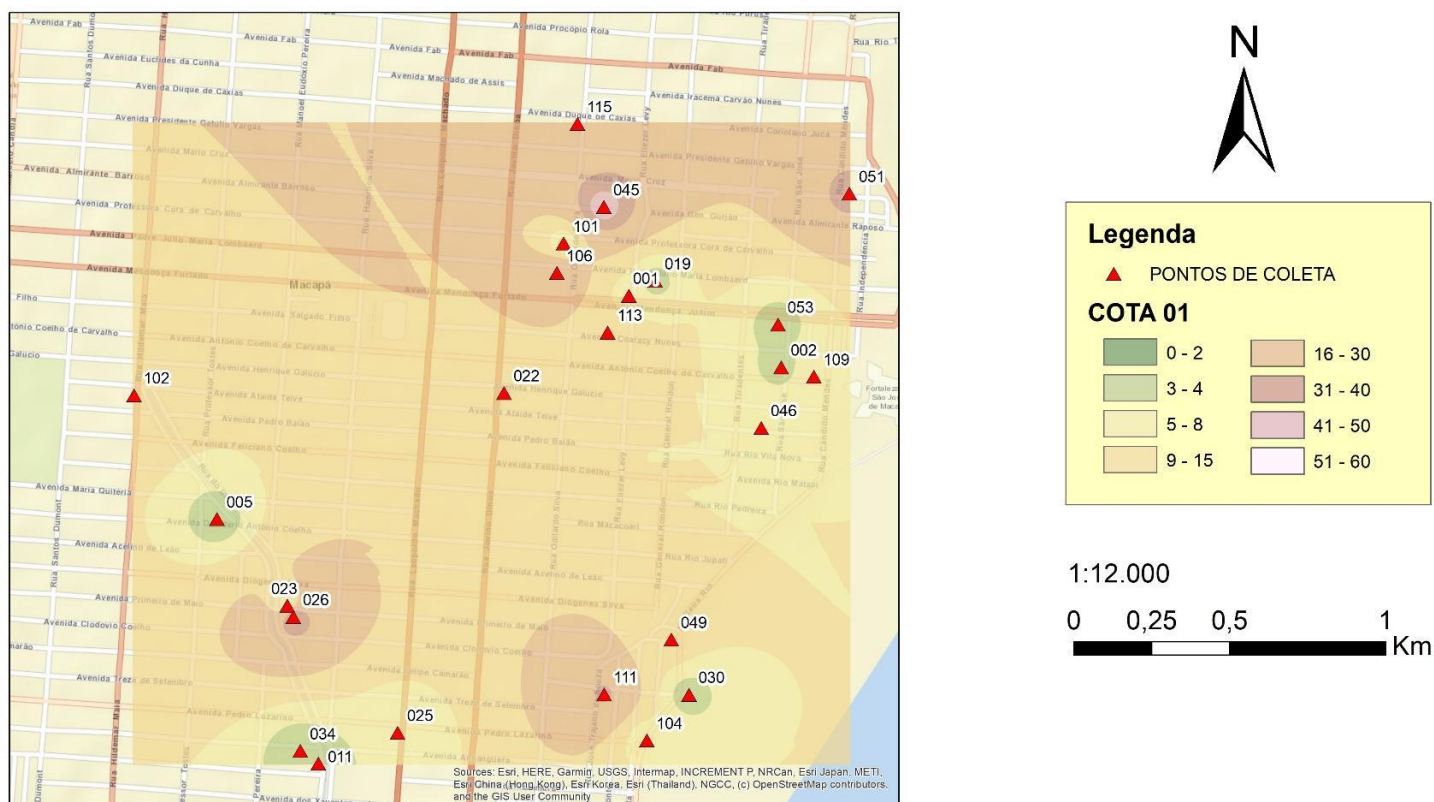
VALORES DE NSPT COTA 02



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 41 - Mapa de NPST por Cota Altimétrica (Cota 01).

