

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CAMPUS FREDERICO WESTPHALEN
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
AMBIENTAL

João Antonio Riboli

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO DO
SOLO (NSPT) NO MUNICÍPIO DE FREDERICO WESTPHALEN - RS**

Frederico Westphalen, RS
2024

João Antonio Riboli

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO DO SOLO
(NSPT) NO MUNICÍPIO DE FREDERICO WESTPHALEN - RS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologia Ambiental, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), Campus Frederico Westphalen, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências e Tecnologia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Fabio Marcelo Breunig
Coorientador: Prof. Dr. Tony Vinicius Sampaio

Frederico Westphalen, RS
2024

Riboli, João Antonio
DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO DO
SOLO (NSPT) NO MUNICÍPIO DE FREDERICO WESTPHALEN - RS /
João Antonio Riboli.- 2024.
216 p.; 30 cm

Orientador: FABIO MARCELO BREUNIG BREUNIG
Coorientador: TONY VINICIUS SAMPAIO
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Campus de Frederico Westphalen, Programa de Pós
Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, RS, 2024

1. NSPT 2. PENETRATION TEST 3. SOLOS 4. RESISTÊNCIA
DO SOLO 5. ENSAIO DO SOLO I. BREUNIG, FABIO MARCELO
BREUNIG II. SAMPAIO, TONY VINICIUS III. Título.

João Antonio Riboli

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO DO SOLO
(NSPT) NO MUNICÍPIO DE FREDERICO WESTPHALEN - RS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologia Ambiental, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), Campus Frederico Westphalen, como requisito parcial para a obtenção do título de **Mestre em Ciências e Tecnologia Ambiental**.

Aprovada em: 08 de abril de 2024.

**Fabio Marcelo Breunig, Dr. (UFSM).
(Presidente/Orientador)**

**Tony Vinicius Sampaio, Dr. (UFPR)
(Co-Orientador)**

**Eliara Marin Piazza, Dra. (UNICRUZ)
(Examinadora)**

**Renato Beppler Spohr, Dr. (UFSM)
(Examinador)**

Dedico este trabalho a Deus onipotente, onisciente e grande mestre tutor de todas as coisas, que sempre iluminou meus passos durante esta jornada importante em minha vida.

Não obstante, dedico ainda a minha família, em especial, aos meus pais, irmão, namorada e amigos, cujo carinho, amizade e companheirismo foram imprescindíveis para o êxito nesta caminhada.

Além disso, destaco aqui a importância dos professores que tive a oportunidade de ser pupilo durante a minha formação e lapidação, tanto profissional quando pessoal. Ressalto, que todos contribuíram de forma substancial para tal, os ensinamentos a mim conferidos jamais serão esquecidos.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela sua providência e intercessão nos momentos difíceis da minha jornada, guiando e fortalecendo cada passo dado.

Aos meus pais, Julio Cesar Riboli e Dominga Maria Piazza Riboli, por suprir todas as minhas necessidades efetivas e pelo enorme esforço para que eu pudesse chegar até aqui. A minha namorada, Denise Regia Ferst, pelo enorme companheirismo e pela confiança a mim conferida em minhas empreitadas.

A todos os meus colegas e amigos que me proporcionaram momentos de felicidade inesquecíveis e que fizeram o que deveria ser difícil se tornar fácil e prazeroso.

Agradeço aos engenheiros Alexandre Martinazo, Francisco Gemelli, Juliano Schinaider, Lucas de Aguiar, Ricardo Lima, Willian Cadore, que gentilmente forneceram parte dos ensaios SPT para este trabalho, demonstrando sua competência e comprometimento como profissionais autônomos na área. Além disso, gostaria de expressar minha gratidão às empresas Geosonda Geologia e Sondagem LTDA e GH Sondagens LTDA pelos SPTs, colaboração e suporte prestados neste estudo.

A todos os professores que me transmitiram o seu maior tesouro, a saber o conhecimento.

À Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) pela estrutura e apoio concedidos. Especialmente ao meu orientador, Dr. Fábio Marcelo Breunig, que com dedicação e seriedade me conduziu durante a execução deste trabalho, sobretudo, pelo conhecimento e ajuda transmitido e também pelo aceite e colaboração de meu co-orientador, Dr. Tony Vinicius Sampaio.

RESUMO

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO DO SOLO (NSPT) NO MUNICÍPIO DE FREDERICO WESTPHALEN - RS

AUTOR: João Antonio Riboli
ORIENTADOR: Fabio Marcelo Breunig
COORIENTADOR: Tony Vinicius Sampaio

A compreensão das características geotécnicas em áreas urbanas permite o planejamento público e privado da construção civil. Nesse contexto o objetivo deste trabalho consistiu em realizar uma análise espacial das variações do Índice de Resistência à Penetração do Solo (NSPT) na área urbana do município de Frederico Westphalen, RS. A área abrange aproximadamente 18,5 km², onde foram realizadas 60 amostras NSPT em distintas profundidades (entre 2 e 14 m), derivadas de sondagens de reconhecimento executados no perímetro urbano. A caracterização fez uso de dados de elevação (FABDEM 1.2) e de cobertura do solo. Foram realizados testes estatísticos e mapeamentos cartográficos temáticos em sistemas de informação geográfica (SIG). De modo geral, os mapas evidenciaram que as regiões norte, sul e leste da área urbana do Município apresentam solos mais resistentes, enquanto que na região oeste o subsolo apresenta uma resistência intermediária. A região central contemplou a zona com solos menos resistentes. Uma diferença notável nos valores de NSPT foi observada ao analisar a variação de apenas 1 metro, da cota de 3 m à cota de 4 m. Além disso, a área analisada possui uma maior variabilidade de resistência nas cotas iniciais e o impenetrável geralmente se encontra entre as cotas 5 m e 9 m abaixo da superfície. Ademais, constatou-se que em uma mesma região (mesma formação geológico-geotécnica), há diferenças na resistência do solo à penetração, diferenças na profundidade do nível freático e do impenetrável. Neste contexto, além de ser um estudo pioneiro no cenário Frederiquense, o trabalho reúne informações geotécnicas importantes que podem ser utilizadas pela prefeitura da cidade de Frederico Westphalen como subsídio para mapear áreas para novas construções que sejam de interesse dos órgãos públicos e empresas privadas visando a viabilidade econômica, visto que o valor da fundação em uma obra pode variar de 3 a 7% do valor total. Para tanto, os documentos gerados nesta pesquisa poderão ser utilizados, ainda, como auxílio na negociação e aquisição de terrenos, pois as estimativas preliminares das características geotécnicas da área de interesse facilitarão a pré escolha do tipo de solução de fundação que deve ser empregado na construção do empreendimento.

Palavras-Chave: Mapeamento. Caracterização Geotécnica. Análise espacial.

ABSTRACT

SPATIAL DISTRIBUTION OF SOIL PENETRATION RESISTANCE (NSPT) IN THE MUNICIPALITY OF FREDERICO WESTPHALEN - RS

AUTHOR: João Antonio Riboli
ADVISOR: Fabio Marcelo Breunig
CO-ADVISOR: Tony Vinicius Sampaio

Assessing the geotechnical characteristics in urban areas is fundamental for planning public and private actions in civil construction. Thus, the objective was to carry out a spatial analysis of variations in the number of Standard Penetration Test (NSPT) in part of municipality of Frederico Westphalen, RS, Brazil. The study area covers approximately 18.5 km² and was represented by 60 NSPT samples at different depths (2 to 14 m), derived from reconnaissance surveys. Complementary, the characterization made use of elevation data (FABDEM 1.2) and land cover. Statistical tests and thematic cartographic mapping were conducted in geographic information systems (GIS). In general, the maps showed that the north, south and east regions of the Municipality's urban area have more resistant soils, while in the west region the subsoil has intermediate resistance. The central region included the area with less resistant soils. It was also found that the area analyzed has greater variability in resistance at initial levels and that the impenetrable material is generally found between levels 5 m and 9 m below the surface. A notable difference in the NPS values was observed when analyzing the variation of only 1 meter, from the elevation of 3 m to the elevation of 4 m. In addition, the analyzed area has a greater variability of resistance at the initial elevations and the impenetrable is usually between the elevations 5 m and 9 m below the surface. In addition, it was found that in the same region (same geological-geotechnical formation), there are differences in soil resistance to penetration, differences in the depth of the water table and the impenetrable level. In this context, in addition to being a pioneering study in the Fredericense scenario, the work brings together important geotechnical information that can be used by the city hall of the city of Frederico Westphalen as a subsidy to map areas for new constructions that are of interest to public bodies and private companies aiming to economic viability, since the value of the foundation in a project can vary from 3 to 7% of the total value. To this end, the documents generated in this research can also be used as an aid in the negotiation and acquisition of land, as preliminary estimates of the geotechnical characteristics of the area of interest will facilitate the pre-choice of the type of foundation solution that should be used in the construction. of the enterprise.

Keywords: Mapping. Geotechnical Characterization. Spatial analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - O processo de formação das rochas e ciclo geológico.....	20
Figura 2 - Esquema do equipamento utilizado para sondagem SPT	27
Figura 3 - Equipamento utilizado para sondagem SPT	27
Figura 4 - Esquema do amostrador padrão	28
Figura 5 - Amostrador padrão.....	28
Figura 6 - Organograma de contexto de um SIG.....	32
Figura 7 - Organograma da metodologia realizada	38
Figura 8 - Localização do município de Frederico Westphalen/RS	39
Figura 9 - Mapa caracterizando a geologia do Estado do Rio Grande do Sul.....	40
Figura 10 - Localização dos perfis de sondagem e limites no Município	44
Figura 11 - (A) Mapa do relevo bidimensional - (B) Mapa do relevo tridimensional para a área urbana do município de Frederico Westphalen - RS	84
Figura 12 - Valores de NSPT estimados para o município de Frederico Westphalen - RS na profundidade de 2 metros, com o semivariograma experimental e teórico e a interpolação	86
Figura 13 – Sobreposição do NSPT e elevação DSM para a profundidade de 2 metros	86
Figura 14 - Sobreposição do NSPT e elevação DSM ao Município para as profundidades de 2, 3, 4, 5, 7 e 9 metros.....	88
Figura 15 - mapa com a topografia do Município versus o SPT para as profundidades de 2, 3, 4, 5, 7 e 9 metros.....	89
Figura 16 - Covariograma.....	92
Figura 17 - Semivariograma	93

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Índices de resistência à penetração e respectivas designações	30
Tabela 2 - Influência das propriedades de solos granulares na resistência à penetração NSPT	31
Tabela 3 - Média do SPT COD-01 referente a uma sondagem na rua Assis Brasil, bairro Itapagé.....	49
Tabela 4 - Média do SPT COD-04 referente a uma sondagem na rua Brasília, bairro Itapagé	50
Tabela 5 - Média do SPT COD-24 referente a uma sondagem na rua Rio Negro, bairro Itapagé	50
Tabela 6 - Média do SPT COD-32 referente a uma sondagem na rua 15 de Novembro, bairro Itapagé.....	51
Tabela 7 - Média do SPT COD-33 referente a uma sondagem na Rua Brasília, bairro Itapagé	52
Tabela 8 - Média do SPT COD-34 referente a uma sondagem na rua Brasília, bairro Itapagé	52
Tabela 9 - Média do SPT COD-56 referente a uma sondagem na rua Tenente Lira, bairro Itapagé.....	53
Tabela 4 - Média do SPT COD-02 referente a uma sondagem na rua Aparício Borges, bairro Centro	54
Tabela 11 - Média do SPT COD-03 referente a uma sondagem na rua Antônio Boscardin, bairro Centro	54
Tabela 12 - Média do SPT COD-09 referente a uma sondagem na rua Dr. Tranquilo Damo, bairro Centro	55
Tabela 13 - Média do SPT COD-41 referente a uma sondagem na rua Mauricio Cardoso, bairro Centro	56
Tabela 14 - Média do SPT COD-05 referente a uma sondagem na rua Carlos Gomes, bairro Ipiranga	56
Tabela 15 - Média do SPT COD-08 referente a uma sondagem na Av. João Munis Reis, bairro Ipiranga	57
Tabela 16 - Média do SPT COD-25 referente a uma sondagem na rua Theobaldo Schorr, bairro Ipiranga	57
Tabela 17 - Média do SPT COD-26 referente a uma sondagem na rua Caxias do Sul, bairro Ipiranga	58

Tabela 18 - Média do SPT COD-36 referente a uma sondagem na rua Tome de Souza, bairro Ipiranga	58
Tabela 19 - Média do SPT COD-46 referente a uma sondagem na rua Flores da Cunha, bairro Ipiranga	59
Tabela 20 - Média do SPT COD-06 referente a uma sondagem na rua 15 de Novembro, bairro Aparecida	59
Tabela 21 - Média do SPT COD-07 referente a uma sondagem na rua Maurício Cardoso, bairro Aparecida	60
Tabela 22 - Média do SPT COD-13 referente a uma sondagem na BR 386 KM35, bairro Aparecida	60
Tabela 23 - Média do SPT COD-27 referente a uma sondagem na rua Caiçara, bairro Aparecida	61
Tabela 24 - Média do SPT COD-28 referente a uma sondagem na rua Quanabara, bairro Aparecida	61
Tabela 25 - Média do SPT COD-30 referente a uma sondagem na rua Alberto J. Lizzot, bairro Aparecida	62
Tabela 26 - Média do SPT COD-37 referente a uma sondagem na Rua Cai, bairro Aparecida	62
Tabela 27 - Média do SPT COD-44 referente a uma sondagem na rua Recife, bairro Aparecida	63
Tabela 28 - Média do SPT COD-47 referente a uma sondagem na rua João Muniz Reis, bairro Aparecida	63
Tabela 29 - Média do SPT COD-48 referente a uma sondagem na rua Ângelo Milani, bairro Aparecida	64
Tabela 30 - Média do SPT COD-50 referente a uma sondagem na rua Ângelo Milani, bairro Aparecida	64
Tabela 31 - Média do SPT COD-52 referente a uma sondagem na rua Cirio Binotto, bairro Aparecida	65
Tabela 32 - Média do SPT COD-55 referente a uma sondagem na Avenida São Paulo, bairro Aparecida	65
Tabela 33 - Média do SPT COD-57 referente a uma sondagem na rua Miguel Couto, bairro Aparecida	66
Tabela 34 - Média do SPT COD-59 referente a uma sondagem na rua Mauricio Cardoso, bairro Aparecida	66

Tabela 35 - Média do SPT COD-10 referente a uma sondagem na rua Monsr. Vitor Batist, bairro Barril	67
Tabela 36 - Média do SPT COD-16 referente a uma sondagem na BR 386 KM32, bairro Barril	67
Tabela 37 - Média do SPT COD-23 referente a uma sondagem na Aparício Borges, bairro Barril	68
Tabela 38 - Média do SPT COD-11 referente a uma sondagem na rua José Cañellas, bairro Fátima	68
Tabela 39 - Média do SPT COD-20 referente a uma sondagem na rua Tupã, bairro Fátima ..	69
Tabela 40 - Média do SPT COD-21 referente a uma sondagem na rua Vicente Dutra, bairro Fátima	69
Tabela 41 - Média do SPT COD-12 referente a uma sondagem na rua Roani, bairro Santo Antônio	70
Tabela 42 - Média do SPT COD-22 referente a uma sondagem na rua Cabo Rocha, bairro Santo Antônio	70
Tabela 43 - Média do SPT COD-14 referente a uma sondagem na rua 124, bairro São Cristovão	71
Tabela 44 - Média do SPT COD-31 referente a uma sondagem na rua 96, bairro São Cristovão	71
Tabela 45 - Média do SPT COD-49 referente a uma sondagem na BR 386 KM41, bairro São Cristovão	72
Tabela 46 - Média do SPT COD-51 referente a uma sondagem na Estrada da Faguense, bairro São Cristovão	73
Tabela 47 - Média do SPT COD-15 referente a uma sondagem na rua Aug. Tagliapietra, bairro Faguense.....	73
Tabela 48 - Média do SPT COD-18 referente a uma sondagem na Estrada da Faguense, bairro Faguense	74
Tabela 49 - Média do SPT COD-29 referente a uma sondagem na rua Marasca, bairro Faguense	74
Tabela 50 - Média do SPT COD-35 referente a uma sondagem na Rua União, bairro Faguense	75
Tabela 51 - Média do SPT COD-42 referente a uma sondagem na Estrada da Faguense, bairro Faguense	75

Tabela 52 - Média do SPT COD-45 referente a uma sondagem na rua Garibaldi, bairro Faguense	76
Tabela 53 - Média do SPT COD-17 referente a uma sondagem na rua Venceslau Braz, bairro Santo Inácio	76
Tabela 54 - Média do SPT COD-19 referente a uma sondagem na Avenida Industrial, bairro Distrito Industrial.....	77
Tabela 55 - Média do SPT COD-38 referente a uma sondagem na Avenida das Industrias, bairro D. Industrial.....	77
Tabela 56 - Média do SPT COD-39 referente a uma sondagem na rua 154, bairro D. Industrial	78
Tabela 57 - Média do SPT COD-40 referente a uma sondagem na rua Canario, bairro Panosso	78
Tabela 58 - Média do SPT COD-43 referente a uma sondagem na rua David Bertoletti, bairro Bela Vista.....	79
Tabela 59 - Média do SPT COD-53 referente a uma sondagem na rua Terra Nova, bairro Bela Vista	79
Tabela 60 - Média do SPT COD-54 referente a uma sondagem na rua Angelina, bairro Bela Vista	79
Tabela 61 - Média do SPT COD-58 referente a uma sondagem na rua Angelina, bairro Bela Vista	80
Tabela 62 - Média do SPT COD-60 referente a uma sondagem na rua Ervinio Anuschek, bairro Primavera	80
Tabela 63 - Resultados dos perfis médios para as respectivas profundidades em metro	81

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
1.1 Contexto da Pesquisa.....	15
2 OBJETIVOS	17
2.1 Tema.....	17
2.2 Objetivo geral.....	17
2.2.1 Objetivos específicos	17
3 JUSTIFICATIVA.....	18
4 REVISÃO DE LITERATURA.....	20
4.1 Solos empregados na Engenharia Civil: da geologia ao solo	20
4.2 Investigação do Subsolo	24
4.2.1 SPT (<i>Standard Penetration Test</i>).....	26
4.3 Geoprocessamento de dados	32
4.3.1 Interpolação e geoestatística	33
4.3.2 Integração SPT e Krigagem.....	34
4.3.3 Sistema de Informação Geográfica - QGIS	36
5 PROCESSOS METODOLÓGICOS.....	38
5.1 Caracterização da área em estudo	39
5.2 Coleta e compilação dos perfis de sondagem SPT	41
5.3 Base de dados	44
5.4 Análise e processamento dos dados	46
5.4.1 Interpolação dos dados e espacialização do NSPT.....	46
5.4.2 Cruzamento do SPT com dados geomorfológicos.....	47
5.5 Validação dos resultados	48
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	49
6.1 Análise dos perfis geotécnicos	49
6.2 Síntese das amostras analisadas	81
6.3 Análise dos mapas geotécnicos	84
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	95
7.1 Sugestões para trabalhos futuros	96
REFERÊNCIAS.....	97
APÊNDICE A – MAPAS COM VALORES ESTIMADOS DE NSPT, SOBREPOSIÇÃO DO NSPT E ELEVAÇÃO DSM.....	103

ANEXO A - RELAÇÃO DE SONDAGENS EXECUTADAS POR DIVERSAS EMPRESAS PARA A ÁREA DE ESTUDO	108
--	------------

1 INTRODUÇÃO

A rocha é um material natural formado a partir dos processos de dinâmica interna da Terra, que podem ser formada por magmatismo, sedimentação e metamorfismo. Dadas as características dessas rochas, o clima, os agentes biológicos e as condições de contorno do ambiente, são formados os diferentes tipos de solo. O solo é uma matéria proveniente da intempérie da rocha, onde para a sua formação são englobados os processos químicos e físicos que alteram o estado inicial da rocha provocando sua desintegração e decomposição (MACIEL FILHO, 2014). Esse processo leva milhões de anos, sendo que no decorrer da marcha evolutiva, ocorre o surgimento de partículas de diferentes granulometrias, tais como os blocos, matacões, pedregulhos, areia grossa e fina, silte e argila, os quais contribuem para a composição final do solo, segundo as particularidades de cada região (CRAIG, 2007).

Além disso, vale ressaltar que a matéria orgânica é um elemento importante na composição do solo, influenciando uma variedade de processos físicos, químicos e biológicos e, por meio deles, desempenhando funções essenciais. Um impacto direto da atividade biológica é observado na macroestrutura do solo, onde a formação de poros é resultado da ação de organismos do solo, como a fauna, raízes e fungos. Por outro lado, efeitos indiretos estão ligados às alterações em compostos orgânicos decorrentes de processos como decomposição, mineralização e a subsequente imobilização de nutrientes (LEITE, 2004).

É importante também destacar o conceito de subsolo, que se refere à camada mais profunda da crosta terrestre, situadas abaixo da superfície, formado por rochas, minerais, água subterrânea e outros elementos, seu papel é fundamental em diferentes domínios, tais como geologia, mineração e construção civil (SOUZA, 2023). Portanto, o solo é um dos elementos mais abundantes encontrado na crosta terrestre e no escopo da construção civil, pode ser utilizado em seu estado natural ou como material de construção. Em seu estado natural, por exemplo, pode ser utilizado como terreno na fundação de edificações e em rodovias, como subleito do pavimento. Já como material de construção pode ser empregado em qualquer camada de uma rodovia, estabilizado ou não, e até mesmo no corpo de uma barragem de terra, podendo ainda servir como matéria prima para cerâmicas diversas (CRAIG, 2007).

Assim, independente do porte e/ou finalidade da obra, deve-se conhecer o comportamento do solo, seja por meio de ensaios laboratoriais ou de inspeções e medidas obtidas em campo. Tendo em vista que a investigação geotécnica representa menos de 1% do custo final da obra, a mesma se faz imprescindível para obtenção de projetos seguros, econômicos e com desempenho satisfatório (DÉCOURT, 1996). Apesar da importância, os

mapeamentos de solos raramente cobrem detalhes cartográficos requisitados em escala adequada ao planejamento de obras.

Portanto, deve-se considerar que as principais causas de patologias em fundações acontecem pela ausência, ineficácia ou falha no processo de investigação do subsolo, comprometendo toda a estrutura pelo simples fato de não seguirem a normatização vigente (ABNT NBR 6122/2010; ABNT NBR 8036/1983), resultando em sondagens insuficientes e em um perfil não condizente com as condições reais do solo. De acordo com Balasubramani e Dodagoudar (2022) modelar a variabilidade espacial das propriedades do solo é essencial para estabelecer parâmetros de engenharia para o projeto e construção de estruturas e instalações geotécnicas. Há vários métodos de sondagem para obtenção do perfil geotécnico do solo, sendo o Standard Penetration Test (SPT; ensaio de penetração padronizado) o ensaio mais conhecido e disseminado no meio técnico.

Segundo Hachich et al, (1998) este processo é o mais difundido mundialmente e foi desenvolvido em 1927 por um engenheiro geotécnico chamado Karl Terzaghi, usado na segunda guerra mundial para as forças aéreas americanas, tendo como objetivo avaliar as condições do subsolo para fins de construção de pistas de pouso de aeronaves. Atualmente essa sondagem é amplamente utilizada em uma vasta gama de projetos na área geotécnica, em especial, fundações, onde recebeu no Brasil a normatização ABNT por meio da NBR 6484/2001 (ABNT, 2001).

Contudo, a distribuição espacial das amostras de ensaios SPT não apresentam continuidade espacial. Nesse sentido, a análise espacial e a geoestatística são abordagens essenciais no campo das ciências geoespaciais, permitindo a compreensão das distribuições e padrões de dados geográficos, bem como a modelagem da dependência espacial desses dados. Enquanto a análise espacial identifica tendências e variações espaciais, a geoestatística é fundamental para interpolação e previsão de valores em locais não amostrados, sendo aplicada em inúmeras áreas do conhecimento (DRUCK et al., 2004).

No estudo de Balasubramani e Dodagoudar (2022), um modelo 3D de caracterização de locais foi desenvolvido utilizando Krigagem ordinária e simples com o objetivo de avaliar a variabilidade espacial dos valores corrigidos de Índice de Resistência à Penetração do Solo (NSPT) no subsolo da cidade de Chennai, localizada na Índia. A abordagem alternativa de Krigagem usando modelo de covariância produto-soma foi implementada para modelar o NSPT com valores corrigidos em ambiente anisotrópico, sendo que os valores estimados foram comparados com os dados reais do poço em locais selecionados. Destarte, os autores notaram que a Krigagem ordinária tem estimativas mais precisas e próximas dos valores reais corrigidos

do NSPT do que a Krigagem simples. Portanto, concluíram que os valores estimados de NSPT corrigidos no ambiente de subsuperfície 3D auxiliaram na melhor interpretação das informações do subsolo, tornando possível a tomada de decisões, baseando-se no desenvolvimento futuro, nas atividades e gestão eficaz dos centros urbanos.

Todas as etapas de estudo do solo devem ser realizadas com o maior nível de excelência. Logo, estudos de sondagens são essenciais, pois além de descobrir o tipo de solo a partir das amostras coletadas em campo, é possível realizar ensaios de geotecnia e comportamento mecânico do solo em diferentes circunstâncias (PEREIRA, 2015). Entende-se, portanto, que para aprimorar a qualidade dos resultados dos ensaios SPT, é preciso empregar a análise espacial e a geoestatística na avaliação do Índice de Resistência à Penetração do Solo (NSPT).

Estas técnicas permitem identificar padrões de variação espacial na resistência do solo, fornecendo percepções valiosas para o planejamento de projetos geotécnicos. A análise espacial permite criar mapas detalhados representando a distribuição da resistência do solo com base em dados coletados em várias localizações e profundidades, por sua vez, a geoestatística incorpora a autocorrelação espacial entre os valores de resistência, aprimorando a precisão das estimativas em locais onde não foram realizadas amostragens (CÂMARA et al., 2004). Essa combinação de abordagens contribui para uma compreensão mais completa do trabalho.

Neste contexto, a presente pesquisa tem como propósito realizar a caracterização do subsolo da área urbana do município de Frederico Westphalen – RS, por meio da análise espacial de dados de perfis de sondagem SPT e do NSPT, e avaliar técnicas de geoestatísticas para a geração de superfícies contínuas desses parâmetros geotécnicos. Esse é um estudo pioneiro na região e tem o intuito de contribuir com a comunidade local, fornecendo um instrumento para a avaliação preliminar da capacidade geotécnica do solo do Município.

1.1 Contexto da Pesquisa

Diversos trabalhos já provaram a capacidade e eficácia do ensaio SPT na caracterização do subsolo (SCHUMERTMANN; PALACIOS, 1979; KOVACS; SALAMONE, 1982; BELICANTA, 1985; 1998; CAVALCANTE, 2002). Pesquisas inovadoras como a realizada por Lóz Junior e Souza (2016), utilizando perfis de sondagem SPT para a caracterização do solo do município de Arapiraca – AL, por meio da ferramenta de processamento de dados ArcGIS, comprovam o bom desempenho do ensaio na caracterização dos solos de uma região. Um estudo semelhante foi realizado por Fonteles (2014) no município de Fortaleza – CE, a partir de um levantamento de 126 sondagens SPT, posterior a análise dos perfis geotécnicos,

foram representados mapas de contorno da superfície impenetrável ao SPT, e adicionalmente, os mapas de probabilidade condicionadas para um determinado nível de corte ou profundidade da superfície impenetrável. Esses resultados foram obtidos por meio do método de regressão denominado Krigagem, o qual faz a aproximação ou interpolação de dados e posteriormente a representação (FONTELES, 2014).

Deste modo, compreende-se que o uso da aplicação de técnicas de geoestatística na caracterização geotécnica de subsolos vem sendo utilizada ao longo dos anos e constitui o objeto de estudo de diversas pesquisas (JIMÉNEZ et al, 2000; EL MAY; DLALA; CHENINI I, 2010; BHUNIA; SHIT; MAITI, 2018). Portanto, a estimativa dos valores de NSPT a partir desse tipo de análise é uma realidade consolidada tanto a nível nacional quanto internacional (SOARES, 2011; FOLLE, 2002; MACKEAN; ROSENBAUM, 1990; STURARO, 1994; WAN-MOHAMAD; ABDUL-GHANI, 2011; SILVA, 2008).

Considerando cidades de pequeno porte, é notório que estudos dessa natureza são escassos, quando não completamente ausentes. Portanto, a análise da distribuição espacial dos resultados dos ensaios SPT desempenha um papel crucial na orientação do planejamento urbano, na assistência às empresas de construção civil e na gestão ambiental. Isso se torna especialmente relevante em municípios como Frederico Westphalen, que têm experimentado um notável crescimento na área urbana (BERTANI et al., 2012) e um expressivo aumento populacional (IBGE, 2023).

Assim, cabe destacar que para além da investigação e criação de superfícies contínuas interpoladas por métodos de geoestatística e análise espacial, é de suma importância identificar variáveis que covariam com as respostas do NSPT. Nesse contexto, explorar dados de solo, declividade, altimetria e outros parâmetros geomorfométricos carece de avaliação.

2 OBJETIVOS

2.1 Tema

Análise das características geotécnicas do subsolo da área urbana do município de Frederico Westphalen - RS, por meio de estudos de perfis de sondagem SPT, com o empenho de técnicas de geoestatísticas, com foco na distribuição espacial dos parâmetros SPT e parâmetros geomorfológicos.

2.2 Objetivo geral

Caracterizar o subsolo da área urbana do município de Frederico Westphalen, situado no norte do Rio Grande do Sul, a partir de sondagens à percussão SPT, com o auxílio da análise da distribuição espacial dos parâmetros do SPT avaliando o índice de resistência do solo.

2.2.1 Objetivos específicos

Para atingir o objetivo geral desta pesquisa foram considerados as seguintes ações traduzidas em objetivos específicos:

- Elaborar um banco de dados de coleta de perfis de sondagem SPT em diferentes locais do Município, em parceria com empresas e engenheiros atuantes na região;
- Produzir mapas representando a distribuição espacial dos parâmetros de resistência do solo em diferentes profundidades por meio de técnicas de análise espacial;
- Investigar a variabilidade espacial nas diferentes profundidades mapeadas e funções de variáveis geomorfológicas.

3 JUSTIFICATIVA

Com base nas informações fornecidas pelo site da Prefeitura de Frederico Westphalen, é importante destacar que o Município está se consolidando como um polo regional em constante crescimento em diversos setores, com forte participação da construção civil. O objetivo declarado é alcançar uma população de 45 mil habitantes até o ano de 2030. Esse crescimento populacional planejado implica em uma expansão urbana significativa, que por sua vez acelerará o uso e ocupação da terra na região, abrindo espaço para diversas implantações e empreendimentos (FREDERICO WESTPHALEN, 2024).

Esse cenário de expansão urbana traz consigo um mercado imobiliário em ascensão, o que, por sua vez, beneficia o setor das engenharias em todas as suas formas. A demanda por projetos de infraestrutura, construção civil e planejamento urbano deverá aumentar consideravelmente, criando oportunidades para profissionais e empresas atuantes no campo das engenharias. Assim, a perspectiva é de que Frederico Westphalen experimente um significativo crescimento econômico e desenvolvimento em função desse processo de expansão, com um mercado imobiliário aquecido e um setor de engenharias em alta demanda para atender às necessidades crescentes da comunidade.

A aplicação dos resultados desta pesquisa desempenha um papel crucial no estágio inicial de qualquer projeto, fornecendo um conhecimento abrangente sobre a variabilidade do subsolo nos 18,5 km² da área urbana do Município. Essas informações abrangem detalhes como o tipo de solo e de NSPT em cada metro de profundidade, até atingir a camada impenetrável.

Esses elementos são de extrema importância como base para a tomada de decisões em diversas áreas da engenharia. Na engenharia civil, por exemplo, eles são fundamentais para determinar a profundidade e a escolha das fundações adequadas. Na agronomia, auxiliam no entendimento das diferentes camadas do solo, enquanto na engenharia ambiental, são cruciais para determinar locais apropriados para a instalação de fossas, filtros e sumidouros, entre outras aplicações.

Dessa forma, os dados obtidos por esta pesquisa têm o potencial de servir como uma base para a tomada de decisões, contribuindo para o planejamento eficaz e a execução bem-sucedida de projetos em benefício da cidade e de suas comunidades. É por essas razões que esta pesquisa se destaca como pioneira, tendo como seu principal objetivo a investigação detalhada das características de resistência do subsolo do Município. Esse estudo baseia-se em informações geotécnicas obtidas por meio de ensaios SPT, aproveitando-se das informações georreferenciadas e sua integração em um ambiente de Sistema de Informações Geográficas

(SIG). Essa abordagem possibilitará a elaboração de mapas acessíveis e claros, que sintetizarão as características do NSPT em todo o Município.

Os mapas gerados por essa pesquisa serão uma valiosa ferramenta tanto para a administração municipal quanto para engenheiros e empreiteiras locais. Essas informações poderão ser aplicadas no mapeamento de áreas para futuras construções e investimentos, proporcionando uma base sólida para o planejamento urbano e o desenvolvimento econômico sustentável da região. A abordagem desta pesquisa abrirá oportunidades para a inovação e o planejamento urbano desempenharem papéis essenciais no avanço e na substancial melhoria da qualidade de vida da comunidade local.

4 REVISÃO DE LITERATURA

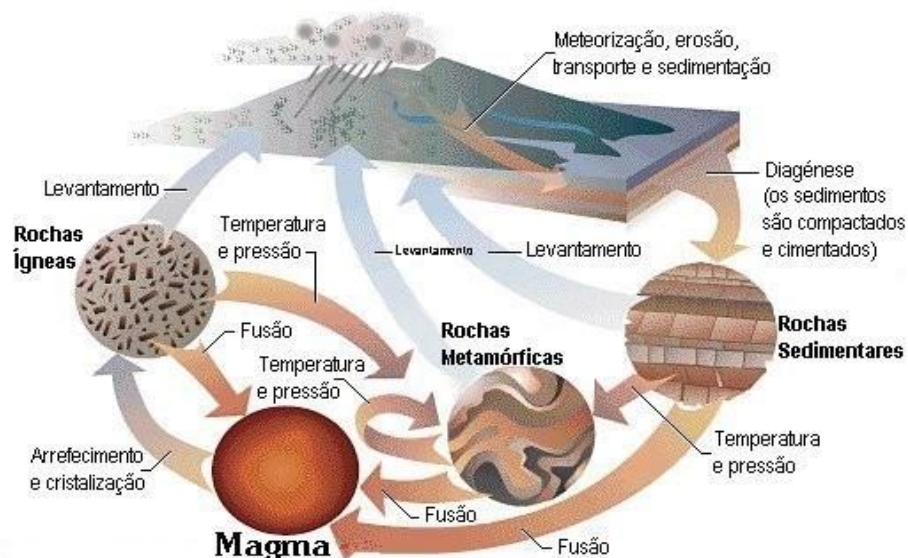
Neste Capítulo aborda-se as principais obras e discussões relacionadas ao tema desta pesquisa, para tanto, trata-se dos solos empregados na Engenharia Civil desde a geologia, investiga-se o subsolo, discute-se o método de sondagem SPT (*Standard Penetration Test*), o geoprocessamento de dados, a interpolação e geoestatística e a integração SPT e Krigagem, e por fim, apresenta-se o *Software QGIS*

4.1 Solos empregados na Engenharia Civil: da geologia ao solo

A Terra sofre constantemente com seus processos de dinâmica interna e externa, os quais acarretam mudanças e evoluções nos materiais presentes em sua crosta. As rochas, os minerais e o solo acabam sofrendo esta influência, modificando-se no decorrer do tempo (DELMOURO, 2017).

De acordo com Leinz e Amaral (1989), as rochas são conceituadas como formações de minerais naturais que podem ser compostas por um ou vários tipos diferentes de minerais. Dessa forma, as rochas consistem em corpos sólidos, de origem natural e que compõem uma parcela significativa do planeta Terra. Além disso, essas formações rochosas podem ser classificadas em três tipos principais: rochas magmáticas, sedimentares e metamórficas. A Figura 1 ilustra o ciclo das rochas, através dela, é possível notar que todas as rochas têm a possibilidade de emergir na superfície, transformar-se em outras rochas ou retornar ao seu estado inicial, ou seja, o magma.

Figura 1 - O processo de formação das rochas e ciclo geológico



Fonte: Marques (2011).

Na imagem, nota-se que as rochas metamórficas passam por fusão, se convertendo em magma. Em essência, o magma é uma substância pastosa (nem líquida nem sólida) que dá origem às rochas conhecidas como ígneas/magmáticas, através de um processo de resfriamento chamado de arrefecimento. Após o arrefecimento, o magma se solidifica e forma as rochas ígneas. É importante observar que, das duas transformações físicas mencionadas, apenas uma delas ocorre (a solidificação), ou seja, a transição da rocha metamórfica para a rocha ígnea ou magmática, ocorre através dos processos de fusão causada pelo aumento da temperatura (transformação em magma) e posterior resfriamento e solidificação (MARQUES, 2011).

Segundo Maciel Filho (2014) este ciclo tem início nas rochas magmáticas, provenientes do magma de vulcões ou da própria crosta terrestre, onde por meio do resfriamento e cristalização são subdivididos em: plutônicas (diminuição da temperatura no interior da crosta e com mineralogia estruturada, como por exemplo, o granito) e vulcânicas (resultante do extrapoloamento do magma não conseguindo fazer a identificação dos minerais, como por exemplo, o basalto). As mesmas podem voltar para seu estado natural ou até mesmo se transformar em rochas metamórficas ou sedimentares.

Rochas sedimentares procedem de uma rocha mãe, ou seja, em decorrência da meteorização de rochas magmáticas, podendo se tornar magma ou materializar em resultante do ciclo sedimentar como à halita, calcário, areia, carvão, arenito, conglomerado e argilito. Este ciclo é composto de quatro fases: intemperismo (degradação mecânica, física e química), transporte (resultante da água e vento), decomposição e diagênese (fragmentação da rocha) (MACIEL FILHO, 2014).

Leinz e Amaral (1989) apontam que as rochas metamórficas são oriundas de rochas sedimentares ou magmáticas, a partir da alteração de sua estrutura em estado sólido cristalizada. Apresentam estas alterações devido à temperatura e pressão, resultante do resfriamento do magma acomodado em rochas já existentes da crosta e até mesmo de fluidos químicos ou blocos de rochas em áreas tectônicas. Alguns exemplos são o quartzito proveniente do arenito, gnaisses provenientes do granito, mármore provido do calcário.

Ademais, Popp (2010) salienta que os principais tipos de metamorfismo são considerados de contato ou térmico, resultado de intrusões magmáticas dinâmica que ocorrem em zonas de movimentação da crosta terrestre e em áreas de abundante tectonismo.

No que diz respeito aos basaltos, este trata-se de rochas silicáticas de origem vulcânica, com uma granulação fina (com grãos inferiores a 1 mm) a afanítica, com teores de SiO₂ em torno de 45 - 55%. Os minerais mais comuns são os feldspatos (principalmente plagioclásio), piroxênios e material vítreo, ou seja, o basalto é uma rocha ígnea resultante de erupções, com

uma textura fina que expõe cristais, podendo ser constituída totalmente ou parcialmente de material amorfo, como vidro. Essa rocha é composta por plagioclásio e piroxênio e, em muitos casos, olivina (HARTMANN, 2014). Além desses minerais principais, são encontrados vários outros minerais acessórios, sendo os óxidos de ferro e titânio os mais comuns. O basalto possui uma cor escura (rocha máfica) e é extremamente importante para a agricultura, pois sua decomposição gera uma argila avermelhada, chamada de latossolo vermelho, que origina solos férteis (CUNHA et al., 2011).

Portanto, devido à sua composição mineralógica, as rochas basálticas são uma excelente fonte de Ca^{+2} , Mg^{+2} , Fe, Si e, eventualmente, K, além de uma variedade de micronutrientes. Por causa dessas características, os materiais derivados dessas rochas têm um alto potencial para serem usados como remineralizadores de solo, além dessa possibilidade, vale ressaltar que o Brasil conta com uma grande quantidade de pequenas e médias empresas que exploram basaltos para uso na Construção Civil ou para pavimentação de rodovias (INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO, 2017).

Diante do exposto até aqui, considera-se importante destacar que a rocha é um minério conectado por meios coesivos e permanentes, enquanto o solo é uma mistura natural de grãos minerais que podem ser separados de várias formas, como por agitação em água, sendo que a distinção entre rocha e solo é subjetiva (PINTO, 2006).

A NBR 6502 (ANBT, 1995) define o solo como: “material proveniente da decomposição das rochas pela ação de agentes físicos ou químicos, podendo ou não conter matéria orgânica”. Maciel Filho (2014) ressalta que o principal fator de formação do solo e modelador do relevo é o intemperismo, pois o mesmo atua durante milhares de anos nas rochas e pode agir de forma física, química e biológica.

O processo físico ocorre devido à desagregação das rochas, ou seja, consiste na ocorrência dos processos responsáveis pelas fissurações das rochas, separação dos grãos minerais antes coesos, formando uma face homogênea de uma rocha descontínua. Os agentes responsáveis para tal fato são as variações da umidade e temperatura, assim como a ação do vento e da água (SANTOS, 2005).

O intemperismo químico se caracteriza por um processo de decomposição das rochas, modificando progressivamente a natureza dos minerais. Quando as rochas afloram à superfície da Terra elas acabam entrando em um desequilíbrio de seus minerais, porque o ambiente de formação da rocha é totalmente diferente da superfície da Terra. Esse desequilíbrio ocorre por meio de elementos como oxigênio e água. A estabilização dos minerais só acontece quando à

uma transformação química, alterando sua composição, aparência, umidade, entre outras características (MACIEL FILHO, 2014).

Por fim, o intemperismo biológico caracteriza a transformação das rochas por meio da ação de cunha de raízes, ação de seres vivos, sejam elas feitas por bactérias, animais por decomposição ou excrementos (POPP, 2010). Cabe destacar que todos esses processos ocorrem de forma conjunta na região.

Segundo Pinto (2006) os fatores que contribuem para a formação do solo são a própria rocha de origem, a incidência solar, o clima, a camada vegetal, material orgânico, entre outros. Em função da origem e formação, os solos podem ser classificados como: residuais e transportados. Entende-se por solo residual, o material formado da alteração e decomposição das rochas, em que o mesmo não tenha sido transportado do seu local original. Para isso torna-se necessário que o processo de decomposição da rocha seja mais rápido que a retirada por agentes. Já o solo transportado sofre a ação transportadora dos agentes geológicos, como: água, gelo, vento, gravidade, entre outros (SANTOS, 2005).

Em relação à granulometria do solo, o mesmo pode ser dividido em três tipos principais: solos arenosos, solos argilosos e solos siltosos. A composição do solo arenoso é formada basicamente por areia, apresentando características de um material permeável e sem coesão. Isto ocorre devido à grande separação dos agregados, tornando-o mais suscetível a erosões e a pobreza de nutrientes (POPP, 2010).

O solo argiloso tem em sua composição predominante a fração argila, sendo formado por grãos microscópicos e extremamente interligado uns aos outros. Acaba sendo um solo impermeável, aconselhável para a construção de barragens de terra e taludes, desde que devidamente compactado. É o solo mais presente no país, e por ser um material barato, é amplamente utilizado como matéria prima para tijolos, telhas e argamassa de assentamento (POPP, 2010).

Pinto (2006) afirma que fragmentos de minerais ou rochas com granulometrias intermediárias são denominadas silte. Devido à semelhança entre os demais solos, deve-se levar em conta que a argila e a areia são excelentes materiais se comparado ao solo siltoso, visto que o mesmo não apresenta coesão nem plasticidade. Muito empregado em estradas de terra no norte e noroeste do Mato Grosso, este solo não apresenta bom desempenho, devido ao fato de em períodos chuvosos ocorrer grande formação de barro e em períodos de seca a formação de nuvens de poeira.

Segundo Leinz e Amaral (1989), o solo passa a ser tão importante no contexto, pois o mesmo é o material mais empregado na Engenharia Civil, visto que as maiorias das construções

são assentes sobre o mesmo. Como citado anteriormente, o solo pode ser empregado como matéria prima de cerâmicas, porém sua principal aplicação se encontra no seu estado natural, como terreno de fundações para as mais diversas obras, fazendo com que as cargas atuantes sejam transmitidas às diversas camadas do subsolo (HACHICH et al., 1998). Os autores afirmam que o solo pode ser empregado como material de construção em estradas, barragens de terra, aterros, taludes, etc.

Na pavimentação, o material terroso pode ser empregado nas diversas camadas do pavimento, dependendo da sua resistência e deformabilidade. Pode ser aplicado na fundação do pavimento, no reforço de subleito, e ainda na base e na sub-base, quando estabilizado química, betuminosa ou granulometricamente (ABNT NBR 9286/1986).

O solo pode ser utilizado na estabilização de taludes. Essa estabilização pode ser feita sem a utilização de estruturas de contenção, onde o mesmo deve apresentar um solo com alto índice de compactação, resistência e deformabilidade. Dependendo do nível de instabilidade é aconselhável à utilização de uma estrutura de contenção. Nesse caso, o solo irá compor o corpo desta estrutura, como acontece em muros de terra armada e solos grampeados (ABNT NBR 11805/1991).

Aterros são porções de terra, que servem para nivelar ou altear um terreno. O corpo do aterro constitui em solo depositado e posteriormente compactado, sendo esse material proveniente de locais de cortes e empréstimos. A execução de aterros é comumente vista em rodovias. Já aterros sanitários utilizam o solo compactado em sua base para não haver infiltrações de chorume, além disso, o mesmo é empregado nas diversas camadas de cobertura de resíduos. Nesse tipo de obra é aconselhável o uso de solos argilosos, os quais apresentam baixa permeabilidade (AUGUSTO FILHO; VIRGILI, 1998).

Em barragens, o solo pode estar presente tanto no seu terreno de fundação, quanto na composição do corpo da mesma. Sua aplicabilidade se encontra em barragens de terra homogêneas e zonadas, devidamente compactadas.

4.2 Investigação do Subsolo

Como visto anteriormente o solo apresenta uma função vital para o desenvolvimento de qualquer obra de engenharia. Perante isto, deve-se realizar uma investigação do subsolo, que servirá como base para soluções envolvendo problemas geológicos-geotécnicos, por meio do conhecimento adequado do solo no tocante a sua identificação e classificação de camadas, bem como das suas propriedades de engenharia. Graças à prospecção do solo, é possível encontrar

soluções com embasamento teórico e prático, além de se determinar a estratigrafia do terreno, a classificação das camadas do solo e a obtenção de parâmetros geotécnicos, havendo uma aplicação direta ao projeto a ser desenvolvido.

Hachich et al. (1998) afirma que a investigação do subsolo pode ser dividida em três processos: investigação preliminar, complementar e para fase de execução. Investigação preliminar visa determinar a estratigrafia e as principais características do subsolo, por meio de apenas um tipo de sondagem. Investigação complementar é utilizada quando a investigação preliminar não consegue alcançar todos os parâmetros requeridos para a formulação do projeto, necessitando de mais sondagens e ensaios de campo, de modo a complementar e obter novos dados relevantes. Já a investigação para fase de execução é realizada na ocorrência de imprevistos, controle de áreas com solos críticos, caso seja constatado diferença entre as condições do local com a do perfil de sondagem (NBR 6122/2010), com o objetivo de mitigar dúvidas existentes na fase de anteprojeto, ou para determinar mais precisamente características do subsolo para fins específicos de utilização da obra (HACHICH et al., 1998).

Segundo Militisky (2015), a investigação do subsolo ou sondagem do solo tem um valor econômico muito baixo se comparado a sua importância, visto que agrega informações simples, como tipo e resistência de cada camada do solo, nível freático e impenetrável. Além disso, para a elaboração de qualquer projeto, deve-se ter em mãos a planta do terreno (levantamento planialtimétrico), os dados da estrutura a ser construído, ter conhecimento das normas e códigos de obras locais, assim como as condições do entorno, que poderá ser afetado durante ou após a execução da obra.

Estas informações são tão importantes para o engenheiro projetista quanto para o construtor. Quando o projetista tem informações insuficientes do subsolo, acaba superdimensionando a estrutura, para garantir a segurança e cobrir possíveis erros. Já o construtor, em posse de um projeto bem elaborado, tem a possibilidade de montar um planejamento e orçamento mais apurado, cumprindo com facilidade o cronograma e o custo estabelecido inicialmente (MILITITSKY, 2015).

Segundo Hachich et al. (1998), existem três métodos de sondagem do subsolo, sendo eles: diretos, indiretos e semidiretos. Cada um apresenta diferentes tipos de sondagem, com suas particularidades, mas todos com a mesma finalidade.

Métodos diretos constituem qualquer conjunto de operações, destinadas a permitir a observação direta do subsolo, ou até mesmo por meio de perfurações ou escavações, retirando amostras para serem ensaiadas em laboratório ou no próprio campo. Neste processo estão

vinculados os poços de observação, sondagem a trado, rotativa, mista e a sondagem a percussão SPT (HACHICH et al., 1998).

Métodos indiretos são os quais as propriedades das mais diversas camadas são estimadas de forma indireta, por meio da observação à distância ou de uma média das grandezas do solo. Esta medição mantém correlação com a natureza geológica dos horizontes, podendo assim conhecer sua profundidade e espessura. Os métodos que se encaixam neste item são os geofísicos, basicamente ensaios de prospecção sísmica, elétrica e magnética (HACHICH et al., 1998).

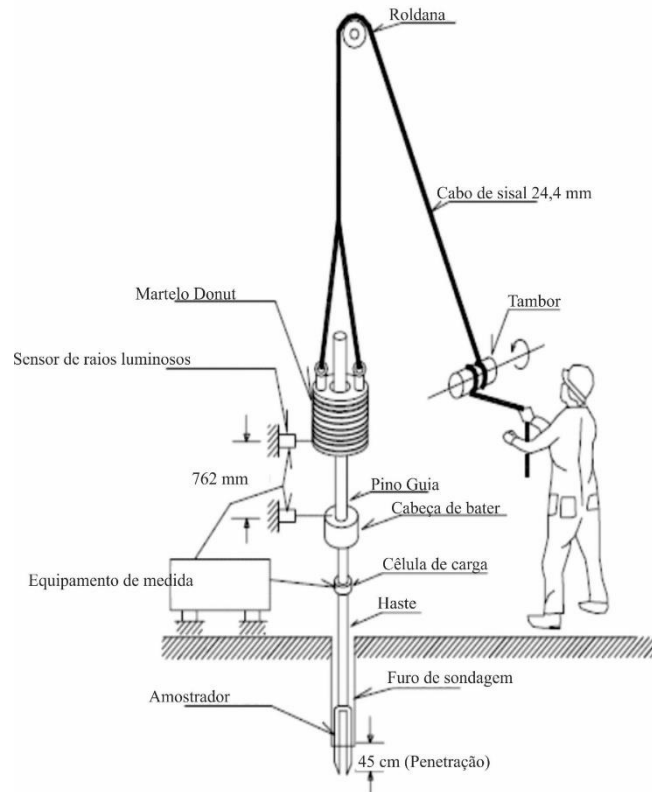
Já os métodos semidiretos fornecem informações que caracterizam o terreno, como compressibilidade e resistência, porém sem a necessidade de coleta de amostras. As informações são obtidas por correlações indiretas, sendo que os ensaios de cone CPT/CPTU, palheta (*Vane Test*), pressiométrico e dilatométrico apresentam tais características (HACHICH et al., 1998).

4.2.1 SPT (*Standard Penetration Test*)

Segundo Hachich et al. (1998), a sondagem a percussão é um processo geotécnico de campo capaz de amostrar o subsolo, e por isso é considerado um método de investigação direta. Essa técnica, quando utilizada em consonância com o ensaio de penetração dinâmica (SPT) ou como popularmente chamado, sondagem de simples reconhecimento, tem um enorme destaque, pois é capaz de medir a resistência do solo ao longo da profundidade perfurada.

Esta sondagem é muito popular, sendo a mais utilizada na Construção Civil no Brasil, tanto para definição da estratigrafia como para métodos rotineiros de projetos. A Figura 2 e 3 apresenta o equipamento utilizado para este tipo de sondagem.

Figura 2 - Esquema do equipamento utilizado para sondagem SPT



Fonte: Schnaid (2000).

Figura 3 - Equipamento utilizado para sondagem SPT

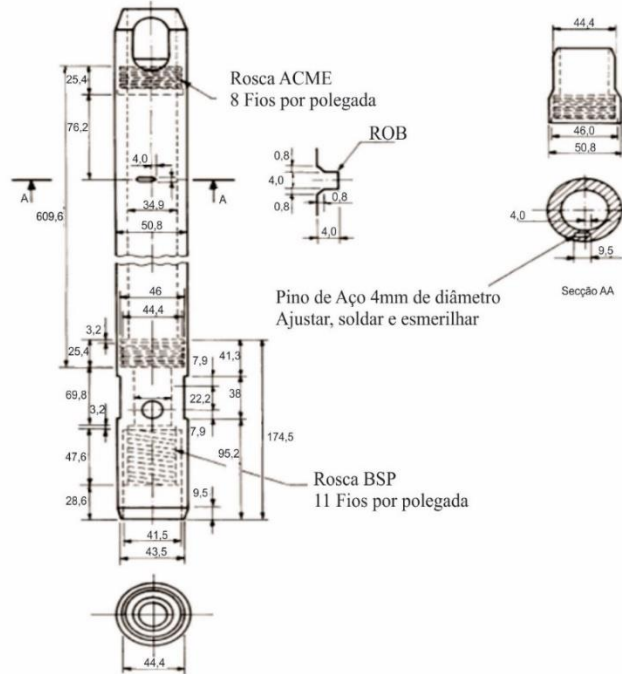


Fonte: Autor (2022).

Verifica-se, através das imagens, que o equipamento pode ser considerado simples, assim como a metodologia de realização do ensaio, a qual parte do princípio básico de realizar

a medida do número de golpes necessários para a penetração dos 45 cm de um amostrador padrão (Figura 4 e 5).

Figura 4 - Esquema do amostrador padrão



Fonte: NBR 6484 (2001).

Figura 5 - Amostrador padrão



Fonte: Autor (2022).

A NBR 8036 (ABNT, 1983), estabelece o número de perfurações a serem feitas levando em consideração a área em planta da edificação. Deve ser executado no mínimo um furo para cada 200 m² de área de projeção do edifício com até 1200 m². Para uma área em planta entre 1200 m² e 2400 m² fazem uma perfuração a cada 400 m² que excederem aos 1200 m² iniciais. Áreas acima de 2400 m², o número será fixado de acordo com o plano da construção. Em quaisquer circunstâncias o número mínimo de sondagens deve ser de 2 para a área da projeção em planta do edifício de até 200m², e três para área entre 200m² e 400m².

Perante essas informações deve haver um planejamento prévio para se iniciar a investigação geológica, sempre levando em consideração o tamanho e tipo da obra a ser executada. No Brasil o ensaio é normatizado pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 6484/2001 “Solo – Sondagens de simples reconhecimento com SPT – Método de ensaio”, a qual estabelece algumas diretrizes para a execução deste tipo de sondagem.

Em cada ponto de análise é feita a montagem do equipamento. O primeiro metro é escavado com auxílio de trado manual. Na base do furo se apoia o amostrador que tem dimensões padronizadas pela norma NBR 6484/2001, conforme a Figura 4, acoplado a uma haste de perfuração. Nesta haste é feita a divisão e marcação de três segmentos de 15 cm, totalizando os 45 cm do amostrador, onde posteriormente o martelo de 65 kg é erguido até uma altura padronizada de 75 cm e posto em queda livre sobre a mesma (ABNT, 2001).

Este procedimento só é interrompido quando o amostrador penetrar os 45 cm do solo amostrado. O somatório dos golpes necessário para a penetração do amostrador nos últimos 30 cm é o que irá determinar seu índice de resistência à penetração do solo na profundidade ensaiada (NSPT). Caso o ensaio seja com torque (SPT-T), retira-se a cabeça de bater e acopla-se o adaptador de torque, para verificação das leituras dos torques máximo e residual, medidos em Kgf.m, com auxílio de um torquímetro (LODEIRO, 2018).

Se for encontrado o nível freático ou o avanço da perfuração seja inferior a 5 cm após 10 minutos de operação, acontece a substituição da perfuração a trado por uma perfuração que permita a circulação de água. Ambas são executadas da mesma maneira, o que difere é o uso de um trépano como ferramenta de escavação, o qual é capaz de desagregar o material do fundo, que é posteriormente removido por meio da bomba d’água (LODEIRO, 2018).

O critério de paralização das perfurações por trado ou lavagem, acontece sempre que ocorrer uma das seguintes situações:

- Quando em 3 metros sucessivos, se obtiver 30 golpes para penetração dos 15 cm iniciais do amostrador padrão.

- Quando em 4 metros sucessivos, se obtiver 50 golpes para penetração dos 30 cm iniciais do amostrado padrão.
- Quando em 5 metros sucessivos, se obtiver 50 golpes para a penetração dos 45 cm do amostrado padrão.

Dependendo do tipo de obra, das cargas a serem transmitidas as fundações e da natureza do subsolo, admite-se a paralização da sondagem em solos de menor resistência a penetração, desde que aja se tenha uma justificativa geotécnica dada pelo engenheiro responsável ou por solicitação do cliente. Milititsky (2015) ressalta que para as amostras coletadas a cada metro não perderem suas características, devem ser acondicionadas em frascos herméticos ou em reservatórios específicos, etiquetados com suas informações básicas e enviado a laboratório para análise tátil visual por geólogo especializado.

A cada metro perfurado de solo, é possível definir o tipo de solo, através da coleta de amostras deformadas; a resistência à penetração (N) oferecida pela cravação do amostrador-padrão; e os limites de cada camada do subsolo (estratigrafia). Outro parâmetro que pode ser determinado é a posição do nível ou dos níveis de água, quando alcançados durante o processo de perfuração (HACHICH et al., 1998).

O SPT também permite determinar a densidade de solos granulares, bem como a consistência de solos coesivos e rochas brandas. A Tabela 1 apresenta a relação entre o índice de resistência a penetração e o estado do solo. Tais informações possuem extrema importância, porque servirão de base para a elaboração de qualquer projeto assente sobre o solo, a mesma tem como função transferir suas tensões para as diversas camadas resistentes, garantindo o equilíbrio da estrutura (SCHNAID, 2000).

Tabela 1 - Índices de resistência à penetração e respectivas designações

SOLO	ÍNDICE RESISTÊNCIA PENETRAÇÃO	DE A DESIGNAÇÃO
Areias e siltes arenosos	< = 4	Fofa (o)
	5 – 8	Pouco Compacta (o)
	9 – 18	Mediamente Compacta (o)
	19 – 40	Compacta (o)
Argilas	> 40	Muito Compacta (o)
	<2	Muito Mole
	3 – 5	Mole
	6 – 10	Média (o)
	11 – 18	Muito Rija (o)
	> 19	Dura (o)

Fonte: NBR 6484 (2001).

Tal método tem destaque devido às suas vantagens, como a simplicidade na execução e uso dos equipamentos, facilidade no treinamento e qualificação da mão de obra, baixo custo operacional e rápida obtenção da estratigrafia e nível freático. As perfurações, por sua vez, também podem ser citadas como uma grande vantagem, podendo ser executadas na maioria dos solos onde é possível a retirada de amostras em diferentes profundidades. A sonda de perfuração é pequena em relação aos demais métodos o que de certa forma facilita o acesso, além disso, o uso de revestimento mantém a estabilidade do furo evitando possíveis contaminações de água subterrâneas (SANTOS, 2021).

Em relação às suas desvantagens pode-se citar o processo de perfuração com baixa velocidade, possíveis deslocamentos de sedimentos para o fundo do revestimento, além de inúmeros fatores podem influenciar no valor de NSPT. Tais falhas podem ser provenientes de operador, equipamento e o próprio solo a ser sondado (SCHNAID, 2000). A Tabela 2 expõe, de forma sucinta e objetiva, os principais fatores relacionados ao solo que alteram o valor de NSPT.

Tabela 2 - Influência das propriedades de solos granulares na resistência à penetração NSPT

CAUSA	EFEITO
Índice de vazios	Sua redução aumenta a resistência à penetração.
Tamanho médio da partícula	Seu aumento aumenta a resistência à penetração.
Coefficiente de uniformidade	Solos uniformes possuem menor resistência.
Pressão Neutra	Solos finos e densos dilatam subindo a resistência, já finos e fofos pode ser liquefeitos na cravação.
Angulosidade das partículas	Seu aumento aumenta a resistência à penetração.
Cimentação	Aumenta a resistência.
Nível de tensões	Seu aumento vertical ou horizontal, aumenta a resistência.
Idade	Seu aumento, aumenta a resistência.

Fonte: Adaptada de Schnaid (2000).

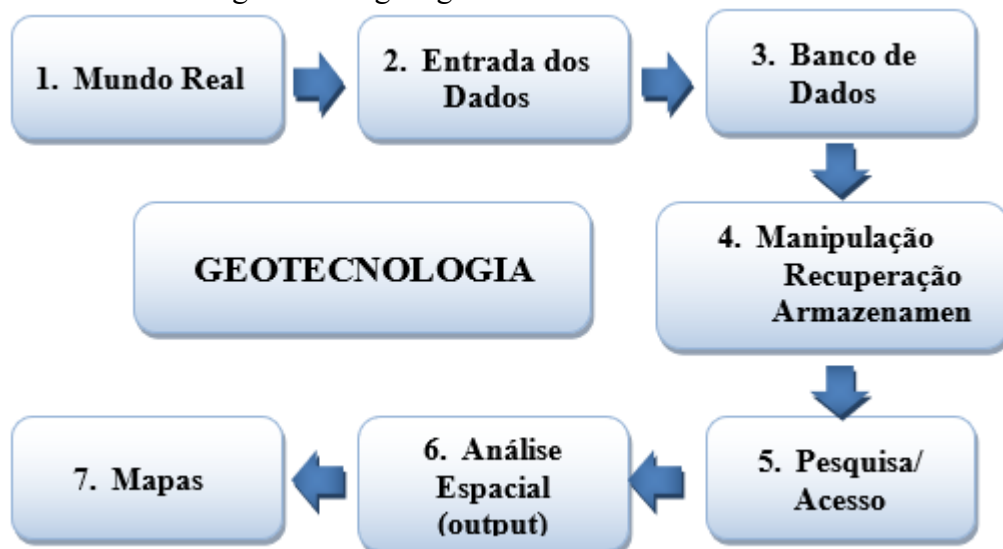
Considerando o que foi apresentado e enfatizado anteriormente, a sondagem SPT pode ser considerada um ensaio de natureza "simples" cuja execução requer cuidado e deve ser confiada a uma empresa experiente no mercado de sondagens, com foco na adesão a normas, além de capacitação e treinamento adequado de sua equipe. É importante ressaltar a realização periódica de manutenção e calibração dos equipamentos utilizados, a fim de evitar quaisquer possíveis equívocos nos resultados obtidos.

4.3 Geoprocessamento de dados

A coleta de dados sobre a distribuição geográfica, recursos minerais, plantas e animais sempre foi uma parte essencial das atividades da sociedade. Contudo, há pouco tempo atrás, era efetivado somente em documentos e mapas impressos, o que impedia ou dificultava uma análise combinatória com outros mapas e informações (FUNDAMENTOS DO GEOPROCESSAMENTO, 2014).

A tecnologia vem trazendo melhorias, visando uma melhor caracterização e possíveis comparações por meio do geoprocessamento. O mesmo utiliza métodos computacionais e matemáticos para obter e analisar informações espaciais. Com as melhorias e avanços tecnológicos, especialmente na área da informática, surgiram os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), os quais se diferenciam dos antigos métodos por permitem a integralização das informações ambientais de maneira simultânea. Em síntese, de acordo com Di Maio (2008) os processos na utilização de um SIG contemplam as seguintes etapas (Figura 6).

Figura 6 - Organograma de contexto de um SIG



Fonte: Adaptado de Di Maio (2008).

Parte-se do conceito que o geoprocessamento faz o uso de geotecnologias para coleta, armazenamento, tratamento, análise, apresentação e consulta de informações espaciais. Um dado coletado pode possuir coordenadas geográficas como: GPS, radar, satélite fotogrametria, cartografia, topografia, entre outras. Já o armazenamento, consiste na análise e apresentação de um grande volume de dados dentro de um determinado espaço geográfico. Perante disto acontece à criação de um ambiente que alinha mapas digitais e informações sobre os elementos

do mapa, gerando um banco de dados geográfico digital denominado SIGs. O ambiente SIG pode ser definido como um sistema que dispõe de uma base de dados espaciais, atividades ou eventos referenciados como pontos, linhas ou áreas, cuja análise gera novas informações que podem ser utilizadas para diversas finalidades. Este tratamento e análise têm como objetivo a modelagem dos dados (MARBLE, 1984).

4.3.1 Interpolação e geoestatística

De acordo com Yamamoto (2021) há uma ampla diversidade de métodos de interpolação, os quais podem produzir resultados inteiramente distintos em virtude das aproximações utilizadas. Dessa forma, é imprescindível o domínio dos métodos para realizar a interpolação, análise e interpretação adequadas dos resultados.

Existem duas categorias de métodos de interpolação: globais e locais. Os métodos globais utilizam uma única função matemática para ajustar os pontos de dados, porém, a remoção ou adição de um único ponto de dado afetará todo o domínio de definição da função. Por outro lado, os métodos locais ajustam funções em pequenas regiões da área de estudo, até que toda a área seja preenchida. Nas décadas de 1950 e 1960, os recursos computacionais eram limitados, portanto os métodos globais eram amplamente utilizados, evitando cálculos complexos e intensivos (YAMAMOTO, 2021).

Considerando que a variável regionalizada é o elemento fundamental da geoestatística, sua variação espacial caracteriza o fenômeno regionalizado do qual ela se origina. Essas variáveis possuem características aleatórias e estruturadas, ou seja, localmente podem assumir qualquer valor de acordo com uma função de probabilidade e globalmente possuem uma estrutura que pode ser tratada por uma função espacial. Sendo assim, tem-se a interpolação, que é uma técnica usada para estimar o valor de um atributo em locais não amostrados, a partir de pontos amostrados na mesma área ou região (GIOVANINI, 2024).

Para tanto, a interpolação espacial transforma dados de observações pontuais em campos contínuos, gerando padrões espaciais que podem ser comparados com outras entidades espaciais contínuas. A ideia por trás da interpolação é que, em média, os valores do atributo tendem a ser semelhantes em locais próximos, e diferentes em locais distantes. Esse conceito serve como base para compreender as relações espaciais entre fenômenos geográficos, utilizando a correlação espacial como forma de distinguir os atributos estimados (GIOVANINI, 2024).

Em relação à precisão da interpolação, os métodos podem ser classificados como exatos ou aproximados. Existem funções que se encaixam perfeitamente nos pontos de dados, sendo chamadas de interpoladores exatos. Além disso, existem funções que seguem a tendência geral dos dados, pertencentes à classe de interpoladores aproximados (YAMAMOTO, 2021).

Os métodos de interpolação mais comuns utilizados em SIGs são divididos em duas categorias: globais e locais. Os métodos globais são amplamente utilizados em superfícies com tendências, enquanto os métodos locais incluem polinômios de baixa ordem, funções *spline*, poliedros, triangulação e médias móveis ponderadas. No entanto, esses métodos não fornecem informações sobre os erros associados às estimativas. Aqui cabe destacar o método de Krigagem, que faz isso através de um modelo contínuo de variação espacial (GIOVANINI, 2024).

Além disso, destaca-se o método de interpolação *Inverse Distance Weighting* (IDW), no qual os pontos amostrais são ponderados durante a interpolação, de forma que a influência de um ponto em relação a outro diminua conforme a distância do ponto desconhecido que se deseja criar. A ponderação é atribuída aos pontos amostrais através da utilização de um coeficiente de ponderação, que controla como a influência da ponderação irá diminuir à medida que a distância a partir do ponto desconhecido aumenta. Quanto maior for o coeficiente de ponderação, menos pontos terão efeito, quanto mais distantes estiverem do ponto desconhecido durante o processo de interpolação. Ao aumentar o coeficiente, o valor do ponto desconhecido ficará mais próximo do valor dos pontos vizinhos observados (QGIS PROJECT, 2024).

É importante destacar que o método de interpolação IDW apresenta algumas desvantagens: a qualidade do resultado da interpolação pode ser comprometida quando a distribuição dos pontos de dados da amostra é desigual. Ademais, os valores máximos e mínimos na superfície interpolada só podem ser encontrados nos pontos de dados da amostra. Isso geralmente resulta em pequenas elevações e depressões ao redor dos pontos de dados amostrais (QGIS PROJECT, 2024).

4.3.2 Integração SPT e Krigagem

Entre os métodos estocásticos se encontra o interpolador denominado de Krigagem, termo que vem de "Kriging," o qual baseia-se na teoria das variáveis regionalizadas, desenvolvida pelo matemático francês chamado Georges Matheron (JAKOB; YOUNG, 2016). Esse método apresenta o princípio de correlação espacial, estimando a partir dos dados e

funções, ou seja, correlações espaciais calculando por meio de pesos e distância. Pode ser dividido em Krigagem simples, normal e co-krigagem (CARVALHO; QUEIROZ, 2002).

A Krigagem é baseada em fórmulas matemáticas que descrevem a estimativa e a variância da estimativa em um determinado ponto não amostrado, com base nas amostras disponíveis e em um modelo de covariância espacial. A fórmula geral da Krigagem é apresentada na Equação 1.

$$Z(P) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z_i \quad 1$$

Onde:

$Z(P)$ é o valor estimado em P

λ_i são os pesos associados às amostras Z_i

Z_i são os valores das amostras nos pontos conhecidos

n é o número de pontos conhecidos (amostras)

Além disso, segundo Kanegae Junior (2004) dentre os métodos determinísticos se encontra o interpolador IDP ou IDW. Este nome se dá pelo fato que a ponderação dos valores se dá pela inversa da distância a partir do ponto, ou seja, utilizam valores vizinhos para estimar valores em local não amostrado. Esse método tem como vantagens os seguintes itens:

- IDW é um interpolador excelente para fenômenos cuja distribuição é ligada com a distância.
- Tem uma área de atuação menor com fenômenos cuja disposição necessita de conjuntos complexos de aspectos, pois leva em conta somente a distância.
- O ponto chave do IDW é que ele promove o controle explícito sobre a influência da distância, o que não ocorre nos métodos *Spline* ou Krigagem.
- Apresenta possibilidade de mudança nas superfícies alterando o ponderador, número de pontos amostrados e o raio de pesquisa.

As aplicabilidades dos métodos IDW e Krigagem diferem de acordo com o fenômeno envolvido na questão. Contudo o IDW, por ser de fácil compreensão e aplicação, é o mais utilizado nas diversas áreas dos meios acadêmicos como por Jakob e Young (2006), Oliveira (2011), Machado (2015), entre outros.

Não diferente das demais áreas do conhecimento, o uso do mapeamento e SPT em física dos solos já foi aplicado por diversos autores. Câmara e Pereira (2005) realizaram a

caracterização geotécnica da cidade de Natal, para obtenção de parâmetros de resistência ao cisalhamento e deformabilidade do material coletado, através de relatórios de sondagem do tipo SPT de diferentes pontos da cidade. Fonteles (2013) desenvolveu um trabalho resultante da aplicação técnicas de geoestatística de análise da variabilidade espacial e de estimativas de sondagem de simples reconhecimento (SPT), objetivando a caracterização de uma área situada na porção nordeste da cidade de Fortaleza – CE.

Soares (2011) elaborou um banco de dados geológico-geotécnico da cidade de João Pessoa na Paraíba a partir de sondagem SPT. Os principais resultados foram: mapas do nível freático e mapas com uso sugerido para fundações em três setores distintos de área de estudo e para diferentes profundidades. Sousa (2010), a partir do mapeamento geotécnico da cidade de Belém - PA, analisou de zonas de camadas de solo através de laudos de sondagem do tipo SPT em diferentes áreas da cidade. O autor propõe um esquema de zoneamento da cidade através da análise de parâmetros como: estratigrafia do subsolo da cidade, cota de profundidade do impenetrável, nível de água e o tipo de solo.

Costa e Moreira (2013) realizaram a análise técnica do subsolo de Santarém, no estado do Pará, através de laudos de sondagem. Os autores produziram um diagnóstico para 13 bairros da cidade de Santarém, além de uma análise técnica do subsolo objetivando a comparação dos bairros em relação ao NSPT, nível d'água, estratigrafia e espessuras das camadas. Zaine (2000) realizou uma pesquisa que teve como tema central o mapeamento geológico-geotécnico de áreas urbanas analisando os dados do meio físico geológico, bem como a representação cartográfica de unidades geotécnicas. O trabalho apresenta o método do detalhamento progressivo como alternativa aos estudos geológico-geotécnicos, tendo como objetivo principal a produção de instrumentos adequados para a gestão e o planejamento urbanos, ante as necessidades de seus principais usuários.