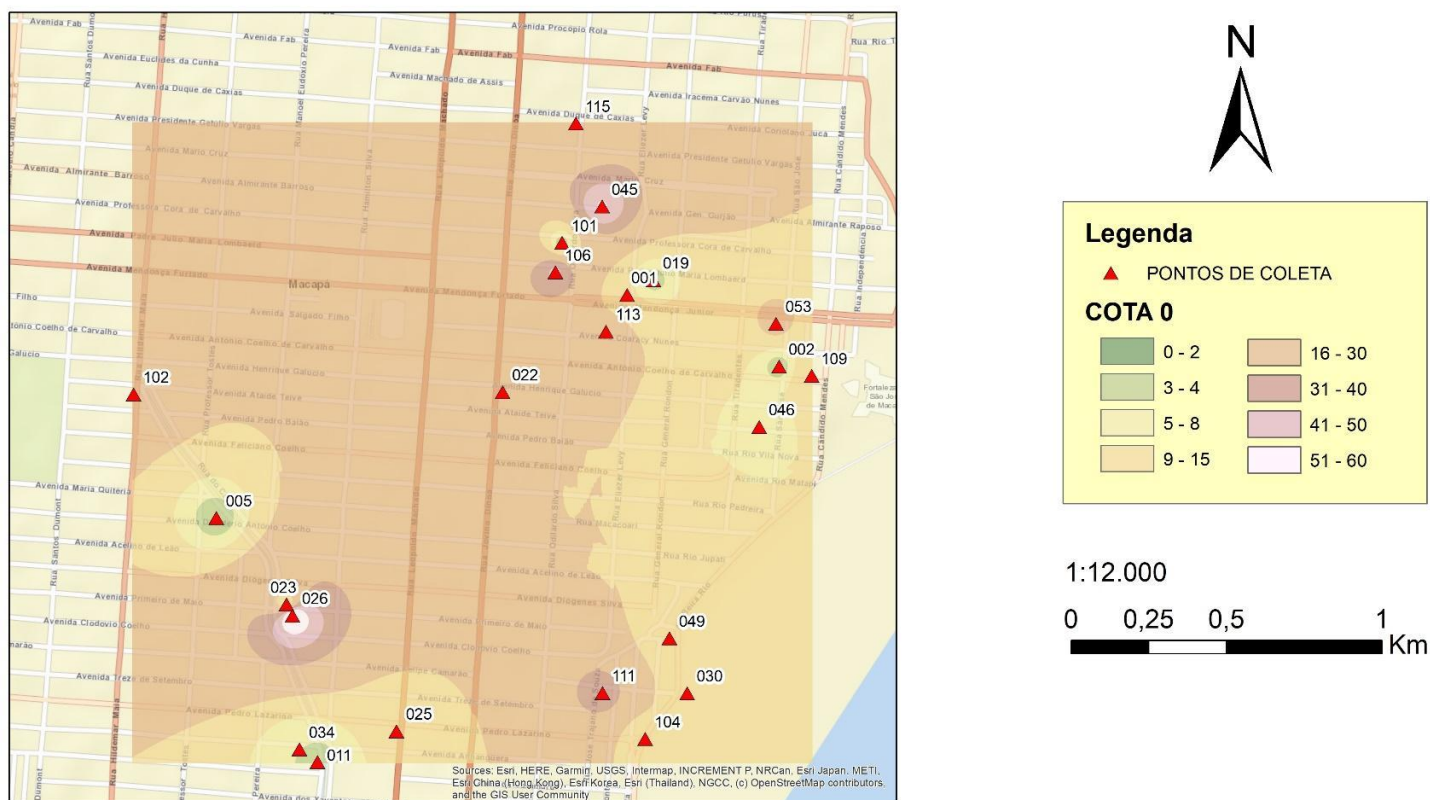
VALORES DE NSPT COTA 01



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 42 – Mapa de NPST por Cota Altimétrica (Cota 0).

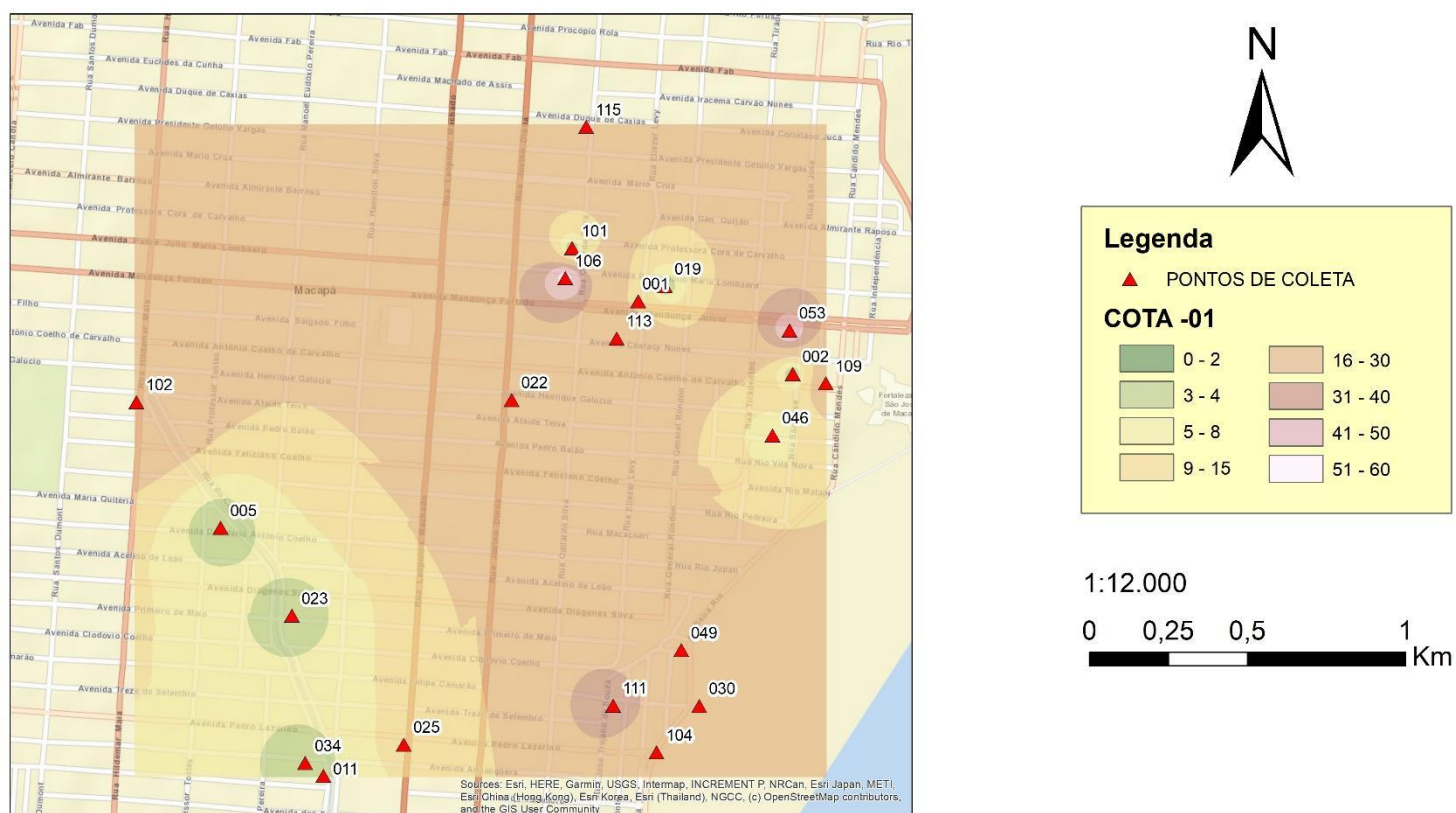
VALORES DE NSPT COTA 0



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 43 – Mapa de NPST por Cota Altimétrica (Cota -01).