4.3.3 Sistema de Informação Geográfica - QGIS

O *software* QGIS é um sistema de informações geográficas livre e aberto, o qual foi desenvolvido por voluntários e teve seu lançamento oficial em maio de 2002, sobrevivendo de doações e patrocínios desde sua criação. Recentemente foi lançada a versão 2.18 do *software* (QGIS, 2017).

Bossle (2015) afirma que o programa de geoprocessamento Quantun GIS (QGIS) apresenta um nível de desenvolvimento muito elevado, abrindo o horizonte para que profissionais

e órgãos façam a adesão a esta ferramenta. O exemplo disto pode-se citar o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), o INCRA (Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária), e a EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária).

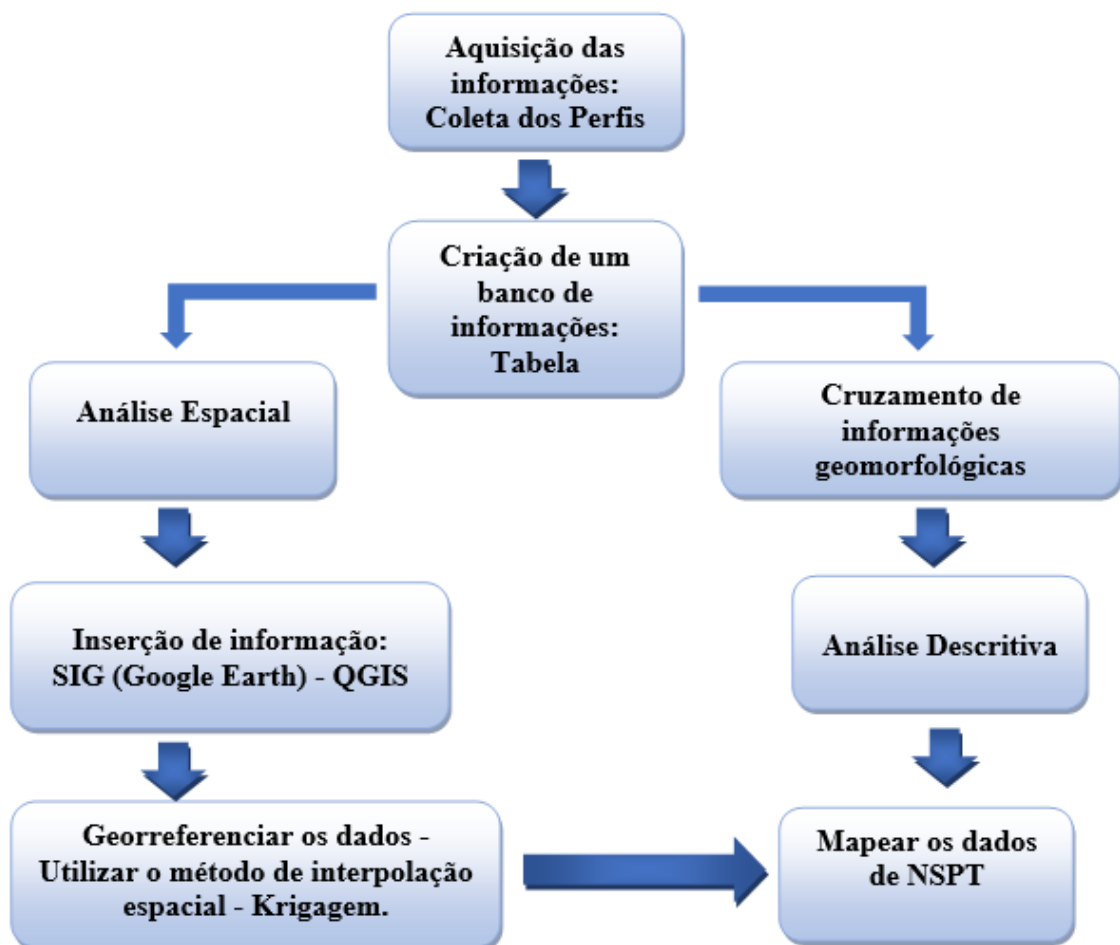
O QGIS permite procurar, editar e criar formatos *shapefiles*, dados espaciais em PostgreSQL/PostGIS, vetores e *rasters* GRASS. Suporta ainda extensões e acesso ao módulo GRASS, permitindo a visualização de mapas (DI MAIO, 2008).

Das diversas ferramentas disponíveis no programa QGIS, destaca-se as de análise espacial. Dentre as ferramentas que permitem a análise espacial, as mais utilizadas são as de predição de variáveis, que permitem a estima de valores em locais não amostrados. Existem inúmeras funções para realizar esta prática, como os métodos de interpoladores estocásticos, exatos, inexatos, globais, locais e determinísticos.

5 PROCESSOS METODOLÓGICOS

A metodologia desta pesquisa divide-se em duas fases. Em uma primeira fase, realizou-se a caracterização da área de estudo e a aquisição de informações, a partir da obtenção dos boletins de sondagem de simples reconhecimento. Na segunda fase, a espacialização das informações inseridas em um sistema de informação geográfica (SIG) foi executada com a aplicação de técnicas de cartografia temática para representação multicamadas dos dados e teste com análise geoestatísticas utilizando a Krigagem. Os dados de saída foram os mapas geotécnicos com a estimativa dos valores de NSPT em função das profundidades analisadas. Assim, foi possível caracterizar o subsolo da área urbana do município de Frederico Westphalen. O passo a passo da metodologia do presente trabalho se encontra caracterizada no organograma da Figura 7.

Figura 7 - Organograma da metodologia realizada

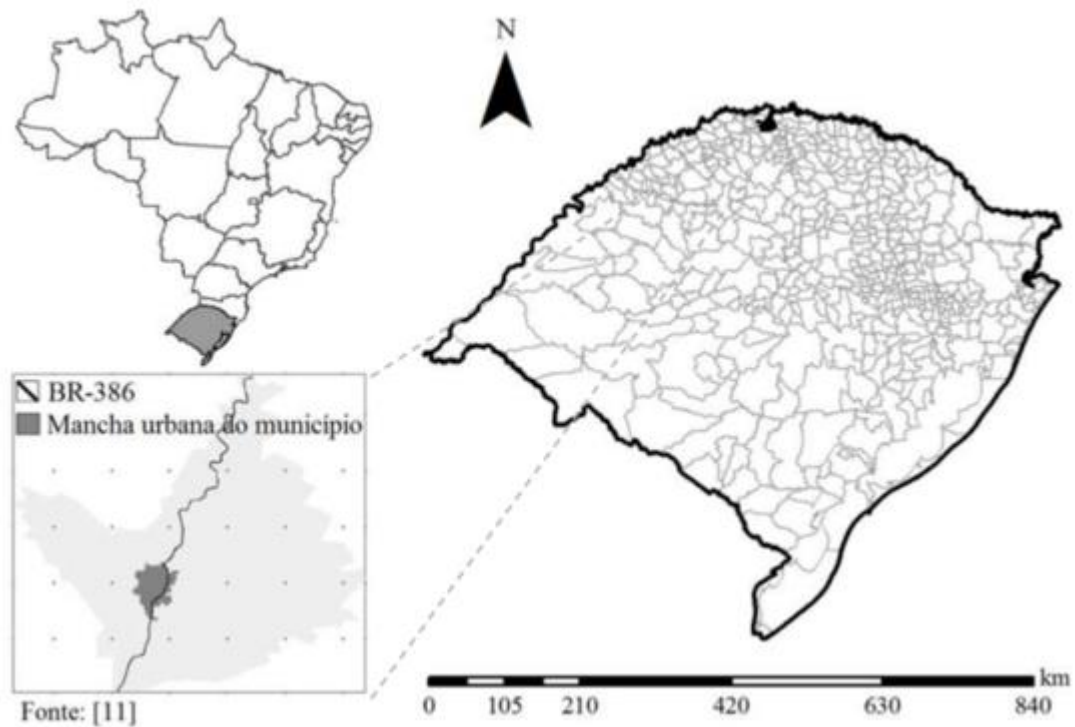


Fonte: Autor (2022).

5.1 Caracterização da área em estudo

A cidade de Frederico Westphalen está situada ao norte do estado do Rio Grande do Sul, na microregião do Alto Uruguai (Figura 8). Geograficamente, encontra-se nas coordenadas 27° 21' 33" de latitude sul e 53° 23' 40" de longitude oeste, a uma altitude de 566 metros. Com uma população aproximada de 32 mil habitantes, possui uma área total de cerca de 265 km², sendo que a área urbana abrange 18,5 km² (IBGE, 2023).

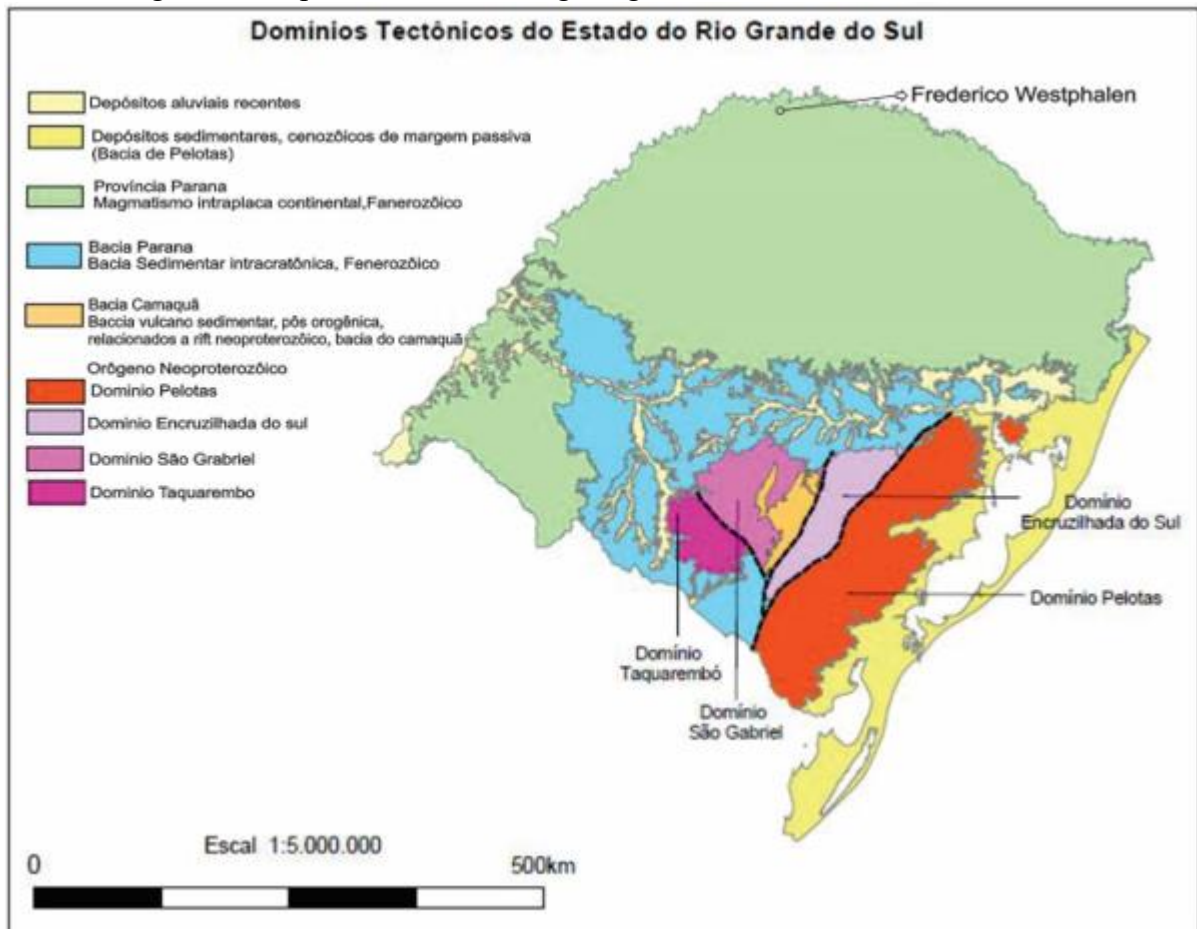
Figura 8 - Mapa do Brasil com destaque para o estado do Rio Grande do Sul e localização do município de Frederico Westphalen/RS com respectiva representação de mancha urbana



Fonte: Adaptado de Bertani et al. (2012).

A geologia da região está apoiada na formação Serra Geral, a qual é composta, principalmente, por extensos derrames basálticos que formam grandes planaltos continentais. Conforme Cunha et al. (2011), ocorreram formações de basalto durante a era Mesozóica, há aproximadamente 135 milhões de anos, resultando na formação da tectônica de placas. Dessa forma, a maioria do embasamento oceânico é composto por erupções de basalto, formando planaltos continentais, como é possível observar na Bacia do Paraná, situada no sul do Brasil e parcialmente ilustrada na Figura 9, que ilustra os domínios tectônicos do Rio Grande do Sul.

Figura 9 - Mapa caracterizando a geologia do Estado do Rio Grande do Sul



Fonte: Adaptado de Bertani et al. (2012).

Frederico Westphalen é uma cidade que se destaca por sua economia diversificada. A economia local é impulsionada pela agricultura, com produção de milho, soja, trigo, feijão e tabaco, bem como pela pecuária. Além disso, a cidade abriga indústrias relacionadas à agroindústria, incluindo o processamento de alimentos. O comércio varejista e os serviços desempenham o principal papel na economia, atendendo às necessidades da população local e de municípios vizinhos (COSTA et al., 2019).

Conforme destacado por Moreno (2014), ao aplicarmos os critérios de subdivisão morfoclimática de Köppen, o estado do Rio Grande do Sul é classificado na categoria fundamental temperada "C", especificamente no subtipo fundamental temperado úmido "Cf". O clima da região norte do estado é classificado como mesotérmico temperado "Cfa" devido às suas estações distintamente definidas. As temperaturas médias ao longo das estações variam entre 18°C e 20°C, com uma média anual de precipitação de aproximadamente 1.900mm (HAUSMAN, 1995). Durante o verão, ocorrem chuvas intensas e temperaturas elevadas,

atingindo de 38 a 40°C, enquanto no inverno, as temperaturas declinam significativamente, chegando a um mínimo de -4°C (COSTA et al., 2019).

5.2 Coleta e compilação dos perfis de sondagem SPT

Quanto a coleta e compilação dos perfis de sondagem SPT, foram buscados junto à Prefeitura, Universidades e empresas da área da Construção Civil boletins de sondagens SPT de diferentes pontos do Município, com o intuito de reunir todos os relatórios existentes. Devido à não exigência de relatórios de sondagem por parte dos órgãos municipais, ainda há uma quantidade limitada de locais amostrados na área urbana do Município. Contudo, foram obtidos 60 perfis geotécnicos (locais de amostragem), os quais apresentam uma média de dois a seis perfurações cada, considerando um quantitativo adequado para a realização deste trabalho, tendo em vista uma área urbana de aproximadamente 18,5 Km².

Com base nos boletins de sondagem adquiridos, procedeu-se a espacialização das amostragens correspondentes no mapa do Município sendo identificadas as coordenadas geográficas de cada ponto que foi realizado o ensaio SPT. A localização do terreno, com as respectivas coordenadas, código para fins de análise e o número de furos de cada sondagem estão apresentados no Quadro 1¹. Ademais, os relatórios de sondagem estão disponíveis no Anexo 1.

Quadro 1 - Localização e número de furos dos perfis de sondagem

CÓDIGO	ENDEREÇO	BAIRRO	LATITUDE/ LONGITUDE	UTM X/Y (ZONA22J)	Nº DE FUROS
01	Rua Assis Brasil	Itapagé	-27.359444/ -53.403888	262220.13E/ 6971458.69N	3
02	Rua Aparício Borges	Centro	-27.355555/ -53.397222	262871.49E/ 6971902.37N	3
03	Rua Antônio Boscardin	Centro	-27.355/ -53.398333	262760.36E/ 6971961.82N	6
04	Rua Brasília	Itapagé	-27.357222/ -53.404722	262132.92E/ 6971703.37N	5
05	Rua Carlos Gomes	Ipiranga	-27.35777/ -53.391944	263398.47E/ 6971666.13N	6
06	Rua 15 de Novembro	Aparecida	-27.3625/ -53.400833	262529.00E/ 6971125.89N	4
07	Rua Maurício Cardoso	Aparecida	-27.371525/ -53.401133	262518.67E/ 6970125.16N	3
08	Av. João Munis Reis	Ipiranga	-27.360555/ -53.393888	263211.98E/ 6971354.60N	6
09	R. Dr. Tranquilo Damo	Centro	-27.351263/ -53.397222	262862.35E/ 6972377.97N	2

¹ Os códigos referentes a cada bairro foram determinados/organizados a partir da ordem em que os relatórios de sondagem foram coletados.

10	R. Monsr. Vitor Batist.	Barril	-27.356/ -53.395	263092.33E/ 6971857.36N	2
11	Rua José Cañellas	Fátima	-27.353333/ -53.4	262591.89E/ 6972143.35N	4
12	Rua Roani	Santo Antônio	-27.346111/ -53.4025	262329.07E/ 6972938.96N	4
13	BR 386 KM35	Aparecida	-27.373894/ -53.397155	262917.20E/ 6969870.15N	2
14	Rua 124	São Cristovão	-27.387055/ -53.403869	262281.12E/ 6968398.81N	2
15	Rua Aug. Tagliapietra	Faguense	-27.378880/ -53.423269	260344.44E/ 6969267.43N	2
16	BR 386 KM32	Barril	-27.346963/ -53.387033	263861.38E/ 6972873.72N	2
17	Rua Venceslau Braz	Santo Inácio	-27.353286/ -53.389277	263652.00E/ 6972168.00N	2
18	Estrada da Faguense	Faguense	-27.368069/ -53.419336	260710.12E/ 6970473.26N	2
19	Avenida Industrial	D. Industrial	-27.345830/ -53.378641	264689.44E/ 6973015.26N	2
20	Rua Tupã	Fátima	-27.349744/ -53.402922	262295.05E/ 6972535.42N	2
21	Rua Vicente Dutra	Fátima	-27.350288/ -53.404591	262130.96E/ 6972471.98N	2
22	Rua Cabo Rocha	Santo Antônio	-27.345638/ -53.398772	262696.93E/ 6972998.39N	2
23	Rua Aparicio Borges	Barril	-27.353905/ -53.396494	262939.97E/ 6972086.63N	2
24	Rua Rio Negro	Itapagé	-27.357869/ -53.406238	261984.23E/ 6971628.62N	2
25	Rua Theobaldo Schorr	Ipiranga	-27.358888/ -53.388972	263694.83E/ 6971548.58N	2
26	Rua Caxias do Sul	Ipiranga	-27.359827/ -53.385311	264059.07E/ 6971451.42N	2
27	Rua Caiçara	Aparecida	-27.371102/ -53.3986	262768.41E/ 6970176.81N	2
28	Rua Quanabara	Aparecida	-27.366591/ -53.399166	262702.61E/ 6970675.68N	2
29	Rua Marasca	Faguense	-27.367802/ -53.416422	260998.03E/ 6970508.44N	2
30	Rua Alberto J. Lizzot	Aparecida	-27.373536/ -53.404680	262171.92E/ 6969895.51N	2
31	Rua 96	São Cristovão	-27.386544/ -53.400966	262567.23E/ 6968460.94N	2
32	Rua 15 de Novembro	Itapagé	-27.362744/ -53.404561	262160.77E/ 6971091.74N	2
33	Rua Brasília	Itapagé	-27.362488/ -53.404263	262189.41E/ 6971120.58N	2
34	Rua Brasília	Itapagé	-27.362702/ -53.404269	262189.50E/ 6971096.80N	2
35	Rua União	Faguense	-27.364066/ -53.424672	260173.54E/ 6970906.46N	2

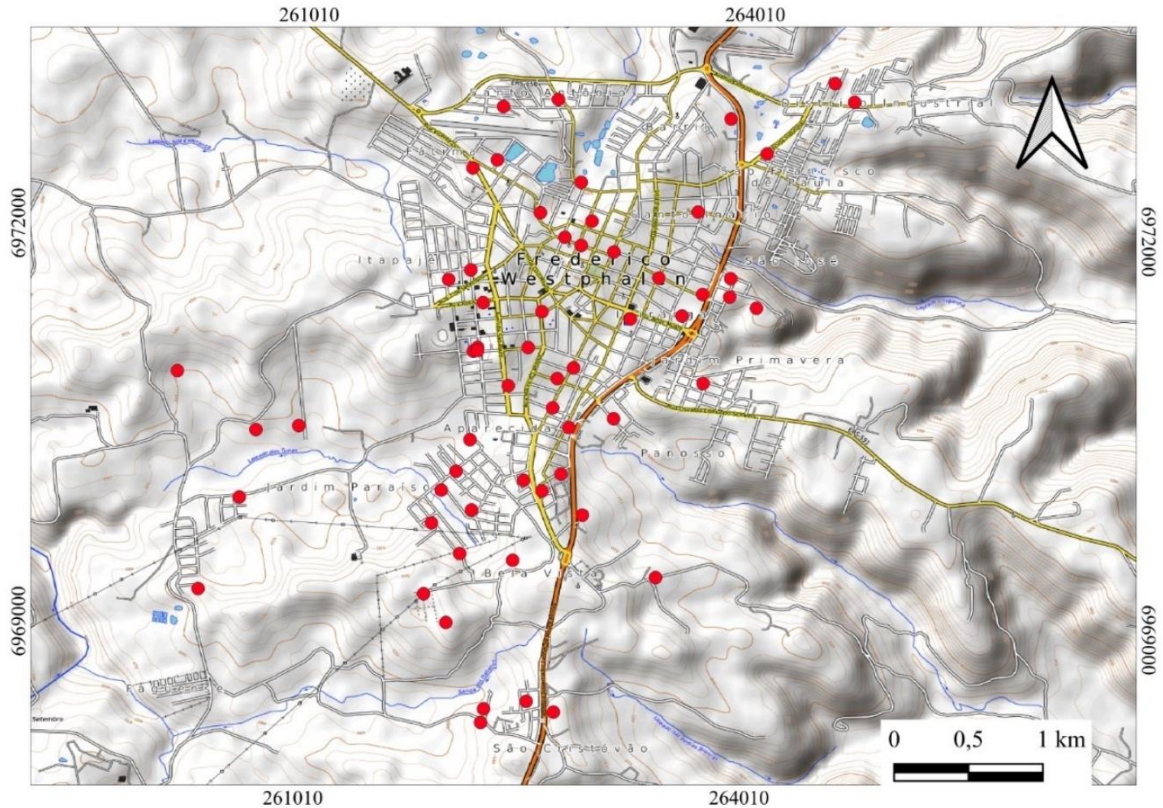
36	Rua Tome de Souza	Ipiranga	-27.359069/ -53.387130	263877.44E/ 6971532.22N	2
37	Rua Cai	Aparecida	-27.364602/ -53.398858	262728.81E/ 6970896.65N	2
38	Avenida das Industrias	D. Industrial	-27.349338/ -53.384586	264108.81E/ 6972615.24N	2
39	Rua 154	D. Industrial	-27.344555/ -53.379958	264556.42E/ 6973154.29N	2
40	Rua Canario	Panosso	-27.367336/ -53.395025	263114.01E/ 6970600.88N	2
41	Rua Mauricio Cardoso	Centro	-27.360061/ -53.399891	262616.91E/ 6971398.07N	2
42	Estrada da Faguense	Faguense	-27.378136/ -53.392175	260121.20E/ 6969345.73N	2
43	Rua David Bertolotti	Bela Vista	-27.374413/ -53.407408	261904.02E/ 6969793.09N	2
44	Rua Recife	Aparecida	-27.368761/ -53.404786	262151.39E/ 6970424.41N	2
45	Rua Garibaldi	Faguense	-27.372652/ -53.420463	260608.39E/ 6969963.11N	2
46	Rua Flores da Cunha	Ipiranga	-27.357816/ -53.387063	263881.53E/ 6971670.98N	2
47	Rua João Muniz Reis	Aparecida	-27.367933/ -53.398066	262814.32E/ 6970529.05N	2
48	Rua Ângelo Milani	Aparecida	-27.381188/ -53.406425	261994.28E/ 6970152.32N	2
49	BR 386 KM41	São Cristovão	-27.387280/ -53.399119	262751.37E/ 6968382.89N	2
50	Ângelo Milani	Aparecida	-27.370908/ -53.405730	262062.48E/ 6970184.75N	2
51	Estrada da Faguense	São Cristovão	-27.387986/ -53.404066	262263.66E/ 6968295.31N	2
52	Rua Cirio Binotto	Aparecida	-27.372186/ -53.406741	261965.19E/ 6970041.13N	2
53	Rua Terra Nova	Bela Vista	-27.376502/ -53.405488	262098.35E/ 6969565.21N	2
54	Rua Angelina	Bela Vista	-27.376958/ -53.401886	262455.69E/ 6969521.67N	2
55	Avenida São Paulo	Aparecida	-27.365091/ -53.402186	262400.81E/ 6970836.05N	2
56	Rua Tenente Lira	Itapagé	-27.360352/ -53.390372	263559.64E/ 6971383.87N	2
57	Rua Miguel Couto	Aparecida	-27.363880/ -53.397747	262837.20E/ 6970978.89N	2
58	Rua Angelina	Bela Vista	-27.379233/ -53.407938	261861.73E/ 6969257.89N	2
59	Rua Mauricio Cardoso	Aparecida	-27.372244/ -53.399888	262643.35E/ 6970047.67N	2
60	Rua Ervinio Anuschek	Primavera	-27.364938/ -53.388944	263710.52E/ 6970878.28N	3

Fonte: Autor (2022).

A Figura 10 apresenta a localização dos perfis de sondagem, desempenhando um papel crucial ao fornecer os dados espaciais essenciais para a realização deste estudo. Além de destacar as posições geográficas dos perfis de sondagem, esta figura incorpora um mapa de localização do município e sua mancha urbana, informação que pode ser correlacionada de

maneira significativa com o mapa que indica a disposição espacial dos pontos de interesse. Isso contribui para uma compreensão mais abrangente da área de estudo, permitindo aos pesquisadores contextualizarem os resultados obtidos em relação à divisão territorial do Município.

Figura 10 - Localização dos perfis de sondagem e limites no Município



Legenda

- Localização dos pontos amostrais

Modelo obtido do OpenTopoMap com as principais vias, identificação dos bairros e curvas de nível

Origem das coordenadas do UTM Equador e Meridiano central do fuso 51° W Gr., acrescidas as constantes 10.000 km e 500 km, respectivamente.

EPSG:31982 - SIRGAS 2000 / UTM zone 22S

Data: Fevereiro de 2024

Fonte: Autor (2024).

5.3 Base de dados

Em uma análise inicial realizada nos perfis, avaliou-se a representatividade das frações do solo e sua correspondência à formação geológica da região do Alto Uruguai. Além disso, os perfis foram analisados e compilados para uma “planilha resumo”. Esta planilha contém todas as informações do subsolo apresentadas nos relatórios, como: número de furos, índice de resistência à penetração (NSPT) a cada metro de profundidade, as espessuras e informações das

diferentes camadas de solo, a posição do nível freático e do impenetrável ao SPT (quando detectado), dentre outras informações relevantes.

Como cada área analisada pela sondagem apresenta uma média de dois a seis perfurações, tornou-se necessária a realização de uma média entre elas, de forma a criar único perfil, denominado perfil médio, para cada ponto de análise. Esse perfil médio (NSPTMédio) foi criado com o propósito de simplificar as análises posteriores. Para isso, primeiramente realizou-se o cálculo da média do índice de resistência à penetração para cada profundidade e posteriormente a descrição dos materiais presentes em cada camada (Quadro 1). Cabe destacar que o uso de dados localizados de forma muito próxima (ex. seis amostras de um mesmo empreendimento) pode enviesar os resultados, assim, foi adotada a estratégia de trabalhar com as médias.

Ademais, vale ressaltar que os boletins foram fornecidos por diversas empresas, as quais consideram valores de NSPT para o impenetrável de forma variável. No presente trabalho foi estipulado o valor de 50 golpes, com o intuito de padronizar a resistência à penetração da camada, valor definido como base em um dos critérios de paralização do ensaio SPT. O armazenamento de informações em banco de dados descritivo tornou disponível para consulta todos os perfis de sondagem nele inseridos, o que facilitou a análise de cada perfil de forma individual ou, até mesmo, a realização de um comparativo entre eles. Por conseguinte, para avaliar as relações gerais com elementos geomorfológicos, da área de estudo, foi utilizado o modelo de elevação digital *Forest And Buildings removed Copernicus DEM* (FABDEM) (HAWKER; NEAL, 2023). A partir dos dados FABDEM foram gerados mapas de altimetria, orientação e declividade de vertentes. Esses dados foram cruzados com as informações dos ensaios SPT.

Para a análise dos dados, foi realizada a locação dos dados e a inserção dos pontos por meio das coordenadas em ambiente SIG e a atribuição dos valores NSPT para as distintas profundidades na tabela de atributos. Os dados foram organizados para compreender as profundidades de 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 11, 12 e 14 metros. O ambiente SIG empregado foi o *software* QGIS (SHERMAN, 2002).

A espacialização das informações foi realizada com a análise do semivariograma/correlograma e elaboração de mapas interpolados pelo método da Krigagem (incluindo a avaliação o desvio padrão da interpolação). Essa é uma técnica de interpolação geoespacial amplamente utilizada em geologia, geofísica, geoprocessamento, engenharia e outras áreas relacionadas com dados espaciais, útil para estimar valores em locais não amostrados com base em dados amostrados em pontos específicos (JAKOB; YOUNG, 2006).

Considerando que qualquer análise estatística envolve inerentes fontes de incerteza em várias etapas, é imprescindível realizar uma minuciosa verificação de potenciais erros.

A integração dos dados de elevação FABDEM com a análise geotécnica é um passo fundamental neste estudo. Os dados de elevação FABDEM (1.2) proporcionam uma representação digital da topografia do terreno, utilizando algoritmos de aprendizagem de máquina para remover o efeito da vegetação e das edificações (NEAL et al., 2023). A sobreposição dos dados de NSPT do município com os dados de elevação FABDEM é uma etapa crucial que permite uma compreensão mais abrangente das condições geotécnicas em uma região específica, relacionando diretamente a resistência do solo obtida por meio dos ensaios SPT com a topografia e a elevação local (HAWKER; NEAL, 2021).

5.4 Análise e processamento dos dados

5.4.1 Interpolação dos dados e espacialização do NSPT

Para a análise dos dados, foi realizado a locação dos dados e a inserção dos pontos por meio das coordenadas no SIG. O ambiente SIG a ser empregado é o *software QGIS*. A espacialização das informações foi gerada com o auxílio da Krigagem, o qual é uma técnica de interpolação geoespacial que é amplamente utilizada em geologia, geofísica, geoprocessamento, engenharia e outras áreas relacionadas com dados espaciais. Ele é usado para estimar valores em locais não amostrados com base em dados amostrados em pontos específicos (JAKOB; YOUNG, 2016).

Segundo Silva (1993), essa etapa inicial da construção (sondagem) é comumente responsável pela ocorrência de complicações nas fundações, isso se deve à falta de clareza sobre as condições do solo, seja pela ausência de investigação, por uma investigação inadequada ou, em certos casos, pela interpretação equivocada dos dados coletados. Para tanto, como no presente trabalho não houve a obtenção de um perfil de sondagem para cada bairro do Município, foi estimado por meio da interpolação espacial valores para o subsolo nos bairros onde não há informações.

Ressaltando que a aplicação do interpolador carece da definição do ponderador a ser utilizado nos cálculos de estimativas em locais sem dados. Tendo em vista que o uso de parâmetros de ponderação maior enfatiza pontos próximos, gerando resultados menos suaves. Enquanto ponderadores menores designam o destaque de pontos distantes, tornando um resultado suave, porém menos preciso. A Krigagem é uma técnica poderosa porque não apenas

produz estimativas em locais não amostrados, mas também fornece uma medida de incerteza associada a essas estimativas. Isso a torna valiosa em situações onde a precisão das estimativas é crucial (JAKOB; YOUNG, 2016).

Considerando que qualquer análise estatística envolve inerentes fontes de incerteza em várias etapas, é imprescindível realizar uma minuciosa verificação de potenciais erros. No contexto da interpolação por Krigagem, o método da validação cruzada é empregado. Essa técnica consiste em retirar um valor real do conjunto de dados e estimar o seu valor com base no modelo construído pelo semivariograma, que é uma ferramenta amplamente utilizada para representar a continuidade espacial de uma função aleatória $Z(u)$ em relação a um vetor h (que representa a distância e a direção).

Esse procedimento é repetido para todos os valores no conjunto de dados, e a validação ocorre pela comparação direta dos valores estimados com os valores reais. Além disso, é importante mencionar a utilização do erro padrão (SE), que é calculado como a diferença entre o valor estimado e o valor observado, dividida pela variância obtida por meio da Krigagem.

Essa abordagem de validação e avaliação de erro desempenha um papel fundamental na garantia da precisão e confiabilidade das estimativas resultantes da Krigagem, permitindo uma compreensão mais completa das incertezas inerentes ao processo de interpolação. Através da geração das superfícies, obteve-se informações essenciais para o nosso estudo, incluindo a interpolação, o semivariograma e o erro associado à interpolação do NSPT para cada profundidade. Isso nos permitiu criar superfícies de fácil interpretação e compreensão.

5.4.2 Cruzamento do SPT com dados geomorfológicos

No contexto desta pesquisa, a análise em função da orientação, altimetria e declividade desempenha um papel vital, pois envolve o cruzamento e a interpretação de mapas geoespaciais. Isso possibilita a identificação de padrões geotécnicos e a compreensão de como a topografia e a inclinação do terreno afetam a distribuição da resistência do solo.

Sendo assim, a discussão integrada dos resultados foi realizada utilizando os dados de uso e cobertura da terra obtidos de imagens de satélite (*Google Earth*) com a finalidade de entender o contexto e a localização dos pontos amostrais. De forma a facilitar a integração e divulgação dos resultados, foi criada uma ferramenta de suporte online (WebSIG/WebGIS) utilizando o *software* QGIS e o complemento QGIStoWeb (utilizando como *front end* o *Leaflet*). Por fim, de forma a manter o acesso gratuito para a comunidade, os produtos foram hospedados no repositório *GitHub*.

5.5 Validação dos resultados

Para a validação dos resultados, o estudo foi amplamente amparado por atividades de campo. Do ponto de vista da Krigagem, foi utilizada o desvio padrão derivado da análise geoestatística. Esses dados foram interpolados e analisados espacialmente, de forma a identificar as áreas de maior probabilidade de erro nas estimativas de NSPT.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 Análise dos perfis geotécnicos

A análise dos resultados foi realizada em função da interpretação dos mapas geotécnicos que foram gerados com auxílio da geoestatística. Esses mapas mostraram a variação espacial das diferentes características do subsolo de Frederico Westphalen, com base nas estimativas do índice de resistência à penetração do solo (NSPT) em diferentes profundidades. Ressalta-se que não foram realizados mapas de zoneamento geotécnico, pois o Município apresenta o predomínio de solo argiloso.

Como descrito na metodologia, para se chegar nos resultados, inicialmente foram elaborados quadros e tabelas, de modo que as informações das sondagens originais contidas no Anexo 1 se encontrassem de forma organizada. Através dos dados compilados em uma planilha, e a partir da definição de um valor médio entre as resistências de cada furo, criou-se um perfil SPT médio para cada sondagem.

Salienta-se que a apresentação dos perfis não segue a ordem apresentada no Quadro 1 (COD-01, COD-02, COD-03...) e sim, são apresentados e discutidos considerando o bairro, por exemplo, discute-se o COD-01 e posteriormente o COD-04, e assim sucessivamente, pois ambos são sondagens do bairro Itapagé. Destarte, a Tabela 3 apresenta os resultados das três perfurações e do valor encontrado para o perfil médio do terreno COD-01 referente a uma sondagem no bairro Itapagé.

Tabela 3 - Média do SPT COD-01 referente a uma sondagem na rua Assis Brasil, bairro Itapagé

PROFUNDIDADE (m)	SPT1	SPT2	SPT3	SPTMÉDIO	DESCRIÇÃO DO MATERIAL
1 a 1,45	10	11	7	10	Argila, marrom a preta, medianamente compacta.
2 a 2,45	11	10	9	10	
3 a 3,45	12	13	19	15	
4 a 4,45	11	14	36	21	Argila, vermelha, rija.
5 a 5,45	14	19	26	20	
6 a 6,45	15	50	50	38	Cascalho.
7 a 7,45	24	-	-	41	
7,45 a 7,80	50	-	-	50	
Média do nível freático de 2,15 metros.					

Fonte: Autor (2022).

O boletim de sondagem médio apresentou uma camada de argila mole até a cota 3 metros de profundidade, apresentando uma baixa capacidade de carga das camadas próximas à superfície. Após a camada de argila mole, foram reveladas camadas mais resistentes com a

presença de argila rija com espessura de 1 metro, e logo abaixo um material caracterizado pela presença de argila dura. O impenetrável foi encontrado a uma profundidade 8 metros, com índice de resistência à penetração de 50 golpes. Já o nível de água foi encontrado a 2,15 metros de profundidade.

O terreno COD-04 apresentou cinco perfurações e a partir delas foi elaborada uma média para a obtenção do perfil médio, o qual é demonstrado na Tabela 4. Como é possível verificar, neste perfil o processo de sondagem se inicia com altas resistências à penetração, apresentando uma camada inicial de 4 metros de espessura contendo argila vermelha marrom dura. Logo abaixo se encontra 3 metros de argila vermelha dura, a qual apresenta resistência próxima ao impenetrável. Porém, neste caso, o NSPT só atinge 50 golpes na presença de cascalho, encontrado na cota 7 metros. Neste perfil o nível freático se encontra a 1,64 metros de profundidade.

Tabela 4 - Média do SPT COD-04 referente a uma sondagem na rua Brasília, bairro Itapagé

PROF. (m)	SPT1	SPT2	SPT3	SPT4	SPT5	SPTMÉDIO	DESCRIÇÃO DO MATERIAL
1 a 1,45	0	6	0	6	4	3	Argila, vermelha e marrom, mole.
2 a 2,45	0	4	0	7	3	2	
3 a 3,45	0	4	0	28	4	7	
4 a 4,45	0	50	0	50	4	20	Argila, vermelha, dura.
5 a 5,45	0	50	0	50	20	24	
6 a 6,45	0	50	0	50	31	26	
7 a 7,45	0	50	0	50	32	26	
8 a 8,10	0	50	0	50	50	30	Cascalho.
Média do nível freático de 1,64 metros.							

Fonte: Autor (2022).

Nas profundidades (1 a 3,45 metros), são registrados valores de NSPT de 5 para o terreno COD-24 também no bairro Itapagé (Tabela 5), indicando a presença de argila vermelha rija. A partir da profundidade de 4 metros até 6 metros, os valores de NSPT aumentam progressivamente, variando de 11 a 19 golpes, indicando a transição para argila vermelha muito rija. A 7 metros até 9 metros, os valores de NSPT se mantêm em torno de 16 a 29 golpes, com presença de argila vermelha muito rija. A partir de 10 metros de profundidade até 13,45 metros, são registrados valores de NSPT de 37 a 50 golpes, indicando a presença de argila vermelha dura e cascalho. O nível freático é identificado a uma profundidade de 9 metros.

Tabela 5 - Média do SPT COD-24 referente a uma sondagem na rua Rio Negro, bairro Itapagé

PROF. (m)	SPT1	SPT2	SPTMÉDIO	DESCRIÇÃO DO MATERIAL
1 a 1,45	5	5	5	Argila vermelha rija.
2 a 2,45	5	5	5	

3 a 3,45	7	7	7	
4 a 4,45	10	12	11	
5 a 5,45	13	13	13	
6 a 6,45	18	20	19	
7 a 7,45	15	18	16	Argila vermelha muito rija.
8 a 8,45	18	20	19	
9 a 9,45	28	30	29	
10 a 10,45	35	40	37	
11 a 11,45	40	42	41	Argila vermelha dura.
12 a 12,45	45	50	47	
13 a 13,45	50	50	50	Cascalho.
Média do nível freático de 9 metros.				

Fonte: Autor (2022).

O perfil médio do solo revelou diferentes camadas em diversas profundidades para o terreno COD-32 (Tabela 6). Observa-se que nas faixas de 1 a 6,45 metros de profundidade, o solo é composto por argila vermelha rija, com resistência média variando de 7 a 12 golpes. Aos 7 metros, ocorre uma transição para argila vermelha muito rija, com resistência média de 13 golpes. A partir da profundidade de 8 a 9,45 metros, o solo é caracterizado como argila vermelha muito rija, apresentando resistência média de 16 golpes. Na faixa de 10 a 12,45 metros, há uma variação entre argila vermelha rija e muito rija, com resistência média entre 13 e 35 golpes. Aos 13 metros de profundidade, encontramos uma camada de argila vermelha dura, com resistência média de 45 golpes. Na faixa de 14 a 14,45 metros, há a presença de cascalho, com resistência de 50 golpes indicando um material impenetrável ao ensaio SPT. Quanto ao nível freático, foi encontrado a 13 metros de profundidade.

Tabela 6 - Média do SPT COD-32 referente a uma sondagem na rua 15 de Novembro, bairro Itapagé

PROF. (m)	SPT1	SPT2	SPTMÉDIO	DESCRIÇÃO DO MATERIAL
1 a 1,45	7	7	7	
2 a 2,45	12	10	11	
3 a 3,45	8	6	7	
4 a 4,45	8	8	8	Argila vermelha rija.
5 a 5,45	8	8	8	
6 a 6,45	10	12	11	
7 a 7,45	12	15	13	
8 a 8,45	15	17	16	Argila vermelha muito rija.
9 a 9,45	15	17	16	
10 a 10,45	22	25	13	Argila vermelha rija.
11 a 11,45	28	28	28	Argila vermelha muito rija.
12 a 12,45	33	35	24	
13 a 13,45	45	45	45	Argila vermelha dura.
14 a 14,45	50	50	50	Cascalho.
Média do nível freático de 13 metros.				

Fonte: Autor (2022).

A Tabela 7 apresenta os resultados das duas perfurações e do valor encontrado para o perfil médio do terreno COD-33. Nas faixas de 1 a 7,45 metros de profundidade, o solo é composto por argila vermelha rija, apresentando uma resistência média variando de 7 a 13 golpes. A partir da profundidade de 8 a 9,45 metros, o solo é caracterizado como argila vermelha muito rija, com resistência média de 16 a 20 golpes. Na faixa de 10 a 13,45 metros, encontramos uma camada de argila vermelha dura, com resistência média de 25 a 50 golpes. O ensaio identificou nível freático a uma profundidade de 12 metros.

Tabela 7 - Média do SPT COD-33 referente a uma sondagem na Rua Brasília, bairro Itapagé

PROF. (m)	SPT1	SPT2	SPTMÉDIO	DESCRIÇÃO DO MATERIAL
1 a 1,45	10	10	10	Argila vermelha rija.
2 a 2,45	12	10	11	
3 a 3,45	8	6	7	
4 a 4,45	8	8	8	
5 a 5,45	10	10	10	
6 a 6,45	10	12	11	
7 a 7,45	12	15	13	
8 a 8,45	15	17	16	Argila vermelha muito rija.
9 a 9,45	20	20	20	
10 a 10,45	25	25	25	
11 a 11,45	32	30	31	Argila vermelha dura.
12 a 12,45	40	40	40	
13 a 13,45	50	50	50	Cascalho.
Média do nível freático de 12 metros.				

Fonte: Autor (2022).

Ainda no bairro Itapagé, no terreno COD-34 (Tabela 8), com a média de duas perfurações, verificou-se que nas faixas de 1 a 6,45 metros de profundidade, o solo é composto por argila vermelha rija, apresentando uma resistência média de 7 a 11 golpes. A partir da profundidade de 8 a 9,45 metros, o solo é caracterizado como argila vermelha muito rija, com resistência média de 16 golpes. Na faixa de 10 a 11,45 metros, o solo mantém essa característica, com resistência média de 23 a 28 golpes. Na profundidade de 12 a 13,45 metros, encontramos uma camada de argila vermelha dura, com resistência média de 34 a 45 golpes. Aos 14,45 metros, há a presença de cascalho, indicando um material impenetrável. O nível freático foi identificado a uma profundidade de 13 metros.

Tabela 8 - Média do SPT COD-34 referente a uma sondagem na rua Brasília, bairro Itapagé

PROF. (m)	SPT1	SPT2	SPTMÉDIO	DESCRIÇÃO DO MATERIAL
1 a 1,45	7	7	7	Argila vermelha rija.
2 a 2,45	12	10	11	
3 a 3,45	8	6	7	
4 a 4,45	8	8	8	

5 a 5,45	8	8	8	
6 a 6,45	10	12	11	
7 a 7,45	12	15	13	
8 a 8,45	15	17	16	
9 a 9,45	15	17	16	Argila vermelha muito rija.
10 a 10,45	22	25	23	
11 a 11,45	28	28	28	
12 a 12,45	33	35	34	Argila vermelha dura.
13 a 13,45	45	45	45	
14 a 14,45	50	50	50	Cascalho.
Média do nível freático de 13 metros.				

Fonte: Autor (2022).

A uma sucessão de camadas do solo em diversas profundidades foi encontrada no terreno COD-56 (Tabela 9). A profundidade de 1 a 3,45 metros, encontramos argila vermelha rija com resistência média de 10 a 12 golpes, respectivamente. A partir de 4 a 7,45 metros de profundidade, há uma transição para argila vermelha muito rija, com resistência que aumentam gradativamente de 17 a 24 golpes. A partir de 8 metros, encontramos uma camada de argila vermelha dura com resistência média de 38 golpes. Por fim, na cota dos 9,45 metros, é encontrado o impenetrável. Neste perfil o nível do nível freático se encontra a 7 metros de profundidade.

Tabela 9 - Média do SPT COD-56 referente a uma sondagem na rua Tenente Lira, bairro Itapagé

PROF. (m)	SPT1	SPT2	SPTMÉDIO	DESCRIÇÃO DO MATERIAL
1 a 1,45	10	10	10	
2 a 2,45	10	12	11	Argila vermelha rija.
3 a 3,45	12	12	12	
4 a 4,45	15	18	17	
5 a 5,45	20	20	20	Argila vermelha muito rija.
6 a 6,45	25	22	23	
7 a 7,45	23	25	24	
8 a 8,45	37	40	38	Argila vermelha dura.
9 a 9,45	50	50	50	Cascalho.
Média do nível freático de 7 metros.				

Fonte: Autor (2022).

A Tabela 10 apresenta o resultado do perfil médio das três perfurações que foram executadas no terreno COD-02, bairro Centro. O perfil médio da sondagem revela uma progressão em profundidade. Desde as camadas iniciais até os 14 metros, observa-se um aumento contínuo do NSPT, evidenciando diferentes camadas de argila com variações na cor e resistência. Nos dois metros seguintes, é identificada uma camada de argila amarela dura, na qual o índice de resistência à penetração diminui. Em seguida, surge a camada impenetrável. O nível de água foi detectado a uma profundidade de 10,30 metros.

Tabela 10 - Média do SPT COD-02 referente a uma sondagem na rua Aparício Borges, bairro Centro

PROFUNDIDADE (m)	SPT1	SPT2	SPT3	SPTMÉDIO	DESCRIÇÃO DO MATERIAL
1 a 1,45	3	2	5	3	Argila, vermelha, mole.
2 a 2,45	4	3	6	4	
3 a 3,45	5	4	7	5	
4 a 4,45	14	7	9	10	Argila, vermelha, medianamente compactada.
5 a 5,45	16	11	11	12	
6 a 6,45	15	14	13	14	
7 a 7,45	17	22	17	18	
8 a 8,45	18	29	28	25	Argila, vermelha, dura.
9 a 9,45	19	27	25	23	
10 a 10,45	21	32	28	27	
11 a 11,45	12	45	42	33	
12 a 12,45	26	40	31	32	
13 a 13,45	32	45	33	36	
14 a 14,45	47	50	41	46	Argila, amarela, dura.
15 a 15,45	42	50	36	26	
16 a 16,45	50	50	39	46	Cascalho
17 a 17,45	5-0	50	45	48	
18 a 18,30	50	50	45	48	

Média do nível freático de 10,30 metros.

Fonte: Autor (2022).

O perfil médio mostra que o processo de sondagem avança até uma profundidade elevada. Desde as profundidades iniciais até a cota de 20 metros o mesmo apresenta diversas camadas de argila que variam de coloração e resistência. Após a cota de 20 metros, encontra-se silte marrom duro, o qual avança por mais 3 metros até atingir o impenetrável. É importante ressaltar que o índice de penetração é crescente conforme segue a escavação. O nível de água não foi encontrado para a profundidade perfurada. Na Tabela 11 se encontram os resultados das seis perfurações, bem como os valores encontrados para o perfil médio do terreno COD-03.

Tabela 11 - Média do SPT COD-03 referente a uma sondagem na rua Antônio Boscardin, bairro Centro

PROF. (m)	SPT1	SPT2	SPT3	SPT4	SPT5	SPT6	SPTMÉDIO	DESCRIÇÃO DO MATERIAL
1	2	6	5	4	3	3	3	Argila siltosa, vermelha, mole.
2	3	4	5	6	3	6	4	
3	4	5	8	5	6	5	5	
4	5	5	7	6	9	7	6	Argila siltosa, marrom, vermelha e branca, medianamente compactada.
5	9	8	8	6	7	8	7	
6	10	6	11	8	5	11	9	Argila siltosa, marrom, vermelha e branca, rija.
7	12	6	12	11	5	10	9	
8	11	6	15	13	5	15	10	
9	11	10	19	13	14	19	14	
10	13	13	16	13	13	19	14	
11	16	14	16	16	18	20	16	
12	17	15	16	15	18	22	17	

13	18	15	24	18	20	24	19	Argila siltosa, vermelha e branca, rija.
14	16	12	20	19	19	27	18	
15	22	17	22	21	22	27	21	Argila siltosa, vermelha e branca, duro.
16	25	17	24	25	22	26	23	
17	26	23	19	32	30	27	26	
18	27	28	23	32	38	30	29	
19	32	30	38	35	50	33	36	
20	41	35	38	37	50	33	39	
21	39	39	33	46	-	38	40	Silte, marrom, duro.
22	50	49	36	46	-	50	46	
23	-	50	43	50	-	-	48	

Não foi encontrado o nível freático.

Fonte: Autor (2022).

Evidenciados na Tabela 12 estão os resultados das duas perfurações, juntamente com os valores encontrados para o perfil médio do terreno COD-09. O perfil evidenciado apresenta apenas duas camadas. A primeira camada é constituída de argila siltosa marrom, presente até a cota de 5 metros, com alta resistência e uniformidade. Abaixo da mesma, tem-se o impenetrável com NSPT de 50 golpes para cascalho. O nível de água foi encontrado em uma cota baixa de 0,60 metros de profundidade.

Tabela 12 - Média do SPT COD-09 referente a uma sondagem na rua Dr. Tranquilo Damo, bairro Centro

PROF. (m)	SPT1	SPT2	SPTMÉDIO	DESCRIÇÃO DO MATERIAL
1 a 1,45	15	17	16	Argila, marrom, rija.
2 a 2,45	21	20	20	
3 a 3,45	19	19	19	
4 a 4,45	23	17	20	Cascalho.
5 a 5,45	50	50	50	

Média do nível freático de 0,60 metros.

Fonte: Autor (2022).

O perfil médio geotécnico revela diferentes camadas de materiais no terreno COD-41 (Tabela 13). Nas faixas de 1 a 4,45 metros de profundidade, encontramos argila vermelha rija, com resistência média de 5 a 8 golpes. Aos 5 a 6,45 metros, ocorre uma alteração para argila vermelha rija, com resistência média de 13 a 15 golpes. Na faixa de 7 a 9,45 metros, observa-se a presença de argila vermelha muito rija, com resistência média de 20 a 27 golpes. A partir da profundidade de 10 a 11,45 metros, temos o material caracterizado como argila vermelha dura, apresentando resistência média de 37 a 45 golpes. Na camada mais profunda, de 12 a 12,45 metros, encontra-se o impenetrável em forma de cascalho. É importante ressaltar que o nível freático foi determinado em 10,50 metros de profundidade.

Tabela 13 - Média do SPT COD-41 referente a uma sondagem na rua Mauricio Cardoso, bairro Centro

PROF. (m)	SPT1	SPT2	SPTMÉDIO	DESCRIÇÃO DO MATERIAL
1 a 1,45	5	5	5	Argila vermelha rija.
2 a 2,45	5	5	5	
3 a 3,45	5	5	5	
4 a 4,45	8	8	8	
5 a 5,45	12	15	13	
6 a 6,45	15	15	15	
7 a 7,45	20	20	20	Argila vermelha muito rija.
8 a 8,45	25	22	23	
9 a 9,45	25	30	27	
10 a 10,45	35	40	37	Argila vermelha dura.
11 a 11,45	45	45	45	
12 a 12,45	50	50	50	Cascalho.
Média do nível freático de 10,50 metros.				

Fonte: Autor (2022).

Portanto, pode-se concluir que o bairro Centro possui solos com menor resistência à penetração. A Tabela 14 contém o resultado do perfil médio das seis perfurações que foram executadas no terreno COD-05. Nota-se um perfil pouco profundo e de comportamento linear em relação aos valores de NSPT. Da superfície até a cota de 5 metros, tem-se argila marrom dura, com índice de resistência à penetração variando de 15 a 43 golpes. Na cota de 6 metros encontra-se o impenetrável, caracterizado por valores de NSPT de 50 golpes, em forma de cascalho. O nível de água foi encontrado à 1,12 metros de profundidade.

Tabela 14 - Média do SPT COD-05 referente a uma sondagem na rua Carlos Gomes, bairro Ipiranga

PROF. (m)	SPT1	SPT2	SPT3	SPT4	SPT5	SPT6	SPTMÉDIO	DESCRIÇÃO DO MATERIAL
1	19	16	11	11	15	22	15	Argila, marrom, dura.
2	50	24	21	24	23	27	28	
3	50	20	19	22	27	29	27	
4	50	28	34	33	33	42	36	
5	50	33	50	28	50	50	43	Cascalho.
6	50	50	50	50	50	50	50	
Média do nível freático de 1,12 metros.								

Fonte: Autor (2022).

Analisando o perfil médio do ponto COD-08, bairro Ipiranga (Tabela 15), é possível observar que, para no terreno de COD-08, o impenetrável, em forma de cascalho, encontra-se na cota de 3 metros, com valores de NSPT de 50 golpes. A camada anterior, caracterizada por argila siltosa marrom rija apresenta desde o início boa resistência. O nível freático foi

encontrado a cota de 2,48 metros de profundidade. A partir dos dados das seis perfurações, encontrou-se o perfil médio do terreno COD-08, apresentado na Tabela 10.

Tabela 15 - Média do SPT COD-08 referente a uma sondagem na Av. João Munis Reis, bairro Ipiranga

PROF. (m)	SPT1	SPT2	SPT3	SPT4	SPT5	SPT6	SPTMÉDIO	DESCRIÇÃO DO MATERIAL
1	9	7	12	11	14	12	10	Argila siltosa, marrom, mediamente compactada.
2	12	19	15	13	19	17	15	Argila siltosa, marrom, rija.
3	50	19	50	46	45	50	43	
4	50	50	50	50	50	50	50	Cascalho.
Média do nível freático de 2,48 metros.								

Fonte: Autor (2022).

Os resultados das duas perfurações e o valor correspondente ao perfil médio do terreno COD-25 estão disponíveis na Tabela 16. Nas faixas de 1 e 2 metros, o solo é composto por argila vermelha rija, NSPTMédio de 6 e 11 golpes. Aos 3,45 metros, ocorre uma transição para argila vermelha muito rija, com valor médio de SPT de 22 golpes. Na faixa de 4 metros, o solo é caracterizado como argila vermelha dura, com valor de NSPT de 40 golpes. A uma profundidade de 5 metros, encontra-se o impenetrável. Não foi identificado o nível freático.

Tabela 16 - Média do SPT COD-25 referente a uma sondagem na rua Theobaldo Schorr, bairro Ipiranga

PROF. (m)	SPT1	SPT2	SPTMÉDIO	DESCRIÇÃO DO MATERIAL
1 a 1,45	5	7	6	
2 a 2,45	10	12	11	Argila vermelha rija.
3 a 3,45	20	25	22	Argila vermelha muito rija.
4 a 4,45	40	40	40	Argila vermelha dura.
5 a 5,45	50	50	50	Cascalho.
Não foi encontrado o nível freático.				

Fonte: Autor (2022).

Na Tabela 17 apresenta-se o resultado da perfuração realizada, juntamente com o valor correspondente ao perfil médio do terreno COD-26.

Tabela 17 - Média do SPT COD-26 referente a uma sondagem na rua Caxias do Sul, bairro Ipiranga

PROF. (m)	SPT1	SPT2	SPTMÉDIO	DESCRIÇÃO DO MATERIAL
1 a 1,45	15	15	15	Argila vermelha rija.
2 a 2,45	22	20	21	Argila vermelha muito rija.
3 a 3,45	35	37	36	Argila vermelha dura.
4 a 4,45	45	45	45	
5 a 5,45	50	50	50	Cascalho.
Não foi encontrado o nível freático.				

Fonte: Autor (2022).

Evidenciados na Tabela 18 estão os resultados das duas perfurações, juntamente com os valores encontrados para o perfil médio do terreno COD-36. As profundidades de 1 a 1,45 metros, encontramos argila vermelha rija, com resistência média de 15 golpes. Na faixa de 2 a 3,45 metros, temos argila vermelha muito rija, com resistência média de 20 a 22 golpes. A partir da faixa de 4 a 4,45 metros, ocorre uma transição para argila vermelha dura, com resistência média de 39 golpes. Essa resistência se mantém na faixa de 5 a 6,45 metros, com valor médio de 42 a 47 golpes. Aos 7,45 metros, encontramos uma camada de cascalho, com resistência média de 50 golpes. O nível freático nesse perfil foi localizado a 6 metros de profundidade.

Tabela 18 - Média do SPT COD-36 referente a uma sondagem na rua Tome de Souza, bairro Ipiranga

PROF. (m)	SPT1	SPT2	SPTMÉDIO	DESCRIÇÃO DO MATERIAL
1 a 1,45	15	15	15	Argila vermelha rija.
2 a 2,45	20	20	20	Argila vermelha muito rija.
3 a 3,45	22	22	22	
4 a 4,45	40	38	39	Argila vermelha dura.
5 a 5,45	45	40	42	
6 a 6,45	50	45	47	
7 a 7,45	50	50	50	Cascalho.
Média do nível freático de 6,00 metros.				

Fonte: Autor (2022).

Para o terreno COD-46 (Tabela 19) a sondagem revelou um perfil geotécnico com diferentes camadas de solo. Entre 1 e 2,45 metros, há argila vermelha muito rija com resistência de 16 a 26 golpes, caracterizada por sua rigidez e alta resistência. A profundidade de 3,45 a 4,45 metros marca a mudança para uma camada de argila vermelha dura, com média de resistência de 34 a 44 golpes. Por fim, entre 5 e 5,45 metros, encontramos uma camada de cascalho com resistência média de 50 golpes, valor máximo do ensaio. O nível freático, localizado a uma profundidade de 5 metros, também foi determinado durante a sondagem.

Tabela 19 - Média do SPT COD-46 referente a uma sondagem na rua Flores da Cunha, bairro Ipiranga

PROF. (m)	SPT1	SPT2	SPTMÉDIO	DESCRIÇÃO DO MATERIAL
1 a 1,45	15	18	16	Argila vermelha muito rija.
2 a 2,45	27	25	26	
3 a 3,45	34	35	34	Argila vermelha dura.
4 a 4,45	45	43	44	
5 a 5,45	50	50	50	Cascalho.
Média do nível freático de 5 metros.				

Fonte: Autor (2022).

A Tabela 20 apresenta os resultados das quatro perfurações e do valor encontrado para o perfil médio do terreno COD-06, bairro Aparecida. O terreno apresenta uma camada de argila mediantemente compactada da superfície até a cota de 5 metros de profundidade. Após este material, foi revelado um solo mais resistente, caracterizado pela presença de uma camada de argila dura com espessura de 1 metro. Logo abaixo encontra-se o impenetrável. O nível freático foi encontrado na cota de 4,75 metros de profundidade.

Tabela 20 - Média do SPT COD-06 referente a uma sondagem na rua 15 de Novembro, bairro Aparecida

PROF. (m)	SPT1	SPT2	SPT 3	SPT4	SPTMÉDIO	DESCRIÇÃO DO MATERIAL
1 a 1,45	19	15	11	13	14	Argila, vermelha, mediantemente compactada.
2 a 2,45	21	19	16	16	18	
3 a 3,45	15	16	17	15	15	
4 a 4,45	14	20	16	17	16	Argila, marrom e vermelha, dura.
5 a 5,45	15	43	48	20	31	
6 a 6,45	46	38	50	45	44	Cascalho.
7 a 7,40	50	50	50	50	50	
Média do nível freático de 4,75 metros.						

Fonte: Autor (2022).

O terreno COD-07 apresentou três perfurações e a partir delas foi elaborada uma média para a obtenção do perfil médio, o qual é demonstrado na Tabela 21. O NSPT Médio que inicialmente conta com uma camada de argila marrom e vermelha mediantemente compactada até a cota de 3 metros, apresentando baixos índices de resistência à penetração. Abaixo desta camada, até a cota de 8 metros, encontra-se argila rija com colorações variáveis e índices de resistência elevados. O impenetrável foi localizado na cota 8 metros. O nível freático foi encontrado a cota de 1,60 metros de profundidade.

Tabela 21 - Média do SPT COD-07 referente a uma sondagem na rua Maurício Cardoso, bairro Aparecida

PROF. (m)	SPT1	SPT2	SPT3	SPTMÉDIO	DESCRIÇÃO DO MATERIAL
1 a 1,45	2	6	14	7	Argila, marrom e vermelho, mediamente compactada.
2 a 2,45	2	7	15	8	
3 a 3,45	3	50	50	34	Argila, vermelho e amarelo, rija.
4 a 4,45	6	50	50	35	
5 a 5,45	7	50	50	35	Argila, vermelho, rija.
6 a 6,45	5	50	50	35	
7 a 7,45	7	50	50	35	Argila, preta, rija.
8 a 8,45	50	50	50	50	
Média do nível freático de 1,60 metros.					

Fonte: Autor (2022).

Nos primeiros metros (1 a 5,45m) do terreno COD-13 (Tabela 22), o material predominante é a argila vermelha rija, com valores de SPT variando de 4 a 13. Essa argila apresenta uma resistência considerável à penetração. A partir de 6 metros, ocorre uma transição para a argila vermelha dura, com valores de SPT mais elevados (entre 20 e 45), indicando uma maior resistência do solo. Na profundidade de 9 a 9,45 metros, é encontrado cascalho, indicando uma camada impenetrável ao ensaio de SPT. O nível freático é relatado como sendo de 4 metros de profundidade.

Tabela 22 - Média do SPT COD-13 referente a uma sondagem na BR 386 KM35, bairro Aparecida

PROF. (m)	SPT1	SPT2	SPTMÉDIO	DESCRIÇÃO DO MATERIAL
1 a 1,45	5	4	4	Argila vermelha rija.
2 a 2,45	7	4	5	
3 a 3,45	10	7	8	
4 a 4,45	6	6	6	
5 a 5,45	13	13	13	
6 a 6,45	20	45	32	Argila vermelha dura.
7 a 7,45	25	50	37	
8 a 8,45	40	50	45	
9 a 9,45	50	50	50	Cascalho.
Média do nível freático de 4 metros.				

Fonte: Autor (2022).

No caso do COD-27 (Tabela 23) nas faixas de 1 a 1,45 metros e 2 a 2,45 metros, o solo consiste em argila vermelha rija, com resistência média de 5 e 15 golpes, respectivamente. Aos 3,45 metros de profundidade, ocorre uma transição para argila vermelha muito rija, com resistência média de 23 golpes. A partir da faixa de 4 a 7,45 metros, o solo é caracterizado como argila vermelha dura, com resistência média de 31 a 45 golpes. A uma profundidade de 8 a 8,45 metros, encontra-se uma camada de cascalho com resistência média de 50 golpes.

Tabela 23 - Média do SPT COD-27 referente a uma sondagem na rua Caiçara, bairro Aparecida

PROF. (m)	SPT1	SPT2	SPTMÉDIO	DESCRIÇÃO DO MATERIAL
1 a 1,45	5	5	5	Argila vermelha rija.
2 a 2,45	15	15	15	
3 a 3,45	22	25	23	Argila vermelha muito rija.
4 a 4,45	30	32	31	Argila vermelha dura.
5 a 5,45	40	40	40	
6 a 6,45	45	42	43	
7 a 7,45	45	45	45	
8 a 8,45	50	50	50	Cascalho.
Média do nível freático de 4,00 metros.				

Fonte: Autor (2022).

No perfil analisado para o terreno COD-28 (Tabela 24) pelo ensaio NSPTMédio, são identificadas diferentes camadas de solo com características distintas. Nas faixas de 1 a 1,45 metros e 2 a 2,45 metros, o solo é composto por argila vermelha rija, apresentando uma resistência média de 9 e 13 golpes, respectivamente. Aos 3,45 metros, há uma transição para argila vermelha muito rija, com resistência média de 20 golpes. Na faixa de 4 a 4,45 metros, o solo é caracterizado como argila vermelha muito rija, com resistência média de 18 golpes. A partir da profundidade de 5 a 7,45 metros, o solo é classificado como argila vermelha dura, com resistência média variando de 33 a 47 golpes. A uma profundidade de 8 a 8,45 metros, encontra-se uma camada de cascalho com resistência média de 50 golpes. O nível freático, em média, está localizado a 4 metros de profundidade.

Tabela 24 - Média do SPT COD-28 referente a uma sondagem na rua Quanabara, bairro Aparecida

PROF. (m)	SPT1	SPT2	SPTMÉDIO	DESCRIÇÃO DO MATERIAL
1 a 1,45	8	10	9	Argila vermelha rija.
2 a 2,45	15	12	13	
3 a 3,45	20	20	20	Argila vermelha muito rija.
4 a 4,45	16	20	18	
5 a 5,45	32	35	33	Argila vermelha dura.
6 a 6,45	35	45	40	
7 a 7,45	45	50	47	
8 a 8,45	50	50	50	
Média do nível freático de 4,00 metros.				

Fonte: Autor (2022).

Os resultados das duas perfurações, juntamente com os valores correspondentes ao perfil médio do terreno COD-30, podem ser encontrados na Tabela 25. Após analisar os dados é possível observar a presença de diferentes camadas de solo nesse perfil. Nas faixas de 1 a 2,45 metros, o solo é composto por argila vermelha rija, com resistência média de 5 a 10 golpes. Aos 3,45 metros, ocorre uma transição para argila vermelha muito rija, apresentando uma resistência

média de 8 golpes. A partir da faixa de 4 a 7,45 metros, o solo é caracterizado como argila vermelha muito rija, com resistência média variando de 20 a 23 golpes. Na profundidade de 8 a 9,45 metros, há uma transição para argila vermelha dura, com resistência média de 40 a 47 golpes. Aos 11,45 metros, encontra-se a camada do impenetrável em forma de cascalho. o nível freático é encontrado a 8,50 metros de profundidade.

Tabela 25 - Média do SPT COD-30 referente a uma sondagem na rua Alberto J. Lizzot, bairro Aparecida

PROF. (m)	SPT1	SPT2	SPTMÉDIO	DESCRIÇÃO DO MATERIAL
1 a 1,45	5	5	5	Argila vermelha rija.
2 a 2,45	10	10	10	
3 a 3,45	10	7	8	
4 a 4,45	25	22	23	Argila vermelha muito rija.
5 a 5,45	15	20	17	
6 a 6,45	20	20	20	
7 a 7,45	20	22	21	
8 a 8,45	22	22	22	Argila vermelha dura.
9 a 9,45	40	40	40	
10 a 10,45	50	45	47	
11 a 11,45	50	50	50	Cascalho.
Média do nível freático de 8,50 metros.				

Fonte: Autor (2022).

Como pode-se observar, o perfil médio COD-37 (Tabela 26) tem diferentes camadas com características distintas. Nas profundidades de 1 a 1,45 metros, encontramos argila vermelha rija com uma resistência média de 10 golpes. Aos 2 a 3,45 metros, temos a presença de argila vermelha muito rija com uma resistência de 20 a 25 golpes. A partir da faixa de 4 a 8,45 metros, temos a predominância de argila vermelha dura com uma resistência média de 35 golpes. Na profundidade de 9 a 9,45 metros, ocorre uma transição para cascalho com resistência equivalente ao impenetrável de 50 golpes. O nível freático foi encontrado na profundidade de 7 metros.

Tabela 26 - Média do SPT COD-37 referente a uma sondagem na Rua Cai, bairro Aparecida

PROF. (m)	SPT1	SPT2	SPTMÉDIO	DESCRIÇÃO DO MATERIAL
1 a 1,45	8	12	10	Argila vermelha rija.
2 a 2,45	20	20	20	Argila vermelha muito rija.
3 a 3,45	25	25	25	
4 a 4,45	30	32	31	
5 a 5,45	33	35	34	Argila vermelha dura.
6 a 6,45	35	35	35	
7 a 7,45	35	35	35	
8 a 8,45	45	45	45	
9 a 9,45	50	50	50	Cascalho.
Média do nível freático de 7,00 metros.				

Fonte: Autor (2022).

Os resultados das duas perfurações, juntamente com os valores correspondentes ao perfil médio do terreno COD-44, podem ser encontrados na Tabela 27. O perfil médio geotécnico revela a presença de diferentes camadas. Na faixa de 1 a 1,45 metros de profundidade, encontramos argila vermelha rija, com uma resistência média de 10 golpes. Aos 2 a 3,45 metros, ocorre a passagem para argila vermelha muito rija, com uma resistência média de 19 golpes. A partir da faixa de 4 a 7,45 metros, encontramos argila vermelha dura, com uma resistência média variando de 27 a 47 golpes. Na camada mais profunda, de 8 a 8,45 metros, encontramos cascalho, que apresenta uma resistência equivalente ao impenetrável de 50 golpes. Nível freático foi determinada em 6,50 metros de profundidade.

Tabela 27 - Média do SPT COD-44 referente a uma sondagem na rua Recife, bairro Aparecida

PROF. (m)	SPT1	SPT2	SPTMÉDIO	DESCRIÇÃO DO MATERIAL
1 a 1,45	10	10	10	Argila vermelha rija.
2 a 2,45	20	18	19	Argila vermelha muito rija.
3 a 3,45	20	20	20	
4 a 4,45	30	25	27	
5 a 5,45	35	31	33	Argila vermelha dura.
6 a 6,45	40	40	40	
7 a 7,45	50	45	47	
8 a 8,45	50	50	50	Cascalho.
Média do nível freático de 6,50 metros.				

Fonte: Autor (2022).

Ainda no bairro Aparecida, os resultados de outras duas perfurações foram compilados na Tabela 28, juntamente com a elaboração do valor referente ao perfil médio do terreno COD-47. O perfil médio desta sondagem, pode ser identificadas várias camadas de solo. Entre 1 e 1,45 metros, encontramos argila vermelha rija com resistência média de 9 golpes. Aos 2,45 a 4,45 metros, há argila vermelha muito rija com resistência de 16 a 25 golpes, respectivamente. Na faixa de 5 a 5,45 metros, encontramos argila vermelha dura com resistência de 40 golpes. Na camada de 6,45 metros temos o valor limite para golpes. O nível freático foi encontrado na profundidade de 5,50 metros.

Tabela 28 - Média do SPT COD-47 referente a uma sondagem na rua João Muniz Reis, bairro Aparecida

PROF. (m)	SPT1	SPT2	SPTMÉDIO	DESCRIÇÃO DO MATERIAL
1 a 1,45	8	10	9	Argila vermelha rija.
2 a 2,45	15	17	16	Argila vermelha muito rija.
3 a 3,45	28	25	27	
4 a 4,45	25	25	25	
5 a 5,45	40	40	40	Argila vermelha dura.
6 a 6,45	50	50	50	Cascalho.

Média do nível freático de 5,50 metros.

Fonte: Autor (2022).

Diferentes camadas de solo nos ensaios dos terrenos COD-48 e COD-50, ambos rua Ângelo Milani, bairro Aparecida, foram obtidas (Tabela 29 e 30).

Tabela 29 - Média do SPT COD-48 referente a uma sondagem na rua Ângelo Milani, bairro Aparecida

PROF. (m)	SPT1	SPT2	SPTMÉDIO	DESCRIÇÃO DO MATERIAL
1 a 1,45	5	7	6	Argila vermelha rija.
2 a 2,45	35	38	36	Argila vermelha dura.
3 a 3,45	50	50	50	Cascalho.
Não foi encontrado o nível freático.				

Fonte: Autor (2022).

Tabela 30 - Média do SPT COD-50 referente a uma sondagem na rua Ângelo Milani, bairro Aparecida

PROF. (m)	SPT1	SPT2	SPTMÉDIO	DESCRIÇÃO DO MATERIAL
1 a 1,45	5	7	6	Argila vermelha rija.
2 a 2,45	35	38	36	Argila vermelha dura.
3 a 3,45	50	50	50	Cascalho.
Não foi encontrado o nível freático.				