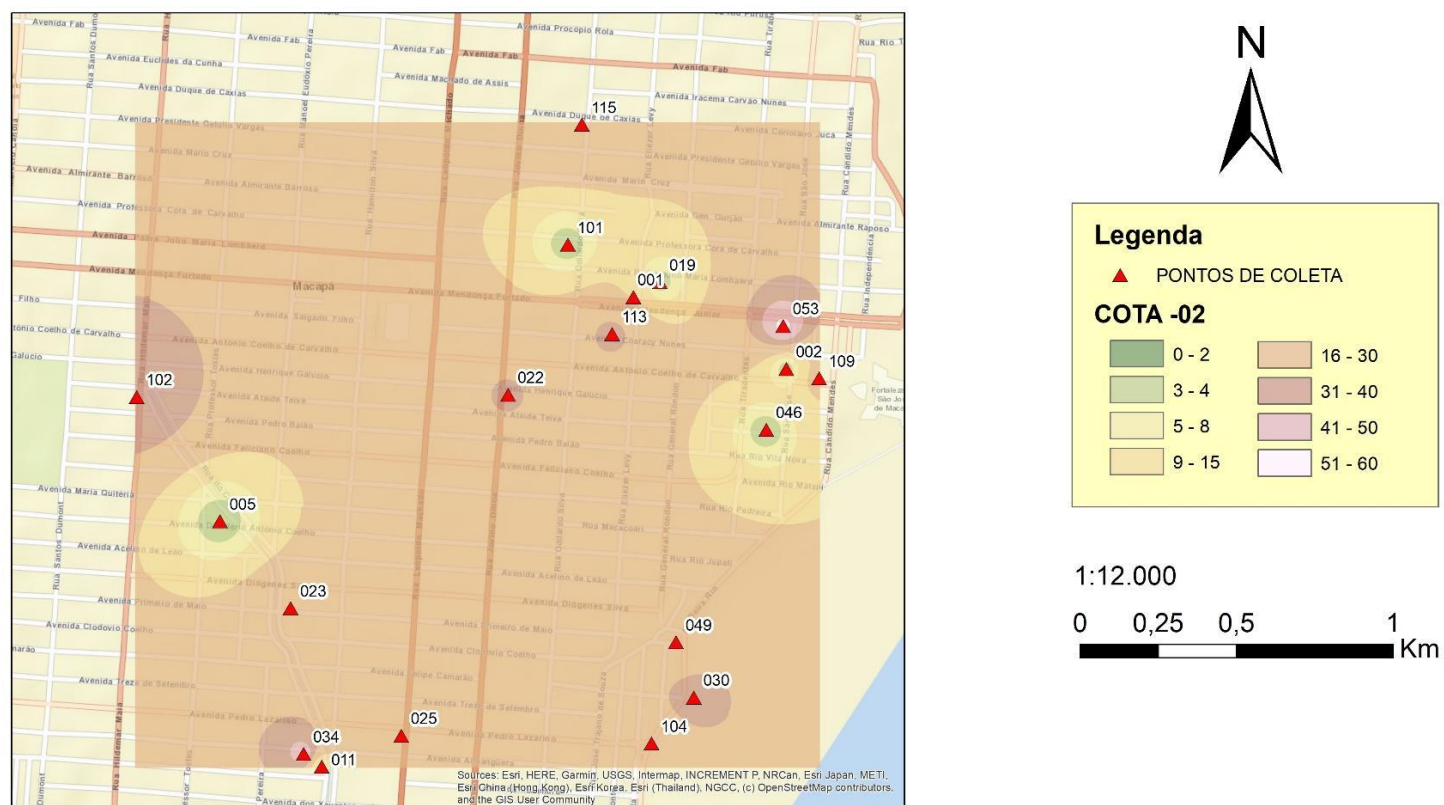
VALORES DE NSPT COTA -01



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 44 – Mapa de NPST por Cota Altimétrica (Cota -02).

VALORES DE NSPT COTA -02



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