Fonte: Autor (2022).

Ambos os terrenos COD-48 e COD-50 apresentaram duas perfurações e a partir delas foi elaborada uma média para a obtenção do perfil médio, conforme tabelas acima. Na profundidade de 1 a 1,45 metros, encontramos argila vermelha rija, com uma resistência média de 6 golpes. Na faixa seguinte, de 2 a 2,45 metros, observamos uma transição para argila vermelha dura, que se caracteriza por apresentar uma resistência média de 36 golpes. Aos 3,45 metros de profundidade, encontramos uma camada de cascalho, que se mostra impenetrável, não permitindo a realização do ensaio de SPT. Além disso, não foi possível identificar o nível freático durante a escavação na profundidade analisada.

A Tabela 31 apresenta os resultados das duas perfurações e do valor encontrado para o perfil médio do terreno COD-52. Foi identificado um perfil geotécnico com diferentes camadas de solo. Na profundidade de 1 a 1,45 metros, encontramos argila vermelha rija, com uma média de resistência de 9 golpes. Entre 2 e 5,45 metros, há uma transição para argila vermelha muito rija, com uma média de resistência de 19 a 30 golpes, respectivamente. A partir de 6,45 metros, ocorre a mudança para uma camada de argila vermelha dura, com uma média de resistência de 46 golpes. Na camada mais profunda, de 7 a 7,45 metros, foi encontrada uma camada de

cascalho com resistência média de 50 golpes. Não foi identificado o nível freático, indicando a ausência do nível de água subterrânea no local.

Tabela 31 - Média do SPT COD-52 referente a uma sondagem na rua Cirio Binotto, bairro Aparecida

PROF. (m)	SPT1	SPT2	SPTMÉDIO	DESCRIÇÃO DO MATERIAL
1 a 1,45	10	8	9	Argila vermelha rija.
2 a 2,45	18	20	19	Argila vermelha muito rija.
3 a 3,45	15	25	20	
4 a 4,45	16	22	19	
5 a 5,45	31	30	30	Argila vermelha dura. Cascalho.
6 a 6,45	45	47	46	
7 a 7,45	50	50	50	
Não foi encontrado o nível freático.				

Fonte: Autor (2022).

O perfil médio apresentado no terreno COD-55 evidencia que o processo de sondagem avança até uma profundidade elevada (Tabela 32). Desde as primeiras camadas até a cota de 6,45 metros o crescimento do NSPT é contínuo, apresentando diferentes camadas de argila que variam de coloração e resistência. Na próxima cota já se encontra cascalho, caracterizando o impenetrável. O nível de água não foi encontrado na profundidade ensaiada.

Tabela 32 - Média do SPT COD-55 referente a uma sondagem na Avenida São Paulo, bairro Aparecida

PROF. (m)	SPT1	SPT2	SPTMÉDIO	DESCRIÇÃO DO MATERIAL
1 a 1,45	5	8	7	Argila vermelha rija.
2 a 2,45	7	10	8	Argila vermelha muito rija.
3 a 3,45	20	22	21	
4 a 4,45	24	25	24	
5 a 5,45	30	33	31	Argila vermelha dura. Cascalho.
6 a 6,45	40	40	40	
7 a 7,45	50	50	50	
Não foi encontrado o nível freático.				

Fonte: Autor (2022).

Os resultados das duas perfurações e o valor correspondente ao perfil médio do terreno COD-57 estão disponíveis na Tabela 33. O perfil de sondagem revela argila em diferentes camadas, sendo que a vermelha rija está entre 1 e 2,45 metros de profundidade, com resistência média SPT de 6 a 8. A partir de 3 metros de profundidade, a camada se torna argila vermelha muito rija, com resistência média de SPT de 21. Essa rigidez se mantém até 4,45 metros, com resistência média de SPT de 24. Entre 5 e 6,45 metros, encontramos argila vermelha dura, com resistência progressiva de SPT de 31 a 40. A cota com golpes máximos do ensaio está aos 7,45

metros e é composta por cascalho. No entanto, não há informações disponíveis sobre o nível freático.

Tabela 33 - Média do SPT COD-57 referente a uma sondagem na rua Miguel Couto, bairro Aparecida

PROF. (m)	SPT1	SPT2	SPTMÉDIO	DESCRIÇÃO DO MATERIAL
1 a 1,45	5	8	6	Argila vermelha rija.
2 a 2,45	7	10	8	
3 a 3,45	20	22	21	Argila vermelha muito rija.
4 a 4,45	24	25	24	
5 a 5,45	30	33	31	Argila vermelha dura.
6 a 6,45	40	40	40	
7 a 7,45	50	50	50	Cascalho.
Não foi encontrado o nível freático.				

Fonte: Autor (2022).

O perfil de sondagens do terreno COD-59 (Tabela 34) revela a sequência de camadas do solo da seguinte forma, entre 1 e 2,45 metros de profundidade, há argila vermelha rija, com SPT médio de 6 a 11 golpes. Já a cota entre 3 e 3,45 metros é composta por argila vermelha muito rija, com SPT médio de 20. Na camada de 4 e 4,45 metros, há uma redução de resistência podendo comprometer fundações executadas acima, com material de argila vermelha rija, com SPT médio de 13. A faixa de 5 a 6,45 metros apresenta argila vermelha muito rija, elevando o SPT médio de 21 a 23 golpes. A partir de 7 metros até 12,45 metros de profundidade, temos argila vermelha dura, com valores médios de SPT variando entre 30 e 50. No entanto, não foram fornecidas informações sobre a profundidade do nível freático, ou seja, o nível de água subterrânea presente no local.

Tabela 34 - Média do SPT COD-59 referente a uma sondagem na rua Mauricio Cardoso, bairro Aparecida

PROF. (m)	SPT1	SPT2	SPTMÉDIO	DESCRIÇÃO DO MATERIAL
1 a 1,45	5	8	6	Argila vermelha rija.
2 a 2,45	12	10	11	
3 a 3,45	18	22	20	Argila vermelha muito rija.
4 a 4,45	10	15	13	
5 a 5,45	20	22	21	Argila vermelha muito rija.
6 a 6,45	25	27	23	
7 a 7,45	30	30	30	Argila vermelha dura.
8 a 8,45	33	35	34	
9 a 9,45	30	35	33	
10 a 10,45	40	40	40	
11 a 11,45	45	43	44	
12 a 12,45	50	50	50	
Não foi encontrado o nível freático.				

Fonte: Autor (2022).

Os resultados de duas perfurações no terreno COD-10, bairro Barril, são demonstrados na Tabela 35. O NSPT Médio evidencia a alta resistência à penetração já na camada inicial, a qual é composta de argila com areia marrom rija, com aproximadamente 3 metros de espessura. Abaixo desta, encontrasse o solo impenetrável o qual apresenta valor de 50 golpes para cascalho. O nível freático foi encontrado a 1,35 metros de profundidade.

Tabela 35 - Média do SPT COD-10 referente a uma sondagem na rua Monsr. Vitor Batist, bairro Barril

PROF. (m)	SPT1	SPT2	SPTMÉDIO	DESCRIÇÃO DO MATERIAL
1 a 1,45	21	21	21	Argila com areia, marrom, rija.
2 a 2,45	40	35	37	
3 a 3,45	50	45	47	Cascalho.
4 a 4,45	45	50	47	

Média do nível freático de 1,35 metros.

Fonte: Autor (2022).

Evidenciados na Tabela 36 estão os resultados das duas perfurações, juntamente com os valores encontrados para o perfil médio do terreno COD-16. Nas camadas iniciais, de 1 a 2,45 metros, foi identificada a presença de argila vermelha rija, com valores de SPT indicando uma resistência considerável. A partir de 2,45 metros, ocorre uma transição para a argila vermelha muito rija, caracterizada por uma resistência ainda maior. Em profundidades maiores, entre 3 e 6,45 metros, encontramos argila vermelha dura, com valores de SPT indicando uma resistência significativa. Essa camada de argila vermelha dura se estende até uma profundidade de 6,45 metros. Na camada mais profunda, a 7,45 metros, foi encontrada uma camada de cascalho, representando um material impenetrável ao ensaio de SPT. Nesse local, o nível freático não foi encontrado até a profundidade escavada.

Tabela 36 - Média do SPT COD-16 referente a uma sondagem na BR 386 KM32, bairro Barril

PROF. (m)	SPT1	SPT2	SPTMÉDIO	DESCRIÇÃO DO MATERIAL
1 a 1,45	8	8	8	Argila vermelha rija.
2 a 2,45	22	20	21	
3 a 3,45	25	25	25	Argila vermelha muito rija.
4 a 4,45	37	35	36	
5 a 5,45	42	40	41	Argila vermelha dura.
6 a 6,45	45	45	45	
7 a 7,45	50	50	50	Cascalho.
Não foi encontrado o nível freático.				

Fonte: Autor (2022).

A Tabela 37 contém o resultado do perfil médio das duas perfurações que foram executadas no terreno COD-23. Nas faixas de 1 metros e 3 metros, é encontrada argila vermelha rija, com resistência média de 6 e 11 golpes, respectivamente. Nas faixas de 2 metros e 4 metros, há uma transição para argila vermelha dura, com resistência média de 35 e 45 golpes, respectivamente. A uma profundidade de 5 a 5,45 metros, é encontrada uma camada do impenetrável, com resistência média de 50 golpes. Não foi encontrado o nível freático na profundidade escavada.

Tabela 37 - Média do SPT COD-23 referente a uma sondagem na Aparício Borges, bairro Barril

PROF. (m)	SPT1	SPT2	SPTMÉDIO	DESCRIÇÃO DO MATERIAL
1 a 1,45	5	7	6	Argila vermelha rija.
2 a 2,45	35	35	35	Argila vermelha dura.
3 a 3,45	12	10	11	Argila vermelha rija.
4 a 4,45	45	45	45	Argila vermelha dura.
5 a 5,45	50	50	50	Cascalho.
Não foi encontrado o nível freático.				

Fonte: Autor (2022).

Assim como em alguns perfis analisados, é possível observar valores de NSPT elevados no terreno COD-11, bairro Fátima (Tabela 38), com uma tendência linear de aumento diretamente proporcional ao avanço da profundidade. Percebe-se que na cota de 2 metros a marca de 22 golpes é atingida, chegando a um valor próximo a 43 golpes na profundidade de 6 metros, contendo então camadas de argila com coloração e resistência variável. Em 7 metros se encontra cascalho, um material impenetrável. O nível freático neste perfil ficou a 2,90 metros de profundidade.

Tabela 38 - Média do SPT COD-11 referente a uma sondagem na rua José Cañellas, bairro Fátima

PROF. (m)	SPT1	SPT2	SPT3	SPT4	SPTMÉDIO	DESCRIÇÃO DO MATERIAL
1 a 1,45	13	11	15	10	12	Argila, marrom, mediamente compactada.
2 a 2,45	45	15	19	11	22	Argila, marrom, rija.
3 a 3,45	50	19	15	27	27	
4 a 4,45	50	38	16	50	38	
5 a 5,45	50	29	36	37	38	Argila com areia, marrom, rija.
6 a 6,45	50	45	45	32	43	
7 a 7,45	50	50	50	45	48	Cascalho.
Média do nível freático de 2,90 metros.						

Fonte: Autor (2022).

A Tabela 39 contém o resultado do perfil médio das duas perfurações que foram executadas no terreno COD-20. Nas profundidades de 1 a 6 metros, consiste em argila vermelha rija, com resistência média de 5 para 15 golpes. A partir de 7 metros de profundidade, há uma transição para argila vermelha muito rija, com resistência média de 21 golpes. Na profundidade de 8 metros, é encontrada a camada do impenetrável. O nível freático está a 4 metros de profundidade.

Tabela 39 - Média do SPT COD-20 referente a uma sondagem na rua Tupã, bairro Fátima

PROF. (m)	SPT1	SPT2	SPTMÉDIO	DESCRIÇÃO DO MATERIAL
1 a 1,45	5	5	5	Argila vermelha rija.
2 a 2,45	7	7	7	
3 a 3,45	10	12	11	
4 a 4,45	10	12	11	
5 a 5,45	13	13	13	
6 a 6,45	15	15	15	
7 a 7,45	22	20	21	Argila vermelha muito rija.
8 a 8,45	50	50	50	Cascalho.
Média do nível freático de 4,00 metros.				

Fonte: Autor (2022).

O terreno COD-21 apresentou duas perfurações e a partir delas foi elaborada uma média para a obtenção do perfil médio, o qual é demonstrado na Tabela 40. Nesse ponto, o ensaio SPT revela que nas faixas de profundidade de 1,45 a 6,45 metros, o solo é composto por argila vermelha rija, com resistência média variando de 5 a 19 golpes. A partir de 7 metros de profundidade, há uma transição para argila vermelha dura, com resistência média de 30 golpes. Na faixa de 8 a 9,45 metros, é encontrada uma camada de cascalho com resistência média de 50 golpes. O nível freático, em média, está a 6 metros de profundidade.

Tabela 40 - Média do SPT COD-21 referente a uma sondagem na rua Vicente Dutra, bairro Fátima

PROF. (m)	SPT1	SPT2	SPTMÉDIO	DESCRIÇÃO DO MATERIAL
1 a 1,45	5	5	5	Argila vermelha rija.
2 a 2,45	7	7	7	
3 a 3,45	7	5	6	
4 a 4,45	7	5	6	
5 a 5,45	15	15	15	
6 a 6,45	18	20	19	
7 a 7,45	30	30	30	Argila vermelha muito rija.
8 a 8,45	45	47	46	Argila vermelha dura.
9 a 9,45	50	50	50	Cascalho.
Média do nível freático de 6,00 metros.				

Fonte: Autor (2022).

A Tabela 41 exibe valores das quatro sondagens executadas no terreno COD-12, assim como os valores para o perfil médio do mesmo. Analisando o perfil, verifica-se a existência de uma única camada com aproximadamente 3 metros de profundidade, contendo argila siltosa marrom rija, a qual apresentou alta resistência à penetração NSPT. Após esta cota se constata a presença de cascalho, um material impenetrável. O nível freático não foi encontrado até a profundidade escavada.

Tabela 41 - Média do SPT COD-12 referente a uma sondagem na rua Roani, bairro Santo Antônio

PROF. (m)	SPT1	SPT2	SPT3	SPT4	SPTMÉDIO	DESCRIÇÃO DO MATERIAL
1 a 1,45	44	19	14	13	22	Argila, marrom, rija.
2 a 2,45	50	29	20	17	29	Argila, marrom, rija.
3 a 3,45	50	50	50	50	50	Cascalho.
Não foi encontrado o nível freático.						

Fonte: Autor (2022).

Ainda no bairro Santo Antônio, a presença de argila vermelha rija em diferentes faixas de profundidade é encontrada no terreno COD-22 (Tabela 42). Nas profundidades de 1 a 1,45 metros e 2 a 2,45 metros, a resistência média é de 10 e 21 golpes, respectivamente. Aos 3 metros, a argila torna-se mais rija, com resistência média de 22 golpes. A partir de 4 metros, ocorre uma transição para argila vermelha dura, com resistência média de 35 golpes, mantendo-se constante até a profundidade de 5,45 metros, com resistência média de 40 golpes. A uma profundidade de 6 metros, é encontrada uma camada de cascalho, com resistência média de 50 golpes. O nível freático está, em média, a 5 metros de profundidade.

Tabela 42 - Média do SPT COD-22 referente a uma sondagem na rua Cabo Rocha, bairro Santo Antônio

PROF. (m)	SPT1	SPT2	SPTMÉDIO	DESCRIÇÃO DO MATERIAL
1 a 1,45	10	10	10	Argila vermelha rija.
2 a 2,45	20	22	21	
3 a 3,45	22	22	22	Argila vermelha muito rija.
4 a 4,45	35	35	35	Argila vermelha dura.
5 a 5,45	40	40	40	
6 a 6,45	50	50	50	Cascalho.
Média do nível freático de 5,00 metros.				

Fonte: Autor (2022).

O terreno COD-14 apresentou duas perfurações. O perfil médio é apresentado na Tabela 43. Nas camadas iniciais (1 a 5,45m), predominante é a argila vermelha rija, com valores de SPT variando de 2 a 8, indicando resistência à penetração relativamente baixa. A partir de 6

metros, ocorre uma transição para a argila vermelha muito rija, com valores de SPT mais elevados (entre 15 e 28), indicando maior resistência do solo. Em profundidades maiores (12 a 13,45 metros), há presença de argila vermelha dura, com valores de SPT variando de 33 a 45, indicando maior resistência do solo. Na profundidade de 14 a 14,45 metros, encontra-se cascalho, indicando uma camada impenetrável ao ensaio de SPT. A média do nível freático é relatada a 12 metros de profundidade, sugerindo a presença de água nessa profundidade.

Tabela 43 - Média do SPT COD-14 referente a uma sondagem na rua 124, bairro São Cristovão

PROF. (m)	SPT1	SPT2	SPTMÉDIO	DESCRIÇÃO DO MATERIAL
1 a 1,45	2	2	4	Argila vermelha rija.
2 a 2,45	5	4	4	
3 a 3,45	5	5	5	
4 a 4,45	4	6	5	
5 a 5,45	7	9	8	
6 a 6,45	5	9	7	
7 a 7,45	12	15	13	
8 a 8,45	15	17	16	Argila vermelha muito rija.
9 a 9,45	20	20	20	
10 a 10,45	22	25	23	
11 a 11,45	25	28	26	Argila vermelha dura.
12 a 12,45	33	38	35	
13 a 13,45	45	42	43	
14 a 14,45	50	50	50	Cascalho.
Média do nível freático de 12 metros.				

Fonte: Autor (2022).

O terreno COD-31 apresentou duas perfurações e a partir delas foi elaborada uma média para a obtenção do perfil médio, o qual é demonstrado na Tabela 44. Nas faixas de 1 a 6,45 metros, encontramos argila vermelha rija, com resistência média de 6, 9, 10 e 5 golpes, nesta amostra podemos notar que a 6 metros a uma diminuição da resistência do subsolo onde apresenta risco fazer uma fundação nas camadas acima. Nas camadas abaixo a resistência média da argila vermelha rija é um pouco maior, variando de 13 a 15 golpes. A partir de 8 a 9,45 metros, ocorre uma transição para argila vermelha muito rija, com resistência média de 17 a 25 golpes. Já nas profundidades de 10 a 10,45 metros e 11 a 11,45 metros, o solo é classificado como argila vermelha dura, apresentando resistência média de 32 e 39 golpes, respectivamente. A 12 metros o impenetrável. O nível freático, foi encontrado a 10 metros de profundidade.

Tabela 44 - Média do SPT COD-31 referente a uma sondagem na rua 96, bairro São Cristovão

PROF. (m)	SPT1	SPT2	SPTMÉDIO	DESCRIÇÃO DO MATERIAL
1 a 1,45	5	8	6	Argila vermelha rija.
2 a 2,45	8	10	9	
3 a 3,45	10	10	10	

4 a 4,45	15	12	13	
5 a 5,45	8	8	8	
6 a 6,45	5	5	5	
7 a 7,45	15	12	13	
8 a 8,45	20	15	17	Argila vermelha muito rija.
9 a 9,45	30	20	25	
10 a 10,45	35	30	32	Argila vermelha dura.
11 a 11,45	40	38	39	
12 a 12,45	50	50	52	Cascalho.
Média do nível freático de 10 metros.				

Fonte: Autor (2022).

O ensaio SPT revelou um perfil geotécnico com camadas de solo variadas no terreno COD-49 (Tabela 45). Na faixa de 1 a 5,45 metros, temos argila vermelha rija com resistência de 8 a 29 golpes. A partir de 6,45 metros, encontramos argila vermelha dura, com resistência média de 34 a 44 golpes nas profundidades de 6 a 9,45 metros. Na camada mais profunda, de 10 a 10,45 metros, há cascalho com resistência de 50 golpes. O nível freático está a 8 metros de profundidade.

Tabela 45 - Média do SPT COD-49 referente a uma sondagem na BR 386 KM41, bairro São Cristovão

PROF. (m)	SPT1	SPT2	SPTMÉDIO	DESCRIÇÃO DO MATERIAL
1 a 1,45	8	8	8	Argila vermelha rija.
2 a 2,45	15	18	16	
3 a 3,45	20	20	20	Argila vermelha muito rija.
4 a 4,45	25	25	25	
5 a 5,45	28	30	29	
6 a 6,45	33	35	34	
7 a 7,45	40	40	40	Argila vermelha dura.
8 a 8,45	40	40	40	
9 a 9,45	43	45	44	
10 a 10,45	50	50	50	Cascalho.
Média do nível freático de 8 metros.				

Fonte: Autor (2022).

Nas primeiras profundidades (1 a 7,45 metros) do terreno COD-51 (Tabela 46), encontramos argila vermelha rija, com uma resistência média variando de 4 a 15 golpes, respectivamente. A partir de 8,45 metros, ocorre a alteração para uma camada de argila vermelha muito rija, com resistência média variando de 20 a 25 golpes nas profundidades de 8 a 10,45 metros. Nas profundidades de 11 a 12,45 metros, encontramos argila vermelha dura, com resistência média de 35 a 45 golpes. Na camada mais profunda, de 13 a 13,45 metros, foi encontrada o impenetrável em forma de cascalho. Quanto ao nível freático, foi encontrado na profundidade de 11 metros.

Tabela 46 - Média do SPT COD-51 referente a uma sondagem na Estrada da Faguense, bairro São Cristovão

PROF. (m)	SPT1	SPT2	SPTMÉDIO	DESCRIÇÃO DO MATERIAL
1 a 1,45	4	5	4	
2 a 2,45	5	5	5	
3 a 3,45	10	12	11	Argila vermelha rija.
4 a 4,45	10	12	11	
5 a 5,45	12	12	12	
6 a 6,45	15	12	13	
7 a 7,45	15	15	15	
8 a 8,45	20	20	20	
9 a 9,45	23	25	24	Argila vermelha muito rija.
10 a 10,45	25	25	25	
11 a 11,45	35	35	35	Argila vermelha dura.
12 a 12,45	45	45	45	
13 a 13,45	50	50	50	Cascalho.
Média do nível freático de 11 metros.				

Fonte: Autor (2022).

Nas camadas iniciais do terreno COD-15 (Tabela 47), de 1 a 2,45 metros, encontramos argila vermelha rija com valores de SPT variando de 10 a 19, indicando uma resistência relativamente alta. Em seguida, a partir de 3 metros de profundidade, ocorre uma transição para argila vermelha muito rija, com valores de SPT entre 41 e 50, demonstrando maior resistência do solo. Em profundidades maiores (3 a 5,45 metros), identificamos a presença de argila vermelha dura com valores de SPT variando entre 43 e 50, indicando uma resistência ainda maior. Na camada mais profunda (5 a 5,45 metros), encontramos cascalho, o que representa um material impenetrável ao ensaio de SPT. É importante destacar que, nesse ensaio, o nível freático não foi encontrado até a profundidade escavada.

Tabela 47 - Média do SPT COD-15 referente a uma sondagem na rua Aug. Tagliapietra, bairro Faguense

PROF. (m)	SPT1	SPT2	SPTMÉDIO	DESCRIÇÃO DO MATERIAL
1 a 1,45	10	10	10	Argila vermelha rija.
2 a 2,45	18	20	19	Argila vermelha muito rija.
3 a 3,45	45	41	43	Argila vermelha dura.
4 a 4,45	50	45	47	
5 a 5,45	50	50	50	Cascalho.
Não foi encontrado o nível freático.				

Fonte: Autor (2022).

Nas primeiras três faixas do terreno COD-18 (1 a 3 metros) (Tabela 48), foi encontrada argila vermelha rija, com resistência média de 5, 11 e 12 golpes. A partir da faixa de 4 m, a argila transita para uma forma mais dura, com resistência média de 35 golpes. Essa resistência se mantém na faixa de 5m, com média de 43 golpes. A uma profundidade de 6 metros, o solo é

composto por cascalho e a camada impenetrável. O nível freático não foi encontrado durante o ensaio.

Tabela 48 - Média do SPT COD-18 referente a uma sondagem na Estrada da Faguense, bairro Faguense

PROF. (m)	SPT1	SPT2	SPTMÉDIO	DESCRIÇÃO DO MATERIAL
1 a 1,45	5	5	5	Argila vermelha rija.
2 a 2,45	10	12	11	
3 a 3,45	12	12	12	
4 a 4,45	35	35	35	Argila vermelha dura.
5 a 5,45	42	45	43	
6 a 6,45	50	50	50	Cascalho.
Não foi encontrado o nível freático.				

Fonte: Autor (2022).

Na Tabela 49 se encontram os resultados das duas perfurações, bem como os valores encontrados para o perfil médio do terreno COD-29. A primeira camada, que se estende até aproximadamente 3 metros de profundidade, consiste em argila vermelha rija. Os valores médios de SPT registrados foram de 6 e 15 golpes. Aos 3,45 metros, ocorre uma transição para argila vermelha dura, com um valor médio de SPT de 31 golpes. Na faixa de 4 a 4,45 metros, a resistência média aumenta para 38 golpes, indicando uma argila vermelha dura mais compacta. A partir da profundidade de 5 a 5,45 metros, é encontrada uma camada de cascalho com uma resistência média de 50 golpes, indicando um material impenetrável. O nível freático não foi encontrado até a profundidade escavada.

Tabela 49 - Média do SPT COD-29 referente a uma sondagem na rua Marasca, bairro Faguense

PROF. (m)	SPT1	SPT2	SPTMÉDIO	DESCRIÇÃO DO MATERIAL
1 a 1,45	5	7	6	Argila vermelha rija.
2 a 2,45	15	15	15	
3 a 3,45	30	32	31	Argila vermelha dura.
4 a 4,45	37	40	38	
5 a 5,45	50	50	50	Cascalho.
Não foi encontrado o nível freático.				

Fonte: Autor (2022).

No perfil do terreno COD-35 (Tabela 50), encontra-se uma sequência de camadas diferentes. Nas primeiras profundidades, de 1 a 1,45 metros e 2 a 2,45 metros, tem-se argila vermelha rija com resistência média de 6 e 20 golpes, respectivamente. Em seguida, aos 3,45 metros, ocorre uma transição para argila vermelha dura, com resistência média de 40 golpes, mantendo-se assim na faixa de 4 a 4,45 metros com valor médio de 47 golpes. A uma

profundidade de 5 a 5,45 metros, encontramos uma camada de cascalho com resistência média de 50 golpes. Até a profundidade escavada não foi possível identificar o nível freático.

Tabela 50 - Média do SPT COD-35 referente a uma sondagem na Rua União, bairro Faguense

PROF. (m)	SPT1	SPT2	SPTMÉDIO	DESCRIÇÃO DO MATERIAL
1 a 1,45	5	7	6	Argila vermelha rija.
2 a 2,45	20	20	20	Argila vermelha muito rija.
3 a 3,45	40	40	40	Argila vermelha dura.
4 a 4,45	48	46	47	
5 a 5,45	50	50	50	Cascalho.
Não foi encontrado o nível freático.				

Fonte: Autor (2022).

Os resultados das duas perfurações, incluindo os valores correspondentes ao perfil médio do terreno COD-42, estão apresentados de forma clara e detalhada na Tabela 51. Na profundidade de 1 a 2,45 metros, encontramos argila vermelha muito rija, com uma resistência média de 16 e 25 golpes, respectivamente. Aos 3,45 metros de profundidade, ocorre uma troca para a argila vermelha dura, com uma resistência média de 34 golpes. Na camada mais profunda, de 4 a 4,45 metros, encontramos o valor máximo do ensaio SPT. Não foi possível identificar o nível freático durante as escavações.

Tabela 51 - Média do SPT COD-42 referente a uma sondagem na Estrada da Faguense, bairro Faguense

PROF. (m)	SPT1	SPT2	SPTMÉDIO	DESCRIÇÃO DO MATERIAL
1 a 1,45	15	18	16	Argila vermelha muito rija.
2 a 2,45	25	25	25	
3 a 3,45	35	33	34	Argila vermelha dura.
4 a 4,45	50	50	50	Cascalho.
Não foi encontrado o nível freático.				

Fonte: Autor (2022).

O ensaio do terreno COD-45 apresenta 5 camadas diferentes sendo que na faixa de 1 a 1,45 metros de profundidade, foi encontrado argila vermelha rija, com uma média de resistência de 7 golpes (Tabela 52). Entre 2 e 2,45 metros, a camada de solo mudou para argila vermelha muito rija, com uma média de resistência de 20 golpes. Aos 3 a 3,45 metros, a argila vermelha rija retornou, com uma sua resistência de 11 golpes, inferior a camada acima. A 4,45 metros, foi identificada uma camada de argila vermelha dura, elevando a resistência para 35 golpes. Na profundidade de 5 a 5,45 metros, também encontramos argila vermelha dura, com uma média

de resistência de 44 golpes. O impenetrável foi identificado a 6,45 metros em forma de cascalho. Não foi possível identificar o nível freático até a profundidade investigada.

Tabela 52 - Média do SPT COD-45 referente a uma sondagem na rua Garibaldi, bairro Faguense

PROF. (m)	SPT1	SPT2	SPTMÉDIO	DESCRIÇÃO DO MATERIAL
1 a 1,45	5	10	7	Argila vermelha rija.
2 a 2,45	20	20	20	Argila vermelha muito rija.
3 a 3,45	10	12	11	Argila vermelha rija.
4 a 4,45	35	35	35	Argila vermelha dura.
5 a 5,45	45	43	44	
6 a 6,45	50	50	50	Cascalho.
Não foi encontrado o nível freático.				

Fonte: Autor (2022).

A partir dos dados das duas perfurações, encontrou-se o perfil médio do terreno COD-17, o qual refere-se a única sondagem no bairro Panosso, conforme Tabela 53. Nas primeiras camadas, de 1 a 5,45 metros, encontramos argila vermelha rija, com valores de SPT indicando uma resistência relativamente baixa, variando de 4 a 6. Essa camada de argila rija se estende até 5,45 metros de profundidade. A partir de 6 metros, ocorre uma transição para a argila vermelha muito rija, com valores de SPT mais elevados, variando de 9 a 22. Essa camada de argila muito rija se estende até 9,45 metros de profundidade. Em profundidades maiores, entre 10 e 11 metros, encontramos a presença de argila vermelha dura, com valores de SPT variando de 38 a 50. Essa camada indica uma resistência maior do solo. Na camada mais profunda, a 11,45 metros, foi identificado a camada impenetrável ao ensaio de SPT. A média do nível freático é relatada como sendo de 7,50 metros de profundidade.

Tabela 53 - Média do SPT COD-17 referente a uma sondagem na rua Venceslau Braz, bairro Santo Inácio

PROF. (m)	SPT1	SPT2	SPTMÉDIO	DESCRIÇÃO DO MATERIAL
1 a 1,45	4	5	4	
2 a 2,45	6	6	6	
3 a 3,45	8	7	7	Argila vermelha rija.
4 a 4,45	4	4	4	
5 a 5,45	4	4	4	
6 a 6,45	9	11	10	
7 a 7,45	15	18	16	
8 a 8,45	18	22	20	Argila vermelha muito rija.
9 a 9,45	20	22	21	
10 a 10,45	38	40	39	Argila vermelha dura.
11 a 11,45	50	50	50	Cascalho.
Média do nível freático de 7,50 metros.				

Fonte: Autor (2022).

A Tabela 54 apresenta os resultados das duas perfurações e do valor encontrado para o perfil médio do terreno COD-19, no bairro Distrito Industrial, sendo reportado argila vermelha rija a menos no 1,5 m de profundidade, seguido de argila vermelha dura (2,45 m) e cascalho a 3,45 m. Nas duas amostras desse ponto não foi encontrado o nível do nível freático.

Tabela 54 - Média do SPT COD-19 referente a uma sondagem na Avenida Industrial, bairro Distrito Industrial

PROF. (m)	SPT1	SPT2	SPTMÉDIO	DESCRIÇÃO DO MATERIAL
1 a 1,45	5	5	5	Argila vermelha rija.
2 a 2,45	37	35	36	Argila vermelha dura.
3 a 3,45	50	50	50	Cascalho.
Não foi encontrado o nível freático.				

Fonte: Autor (2022).

A Tabela 55 exibe valores das duas sondagens executadas no terreno COD-38, assim como os valores para o perfil médio do mesmo. O perfil do solo apresenta três camadas distintas. Na faixa de 1 a 1,45 metros, encontramos argila vermelha muito rija, com uma resistência média de 25 golpes. Aos 2 a 2,45 metros, ocorre uma transição para a argila vermelha dura, com uma resistência média de 39 golpes. Na profundidade de 3 a 3,45 metros, encontramos uma camada de cascalho com resistência média de 50 golpes. Não foi possível identificar o nível freático durante a profundidade escavada.

Tabela 55 - Média do SPT COD-38 referente a uma sondagem na Avenida das Industrias, bairro D. Industrial

PROF. (m)	SPT1	SPT2	SPTMÉDIO	DESCRIÇÃO DO MATERIAL
1 a 1,45	25	25	25	Argila vermelha muito rija.
2 a 2,45	38	40	39	Argila vermelha dura.
3 a 3,45	50	50	50	Cascalho.
Não foi encontrado o nível freático.				

Fonte: Autor (2022).

Considerando o perfil médio do terreno COD-39, verifica-se que na faixa de 1 a 1,45 metros, encontramos argila vermelha rija, com uma resistência média de 8 golpes (Tabela 56). Aos 2 a 2,45 metros, ocorre uma alteração para a argila vermelha muito rija, com uma resistência média de 16 golpes. Na profundidade de 3 a 3,45 metros, encontramos argila vermelha dura, com resistência média de 43 golpes. Aos 4 a 4,45 metros, encontramos uma camada de cascalho, com resistência máxima do ensaio. Não foi possível identificar o nível freático durante a perfuração.

Tabela 56 - Média do SPT COD-39 referente a uma sondagem na rua 154, bairro D. Industrial

PROF. (m)	SPT1	SPT2	SPTMÉDIO	DESCRIÇÃO DO MATERIAL
1 a 1,45	8	8	8	Argila vermelha rija.
2 a 2,45	15	17	16	Argila vermelha muito rija.
3 a 3,45	43	43	43	Argila vermelha dura.
4 a 4,45	50	50	50	Cascalho.
Não foi encontrado o nível freático.				

Fonte: Autor (2022).

Os resultados do perfil médio das duas perfurações realizadas no terreno COD-40 estão registrados na Tabela 57 e referem-se a única sondagem no bairro Panosso. Na profundidade 1 a 2,45 metros, encontramos argila vermelha rija, com uma resistência média de 7 e 10 golpes, respectivamente. Aos 3 a 3,45 metros, a resistência média da argila vermelha rija é de 13 golpes, e podemos notar que aos 4 a 4,45 metros a resistência diminuem para 8 golpes, podendo trazer riscos a fundações executadas acima dessa cota. A partir da profundidade de 5 a 7,45 metros, ocorre uma transição para argila vermelha muito rija, elevando a resistência de 16 a 27 golpes. Na faixa de 8 a 9,45 metros, encontramos argila vermelha dura, com resistência média de 35 a 43 golpes. Aos 10 a 10,45 metros, temos uma camada de cascalho com resistência média de 50 golpes. Nível freático encontrado na cota de 4 metros de profundidade.

Tabela 57 - Média do SPT COD-40 referente a uma sondagem na rua Canario, bairro Panosso

PROF. (m)	SPT1	SPT2	SPTMÉDIO	DESCRIÇÃO DO MATERIAL
1 a 1,45	7	7	7	
2 a 2,45	10	10	10	
3 a 3,45	15	12	13	Argila vermelha rija.
4 a 4,45	7	10	8	
5 a 5,45	15	18	16	
6 a 6,45	22	25	23	Argila vermelha muito rija.
7 a 7,45	25	30	27	
8 a 8,45	30	40	35	Argila vermelha dura.
9 a 9,45	40	45	43	
10 a 10,45	50	50	50	Cascalho.
Média do nível freático de 4 metros.				

Fonte: Autor (2022).

Quanto ao bairro Bela Vista, o perfil médio do SPT do terreno COD-43 apresentou duas camadas de solo sendo que na faixa de 1 a 1,45 metros de profundidade encontramos argila vermelha muito rija, com uma resistência média de 17 golpes (Tabela 58). Na faixa seguinte, de 2 a 2,45 metros, essa característica se mantém, com uma resistência média de 25 golpes. Aos 3,45 metros de profundidade, encontramos uma camada de cascalho, indicando um material impenetrável. Durante a realização do ensaio, não foi possível identificar o nível freático.

Tabela 58 - Média do SPT COD-43 referente a uma sondagem na rua David Bertoletti, bairro Bela Vista

PROF. (m)	SPT1	SPT2	SPTMÉDIO	DESCRIÇÃO DO MATERIAL
1 a 1,45	15	18	17	Argila vermelha muito rija.
2 a 2,45	25	25	25	
3 a 3,45	50	50	50	Cascalho.
Não foi encontrado o nível freático.				

Fonte: Autor (2022).

O perfil médio analisado revela apenas duas camadas distintas no terreno COD-53 (Tabela 59). Na faixa de 1 a 1,45 metros de profundidade, encontramos argila vermelha muito rija, com resistência média de 23 golpes. Em seguida, a uma profundidade de 2 a 2,45 metros, é encontrada uma camada de cascalho, com resistência média de 50 golpes. Não foi identificado o nível na profundidade escavada. Nesse caso, um dos mais rasos contrados no município de Frederico Westphalen, RS.

Tabela 59 - Média do SPT COD-53 referente a uma sondagem na rua Terra Nova, bairro Bela Vista

PROF. (m)	SPT1	SPT2	SPTMÉDIO	DESCRIÇÃO DO MATERIAL
1 a 1,45	20	25	23	Argila vermelha muito rija.
2 a 2,45	50	50	50	Cascalho.
Não foi encontrado o nível freático.				

Fonte: Autor (2022).

Os resultados do perfil médio das duas perfurações realizadas no terreno COD-54 estão registrados na Tabela 60. Apresenta diferentes camadas em diferentes profundidades. Na faixa de 1 a 1,45 metros, encontramos argila vermelha rija, com uma resistência média de 7 golpes. Já na faixa de 2 a 2,45 metros, há uma transição para argila vermelha muito rija, com resistência média de 17 golpes. Aos 3,45 metros de profundidade, ocorre outra transição, dessa vez para argila vermelha dura, com resistência média de 44 golpes. A partir da faixa de 4 a 4,45 metros, encontramos uma camada de cascalho, que apresenta resistência média de 50 golpes. Durante a perfuração, não foi possível identificar o nível freático.

Tabela 60 - Média do SPT COD-54 referente a uma sondagem na rua Angelina, bairro Bela Vista

PROF. (m)	SPT1	SPT2	SPTMÉDIO	DESCRIÇÃO DO MATERIAL
1 a 1,45	5	8	7	Argila vermelha rija.
2 a 2,45	15	20	17	Argila vermelha muito rija.
3 a 3,45	45	43	44	Argila vermelha dura.
4 a 4,45	50	50	50	Cascalho.

Não foi encontrado o nível freático.

Fonte: Autor (2022).

Os resultados das duas perfurações foram compilados na Tabela 61, juntamente com a elaboração do valor referente ao perfil médio do terreno COD-58. O perfil de sondagem revela argila vermelha rija a uma profundidade de 1 a 1,45 metros, com resistência média de SPT igual a 8. A argila vermelha se torna muito rija entre 2 e 2,45 metros, com SPT médio de 17. A uma profundidade de 3 a 3,45 metros, encontramos argila vermelha dura, com SPT médio de 44. A camada mais profunda é composta por cascalho a 4 a 4,45 metros, com SPT médio de 50. Até a profundidade ensaiada não apresenta informações sobre o nível freático.

Tabela 61 - Média do SPT COD-58 referente a uma sondagem na rua Angelina, bairro Bela Vista

PROF. (m)	SPT1	SPT2	SPTMÉDIO	DESCRIÇÃO DO MATERIAL
1 a 1,45	8	8	8	Argila vermelha rija.
2 a 2,45	15	20	17	Argila vermelha muito rija.
3 a 3,45	45	43	44	Argila vermelha dura.
4 a 4,45	50	50	50	Cascalho.
Não foi encontrado o nível freático.				

Fonte: Autor (2022).

Por fim, com os resultados de duas perfurações, o perfil do terreno COD-60, localizado no bairro Primavera, evidencia que o processo de sondagem avança até uma profundidade elevada (Tabela 62). Desde as primeiras camadas até a cota de 9,45 metros o crescimento do NSPT é contínuo e apresentou diferentes camadas de argila que variam de coloração e resistência. Na próxima cota de 10 metros já se encontra cascalho, caracterizando o impenetrável. O nível de água foi encontrado na cota 3 metros de profundidade.

Tabela 62 - Média do SPT COD-60 referente a uma sondagem na rua Ervinio Anuschek, bairro Primavera

Prof. (m)	SPT1	SPT2	SPT3	SPTMédio	Descrição do Material
1 a 1,45	8	6	6	6	Argila vermelha rija.
2 a 2,45	18	18	10	15	
3 a 3,45	18	18	15	17	Argila vermelha muito rija.
4 a 4,45	25	22	20	22	
5 a 5,45	25	22	40	29	
6 a 6,45	30	28	50	36	Argila vermelha dura.
7 a 7,45	30	30	50	36	
8 a 8,45	35	37	50	40	
9 a 9,45	45	45	50	46	
10 a 10,45	50	50	50	50	Cascalho.
Média do nível freático de 3 metros.					

Fonte: Autor (2022).

6.2 Síntese das amostras analisadas

A presente análise apresenta a variabilidade do índice de resistência à penetração (NSPT), que de forma indireta caracteriza a resistência e a heterogeneidade dos solos do município de Frederico Westphalen, norte do Rio Grande do Sul. A partir do banco de dados dos boletins de sondagem foi produzida a Tabela 63, que contempla um código para fins de indexação geral, bem como os dados necessários à elaboração das superfícies contínuas: coordenadas geográficas em graus decimais e valores de NSPTMédio para cada profundidade analisada. Em uma análise inicial realizada nos perfis, observou-se que, no geral, há o predomínio de solos argilosos, coerente com a descrição da formação geológica da região do Alto Uruguai.

Tabela 63 - Resultados dos perfis médios para as respectivas profundidades em metro

CÓD	LATITUDE/ LONGITUDE	UTM (ZONA22)	PROFUNDIDADES (m)								
			2m	3m	4m	5m	6m	7m	9m	11m	14m
01	-27.359444/ -53.403888	262220.13E/ 6971458.69N	10	15	21	20	38	41	50	50	50
02	-27.355555/ -53.397222	262871.49E/ 6971902.37N	4	5	10	12	14	18	23	33	46
03	-27.355/ -53.398333	262760.36E/ 6971961.82N	4	5	6	7	9	9	14	16	18
04	-27.357222/ -53.404722	262132.92E/ 6971703.37N	2	7	20	24	26	26	50	50	50
05	-27.35777/ -53.391944	263398.47E/ 6971666.13N.	28	27	36	43	50	50	50	50	50
06	-27.3625/ -53.400833	... 262529.00E/ 6971125.89N	18	15	16	31	44	50	50	50	50
07	-27.371525/ -53.401133	262518.67E/ 6970125.16N	8	34	35	35	35	35	50	50	50
08	-27.360555/ -53.393888	263211.98E/ 6971354.60N	15	43	50	50	50	50	50	50	50
09	-27.351263/ -53.397222	262862.35E/ 6972377.97N	20	19	20	50	50	50	50	50	50
10	-27.356/ -53.395	263092.33E/ 6971857.36N	37	47	47	50	50	50	50	50	50
11	-27.353333/ -53.4	262591.89E/ 6972143.35N	22	27	38	38	43	48	50	50	50
12	-27.346111/ -53.4025	262329.07E/ 6972938.96N	29	50	50	50	50	50	50	50	50
13	-27.373894/ -53.397155	262917.20E/ 6969870.15N	5	8	6	13	32	37	50	50	50
14	-27.387055/ -53.403869	262281.12E/ 6968398.81N	4	5	5	8	7	13	20	26	50

15	-27.378880/ -53.423269	260344.44E/ 6969267.43N	19	43	47	50	50	50	50	50	50
16	-27.346963/ -53.387033	263861.38E/ 6972873.72N	21	25	36	41	45	50	50	50	50
17	-27.353286/ -53.389277	263652.00E/ 6972168.00N	6	7	4	4	10	16	21	50	50
18	-27.368069/ -53.419336	260710.12E/ 6970473.26N	11	12	35	43	50	50	50	50	50
19	-27.345830/ -53.378641	264689.44E/ 6973015.26N	36	50	50	50	50	50	50	50	50
20	-27.349744/ -53.402922	262295.05E/ 6972535.42N	7	11	11	13	15	21	50	50	50
21	-27.350288/ -53.404591	262130.96E/ 6972471.98N	7	6	6	15	19	30	50	50	50
22	-27.345638/ -53.398772	262696.93E/ 6972998.39N	21	22	35	40	50	50	50	50	50
23	-27.353905/ -53.396494	262939.97E/ 6972086.63N	35	11	45	50	50	50	50	50	50
24	-27.357869/ -53.406238	261984.23E/ 6971628.62N	5	7	11	13	19	16	29	41	50
25	-27.358888/ -53.388972	263694.83E/ 6971548.58N	11	22	40	50	50	50	50	50	50
26	-27.359827/ -53.385311	264059.07E/ 6971451.42N	21	36	45	50	50	50	50	50	50
27	-27.371102/ -53.3986	262768.41E/ 6970176.81N	15	23	31	40	43	45	50	50	50
28	-27.366591/ -53.399166	262702.61E/ 6970675.68N	13	20	18	33	40	47	50	50	50
29	-27.367802/ -53.416422	260998.03E/ 6970508.44N	15	31	38	50	50	50	50	50	50
30	-27.373536/ -53.404680	262171.92E/ 6969895.51N	10	8	23	17	20	21	40	50	50
31	-27.386544/ -53.400966	262567.23E/ 6968460.94N	9	10	13	8	5	13	25	39	50
32	-27.362744/ -53.404561	262160.77E/ 6971091.74N	11	7	8	8	11	13	16	28	50
33	-27.362488/ -53.404263	262189.41E/ 6971120.58N	11	7	8	10	11	13	20	31	50
34	-27.362702/ -53.404269	262189.50E/ 6971096.80N	11	7	8	8	11	13	16	28	50
35	-27.364066/ -53.424672	260173.54E/ 6970906.46N	20	40	47	50	50	50	50	50	50
36	-27.359069/ -53.387130	263877.44E/ 6971532.22N	20	22	39	42	47	50	50	50	50
37	-27.364602/ -53.398858	262728.81E/ 6970896.65N	20	25	31	34	35	35	50	50	50
38	-27.349338/ -53.384586	264108.81E/ 6972615.24N	39	50	50	50	50	50	50	50	50
39	-27.344555/ -53.379958	264556.42E/ 6973154.29N	16	43	50	50	50	50	50	50	50
40	-27.367336/ -53.395025	263114.01E/ 6970600.88N	10	13	8	16	23	27	43	50	50
41	-27.360061/ -53.399891	262616.91E/ 6971398.07N	5	5	8	13	15	20	27	45	50

42	-27.378136/ -53.392175	260121.20E/ 6969345.73N	25	34	50	50	50	50	50	50	50
43	-27.374413/ -53.407408	261904.02E/ 6969793.09N	25	50	50	50	50	50	50	50	50
44	-27.368761/ -53.404786	262151.39E/ 6970424.41N	19	20	27	33	40	40	47	50	50
45	-27.372652/ -53.420463	260608.39E/ 6969963.11N	20	11	35	44	50	50	50	50	50
46	-27.357816/ -53.387063	263881.53E/ 6971670.98N	26	34	44	50	50	50	50	50	50
47	-27.367933/ -53.398066	262814.32E/ 6970529.05N	16	27	25	40	50	50	50	50	50
48	-27.381188/ -53.406425	261994.28E/ 6970152.32N	36	50	50	50	50	50	50	50	50
49	-27.387280/ -53.399119	262751.37E/ 6968382.89N	16	20	25	29	34	40	44	50	50
50	-27.370908/ -53.405730	262062.48E/ 6970184.75N	36	50	50	50	50	50	50	50	50
51	-27.387986/ -53.404066	262263.66E/ 6968295.31N	5	11	11	12	13	15	24	35	50
52	-27.372186/ -53.406741	261965.19E/ 6970041.13N	19	20	19	30	46	50	50	50	50
53	-27.376502/ -53.405488	262098.35E/ 6969565.21N	50	50	50	50	50	50	50	50	50
54	-27.376958/ -53.401886	262455.69E/ 6969521.67N	17	44	50	50	50	50	50	50	50
55	-27.365091/ -53.402186	262400.81E/ 6970836.05N	8	21	24	31	40	50	50	50	50
56	-27.360352/ -53.390372	263559.64E/ 6971383.87N	11	12	17	20	23	24	50	50	50
57	-27.363880/ -53.397747	262837.20E/ 6970978.89N	8	21	24	31	40	50	50	50	50
58	-27.379233/ -53.407938	261861.73E/ 6969257.89N	17	44	50	50	50	50	50	50	50
59	-27.372244/ -53.399888	262643.35E/ 6970047.67N	11	20	13	21	23	30	33	44	50
60	-27.364938/ -53.388944	263710.52E/ 6970878.28N	15	17	22	29	36	36	46	50	50

Fonte: Autor (2022).

Considerando as distintas profundidades apresentadas, os resultados mostram que a profundidade de 2 metros os valores tendem a ser inferiores a 20 golpes, e com profundidades acima de 5 metros o número de golpes tende a ser superior a 30.

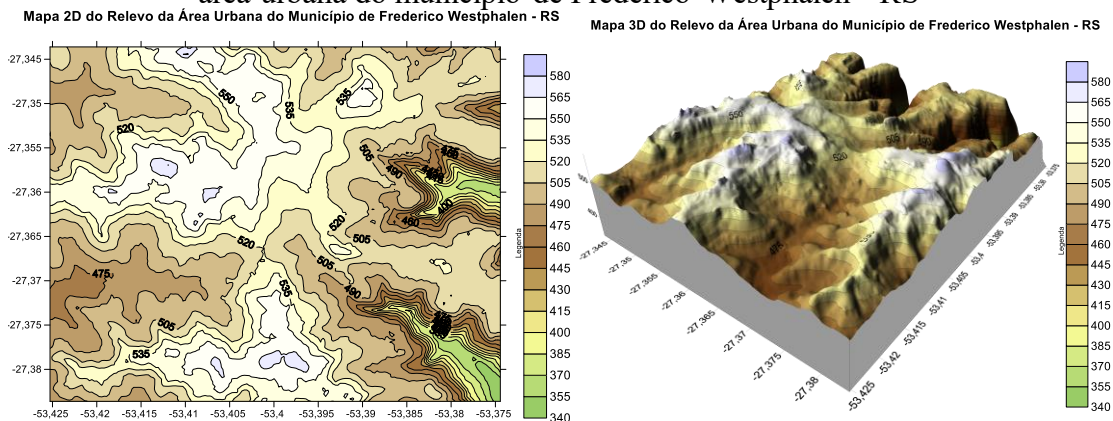
Salienta-se que a escolha de tais cotas justifica-se pela maior disponibilidade de informações precisas utilizadas na produção dos mapas, tendo em vista que, na maioria dos pontos onde foram realizadas as sondagens, a profundidade máxima de penetração do amostrador padrão não superou os 7,0 m. Os mapas com profundidade superior a esse valor têm o objetivo de mostrar as áreas onde o impenetrável se encontra em camadas mais profundas.

6.3 Análise dos mapas geotécnicos

Este subcapítulo tem como propósito apresentar e analisar os mapas gerados, de modo a caracterizar o solo da área urbana do município de Frederico Westphalen, a partir das estimativas de índice de resistência à penetração do solo (NSPT) e em função das profundidades analisadas. Ressalta-se que não foram realizados mapas de zoneamento geotécnico, pois como já mencionado, o Município apresenta o predomínio de solo argiloso.

Destarte, tem-se na Figura 11A o mapa do relevo bidimensional e na Figura 11B o mapa do relevo tridimensional para a área urbana do Município.

Figura 11 - (A) Mapa do relevo bidimensional - (B) Mapa do relevo tridimensional para a área urbana do município de Frederico Westphalen - RS



Fonte: Autor (2024).

Ao observar os mapas percebe-se que a região central é mais baixa, enquanto a região oeste é mais alta, a altitude média é de 397 m, a mínima é 197 m e a máxima 577 m. Tal demonstração é similar ao apontado por Rosa et al., (2017), que realizaram um estudo em 5.200 km² no Município, salientando que Frederico Westphalen possui 80,5% de sua área nas altitudes entre 300 e 600 m, além disso, destaca que a maior parte do Município apresenta um terreno ondulado (2.305,9 km²), em seguida tem-se 1.696,6 km² de terreno fortemente ondulado, 952,5 km² de terreno plano e a classe de relevo que apresenta menor área é do tipo montanhoso (230,6 km²).

Assim, cabe destacar que Frederico Westphalen está localizado em região elevada, classificada como um topo de morro, onde existem oito nascentes mapeadas que correm para distintas direções. Essa descrição destaca as variações na resistência à penetração do solo em diferentes partes da área urbana do Município, indicando que a região leste e oeste possuem uma maior heterogeneidade em comparação com as demais áreas. Já a área central é

caracterizada por solos frágeis, enquanto as regiões norte e sul exibem índices de resistência intermediários.

É relevante salientar que nos últimos anos, o conceito de solos frágeis foi adotado para descrever solos com superfície de textura arenosa, geralmente mais propensos à erosão hídrica e/ou eólica do que aqueles com mais argila. Contudo, esse termo também é usado para descrever solos altamente intemperizados, carentes ou com baixa reserva de nutrientes, solos com excesso de salinidade e solos localizados em encostas íngremes, dentre outros casos (ALBUQUERQUE et al., 2015).

A Figura 12 ilustra uma estimativa dos valores de NSPT com o semivariograma experimental e teórico e a interpolação a uma profundidade de 2 metros, a fim de demonstrar e correlacionar a resistência do solo em diferentes níveis da superfície. Como pode-se observar nas imagens, os pontos em destaque na cor preta representam os locais onde foram realizadas as sondagens. O polígono irregular delimitado pela cor preta representa a área com maior grau de urbanização da cidade. Ademais, a Figura 13 aponta a sobreposição do NSPT e elevação DSM para a profundidade de 2 metros. Ao avaliar os parâmetros geoestatísticos dos NSPT, não foi identificada a normalidade dos dados. Assim, o uso de técnicas geoestatísticas como a Krigagem são comprometidas e não devem ser utilizadas para a geração de superfícies contínuas.

Figura 12 - Valores de NSPT estimados para o município de Frederico Westphalen - RS na profundidade de 2 metros, com o semivariograma experimental e teórico e a interpolação
Valores de NSPT estimados para a profundidade de 2 metros

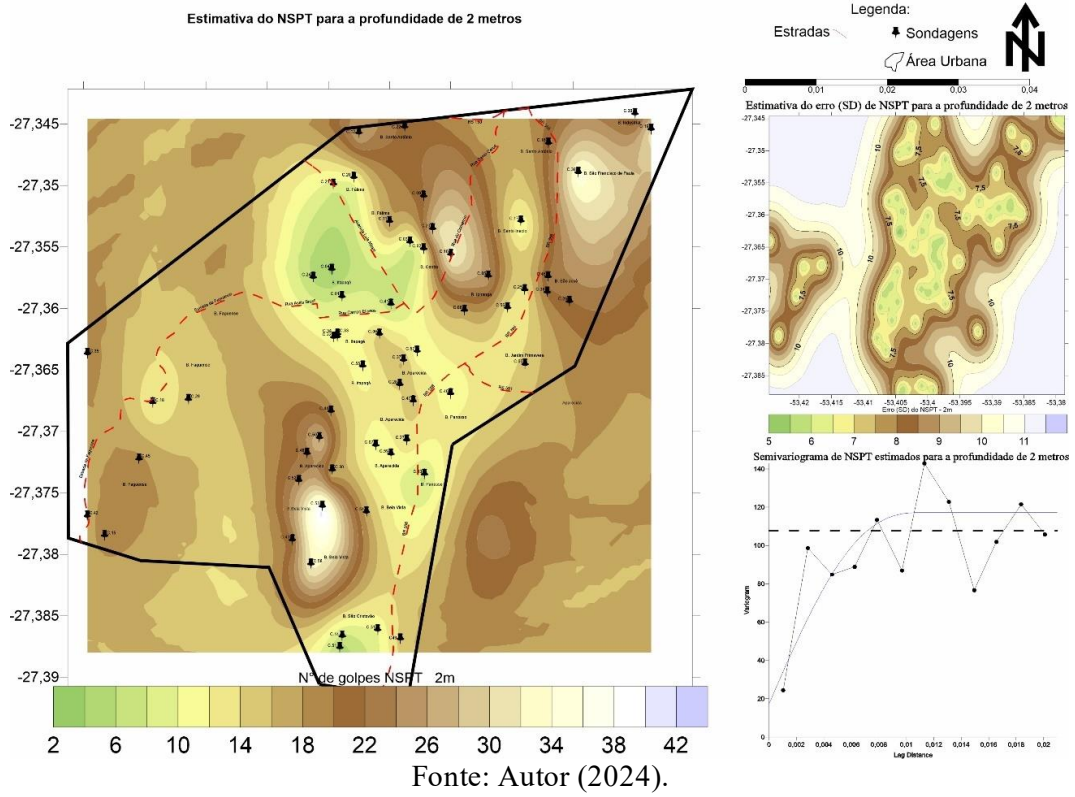
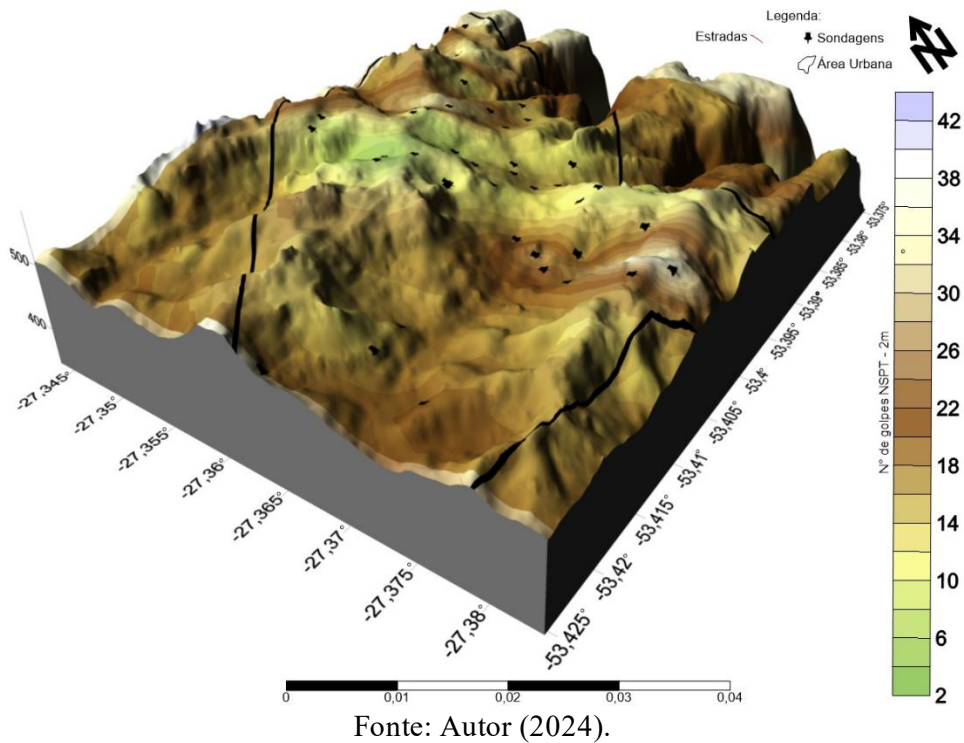


Figura 13 – Sobreposição do NSPT e elevação DSM para a profundidade de 2 metros
Sobreposição do NSPT e elevação DSM para a profundidade de 2 metros



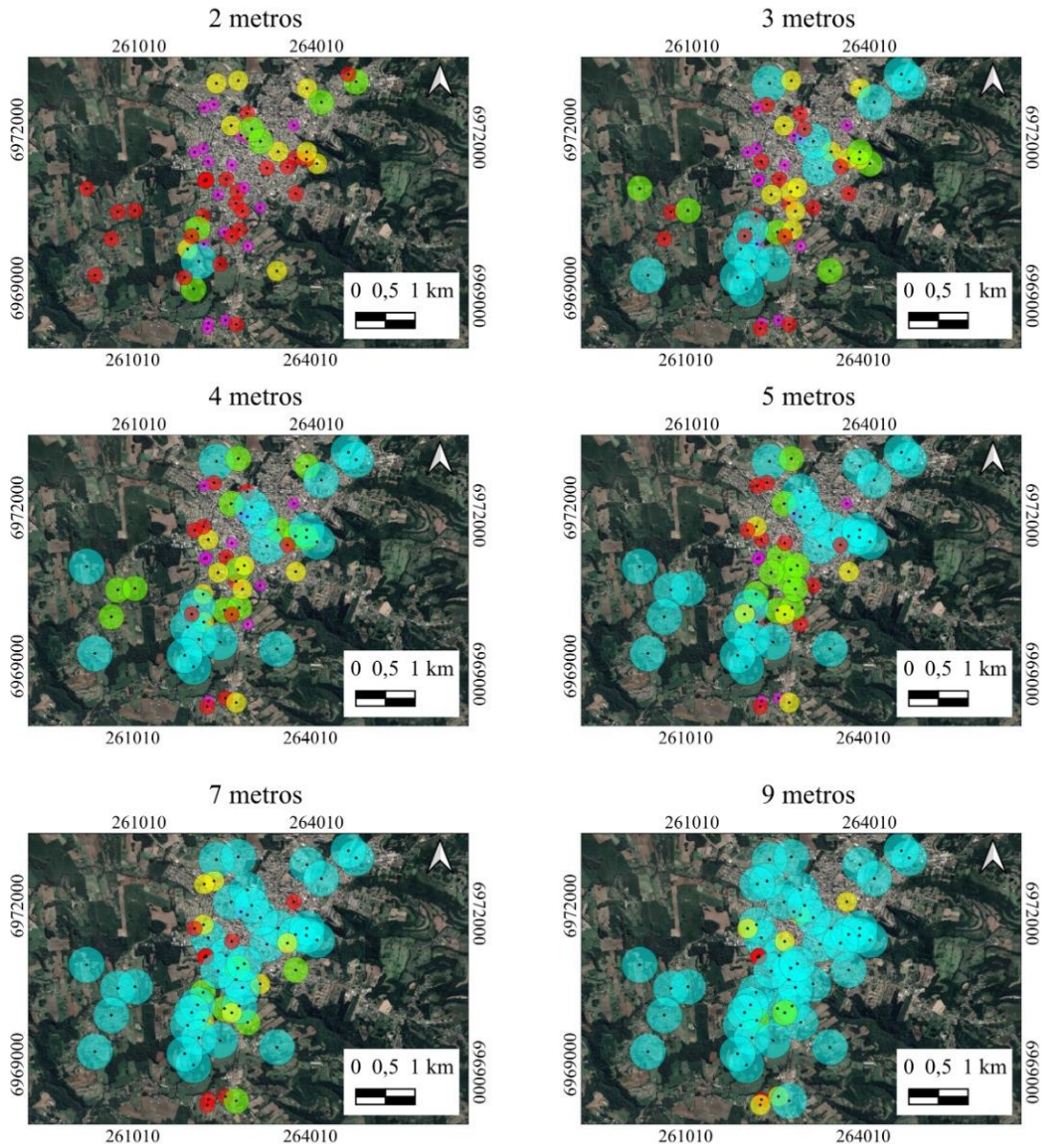
Ao analisar as áreas leste e oeste do Município, pode-se observar índices elevados de resistência ao ensaio SPT, considerando a profundidade analisada, que variam de 18 a 22 golpes. Por outro lado, a área central apresenta extensas áreas com solos frágeis, evidenciados por valores de NSPT que variam de 2 a 14 golpes e também como se pode analisar no mapa em 3D que apresenta o relevo da área urbana do Município. Essa interpretação deve considerar a alta variabilidade entre os dados dos ensaios em pequenas distâncias. Assim, para um mesmo terreno com duas ou mais amostras de SPT, foram identificadas grandes variações do número de golpes (Vide seção 6.1). Nesse contexto, a abordagem de geração de superfícies contínuas foi substituída por mapeamentos pontuais, utilizando outras técnicas cartográficas clássicas.

Uma investigação geotécnica semelhante realizada por Jacinto et al. (2023), mediante ensaios com SPT, visou caracterizar o solo da região do Renascença, São Luís –MA, com o intuito de estipular a capacidade de carga de ruptura do material. Neste propósito, realizou-se um estudo de campo em oito áreas da região e foi observado que à medida que a profundidade aumenta, a capacidade de carga do solo também se expande gradualmente.

Além deste mapa, outros foram criados para demonstrar os valores médios de NSPT, sobreposição do NSPT e elevação DSM para as profundidades de 3, 4, 5, 7, 9 e 14 metros (Apêndice A). Contudo, considerando a complexidade e necessidade de dados precisos no geoprocessamento, concluiu-se que os ensaios apresentaram alta variância espacial um padrão em função da distância. Nesse sentido, verificou-se há necessidade de um número de ensaios maior, com mais pontos de sondagem, a fim de compilar mapas que permitam capturar a variância espacial do fenômeno (NSPT).

Destarte, para ilustrar e discutir os dados obtidos a partir das sondagens realizadas neste estudo, a Figura 14 traz um mapa com a sobreposição do NSPT e elevação DSM ao Município e a Figura 15 traz a topografia versus o SPT, para as profundidades de 2, 3, 4, 5, 7 e 9 metros.

Figura 14 - Sobreposição do NSPT e elevação DSM ao Município para as profundidades de 2, 3, 4, 5, 7 e 9 metros



Legenda

- Centro da amostra
- Número de golpes
- 2 - 10
- 10 - 20
- 20 - 30
- 30 - 40
- 40 - 50

Imagem Google Earth de 2024
(Composição RGB cor verdadeira)

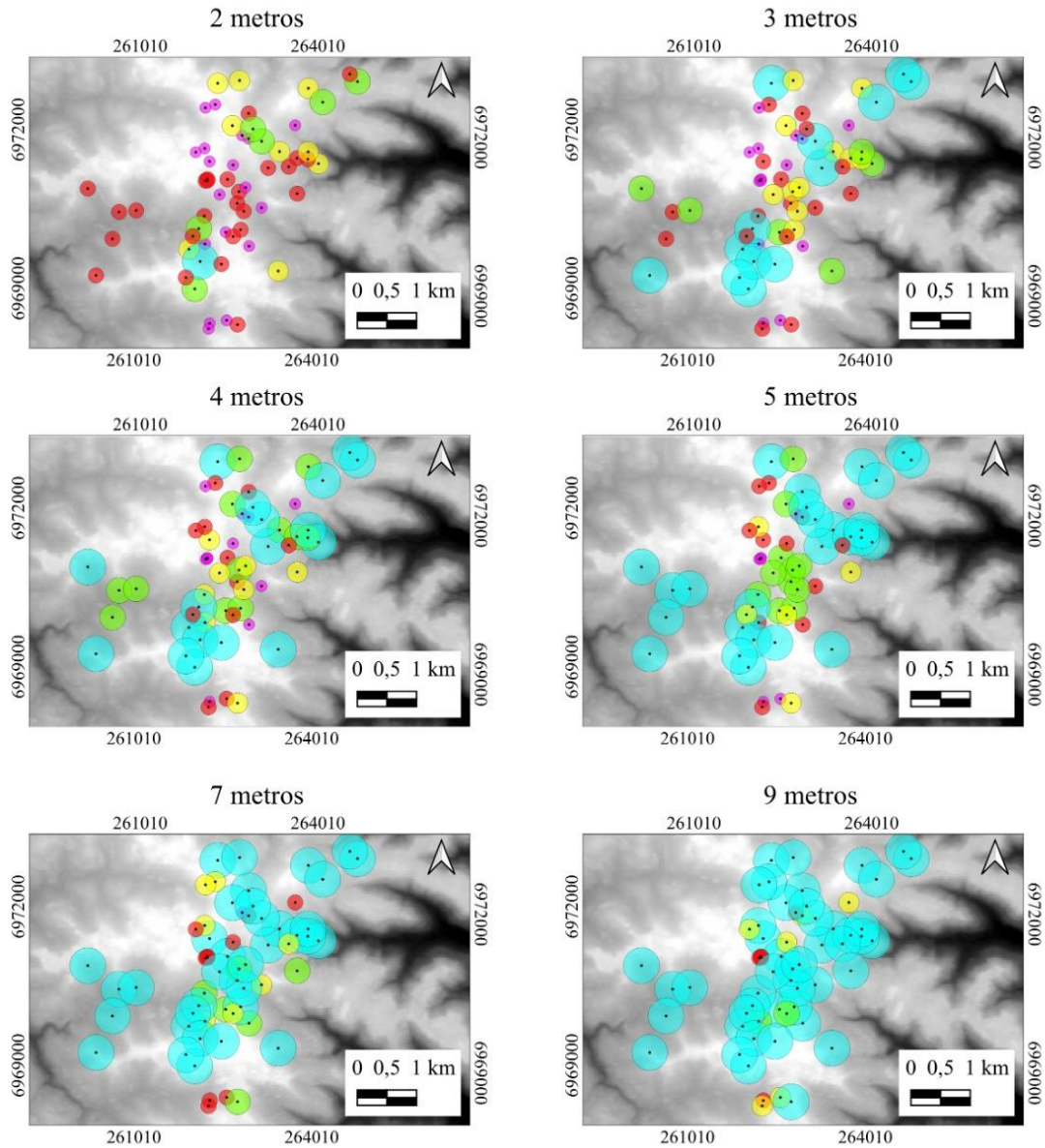
Origem das coordenadas do UTM
Equador e Meridiano central do fuso 51° W Gr.,
acrescidas as constantes 10.000 km e 500 km,
respectivamente.

EPSG:31982 - SIRGAS 2000 / UTM zone 22S

Data: Fevereiro de 2024

Fonte: Autor (2024).

Figura 15 - mapa com a topografia do Município versus o SPT para as profundidades de 2, 3, 4, 5, 7 e 9 metros



Legenda

- Centro da amostra
- Altitude (m)
- Número de golpes
- 2 - 10
- 10 - 20
- 20 - 30
- 30 - 40
- 40 - 50
- FABDEM (m)
- 561,74
- 326,465

Origem das coordenadas do UTM
Equador e Meridiano central do fuso 51° W
Gr.,
acrescidas as constantes 10.000 km e 500 km,
respectivamente.

EPSG:31982 - SIRGAS 2000 / UTM zone 22S

Data: Fevereiro de 2024

Fonte: Autor (2024).

Com base nas imagens acima, a uma cota de 3 metros, verifica-se que o comportamento do solo sofre alterações com o avanço de apenas 1 metro na profundidade, em comparação com

a análise a 2 metros de profundidade. Na região norte da área urbana do Município, observa-se uma redução nos valores de NSPT em comparação com a profundidade anterior. Além disso, essa região continua apresenta grande variabilidade nos índices de resistência à penetração, variando de 2 a 24 golpes. Na parte sul da área urbana do Município, ainda são identificados dois níveis de resistência à penetração. Um nível intermediário, variando de 2 a 14 golpes, e um nível elevado, no qual as cores atingem proporções territoriais maiores, chegando a um NSPT de 38.

Ao analisar as regiões leste e oeste da área de estudo, constata-se que o solo no sentido leste apresenta os maiores índices de resistência ao ensaio SPT, variando de 18 a 44 golpes. Por outro lado, na região oeste, em alguns pontos ocorreu uma redução na resistência do solo se comparado a análise anterior. É constatado que a área central da área urbana do Município apresenta os menores índices de resistência à penetração, indicando um solo com baixa capacidade de suporte. Essa característica sugere que o solo na área central é menos resistente e pode apresentar maior compressibilidade e deformabilidade quando submetido a cargas.

Considerando isso, é válido ressaltar que o solo argiloso pode ser compacto ou viscoso, dependendo da umidade e da presença de água no local. Sendo assim, a resistência do solo para construção, nesse caso, também pode variar, embora seja mais estável do que a do solo arenoso, é frequente que as fundações nesse contexto sejam superficiais, se necessário, com sapatas reforçadas pelo uso de radiers e, em casos excepcionais, também com a utilização de estacas (GALVAMINAS, 2024).

Baseando-se na cota de 4 metros, observa-se uma mudança significativa no comportamento do solo com apenas 1 metro de avanço na profundidade, em comparação com a análise anterior. Nessa profundidade, a região norte da área de estudo apresenta índices mais altos de resistência à penetração onde há um relevo expressivo, especialmente em determinados pontos da região, onde se atinge valores de 42 golpes. É importante ressaltar que, nessa profundidade, foi possível identificar pela primeira vez um índice representando o solo impenetrável (50 golpes) na região sul, que também apresenta resistência à penetração intermediária variando de 10 a 18 golpes.

Nos sentidos leste e oeste, a homogeneidade identificada anteriormente continua evidente, com uma tendência de aumento nos índices de resistência ao ensaio SPT à medida que a profundidade aumenta. Essa relação indica que, à medida que aumenta a profundidade, os valores de resistência ao ensaio SPT tendem a ser mais elevados nessas direções. Além disso, é importante ressaltar que as áreas nesses sentidos apresentam valores de NSPT variando de 30 a 42 golpes, indicando uma faixa consistente de resistência do solo à penetração. Essa

constatação sugere que a consistência na resistência do solo ao ensaio SPT é abrangente e uniforme ao longo das direções leste e oeste.

Tendo em vista que de acordo com a NBR 8036 (ABNT, 1983) o número de sondagens e a sua localização em planta dependem do tipo da estrutura, de suas características especiais e das condições geotécnicas do subsolo, e que, o número de sondagens deve ser suficiente para fornecer um quadro, o melhor possível, da provável variação das camadas do subsolo do local em estudo. Salieta-se novamente que, na área central da área urbana, ao alcançar uma profundidade de 4 metros, a análise do ensaio SPT revelou que os valores de NSPT não ultrapassam 22 golpes. Esses resultados indicam consistentemente a presença de solos com menor resistência ao longo de todas as profundidades analisadas até aqui.

As profundidades de 5 e 7 metros, evidenciam o predomínio de solos com alta resistência em grande parte da área urbana do município de Frederico Westphalen. A maioria das regiões apresenta um índice de resistência à penetração acima de 40 golpes, indicando uma capacidade significativa de suporte do solo. No entanto, é importante ressaltar que em alguns pontos das regiões central e sul do Município, são observados valores intermediários de resistência à penetração. Essa constatação reforça mais uma vez o comportamento específico do solo na região central, que é considerada a área geológico-geotécnica mais crítica da cidade.

Neste contexto, é importante destacar que a escolha do tipo de fundação é de suma importância para a construção, podendo até revelar a viabilidade do empreendimento. A fundação e a estrutura mais adequadas são determinadas a partir da análise do solo, considerando a carga da construção, o nível do nível freático, a composição e a resistência para a construção.

Assim, não é apenas a resistência que precisa ser verificada, uma vez que ela é influenciada por outras características geológicas do local. Simplificadamente, pode-se dizer que quanto menor for a resistência, mais profunda deve ser a fundação (GALVAMINAS, 2024). No entanto, é importante ressaltar que essa avaliação não é tão simples. Para garantir que a obra esteja de acordo com as normas, é necessário seguir as diretrizes estabelecidas pela norma NBR 15492, que define a quantidade mínima de ensaios de sondagem de acordo com a área do terreno (ABNT, 2007).

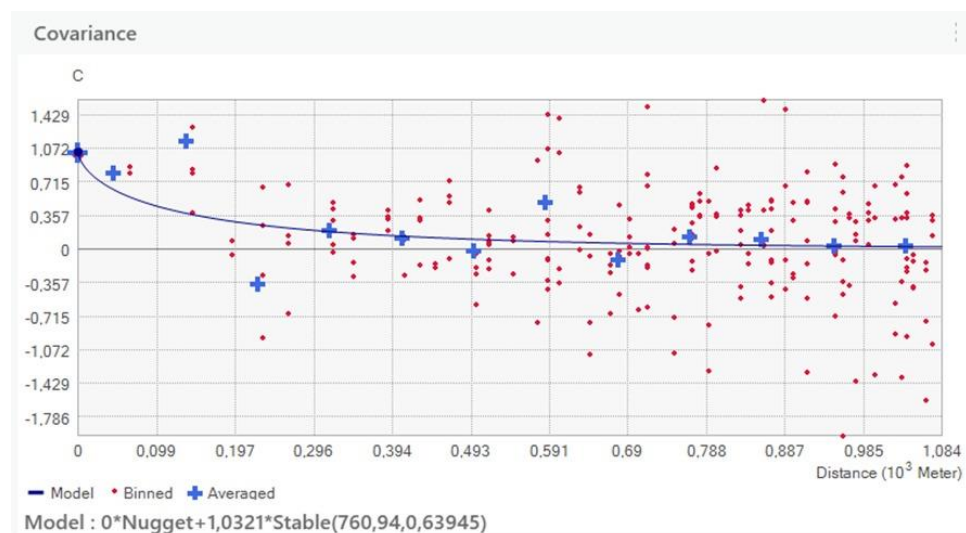
Considerando maiores profundidades, especificamente 9 m, e que a NBR 6122 (ABNT, 2010) estabelece a obrigatoriedade de realizar testes de campo como requisito, com o objetivo de identificar as condições reais do subsolo, de modo a orientar o desenvolvimento adequado do projeto de fundações, e que a norma define o programa de investigação preliminar para qualquer construção como baseado, no mínimo, no ensaio de sondagem a percussão (SPT),

buscando determinar a estratigrafia e classificação dos solos presentes, a posição do nível freático e a resistência à classificação NSPT. Observa-se uma prevalência em todo o território de índices de resistência à penetração superiores a 40 golpes. Esses resultados indicam que, independentemente da profundidade analisada, a maioria das áreas do Município apresenta uma resistência significativa à penetração do solo.

Essa uniformidade na resistência sugere uma consistência nas características geotécnicas em diferentes profundidades. A única exceção a essa tendência é encontrada em alguns sítios localizados na região central do Município. Conforme esperado, esses locais exibem os menores índices de resistência à penetração, de acordo com a tendência inicial observada nas análises anteriores.

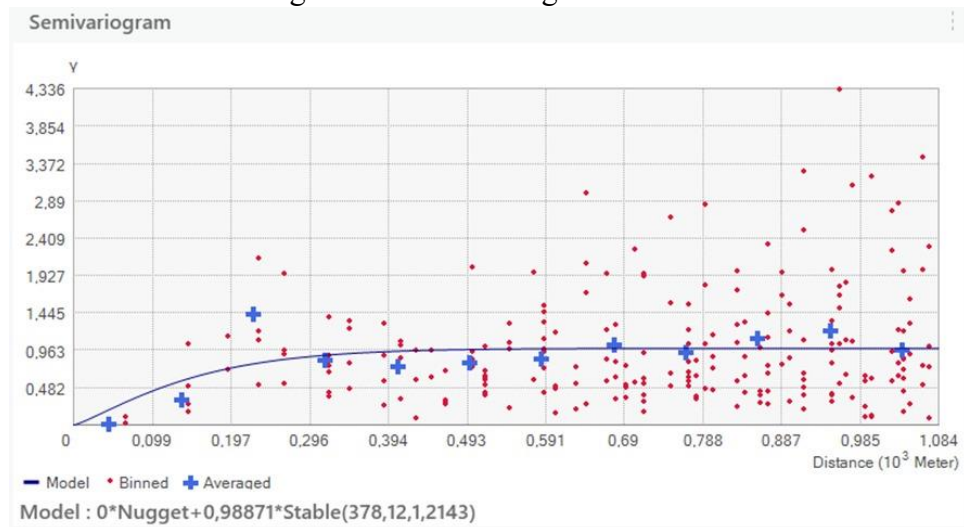
Contudo, nesta investigação os ajustes dos semivariogramas não foram efetivos, pois as amostras não apresentam variância regionalizada ou a amostragem foi insuficiente, e o efeito pepita foi muito elevado. O valor positivo elevado do efeito pepita revela a descontinuidade do semivariograma para distâncias menores do que a menor distância entre as amostras (ISAACS; SRIVASTAVA, 1989). Assim, devido aos resultados terem apresentado uma variância espacial não devidamente capturada pelo conjunto amostral, o estudo passou a ser conduzido utilizando métodos de representação e cruzamento de informações típicos da cartografia temática. Conforme observa-se nas Figuras 16 e 17.

Figura 16 - Covariograma



Fonte: Autor (2024).

Figura 17 - Semivariograma



Fonte: Autor (2024).

Portanto, no caso analisado com 60 amostras aparentemente bem distribuídas pela área de estudo, a variabilidade de pequena escala não foi captada pela amostragem. Com a análise dos mapas, a partir dos ensaios NSPT realizados, fica evidente a grande heterogeneidade do solo no município de Frederico Westphalen, RS. Observam-se variações constantes nos valores de resistência à penetração (NSPT), tanto em uma mesma profundidade quanto entre profundidades diferentes.

Em geral, as regiões norte, sul e leste e oeste da área urbana do Município apresentam solos mais resistentes. Já a área central é caracterizada por solos com a menor resistência. É importante ressaltar que a variabilidade de resistência é mais pronunciada em solos mais superficiais, ou seja, abaixo da cota de 7 metros.

Nessa profundidade e abaixo dela, a maioria do território apresenta índices de NSPT próximos a 50 golpes, caracterizando o solo como impenetrável. Nesse sentido, é ressaltado o que está determinado pela NBR 8036, que afirma que quando a sondagem alcançar uma rocha ou camada que não seja possível penetrar por meio de golpes, e que esteja abaixo de um solo apropriado para sustentação da fundação, a sondagem pode ser interrompida aí. Nos casos em que as fundações são de grande importância, ou quando as camadas superiores do solo não são adequadas para sustentação, aconselha-se verificar a natureza e continuidade da camada impenetrável. Nesses casos, a profundidade mínima a ser investigada é de 5 m (ABNT, 1983).

Esses resultados são de extrema relevância, pois o Município está passando por um processo acelerado de uso e ocupação da terra para a construção civil. Logo, os dados obtidos por essa análise podem servir como uma ferramenta para melhorar a gestão do processo de urbanização da área estudada, auxiliar na elaboração de um plano diretor mais completo,

fornecer diretrizes sobre os tipos de fundações adequadas para diferentes profundidades, e auxiliar os profissionais envolvidos no enfrentamento dos desafios geotécnicos locais.

Destarte, é importante salientar que a partir desta pesquisa foi criado um site, cujo acesso pode ser realizado através do link: <https://fbreunig.github.io/spt-fw/>. Este site apresenta a variação dos ensaios NSPT do município de Frederico Westphalen e visa proporcionar o acesso aos resultados obtidos, pois, a partir dele é possível visualizar os dados ponto a ponto, diferenciando os bairros e ruas, selecionando tanto o perfil do nível freático como os valores do NSPT.

Além disso, vale ressaltar que a página foi desenvolvida com um sistema completamente editável, possibilitando assim o acesso do público em geral, bem como de estudantes e pesquisadores de diferentes áreas, para que possam inserir informações e dados relevantes. Isso contribui para a ampliação do conhecimento e da informação, gerando benefícios para esta pesquisa e promovendo o desenvolvimento do Município.

É importante destacar que os mapas apresentados devem ser considerados como complementares para estimativas de valores de NSPT em todo o Município. Eles podem fornecer uma base inicial para o planejamento de obras. Assim, é fundamental ressaltar que seu uso não substitui a realização de investigações geotécnicas do subsolo, uma vez que, como visto, as características do solo podem variar de um local para outro e mesmo dentro de um mesmo perfil geotécnico.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento do presente estudo proporcionou a espacialização e a análise dos resultados dos ensaios de sondagem SPT, resultando em uma melhor compreensão das características geotécnicas dos solos da área urbana do município de Frederico Westphalen, RS. De forma geral, a análise dos resultados revelou que mesmo em uma mesma sondagem, ocorrem variações nos índices de NSPT entre as sondagens, demonstrando a anisotropia das características geotécnicas dos solos da área estudada. Ademais, constatou-se que em uma mesma região (mesma formação geológico-geotécnica), há diferenças na resistência do solo à penetração, diferenças na profundidade do nível freático e do impenetrável.

Observou-se que as regiões norte, sul e leste apresentaram solos com maiores resistências, enquanto na região oeste os valores de NSPT indicaram resistência intermediária. No geral, a região central foi identificada como a mais crítica, evidenciando solos com menor resistência à penetração. Foi constatada uma maior variabilidade nas resistências em solos mais superficiais. Uma diferença notável nos valores de NSPT foi observada ao analisar a variação de apenas 1 metro, da cota de 3 m à cota de 4 m. Além disso, foi possível determinar que o impenetrável ocorre predominantemente a partir das cotas de 5 e 14 metros de profundidade na maior parte da área estudada. É importante ressaltar que, apesar das 60 amostras, um maior número de pontos de sondagens é necessário para avaliar o potencial de uso da análise geoestatística.

Contudo, os resultados obtidos durante este trabalho podem auxiliar na decisão de adquirir terrenos para construção, pois por meio dos mapas é possível fazer a escolha do terreno em bairros estratégicos, uma vez que, ao analisar os dados gerados neste estudo, percebe-se que determinados bairros do Município demandam investimentos mais altos em fundações devido a resistência do solo ser encontrada em profundidades mais baixas, enquanto em outros bairros o impenetrável é encontrado a 2/3 metros de profundidade, resultando em economia de fundações e facilitando a escolha do terreno. Portanto, os resultados podem ser utilizados como subsídio para mapear áreas adequadas para novas construções e auxiliar em estimativas preliminares das características geotécnicas da região, facilitando a seleção de soluções de fundação para empreendimentos futuros.

Este estudo representa uma contribuição pioneira para o contexto de Frederico Westphalen. Além dos dados apresentados nesta dissertação, estão disponíveis informações geotécnicas e dados de variação de NSPT em um ambiente digital de acesso livre. Esse ambiente foi criado com um sistema completamente editável, permitindo que o público em

geral, assim como estudantes e pesquisadores de diferentes áreas, possa colaborar adicionando informações e dados relevantes. Isso resulta em uma troca de conhecimento e informações valiosa, que contribui para o desenvolvimento do Município e enriquece esta pesquisa.

7.1 Sugestões para trabalhos futuros

Sugere-se a elaboração de trabalhos complementares a este, visto que se trata de um Município com vasto território e em processo contínuo de expansão, tanto verticalmente com várias construções de grandes edifícios quanto horizontalmente devido ao grande número de loteamentos em execução.

Tendo em vista que um maior espaço amostral para um mesmo objeto de estudo acarreta em uma menor margem de erro para resultados estimados, recomenda-se a continuidade deste trabalho através da coleta de resultados de outros furos de sondagem em localidades e profundidades distintas das aqui estudadas, assim como o uso de demais ponderadores ou outros métodos de interpolação, de modo a fornecer possíveis resultados com um maior grau de confiabilidade e, por conseguinte, mais próximos de valores reais.

Pode-se ainda relacionar os resultados aqui apresentados com a topografia do Município, estudando possíveis correlações entre a planialtimétrica da região e os dados de resistência à penetração obtida no presente trabalho. Compreender essa correlação pode fornecer informações valiosas para o planejamento de infraestrutura, auxiliando na identificação de áreas adequadas para construção e aquelas que podem exigir medidas especiais.

Salienta-se também a importância de novos estudos relacionados ao nível freático do Município, o que não foi possível neste estudo em razão de não ter sido obtido o nível freático em todas as sondagens. Por ser uma reserva estratégica de água e possuir grande importância em termos ambientais e econômicos, além do abastecimento humano, é imprescindível a realização de investigações que contribuam para o entendimento deste tema.

Além disso, sugere-se a realização de um novo estudo abordando a parte de tratamento de esgoto das casas, no que diz respeito a instalação de fossa, filtro e sumidouro. Os mapas disponíveis, que fornecem informações sobre a profundidade de fácil escavação, podem ser utilizados como base para essa análise, auxiliando na identificação das melhores localizações para instalação desses sistemas de tratamento. Dessa forma, será possível promover o crescimento sustentável da região e garantir projetos assertivos para que para esse sistema exerça sua função adequadamente evitando a contaminação do solo e nível freático.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15492: sondagem de reconhecimento para fins de qualidade ambiental - procedimento**. Rio de Janeiro, 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6484: Solo – Sondagem de simples reconhecimento com SPT – Método de ensaio**. Rio de Janeiro, 2001.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 11805: materiais para sub-base ou base de solo-brita**. Rio de Janeiro, 1991.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6122: Projeto e execução de fundações**. Rio de Janeiro, 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6502: Rochas e solos – Procedimento**. Rio de Janeiro, 1995.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 8036: Programa de sondagem de simples reconhecimento dos solos para fundações de edifícios – Procedimento**. Rio de Janeiro, 1983.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9286: Terra Armada**. Rio de Janeiro, 1986.
- ALBUQUERQUE, J. A. *et al.* Fragilidade de solos: uma análise conceitual, ocorrência e importância agrícola para o Brasil. *In: DE CASTRO, S. S.; HERNANI, L. C. Solos frágeis: caracterização, manejo e sustentabilidade*. Brasília, DF: Embrapa, 2015.
- ALECRIM, E.; HIGA, P. Qual é a diferença entre GPS, GLONASS e Galileo? Entenda os sistemas de navegação via satélite. **Tecnoblog**, 2023. Disponível em: <https://tecnoblog.net/responde/diferenca-gps-glonass-galileo/>. Acesso em: 25 jan. 2024.
- AUGUSTO FILHO, O.; VIRGILI, J. C. **Geologia de Engenharia: Estabilidade de Taludes e Aterros**. São Paulo: ABGE, 1998.
- BALASUBRAMANI, D. P.; DODAGOUDAR, G. R. Modelling the spatial variability of Standard Penetration Test data for Chennai City using kriging and product-sum model. **Geomechanics and Geoengineering**, v. 17, n. 1, p. 92-105, 2022.
- BELINCANTA, A. **Energia dinâmica no SPT: resultados de uma investigação teórico-experimental**. 1985. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1985.
- BELINCANTA, A. **Avaliação de fatores intervenientes no índice de resistência à penetração do SPT**. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998.

BERTANI, G. et al. Análise De Crescimento Da Mancha Urbana Do Município De Frederico Westphalen, Rs-Brasil Através De Imagens Landsat 5 Tm. **Revista Geografar**, v. 7, n. 1, p. 68-83, 2012.

BHUNIA G. S., SHIT P. K.; MAITI R. Comparison of GIS-based interpolation methods for spatial distribution of soil organic carbon (SOC). **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 17, p. 114-126, 2018.

BOSSLE, R. C. **Geoprocessamento na Prática**. 1 ed. Curitiba: Ithala, 2015.

CÂMARA, K. R. R.; PEREIRA, A. C. **Análise de perfis de sondagem SPT e caracterização geotécnica de solos do município de Natal Holos**. Natal: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte Natal, 2005.

CÂMARA, G. *et al.* Análise Espacial e Geoprocessamento. *In*: DRUCK, S. *et al.* **Análise Espacial de Dados Geográficos**. Brasília, DF: Embrapa, 2004.

CARVALHO, J. R. P.; QUEIROZ, E. F. **Uso da krigagem colocada na determinação da distribuição espacial de precipitação**. Área de Comunicação e Negócios. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2002.

CAVALCANTE, E. H. **Investigação teórico-experimental sobre SPT**. 2002. Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2002.

COSTA, N. L. et al. **Perfil Socioeconômico do Município de Frederico Westphalen/RS: uma contribuição para o Planejamento do Desenvolvimento Local**. Palmeira das Missões: Prefeitura, 2019. 36 p.

COSTA, F. M. da; MOREIRA, R. M. **Análise técnica do subsolo de Santarém/PA**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade da Amazônia, Belém, 2013.

CRAIG, R. F. **Mecânica dos solos**. Tradução Amir Kurban. Rio de Janeiro: LTC, 2007. 390 p.

CUNHA, N. G.; SILVEIRA, R. J. C.; KOESTER, E.; FILIPPINI ALBA, J. M.; COSTA, F. A.; TERRES, V. C.; LOPES, R. T. **Estudo de solo do município de Frederico Westphalen, RS**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2011.

DÉCOURT, L. Análise e projeto de fundações profundas: estacas. *In*: HACHICH, W. et al. (ed). **Fundações: teoria e prática**. São Paulo: Pini, 1996.

DI MAIO, A. C. Conceitos de Geoprocessamento. 2008. 3 ed. Programa Nacional de Capacitação das Cidades. UFF [online]. Disponível em: http://www.uff.br/sigcidades/images/Download/SIGCidades_Conceitos_de_Geoprocessamento_3edio.pdf. Acesso em: 15 maio 2022.

DEL MOURO, L. **Fundamentos da geologia**. Londrina: Distribuidora Educacional, 2017. 208 p.

DRUCK, S.; CARVALHO, M. S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. V. M (eds). **Análise espacial de dados geográficos**. Brasília: Embrapa, 2004.

EL MAY, M.; DLALA, M.; CHENINI, I. Urban geological mapping: Geotechnical data analysis for rational development planning. **Engineering Geology**, v. 116, p. 129-138, 2010.

FONTELES, H. R. N. **Caracterização Geotécnica do subsolo da porção Nordeste do município de Fortaleza (CE) com base em Geoestatística**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Escola de Engenharia de São Carlos, São Paulo, 2013.

FRANCELINO, M. R. Introdução ao geoprocessamento. **FDV MG**, 2003. Disponível em: http://correio.fdvmg.edu.br/downloads/SemanaAcademica2007/MC05_SIG/INTRODU%C7%93O_GEOPROCESSAMENTO.pdf. Acesso em: 12 maio 2022.

FOLLE, D. **O estudo geoestatístico de sondagens SPT para geração de mapas auxiliares em obras de engenharia**. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

FUNDAMENTOS DO GEOPROCESSAMENTO. **UFES**. [2024]. Disponível em: <http://www.ltc.ufes.br/geomaticsce/Modulo%20Geoprocessamento.pdf>. Acesso em: 13 maio 2022.

GALVAMINAS. Resistência do solo para construção X tipos de fundação. **GALVAMINAS**. 2024. Disponível em: <https://galvaminas.com.br/resistencia-do-solo-para-construcao-x-tipos-de-fundacao/>. Acesso em: 25 jan. 2024.

GIOVANINI, A. Geoestatística: o que é e para que serve?. **Professor Adenilson**, 2024. Disponível em: <https://adenilsongiovanini.com.br/blog/geoestatistica-o-que-e-e-para-que-serve/>. Acesso em: 25 jan. 2024.

GOMES, S. T. **Geotecnologias e Geoinformação: o produtor pergunta, a Embrapa responde / editores técnicos**. Brasília: Embrapa, 2014. 248 p.

GOOGLE EARTH-MAPAS. Disponível em: <http://mapas.google.com>. Acesso em: 14 jun. 2022.

GOLDEN SOFTWARE. Disponível em: <https://www.goldensoftware.com/>. Acesso em: 15 dez. 2022.

HACHICH, W. et al. **Fundações: Teoria e Prática**. São Paulo: Editora PINI, 1998.

HARTMANN, L. A. A história natural do Grupo Serra Geral desde o Cretáceo até o Recente. **Ciência e Natura**, v. 36, p. 173-182, 2014.

HAUSMAN, A. Esboço Hidrogeológico do Rio Grande do Sul. **Acta Geologica Leopoldensia**, p. 37-71. 1995.

HAWKER, L.; NEAL, J. Accuracy assessment of the TanDEM-X 90 Digital Elevation Model for selected floodplain sites. **Remote Sensing of Environment**, v. 232, p. 111319, 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Demográfico 2023**. Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso em: 13 set. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO. **Relatório anual de atividades: junho 2016 a junho 2017**. Belo Horizonte, 2017.

ISAAKS, E.H.; SRIVASTAVA R. M. **An Introduction to Applied Geostatistics**. Nova Iorque: Oxford University Press. 1989, 561 p.

KANEGAE JUNIOR, H. **Uso do estimador geoestatístico**. Paraná: UFPR, 2006.

KOVACS, W. D.; SALAMONE, L. A. SPT Hammer Energy Measurement. **Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division**, v. 108, n. GT4, p. 599-620, 1982.

JAKOB, A. A. E.; YOUNG, A. F. **O uso de métodos de interpolação espacial de dados nas análises sociodemográficas**. Caxambu-MG: UEFS, 2006. 22p.

JIMÉNEZ M. J.; GARCÍA-FERNÁNDEZ M.; ZONNO G.; CELLA F. Mapping soil effects in Barcelona, Spain, through an integrated GIS environment. **Soil Dynamics and Earthquake Engineering**, v. 19, n. 4, p. 289-301, 2000.

LEINZ, V.; AMARAL, S. E. do. **Geologia Geral**. 11. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1989.

LEITE, L. F. C. **Indicadores de qualidade de solo**. Embrapa Meio-Norte: Ruralnet, 2004.

LOZ JUNIOR, N. F.; SOUZA, R. F. C. Caracterização geotécnica de solos do município de Arapiraca – AL por meio da análise de perfis de sondagem SPT. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA GEOTÉCNICA, Belo Horizonte, 2016, **Anais [...]**, 2016.

MARQUES, V. Ciclo das Rochas: o que é e como ocorre toda matéria. **Toda matéria**. 2024. Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/ciclo-das-rochas/>. Acesso em: 20 out. 2023.

MACHADO, R. A. S. et al. **Indicadores ambientais urbanos: análise das ilhas de calor, concentração de CO² e níveis de ruído no centro de Feira de Santana – Bahia**. João Pessoa-PB: Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS, 2015.

MACIEL FILHO, C. L. **Introdução à geologia de engenharia**. 5. ed. Brasília/Santa Maria: UFSM, 2014.

MACKEAN, R. A. N.; ROSENBAUM, M. S. Geostatistical characterization of the SPT. *In*: PROCEEDINGS OF 6TH INTERNATIONAL IAEG CONGRESS, Amsterdam, Balkema: 317-322, 1990, **Anais [...]**, 1990.

MARBLE, D. **Geographical information system: an overview**. *In*: PECORA 9 CONFERENCE, SIOUX, 1984.

MILITITSKY, J. **Patologias das Fundações**. 2. ed. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2015.

MORENO, J. A. Clima do Rio Grande do Sul. **Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul**, n. 11, p. 49-83, 2014.

OLIVEIRA, L. T. de et al. **Aplicação do lidar no inventário de florestas plantadas**. Lavras – MG: Universidade Federal de Lavras, 2011. 32 p.

PEREIRA, A. I. B. **Influência da técnica da elaboração de provetes laboratoriais na quantificação da deformabilidade e resistência mecânica dos solos**. 2015. Tese de Doutorado. Universidade do Minho, Portugal. 2015.

PINTO, C. de S. **Curso básico de mecânica de solos**. 3. ed. São Paulo: Oficina de textos, 2006.

POPP, J. H. **Geologia Geral**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010.

PREFEITURA MUNICIPAL DE FREDERICO WESTPHALEN – RS. **Frederico Westphalen lidera ranking de crescimento habitacional na região**. [2024]. Disponível em: <https://www.fredericowestphalen-rs.com.br/noticia/3008/frederico-westphalen-lidera-ranking-de-crescimento-habitacional-na-regiao>. Acesso em: 14 set. 2023.

PREFEITURA MUNICIPAL DE FREDERICO WESTPHALEN – RS. **Cômite de desenvolvimento**. 2017. Disponível em: <http://www.acifw.com.br/comitedesenvolvimento>. Acesso em: 11 mar. 2022.

QGIS Development Team, YEAR. **QGIS Geographic Information System**. Open Source Geospatial Foundation Project. (sistema de informações livre e aberto). Disponível em: <http://qgis.org/en/site/>. Acesso em: 17 mar. 2022.

ROSA, P. A. da. et al. Avaliação das relações entre os parâmetros da modelagem geomorfológica e a cobertura florestal no noroeste do Rio Grande do Sul. **Geo UERJ**, n. 31, p. 371-388, 2017.

SANTOS, A. A. dos. **Análise Geotécnica do subsolo**. Criciúma: UNESC, 2005.

SILVA D. F. **Mapeamento geoestatístico dos parâmetros NSPT e torque máximo de solos em parte da bacia do Ribeirão Cambezinho em Londrina/PR**. Dissertação (Mestrado), Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2008.

SCHMERTMANN, J. H.; PALACIOS, A. Energy Dynamics of DPT. **Journal of the Soil Mechanics and Foundation Division**, v. 105, n. GT8, p. 909-926, 1979.

SCHNAID, F. **Ensaio de campo e suas aplicações à Engenharia de fundações**. São Paulo: Oficina de textos, 2000.

SEIDEL, E. J.; OLIVEIRA, M. S. De. Proposta de um teste de hipótese para a existência de dependência espacial em dados geoestatísticos. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 20, p. 750-764, 2014.

SOARES W. C. **Banco de dados geológico – geotécnicos com base em sondagens à percussão e uso de SIG: análise espacial da profundidade do nível freático e do NSPT para obras de fundação em João Pessoa – PB.** 2011. Tese (Doutorado em Geotecnia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.

SOUSA, C. A. **Contribuição ao mapeamento geotécnico da cidade de Belém-Pará: confirmação de zonas de ocorrência de camadas competentes de solos.** 2010. Dissertação (Engenharia Civil) – Universidade da Amazônia, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Belém – PA, 2010.

STURARO J. R. **Mapeamento geoestatístico de propriedades geológicas-geotécnicas obtidas de sondagens de simples reconhecimento.** 1994. Tese (Doutorado em Geotecnia), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1994.

WAN-MOHAMAD, W. N. S.; ABDUL-GHANI, A. N. The Use of Geographic Information System (GIS) for Geotechnical Data Processing and Presentation. **Procedia Engenharia**, v. 397-406, 2011.

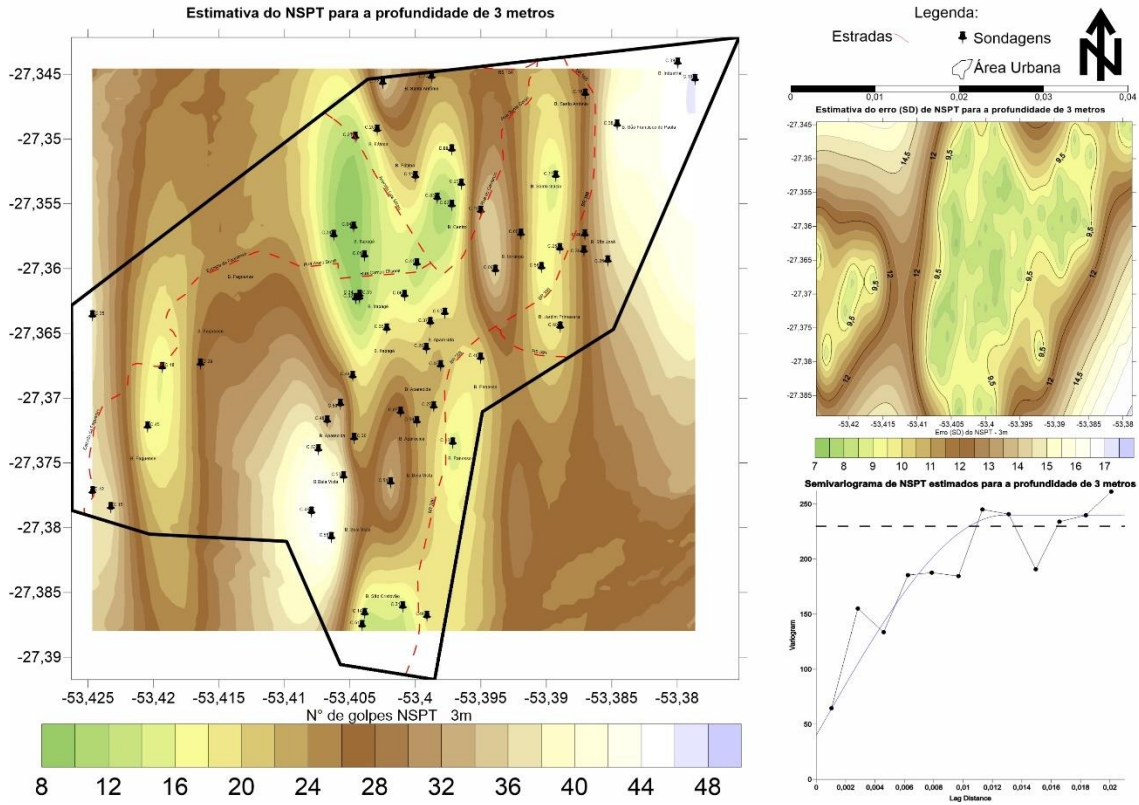
YAMAMOTO, J. K.; LANDIM, P. B. **Geoestatística: Conceitos e Aplicações.** São Paulo: Oficina de texto. 2013. 213 p.

YAMAMOTO, J. K. **Estatística, Análise e Interpolação de Dados Geoespaciais.** São Paulo: Gráfica Paulos, 2021.

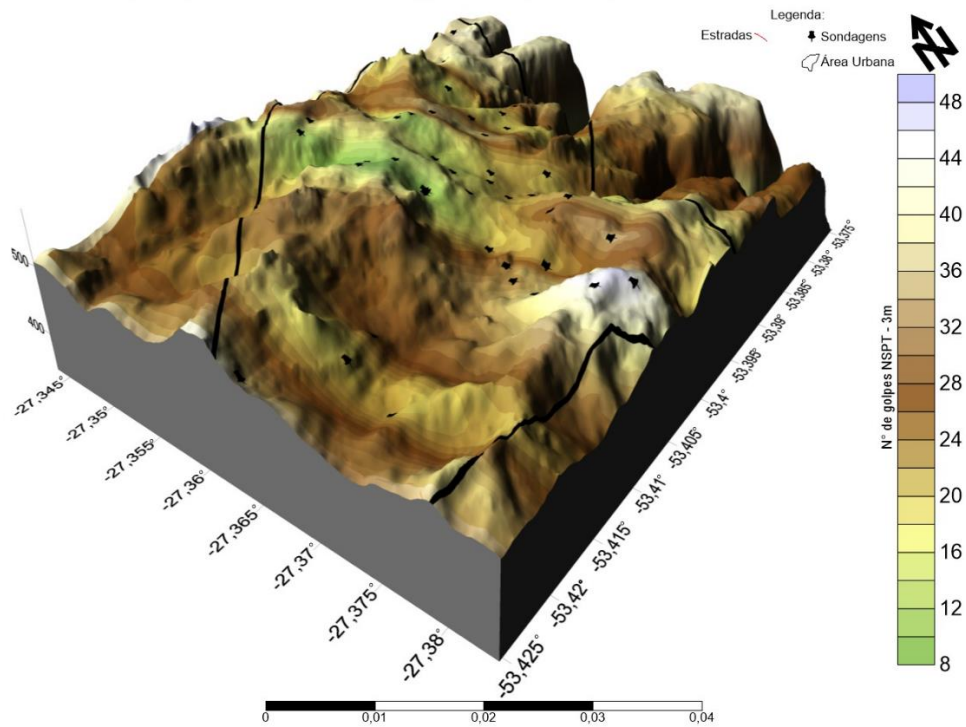
ZAINE, J. E. **Mapeamento Geológico-Geotécnico Por meio do método do detalhamento progressivo: ensaio de aplicação na área urbana do município de Rio Claro (SP).** 2000. Tese (Doutorado em Geociências) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências exatas, Rio Claro, 2000.

APÊNDICE A – MAPAS COM VALORES ESTIMADOS DE NSPT, SOBREPOSIÇÃO DO NSPT E ELEVACÃO DSM

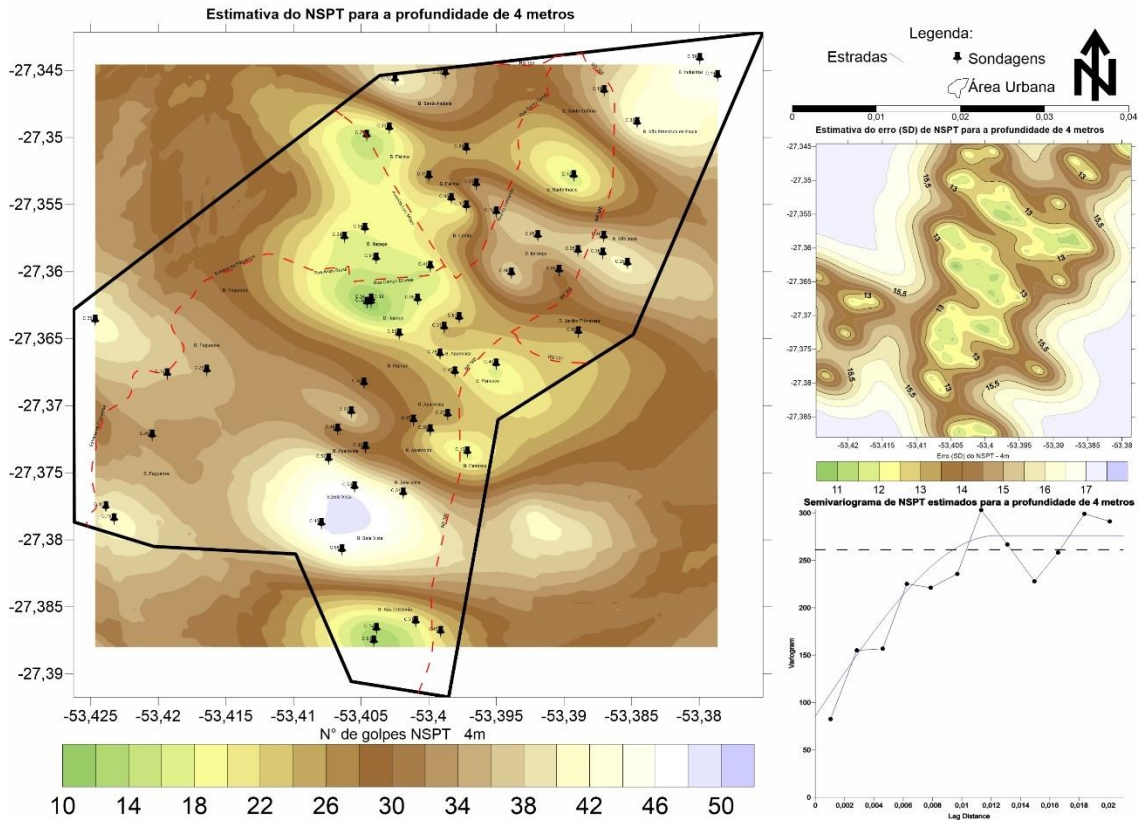
Valores de NSPT estimados para a profundidade de 3 metros



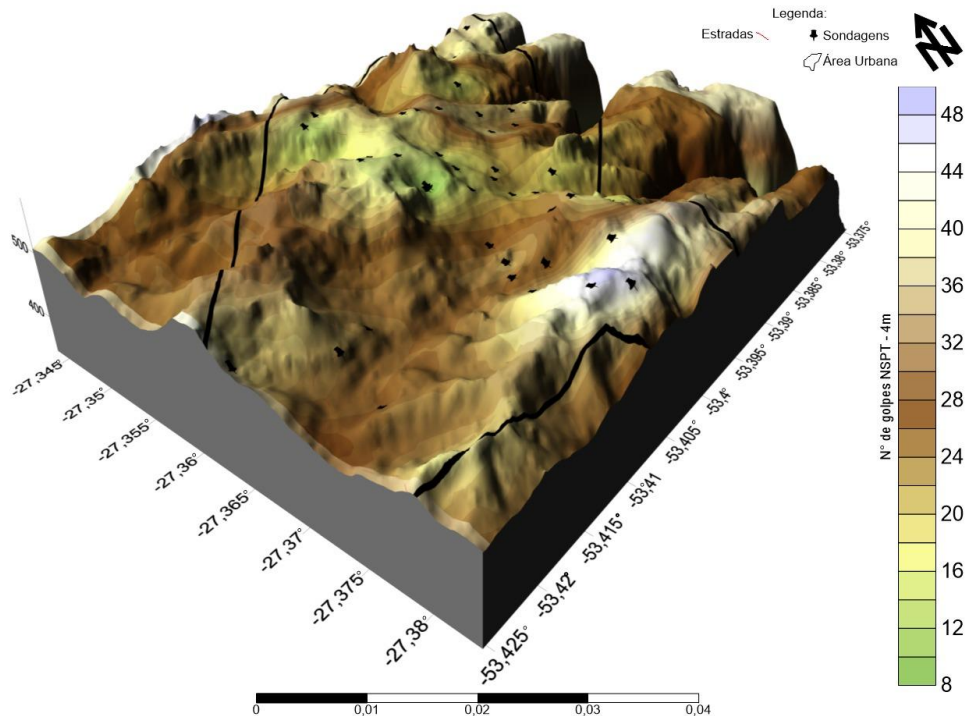
Sobreposição do NSPT e elevação DSM para a profundidade de 3 metros



Valores de NSPT estimados para a profundidade de 4 metros

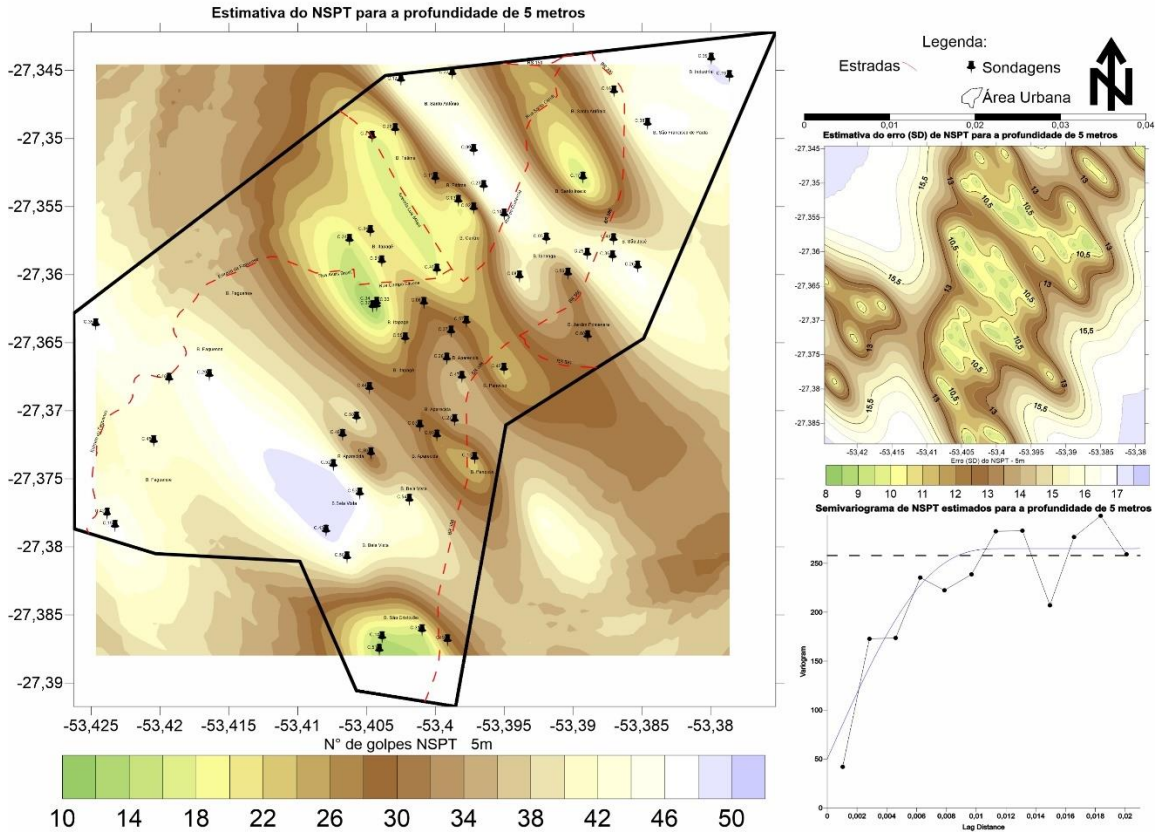


Sobreposição do NSPT e elevação DSM para a profundidade de 4 metros

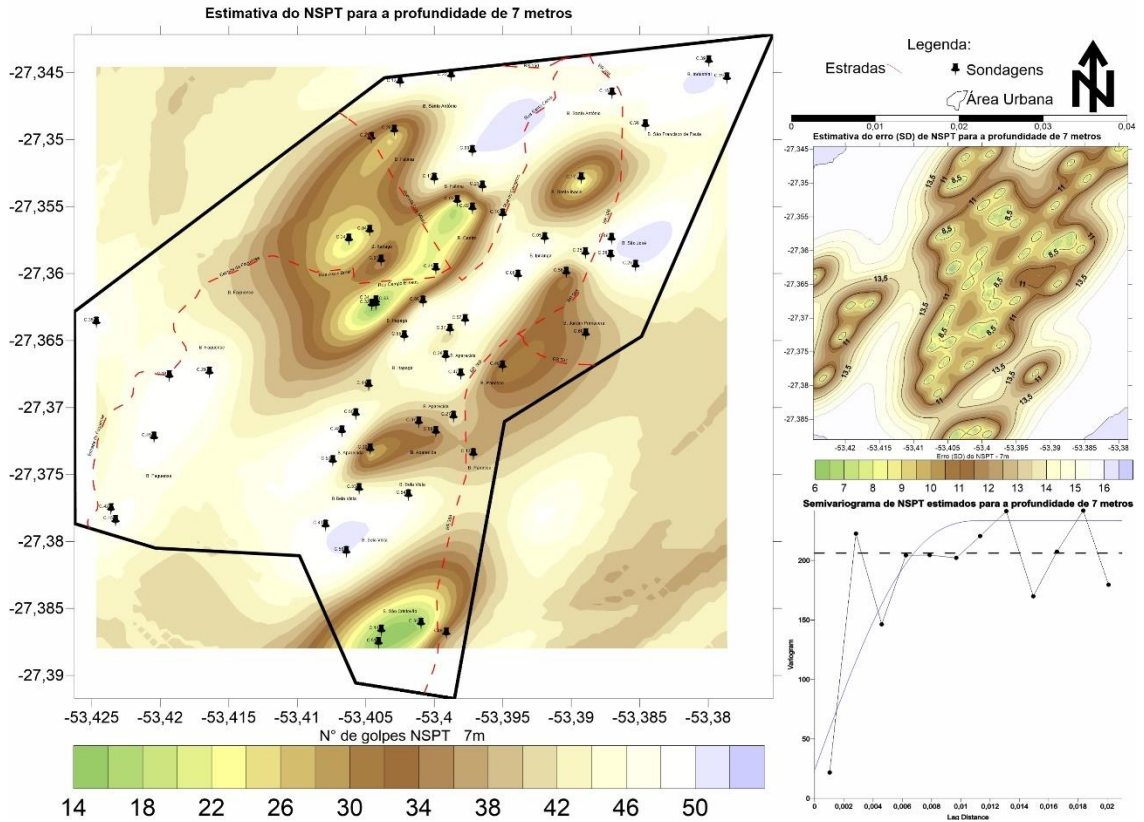


Fonte: Autor (2024).

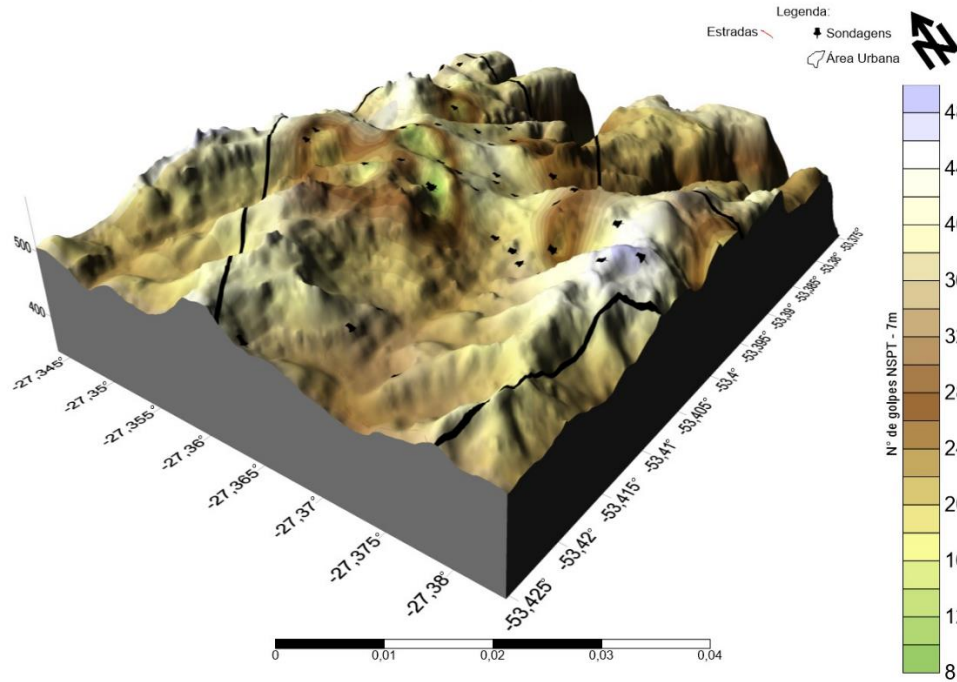
Valores de NSPT estimados para a profundidade de 5 metros



Valores de NSPT estimados para a profundidade de 7 metros

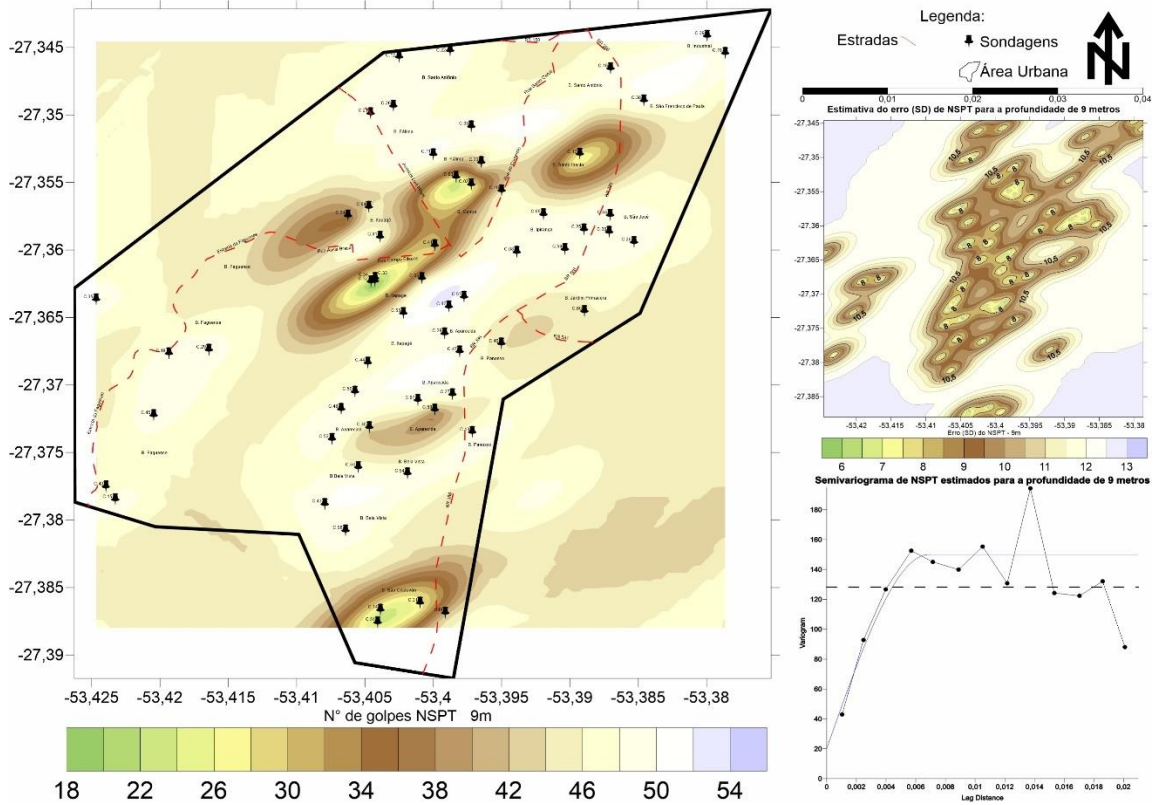


Sobreposição do NSPT e elevação DSM para a profundidade de 7 metros



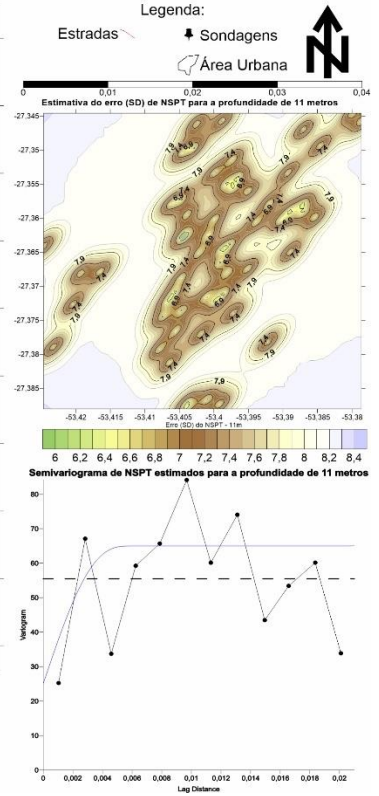
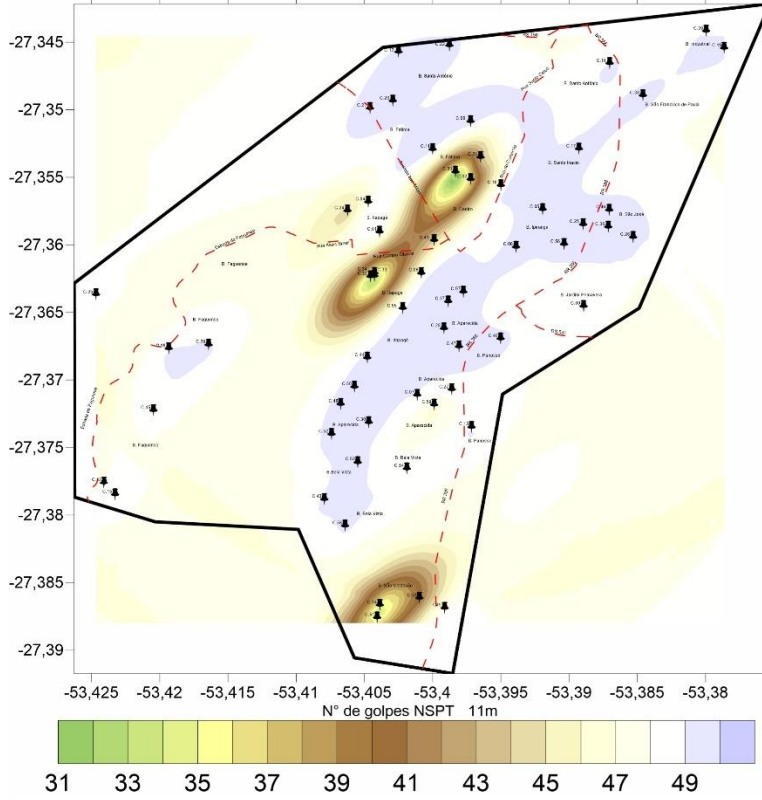
Valores de NSPT estimados para a profundidade de 9 metros

Estimativa do NSPT para a profundidade de 9 metros



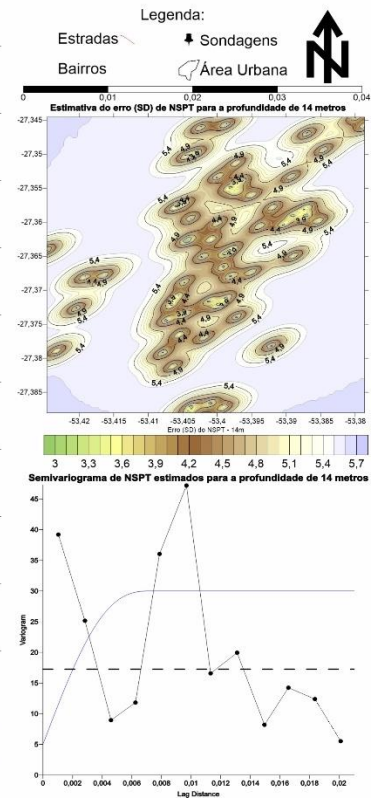
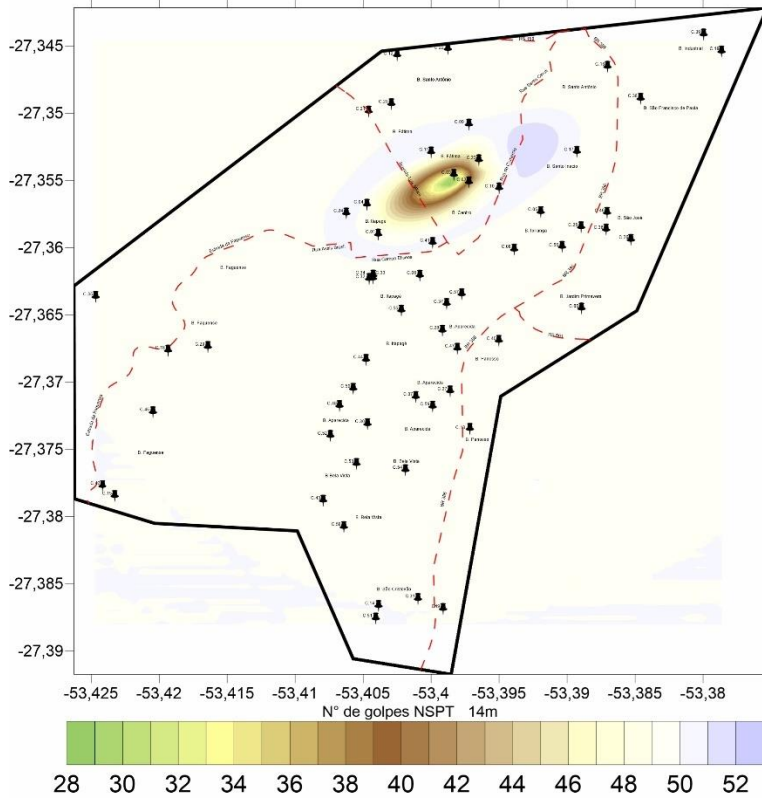
Valores de NSPT estimados para a profundidade de 11 metros

Estimativa do NSPT para a profundidade de 11 metros



Valores de NSPT estimados para a profundidade de 14 metros

Estimativa do NSPT para a profundidade de 14 metros



ANEXO A - RELAÇÃO DE SONDAGENS EXECUTADAS POR DIVERSAS EMPRESAS PARA A ÁREA DE ESTUDO

Dados da sondagem - Código 01:

Sondagem de Reconhecimento de Solo

Proprietário	
Local	Rua Assis Brasil - Lote 5 e 6 da quadra 211
Cidade	Frederico Westphalen [RS]

Sondagem realizada de acordo com a norma NBR-6484 de 02/2001 tipo SPT e NBR-6502 de 09/1995 com equipamento composto de:

- Torre com roldana e guincho;
- Tubos com revestimento com diâmetro;
- Amostrador tipo SPT com diâmetro externo de 2" e diâmetro interno de 1,38", com comprimento de 45cm;
- Martelo de cravação com peso de 65kg e altura de queda de 75cm;
- Tubo de descida Schedule-80 com diâmetro de 1";
- Trado concha para início de furo.

Realizados 3 furos com as seguintes profundidades:

Furo 01 - 7,80m

Furo 02 - 5,80m

Furo 03 - 6,30m

Totalizando 19,90 m.

Anexo planta de locação dos furos e perfil individual dos furos

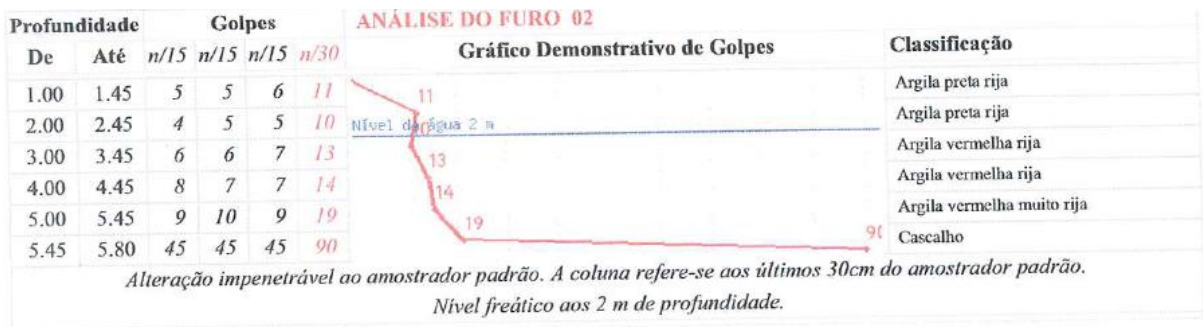
Consistência	Nº de Golpes (S.P.T.)	C. Simples - Kg/cm ²
Muito mole	2	0,25
Mole	2 - 4	0,25 - 0,50
Média	4 - 8	0,50 - 1,00
Rija	8 - 15	1,00 - 2,00
Muito rija	15 - 30	2,00 - 4,00
Dura	maior que 30	4,00 - 8,00

Perfuração 1:

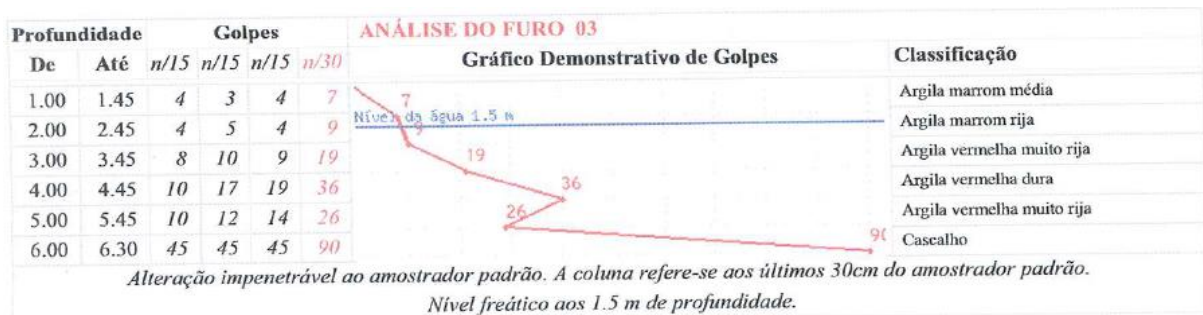
Profundidade		Golpes				ANÁLISE DO FURO 01		Classificação
De	Até	n/15	n/15	n/15	n/30	Gráfico Demonstrativo de Golpes		
1.00	1.45	4	5	5	10		Argila marrom rija	
2.00	2.45	5	6	5	11		Argila marrom rija	
3.00	3.45	6	6	6	12		Argila vermelha rija	
4.00	4.45	6	6	5	11		Argila vermelha rija	
5.00	5.45	7	7	7	14		Argila vermelha rija	
6.00	6.45	8	8	7	15		Argila vermelha rija	
7.00	7.45	10	12	12	24		Argila vermelha muito rija	
7.45	7.80	28	45	45	90		Cascalho	

*Alteração impenetrável ao amostrador padrão. A coluna refere-se aos últimos 30cm do amostrador padrão.
Nível freático aos 3 m de profundidade.*

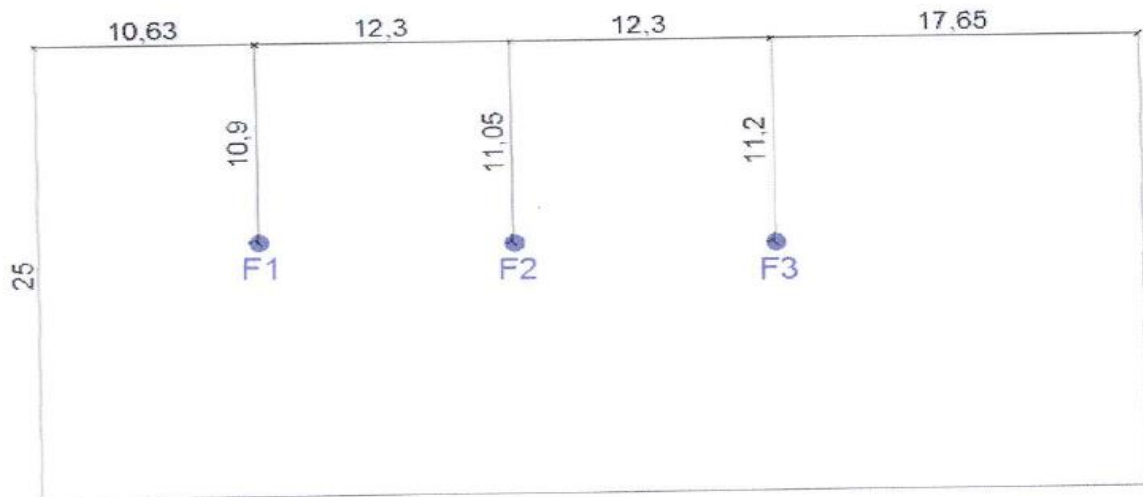
Perfuração 2:



Perfuração 3:



Localização dos furos no terreno:



Dados da sondagem - Código 02:

Sondagem de Reconhecimento de Solo

Proprietário	
Local	RUA APARÍCIO BORGES
Cidade	Frederico Westphalen [RS]

Sondagem realizada de acordo com a norma NBR-6484 de 02/2001 tipo SPT e NBR-6502 de 09/1995 com equipamento composto de:

- Torre com roldana e guincho;
- Tubos com revestimento com diâmetro;
- Amostrador tipo SPT com diâmetro externo de 2" e diâmetro interno de 1,38", com comprimento de 45cm;
- Martelo de cravação com peso de 65kg e altura de queda de 75cm;
- Tubo de descida Schedule-80 com diâmetro de 1";
- Trado concha para início de furo.

Realizados **3** furos com as seguintes profundidades:

Furo 01 - 15,70m

Furo 02 - 15,00m

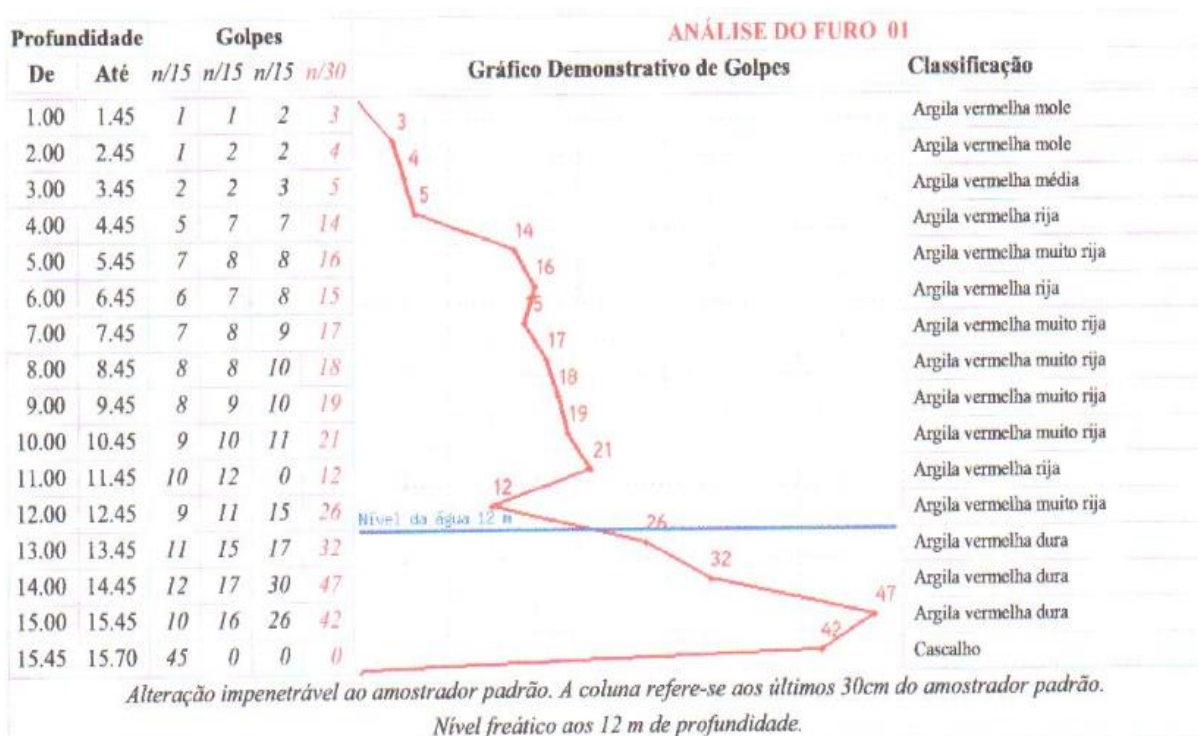
Furo 03 - 18,30m

Totalizando **49,00 m.**

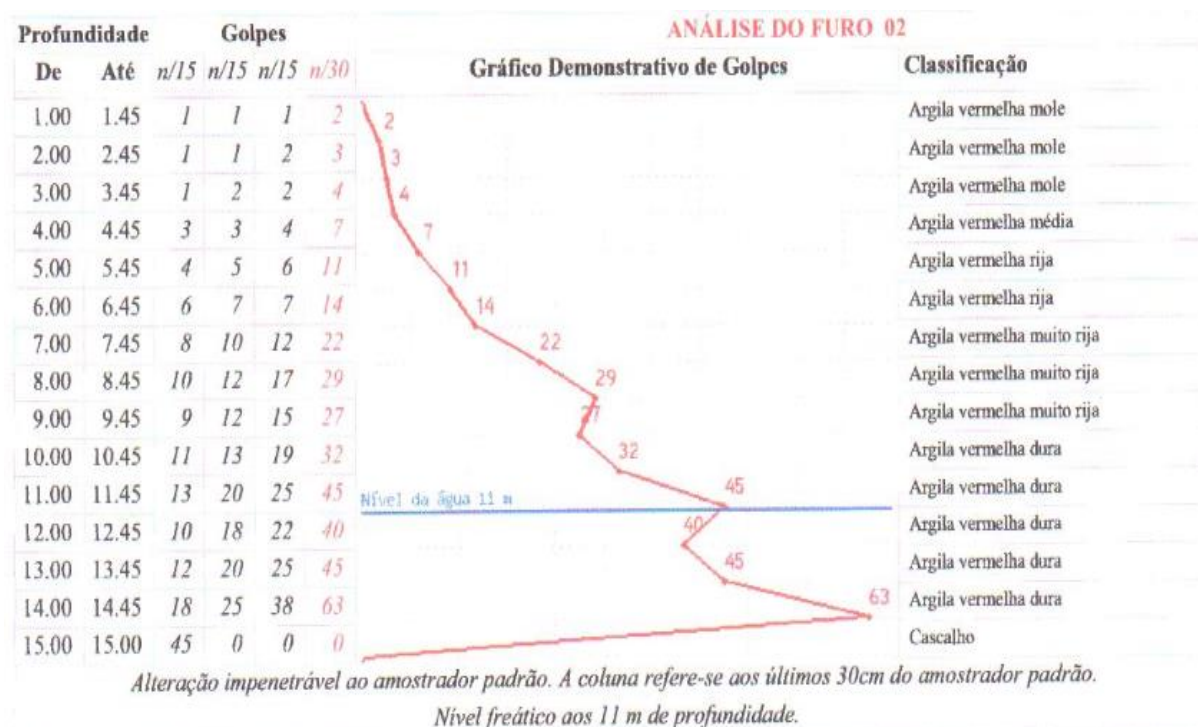
Anexo planta de locação dos furos e perfil individual dos furos

Consistência	Nº de Golpes (S.P.T.)	C. Simples - Kg/cm ²
Muito mole	2	0,25
Mole	2 - 4	0,25 - 0,50
Média	4 - 8	0,50 - 1,00
Rija	8 - 15	1,00 - 2,00
Muito rija	15 - 30	2,00 - 4,00
Dura	maior que 30	4,00 - 8,00

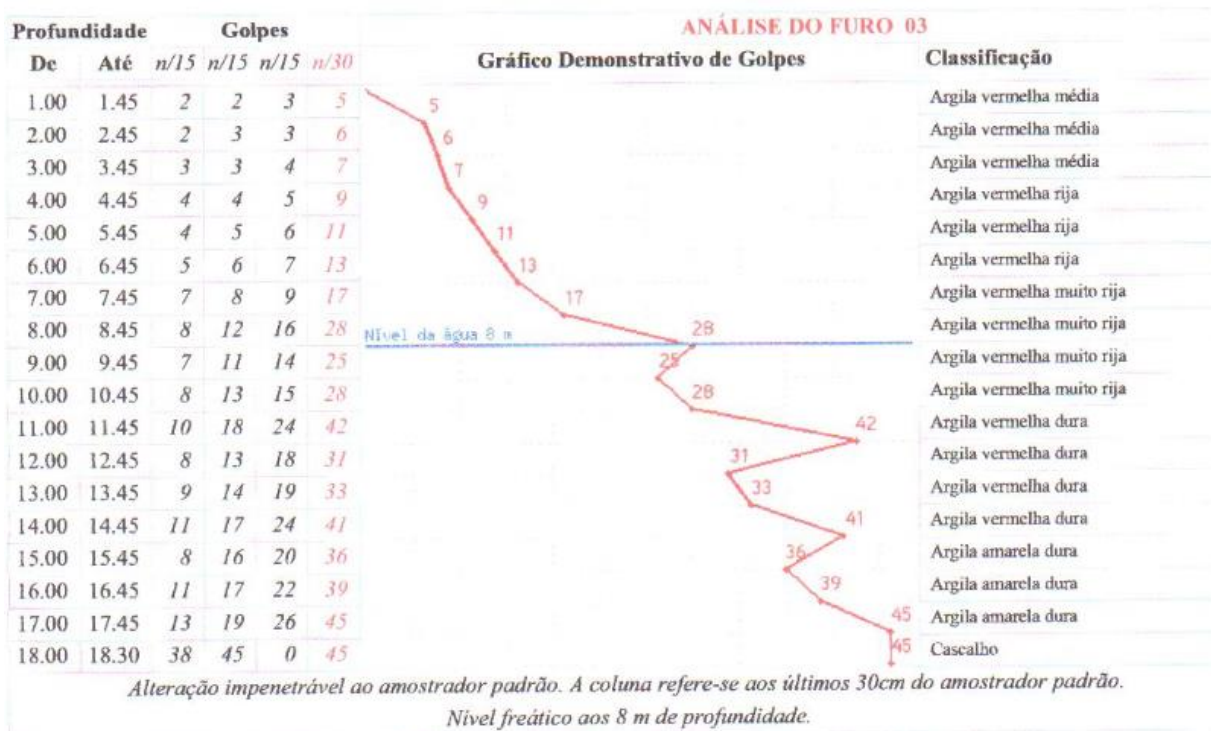
Perfuração 1:



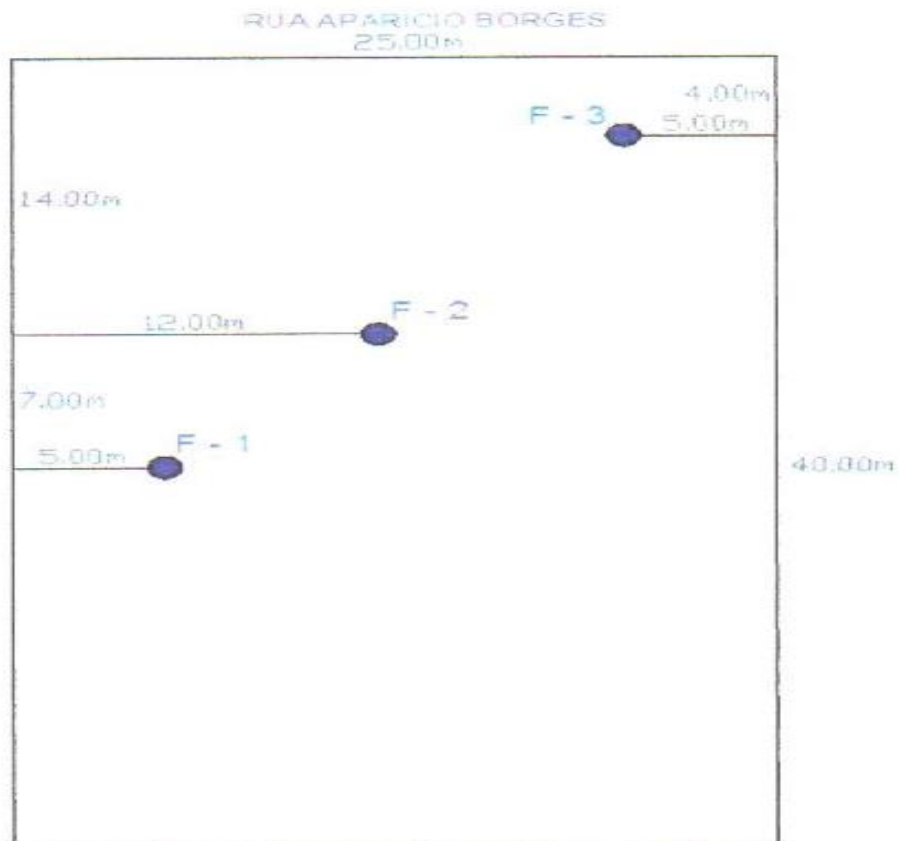
Perfuração 2:



Perfuração 3:

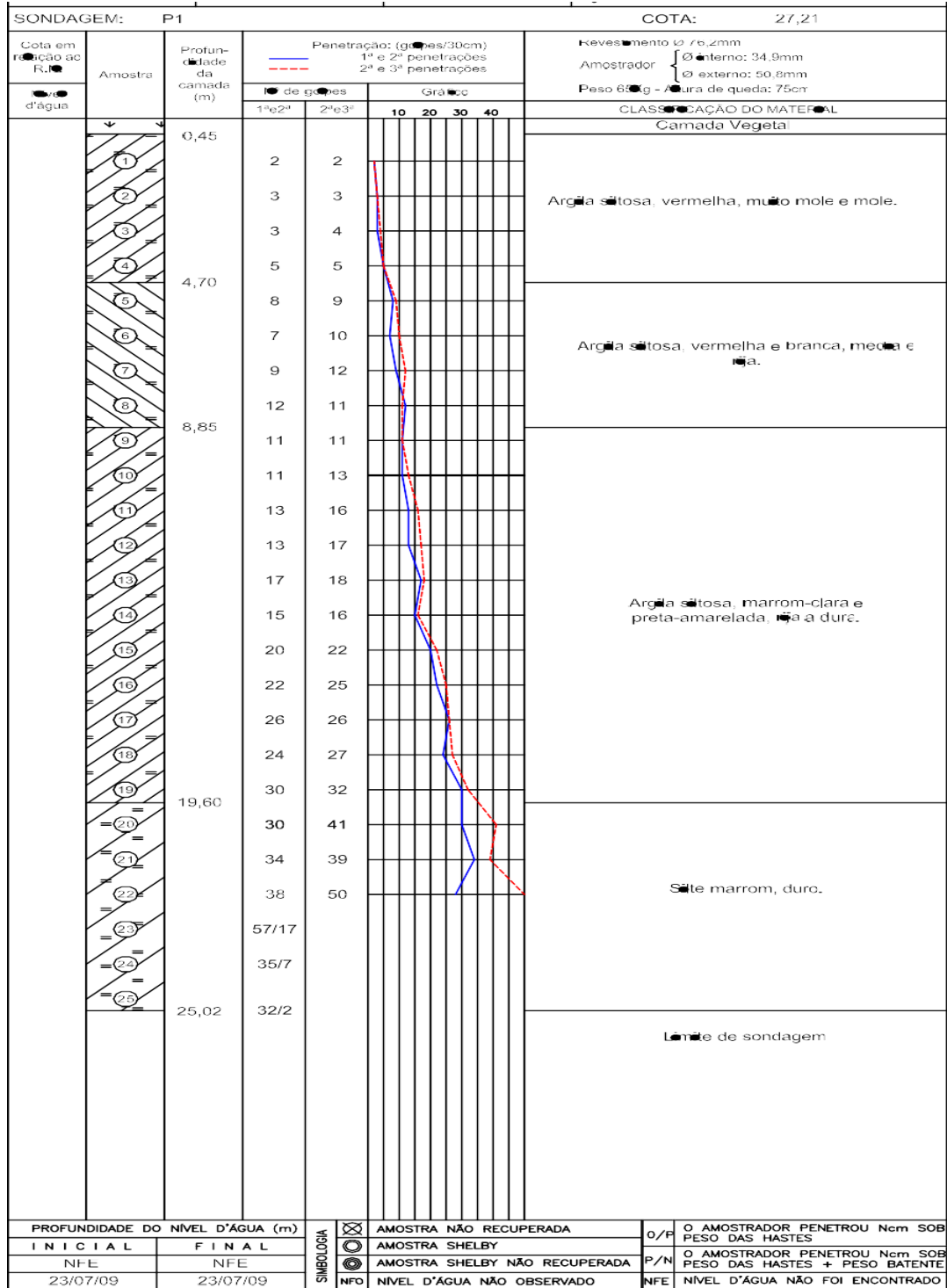


Localização dos furos no terreno:



Dados da sondagem - Código 03:

Perfuração 1:

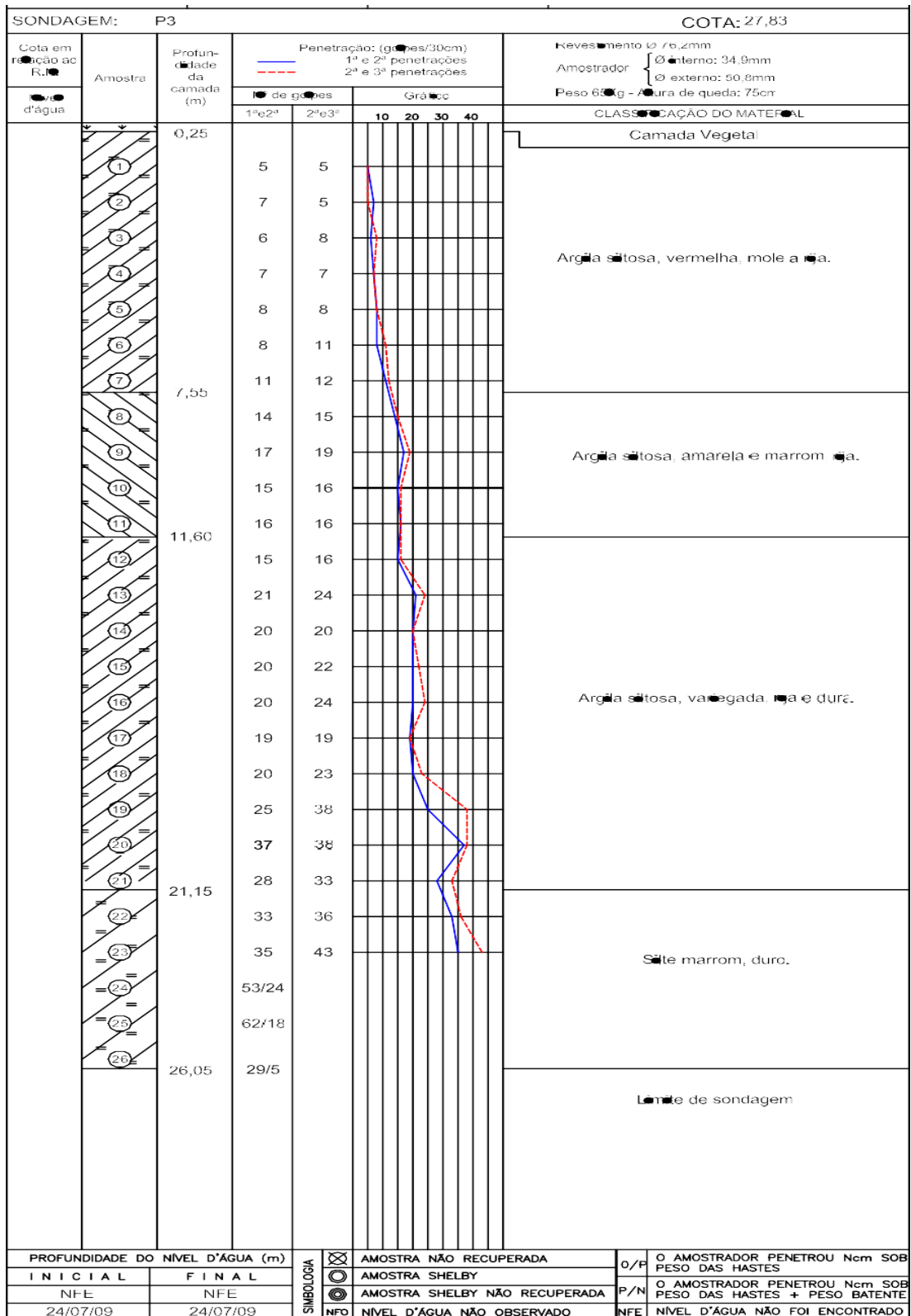


Perfuração 2:

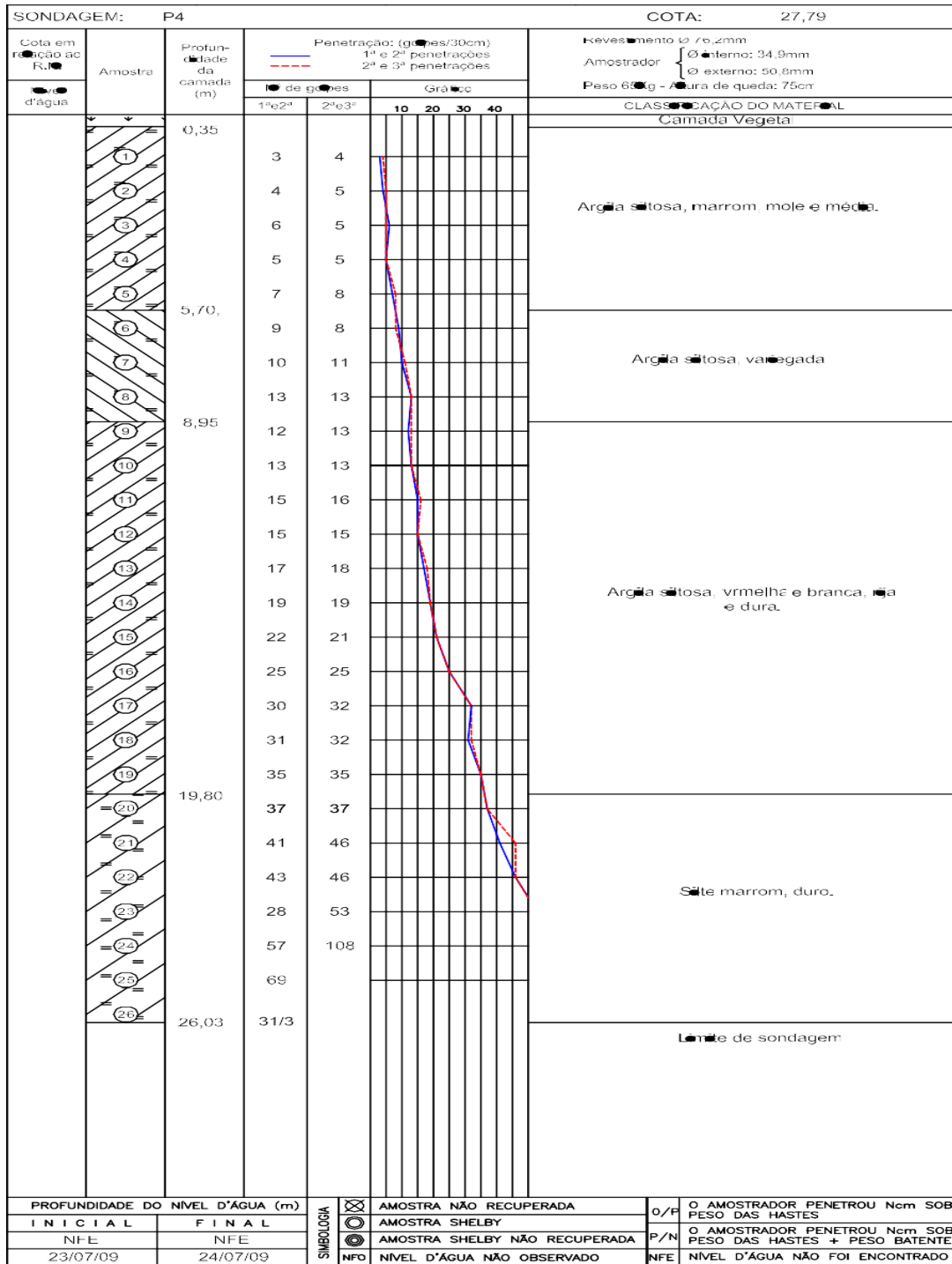
SONDAGEM: P2		COTA: 28,09		
Cota em relação ao R.N. d'água	Amostra	Profundidade da camada (m)	Penetração: (g/30cm) 1ª e 2ª penetrações 2ª e 3ª penetrações	Revestimento 76,2mm Amostrador { Ø interno: 34,9mm Ø externo: 50,8mm Peso 600g - Altura de queda: 75cm
		Grãos/cc		CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL
		1ª e 2ª	2ª e 3ª	
		0,10		Camada Vegetal
	1	5	6	Argila silteosa, vermelha, média.
	2	4	4	
	3	5	5	
	4	5	5	
	5	7	8	
		5,75		Argila silteosa, variegada.
	6	6	6	Argila silteosa, marrom, média e fina.
	7	5	6	
	8	5	6	
	9	10	10	Argila silteosa vermelha e branca, média a dura.
	10	12	13	
	11	13	14	
	12	15	15	
	13	11	15	
	14	11	12	
	15	17	17	
	16	16	17	
	17	23	23	Silte marrom, duro.
	18	23	28	
	19	28	30	
	20	33	35	
	21	36	39	
	22	41	49	
	23	56	92	Lente de sondagem
	24	35/7		
	25	25,03	30/3	

PROFUNDIDADE DO NÍVEL D'ÁGUA (m)		SÍMBOLOGIA	<input checked="" type="checkbox"/> AMOSTRA NÃO RECUPERADA	O/P	O AMOSTRADOR PENETROU Nem SOB PESO DAS HASTES
INICIAL	FINAL		<input checked="" type="checkbox"/> AMOSTRA SHELBY	P/N	O AMOSTRADOR PENETROU Nem SOB PESO DAS HASTES + PESO BATENTE
NFE	NFE	<input checked="" type="checkbox"/> AMOSTRA SHELBY NÃO RECUPERADA	NFE	NÍVEL D'ÁGUA NÃO FOI ENCONTRADO	
23/07/09	24/07/09	<input checked="" type="checkbox"/> NÍVEL D'ÁGUA NÃO OBSERVADO			

Perfuração 3:



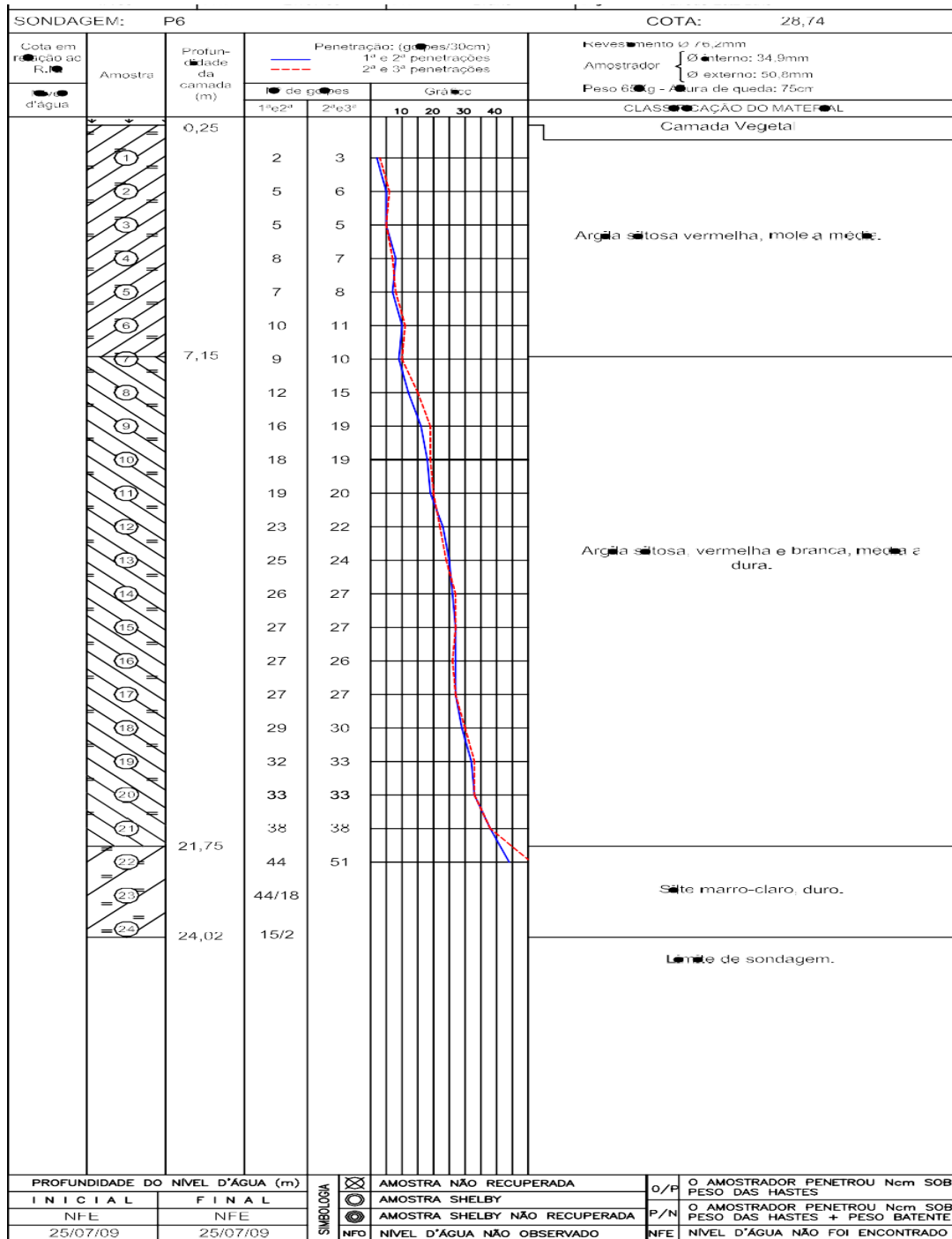
Perfuração 4:



Perfuração 5:

SONDAGEM: P5		COTA: 29,37			
Cota em relação ao R.N.	Amostra	Profundidade da camada (m)	Penetração: (g/30cm) 1ª e 2ª penetrações 2ª e 3ª penetrações	Revestimento \varnothing 76,2mm Amostrador $\left\{ \begin{array}{l} \varnothing \text{ interno: } 34,9\text{mm} \\ \varnothing \text{ externo: } 50,8\text{mm} \end{array} \right.$ Peso 600g - Altura de queda: 75cm	
Nível d'água			1ª e 2ª 2ª e 3ª	Gravidade 10 20 30 40	CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL
		0,30			Camada Vegetal
	1		3		Argila silteosa, vermelha, mole.
	2		3		
	3		4	6	
	4		9	9	
	5		7	7	
	6	6,80	5	5	
	7		5	5	
	8	7,90	6	5	
	9		12	14	
	10	10,45	13	13	
	11		15	18	
	12		17	18	
	13		19	20	
	14		15	19	
	15		16	22	
	16		20	22	
	17		26	30	
	18		31	38	
	19		39	50	Argila silteosa, marrom, mole a média.
	20	19,60	50	85	
	21		50/12		
	22	22,09	31/9		
					Silte amarelo, duro.
					Lente de sondagem
PROFUNDIDADE DO NÍVEL D'ÁGUA (m)		SÍMBOLOGIA		O AMOSTRADOR PENETROU Ncm SOB PESO DAS HASTES	
INICIAL	FINAL	<input checked="" type="checkbox"/>	AMOSTRA NÃO RECUPERADA	O/P	O AMOSTRADOR PENETROU Ncm SOB PESO DAS HASTES + PESO BATENTE
NFE	NFE	<input type="checkbox"/>	AMOSTRA SHELBY	P/N	O AMOSTRADOR PENETROU Ncm SOB PESO DAS HASTES + PESO BATENTE
24/07/09	24/07/09	<input checked="" type="checkbox"/>	AMOSTRA SHELBY NÃO RECUPERADA	NFE	NÍVEL D'ÁGUA NÃO FOI ENCONTRADO
		<input type="checkbox"/>	NÍVEL D'ÁGUA NÃO OBSERVADO		

Perfuração 6:



Dados da sondagem - Código 04:

Sondagem de Reconhecimento de Solo

Proprietário	
Local	RUA SANTA MARIA ESQ. BRASÍLIA
Cidade	Frederico Westphalen [RS]

Sondagem realizada de acordo com a norma NBR-6484 de 02/2001 tipo SPT e NBR-6502 de 09/1995 com equipamento composto de:

- Torre com roldana e guincho;
- Tubos com revestimento com diâmetro;
- Amostrador tipo SPT com diâmetro externo de 2" e diâmetro interno de 1,38", com comprimento de 45cm;
- Martelo de cravação com peso de 65kg e altura de queda de 75cm;
- Tubo de descida Schedule-80 com diâmetro de 1";
- Trado concha para início de furo.

Realizados **5** furos com as seguintes profundidades:

Furo 01 - 3,50m

Furo 02 - 4,00m

Furo 03 - 5,50m

Furo 04 - 4,00m

Furo 05 - 8,10m

Totalizando **25,10 m.**

Anexo planta de locação dos furos e perfil individual dos furos

Consistência	Nº de Golpes (S.P.T.)	C. Simples - Kg/cm ²
Muito mole	2	0,25
Mole	2 - 4	0,25 - 0,50
Média	4 - 8	0,50 - 1,00
Rija	8 - 15	1,00 - 2,00
Muito rija	15 - 30	2,00 - 4,00
Dura	maior que 30	4,00 - 8,00

Página 1

<http://www.leaopocos.com.br>

Chapecó, SC, 26/10/2009

Perfuração 1

Profundidade		Golpes				ANÁLISE DO FURO 01	
De	Até	n/15	n/15	n/15	n/30	Gráfico Demonstrativo de Golpes	Classificação
1.00	1.45	0	0	0	0	Nível da água 0.8 m	Perfuração com cavadeira
2.00	2.45	0	0	0	0		Perfuração com cavadeira
3.00	3.45	0	0	0	0		Perfuração com cavadeira
3.45	3.50	0	0	0	0		Cascalho

*Alteração impenetrável ao amostrador padrão. A coluna refere-se aos últimos 30cm do amostrador padrão.
Nível freático aos 0.8 m de profundidade.*

Perfuração 2:

Profundidade		Golpes				ANÁLISE DO FURO 02	
De	Até	n/15	n/15	n/15	n/30	Gráfico Demonstrativo de Golpes	Classificação
1.00	1.45	2	3	3	6		Argila vermelha média
2.00	2.45	3	2	2	4		Argila vermelha mole
3.00	3.45	1	2	2	4		Argila marrom mole
4.00	4.00	45	0	0	0		Cascalho
<p><i>Alteração impenetrável ao amostrador padrão. A coluna refere-se aos últimos 30cm do amostrador padrão.</i></p> <p><i>Nível freático aos 2 m de profundidade.</i></p>							

Perfuração 3:

Profundidade		Golpes				ANÁLISE DO FURO 03	
De	Até	n/15	n/15	n/15	n/30	Gráfico Demonstrativo de Golpes	Classificação
1.00	1.45	0	0	0	0		Perfuração com cavadeira
2.00	2.45	0	0	0	0		Perfuração com cavadeira
3.00	3.45	0	0	0	0		Perfuração com cavadeira
4.00	4.45	0	0	0	0		Perfuração com cavadeira
5.00	5.45	0	0	0	0		Perfuração com cavadeira
5.45	5.50	0	0	0	0		Cascalho
<p><i>Alteração impenetrável ao amostrador padrão. A coluna refere-se aos últimos 30cm do amostrador padrão.</i></p> <p><i>Nível freático aos 1.5 m de profundidade.</i></p>							

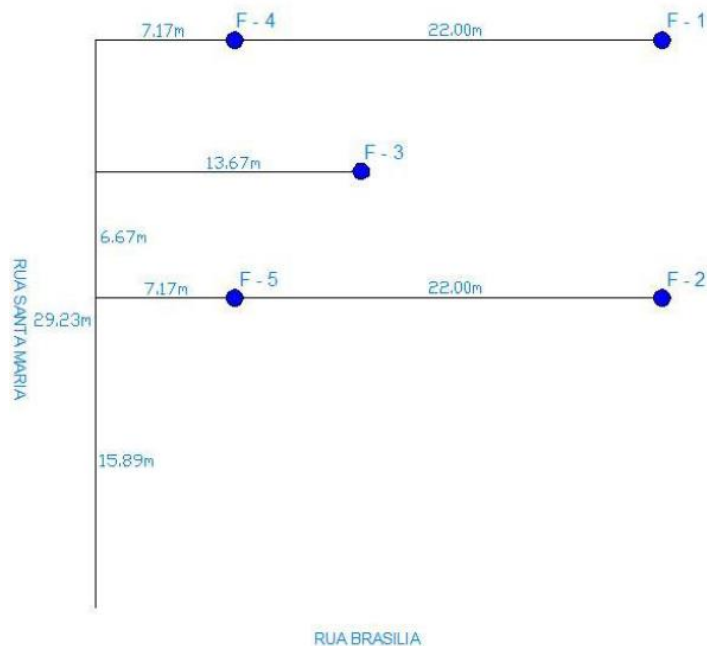
Perfuração 4:

Profundidade		Golpes				ANÁLISE DO FURO 04	
De	Até	n/15	n/15	n/15	n/30	Gráfico Demonstrativo de Golpes	Classificação
1.00	1.45	2	3	3	6		Argila vermelha média
2.00	2.45	2	3	4	7		Argila vermelha média
3.00	3.45	6	10	18	28		Argila vermelha muito rija
4.00	4.00	45	0	0	0		c
<p><i>Alteração impenetrável ao amostrador padrão. A coluna refere-se aos últimos 30cm do amostrador padrão.</i></p> <p><i>Nível freático aos 0.4 m de profundidade.</i></p>							

Perfuração 5:

Profundidade		Golpes				ANÁLISE DO FURO 05	
De	Até	n/15	n/15	n/15	n/30	Gráfico Demonstrativo de Golpes	Classificação
1.00	1.45	1	2	2	4		Argila marrom mole
2.00	2.45	1	1	2	3		Argila marrom mole
3.00	3.45	2	2	2	4		Argila marrom mole
4.00	4.45	1	2	2	4		Argila marrom mole
5.00	5.45	5	7	13	20		Argila marrom muito rija
6.00	6.45	11	13	18	31		Argila marrom dura
7.00	7.45	13	15	17	32		Argila marrom dura
8.00	8.10	45	0	0	0		Cascalho
<p><i>Alteração impenetrável ao amostrador padrão. A coluna refere-se aos últimos 30cm do amostrador padrão.</i></p> <p><i>Nível freático aos 3.5 m de profundidade.</i></p>							

Localização dos furos no terreno:



Dados da sondagem - Código 05:

Sondagem de Reconhecimento de Solo

Proprietário	
Local	RUA CARLOS GOMES LOTEAMENTO CHACARÁ 67 QUADRA E LOTES 7 E 8
Cidade	Frederico Westphalen [RS]

Sondagem realizada de acordo com a norma NBR-6484 de 02/2001 tipo SPT e NBR-6502 de 09/1995 com equipamento composto de:

- Torre com roldana e guincho;
- Tubos com revestimento com diâmetro;
- Amostrador tipo SPT com diâmetro externo de 2" e diâmetro interno de 1,38", com comprimento de 45cm;
- Martelo de cravação com peso de 65kg e altura de queda de 75cm;
- Tubo de descida Schedule-80 com diâmetro de 1";
- Trado concha para início de furo.

Realizados **6** furos com as seguintes profundidades:

Furo 01 - 1,60m

Furo 02 - 5,90m

Furo 03 - 5,20m

Furo 04 - 6,20m

Furo 05 - 4,80m

Furo 06 - 4,70m

Totalizando **28,40 m.**

Anexo planta de locação dos furos e perfil individual dos furos

Consistência	Nº de Golpes (S.P.T.)	C. Simples - Kg/cm ²
Muito mole	2	0,25
Mole	2 - 4	0,25 - 0,50
Média	4 - 8	0,50 - 1,00
Rija	8 - 15	1,00 - 2,00
Muito rija	15 - 30	2,00 - 4,00
Dura	maior que 30	4,00 - 8,00

Perfuração 1

Profundidade		Golpes				ANÁLISE DO FURO 01	
De	Até	n/15	n/15	n/15	n/30	Gráfico Demonstrativo de Golpes	Classificação
1.00	1.45	4	8	11	19		Argila muito rija marron
1.45	1.60	45	45	45	90		Cascalho
<p><i>Alteração impenetrável ao amostrador padrão. A coluna refere-se aos últimos 30cm do amostrador padrão.</i></p> <p><i>Nível freático aos 4 m de profundidade.</i></p>							

Perfuração 2:

Profundidade		Golpes				ANÁLISE DO FURO 02	
De	Até	n/15	n/15	n/15	n/30	Gráfico Demonstrativo de Golpes	Classificação
1.00	1.45	6	8	8	16		Argila marron muito rija
2.00	2.45	10	11	13	24		Argila marron muito rija
3.00	3.45	10	10	10	20		Argila preta muito rija
4.00	4.45	11	12	16	28		Argila preta muito rija
5.00	5.45	13	15	18	33		Argila preta dura
5.45	5.90	45	45	45	90		Cascalho
<p><i>Alteração impenetrável ao amostrador padrão. A coluna refere-se aos últimos 30cm do amostrador padrão.</i></p> <p><i>Nível freático aos 1.4 m de profundidade.</i></p>							

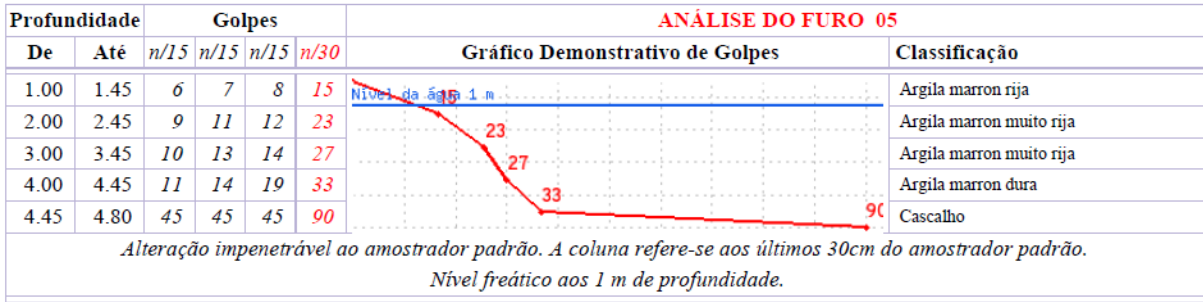
Perfuração 3:

Profundidade		Golpes				ANÁLISE DO FURO 03	
De	Até	n/15	n/15	n/15	n/30	Gráfico Demonstrativo de Golpes	Classificação
1.00	1.45	6	6	5	11		Argila marron rija
2.00	2.45	8	10	11	21		Argila marron muito rija
3.00	3.45	8	9	10	19		Argila marron muito rija
4.00	4.45	10	14	20	34		Argila marron dura
5.00	5.20	45	45	45	90		Cascalho
<p><i>Alteração impenetrável ao amostrador padrão. A coluna refere-se aos últimos 30cm do amostrador padrão.</i></p> <p><i>Nível freático aos 1.1 m de profundidade.</i></p>							

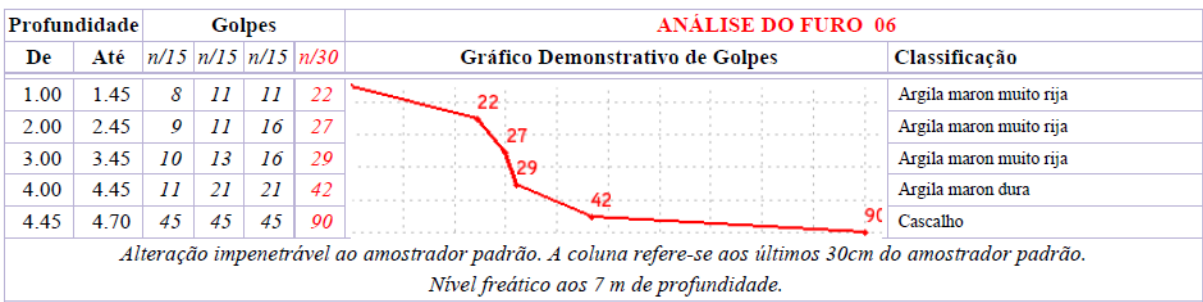
Perfuração 4:

Profundidade		Golpes				ANÁLISE DO FURO 04	
De	Até	n/15	n/15	n/15	n/30	Gráfico Demonstrativo de Golpes	Classificação
1.00	1.45	6	6	5	11		Argila marron rija
2.00	2.45	10	11	13	24		Argila marron muito rija
3.00	3.45	10	10	12	22		Argila marron muito rija
4.00	4.45	9	13	20	33		Argila marron dura
5.00	5.45	11	13	15	28		Argila marron muito rija
6.00	6.20	45	45	45	90		Cascalho
<p><i>Alteração impenetrável ao amostrador padrão. A coluna refere-se aos últimos 30cm do amostrador padrão.</i></p> <p><i>Nível freático aos 1 m de profundidade.</i></p>							

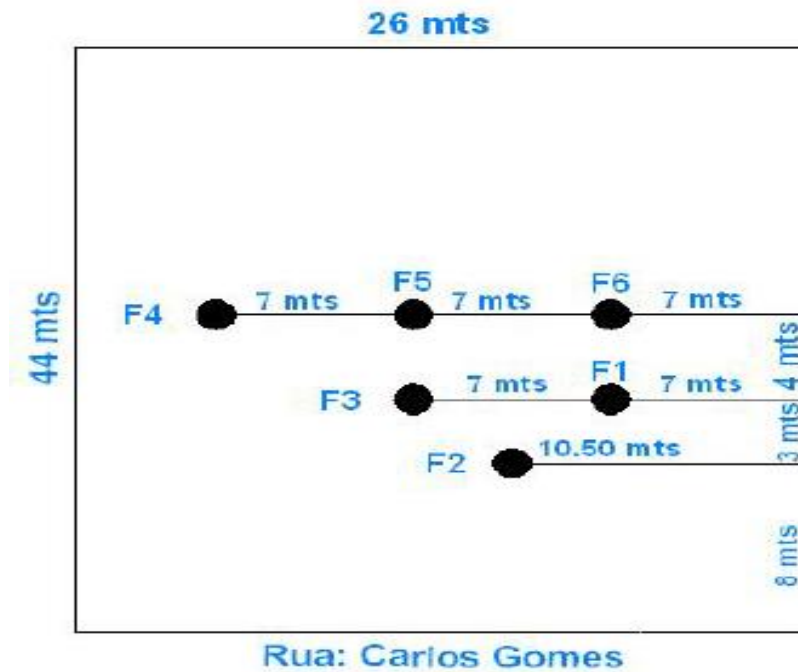
Perfuração 5:



Perfuração 6:



Localização dos furos no terreno:



Dados da sondagem - Código 06:

Proprietário:

Local: **RUA 15 DE NOVEMBRO FREDERICO WESTPHALEN - RS**

Sondagem realizada de acordo com a norma NBR-6484 de 02/2001 tipo SPT e NBR-6502 de 09/1995 com equipamento composto de:

- Torre com roldana e guincho
- Tubos de revestimento com diâmetro
- Amostrador tipo SPT com diâmetro externo de 2" e diâmetro interno de 1,3/8", com comprimento de 45 cm.
- Martelo de cravação com peso de 65 Kg. e altura de queda de 75 cm.
- Tubo de descida Schedule-80 com diâmetro de 1".
- Trado concha para início de furo.

Realizados **004** furos com as seguintes profundidades:

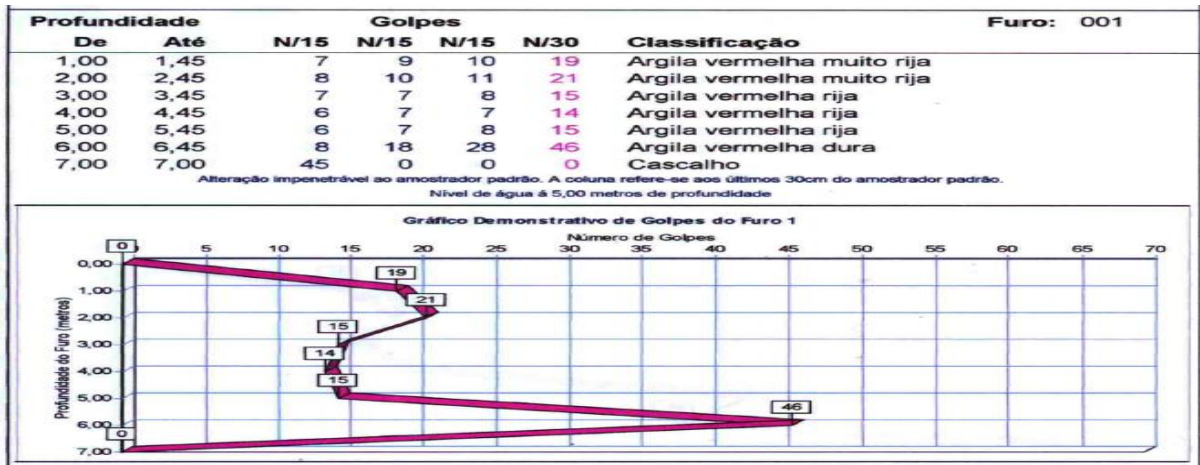
F - 1	7,00 m
F - 2	7,40 m
F - 3	6,00 m
F - 4	6,20 m
Totalizando:	26,60 m

Anexo planta de locação dos furos e perfil individual dos furos

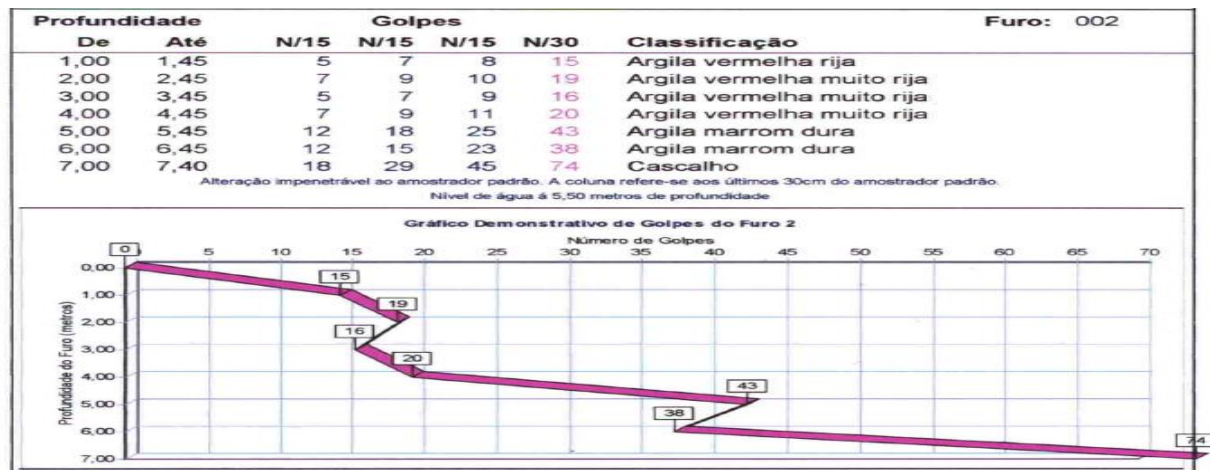
Consistência	Nr. de Golpes (S.P.T.)	C. Simples - Kg/cm²
Muito Mole	2	0,25
Mole	2 - 4	0,25 - 0,50
Média	4 - 8	0,50 - 1,00
Rija	8 - 15	1,00 - 2,00
Muito Rija	15 - 30	2,00 - 4,00
Dura	Maior de 30	4,00 - 8,00

Chapecó, 10/1/2009

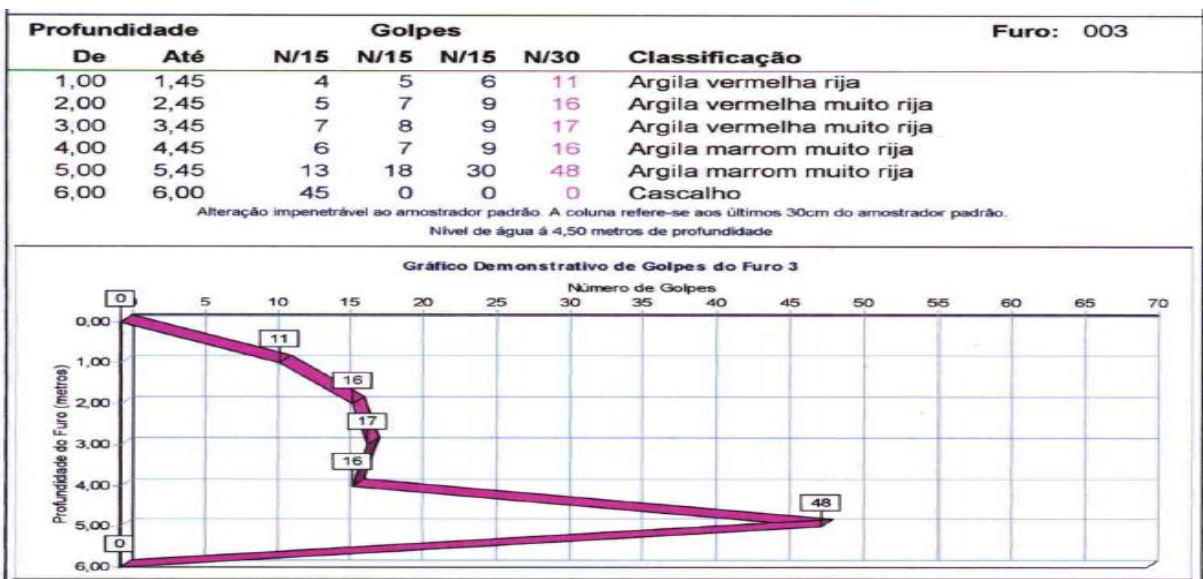
Perfuração 1:



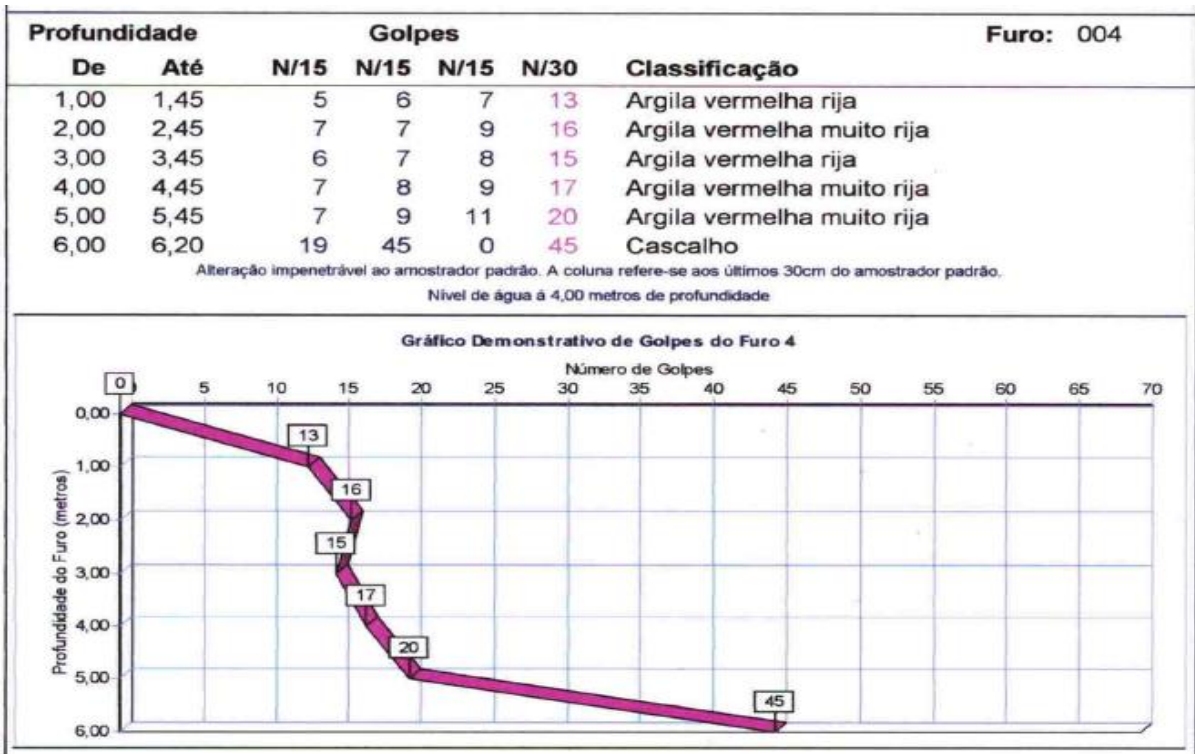
Perfuração 2:



Perfuração 3:



Perfuração 4:



Dados da sondagem - Código 07:

Proprietário:

Local: Rua Maurício Cardoso - Frederico Westphalen - RS

Sondagem realizada de acordo com a norma NBR-6484 de 02/2001 tipo SPT e NBR-6502 de 09/1995 com equipamento composto de:

- Torre com roldana e guincho
- Tubos de revestimento com diâmetro
- Amostrador tipo SPT com diâmetro externo de 2" e diâmetro interno de 1,3/8", com comprimento de 45 cm.
- Martelo de cravação com peso de 65 Kg. e altura de queda de 75 cm.
- Tubo de descida Schedule-80 com diâmetro de 1".
- Trado concha para início de furo.

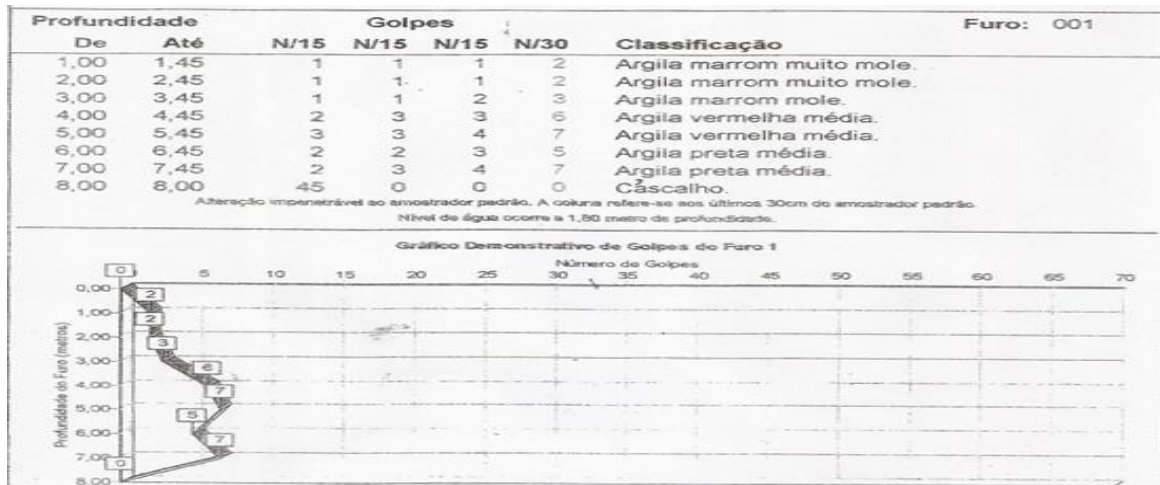
Realizados 03 furos com as seguintes profundidades:

1	5,00 m
2	5,00 m
3	7,80 m
Totalizando:	17,80 m

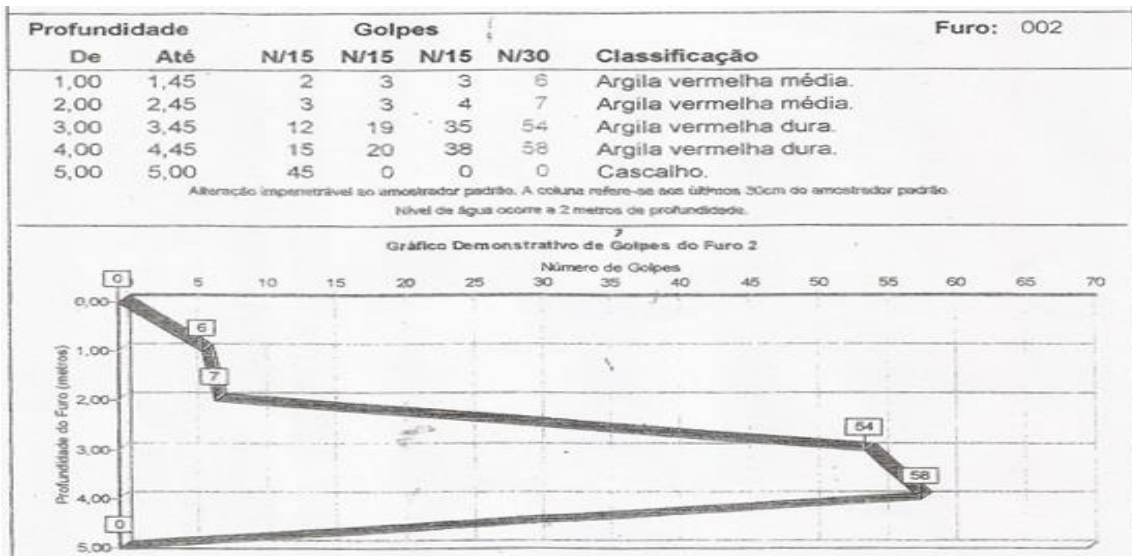
Anexo planta de locação dos furos e perfil individual dos furos

Consistência	Nr. de Golpes (S.P.T.)	C. Simples - Kg/cm ²
Muito Mole	2	0,25
Mole	2 - 4	0,25 - 0,50
Média	4 - 8	0,50 - 1,00
Rija	8 - 15	1,00 - 2,00
Muito Rija	15 - 30	2,00 - 4,00
Dura	Maior de 30	4,00 - 8,00

Perfuração 1:



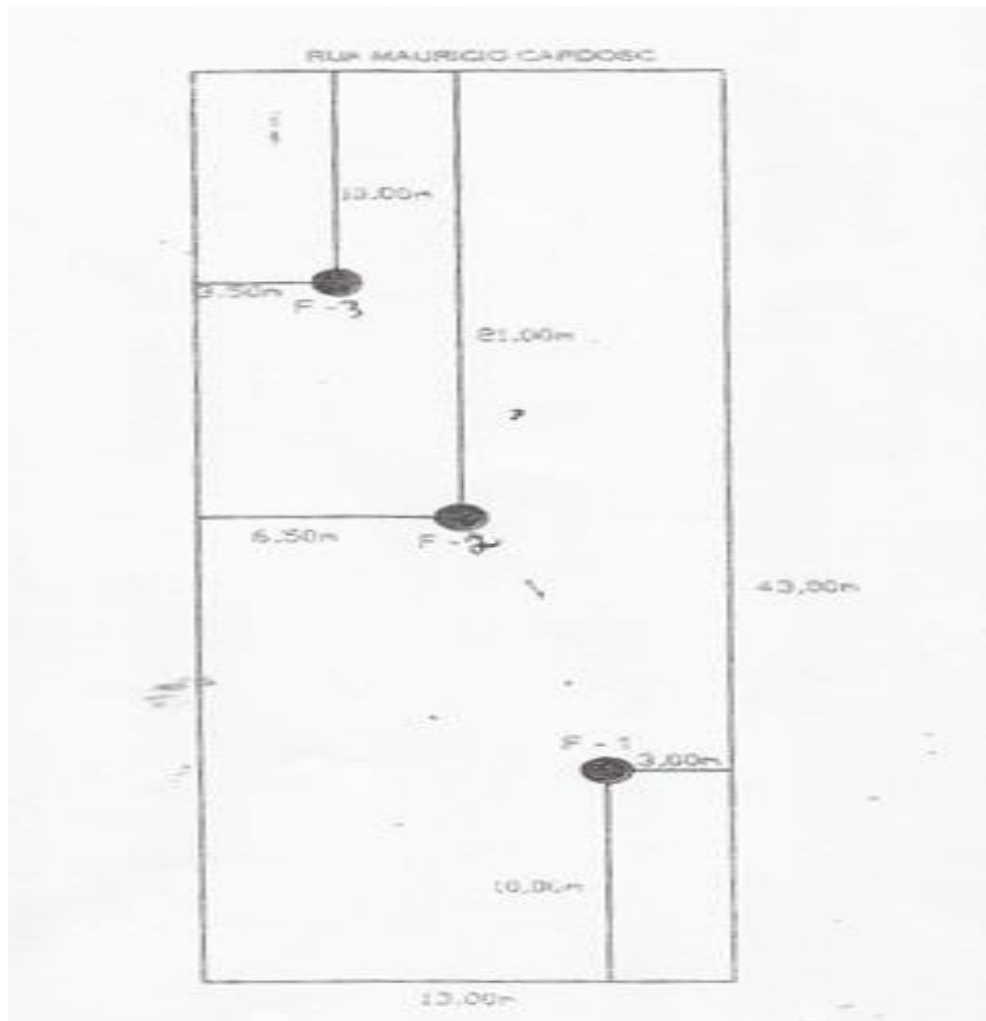
Perfuração 2:



Perfuração 3:

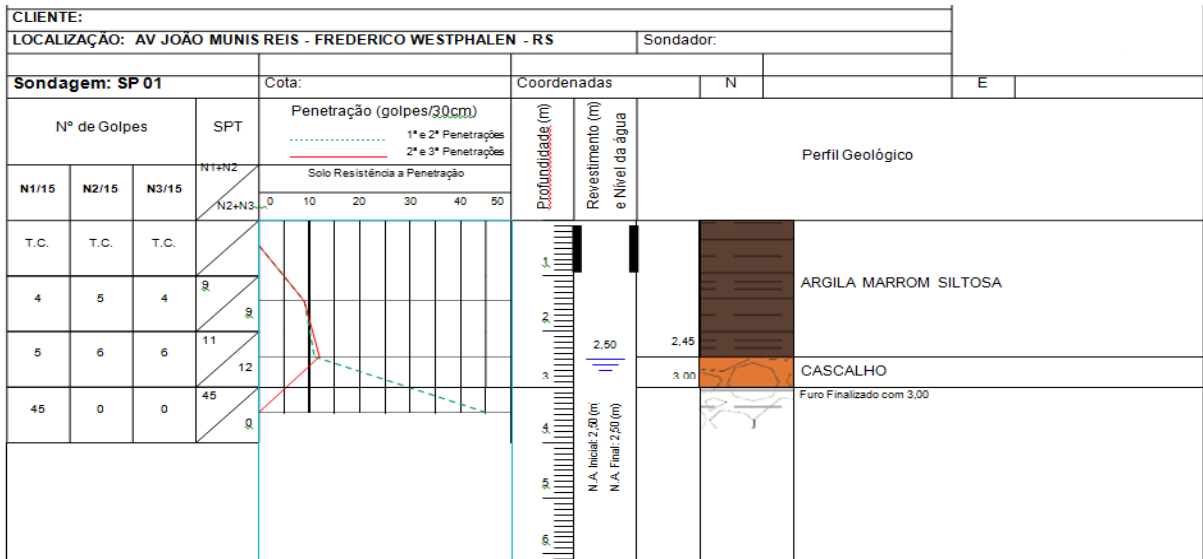


Localização dos furos no terreno:

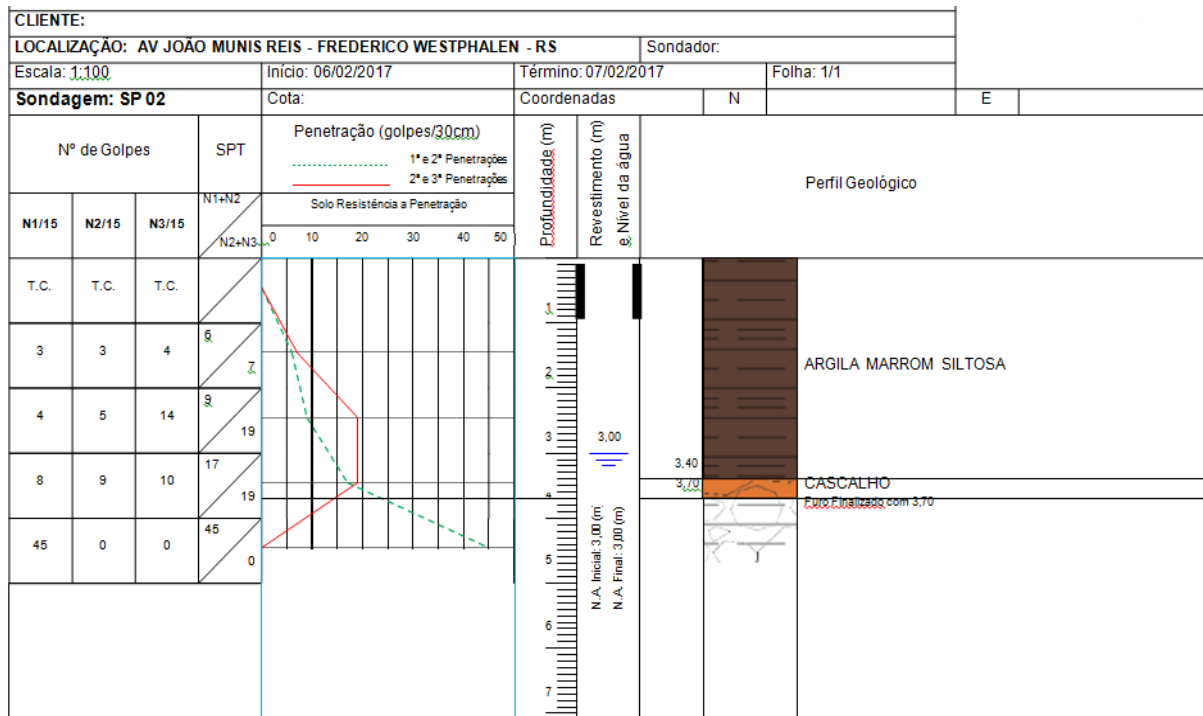


Dados da sondagem - Código 08:

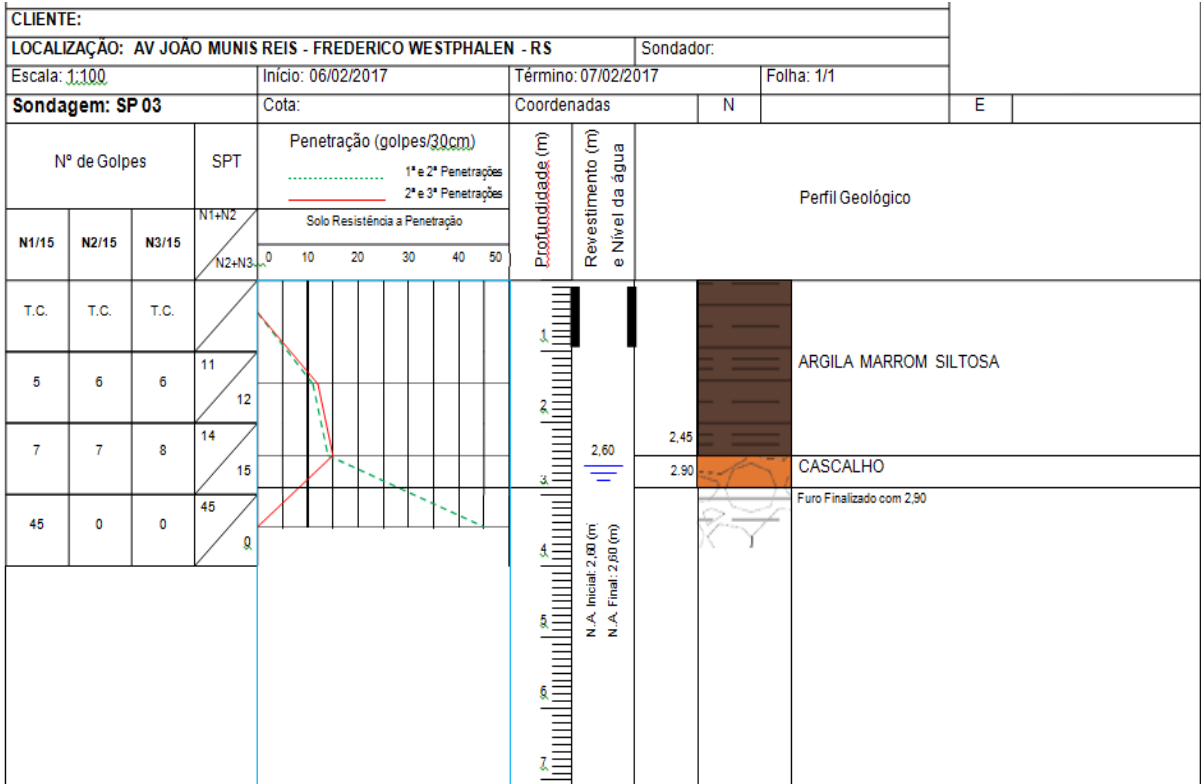
Perfuração 1:



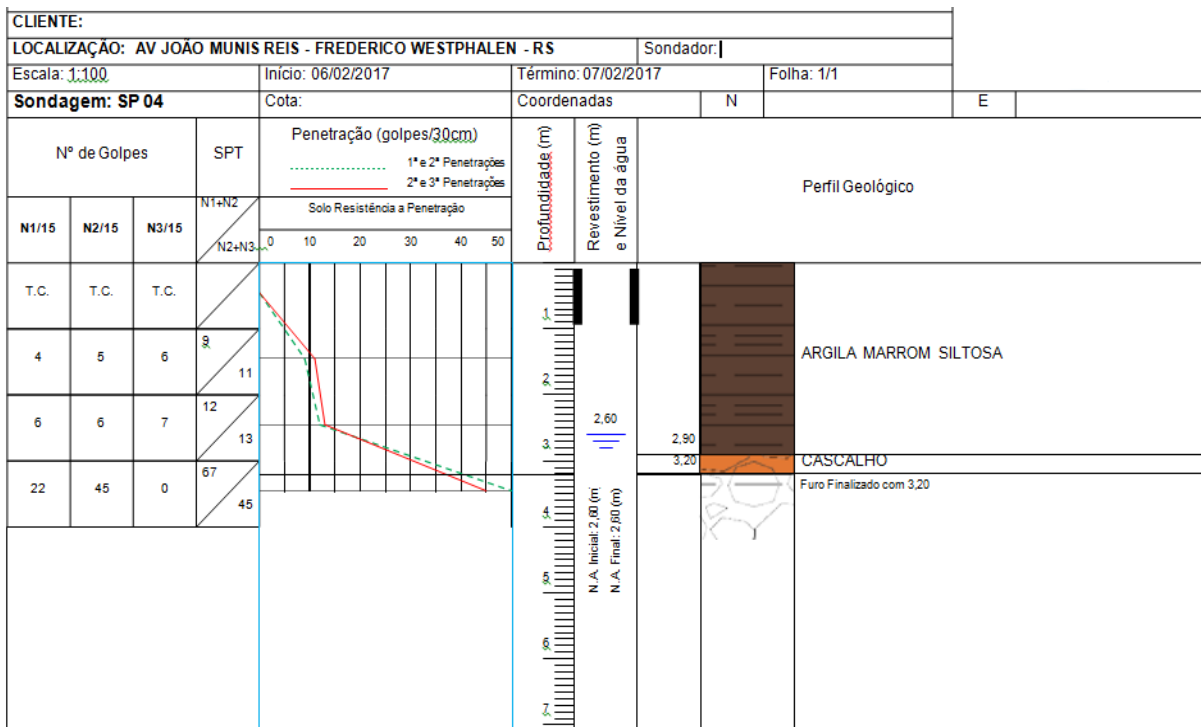
Perforação 2:



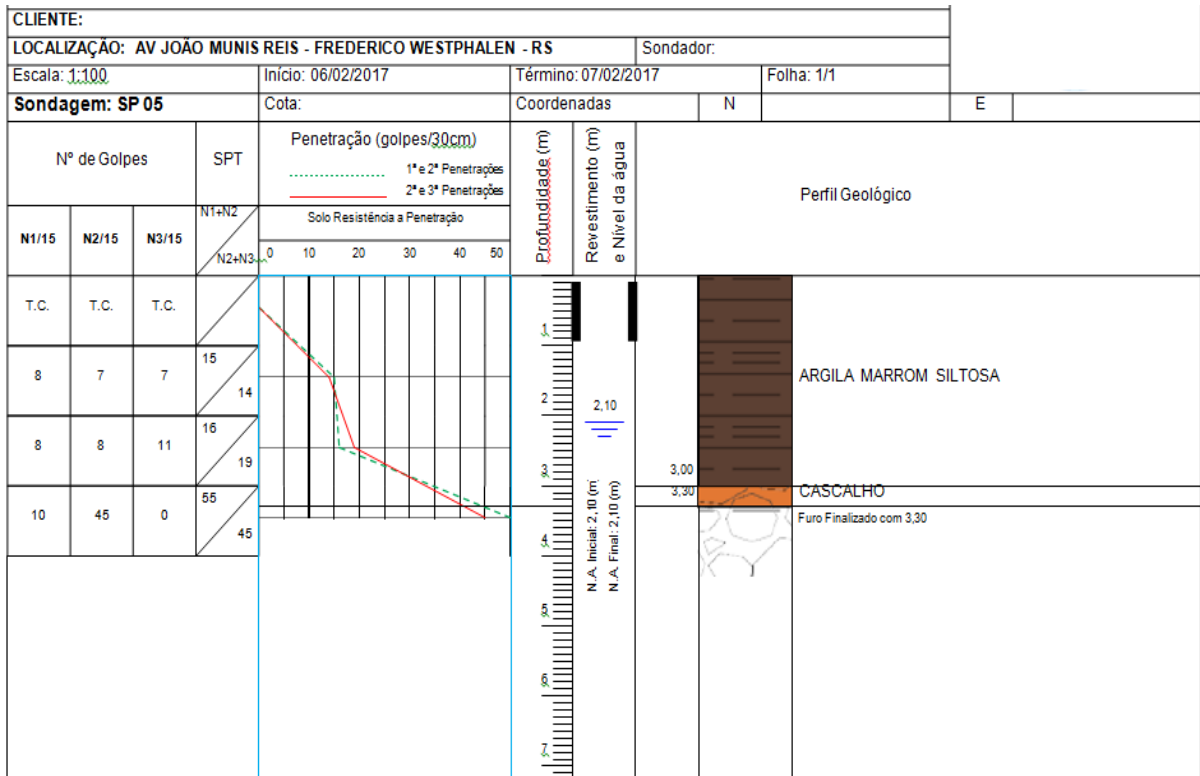
Perforação 3:



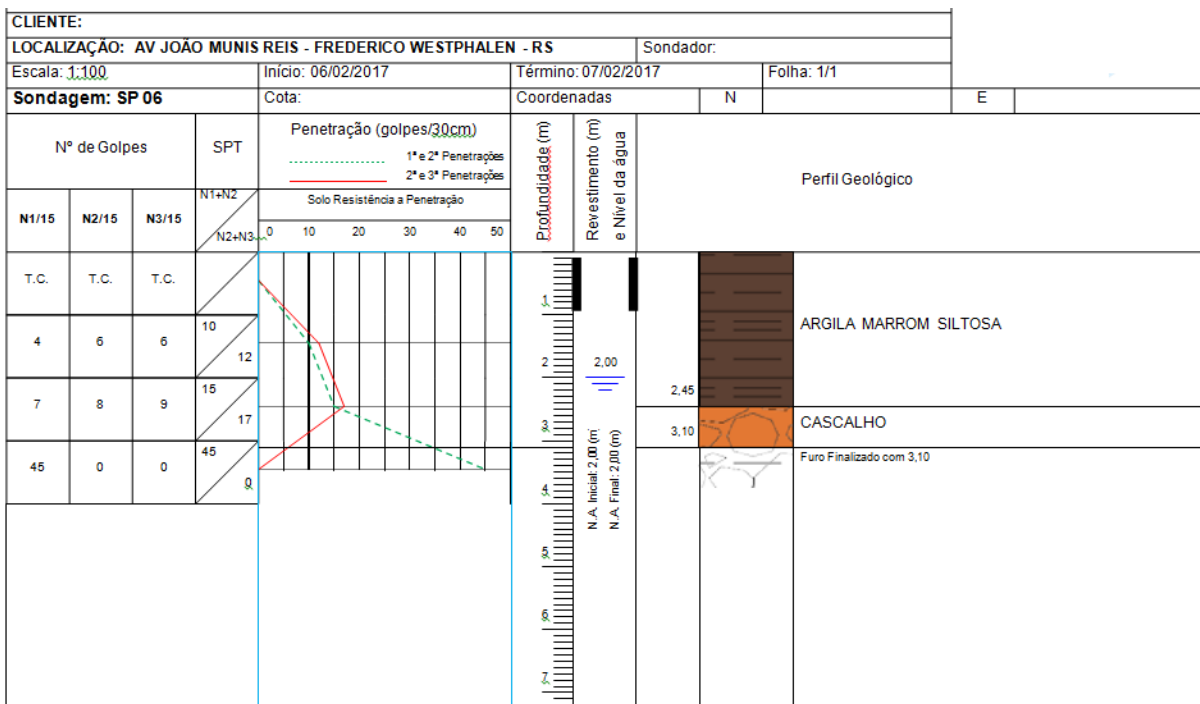
Perfuração 4:



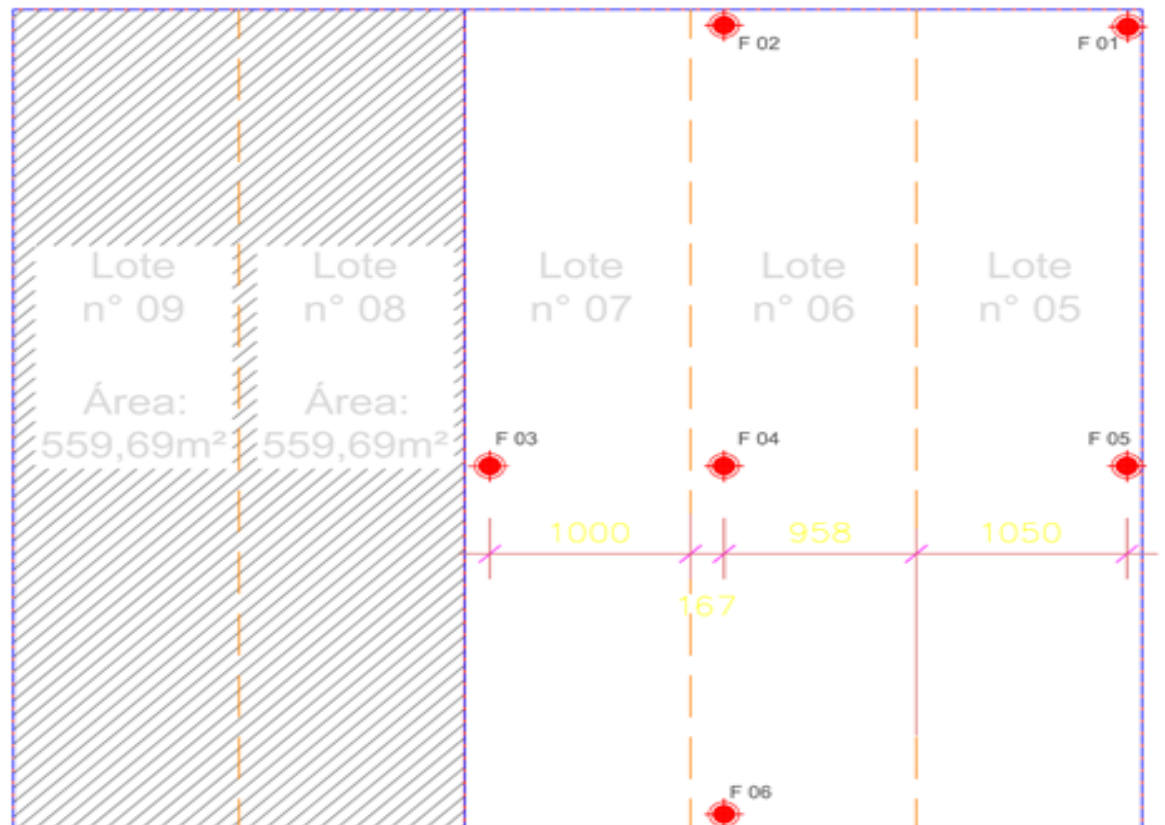
Perfuração 5:



Perfuração 6:

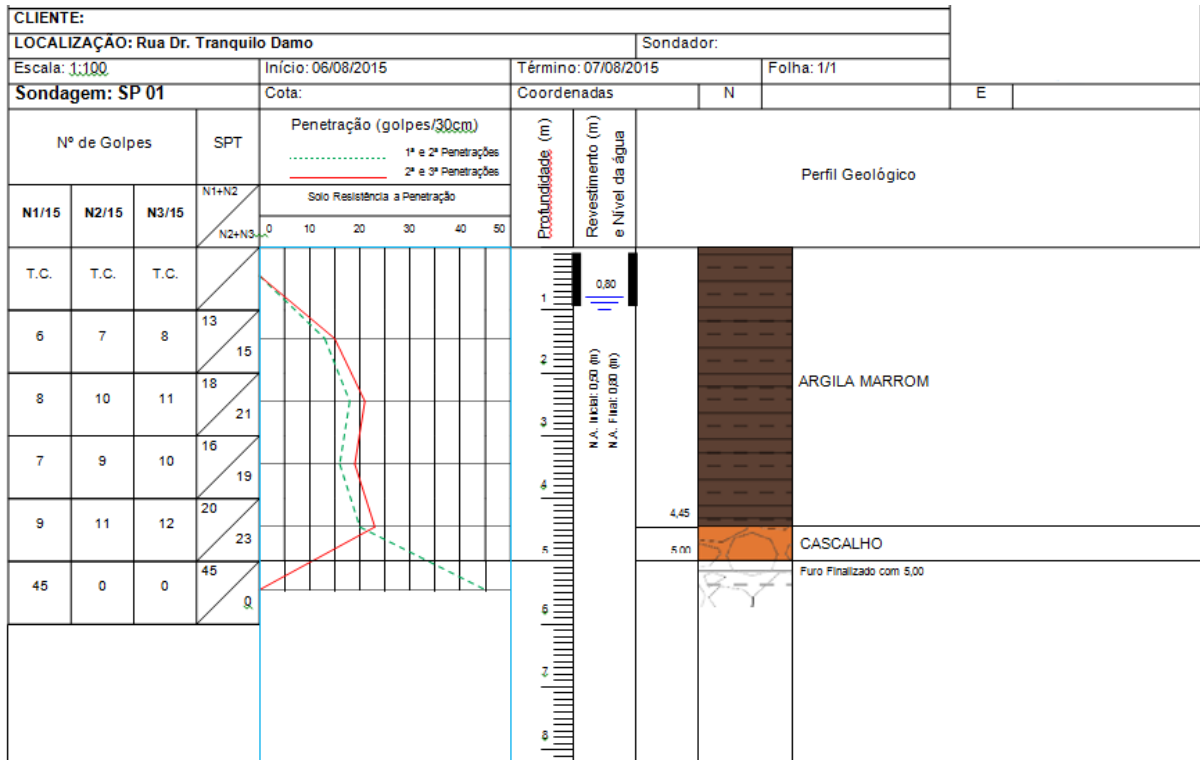


Localização dos furos no terreno:

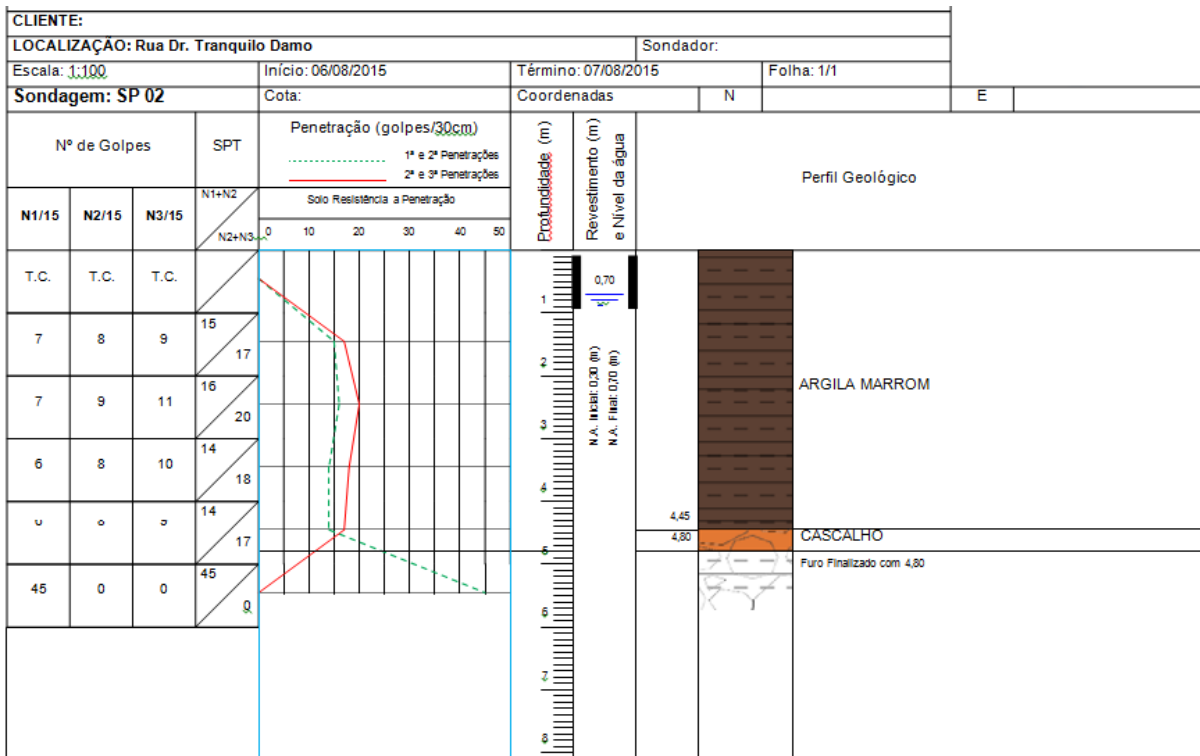


Dados da sondagem - Código 09:

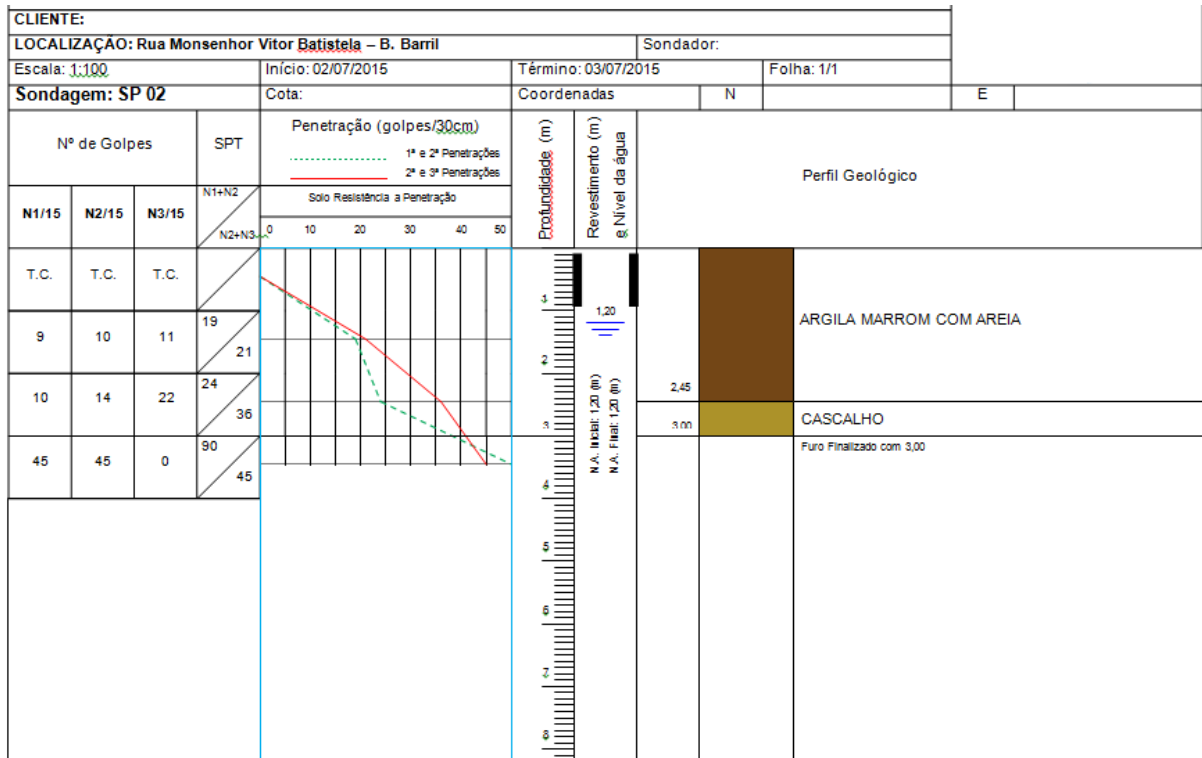
Perfuração 1:



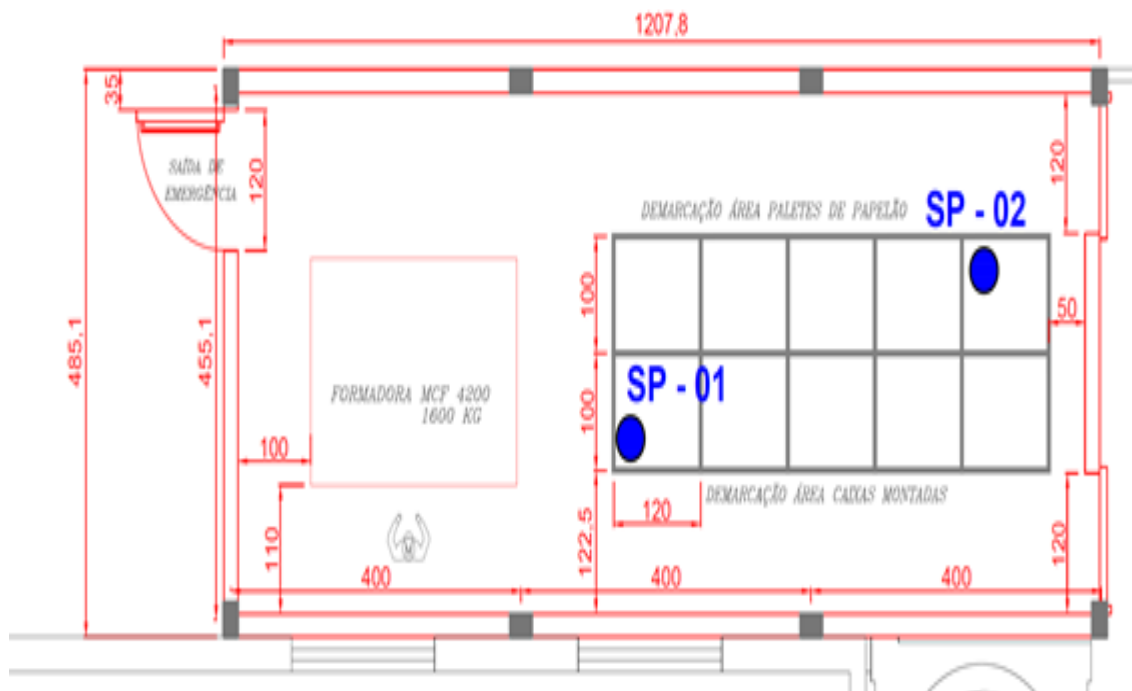
Perfuração 2:



Localização dos furos no terreno:

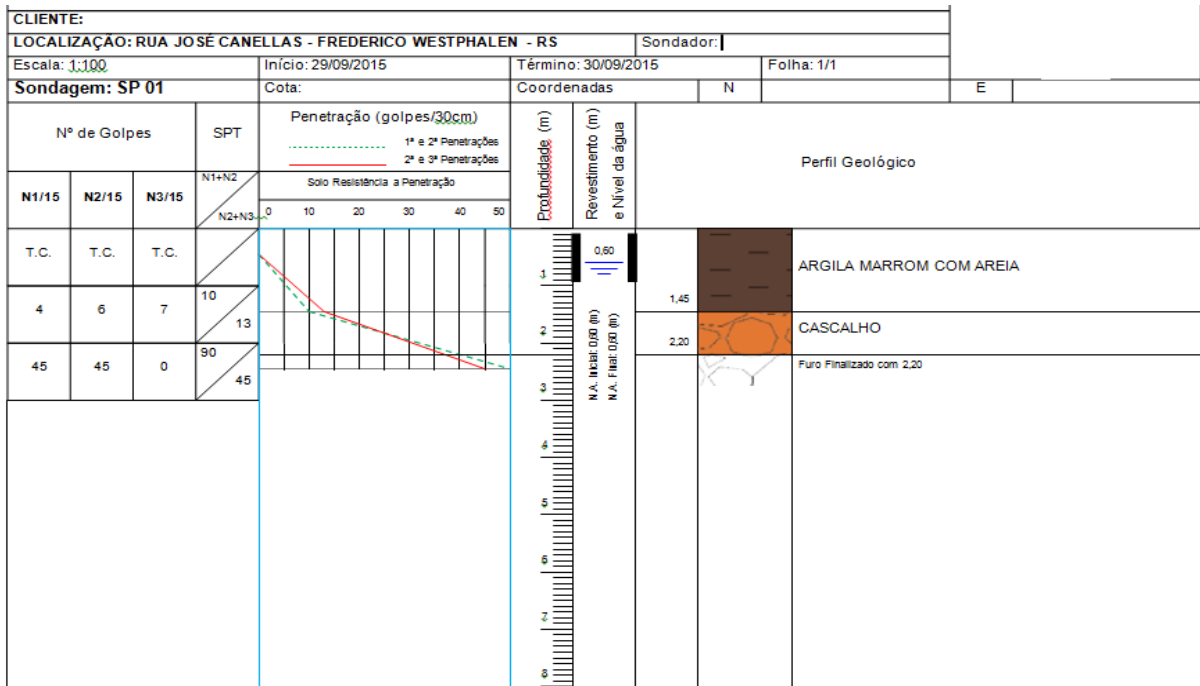


Localização dos furos no terreno:

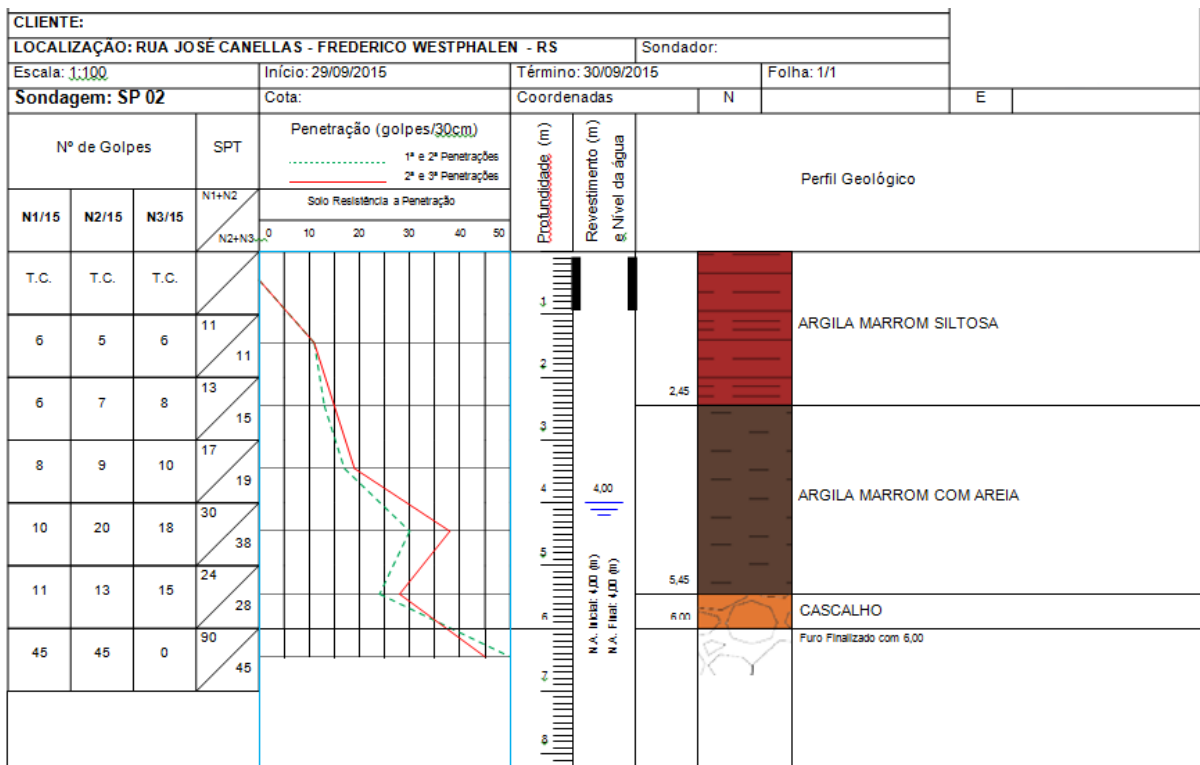


Dados da sondagem - Código 11:

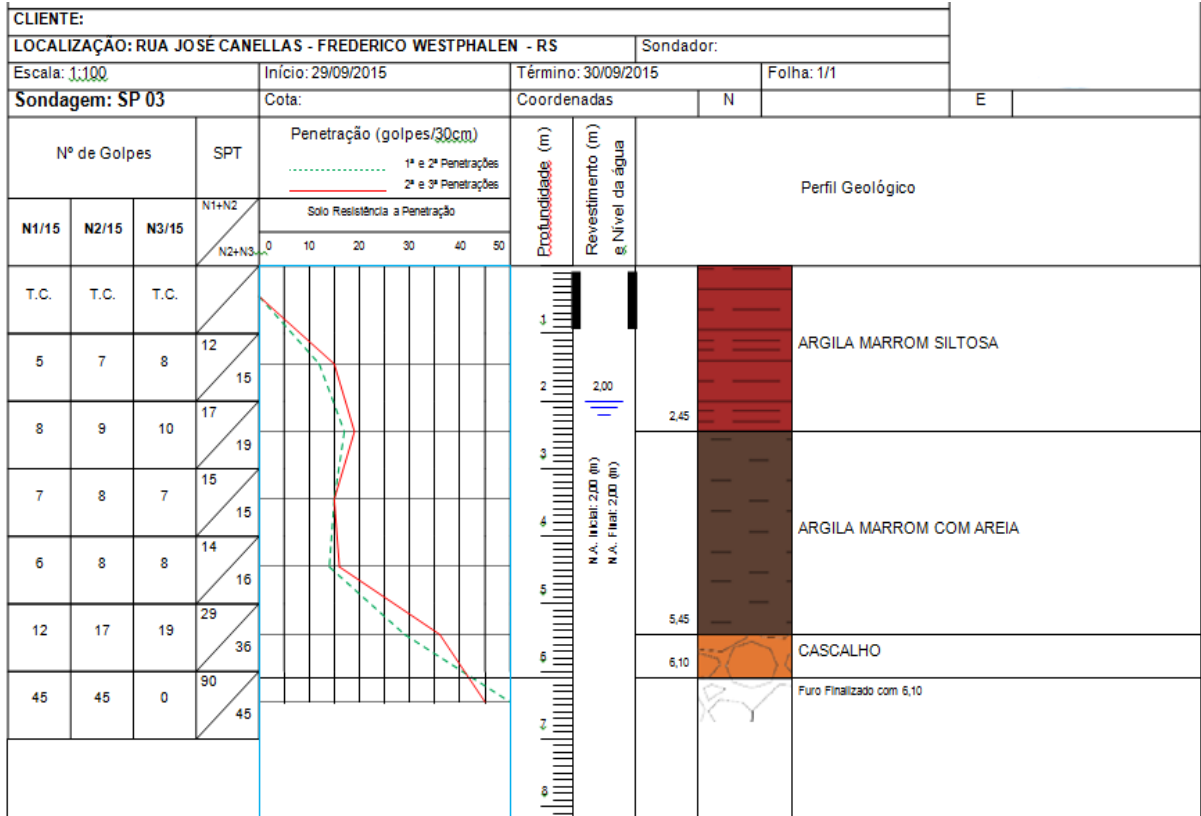
Perfuração 1:



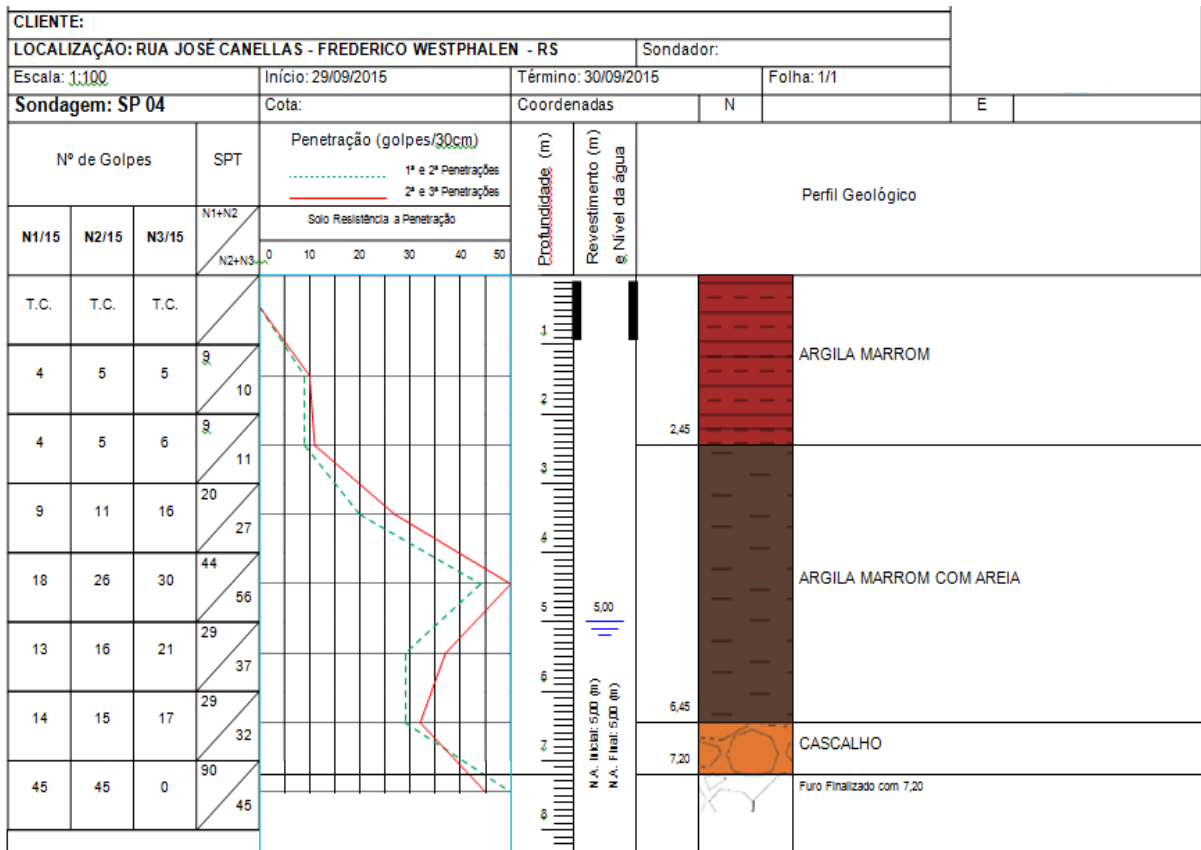
Perfuração 2:



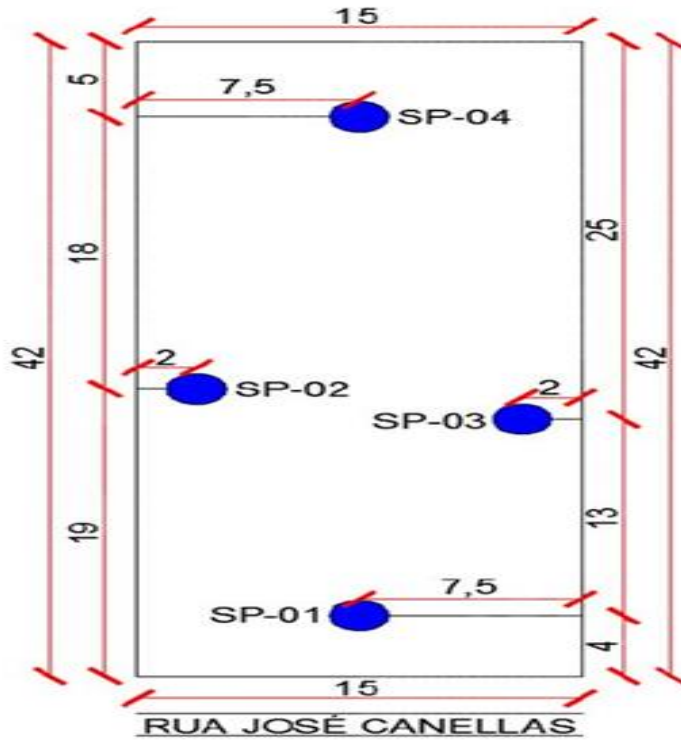
Perfuração 3:



Perfuração 4:

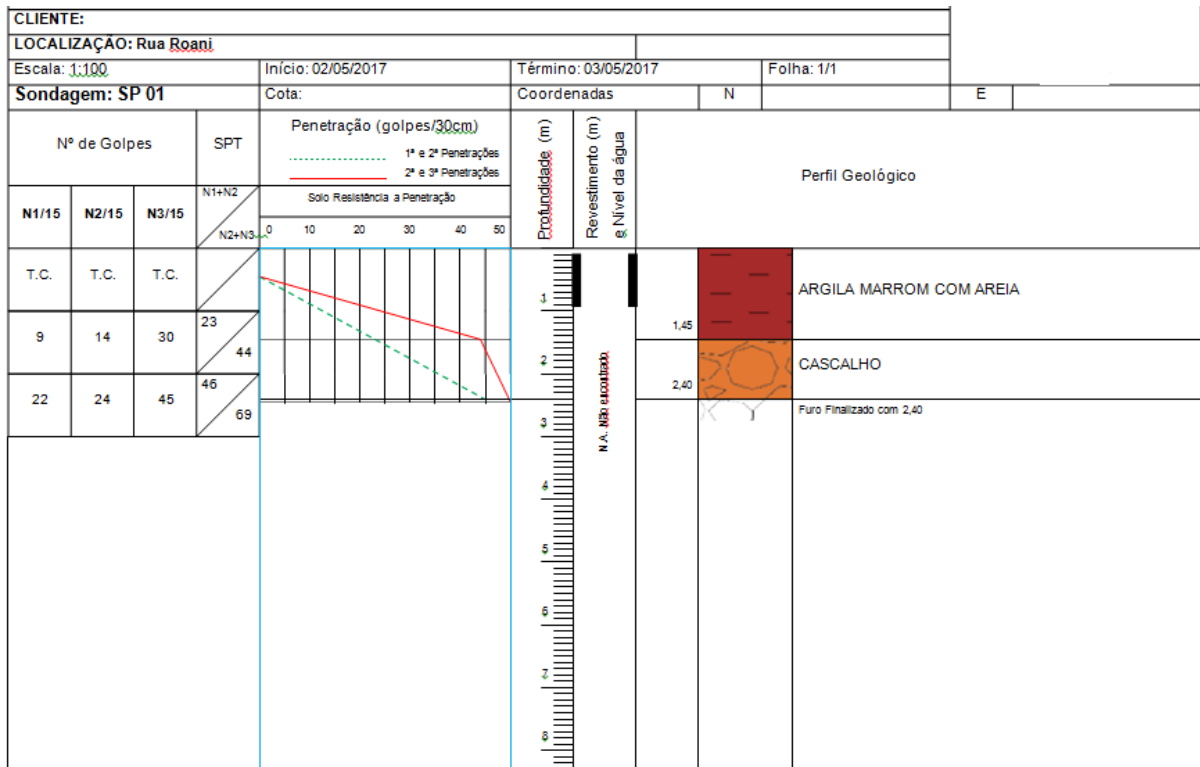


Localização dos furos no terreno:

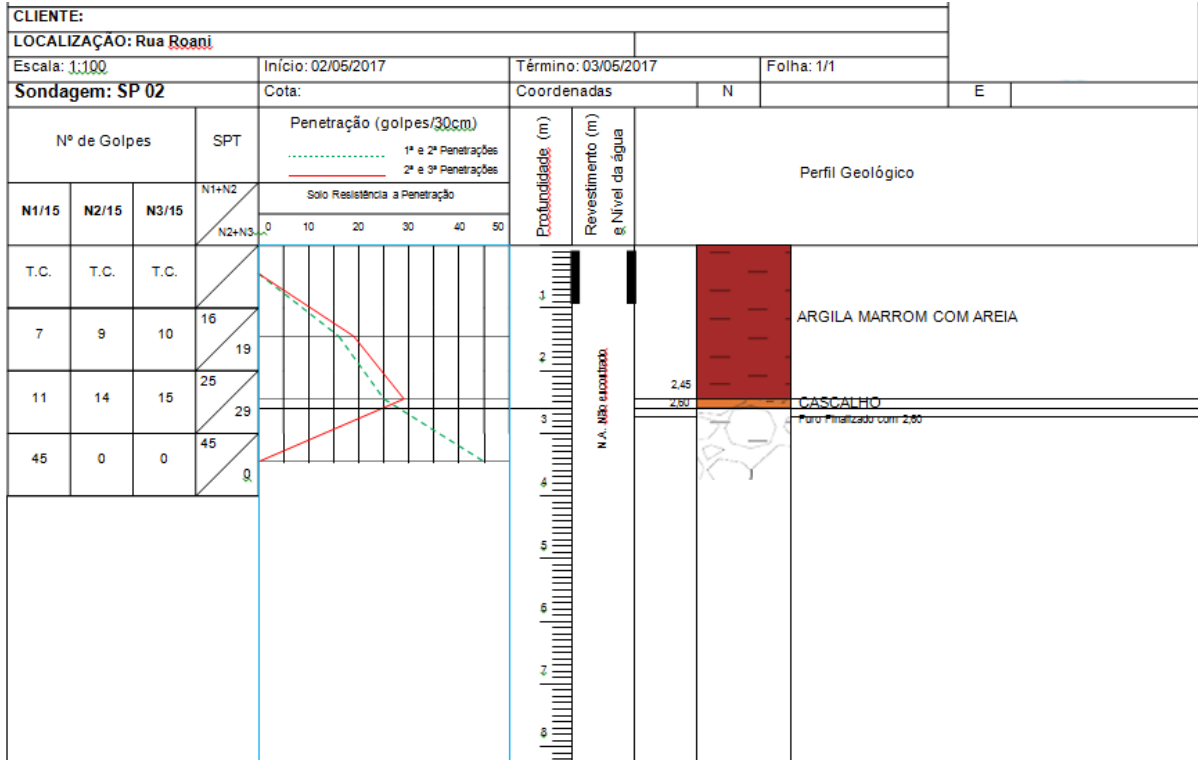


Dados da sondagem - Código 12:

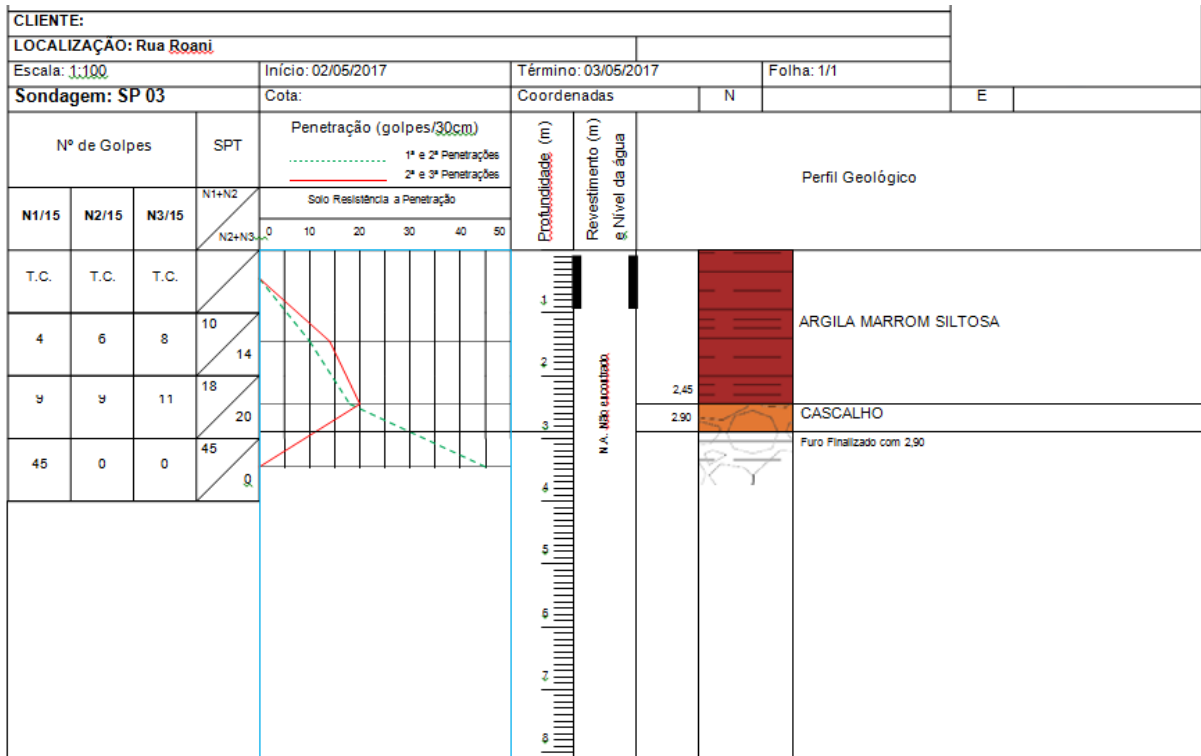
Perfuração 1:



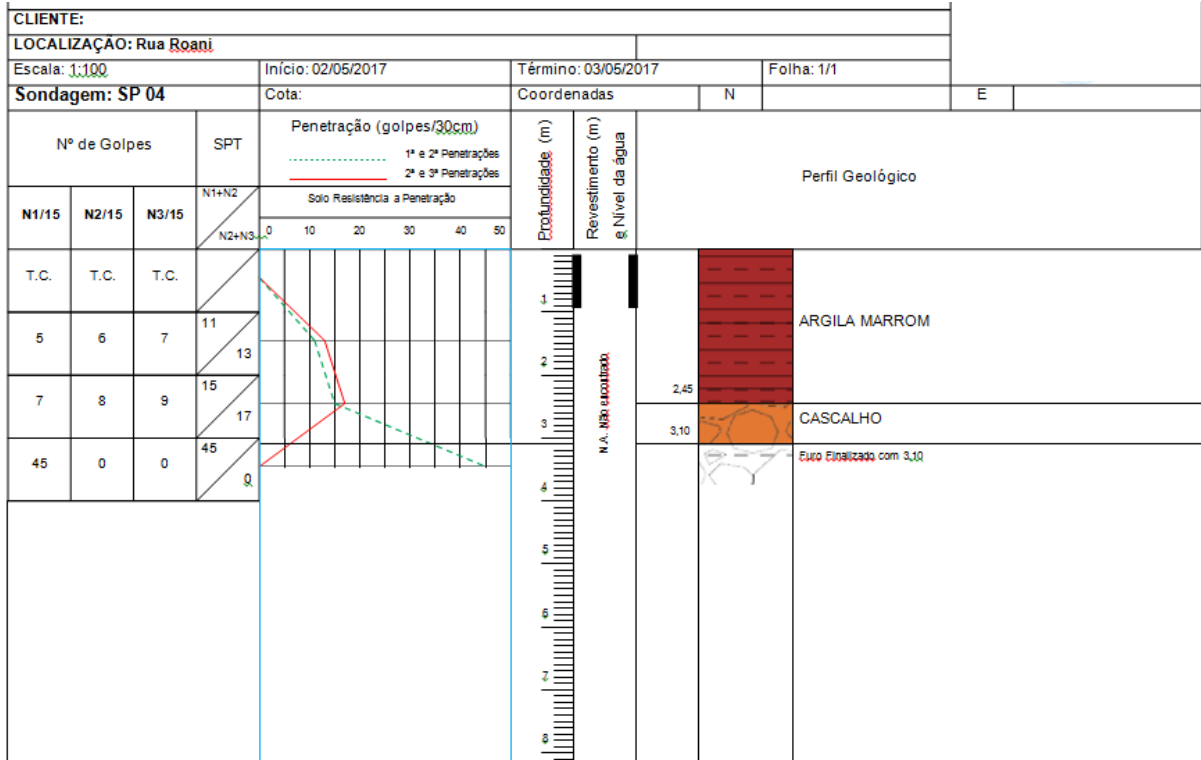
Perfuração 2:



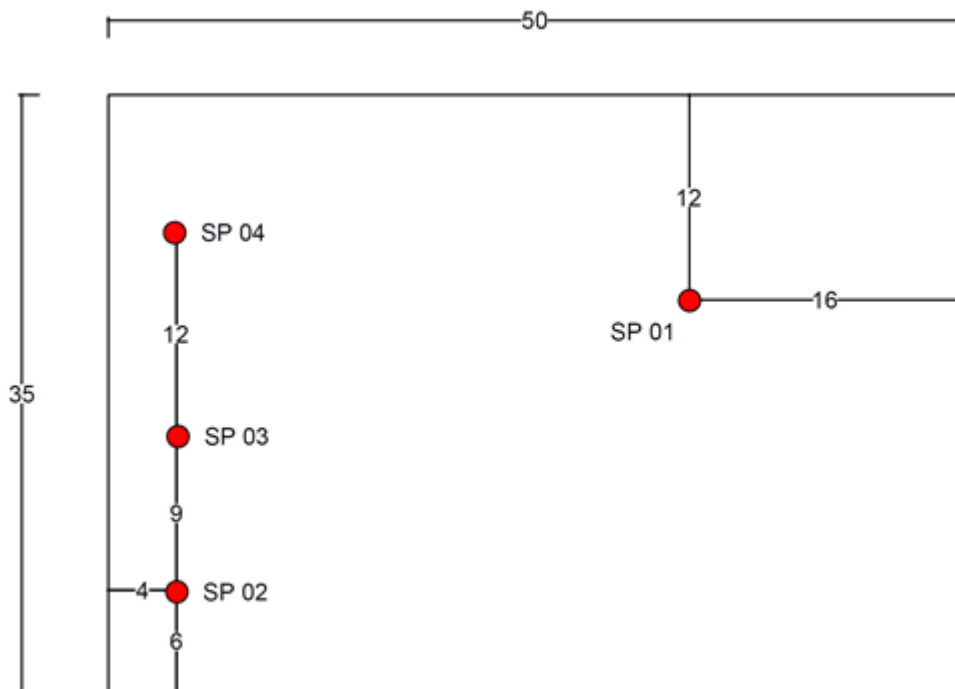
Perfuração 3:



Perfuração 4:



Localização dos furos no terreno:



Dados da sondagem - Código 13:

Sondagem de Reconhecimento de Solo

Proprietário	
Local	Marginal BR 388 Km 35, Aparecida - Latitude 27°22'26.02"S Longitude 53°23'49.82"W
Cidade	Frederico Westphalen - RS

Sondagem realizada de acordo com a norma NBR-6484 de 02/2001 tipo SPT e NBR-6502 de 09/1995 com equipamento composto de:

- Torre com roldana e guincho;
- Tubos com revestimento com diâmetro;
- Amostrador tipo SPT com diâmetro externo de 2" e diâmetro interno de 1,38", com comprimento de 45cm;
- Martelo de cravação com peso de 65kg e altura de queda de 75cm;
- Tubo de descida Schedule-80 com diâmetro de 1";
- Trado concha para início de furo.

Realizados 2 furos com as seguintes profundidades:

Furo 01 - 9,00m

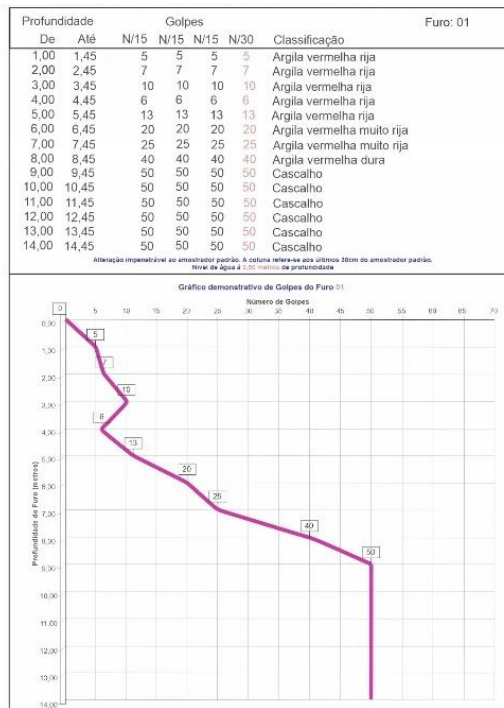
Furo 02 - 7,00m

Totalizando 16,00m.

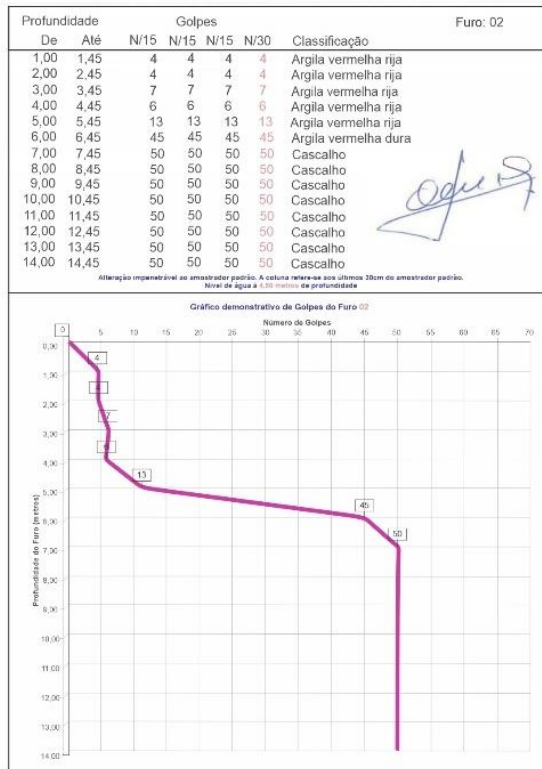
Anexo planta de locação dos furos e perfil individual dos furos

Consistência	Nº de Golpes (S.P.T.)	C. Simples - Kg/cm ²
Muito mole	2	0,25
Mole	2 - 4	0,25 - 0,50
Média	4 - 8	0,50 - 1,00
Rija	8 - 15	1,00 - 2,00
Muito rija	15 - 30	2,00 - 4,00
Dura	maior que 30	4,00 - 8,00

Perfuração 1:



Perfuração 2:



Dados da sondagem - Código 14:

Sondagem de Reconhecimento de Solo

Proprietário	
Local	Rua cento e vinte e quatro, São Cristóvão - Latitude 27°23'13.40"S Longitude 53°24'13.93"W
Cidade	Frederico Westphalen - RS

Sondagem realizada de acordo com a norma NBR-6484 de 02/2001 tipo SPT e NBR-6502 de 09/1995 com equipamento composto de:

- Torre com roldana e guincho;
- Tubos com revestimento com diâmetro;
- Amostrador tipo SPT com diâmetro externo de 2" e diâmetro interno de 1,38", com comprimento de 45cm;
- Martelo de cravação com peso de 65kg e altura de queda de 75cm;
- Tubo de descida Schedule-80 com diâmetro de 1";
- Trado concha para início de furo.

Realizados 2 furos com as seguintes profundidades:

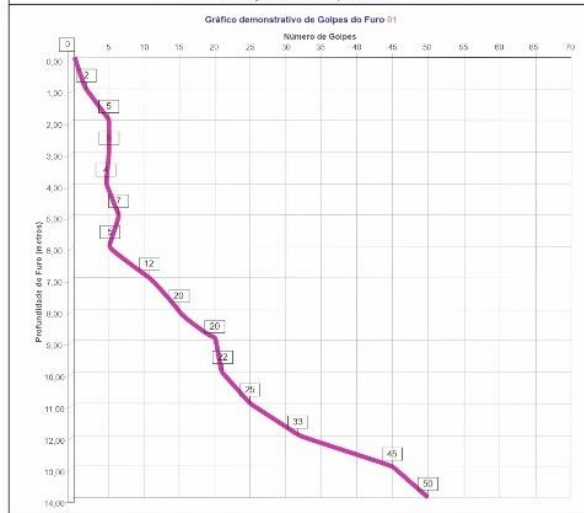
- Furo 01 - 14,00m
- Furo 02 - 14,00m
- Totalizando 28,00m.

Anexo planta de locação dos furos e perfil individual dos furos		
Consistência	Nº de Golpes (S.P.T.)	C. Simples - Kg/cm²
Muito mole	2	0,25
Mole	2 - 4	0,25 - 0,50
Média	4 - 8	0,50 - 1,00
Rija	8 - 15	1,00 - 2,00
Muito rija	15 - 30	2,00 - 4,00
Dura	maior que 30	4,00 - 8,00

Perfuração 1:

Profundidade		Golpes				Classificação	Furo: 01
De	Até	N/15	N/15	N/15	N/30		
1,00	1,45	2	2	2	2	Argila vermelha rija	
2,00	2,45	5	5	5	5	Argila vermelha rija	
3,00	3,45	5	5	5	5	Argila vermelha rija	
4,00	4,45	4	4	4	4	Argila vermelha rija	
5,00	5,45	7	7	7	7	Argila vermelha rija	
6,00	6,45	5	5	5	5	Argila vermelha rija	
7,00	7,45	12	12	12	12	Argila vermelha rija	
8,00	8,45	15	15	15	15	Argila vermelha rija	
9,00	9,45	20	20	20	20	Argila vermelha muito rija	
10,00	10,45	22	22	22	22	Argila vermelha muito rija	
11,00	11,45	25	25	25	25	Argila vermelha muito rija	
12,00	12,45	33	33	33	33	Argila vermelha dura	
13,00	13,45	45	45	45	45	Argila vermelha dura	
14,00	14,45	50	50	50	50	Cascalho	

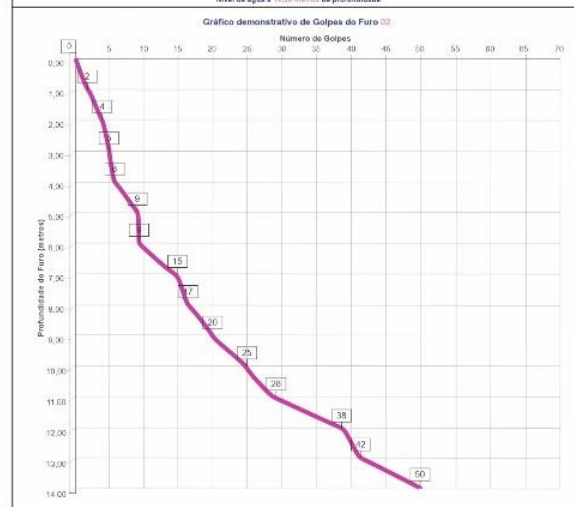
Alteração impenetrável ao amostrador padrão. A coluna refere-se aos últimos 10cm do amostrador padrão.
 Nível de água à 13,00 metros de profundidade.



Perfuração 2:

Profundidade		Golpes				Classificação	Furo: 02
De	Até	N/15	N/15	N/15	N/30		
1,00	1,45	2	2	2	2	Argila vermelha rija	
2,00	2,45	4	4	4	4	Argila vermelha rija	
3,00	3,45	5	5	5	5	Argila vermelha rija	
4,00	4,45	6	6	6	6	Argila vermelha rija	
5,00	5,45	9	9	9	9	Argila vermelha rija	
6,00	6,45	9	9	9	9	Argila vermelha rija	
7,00	7,45	15	15	15	15	Argila vermelha rija	
8,00	8,45	17	17	17	17	Argila vermelha rija	
9,00	9,45	20	20	20	20	Argila vermelha muito rija	
10,00	10,45	25	25	25	25	Argila vermelha muito rija	
11,00	11,45	28	28	28	28	Argila vermelha muito rija	
12,00	12,45	38	38	38	38	Argila vermelha dura	
13,00	13,45	42	42	42	42	Argila vermelha dura	
14,00	14,45	50	50	50	50	Cascalho	

Alteração impenetrável ao amostrador padrão. A coluna refere-se aos últimos 10cm do amostrador padrão.
 Nível de água à 13,00 metros de profundidade.



Dados da sondagem - Código 15:

Sondagem de Reconhecimento de Solo

Proprietário	
Local	Rua Augusto Tagliapietra, Faguense - Latitude 27°22'43,97"S Longitude 53°25'23,77"W
Cidade	Frederico Westphalen - RS

Sondagem realizada de acordo com a norma NBR-6484 de 02/2001 tipo SPT e NBR-6502 de 09/1995 com equipamento composto de:

- Torre com roldana e guincho;
- Tubos com revestimento com diâmetro;
- Amostrador tipo SPT com diâmetro externo de 2" e diâmetro interno de 1,38", com comprimento de 45cm;
- Martelo de cravação com peso de 65kg e altura de queda de 75cm;
- Tubo de descida Schedule-80 com diâmetro de 1";
- Trado concha para início de furo.

Realizados 2 furos com as seguintes profundidades:

Furo 01 - 4,00m

Furo 02 - 5,00m

Totalizando 9,00m.

Anexo planta de locação dos furos e perfil individual dos furos

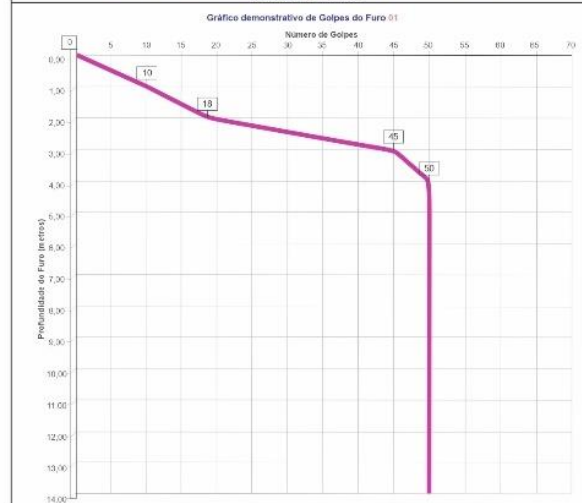
Consistência	Nº de Golpes (S.P.T.)	C. Simples - Kg/cm²
Muito mole	2	0,25
Mole	2 - 4	0,25 - 0,50
Média	4 - 8	0,50 - 1,00
Rija	8 - 15	1,00 - 2,00
Muito rija	15 - 30	2,00 - 4,00
Dura	maior que 30	4,00 - 8,00

Perfuração 1:

Profundidade De	Até	Golpes				Classificação	Furo: 01
		N/15	N/15	N/15	N/30		
1,00	1,45	10	10	10	10	Argila vermelha rija	
2,00	2,45	18	18	18	18	Argila vermelha muito rija	
3,00	3,45	45	45	45	45	Argila vermelha dura	
4,00	4,45	50	50	50	50	Cascalho	
5,00	5,45	50	50	50	50	Cascalho	
6,00	6,45	50	50	50	50	Cascalho	
7,00	7,45	50	50	50	50	Cascalho	
8,00	8,45	50	50	50	50	Cascalho	
9,00	9,45	50	50	50	50	Cascalho	
10,00	10,45	50	50	50	50	Cascalho	
11,00	11,45	50	50	50	50	Cascalho	
12,00	12,45	50	50	50	50	Cascalho	
13,00	13,45	50	50	50	50	Cascalho	
14,00	14,45	50	50	50	50	Cascalho	

Afiação imparável ao amostrador padrão. A coluna refere-se aos últimos 10cm de amostrador padrão.

Nível de água não amostrada



Perfuração 2:



Dados da sondagem - Código 16:

Sondagem de Reconhecimento de Solo

Proprietário	
Local	BR 386 KM 32, Barril - Latitude 27°20'49,07"S Longitude 53°23'13,32"W
Cidade	Frederico Westphalen - RS

Sondagem realizada de acordo com a norma NBR-6484 de 02/2001 tipo SPT e NBR-6502 de 09/1995 com equipamento composto de:

- Torre com roldana e guincho;
- Tubos com revestimento com diâmetro;
- Amostrador tipo SPT com diâmetro externo de 2" e diâmetro interno de 1,38", com comprimento de 45cm;
- Martelo de cravação com peso de 65kg e altura de queda de 75cm;
- Tubo de descida Schedule-80 com diâmetro de 1";
- Trado concha para início de furo.

Realizados 2 furos com as seguintes profundidades:

Furo 01 - 7,00m

Furo 02 - 7,00m

Totalizando 14,00m.

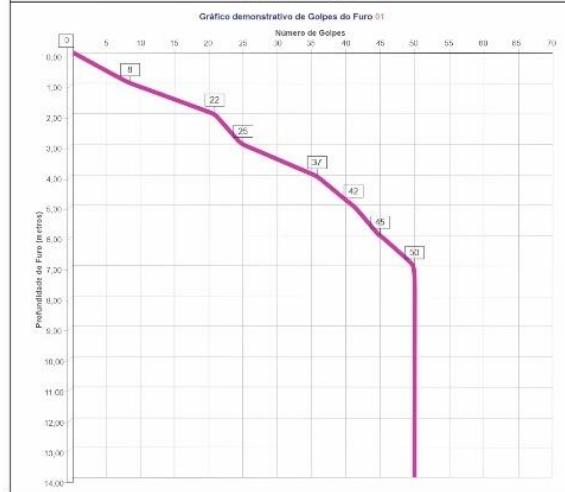
Anexo planta de locação dos furos e perfil individual dos furos

Consistência	Nº de Golpes (S.P.T.)	C. Simples - Kg/cm²
Muito mole	2	0,25
Mole	2 - 4	0,25 - 0,50
Média	4 - 8	0,50 - 1,00
Rija	8 - 15	1,00 - 2,00
Muito rija	15 - 30	2,00 - 4,00
Dura	maior que 30	4,00 - 8,00

Perfuração 1:

Profundidade		Golpes				Classificação	Furo: 01
De	Até	N/15	N/15	N/15	N/30		
1,00	1,45	8	8	8	8	Argila vermelha rija	
2,00	2,45	22	22	22	22	Argila vermelha muito rija	
3,00	3,45	25	25	25	25	Argila vermelha muito rija	
4,00	4,45	37	37	37	37	Argila vermelha dura	
5,00	5,45	42	42	42	42	Argila vermelha dura	
6,00	6,45	45	45	45	45	Argila vermelha dura	
7,00	7,45	50	50	50	50	Cascalho	
8,00	8,45	50	50	50	50	Cascalho	
9,00	9,45	50	50	50	50	Cascalho	
10,00	10,45	50	50	50	50	Cascalho	
11,00	11,45	50	50	50	50	Cascalho	
12,00	12,45	50	50	50	50	Cascalho	
13,00	13,45	50	50	50	50	Cascalho	
14,00	14,45	50	50	50	50	Cascalho	

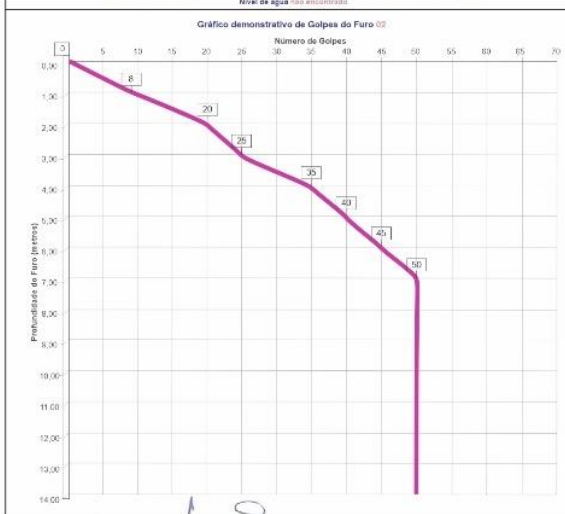
Atenção: Impenetrável ao amostrador padrão. A coluna refere-se aos últimos 30cm do amostrador padrão.
Nível da água não amostrado.



Perfuração 2:

Profundidade		Golpes				Classificação	Furo: 02
De	Até	N/15	N/15	N/15	N/30		
1,00	1,45	8	8	8	8	Argila vermelha rija	
2,00	2,45	20	20	20	20	Argila vermelha muito rija	
3,00	3,45	25	25	25	25	Argila vermelha muito rija	
4,00	4,45	35	35	35	35	Argila vermelha dura	
5,00	5,45	40	40	40	40	Argila vermelha dura	
6,00	6,45	45	45	45	45	Argila vermelha dura	
7,00	7,45	50	50	50	50	Cascalho	
8,00	8,45	50	50	50	50	Cascalho	
9,00	9,45	50	50	50	50	Cascalho	
10,00	10,45	50	50	50	50	Cascalho	
11,00	11,45	50	50	50	50	Cascalho	
12,00	12,45	50	50	50	50	Cascalho	
13,00	13,45	50	50	50	50	Cascalho	
14,00	14,45	50	50	50	50	Cascalho	

Atenção: Impenetrável ao amostrador padrão. A coluna refere-se aos últimos 30cm do amostrador padrão.
Nível da água não amostrado.



Dados da sondagem - Código 17:

Sondagem de Reconhecimento de Solo

Proprietário	
Local	Rua Venceslau Braz, Santo Inacio - Latitude 27°21'11.83"S Longitude 53°23'21.40"W
Cidade	Frederico Westphalen - RS

Sondagem realizada de acordo com a norma NBR-6484 de 02/2001 tipo SPT e NBR-6502 de 09/1995 com equipamento composto de:

- Torre com roldana e guincho;
- Tubos com revestimento com diâmetro;
- Amostrador tipo SPT com diâmetro externo de 2" e diâmetro interno de 1,38", com comprimento de 45cm;
- Martelo de cravação com peso de 65kg e altura de queda de 75cm;
- Tubo de descida Schedule-80 com diâmetro de 1";
- Trado concha para início de furo.

Realizados 2 furos com as seguintes profundidades:

Furo 01 - 11,00m

Furo 02 - 11,00m

Totalizando 22,00m.

Anexo planta de locação dos furos e perfil individual dos furos

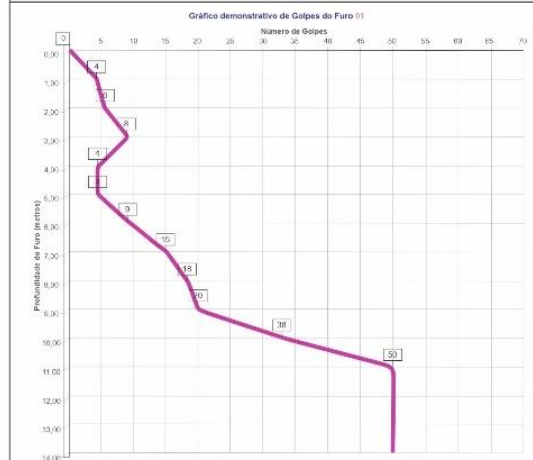
Consistência	Nº de Golpes (S.P.T.)	C. Simples - Kg/cm²
Muito mole	2	0,25
Mole	2 - 4	0,25 - 0,50
Média	4 - 8	0,50 - 1,00
Rija	8 - 15	1,00 - 2,00
Muito rija	15 - 30	2,00 - 4,00
Dura	maior que 30	4,00 - 8,00

Perfuração 1:

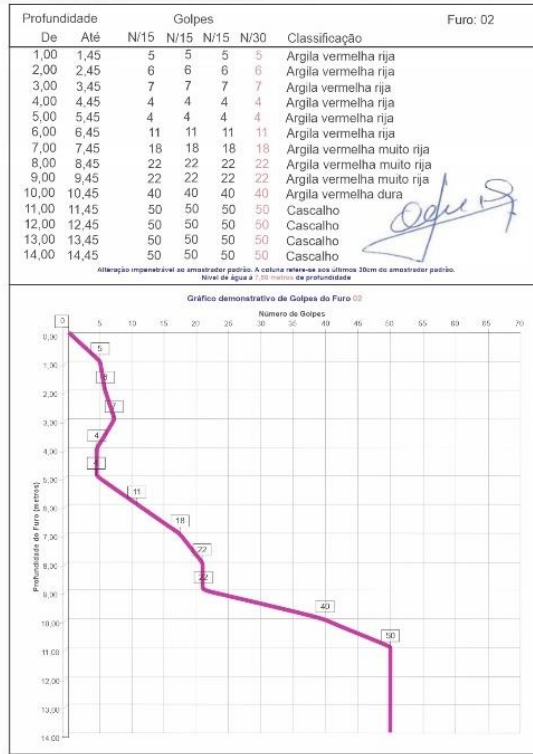
Profundidade		Golpes				Classificação	Furo: 01
De	Até	N/15	N/15	N/15	N/30		
1,00	1,45	4	4	4	4	Argila vermelha rija	
2,00	2,45	6	6	6	6	Argila vermelha rija	
3,00	3,45	8	8	8	8	Argila vermelha rija	
4,00	4,45	4	4	4	4	Argila vermelha rija	
5,00	5,45	4	4	4	4	Argila vermelha rija	
6,00	6,45	9	9	9	9	Argila vermelha rija	
7,00	7,45	15	15	15	15	Argila vermelha rija	
8,00	8,45	18	18	18	18	Argila vermelha muito rija	
9,00	9,45	20	20	20	20	Argila vermelha muito rija	
10,00	10,45	38	38	38	38	Argila vermelha dura	
11,00	11,45	50	50	50	50	Cascalho	
12,00	12,45	50	50	50	50	Cascalho	
13,00	13,45	50	50	50	50	Cascalho	
14,00	14,45	50	50	50	50	Cascalho	

Atenção: Impenetrável ao amostrador padrão. A coluna refere-se aos últimos 30cm do amostrador padrão.

Nível da água a 7,20m abaixo da profundidade



Perfuração 2:



Dados da sondagem - Código 18:

Sondagem de Reconhecimento de Solo

Proprietário	
Local	Rua Estrada da Faguense, Faguense - Latitude 27°22'5.05"S Longitude 53°25'9.61"W
Cidade	Frederico Westphalen - RS

Sondagem realizada de acordo com a norma NBR-6484 de 02/2001 tipo SPT e NBR-6502 de 09/1995 com equipamento composto de:

- Torre com roldana e guincho;
- Tubos com revestimento com diâmetro;
- Amostrador tipo SPT com diâmetro externo de 2" e diâmetro interno de 1,38", com comprimento de 45cm;
- Martelo de cravação com peso de 65kg e altura de queda de 75cm;
- Tubo de descida Schedule-80 com diâmetro de 1";
- Trado concha para início de furo.

Realizados 2 furos com as seguintes profundidades:

Furo 01 - 6,00m

Furo 02 - 6,00m

Totalizando 12,00m.

Anexo planta de locação dos furos e perfil individual dos furos

Consistência	Nº de Golpes (S.P.T.)	C. Simples - Kg/cm²
Muito mole	2	0,25
Mole	2 - 4	0,25 - 0,50
Média	4 - 8	0,50 - 1,00
Rija	8 - 15	1,00 - 2,00
Muito rija	15 - 30	2,00 - 4,00
Dura	maior que 30	4,00 - 8,00

Perfuração 1:



Perfuração 2:



Dados da sondagem - Código 19:

Sondagem de Reconhecimento de Solo

Proprietário	
Local	Avenida das Industrias, Distrito Industrial - Latitude 27°20'44.99"S Longitude 53°22'43.11"W
Cidade	Frederico Westphalen - RS

Sondagem realizada de acordo com a norma NBR-6484 de 02/2001 tipo SPT e NBR-6502 de 09/1995 com equipamento composto de:

- Torre com roldana e guincho;
- Tubos com revestimento com diâmetro;
- Amostrador tipo SPT com diâmetro externo de 2" e diâmetro interno de 1,38", com comprimento de 45cm;
- Martelo de cravação com peso de 65kg e altura de queda de 75cm;
- Tubo de descida Schedule-80 com diâmetro de 1";
- Trado concha para início de furo.

Realizados 2 furos com as seguintes profundidades:

Furo 01 - 3,00m

Furo 02 - 3,00m

Totalizando 6,00m.

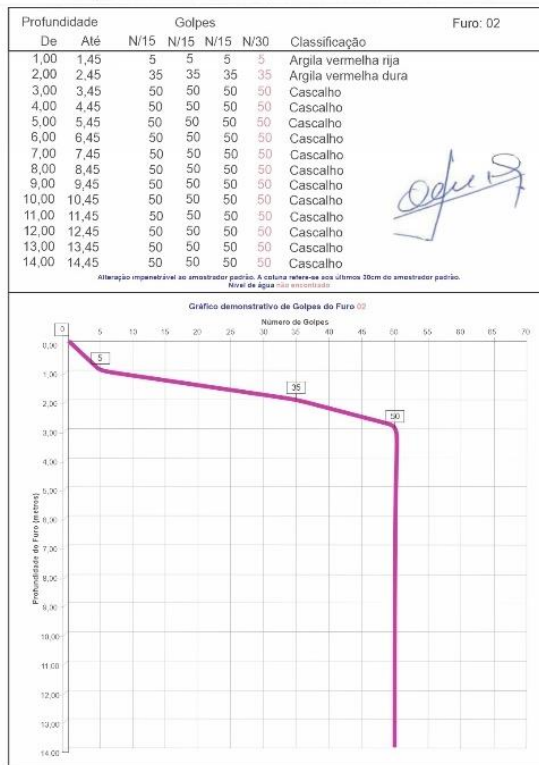
Anexo planta de locação dos furos e perfil individual dos furos

Consistência	Nº de Golpes (S.P.T.)	C. Simples - Kg/cm²
Muito mole	2	0,25
Mole	2 - 4	0,25 - 0,50
Média	4 - 8	0,50 - 1,00
Rija	8 - 15	1,00 - 2,00
Muito rija	15 - 30	2,00 - 4,00
Dura	maior que 30	4,00 - 8,00

Perfuração 1:



Perfuração 2:



Dados da sondagem - Código 20:

Sondagem de Reconhecimento de Solo

Proprietário	
Local	Rua Tupã, Fatima - Latitude 27°20'59,08"S Longitude 53°24'10,52"W
Cidade	Frederico Westphalen - RS

Sondagem realizada de acordo com a norma NBR-6484 de 02/2001 tipo SPT e NBR-6502 de 09/1995 com equipamento composto de:

- Torre com roldana e guincho;
- Tubos com revestimento com diâmetro;
- Amostrador tipo SPT com diâmetro externo de 2" e diâmetro interno de 1,38", com comprimento de 45cm;
- Martelo de cravação com peso de 65kg e altura de queda de 75cm;
- Tubo de descida Schedule-80 com diâmetro de 1";
- Trado concha para início de furo.

Realizados 2 furos com as seguintes profundidades:

Furo 01 - 8,00m

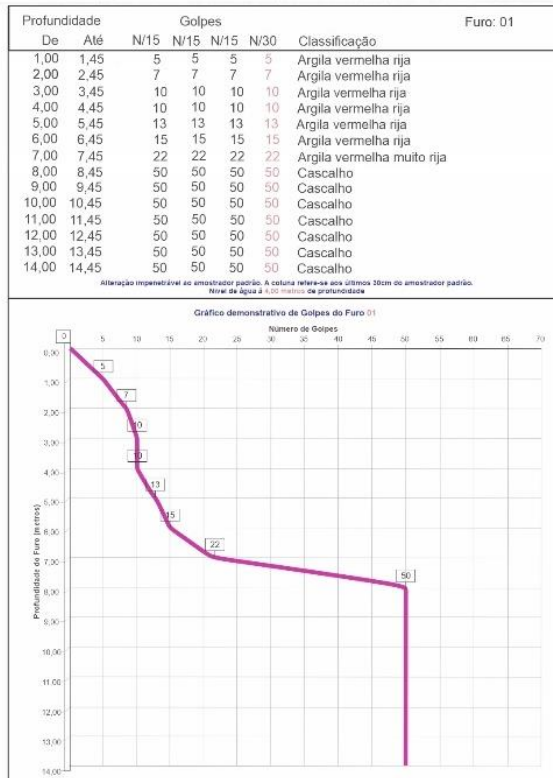
Furo 02 - 8,00m

Totalizando 16,00m.

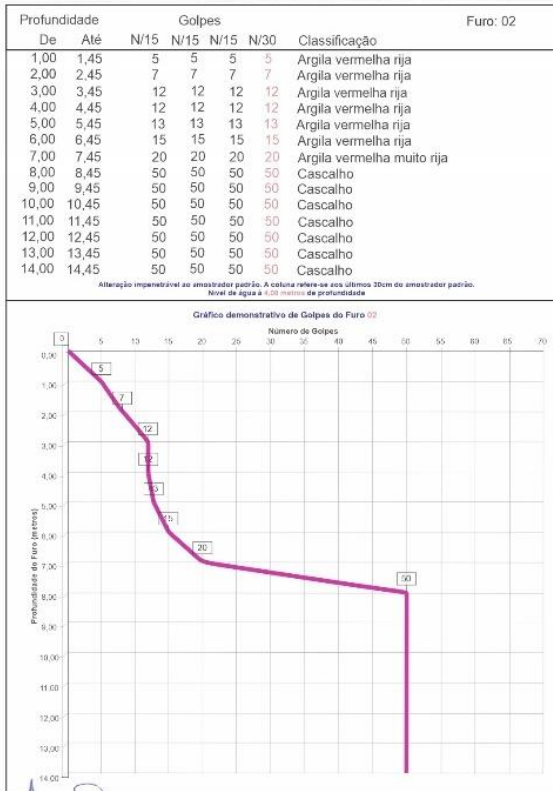
Anexo planta de locação dos furos e perfil individual dos furos

Consistência	Nº de Golpes (S.P.T.)	C. Simples - Kg/cm ²
Muito mole	2	0,25
Mole	2 - 4	0,25 - 0,50
Média	4 - 8	0,50 - 1,00
Rija	8 - 15	1,00 - 2,00
Muito rija	15 - 30	2,00 - 4,00
Dura	maior que 30	4,00 - 8,00

Perfuração 1:



Perfuração 2:



Dados da sondagem - Código 21:

Sondagem de Reconhecimento de Solo

Proprietário	
Local	Avenida Lutz Milani, Fatima - Latitude 27°21'1.04"S Longitude 53°24'16.53"W
Cidade	Frederico Westphalen - RS

Sondagem realizada de acordo com a norma NBR-6484 de 02/2001 tipo SPT e NBR-6502 de 09/1995 com equipamento composto de:

- Torre com roldana e guincho;
- Tubos com revestimento com diâmetro;
- Amostrador tipo SPT com diâmetro externo de 2" e diâmetro interno de 1,38", com comprimento de 45cm;
- Martelo de cravação com peso de 65kg e altura de queda de 75cm;
- Tubo de descida Schedule-80 com diâmetro de 1";
- Trado concha para início de furo.

Realizados 2 furos com as seguintes profundidades:

Furo 01 - 9,00m

Furo 02 - 9,00m

Totalizando 18,00m.

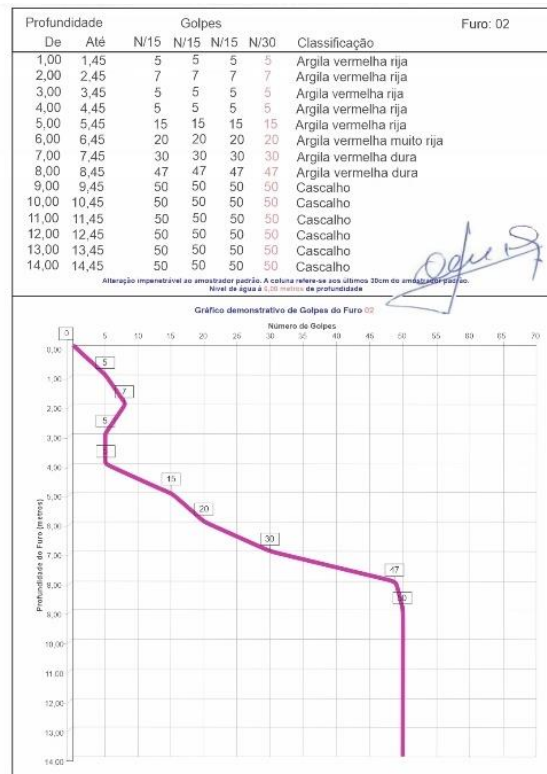
Anexo planta de locação dos furos e perfil individual dos furos

Consistência	Nº de Golpes (S.P.T.)	C. Simples - Kg/cm²
Muito mole	2	0,25
Mole	2 - 4	0,25 - 0,50
Média	4 - 8	0,50 - 1,00
Rija	8 - 15	1,00 - 2,00
Muito rija	15 - 30	2,00 - 4,00
Dura	maior que 30	4,00 - 8,00

Perfuração 1:



Perfuração 2:



Dados da sondagem - Código 22:

Sondagem de Reconhecimento de Solo

Proprietário	
Local	Rua Cabo Rocha, Santo Antonio - Latitude 27°20'44,30"S Longitude 53°23'55,88"W
Cidade	Frederico Westphalen - RS

Sondagem realizada de acordo com a norma NBR-6484 de 02/2001 tipo SPT e NBR-6502 de 09/1995 com equipamento composto de:

- Torre com roldana e guincho;
- Tubos com revestimento com diâmetro;
- Amostrador tipo SPT com diâmetro externo de 2" e diâmetro interno de 1,38", com comprimento de 45cm;
- Martelo de cravação com peso de 65kg e altura de queda de 75cm;
- Tubo de descida Schedule-80 com diâmetro de 1";
- Trado concha para início de furo.

Realizados 2 furos com as seguintes profundidades:

Furo 01 - 6,00m

Furo 02 - 6,00m

Totalizando 12,00m.

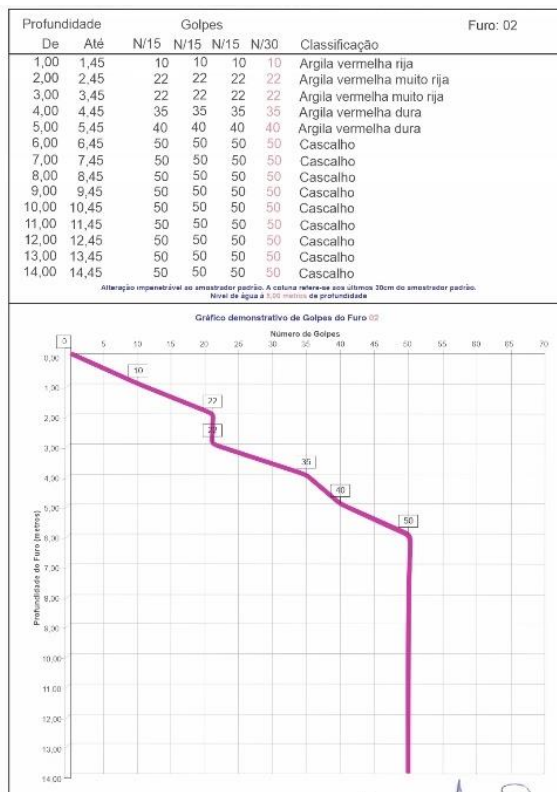
Anexo planta de locação dos furos e perfil individual dos furos

Consistência	Nº de Golpes (S.P.T.)	C. Simples - Kg/cm²
Muito mole	2	0,25
Mole	2 - 4	0,25 - 0,50
Média	4 - 8	0,50 - 1,00
Rija	8 - 15	1,00 - 2,00
Muito rija	15 - 30	2,00 - 4,00
Dura	maior que 30	4,00 - 8,00

Perfuração 1:



Perfuração 2:



Dados da sondagem - Código 23:

Sondagem de Reconhecimento de Solo

Proprietário	
Local	Rua Aparício Borges, Barril - Latitude 27°21'14,06"S Longitude 53°23'47,38"W
Cidade	Frederico Westphalen - RS

Sondagem realizada de acordo com a norma NBR-6484 de 02/2001 tipo SPT e NBR-6502 de 09/1995 com equipamento composto de:

- Torre com roldana e guincho;
- Tubos com revestimento com diâmetro;
- Amostrador tipo SPT com diâmetro externo de 2" e diâmetro interno de 1,38", com comprimento de 45cm;
- Martelo de cravação com peso de 65kg e altura de queda de 75cm;
- Tubo de descida Schedule-80 com diâmetro de 1";
- Trado concha para início de furo.

Realizados 2 furos com as seguintes profundidades:

Furo 01 - 5,00m

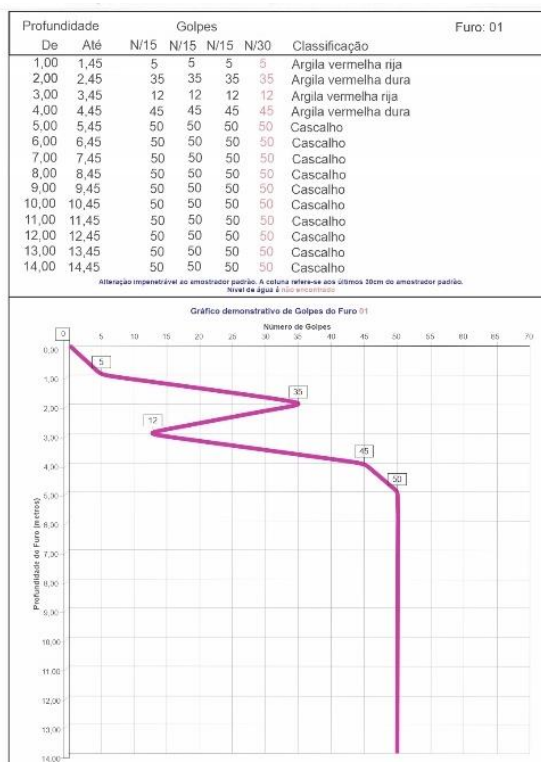
Furo 02 - 5,00m

Totalizando 10,00m.

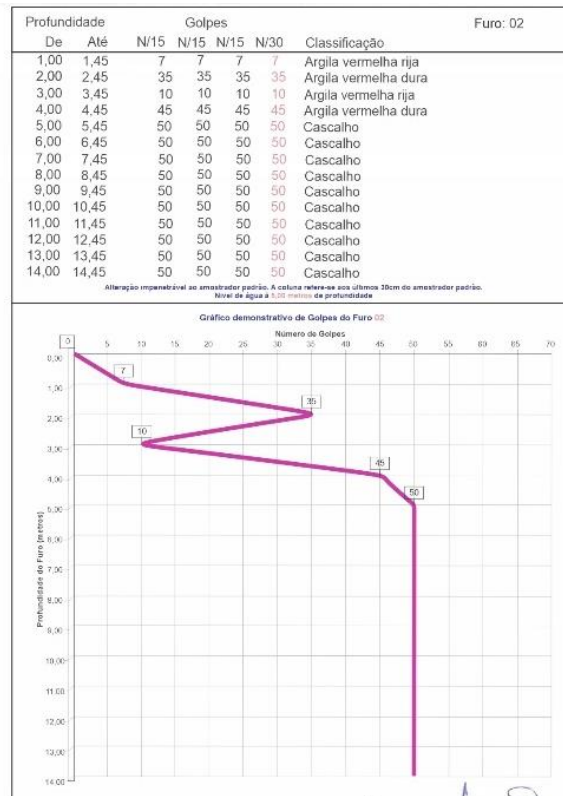
Anexo planta de locação dos furos e perfil individual dos furos

Consistência	Nº de Golpes (S.P.T.)	C. Simples - Kg/cm²
Muito mole	2	0,25
Mole	2 - 4	0,25 - 0,50
Média	4 - 8	0,50 - 1,00
Rija	8 - 15	1,00 - 2,00
Muito rija	15 - 30	2,00 - 4,00
Dura	maior que 30	4,00 - 8,00

Perfuração 1:



Perfuração 2:



Dados da sondagem - Código 24:

Sondagem de Reconhecimento de Solo

Proprietário	
Local	Rua Rio Negro, Itapagé - Latitude 27°21'28,33"S Longitude 53°24'22,46"W
Cidade	Frederico Westphalen - RS

Sondagem realizada de acordo com a norma NBR-6484 de 02/2001 tipo SPT e NBR-6502 de 09/1995 com equipamento composto de:

- Torre com roldana e guincho;
- Tubos com revestimento com diâmetro;
- Amostrador tipo SPT com diâmetro externo de 2" e diâmetro interno de 1,38", com comprimento de 45cm;
- Martelo de cravação com peso de 65kg e altura de queda de 75cm;
- Tubo de descida Schedule-80 com diâmetro de 1";
- Trado concha para início de furo.

Realizados 2 furos com as seguintes profundidades:

Furo 01 - 13,00m

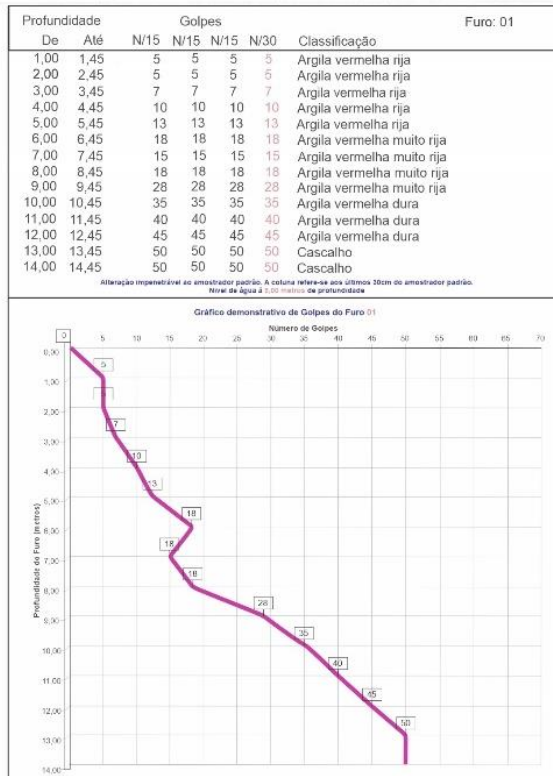
Furo 02 - 12,00m

Totalizando 25,00m.

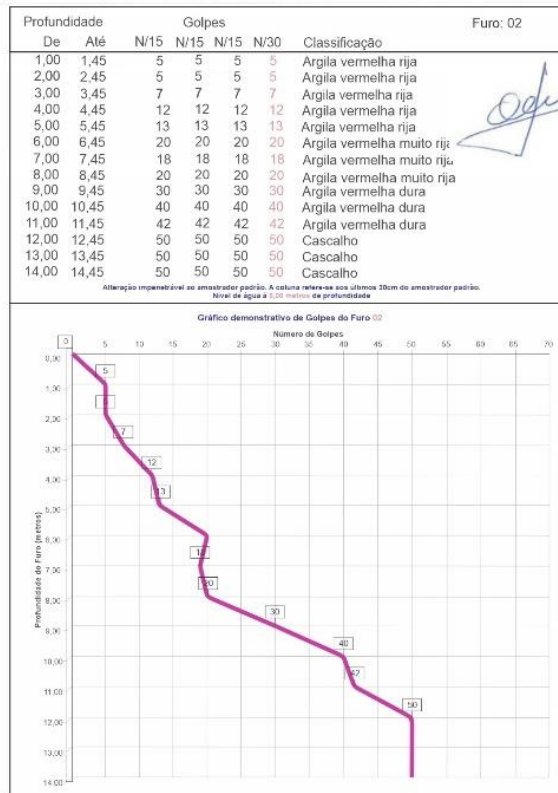
Anexo planta de locação dos furos e perfil individual dos furos

Consistência	Nº de Golpes (S.P.T.)	C. Simples - Kg/cm ²
Muito mole	2	0,25
Mole	2 - 4	0,25 - 0,50
Média	4 - 8	0,50 - 1,00
Rija	8 - 15	1,00 - 2,00
Muito rija	15 - 30	2,00 - 4,00
Dura	maior que 30	4,00 - 8,00

Perfuração 1:



Perfuração 2:



Dados da sondagem - Código 25:

Sondagem de Reconhecimento de Solo

Proprietário	
Local	Rua Theobaldo Shorr, Ipiranga - Latitude 27°21'32"S Longitude 53°23'20,30"W
Cidade	Frederico Westphalen - RS

Sondagem realizada de acordo com a norma NBR-6484 de 02/2001 tipo SPT e NBR-6502 de 09/1995 com equipamento composto de:

- Torre com roldana e guincho;
- Tubos com revestimento com diâmetro;
- Amostrador tipo SPT com diâmetro externo de 2" e diâmetro interno de 1,38", com comprimento de 45cm;
- Martelo de cravação com peso de 65kg e altura de queda de 75cm;
- Tubo de descida Schedule-80 com diâmetro de 1";
- Trado concha para início de furo.

Realizados 2 furos com as seguintes profundidades:

Furo 01 - 5,00m

Furo 02 - 5,00m

Totalizando 10,00m.

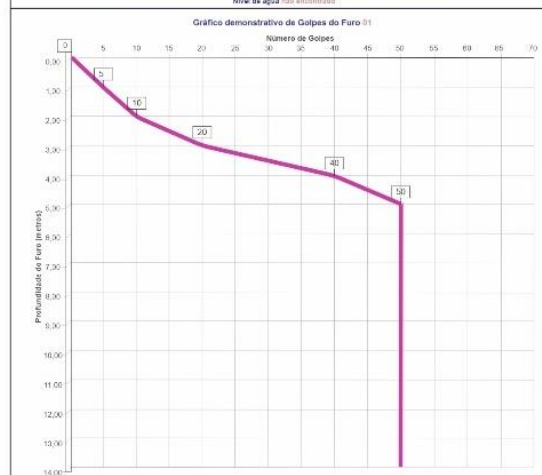
Anexo planta de locação dos furos e perfil individual dos furos

Consistência	Nº de Golpes (S.P.T.)	C. Simples - Kg/cm²
Muito mole	2	0,25
Mole	2 - 4	0,25 - 0,50
Média	4 - 8	0,50 - 1,00
Rija	8 - 15	1,00 - 2,00
Muito rija	15 - 30	2,00 - 4,00
Dura	maior que 30	4,00 - 8,00

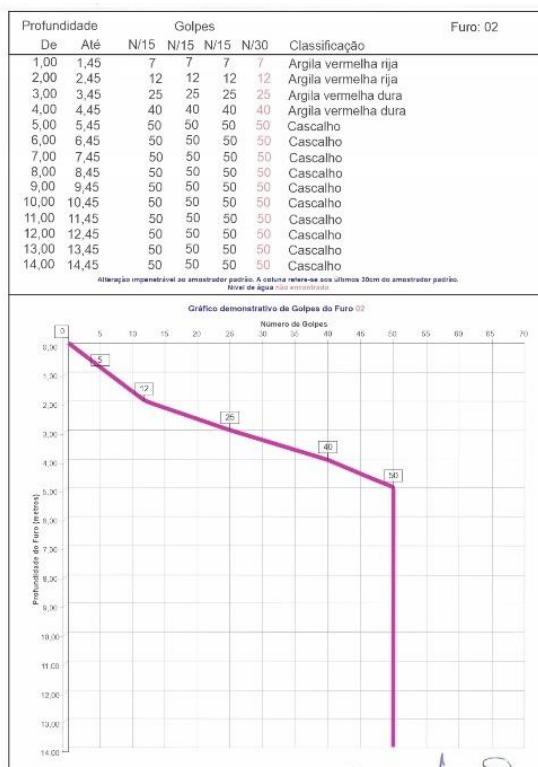
Perfuração 1:

Profundidade		Golpes				Classificação	Furo: 01
De	Até	N/15	N/15	N/15	N/30		
1,00	1,45	5	5	5	5	Argila vermelha rija	
2,00	2,45	10	10	10	10	Argila vermelha rija	
3,00	3,45	20	20	20	20	Argila vermelha muito rija	
4,00	4,45	40	40	40	40	Argila vermelha dura	
5,00	5,45	50	50	50	50	Cascalho	
6,00	6,45	50	50	50	50	Cascalho	
7,00	7,45	50	50	50	50	Cascalho	
8,00	8,45	50	50	50	50	Cascalho	
9,00	9,45	50	50	50	50	Cascalho	
10,00	10,45	50	50	50	50	Cascalho	
11,00	11,45	50	50	50	50	Cascalho	
12,00	12,45	50	50	50	50	Cascalho	
13,00	13,45	50	50	50	50	Cascalho	
14,00	14,45	50	50	50	50	Cascalho	

Alteração imperceptível ao amostrador padrão. A coluna refere-se aos últimos 30cm do amostrador padrão.
Nota: de acordo com a NBR 6484.



Perfuração 2:



Dados da sondagem - Código 26:

Sondagem de Reconhecimento de Solo

Proprietário	
Local	Rua Caxias do Sul, Ipiranga - Latitude 27°21'35,38"S Longitude 53°23'54,96"W
Cidade	Frederico Westphalen - RS

Sondagem realizada de acordo com a norma NBR-6484 de 02/2001 tipo SPT e NBR-6502 de 09/1995 com equipamento composto de:

- Torre com roldana e guincho;
- Tubos com revestimento com diâmetro;
- Amostrador tipo SPT com diâmetro externo de 2" e diâmetro interno de 1,38", com comprimento de 45cm;
- Martelo de cravação com peso de 65kg e altura de queda de 75cm;
- Tubo de descida Schedule-80 com diâmetro de 1";
- Trado concha para início de furo.

Realizados 2 furos com as seguintes profundidades:

Furo 01 - 5,00m

Furo 02 - 5,00m

Totalizando 10,00m.

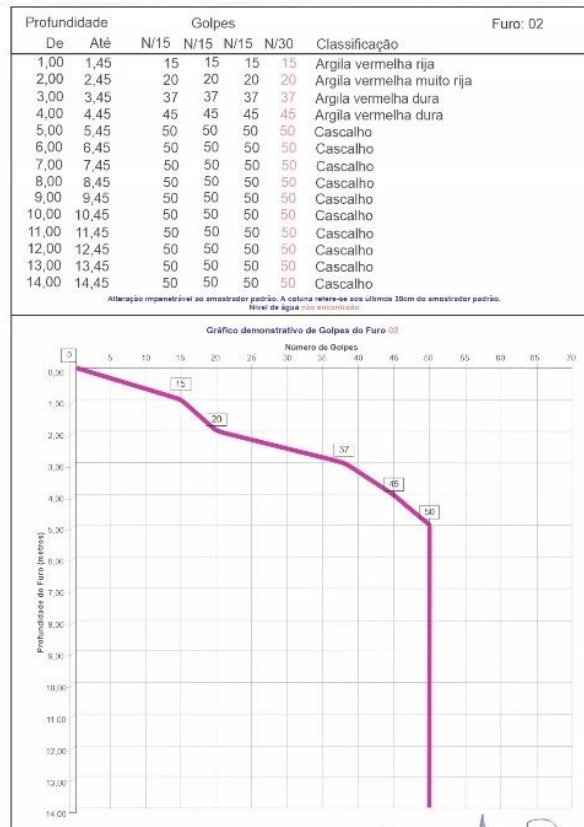
Anexo planta de locação dos furos e perfil individual dos furos

Consistência	Nº de Golpes (S.P.T.)	C. Simples - Kg/cm ²
Muito mole	2	0,25
Mole	2 - 4	0,25 - 0,50
Média	4 - 8	0,50 - 1,00
Rija	8 - 15	1,00 - 2,00
Muito rija	15 - 30	2,00 - 4,00
Dura	maior que 30	4,00 - 8,00

Perfuração 1:



Perfuração 2:



Dados da sondagem - Código 27:

Sondagem de Reconhecimento de Solo

Proprietário	
Local	Rua Calçara, Aparecida - Latitude 27°22'15,97"S Longitude 53°23'54,96"W
Cidade	Frederico Westphalen - RS

Sondagem realizada de acordo com a norma NBR-6484 de 02/2001 tipo SPT e NBR-6502 de 09/1995 com equipamento composto de:

- Torre com roldana e guincho;
- Tubos com revestimento com diâmetro;
- Amostrador tipo SPT com diâmetro externo de 2" e diâmetro interno de 1,38", com comprimento de 45cm;
- Martelo de cravação com peso de 65kg e altura de queda de 75cm;
- Tubo de descida Schedule-80 com diâmetro de 1";
- Trado concha para início de furo.

Realizados 2 furos com as seguintes profundidades:

Furo 01 - 8,00m

Furo 02 - 8,00m

Totalizando 16,00m.

Anexo planta de locação dos furos e perfil individual dos furos

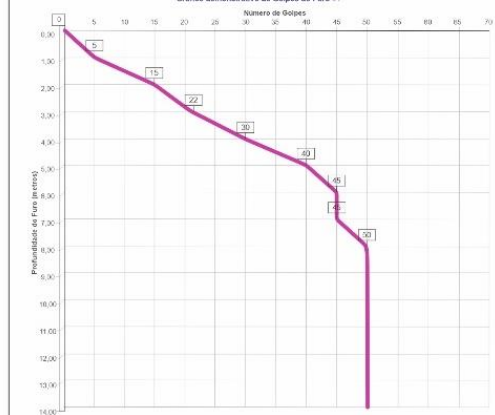
Consistência	Nº de Golpes (S.P.T.)	C. Simples - Kg/cm²
Muito mole	2	0,25
Mole	2 - 4	0,25 - 0,50
Média	4 - 8	0,50 - 1,00
Rija	8 - 15	1,00 - 2,00
Muito rija	15 - 30	2,00 - 4,00
Dura	maior que 30	4,00 - 8,00

Perfuração 1:

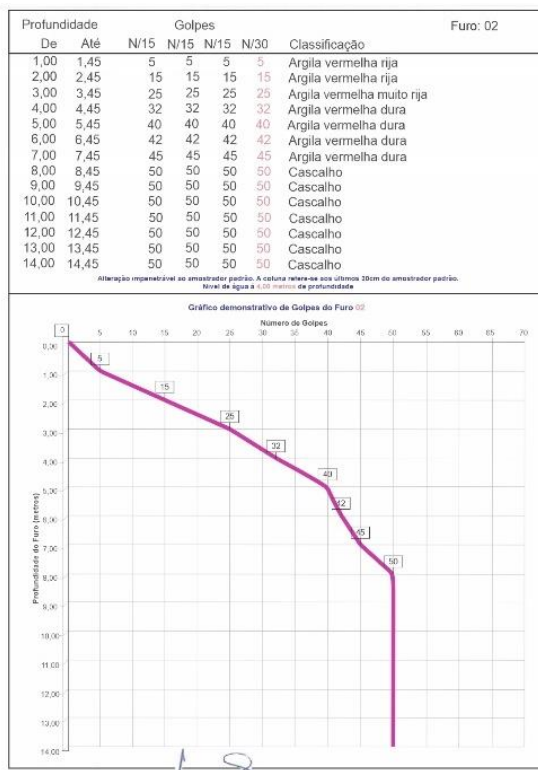
Profundidade	Golpes				Classificação	Furo: 01
	De	Até	N/15	N/30		
1,00	1,45	5	5	5	Argila vermelha rija	
2,00	2,45	15	15	15	Argila vermelha rija	
3,00	3,45	22	22	22	Argila vermelha muito rija	
4,00	4,45	30	30	30	Argila vermelha dura	
5,00	5,45	40	40	40	Argila vermelha dura	
6,00	6,45	45	45	45	Argila vermelha dura	
7,00	7,45	45	45	45	Argila vermelha dura	
8,00	8,45	50	50	50	Cascalho	
9,00	9,45	50	50	50	Cascalho	
10,00	10,45	50	50	50	Cascalho	
11,00	11,45	50	50	50	Cascalho	
12,00	12,45	50	50	50	Cascalho	
13,00	13,45	50	50	50	Cascalho	
14,00	14,45	50	50	50	Cascalho	

Atenção: repensável ao amostrador padrão. A coluna refere-se aos últimos 30cm de amostrador padrão.

Gráfico demonstrativo de Golpes do Furo 01



Perfuração 2:



Dados da sondagem - Código 28:

Sondagem de Reconhecimento de Solo

Proprietário	
Local	Rua Guanabara, Aparecida - Latitude 27°21'59.73"S Longitude 53°23'57"W
Cidade	Frederico Westphalen - RS

Sondagem realizada de acordo com a norma NBR-6484 de 02/2001 tipo SPT e NBR-6502 de 09/1995 com equipamento composto de:

- Torre com roldana e guincho;
- Tubos com revestimento com diâmetro;
- Amostrador tipo SPT com diâmetro externo de 2" e diâmetro interno de 1,38", com comprimento de 45cm;
- Martelo de cravação com peso de 65kg e altura de queda de 75cm;
- Tubo de descida Schedule-80 com diâmetro de 1";
- Trado concha para início de furo.

Realizados 2 furos com as seguintes profundidades:

Furo 01 - 8,00m

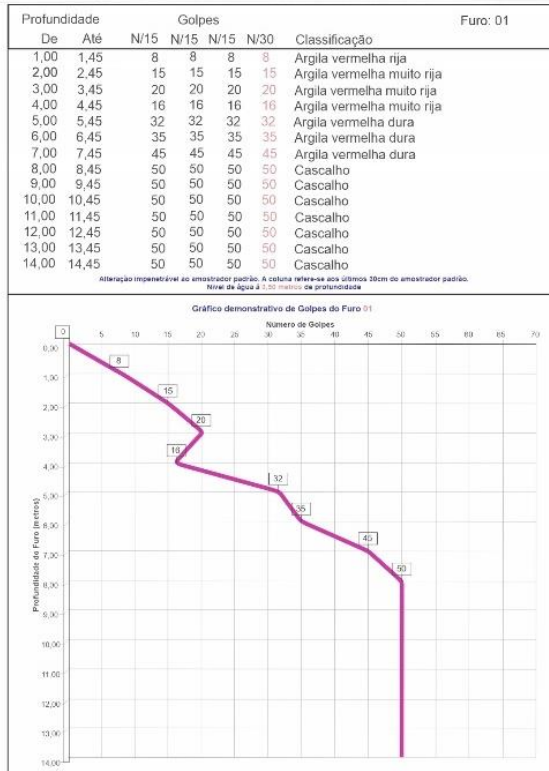
Furo 02 - 7,00m

Totalizando 15,00m.

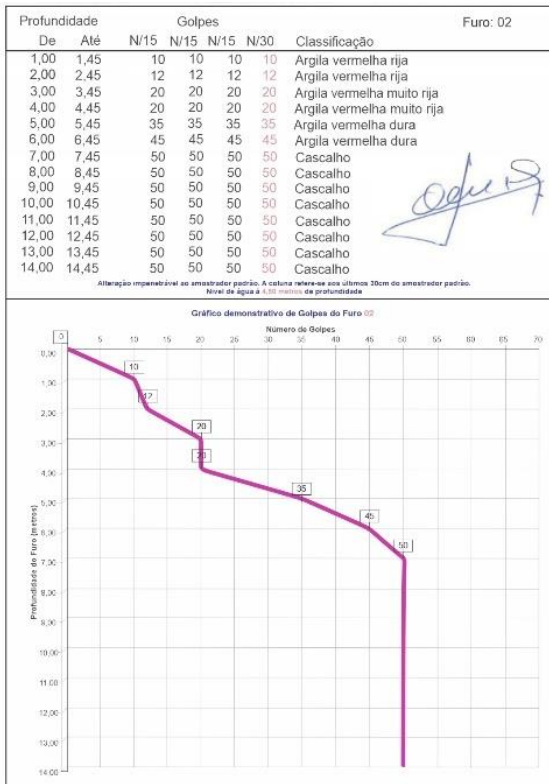
Anexo planta de locação dos furos e perfil individual dos furos

Consistência	Nº de Golpes (S.P.T.)	C. Simples - Kg/cm ²
Muito mole	2	0,25
Mole	2 - 4	0,25 - 0,50
Média	4 - 8	0,50 - 1,00
Rija	8 - 15	1,00 - 2,00
Muito rija	15 - 30	2,00 - 4,00
Dura	maior que 30	4,00 - 8,00

Perfuração 1:



Perfuração 2:



Dados da sondagem - Código 29:

Sondagem de Reconhecimento de Solo

Proprietário	
Local	Rua Marasca, Faguense - Latitude 27°22'4,00"S Longitude 53°24'58,12"W
Cidade	Frederico Westphalen - RS

Sondagem realizada de acordo com a norma NBR-6484 de 02/2001 tipo SPT e NBR-6502 de 09/1995 com equipamento composto de:

- Torre com roldana e guincho;
- Tubos com revestimento com diâmetro;
- Amostrador tipo SPT com diâmetro externo de 2" e diâmetro interno de 1,38", com comprimento de 45cm;
- Martelo de cravação com peso de 65kg e altura de queda de 75cm;
- Tubo de descida Schedule-80 com diâmetro de 1";
- Trado concha para início de furo.

Realizados 2 furos com as seguintes profundidades:

Furo 01 - 5,00m

Furo 02 - 5,00m

Totalizando 10,00m.

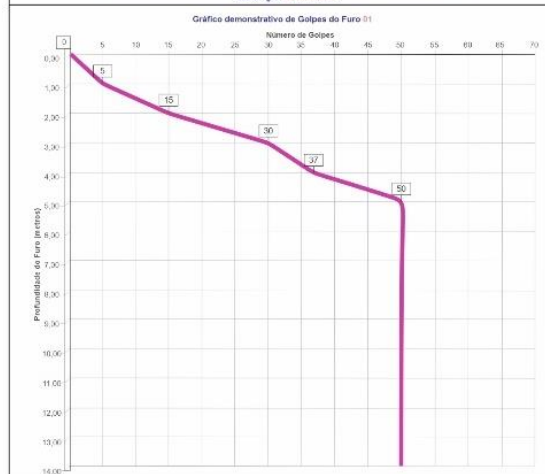
Anexo planta de locação dos furos e perfil individual dos furos

Consistência	Nº de Golpes (S.P.T.)	C. Simples - Kg/cm²
Muito mole	2	0,25
Mole	2 - 4	0,25 - 0,50
Média	4 - 8	0,50 - 1,00
Rija	8 - 15	1,00 - 2,00
Muito rija	15 - 30	2,00 - 4,00
Dura	maior que 30	4,00 - 8,00

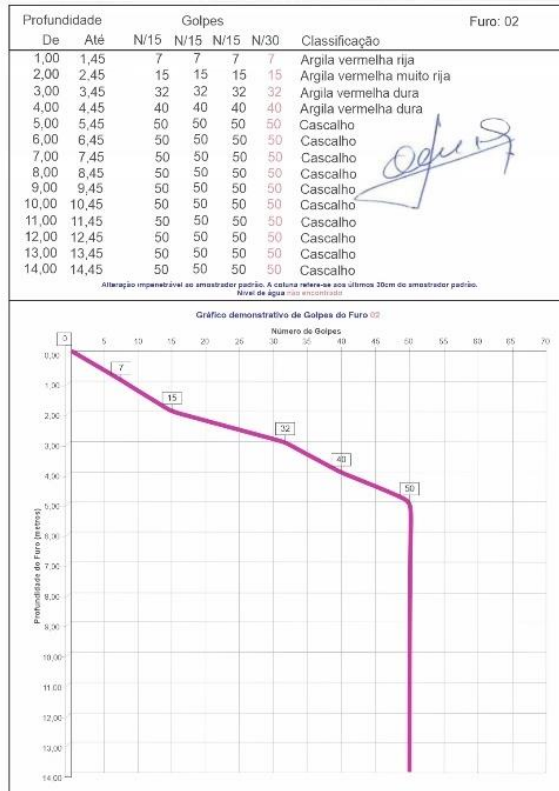
Perfuração 1:

Profundidade	Golpes				Classificação	Furo: 01
	De	Até	N/15	N/30		
1,00	1,45		5	5	Argila vermelha rija	
2,00	2,45		15	15	Argila vermelha muito rija	
3,00	3,45		30	30	Argila vermelha dura	
4,00	4,45		37	37	Argila vermelha dura	
5,00	5,45		50	50	Cascalho	
6,00	6,45		50	50	Cascalho	
7,00	7,45		50	50	Cascalho	
8,00	8,45		50	50	Cascalho	
9,00	9,45		50	50	Cascalho	
10,00	10,45		50	50	Cascalho	
11,00	11,45		50	50	Cascalho	
12,00	12,45		50	50	Cascalho	
13,00	13,45		50	50	Cascalho	
14,00	14,45		50	50	Cascalho	

Atenção: Impedimento no amostrador padrão. A coluna refere-se aos últimos 10cm do amostrador padrão.



Perfuração 2:



Dados da sondagem - Código 30:

Sondagem de Reconhecimento de Solo

Proprietário	
Local	Rua Alberto Josue Lizot, Aparecida - Latitude 27°22'24,73"S Longitude 53°24'16,85"W
Cidade	Frederico Westphalen - RS

Sondagem realizada de acordo com a norma NBR-6484 de 02/2001 tipo SPT e NBR-6502 de 09/1995 com equipamento composto de:

- Torre com roldana e guincho;
- Tubos com revestimento com diâmetro;
- Amostrador tipo SPT com diâmetro externo de 2" e diâmetro interno de 1,38", com comprimento de 45cm;
- Martelo de cravação com peso de 65kg e altura de queda de 75cm;
- Tubo de descida Schedule-80 com diâmetro de 1";
- Trado concha para início de furo.

Realizados 2 furos com as seguintes profundidades:

Furo 01 - 10,00m

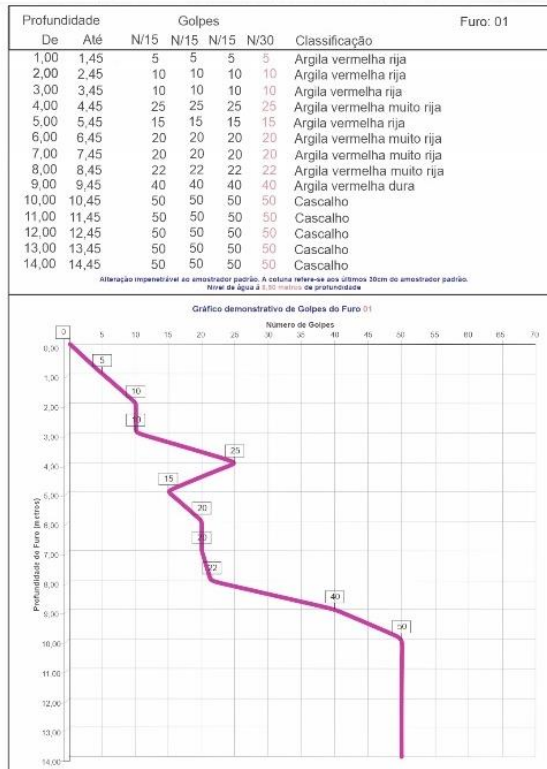
Furo 02 - 11,00m

Totalizando 20,00m.

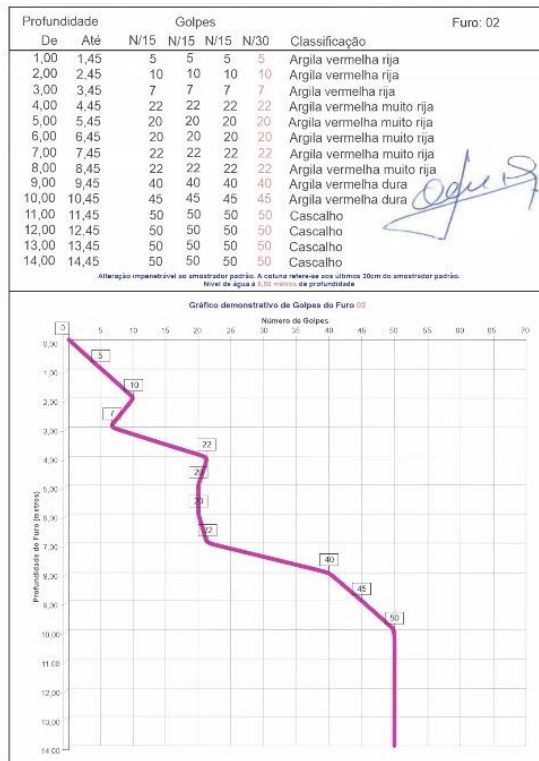
Anexo planta de locação dos furos e perfil individual dos furos

Consistência	Nº de Golpes (S.P.T.)	C. Simples - Kg/cm ²
Muito mole	2	0,25
Mole	2 - 4	0,25 - 0,50
Média	4 - 8	0,50 - 1,00
Rija	8 - 15	1,00 - 2,00
Muito rija	15 - 30	2,00 - 4,00
Dura	maior que 30	4,00 - 8,00

Perfuração 1:



Perfuração 2:



Dados da sondagem - Código 31:

Sondagem de Reconhecimento de Solo

Proprietário	
Local	Rua 96, São Cristóvão - Latitude 27°23'11,56"S Longitude 53°24'3,48"W
Cidade	Frederico Westphalen - RS

Sondagem realizada de acordo com a norma NBR-6484 de 02/2001 tipo SPT e NBR-6502 de 09/1995 com equipamento composto de:

- Torre com roldana e guincho;
- Tubos com revestimento com diâmetro;
- Amostrador tipo SPT com diâmetro externo de 2" e diâmetro interno de 1,38", com comprimento de 45cm;
- Martelo de cravação com peso de 65kg e altura de queda de 75cm;
- Tubo de descida Schedule-80 com diâmetro de 1";
- Trado concha para início de furo.

Realizados 2 furos com as seguintes profundidades:

Furo 01 - 12,00m

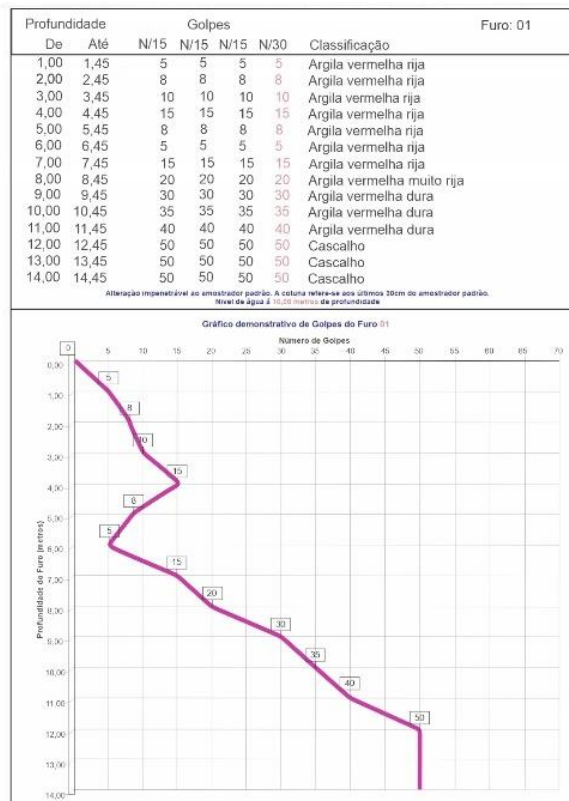
Furo 02 - 12,00m

Totalizando 24,00m.

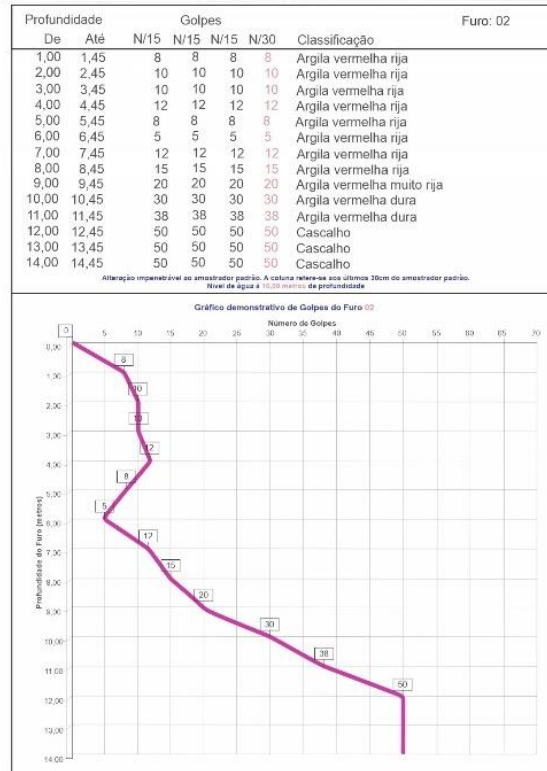
Anexo planta de locação dos furos e perfil individual dos furos

Consistência	Nº de Golpes (S.P.T.)	C. Simples - Kg/cm ²
Muito mole	2	0,25
Mole	2 - 4	0,25 - 0,50
Média	4 - 8	0,50 - 1,00
Rija	8 - 15	1,00 - 2,00
Muito rija	15 - 30	2,00 - 4,00
Dura	maior que 30	4,00 - 8,00

Perfuração 1:



Perfuração 2:



Dados da sondagem - Código 32:

Sondagem de Reconhecimento de Solo

Proprietário	
Local	Rua 15 de novembro, Itapagé - Latitude 27°21'45.88"S Longitude 53°24'16.42"W
Cidade	Frederico Westphalen - RS

Sondagem realizada de acordo com a norma NBR-6484 de 02/2001 tipo SPT e NBR-6502 de 09/1995 com equipamento composto de:

- Torre com roldana e guincho;
- Tubos com revestimento com diâmetro;
- Amostrador tipo SPT com diâmetro externo de 2" e diâmetro interno de 1,38", com comprimento de 45cm;
- Martelo de cravação com peso de 65kg e altura de queda de 75cm;
- Tubo de descida Schedule-80 com diâmetro de 1";
- Trado concha para início de furo.

Realizados 2 furos com as seguintes profundidades:

Furo 01 - 14,00m

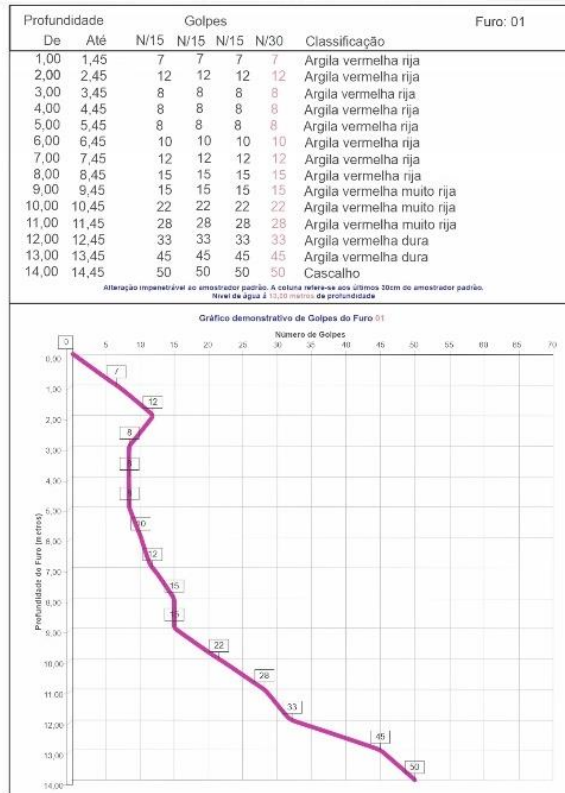
Furo 02 - 14,00m

Totalizando 28,00m.

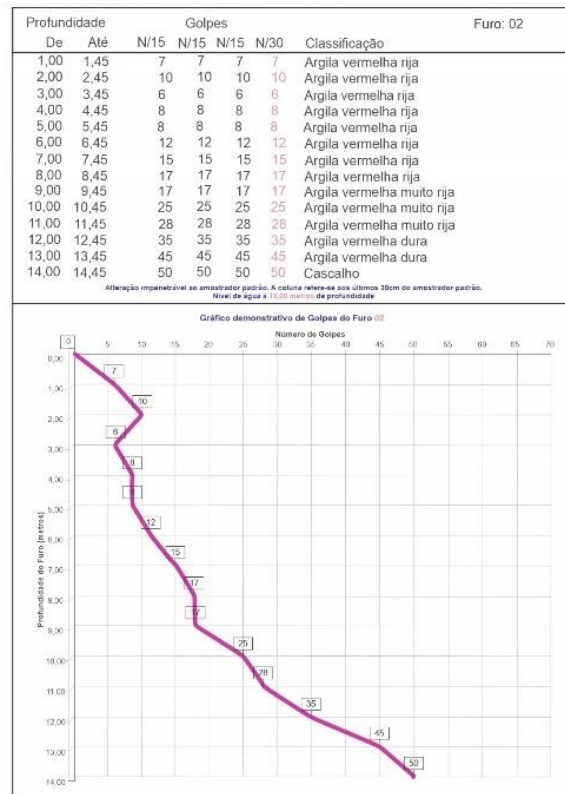
Anexo planta de locação dos furos e perfil individual dos furos

Consistência	Nº de Golpes (S.P.T.)	C. Simples - Kg/cm²
Muito mole	2	0,25
Mole	2 - 4	0,25 - 0,50
Média	4 - 8	0,50 - 1,00
Rija	8 - 15	1,00 - 2,00
Muito rija	15 - 30	2,00 - 4,00
Dura	maior que 30	4,00 - 8,00

Perfuração 1:



Perfuração 2:



Dados da sondagem - Código 33:

Sondagem de Reconhecimento de Solo

Proprietário	
Local	Rua Brasília, Itapagé - Latitude 27°21'44,96"S Longitude 53°24'15,35"W
Cidade	Frederico Westphalen - RS

Sondagem realizada de acordo com a norma NBR-6484 de 02/2001 tipo SPT e NBR-6502 de 09/1995 com equipamento composto de:

- Torre com roldana e guincho;
- Tubos com revestimento com diâmetro;
- Amostrador tipo SPT com diâmetro externo de 2" e diâmetro interno de 1,38", com comprimento de 45cm;
- Martelo de cravação com peso de 65kg e altura de queda de 75cm;
- Tubo de descida Schedule-80 com diâmetro de 1";
- Trado concha para início de furo.

Realizados 2 furos com as seguintes profundidades:

Furo 01 - 13,00m

Furo 02 - 13,00m

Totalizando 26,00m.

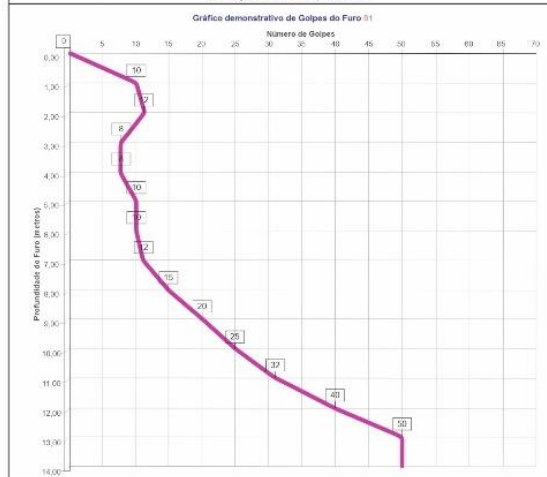
Anexo planta de locação dos furos e perfil individual dos furos

Consistência	Nº de Golpes (S.P.T.)	C. Simples - Kg/cm ²
Muito mole	2	0,25
Mole	2 - 4	0,25 - 0,50
Média	4 - 8	0,50 - 1,00
Rija	8 - 15	1,00 - 2,00
Muito rija	15 - 30	2,00 - 4,00
Dura	maior que 30	4,00 - 8,00

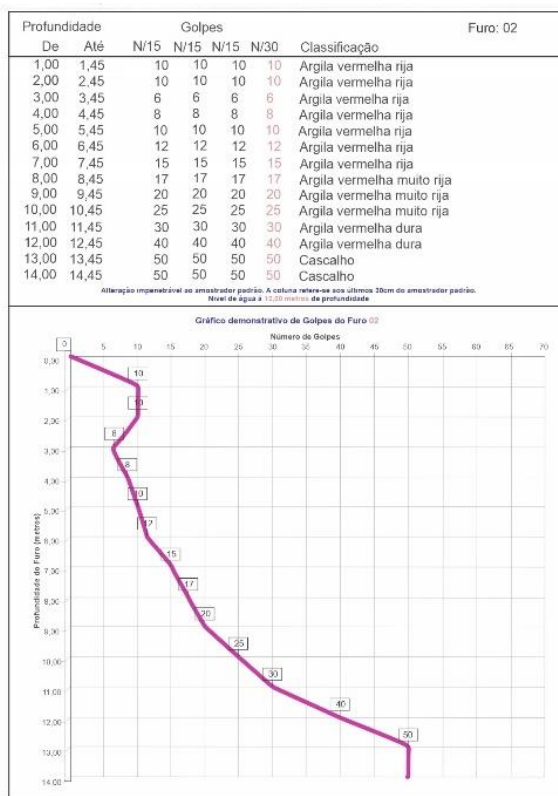
Perfuração 1:

Profundidade		Golpes				Classificação	Furo: 01
De	Até	N/15	N/15	N/15	N/30		
1,00	1,45	10	10	10	10	Argila vermelha rija	
2,00	2,45	12	12	12	12	Argila vermelha rija	
3,00	3,45	8	8	8	8	Argila vermelha rija	
4,00	4,45	8	8	8	8	Argila vermelha rija	
5,00	5,45	10	10	10	10	Argila vermelha rija	
6,00	6,45	10	10	10	10	Argila vermelha rija	
7,00	7,45	12	12	12	12	Argila vermelha rija	
8,00	8,45	15	15	15	15	Argila vermelha rija	
9,00	9,45	20	20	20	20	Argila vermelha muito rija	
10,00	10,45	25	25	25	25	Argila vermelha muito rija	
11,00	11,45	32	32	32	32	Argila vermelha dura	
12,00	12,45	40	40	40	40	Argila vermelha dura	
13,00	13,45	50	50	50	50	Cascalho	
14,00	14,45	50	50	50	50	Cascalho	

Atenção: Impensável ao amostrador padrão. A cota refere-se aos últimos 10cm do amostrador padrão.
Nível da água à 13,00 metros de profundidade.



Perfuração 2:



Dados da sondagem - Código 34:

Sondagem de Reconhecimento de Solo

Proprietário	
Local	Rua Brasília, Itapagé - Latitude 27°21'45.73"S Longitude 53°24'15.37"W
Cidade	Frederico Westphalen - RS

Sondagem realizada de acordo com a norma NBR-6484 de 02/2001 tipo SPT e NBR-6502 de 09/1995 com equipamento composto de:

- Torre com roldana e guincho;
- Tubos com revestimento com diâmetro;
- Amostrador tipo SPT com diâmetro externo de 2" e diâmetro interno de 1,38", com comprimento de 45cm;
- Martelo de cravação com peso de 65kg e altura de queda de 75cm;
- Tubo de descida Schedule-80 com diâmetro de 1";
- Trado concha para início de furo.

Realizados 2 furos com as seguintes profundidades:

Furo 01 - 14,00m

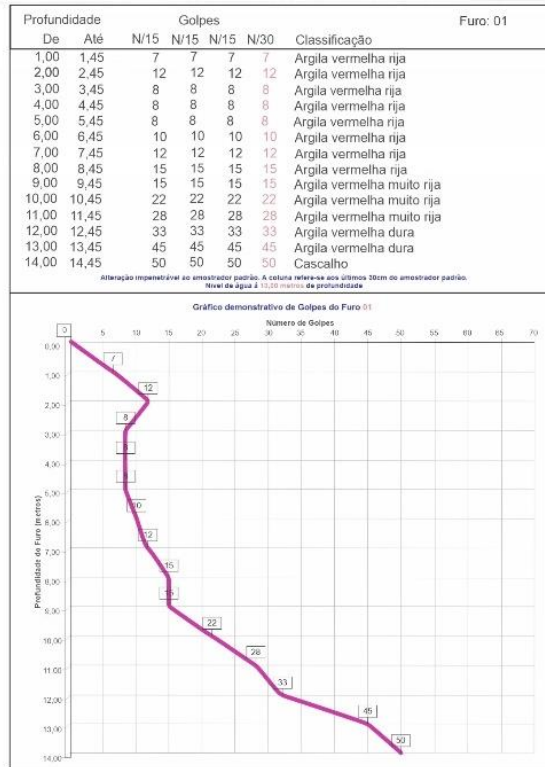
Furo 02 - 14,00m

Totalizando 28,00m.

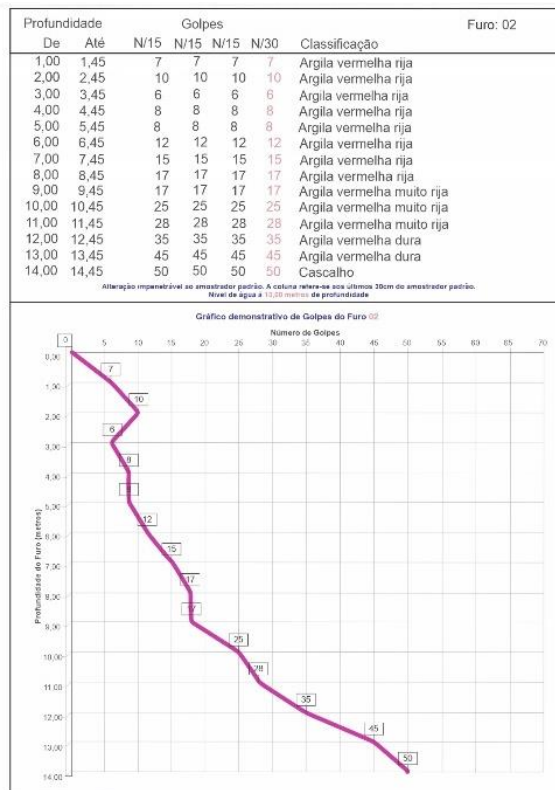
Anexo planta de locação dos furos e perfil individual dos furos

Consistência	Nº de Golpes (S.P.T.)	C. Simples - Kg/cm²
Muito mole	2	0,25
Mole	2 - 4	0,25 - 0,50
Média	4 - 8	0,50 - 1,00
Rija	8 - 15	1,00 - 2,00
Muito rija	15 - 30	2,00 - 4,00
Dura	maior que 30	4,00 - 8,00

Perfuração 1:



Perfuração 2:



Dados da sondagem - Código 35:

Sondagem de Reconhecimento de Solo

Proprietário	
Local	Rua União, Faguense - Latitude 27°21'50.64"S Longitude 53°25'28.82"W
Cidade	Frederico Westphalen - RS

Sondagem realizada de acordo com a norma NBR-6484 de 02/2001 tipo SPT e NBR-6502 de 09/1995 com equipamento composto de:

- Torre com roldana e guincho;
- Tubos com revestimento com diâmetro; \varnothing
- Amostrador tipo SPT com diâmetro externo de 2" e diâmetro interno de 1,38", com comprimento de 45cm;
- Martelo de cravação com peso de 65kg e altura de queda de 75cm;
- Tubo de descida Schedule-80 com diâmetro de 1";
- Trado concha para início de furo.

Realizados 2 furos com as seguintes profundidades:

Furo 01 - 5,00m

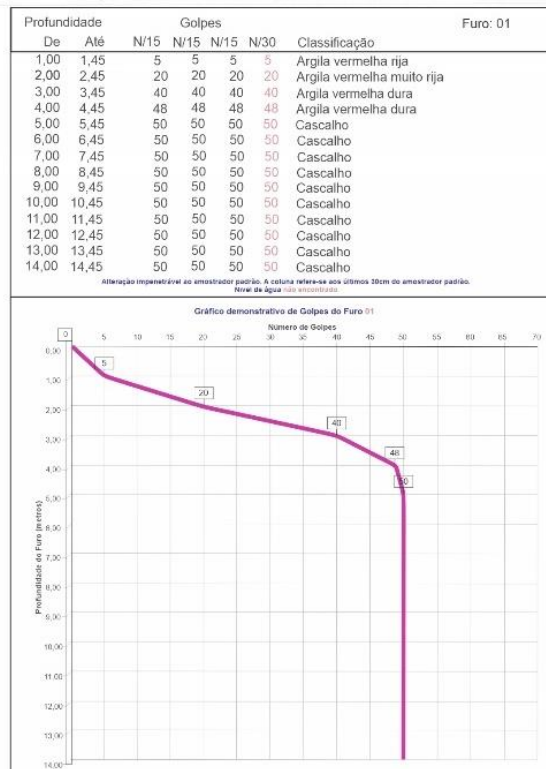
Furo 02 - 5,00m

Totalizando 10,00m.

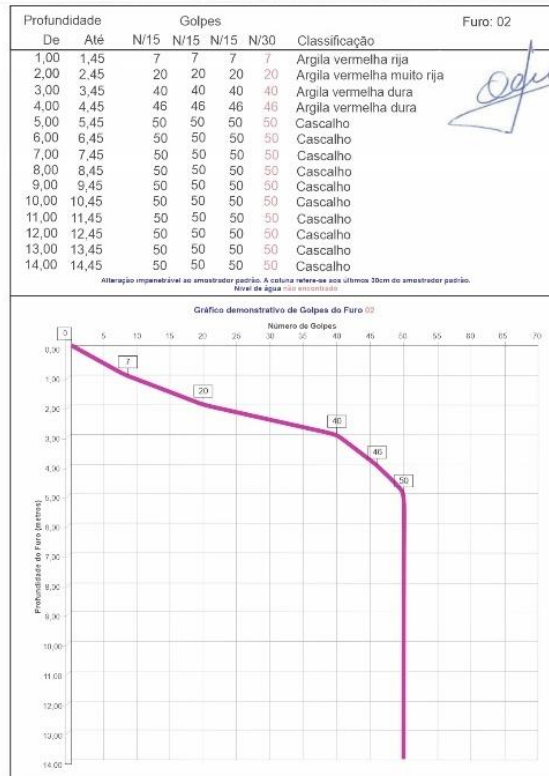
Anexo planta de locação dos furos e perfil individual dos furos

Consistência	Nº de Golpes (S.P.T.)	C. Simples - Kg/cm ²
Muito mole	2	0,25
Mole	2 - 4	0,25 - 0,50
Média	4 - 8	0,50 - 1,00
Rija	8 - 15	1,00 - 2,00
Muito rija	15 - 30	2,00 - 4,00
Dura	maior que 30	4,00 - 8,00

Perfuração 1:



Perfuração 2:



Dados da sondagem - Código 36:

Sondagem de Reconhecimento de Solo

Proprietário	
Local	Rua Tome de Souza, Ipiranga - Latitude 27°21'32,65"S Longitude 53°23'13,67"W
Cidade	Frederico Westphalen - RS

Sondagem realizada de acordo com a norma NBR-6484 de 02/2001 tipo SPT e NBR-6502 de 09/1995 com equipamento composto de:

- Torre com roldana e guincho;
- Tubos com revestimento com diâmetro; 76
- Amostrador tipo SPT com diâmetro externo de 2" e diâmetro interno de 1,38", com comprimento de 45cm;
- Martelo de cravação com peso de 65kg e altura de queda de 75cm;
- Tubo de descida Schedule-80 com diâmetro de 1";
- Trado concha para início de furo.

Realizados 2 furos com as seguintes profundidades:

Furo 01 - 6,00m

Furo 02 - 7,00m

Totalizando 13,00m.

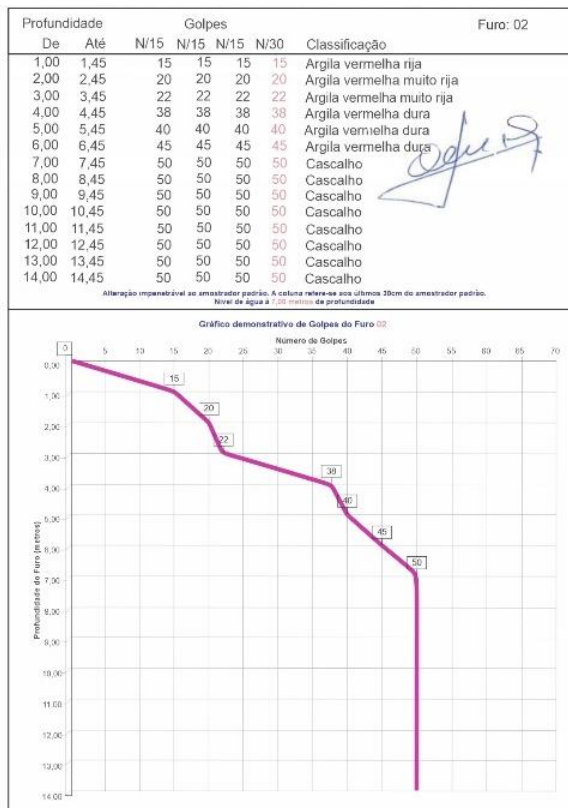
Anexo planta de locação dos furos e perfil individual dos furos

Consistência	Nº de Golpes (S.P.T.)	C. Simples - Kg/cm²
Muito mole	2	0,25
Mole	2 - 4	0,25 - 0,50
Média	4 - 8	0,50 - 1,00
Rija	8 - 15	1,00 - 2,00
Muito rija	15 - 30	2,00 - 4,00
Dura	maior que 30	4,00 - 8,00

Perfuração 1:



Perfuração 2:



Dados da sondagem - Código 37:

Sondagem de Reconhecimento de Solo

Proprietário	
Local	Rua Cal, Aparecida - Latitude 27°21'52,57"S Longitude 53°23'55,89"W
Cidade	Frederico Westphalen - RS

Sondagem realizada de acordo com a norma NBR-6484 de 02/2001 tipo SPT e NBR-6502 de 09/1995 com equipamento composto de:

- Torre com roldana e guincho;
- Tubos com revestimento com diâmetro;
- Amostrador tipo SPT com diâmetro externo de 2" e diâmetro interno de 1,38", com comprimento de 45cm;
- Martelo de cravação com peso de 65kg e altura de queda de 75cm;
- Tubo de descida Schedule-80 com diâmetro de 1";
- Trado concha para início de furo.

Realizados 2 furos com as seguintes profundidades:

Furo 01 - 9,00m

Furo 02 - 9,00m

Totalizando 18,00m.

Anexo planta de locação dos furos e perfil individual dos furos

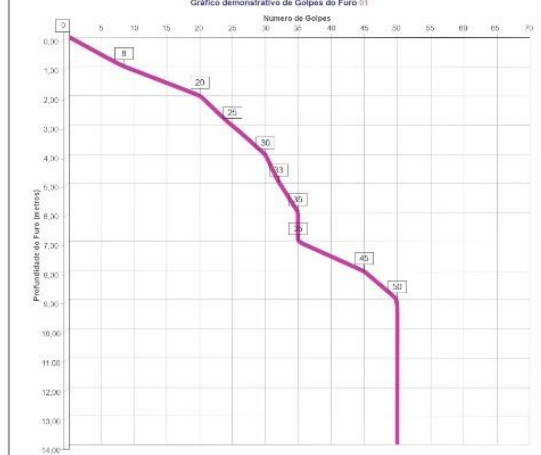
Consistência	Nº de Golpes (S.P.T.)	C. Simples - Kg/cm²
Muito mole	2	0,25
Mole	2 - 4	0,25 - 0,50
Média	4 - 8	0,50 - 1,00
Rija	8 - 15	1,00 - 2,00
Muito rija	15 - 30	2,00 - 4,00
Dura	maior que 30	4,00 - 8,00

Perfuração 1:

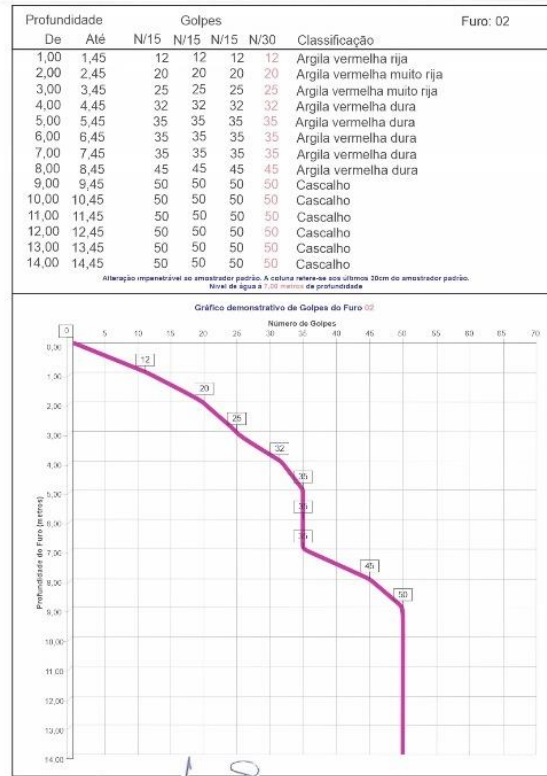
Profundidade		Golpes				Classificação	Furo: 01
De	Até	N/15	N/15	N/15	N/30		
1,00	1,45	8	8	8	8	Argila vermelha rija	
2,00	2,45	20	20	20	20	Argila vermelha muito rija	
3,00	3,45	25	25	25	25	Argila vermelha muito rija	
4,00	4,45	30	30	30	30	Argila vermelha dura	
5,00	5,45	33	33	33	33	Argila vermelha dura	
6,00	6,45	35	35	35	35	Argila vermelha dura	
7,00	7,45	35	35	35	35	Argila vermelha dura	
8,00	8,45	45	45	45	45	Argila vermelha dura	
9,00	9,45	50	50	50	50	Cascalho	
10,00	10,45	50	50	50	50	Cascalho	
11,00	11,45	50	50	50	50	Cascalho	
12,00	12,45	50	50	50	50	Cascalho	
13,00	13,45	50	50	50	50	Cascalho	
14,00	14,45	50	50	50	50	Cascalho	

Alteração imperceptível ao amostrador padrão. A coluna refere-se aos últimos 20cm do amostrador padrão.

Gráfico demonstrativo de Golpes do Furo 01



Perfuração 2:



Dados da sondagem - Código 38:

Sondagem de Reconhecimento de Solo

Proprietário	
Local	Avenida das Industrias, Distrito Industrial - Latitude 27°20'57.62"S Longitude 53°23'4.51"W
Cidade	Frederico Westphalen - RS

Sondagem realizada de acordo com a norma NBR-6484 de 02/2001 tipo SPT e NBR-6502 de 09/1995 com equipamento composto de:

- Torre com roldana e guincho;
- Tubos com revestimento com diâmetro;
- Amostrador tipo SPT com diâmetro externo de 2" e diâmetro interno de 1,38", com comprimento de 45cm;
- Martelo de cravação com peso de 65kg e altura de queda de 75cm;
- Tubo de descida Schedule-80 com diâmetro de 1";
- Trado concha para início de furo.

Realizados 2 furos com as seguintes profundidades:

Furo 01 - 3,00m

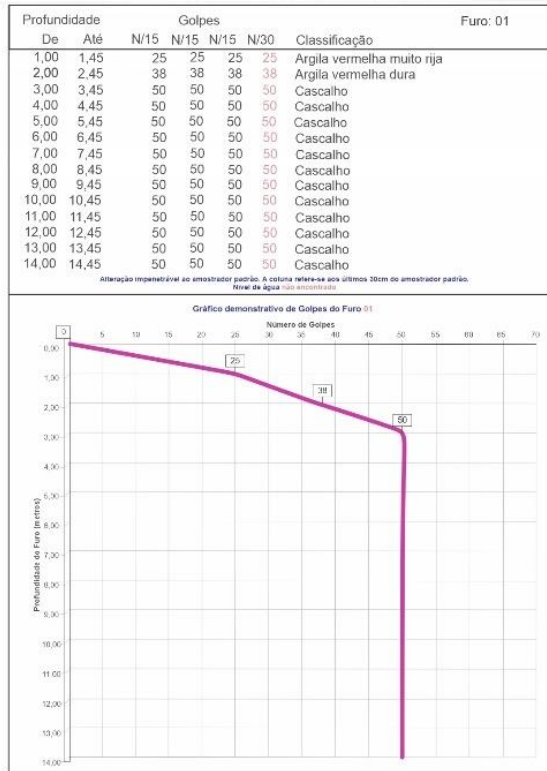
Furo 02 - 3,00m

Totalizando 6,00m.

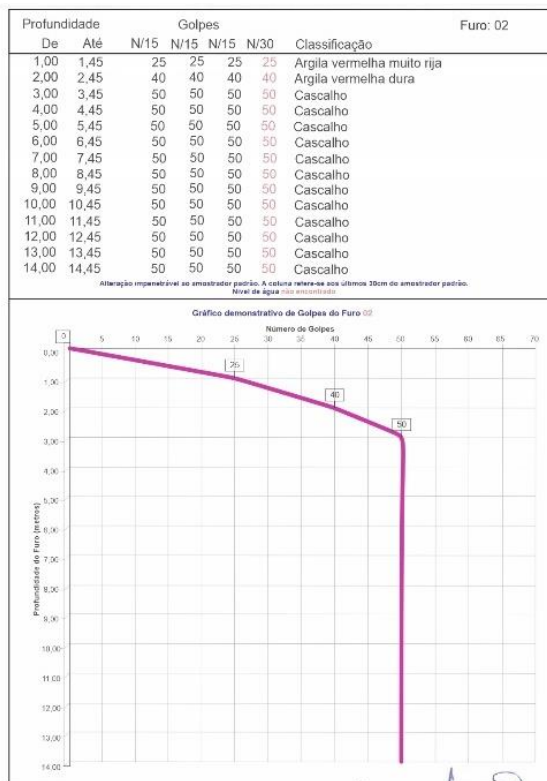
Anexo planta de locação dos furos e perfil individual dos furos

Consistência	Nº de Golpes (S.P.T.)	C. Simples - Kg/cm²
Muito mole	2	0,25
Mole	2 - 4	0,25 - 0,50
Média	4 - 8	0,50 - 1,00
Rija	8 - 15	1,00 - 2,00
Muito rija	15 - 30	2,00 - 4,00
Dura	maior que 30	4,00 - 8,00

Perfuração 1:



Perfuração 2:



Dados da sondagem - Código 39:

Sondagem de Reconhecimento de Solo

Proprietário	
Local	Rua 154, Distrito Industrial - Latitude 27°20'40.40"S Longitude 53°22'47.85"W
Cidade	Frederico Westphalen - RS

Sondagem realizada de acordo com a norma NBR-6484 de 02/2001 tipo SPT e NBR-6502 de 09/1995 com equipamento composto de:

- Torre com roldana e guincho;
- Tubos com revestimento com diâmetro;
- Amostrador tipo SPT com diâmetro externo de 2" e diâmetro interno de 1,38", com comprimento de 45cm;
- Martelo de cravação com peso de 65kg e altura de queda de 75cm;
- Tubo de descida Schedule-80 com diâmetro de 1";
- Trado concha para início de furo.

Realizados 2 furos com as seguintes profundidades:

Furo 01 - 4,00m

Furo 02 - 4,00m

Totalizando 8,00m.

Anexo planta de locação dos furos e perfil individual dos furos

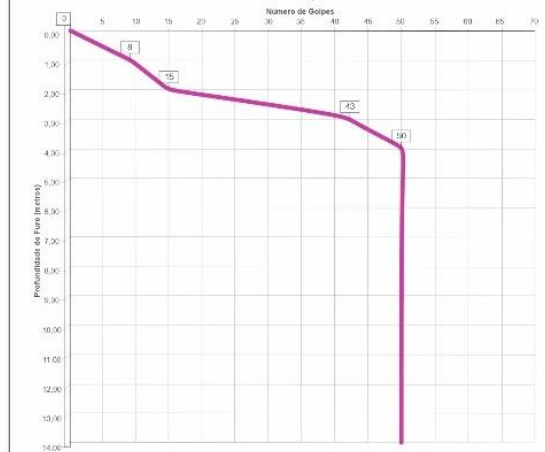
Consistência	Nº de Golpes (S.P.T.)	C. Simples - Kg/cm²
Muito mole	2	0,25
Mole	2 - 4	0,25 - 0,50
Média	4 - 8	0,50 - 1,00
Rija	8 - 15	1,00 - 2,00
Muito rija	15 - 30	2,00 - 4,00
Dura	maior que 30	4,00 - 8,00

Perfuração 1:

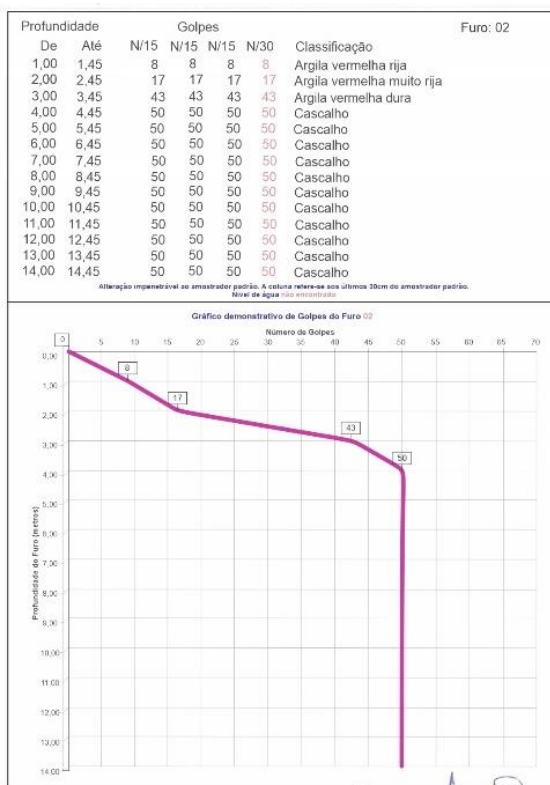
Profundidade		Golpes				Classificação	Furo: 01
De	Até	N/15	N/15	N/15	N/30		
1,00	1,45	8	8	8	8	Argila vermelha rija	
2,00	2,45	15	15	15	15	Argila vermelha rija	
3,00	3,45	43	43	43	43	Argila vermelha dura	
4,00	4,45	50	50	50	50	Cascalho	
5,00	5,45	50	50	50	50	Cascalho	
6,00	6,45	50	50	50	50	Cascalho	
7,00	7,45	50	50	50	50	Cascalho	
8,00	8,45	50	50	50	50	Cascalho	
9,00	9,45	50	50	50	50	Cascalho	
10,00	10,45	50	50	50	50	Cascalho	
11,00	11,45	50	50	50	50	Cascalho	
12,00	12,45	50	50	50	50	Cascalho	
13,00	13,45	50	50	50	50	Cascalho	
14,00	14,45	50	50	50	50	Cascalho	

Atenção: Impedimento ao amostrador padrão. A coluna refere-se aos últimos 30cm do amostrador padrão.

Gráfico demonstrativo de Golpes do Furo 01



Perfuração 2:



Dados da sondagem - Código 40:

Sondagem de Reconhecimento de Solo

Proprietário	
Local	Rua Canário, Panosso- Latitude 27°22'2.41"S Longitude 53°23'42.09"W
Cidade	Frederico Westphalen - RS

Sondagem realizada de acordo com a norma NBR-6484 de 02/2001 tipo SPT e NBR-6502 de 09/1995 com equipamento composto de:

- Torre com roldana e guincho;
- Tubos com revestimento com diâmetro;
- Amostrador tipo SPT com diâmetro externo de 2" e diâmetro interno de 1,38", com comprimento de 45cm;
- Martelo de cravação com peso de 65kg e altura de queda de 75cm;
- Tubo de descida Schedule-80 com diâmetro de 1";
- Trado concha para início de furo.

Realizados 2 furos com as seguintes profundidades:

Furo 01 - 10,00m

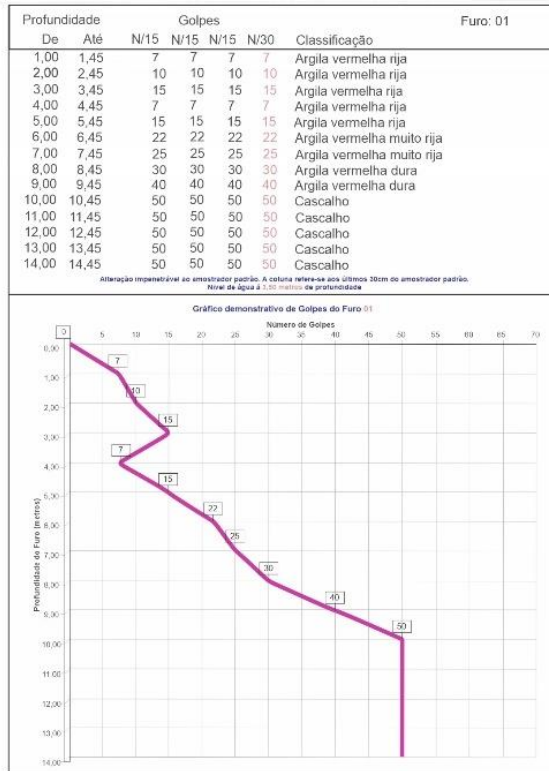
Furo 02 - 10,00m

Totalizando 20,00m.

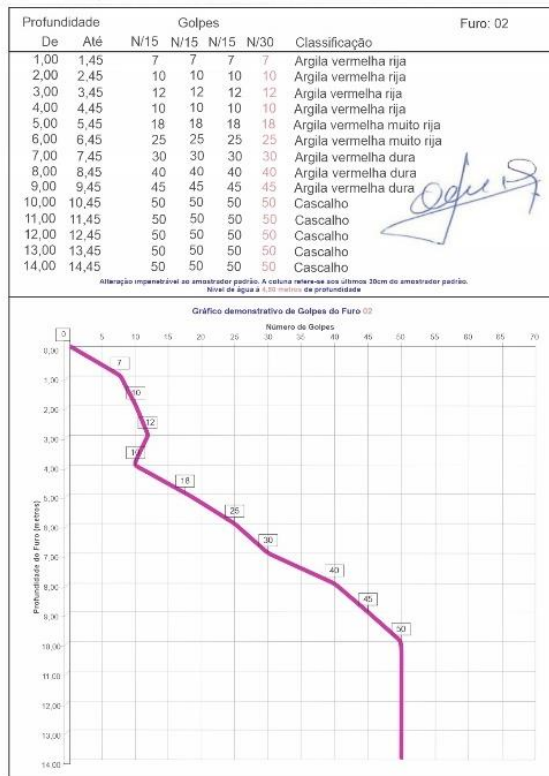
Anexo planta de locação dos furos e perfil individual dos furos

Consistência	Nº de Golpes (S.P.T.)	C. Simples - Kg/cm²
Muito mole	2	0,25
Mole	2 - 4	0,25 - 0,50
Média	4 - 8	0,50 - 1,00
Rija	8 - 15	1,00 - 2,00
Muito rija	15 - 30	2,00 - 4,00
Dura	maior que 30	4,00 - 8,00

Perfuração 1:



Perfuração 2:



Dados da sondagem - Código 41:

Sondagem de Reconhecimento de Solo

Proprietário	
Local	Rua Maurício Cardoso, Centro - Latitude 27°21'36.22"S Longitude 53°23'59.61"W
Cidade	Frederico Westphalen - RS

Sondagem realizada de acordo com a norma NBR-6484 de 02/2001 tipo SPT e NBR-6502 de 09/1995 com equipamento composto de:

- Torre com roldana e guincho;
- Tubos com revestimento com diâmetro;
- Amostrador tipo SPT com diâmetro externo de 2" e diâmetro interno de 1,38", com comprimento de 45cm;
- Martelo de cravação com peso de 65kg e altura de queda de 75cm;
- Tubo de descida Schedule-80 com diâmetro de 1";
- Trado concha para início de furo.

Realizados 2 furos com as seguintes profundidades:

Furo 01 - 12,00m

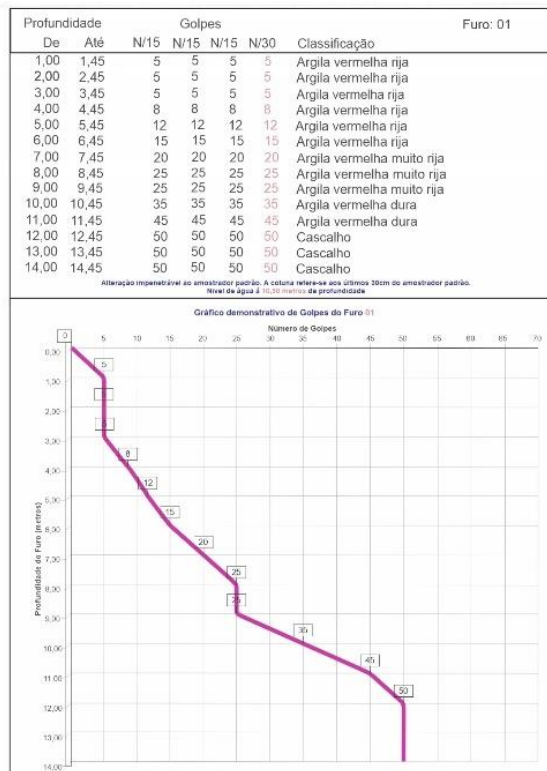
Furo 02 - 12,00m

Totalizando 24,00m.

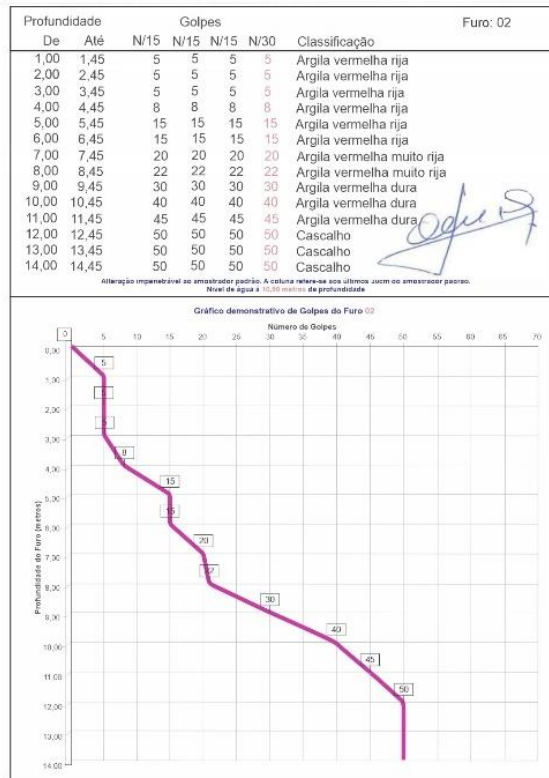
Anexo planta de locação dos furos e perfil individual dos furos

Consistência	Nº de Golpes (S.P.T.)	C. Simples - Kg/cm ²
Muito mole	2	0,25
Mole	2 - 4	0,25 - 0,50
Média	4 - 8	0,50 - 1,00
Rija	8 - 15	1,00 - 2,00
Muito rija	15 - 30	2,00 - 4,00
Dura	maior que 30	4,00 - 8,00

Perfuração 1:



Perfuração 2:



Dados da sondagem - Código 42:

Sondagem de Reconhecimento de Solo

Proprietário	
Local	Estrada da Faguense, Faguense - Latitude 27°22'41,99"S Longitude 53°25'31,83"W
Cidade	Frederico Westphalen - RS

Sondagem realizada de acordo com a norma NBR-6484 de 02/2001 tipo SPT e NBR-6502 de 09/1995 com equipamento composto de:

- Torre com roldana e guincho;
- Tubos com revestimento com diâmetro;
- Amostrador tipo SPT com diâmetro externo de 2" e diâmetro interno de 1,38", com comprimento de 45cm;
- Martelo de cravação com peso de 65kg e altura de queda de 75cm;
- Tubo de descida Schedule-80 com diâmetro de 1";
- Trado concha para início de furo.

Realizados 2 furos com as seguintes profundidades:

Furo 01 - 4,00m

Furo 02 - 4,00m

Totalizando 8,00m.

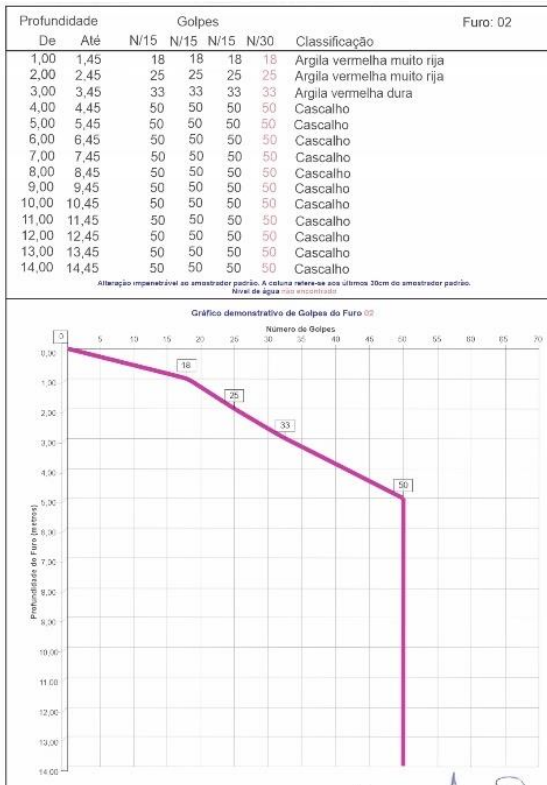
Anexo planta de locação dos furos e perfil individual dos furos

Consistência	Nº de Golpes (S.P.T.)	C. Simples - Kg/cm²
Muito mole	2	0,25
Mole	2 - 4	0,25 - 0,50
Média	4 - 8	0,50 - 1,00
Rija	8 - 15	1,00 - 2,00
Muito rija	15 - 30	2,00 - 4,00
Dura	maior que 30	4,00 - 8,00

Perfuração 1:



Perfuração 2:



Dados da sondagem - Código 43:

Sondagem de Reconhecimento de Solo

Proprietário	
Local	Rua David Bertoletti, Bela Vista - Latitude 27°22'27.89"S Longitude 53°24'26.67"W
Cidade	Frederico Westphalen - RS

Sondagem realizada de acordo com a norma NBR-6484 de 02/2001 tipo SPT e NBR-6502 de 09/1995 com equipamento composto de:

- Torre com roldana e guincho;
- Tubos com revestimento com diâmetro;
- Amostrador tipo SPT com diâmetro externo de 2" e diâmetro interno de 1,38", com comprimento de 45cm;
- Martelo de cravação com peso de 65kg e altura de queda de 75cm;
- Tubo de descida Schedule-80 com diâmetro de 1";
- Trado concha para início de furo.

Realizados 2 furos com as seguintes profundidades:

Furo 01 - 3,00m

Furo 02 - 3,00m

Totalizando 6,00m.

Anexo planta de locação dos furos e perfil individual dos furos

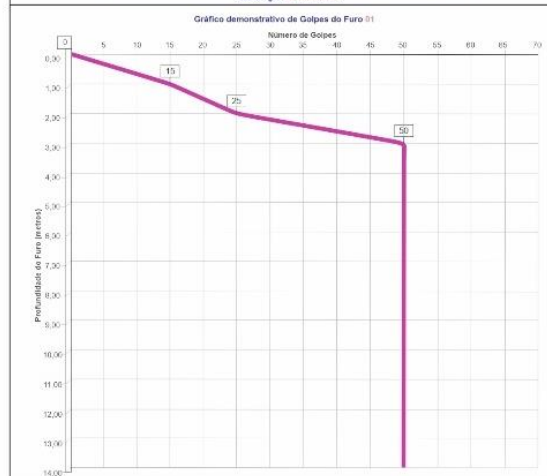
Consistência	Nº de Golpes (S.P.T.)	C. Simples - Kg/cm²
Muito mole	2	0,25
Mole	2 - 4	0,25 - 0,50
Média	4 - 8	0,50 - 1,00
Rija	8 - 15	1,00 - 2,00
Muito rija	15 - 30	2,00 - 4,00
Dura	maior que 30	4,00 - 8,00

Perfuração 1:

Profundidade		Golpes				Classificação	Furo: 01
De	Até	N/15	N/15	N/15	N/30		
1,00	1,45	15	15	15	15	Argila vermelha rija	
2,00	2,45	25	25	25	25	Argila vermelha muito rija	
3,00	3,45	50	50	50	50	Cascalho	
4,00	4,45	50	50	50	50	Cascalho	
5,00	5,45	50	50	50	50	Cascalho	
6,00	6,45	50	50	50	50	Cascalho	
7,00	7,45	50	50	50	50	Cascalho	
8,00	8,45	50	50	50	50	Cascalho	
9,00	9,45	50	50	50	50	Cascalho	
10,00	10,45	50	50	50	50	Cascalho	
11,00	11,45	50	50	50	50	Cascalho	
12,00	12,45	50	50	50	50	Cascalho	
13,00	13,45	50	50	50	50	Cascalho	
14,00	14,45	50	50	50	50	Cascalho	

Atenção: Impenetrável ao amostrador padrão. A coluna refere-se aos últimos 20cm do amostrador padrão.

Nota: de acordo com o procedimento.



Perfuração 2:



Dados da sondagem - Código 44:

Sondagem de Reconhecimento de Solo

Proprietário	
Local	Rua Recife, Aparecida - Latitude 27°22'7.54"S Longitude 53°24'17.23"W
Cidade	Frederico Westphalen - RS

Sondagem realizada de acordo com a norma NBR-6484 de 02/2001 tipo SPT e NBR-6502 de 09/1995 com equipamento composto de:

- Torre com roldana e guincho;
- Tubos com revestimento com diâmetro;
- Amostrador tipo SPT com diâmetro externo de 2" e diâmetro interno de 1,38", com comprimento de 45cm;
- Martelo de cravação com peso de 65kg e altura de queda de 75cm;
- Tubo de descida Schedule-80 com diâmetro de 1";
- Trado concha para início de furo.

Realizados 2 furos com as seguintes profundidades:

Furo 01 - 7,00m

Furo 02 - 8,00m

Totalizando 15,00m.

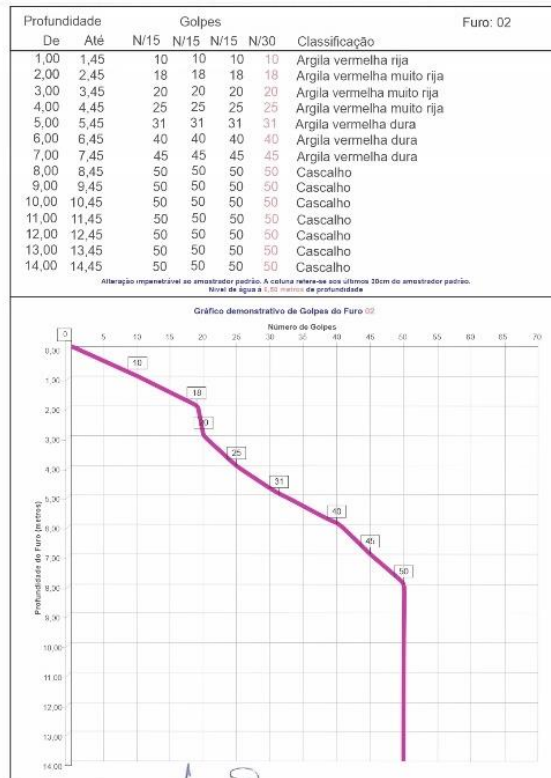
Anexo planta de locação dos furos e perfil individual dos furos

Consistência	Nº de Golpes (S.P.T.)	C. Simples - Kg/cm²
Muito mole	2	0,25
Mole	2 - 4	0,25 - 0,50
Média	4 - 8	0,50 - 1,00
Rija	8 - 15	1,00 - 2,00
Muito rija	15 - 30	2,00 - 4,00
Dura	maior que 30	4,00 - 8,00

Perfuração 1:



Perfuração 2:



Dados da sondagem - Código 45:

Sondagem de Reconhecimento de Solo

Proprietário	
Local	Rua Garibaldi, Faguense - Latitude 27°22'21.55"S Longitude 53°25'13.67"W
Cidade	Frederico Westphalen - RS

Sondagem realizada de acordo com a norma NBR-6484 de 02/2001 tipo SPT e NBR-6502 de 09/1995 com equipamento composto de:

- Torre com roldana e guincho;
- Tubos com revestimento com diâmetro; **2"**
- Amostrador tipo SPT com diâmetro externo de 2" e diâmetro interno de 1,38", com comprimento de 45cm;
- Martelo de cravação com peso de 65kg e altura de queda de 75cm;
- Tubo de descida Schedule-80 com diâmetro de 1";
- Trado concha para início de furo.

Realizados 2 furos com as seguintes profundidades:

Furo 01 - 6,00m

Furo 02 - 6,00m

Totalizando 12,00m.

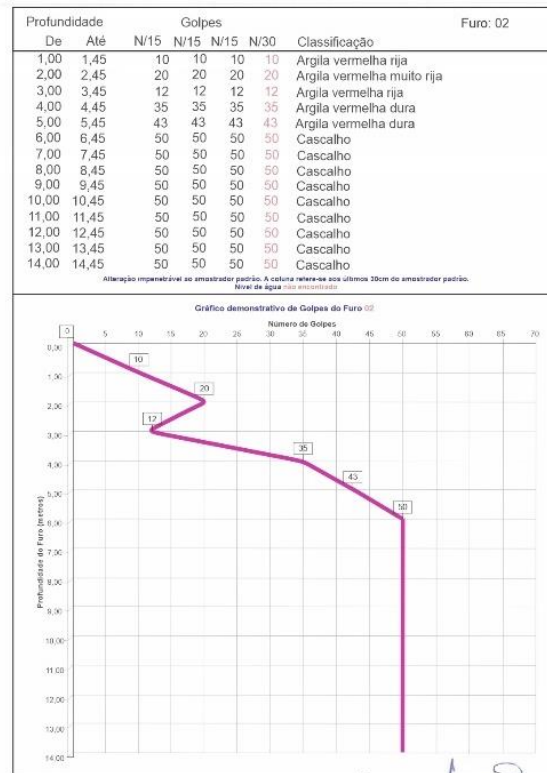
Anexo planta de locação dos furos e perfil individual dos furos

Consistência	Nº de Golpes (S.P.T.)	C. Simples - Kg/cm ²
Muito mole	2	0,25
Mole	2 - 4	0,25 - 0,50
Média	4 - 8	0,50 - 1,00
Rija	8 - 15	1,00 - 2,00
Muito rija	15 - 30	2,00 - 4,00
Dura	maior que 30	4,00 - 8,00

Perfuração 1:



Perfuração 2:



Dados da sondagem - Código 46:

Sondagem de Reconhecimento de Solo

Proprietário	
Local	Rua Flores da Cunha, Ipiranga - Latitude 27°21'28.14"S Longitude 53°23'13.43"W
Cidade	Frederico Westphalen - RS

Sondagem realizada de acordo com a norma NBR-6484 de 02/2001 tipo SPT e NBR-6502 de 09/1995 com equipamento composto de:

- Torre com roldana e guincho;
- Tubos com revestimento com diâmetro;
- Amostrador tipo SPT com diâmetro externo de 2" e diâmetro interno de 1,38", com comprimento de 45cm;
- Martelo de cravação com peso de 65kg e altura de queda de 75cm;
- Tubo de descida Schedule-80 com diâmetro de 1";
- Trado concha para início de furo.

Realizados 2 furos com as seguintes profundidades:

Furo 01 - 5,00m

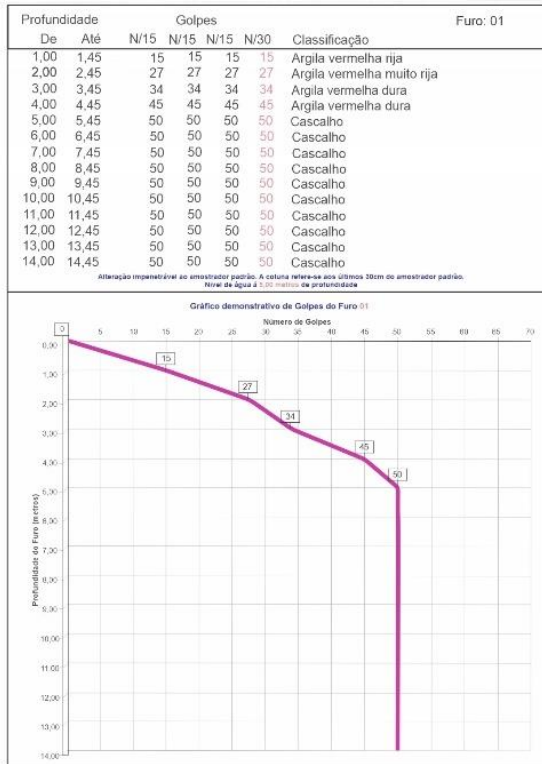
Furo 02 - 5,00m

Totalizando 10,00m.

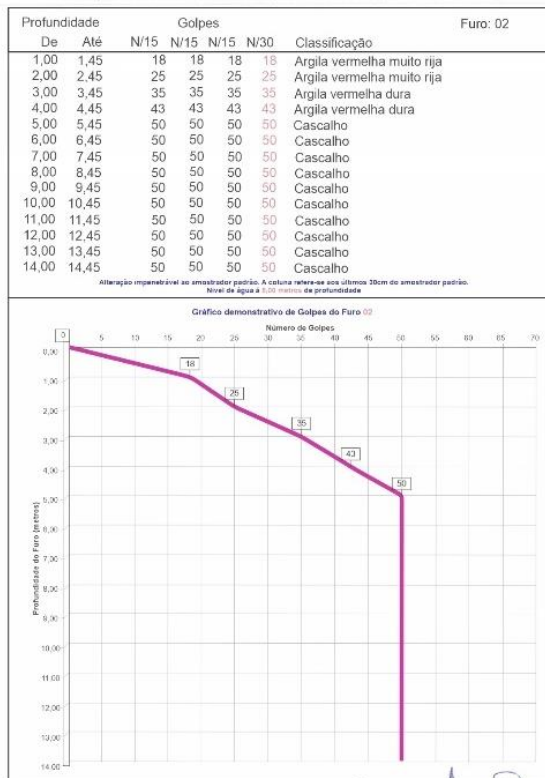
Anexo planta de locação dos furos e perfil individual dos furos

Consistência	Nº de Golpes (S.P.T.)	C. Simples - Kg/cm ²
Muito mole	2	0,25
Mole	2 - 4	0,25 - 0,50
Média	4 - 8	0,50 - 1,00
Rija	8 - 15	1,00 - 2,00
Muito rija	15 - 30	2,00 - 4,00
Dura	maior que 30	4,00 - 8,00

Perfuração 1:



Perfuração 2:



Dados da sondagem - Código 47:

Sondagem de Reconhecimento de Solo

Proprietário	
Local	Rua João Muniz Reis, Aparecida - Latitude 27°22'4,56"S Longitude 53°23'53,04"W
Cidade	Frederico Westphalen - RS

Sondagem realizada de acordo com a norma NBR-6484 de 02/2001 tipo SPT e NBR-6502 de 09/1995 com equipamento composto de:

- Torre com roldana e guincho;
- Tubos com revestimento com diâmetro;
- Amostrador tipo SPT com diâmetro externo de 2" e diâmetro interno de 1,38", com comprimento de 45cm;
- Martelo de cravação com peso de 65kg e altura de queda de 75cm;
- Tubo de descida Schedule-80 com diâmetro de 1";
- Trado concha para início de furo.

Realizados 2 furos com as seguintes profundidades:

Furo 01 - 6,00m

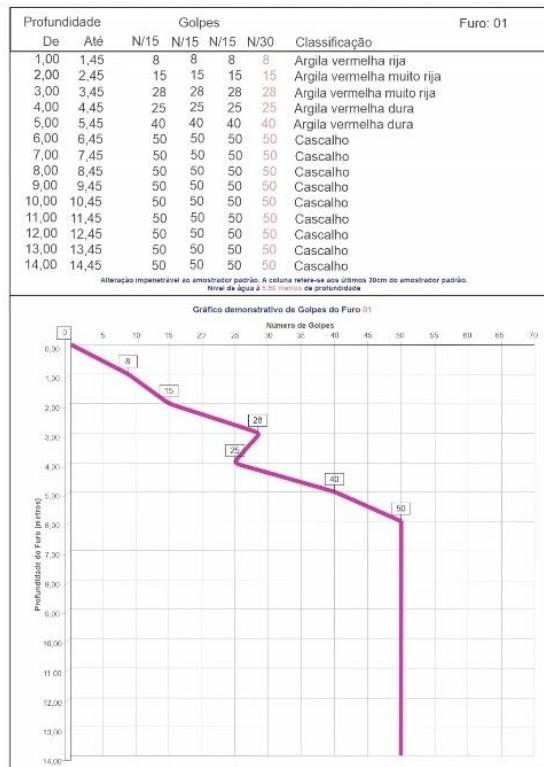
Furo 02 - 6,00m

Totalizando 12,00m.

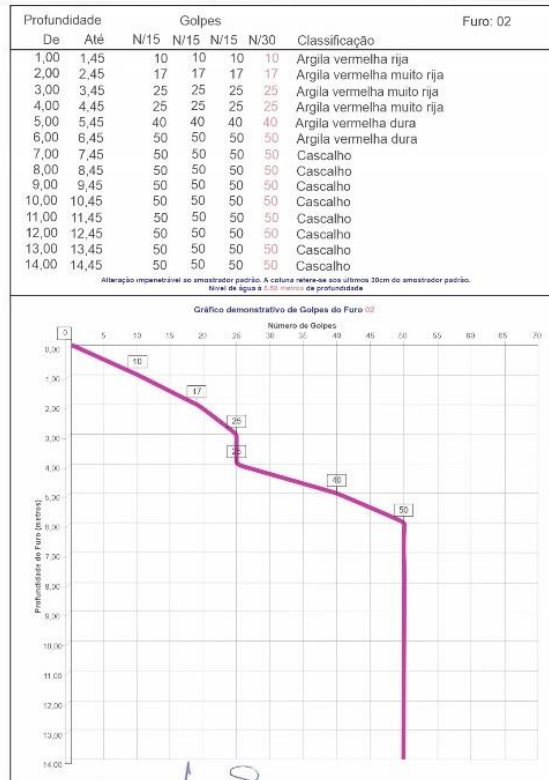
Anexo planta de locação dos furos e perfil individual dos furos

Consistência	Nº de Golpes (S.P.T.)	C. Simples - Kg/cm²
Muito mole	2	0,25
Mole	2 - 4	0,25 - 0,50
Média	4 - 8	0,50 - 1,00
Rija	8 - 15	1,00 - 2,00
Muito rija	15 - 30	2,00 - 4,00
Dura	maior que 30	4,00 - 8,00

Perfuração 1:



Perfuração 2:



Dados da sondagem - Código 48:

Sondagem de Reconhecimento de Solo

Proprietário	
Local	Rua Ângelo Milani, Aparecida - Latitude 27°22'16,28"S Longitude 53°24'23,13"W
Cidade	Frederico Westphalen - RS

Sondagem realizada de acordo com a norma NBR-6484 de 02/2001 tipo SPT e NBR-6502 de 09/1995 com equipamento composto de:

- Torre com roldana e guincho;
- Tubos com revestimento com diâmetro;
- Amostrador tipo SPT com diâmetro externo de 2" e diâmetro interno de 1,38", com comprimento de 45cm;
- Martelo de cravação com peso de 65kg e altura de queda de 75cm;
- Tubo de descida Schedule-80 com diâmetro de 1";
- Trado concha para início de furo.

Realizados 2 furos com as seguintes profundidades:

Furo 01 - 3,00m

Furo 02 - 3,00m

Totalizando 6,00m.

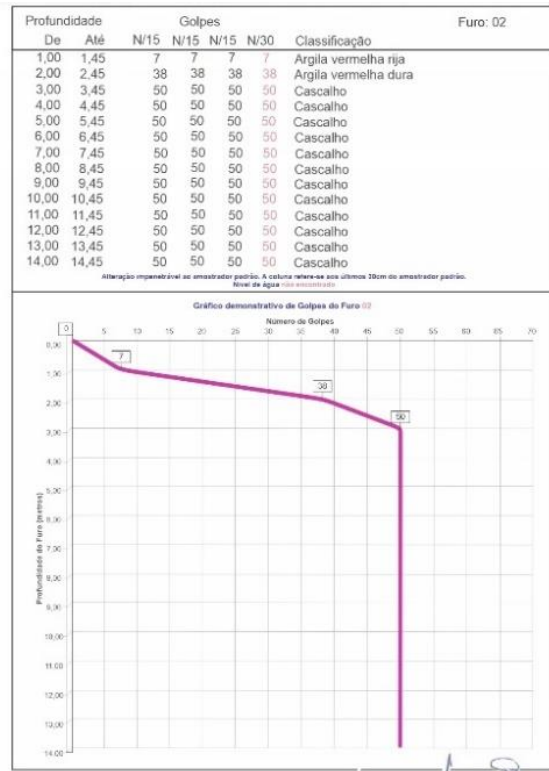
Anexo planta de locação dos furos e perfil individual dos furos

Consistência	Nº de Golpes (S.P.T.)	C. Simples - Kg/cm²
Muito mole	2	0,25
Mole	2 - 4	0,25 - 0,50
Média	4 - 8	0,50 - 1,00
Rija	8 - 15	1,00 - 2,00
Muito rija	15 - 30	2,00 - 4,00
Dura	maior que 30	4,00 - 8,00

Perfuração 1:



Perfuração 2:



Dados da sondagem - Código 49:

Sondagem de Reconhecimento de Solo

Proprietário	
Local	BR 386 S/N, São Cristóvão - Latitude 27°23'14.21"S Longitude 53°23'56.63"W
Cidade	Frederico Westphalen - RS

Sondagem realizada de acordo com a norma NBR-6484 de 02/2001 tipo SPT e NBR-6502 de 09/1995 com equipamento composto de:

- Torre com roldana e guincho;
- Tubos com revestimento com diâmetro;
- Amostrador tipo SPT com diâmetro externo de 2" e diâmetro interno de 1,38", com comprimento de 45cm;
- Martelo de cravação com peso de 65kg e altura de queda de 75cm;
- Tubo de descida Schedule-80 com diâmetro de 1";
- Trado concha para início de furo.

Realizados 2 furos com as seguintes profundidades:

Furo 01 - 10,00m

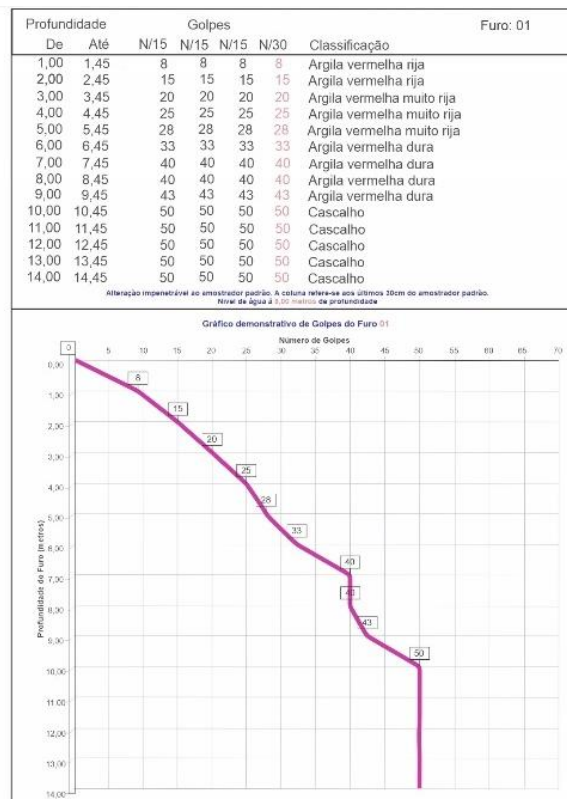
Furo 02 - 10,00m

Totalizando 20,00m.

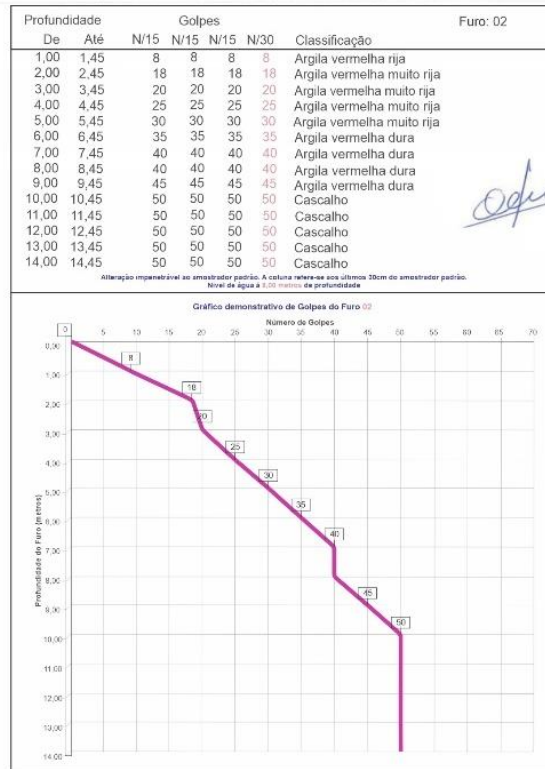
Anexo planta de locação dos furos e perfil individual dos furos

Consistência	Nº de Golpes (S.P.T.)	C. Simples - Kg/cm²
Muito mole	2	0,25
Mole	2 - 4	0,25 - 0,50
Média	4 - 8	0,50 - 1,00
Rija	8 - 15	1,00 - 2,00
Muito rija	15 - 30	2,00 - 4,00
Dura	maior que 30	4,00 - 8,00

Perfuração 1:



Perfuração 2:



Dados da sondagem - Código 50:

Sondagem de Reconhecimento de Solo

Proprietário	
Local	Rua Ângelo Milani, Aparecida - Latitude 27°22'15,27"S Longitude 53°24'20,63"W
Cidade	Frederico Westphalen - RS

Sondagem realizada de acordo com a norma NBR-6484 de 02/2001 tipo SPT e NBR-6502 de 09/1995 com equipamento composto de:

- Torre com roldana e guincho;
- Tubos com revestimento com diâmetro;
- Amostrador tipo SPT com diâmetro externo de 2" e diâmetro interno de 1,38", com comprimento de 45cm;
- Martelo de cravação com peso de 65kg e altura de queda de 75cm;
- Tubo de descida Schedule-80 com diâmetro de 1";
- Trado concha para início de furo.

Realizados 2 furos com as seguintes profundidades:

Furo 01 - 3,00m

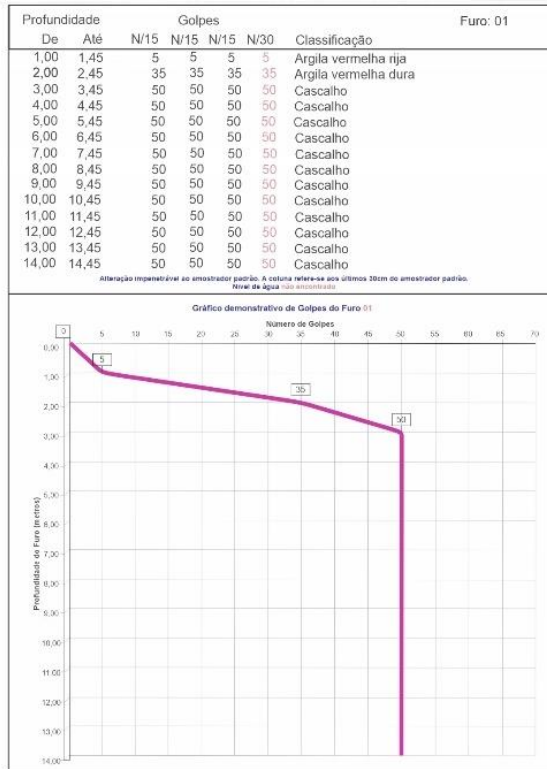
Furo 02 - 3,00m

Totalizando 6,00m.

Anexo planta de locação dos furos e perfil individual dos furos

Consistência	Nº de Golpes (S.P.T.)	C. Simples - Kg/cm²
Muito mole	2	0,25
Mole	2 - 4	0,25 - 0,50
Média	4 - 8	0,50 - 1,00
Rija	8 - 15	1,00 - 2,00
Muito rija	15 - 30	2,00 - 4,00
Dura	maior que 30	4,00 - 8,00

Perfuração 1:



Perfuração 2:



Dados da sondagem - Código 51:

Sondagem de Reconhecimento de Solo

Proprietário	
Local	Estrada da Faguense, São Cristóvão - Latitude 27°23'16.75"S Longitude 53°24'14.64"W
Cidade	Frederico Westphalen - RS

Sondagem realizada de acordo com a norma NBR-6484 de 02/2001 tipo SPT e NBR-6502 de 09/1995 com equipamento composto de:

- Torre com roldana e guincho;
- Tubos com revestimento com diâmetro;
- Amostrador tipo SPT com diâmetro externo de 2" e diâmetro interno de 1,38", com comprimento de 45cm;
- Martelo de cravação com peso de 65kg e altura de queda de 75cm;
- Tubo de descida Schedule-80 com diâmetro de 1";
- Trado concha para início de furo.

Realizados 2 furos com as seguintes profundidades:

Furo 01 - 13,00m

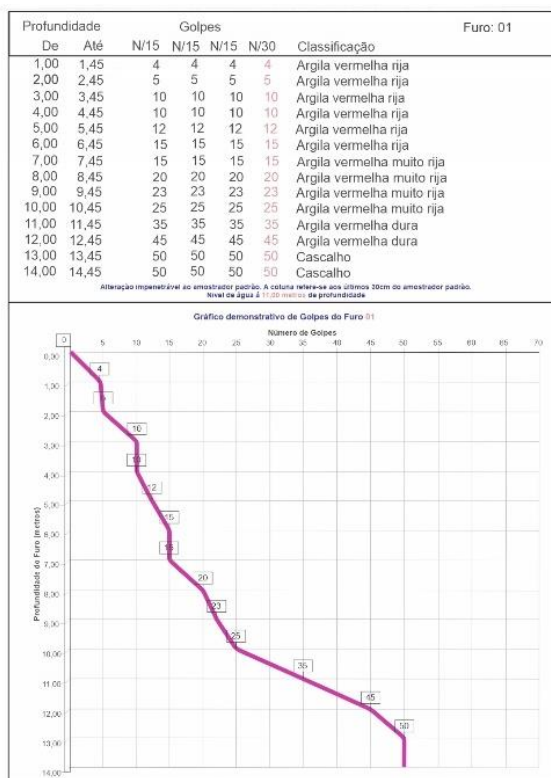
Furo 02 - 13,00m

Totalizando 26,00m.

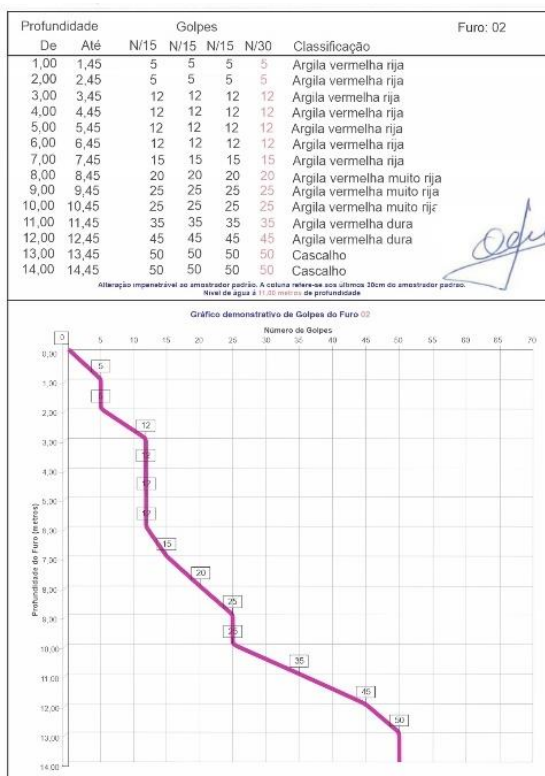
Anexo planta de locação dos furos e perfil individual dos furos

Consistência	Nº de Golpes (S.P.T.)	C. Simples - Kg/cm²
Muito mole	2	0,25
Mole	2 - 4	0,25 - 0,50
Média	4 - 8	0,50 - 1,00
Rija	8 - 15	1,00 - 2,00
Muito rija	15 - 30	2,00 - 4,00
Dura	maior que 30	4,00 - 8,00

Perfuração 1:



Perfuração 2:



Dados da sondagem - Código 52:

Sondagem de Reconhecimento de Solo

Proprietário	
Local	Rua Cirlo Binotto, Aparecida - Latitude 27°22'19,87"S Longitude 53°24'24,27"W
Cidade	Frederico Westphalen - RS

Sondagem realizada de acordo com a norma NBR-6484 de 02/2001 tipo SPT e NBR-6502 de 09/1995 com equipamento composto de:

- Torre com roldana e guincho;
- Tubos com revestimento com diâmetro;
- Amostrador tipo SPT com diâmetro externo de 2" e diâmetro interno de 1,38", com comprimento de 45cm;
- Martelo de cravação com peso de 65kg e altura de queda de 75cm;
- Tubo de descida Schedule-80 com diâmetro de 1";
- Trado concha para início de furo.

Realizados 2 furos com as seguintes profundidades:

Furo 01 - 7,00m

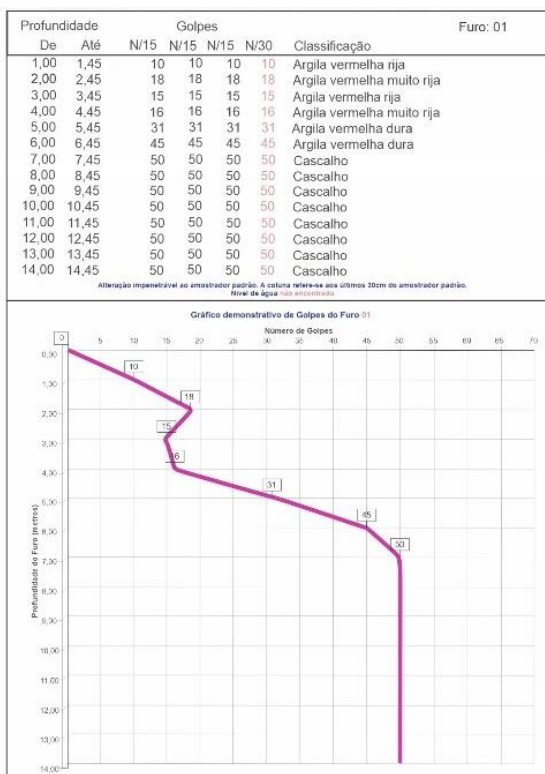
Furo 02 - 7,00m

Totalizando 14,00m.

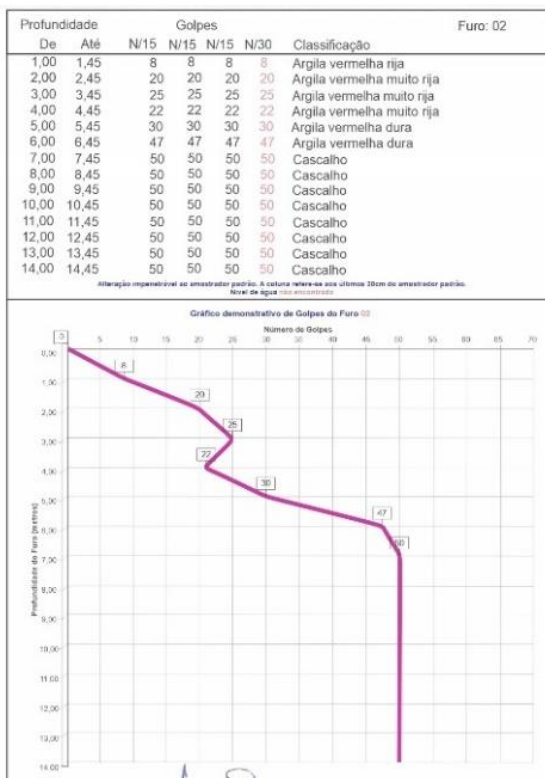
Anexo planta de locação dos furos e perfil individual dos furos

Consistência	Nº de Golpes (S.P.T.)	C. Simples - Kg/cm ²
Muito mole	2	0,25
Mole	2 - 4	0,25 - 0,50
Média	4 - 8	0,50 - 1,00
Rija	8 - 15	1,00 - 2,00
Muito rija	15 - 30	2,00 - 4,00
Dura	maior que 30	4,00 - 8,00

Perfuração 1:



Perfuração 2:



Dados da sondagem - Código 53:

Sondagem de Reconhecimento de Solo

Proprietário	
Local	Rua Terra Nova, Bela Vista - Latitude 27°22'35,41"S Longitude 53°24'19,76"W
Cidade	Frederico Westphalen - RS

Sondagem realizada de acordo com a norma NBR-6484 de 02/2001 tipo SPT e NBR-6502 de 09/1995 com equipamento composto de:

- Torre com roldana e guincho;
- Tubos com revestimento com diâmetro;
- Amostrador tipo SPT com diâmetro externo de 2" e diâmetro interno de 1,38", com comprimento de 45cm;
- Martelo de cravação com peso de 65kg e altura de queda de 75cm;
- Tubo de descida Schedule-80 com diâmetro de 1";
- Trado concha para início de furo.

Realizados 2 furos com as seguintes profundidades:

Furo 01 - 2,00m

Furo 02 - 2,00m

Totalizando 4,00m.

Anexo planta de locação dos furos e perfil individual dos furos

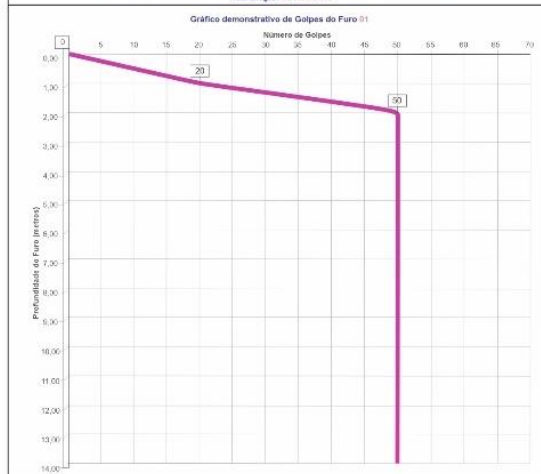
Consistência	Nº de Golpes (S.P.T.)	C. Simples - Kg/cm²
Muito mole	2	0,25
Mole	2 - 4	0,25 - 0,50
Média	4 - 8	0,50 - 1,00
Rija	8 - 15	1,00 - 2,00
Muito rija	15 - 30	2,00 - 4,00
Dura	maior que 30	4,00 - 8,00

Perfuração 1:

Profundidade		Golpes				Classificação	Furo: 01
De	Até	N/15	N/15	N/15	N/30		
1,00	1,45	20	20	20	20	Argila vermelha muito rija	
2,00	2,45	50	50	50	50	Cascalho	
3,00	3,45	50	50	50	50	Cascalho	
4,00	4,45	50	50	50	50	Cascalho	
5,00	5,45	50	50	50	50	Cascalho	
6,00	6,45	50	50	50	50	Cascalho	
7,00	7,45	50	50	50	50	Cascalho	
8,00	8,45	50	50	50	50	Cascalho	
9,00	9,45	50	50	50	50	Cascalho	
10,00	10,45	50	50	50	50	Cascalho	
11,00	11,45	50	50	50	50	Cascalho	
12,00	12,45	50	50	50	50	Cascalho	
13,00	13,45	50	50	50	50	Cascalho	
14,00	14,45	50	50	50	50	Cascalho	

Atenção: Impensável ao amostrador padrão. A coluna refere-se aos últimos 30cm do amostrador padrão.

Nota: de acordo com o NBR 6484.



Perfuração 2:



Dados da sondagem - Código 54:

Sondagem de Reconhecimento de Solo

Proprietário	
Local	Rua Angelina, Bela Vista - Latitude 27°22'37,09"S Longitude 53°24'6,79"W
Cidade	Frederico Westphalen - RS

Sondagem realizada de acordo com a norma NBR-6484 de 02/2001 tipo SPT e NBR-6502 de 09/1995 com equipamento composto de:

- Torre com roldana e guincho;
- Tubos com revestimento com diâmetro;
- Amostrador tipo SPT com diâmetro externo de 2" e diâmetro interno de 1,38", com comprimento de 45cm;
- Martelo de cravação com peso de 65kg e altura de queda de 75cm;
- Tubo de descida Schedule-80 com diâmetro de 1";
- Trado concha para início de furo.

Realizados 2 furos com as seguintes profundidades:

Furo 01 - 4,00m

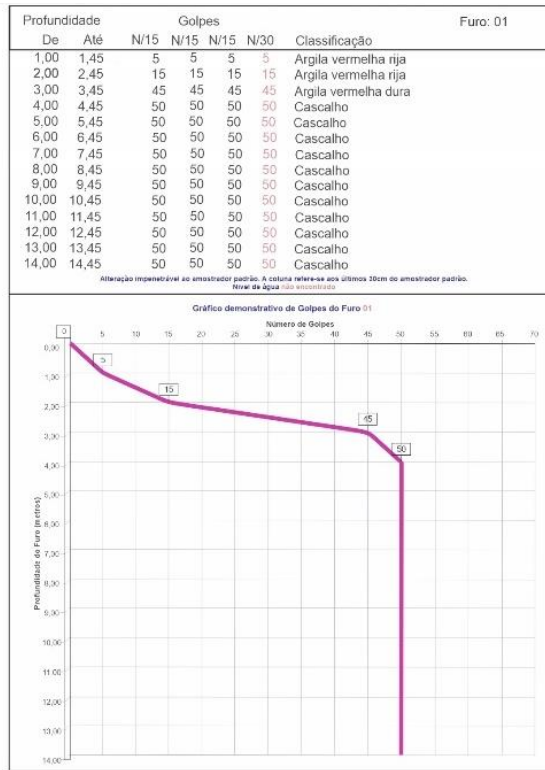
Furo 02 - 4,00m

Totalizando 8,00m.

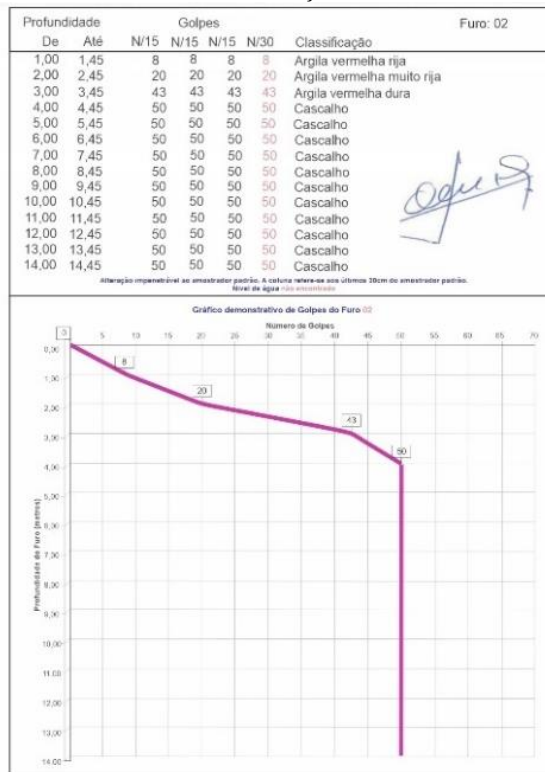
Anexo planta de locação dos furos e perfil individual dos furos

Consistência	Nº de Golpes (S.P.T.)	C. Simples - Kg/cm²
Muito mole	2	0,25
Mole	2 - 4	0,25 - 0,50
Média	4 - 8	0,50 - 1,00
Rija	8 - 15	1,00 - 2,00
Muito rija	15 - 30	2,00 - 4,00
Dura	maior que 30	4,00 - 8,00

Perfuração 1:



Perfuração 2:



Dados da sondagem - Código 55:

Sondagem de Reconhecimento de Solo

Proprietário	
Local	Avenida São Paulo, Aparecida - Latitude 27°21'54.33"S Longitude 53°24'7.87"W
Cidade	Frederico Westphalen - RS

Sondagem realizada de acordo com a norma NBR-6484 de 02/2001 tipo SPT e NBR-6502 de 09/1995 com equipamento composto de:

- Torre com roldana e guincho;
- Tubos com revestimento com diâmetro;
- Amostrador tipo SPT com diâmetro externo de 2" e diâmetro interno de 1,38", com comprimento de 45cm;
- Martelo de cravação com peso de 65kg e altura de queda de 75cm;
- Tubo de descida Schedule-80 com diâmetro de 1";
- Trado concha para início de furo.

Realizados 2 furos com as seguintes profundidades:

Furo 01 - 7,00m

Furo 02 - 7,00m

Totalizando 14,00m.

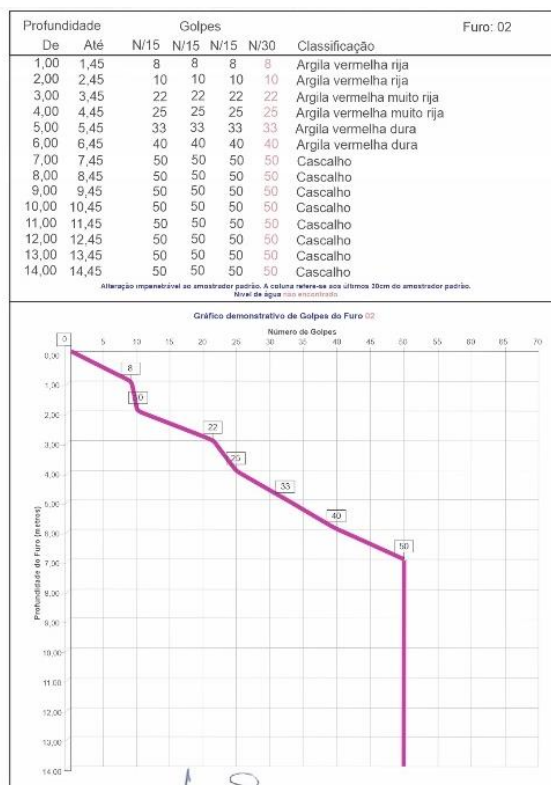
Anexo planta de locação dos furos e perfil individual dos furos

Consistência	Nº de Golpes (S.P.T.)	C. Simples - Kg/cm ²
Muito mole	2	0,25
Mole	2 - 4	0,25 - 0,50
Média	4 - 8	0,50 - 1,00
Rija	8 - 15	1,00 - 2,00
Muito rija	15 - 30	2,00 - 4,00
Dura	maior que 30	4,00 - 8,00

Perfuração 1:



Perfuração 2:



Dados da sondagem - Código 56:

Sondagem de Reconhecimento de Solo

Proprietário	
Local	Rua Tenente Lira, Itapagé - Latitude 27°21'37,27"S Longitude 53°23'25,34"W
Cidade	Frederico Westphalen - RS

Sondagem realizada de acordo com a norma NBR-6484 de 02/2001 tipo SPT e NBR-6502 de 09/1995 com equipamento composto de:

- Torre com roldana e guincho;
- Tubos com revestimento com diâmetro;
- Amostrador tipo SPT com diâmetro externo de 2" e diâmetro interno de 1,38", com comprimento de 45cm;
- Martelo de cravação com peso de 65kg e altura de queda de 75cm;
- Tubo de descida Schedule-80 com diâmetro de 1";
- Trado concha para início de furo.

Realizados 2 furos com as seguintes profundidades:

Furo 01 - 9,00m

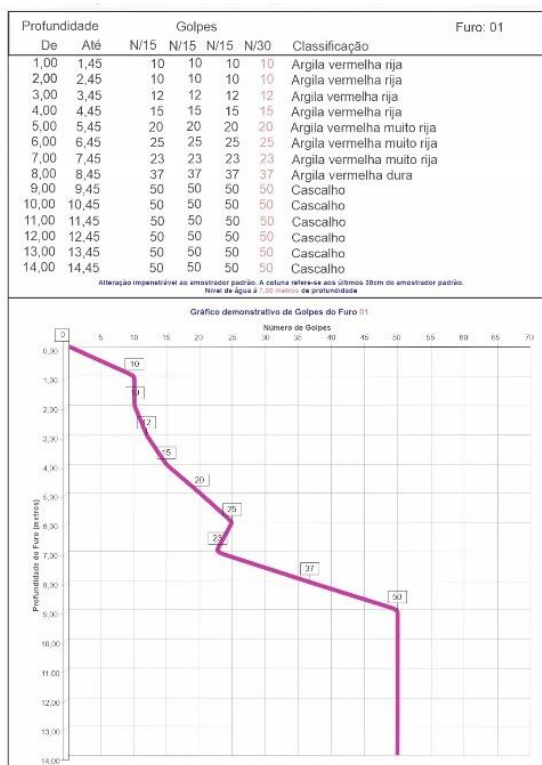
Furo 02 - 9,00m

Totalizando 18,00m.

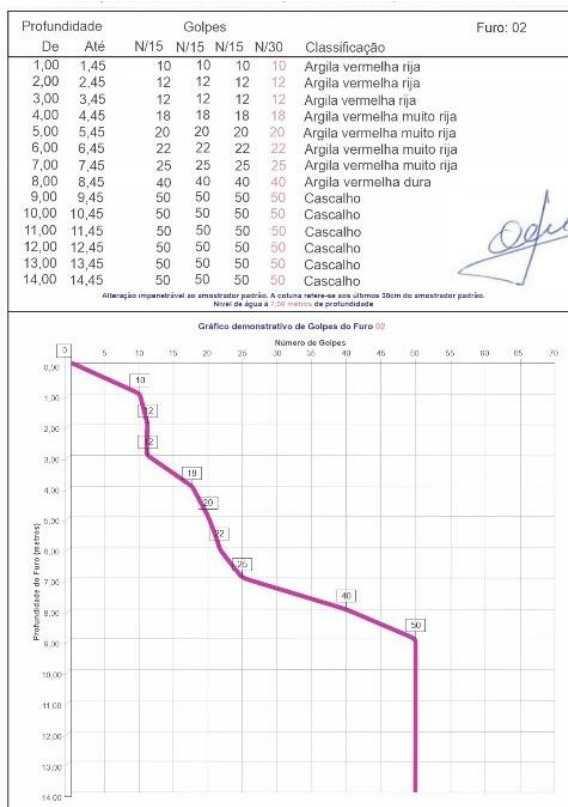
Anexo planta de locação dos furos e perfil individual dos furos

Consistência	Nº de Golpes (S.P.T.)	C. Simples - Kg/cm²
Muito mole	2	0,25
Mole	2 - 4	0,25 - 0,50
Média	4 - 8	0,50 - 1,00
Rija	8 - 15	1,00 - 2,00
Muito rija	15 - 30	2,00 - 4,00
Dura	maior que 30	4,00 - 8,00

Perfuração 1:



Perfuração 2:



Dados da sondagem - Código 57:

Sondagem de Reconhecimento de Solo

Proprietário	
Local	Rua Miguel Couto, Aparecida - Latitude 27°21'49.97"S Longitude 53°23'51.89"W
Cidade	Frederico Westphalen - RS

Sondagem realizada de acordo com a norma NBR-6484 de 02/2001 tipo SPT e NBR-6502 de 09/1995 com equipamento composto de:

- Torre com roldana e guincho;
- Tubos com revestimento com diâmetro;
- Amostrador tipo SPT com diâmetro externo de 2" e diâmetro interno de 1,38", com comprimento de 45cm;
- Martelo de cravação com peso de 65kg e altura de queda de 75cm;
- Tubo de descida Schedule-80 com diâmetro de 1";
- Trado concha para início de furo.

Realizados 2 furos com as seguintes profundidades:

Furo 01 - 7,00m

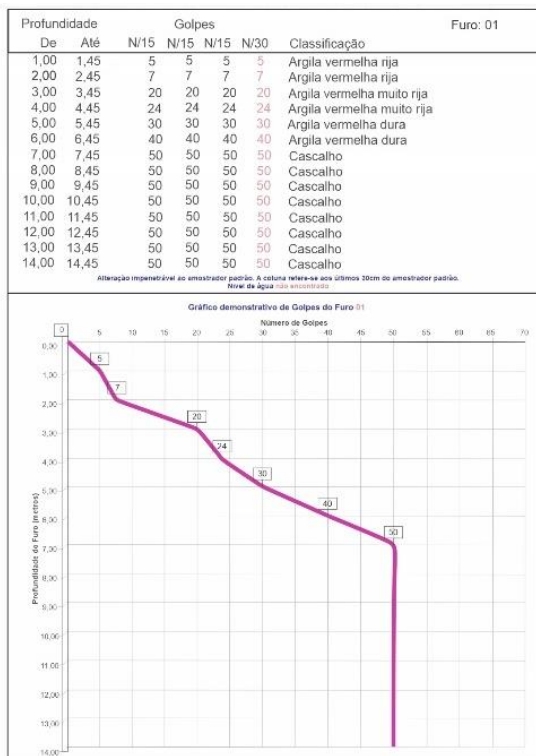
Furo 02 - 7,00m

Totalizando 14,00m.

Anexo planta de locação dos furos e perfil individual dos furos

Consistência	Nº de Golpes (S.P.T.)	C. Simples - Kg/cm²
Muito mole	2	0,25
Mole	2 - 4	0,25 - 0,50
Média	4 - 8	0,50 - 1,00
Rija	8 - 15	1,00 - 2,00
Muito rija	15 - 30	2,00 - 4,00
Dura	maior que 30	4,00 - 8,00

Perfuração 1:



Perfuração 2:



Dados da sondagem - Código 58:

Sondagem de Reconhecimento de Solo

Proprietário	
Local	Rua Angelina, Bela Vista - Latitude 27°22'45.24"S Longitude 53°24'28.58"W
Cidade	Frederico Westphalen - RS

Sondagem realizada de acordo com a norma NBR-6484 de 02/2001 tipo SPT e NBR-6502 de 09/1995 com equipamento composto de:

- Torre com roldana e guincho;
- Tubos com revestimento com diâmetro;
- Amostrador tipo SPT com diâmetro externo de 2" e diâmetro interno de 1,38", com comprimento de 45cm;
- Martelo de cravação com peso de 65kg e altura de queda de 75cm;
- Tubo de descida Schedule-80 com diâmetro de 1";
- Trado concha para início de furo.

Realizados 2 furos com as seguintes profundidades:

Furo 01 - 4,00m

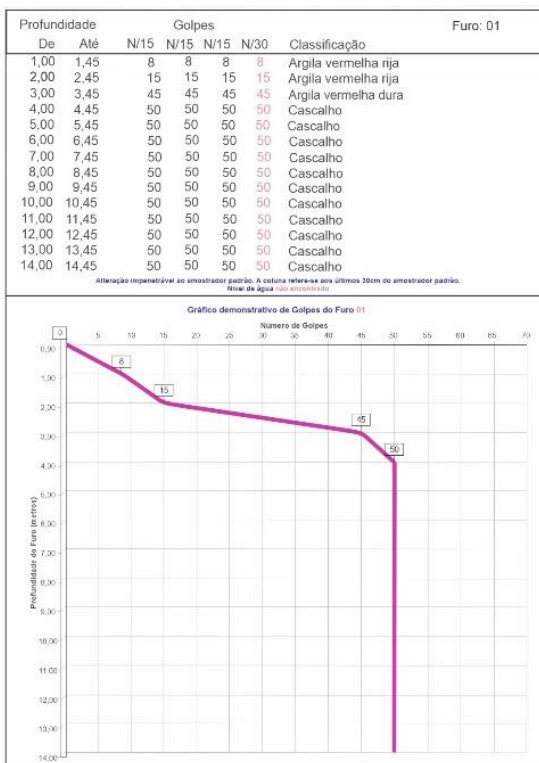
Furo 02 - 4,00m

Totalizando 8,00m.

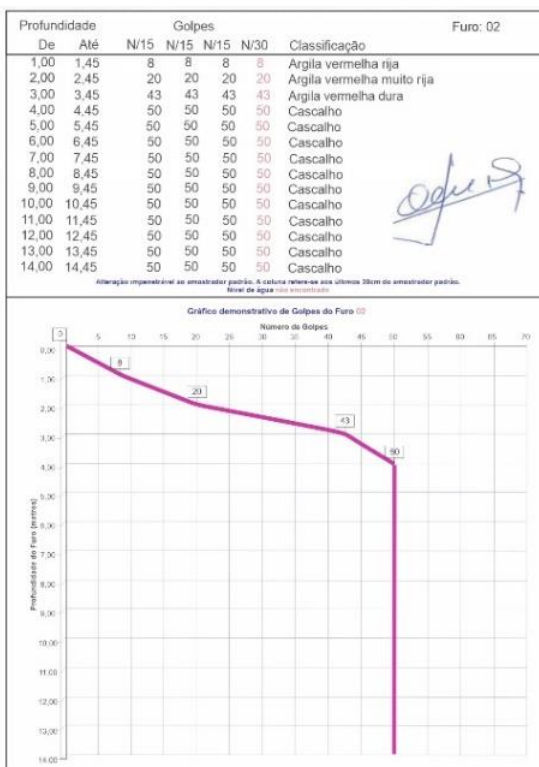
Anexo planta de locação dos furos e perfil individual dos furos

Consistência	Nº de Golpes (S.P.T.)	C. Simples - Kg/cm²
Muito mole	2	0,25
Mole	2 - 4	0,25 - 0,50
Média	4 - 8	0,50 - 1,00
Rija	8 - 15	1,00 - 2,00
Muito rija	15 - 30	2,00 - 4,00
Dura	maior que 30	4,00 - 8,00

Perfuração 1:



Perfuração 2:



Dados da sondagem - Código 59:

Sondagem de Reconhecimento de Solo

Proprietário	
Local	Rua Mauricio Cardoso, Aparecida - Latitude 27°22'20.08"S Longitude 53°23'59.60"W
Cidade	Frederico Westphalen - RS

Sondagem realizada de acordo com a norma NBR-6484 de 02/2001 tipo SPT e NBR-6502 de 09/1995 com equipamento composto de:

- Torre com roldana e guincho;
- Tubos com revestimento com diâmetro;
- Amostrador tipo SPT com diâmetro externo de 2" e diâmetro interno de 1,38", com comprimento de 45cm;
- Martelo de cravação com peso de 65kg e altura de queda de 75cm;
- Tubo de descida Schedule-80 com diâmetro de 1";
- Trado concha para início de furo.

Realizados 2 furos com as seguintes profundidades:

Furo 01 - 12,00m

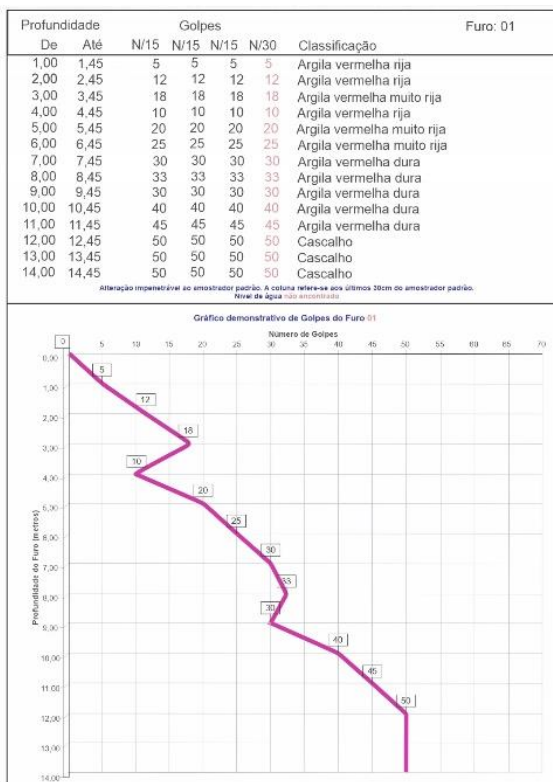
Furo 02 - 12,00m

Totalizando 24,00m.

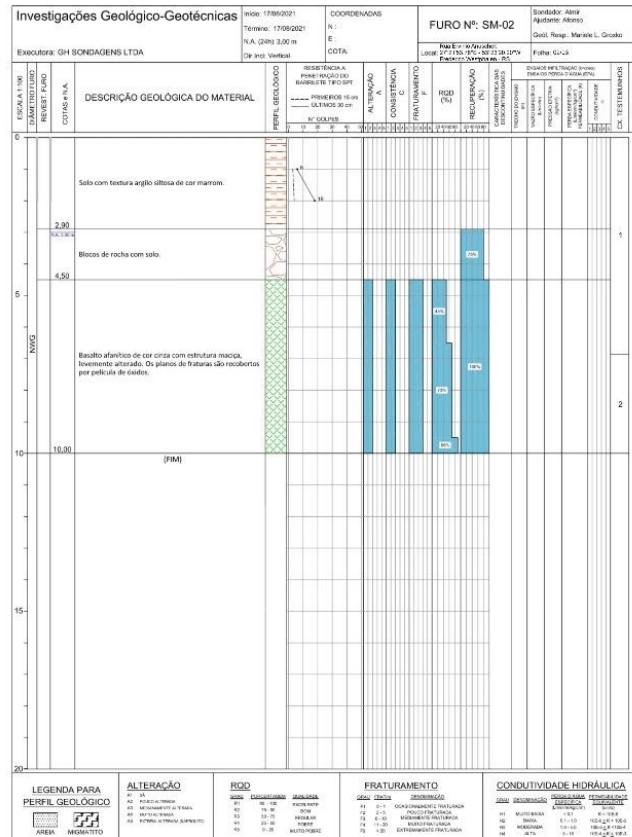
Anexo planta de locação dos furos e perfil individual dos furos

Consistência	Nº de Golpes (S.P.T.)	C. Simples - Kg/cm²
Muito mole	2	0,25
Mole	2 - 4	0,25 - 0,50
Média	4 - 8	0,50 - 1,00
Rija	8 - 15	1,00 - 2,00
Muito rija	15 - 30	2,00 - 4,00
Dura	maior que 30	4,00 - 8,00

Perfuração 1:



Perfuração 2:



Perfuração 3:

