

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOTECNIA

**MODELAGEM CONCEITUAL E IMPLEMENTAÇÃO DE
BANCO DE DADOS GEOTÉCNICOS TRIDIMENSIONAIS
(BDGT)**

BRUNO RODRIGUES DE OLIVEIRA

ORIENTADOR: NEWTON MOREIRA DE SOUZA
CO-ORIENTADOR: RAFAEL CERQUEIRA SILVA

TESE DE DOUTORADO EM GEOTECNIA

PUBLICAÇÃO: G.TD-182/2023

BRASÍLIA / DF: FEVEREIRO / 2023

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOTECNIA

**MODELAGEM CONCEITUAL E IMPLEMENTAÇÃO DE
BANCO DE DADOS GEOTÉCNICOS TRIDIMENSIONAIS
(BDGT)**

BRUNO RODRIGUES DE OLIVEIRA

**TESE DE DOUTORADO SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
E AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM GEOTECNIA.**

APROVADA POR:

NEWTON MOREIRA DE SOUZA (UnB)
(ORIENTADOR)

RAFAEL CERQUEIRA SILVA (UnB)
(CO-ORIENTADOR)

ANDRE PACHECO DE ASSIS (UnB)
(EXAMINADOR INTERNO)

ALEXANDRE DE AMORIM TEIXEIRA (ANA)
(EXAMINADOR EXTERNO)

CARLOS MEDEIROS SILVA (EMBRE)
(EXAMINADOR EXTERNO)

DATA: BRASÍLIA/DF, 09 DE FEVEREIRO DE 2023.

FICHA CATALOGRÁFICA

OLIVEIRA, BRUNO RODRIGUES

MODELAGEM CONCEITUAL E IMPLEMENTAÇÃO DE BANCO DE DADOS GEOTÉCNICOS TRIDIMENSIONAIS (BDGT).

xxii, 315 p, 297 mm (ENC/FT/UnB, Doutor, Geotecnia, 2023)

Tese de Doutorado – Universidade de Brasília.

Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil.

1. Bando de Dados

2. Investigações Geotécnicas

3. Modelo de Dados

4. Gestão de Dados Geoespaciais

I. ENC/FT/UnB

II. Título (Série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

OLIVEIRA, B. R. (2023). MODELAGEM CONCEITUAL E IMPLEMENTAÇÃO DE BANCO DE DADOS GEOTÉCNICOS TRIDIMENSIONAIS (BDGT). Tese de Doutorado, Publicação G.TD-182/2023, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 315 p.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Bruno Rodrigues de Oliveira

TÍTULO DA TESE DE DOUTORADO: MODELAGEM CONCEITUAL E

IMPLEMENTAÇÃO DE BANCO DE DADOS GEOTÉCNICOS TRIDIMENSIONAIS (BDGT)

GRAU / ANO: Doutor / 2023

É concedida à Universidade de Brasília a permissão para reproduzir cópias desta Tese de Doutorado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta Tese de Doutorado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Bruno Rodrigues de Oliveira

Rua Professor Juscelino Reiners, 245, Bloco B, Apartamento 701

CEP: 78070-030 – Cuiabá/MT – Brasil

DEDICATÓRIA

À minha amada família.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Mario e Elisabete, e minha irmã Silvia, pelo suporte e carinho por toda a minha vida.

À mulher da minha vida, Gabriela, por estar presente e me apoiar em todas as decisões ao longo desse caminho.

Ao Prof. Newton Moreira de Souza, meu orientador, pelas discussões e contribuições que permitiram a conclusão desta pesquisa. Não menos importante, pela satisfação de tê-lo como meu professor e orientador no mestrado e agora no Doutorado. Agradeço o conhecimento transmitido e pelas conversas do dia a dia ao longo desses anos na Universidade de Brasília.

Ao Prof. Rafael Cerqueira, meu co-orientador, pela amizade e por todas as conversas, relacionadas ou não a pesquisa, que com certeza contribuíram para meu amadurecimento profissional e para a consecução deste trabalho.

Ao Prof. Eleudo Esteves de Araújo Silva Junior, pela parceria e amizade construída ao longo dos últimos anos, que com certeza contribuiu para esse momento fosse possível.

Aos demais professores do Programa de Pós-graduação em Geotecnia da Universidade de Brasília, meus sinceros agradecimentos pelo conhecimento e discussões relacionadas aos mais variados temas.

Aos amigos que me acompanharam e apoiaram durante essa etapa, os quais não irei citar nominalmente, para não cometer injustiças, meus sinceros agradecimentos.

Ao Raphael Araújo e Silva, idealizador do programa pgModeler, por disponibilizar a licença que subsidiou a elaboração do esquema lógico da presente pesquisa.

À banca examinada pelas discussões e contribuições ao longo de todo o processo de elaboração dessa pesquisa.

MODELAGEM CONCEITUAL E IMPLEMENTAÇÃO DE BANCO DE DADOS GEOTÉCNICOS TRIDIMENSIONAIS (BDGT)

RESUMO

A demanda por dados geoespaciais na sociedade atual tem crescido exponencialmente e diante da multiplicidade de geotecnologias existentes no mercado, a produção e distribuição dos dados tornam-se mais ágeis a cada dia. No caso da geotecnia, o interesse por dados georreferenciados e estruturados tende a crescer no Brasil diante da obrigatoriedade da utilização do *Building Information Modelling* (BIM) na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia realizada pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal ou para a confecção de produtos cartográficos estabelecidos na Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC). Independente da finalidade dos dados geotécnicos produzidos, observa-se uma ausência de um padrão de armazenamento, um formato de integração dos dados por diferentes fontes e de um controle de qualidade. Muitos dados ficam restritos aos produtores da informação ocasionando desperdícios de recursos ao reinvestigar completamente áreas que poderiam ser somente submetidas a campanhas de investigações complementares. Caso a gestão dos dados geoespaciais fosse feita de maneira adequada, o tempo empregado na compilação e compatibilização de dados preexistentes poderia ser investido no planejamento da aquisição de dados, na produção e análise de informações derivadas. No entanto, para que os dados preexistentes sejam utilizados adequadamente, em conjunto com os dados produzidos, ambos necessitam seguir padrões e especificações técnicas que garantam a interoperabilidade, compartilhamento, e a disseminação. Nesse contexto, essa pesquisa analisou o relacionamento entre diferentes tipos de investigações e ensaios geotécnicos e propôs um modelo de dados geoespaciais que define regras de relacionamento e padrões de armazenamento de dados geotécnicos tridimensionais em banco de dados. As regras e padrões foram apresentadas na forma de esquemas conceituais utilizando o modelo *Object Modeling Technique for Geographic Applications* (OMT-G), ou seja, Técnica de Modelagem de Objetos para Aplicações Geográficas, por ser um modelo compatível com a Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE). O modelo OMT-G se mostrou adequado para expressar os relacionamentos e representações tridimensionais de investigações geotécnicas, envolvendo ensaios de campo e laboratoriais, apesar do modelo ser comumente aplicado à modelagem de dados geográficos bidimensionais. Para a validação da proposta, foi implementado um banco de dados geotécnicos do Distrito Federal, utilizando o modelo de dados geotécnicos proposto, no Sistema Gerenciador de Banco de Dados Objeto Relacional (SGBDOR) PostgreSQL estendido espacialmente com PostGIS, o qual permitiu a avaliação da utilização do modelo de dados em casos práticos. Com base no banco de dados geotécnico, foram realizados três estudos de caso abordando análise e espacialização de dados na sub-bacia do Córrego Olhos D'Água, construção de geometria tridimensionais e critérios de seleção de dados no Setor Habitacional Taquari – Etapa 2 e análise de características geotécnicas em unidades de terreno definidas com base na geologia, geomorfologia e pedologia. Toda a estrutura do banco de dados geotécnicos encontra-se compilada em uma extensão para o PostgreSQL intitulada “pggeotec” e disponível no repositório Github, almejando estimular a discussão acerca da padronização do armazenamento e da arquitetura de distribuição de dados geotécnicos.

CONCEPTUAL MODELING AND IMPLEMENTATION OF THREE-DIMENSIONAL GEOTECHNICAL DATABASE (BDGT)

ABSTRACT

The demand for geospatial data today has grown exponentially and given the multiplicity of existing geotechnologies in the market, the production and distribution of data become more agile every day. The interest in georeferenced and structured geotechnical data tends to grow in Brazil due to the mandatory use of the Building Information Modelling (BIM) in the direct or indirect execution of engineering projects and services performed by the entities of the federal public administration or for the manufacture of cartographic products established in the National Policy of Protection and Civil Defense (PNPDEC). Regardless of the purpose of the geotechnical data produced, there is an absence of a storage pattern, a format of integration of the data by various sources and a quality control. Data produced is restricted to information producers causing waste of resources by thoroughly reinvestigating areas that could only be subjected to complementary investigation campaigns. If the management of geospatial data were done adequately, the time used in the compilation and compatibilization of pre-existing data could be invested in the planning of data acquisition, in the production and analysis of derived information. However, for pre-existing data to be used properly, together with the data produced, both need to follow standards and technical specifications that ensure interoperability, sharing, and dissemination. In this context, this research analyzed the relationship between different types of investigations and geotechnical tests and proposed a geospatial data model that defines relationship rules and three-dimensional geotechnical data storage patterns in the database. The rules and standards were presented in the form of conceptual schemes using the Object Modeling Technique for Geographic Applications (OMT-G), because it is a model compatible with the National Spatial Data Infrastructure (SDI). The OMT-G model proved to be adequate to express the relationships and three-dimensional representations of the geotechnical investigations and laboratory tests, although the model is commonly applied to the modeling of two-dimensional geographic data. For the validation of the proposal, a geotechnical database of the Federal District was implemented, using the proposed geotechnical data model, in the PostgreSQL Relational Object Database Manager System (RDBMS) spatially extended with PostGIS, which allowed the evaluation of the use of the data model in practical cases. Based on the geotechnical database, three case studies were conducted addressing data analysis and spatialization in the Olhos D'Água Stream sub-basin, construction of three-dimensional geometry and data selection criteria in the Taquari Housing Sector – Step 2 and analysis of geotechnical characteristics in terrain units defined based on geology, geomorphology and pedology. The entire geotechnical database structure is compiled into an extension to PostgreSQL titled "pggeotec" and available in the Github repository, aiming to stimulate discussion about storage standard and geotechnical data distribution architecture.

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA.....	iv
AGRADECIMENTOS	v
RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
LISTA DE TABELAS.....	xi
LISTA DE FIGURAS	xvi
LISTA DE SÍMBOLOS, NOMENCLATURA E ABREVIACÕES	xx
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Justificativa.....	3
1.2. Hipóteses	6
1.3. Objetivos	6
1.4. Estrutura da tese.....	7
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
2.1. Cartografia Geotécnica	9
2.2. Banco de Dados Geográficos	13
2.2.1. Considerações iniciais	13
2.2.2. Tipos de estruturas de dados espaciais	17
2.2.3. Relações topológicas	20
2.2.4. Modelagem de dados espaciais	22
2.2.4.1. Modelo de dados	23
2.2.4.2. Técnica de modelagem de objetos para aplicações geográficas (OMT- G)	24
2.2.4.3. Especificações para Aquisições de Dados	36
2.2.4.4. Modelagem de dados geotécnicos	38
2.3. Gestão dos Dados Geotécnicos	42
2.4. Análise exploratória e especialização de dados.....	45
2.4.1. Variáveis quantitativas e qualitativas	46
2.4.2. Análise exploratória de dados.....	46
2.4.2.1. Análise univariada de dados	46
2.4.2.2. Análise bivariada de dados	48
2.4.3. Testes de Estatística	48
2.4.3.1. Testes de Hipóteses	48
2.4.3.2. Mann-Whitney U Test (Teste não paramétrico)	50
2.4.3.3. Teste de Anderson-Darling	50
2.4.4. Técnicas para especialização de dados.....	51
2.4.4.1. Inverso do Quadrado da Distância ou Inverse Distance Weighting (IDW)	51
2.4.4.2. Geoestatística	51
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	53

3.1.	Programas computacionais utilizados.....	54
3.2.	Compilação de dados pré-existentes.....	55
3.3.	Modelagem do banco de dados	57
3.3.1.	Levantamento de requisitos	57
3.3.2.	Elaboração do modelo conceitual	58
3.3.3.	Elaboração do esquema lógico.....	59
3.3.4.	Implementação física.....	60
3.3.5.	Complemento no QGIS	62
3.3.6.	Metadados.....	62
3.4.	Estudo de Caso	64
3.4.1.	Estudo de Caso 1: Sub-bacia do Córrego Olhos D'Água no Plano Piloto	64
3.4.2.	Estudo de Caso 2: Área central do Setor Habitacional Taquari - Etapa 265	65
3.4.3.	Estudo de Caso 3: Distrito Federal (DF)	65
3.4.4.	Considerações sobre as análises estatísticas	67
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	68
4.1.	Levantamento de Requisitos	68
4.1.1.	Investigações e ensaios de campo	68
4.1.2.	Amostras.....	73
4.1.3.	Ensaio de laboratório	73
4.1.4.	Unidades geotécnicas	75
4.2.	Modelagem Conceitual	76
4.2.1.	Diagrama de Classes, Dicionário de Dados e Especificações para Aquisições de Dados.....	77
4.2.1.1.	Limites e dados cadastrais	78
4.2.1.2.	Investigações e ensaios de campo	79
4.2.1.3.	Amostras e ensaios de laboratório.....	83
4.2.1.4.	Unidades e cartas geotécnicas.....	86
4.2.2.	Diagrama de Transformação.....	88
4.2.3.	Diagrama de Apresentação	89
4.3.	Esquema Lógico e Implementação Física.....	91
4.3.1.	Extensão do PostgreSQL – pggeotec	93
4.3.2.	Complemento do QGIS – Geotechnical Data Explorer	96
4.4.	Qualidade dos dados geotécnicos compilados	99
4.5.	Estudos de Caso.....	102
4.5.1.	Estudo de Caso 1: Sub-bacia do Córrego Olhos D'Água – Plano Piloto/DF	102
4.5.1.1.	Número de golpes do ensaio SPT	106

4.5.1.2.	Profundidade até o impenetrável.....	112
4.5.1.3.	Teor de finos e limites de Atterberg.....	115
4.5.2.	Estudo de Caso 2: Setor Habitacional Taquari – Etapa 2.....	121
4.5.2.1.	Profundidade total investigada.....	122
4.5.2.2.	Limites de Atterberg.....	124
4.5.2.3.	Granulometria.....	126
4.5.2.4.	Resistência de penetração.....	128
4.5.3.	Estudo de Caso 3: Distrito Federal.....	136
4.5.3.1.	Comparação entre as unidades de mapeamento (UM) e as ordens da classificação pedológica.....	137
4.5.3.2.	Comparação entre dois locais com diferentes unidades geológicas e mesma unidade geomorfológica e pedológica.....	151
4.5.3.3.	Comparação entre dois locais com diferentes unidades geomorfológicas e mesma unidade geológica e pedológica.....	153
4.5.3.4.	Comparação entre três áreas enquadradas na mesma unidade de terreno.....	154
5.	CONCLUSÕES.....	157
5.1.	Gestão de dados geotécnicos.....	157
5.2.	Modelagem de dados e implementação de banco de dados geotécnicos.....	159
5.3.	Trabalhos futuros.....	161
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	163
	APÊNDICE A: DOMÍNIOS UTILIZADOS NOS DICIONÁRIO DE DADOS.....	176
	APÊNDICE B: DICIONÁRIO DE DADOS E ESPECIFICAÇÕES PARA AQUISIÇÕES DE DADOS DO DIAGRAMA DE CLASSES.....	180
	APÊNDICE C: METADADOS.....	246
	APÊNDICE D: ESQUEMA LÓGICO.....	247
	APÊNDICE E: DIAGRAMA DE CLASSES.....	248
	APÊNDICE F: DIAGRAMA DE TRANSFORMAÇÃO.....	252
	APÊNDICE G: DIAGRAMA DE APRESENTAÇÃO.....	259
	APÊNDICE H: MANUAL DE UTILIZAÇÃO.....	262

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Dissertações de mestrado e teses de doutorado de cartografia geotécnica realizados no Distrito Federal entre os anos de 1992 e 2022.	11
Tabela 2: Matriz de intersecção entre dois polígonos “a” e “b”. Fonte: Adaptado da OGC (2011).	20
Tabela 3: Relações topológica em duas e três dimensões e respectivas funções no PostGIS 3.0 que permitem essas consultas.	22
Tabela 4: Descrições de algumas transformações do tipo geometria computacional. Fonte: Adaptado de Davis Junior (2000).	31
Tabela 5: Descrições de algumas transformações do tipo generalização cartográfica. Fonte: Adaptado de Davis Junior (2000).	33
Tabela 6: Descrições de algumas transformações do tipo análise espacial. Fonte: Adaptado de Davis Junior (2000).	34
Tabela 7: Tabela modelo para definição das regras de aquisição.	36
Tabela 8: Tabela modelo para definição dos dicionários de dados.	37
Tabela 9: Principais tipos de banco de dados utilizados para implementação de bancos de dados geotécnicos.	40
Tabela 10: Resumo de algumas características das principais formas de implementação de um banco de dados geotécnicos (baseadas em arquivo e banco de dados relacional) e do banco de dados objeto relacional.	41
Tabela 11: Classes definidas para levantamento de requisitos.	58
Tabela 12: Modelo de formulário para o preenchimento de metadados, compatível com o perfil de metadados geoespaciais do Brasil 2.0 - MGB. Fonte: IBGE (2021).	62
Tabela 13: Resumo de algumas características das investigações e ensaios de campo.	72
Tabela 14: Resumo de algumas características dos ensaios de laboratório.	75
Tabela 15: Resumo de algumas características das classes referentes aos limites e dados cadastrais.	79
Tabela 16: Resumo das classes relacionadas as investigações apresentando a descrição e respectivas relação de classes de objetos.	81
Tabela 17: Resumo das classes relacionadas a subclasse sondagens da superclasse investigações apresentando a descrição e respectivas relação de classes de objetos.	82
Tabela 18: Resumo das classes relacionadas a subclasse ensaios de campo da superclasse investigações apresentando a descrição e respectivas relação de classes de objetos.	83
Tabela 19: Resumo das classes relacionadas a subclasse instrumentação da superclasse investigações apresentando a descrição e respectivas relação de classes de objetos.	83
Tabela 20: Resumo das classes relacionadas a subclasse caracterização da superclasse ensaios apresentando a descrição e respectivas relação de classes de objetos.	84
Tabela 21: Resumo das classes relacionadas a subclasse hidrodinâmica da superclasse ensaios apresentando a descrição e respectivas relação de classes de objetos.	85
Tabela 22: Resumo das classes relacionadas as subclasses resistência e deformação da superclasse ensaios apresentando a descrição e respectivas relação de classes de objetos.	86
Tabela 23: Resumo das classes relacionadas ao grupo cartografia geotécnica apresentando a descrição e respectivas relação de classes de objetos.	87
Tabela 24: Porcentagem de registros nulos referente a informações gerais dos dados compiladas.	100
Tabela 25: Porcentagem de registros nulos referente a informações das sondagens a percussão.	101

Tabela 26: Estatísticas descritivas das 3051 amostras referentes ao número de golpes do ensaio SPT nos 30 centímetros finais de cada trecho ensaiado das 242 sondagens à percussão na área do estudo de caso 1 até 21 m de profundidade.....	107
Tabela 27: Teste não paramétrico de Mann-Whitney com 95% de confiança para a teor de finos nos LV em que a hachura em vermelho indica que as amostras não são semelhantes em termos de mediana e a hachura em verde indicam que as amostras são semelhantes em termos de mediana.	138
Tabela 28: Teste não paramétrico de Mann-Whitney com 95% de confiança para o limite de plasticidade nos LV em que a hachura em vermelho indica que as amostras não são semelhantes em termos de mediana e a hachura em verde indicam que as amostras são semelhantes em termos de mediana.....	139
Tabela 29: Teste não paramétrico de Mann-Whitney com 95% de confiança para o limite de liquidez nos LV em que a hachura em vermelho indica que as amostras não são semelhantes em termos de mediana e a hachura em verde indicam que as amostras são semelhantes em termos de mediana.....	140
Tabela 30: Teste não paramétrico de Mann-Whitney com 95% de confiança para o índice de plasticidade nos LV em que a hachura em vermelho indica que as amostras não são semelhantes em termos de mediana e a hachura em verde indicam que as amostras são semelhantes em termos de mediana.....	140
Tabela 31: Teste não paramétrico de Mann-Whitney com 95% de confiança para o Índice de Suporte Califórnia nos LV em que a hachura em vermelho indica que as amostras não são semelhantes em termos de mediana e a hachura em verde indicam que as amostras são semelhantes em termos de mediana.	142
Tabela 32: Teste não paramétrico de Mann-Whitney com 95% de confiança para a profundidade do impenetrável e o ensaio SPT nos LV em que a hachura em vermelho indica que as amostras não são semelhantes em termos de mediana e a hachura em verde indicam que as amostras são semelhantes em termos de mediana.	142
Tabela 33: Teste não paramétrico de Mann-Whitney com 95% de confiança para características dos CX em que a hachura em vermelho indica que as amostras não são semelhantes em termos de mediana e a hachura em verde indicam que as amostras são semelhantes em termos de mediana.	144
Tabela 34: Teste não paramétrico de Mann-Whitney com 95% de confiança nos CX em que a hachura em vermelho indica que as amostras não são semelhantes em termos de mediana e a hachura em verde indicam que as amostras são semelhantes em termos de mediana.	145
Tabela 35: Teste não paramétrico de Mann-Whitney com 95% de confiança para características dos LVA em que a hachura em vermelho indica que as amostras não são semelhantes em termos de mediana e a hachura em verde indicam que as amostras são semelhantes em termos de mediana.	147
Tabela 36: Teste não paramétrico de Mann-Whitney com 95% de confiança nos LVA em que a hachura em vermelho indica que as amostras não são semelhantes em termos de mediana e a hachura em verde indicam que as amostras são semelhantes em termos de mediana.	148
Tabela 37: Teste não paramétrico de Mann-Whitney com 95% de confiança nos LVA em que a hachura em vermelho indica que as amostras não são semelhantes em termos de mediana e a hachura em verde indicam que as amostras são semelhantes em termos de mediana.	149
Tabela 38: Teste não paramétrico de Mann-Whitney com 95% de confiança nas ordens da classificação pedológica LV, LVA, CX e Hi em que a hachura em vermelho indica que as amostras não são semelhantes em termos de mediana e a hachura em verde indicam que as amostras são semelhantes em termos de mediana.....	151
Tabela 39: Teste não paramétrico de Mann-Whitney para a propriedade teor de finos das unidades MNPPa-PI-LVd3 e MNPPc-PI-LVd3 com 95% de confiança em que a hachura em	

vermelho indica que as amostras não são semelhantes em termos de mediana e a hachura em verde indicam que as amostras são semelhantes em termos de mediana.	152
Tabela 40: Teste não paramétrico de Mann-Whitney para as unidades MNPpq3-CE-LVd3 e MNPpr3-CE-LVd3 com 95% de confiança em que a hachura em vermelho indica que as amostras não são semelhantes em termos de mediana e a hachura em verde indicam que as amostras são semelhantes em termos de mediana.	153
Tabela 41: Teste não paramétrico de Mann-Whitney para as unidades MNPpr3-R-LVd3 (R - Rebordo) com área enquadrada na UT de MNPpr3-CE-LVd3 (CE – Chapada Elevada) com 95% de confiança em que a hachura em vermelho indica que as amostras não são semelhantes em termos de mediana e a hachura em verde indicam que as amostras são semelhantes em termos de mediana.	154
Tabela 42: Teste não paramétrico de Mann-Whitney com 95% de confiança para as propriedades teor de finos e índice de plasticidade em que a hachura em vermelho indica que as amostras não são semelhantes em termos de mediana e a hachura em verde indicam que as amostras são semelhantes em termos de mediana.	155
Tabela 43: Lista de códigos do domínio tb_investigacao.	176
Tabela 44: Lista de códigos do domínio tb_ensaios.	176
Tabela 45: Lista de códigos do domínio tb_normas.	176
Tabela 46: Lista de códigos do domínio tb_finalidade.	177
Tabela 47: Lista de códigos do domínio tb_textura_solo.	177
Tabela 48: Lista de códigos do domínio tb_compacidade_solo.	177
Tabela 49: Lista de códigos do domínio tb_origem_solo.	177
Tabela 50: Lista de códigos do domínio tb_tipo_amostra.	178
Tabela 51: Lista de códigos do domínio tb_estrut.	178
Tabela 52: Lista de códigos do domínio tb_descont_rugosidade.	178
Tabela 53: Lista de códigos do domínio tb_descont_abertura.	178
Tabela 54: Lista de códigos do domínio tb_desc_preenc.	178
Tabela 55: Lista de códigos do domínio tb_desc_inc.	179
Tabela 56: Lista de códigos do domínio tb_desc_alt.	179
Tabela 57: Lista de códigos do domínio tb_corpo_prova.	179
Tabela 58: Dicionário de dados da classe “limite_cartas_geotecnicas”.	180
Tabela 59: Especificações para aquisições de dados da classe “limite_cartas_geotecnicas”.	180
Tabela 60: Dicionário de dados da classe “grid_geociu”.	181
Tabela 61: Especificações para aquisições de dados da classe “grid_geociu”.	181
Tabela 62: Dicionário de dados da classe “limite_adm”.	182
Tabela 63: Especificações para aquisições de dados da classe “limite_adm”.	182
Tabela 64: Dicionário de dados da classe “projetos”.	183
Tabela 65: Especificações para aquisições de dados da classe “projetos”.	183
Tabela 66: Dicionário de dados da classe “investigacoes”.	184
Tabela 67: Especificações para aquisições de dados da classe “investigacoes”.	185
Tabela 68: Dicionário de dados da classe “sondagens”.	186
Tabela 69: Especificações para aquisições de dados da classe “sondagens”.	186
Tabela 70: Dicionário de dados da classe “ensaios_campo”.	187
Tabela 71: Especificações para aquisições de dados da classe “ensaios_campo”.	187
Tabela 72: Dicionário de dados da classe “instrumentacao”.	188
Tabela 73: Especificações para aquisições de dados da classe “instrumentacao”.	188
Tabela 74: Dicionário de dados da classe “aneis_concentricos”.	189
Tabela 75: Especificações para aquisições de dados da classe “aneis_concentricos”.	189
Tabela 76: Dicionário de dados da classe “aneis_concentricos_medicao”.	190
Tabela 77: Dicionário de dados da classe “cone”.	190

Tabela 78: Especificações para aquisições de dados da classe “cone”.....	191
Tabela 79: Dicionário de dados da classe “guelph”.....	191
Tabela 80: Especificações para aquisições de dados da classe “guelph”.....	192
Tabela 81: Dicionário de dados da classe “guelph_medicao”.....	193
Tabela 82: Dicionário de dados da classe “palheta”.....	193
Tabela 83: Especificações para aquisições de dados da classe “palheta”.....	194
Tabela 84: Dicionário de dados da classe “panda”.....	194
Tabela 85: Especificações para aquisições de dados da classe “panda”.....	195
Tabela 86: Dicionário de dados da classe “percussao”.....	196
Tabela 87: Especificações para aquisições de dados da “percussao”.....	197
Tabela 88: Dicionário de dados da classe “rotativa”.....	198
Tabela 89: Especificações para aquisições de dados da “rotativa”.....	199
Tabela 90: Dicionário de dados da classe “trado”.....	200
Tabela 91: Especificações para aquisições de dados da classe “trado”.....	201
Tabela 92: Dicionário de dados da classe “pt_campo_solo”.....	202
Tabela 93: Especificações para aquisições de dados da classe “pt_campo_solo”.....	203
Tabela 94: Dicionário de dados da classe “pt_campo_rocha”.....	204
Tabela 95: Especificações para aquisições de dados da classe “pt_campo_rocha”.....	205
Tabela 96: Dicionário de dados da classe “trincheira”.....	205
Tabela 97: Especificações para aquisições de dados da classe “trincheira”.....	206
Tabela 98: Dicionário de dados da classe “infiltracao”.....	206
Tabela 99: Dicionário de dados da classe “infiltracao_medicao”.....	207
Tabela 100: Especificações para aquisições de dados da classe “infiltração”.....	207
Tabela 101: Dicionário de dados da classe “perda_agua”.....	208
Tabela 102: Dicionário de dados da classe “perda_agua_medicao”.....	208
Tabela 103: Especificações para aquisições de dados da classe “perda_agua”.....	209
Tabela 104: Dicionário de dados da classe “piezometro”.....	209
Tabela 105: Especificações para aquisições de dados da classe “piezometro”.....	210
Tabela 106: Dicionário de dados da classe “indicador_na”.....	210
Tabela 107: Especificações para aquisições de dados da classe “indicador_na”.....	211
Tabela 108: Dicionário de dados da classe “amostra”.....	212
Tabela 109: Especificações para aquisições de dados da classe “amostra”.....	213
Tabela 110: Dicionário de dados da classe “ensaios”.....	214
Tabela 111: Especificações para aquisições de dados da classe “ensaios”.....	215
Tabela 112: Dicionário de dados da classe “granulometria”.....	216
Tabela 113: Especificações para aquisições de dados da classe “granulometria”.....	217
Tabela 114: Dicionário de dados da classe “granulometria_medicao”.....	217
Tabela 115: Especificações para aquisições de dados da classe “granulometria_medicao”.....	218
Tabela 116: Dicionário de dados da classe “atterberg”.....	218
Tabela 117: Especificações para aquisições de dados da classe “atterberg”.....	219
Tabela 118: Dicionário de dados da classe “atterberg_medicao”.....	220
Tabela 119: Especificações para aquisições de dados da classe “atterberg_medicao”.....	221
Tabela 120: Dicionário de dados da classe “umidade”.....	222
Tabela 121: Especificações para aquisições de dados da classe “umidade”.....	222
Tabela 122: Dicionário de dados da classe “perm_const”.....	223
Tabela 123: Especificações para aquisições de dados da classe “perm_const”.....	223
Tabela 124: Dicionário de dados da classe “perm_var”.....	224
Tabela 125: Especificações para aquisições de dados da classe “perm_var”.....	224
Tabela 126: Dicionário de dados da classe “perm_medicao”.....	225
Tabela 127: Dicionário de dados da classe “adensamento”.....	225

Tabela 128: Especificações para aquisições de dados da classe “adensamento”	226
Tabela 129: Dicionário de dados da classe “adensamento_medicao”	227
Tabela 130: Especificações para aquisições de dados da classe “adensamento_medicao”	227
Tabela 131: Dicionário de dados da classe “cisalhamento_direto”	228
Tabela 132: Especificações para aquisições de dados da classe “cisalhamento_direto”	229
Tabela 133: Dicionário de dados da classe “cisalhamento_direto_medicao”	229
Tabela 134: Especificações para aquisições de dados da classe “cisalhamento_direto_medicao”	230
Tabela 135: Dicionário de dados da classe “compactacao”	230
Tabela 136: Especificações para aquisições de dados da classe “compactacao”	231
Tabela 137: Dicionário de dados da classe “compactacao_medicao”	231
Tabela 138: Especificações para aquisições de dados da classe “compactacao_medicao”	232
Tabela 139: Dicionário de dados da classe “compressao_simples”	232
Tabela 140: Especificações para aquisições de dados da classe “compressao_simples”	233
Tabela 141: Dicionário de dados da classe “compressao_simples_medicao”	233
Tabela 142: Especificações para aquisições de dados da classe “compressao_simples_medicao”	234
Tabela 143: Dicionário de dados da classe “isc”	234
Tabela 144: Especificações para aquisições de dados da classe “isc”	235
Tabela 145: Dicionário de dados da classe “isc_medicao”	235
Tabela 146: Especificações para aquisições de dados da classe “isc_medicao”	236
Tabela 147: Dicionário de dados da classe “isc_expansao”	236
Tabela 148: Especificações para aquisições de dados da classe “isc_expansao”	237
Tabela 149: Dicionário de dados da classe “triaxial”	237
Tabela 150: Especificações para aquisições de dados da classe “triaxial”	238
Tabela 151: Dicionário de dados da classe “triaxial_medicao”	238
Tabela 152: Especificações para aquisições de dados da classe “triaxial_medicao”	239
Tabela 153: Dicionário de dados da classe “indice_fisico”	240
Tabela 154: Especificações para aquisições de dados da classe “indice_fisico”	240
Tabela 155: Dicionário de dados da classe “unidade_solo”	241
Tabela 156: Especificações para aquisições de dados da classe “unidade_solo”	241
Tabela 157: Dicionário de dados da classe “unidade_rocha”	242
Tabela 158: Especificações para aquisições de dados da classe “unidade_rocha”	242
Tabela 159: Dicionário de dados da classe “macico_rochoso”	243
Tabela 160: Especificações para aquisições de dados da classe “macico_rochoso”	244
Tabela 161: Dicionário de dados da classe “secao_geotecnica”	244
Tabela 162: Especificações para aquisições de dados da classe “secao_geotecnica”	245
Tabela 163: Metadados dos dados comilados nessa pesquisa	246

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Áreas de abrangência das dissertações de mestrado e teses de doutorado em cartografia geotécnica que sobrepõem o Distrito Federal.	12
Figura 2: Arquitetura de Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Fonte: Adaptado de Câmara (2001).	13
Figura 3: Ilustração exibindo a estrutura de esquemas, tabelas, registros, atributos e de relacionamentos entre as tabelas no sistema gerenciador de banco de dados.	16
Figura 4: Exemplos de geometrias bidimensionais e tridimensionais com as geometrias em verde e o número de registros em vermelho. Fonte: Adaptado de PostGIS (2022a).	19
Figura 5: Exemplo da relação entre geometrias bidimensionais do tipo polígono utilizando a DE-9IM. Fonte: Postgis (2022a).	21
Figura 6: Processo de abstração de objetos do mundo real para o ambiente computacional e manipulação de dados geoespaciais. Fonte Adaptado de EPUSP (2016).	23
Figura 7: Notação gráfica completa (a) e simplificada (b) para as classes do modelo OMT-G. Fonte: Adaptado de Borges <i>et al.</i> (2005).	25
Figura 8: Notação gráfica para as classes dos tipos geo-objetos e geocampo do modelo OMT-G. Fonte: Adaptado de Borges <i>et al.</i> (2005).	25
Figura 9 (Continuação): Notação gráfica para as classes dos tipos geo-objetos e geocampo do modelo OMT-G. Fonte: Adaptado de Borges <i>et al.</i> (2005).	26
Figura 10: Relacionamentos entre as classes do modelo OMT-G. Fonte: Adaptado de Borges <i>et al.</i> (2005).	26
Figura 11: Tipos de generalização/especialização das classes do modelo UML(a) e OMT-G (b). Fonte: Adaptado de SPU (2022).	27
Figura 12: Exemplos de generalização disjuncto parcial (a), sobreposto parcial (b), disjuncto total (c) e sobreposto total (d) das classes do modelo OMT-G. Fonte: Adaptado de SPU (2022). .	28
Figura 13: Exemplo de generalização conceitual de acordo com a forma (a) ou com a escala (b). Fonte: Adaptado de SPU (2022).	28
Figura 14: Agregação entre classes convencionais e georreferenciadas das classes do modelo OMT-G. Fonte: Adaptado de Borges <i>et al.</i> (2005).	29
Figura 15: Notação de cardinalidade das classes do modelo OMT-G. Fonte: Retirado de SPU (2022).	29
Figura 16: Notação gráfica para as classes georreferenciadas e convencionais do modelo OMT-G e alguns tipos de relacionamentos entre elas na forma de um diagrama de classes.	30
Figura 17: Exemplos de transformação dos operadores seleção (análise espacial) e fusão (generalização cartográfica) em um diagrama de transformações.	31
Figura 18: Exemplos de padrões de visualizações da camada de pontos das investigações no diagrama de apresentação.	35
Figura 19: Processo de transformação de dados em conhecimento.	43
Figura 20: Tipos de testes de hipótese em relação a região de aceitação da hipótese nula ou alternativa.	49
Figura 21: Elementos de um semivariograma Fonte: Modificado de Vilca (2019).	52
Figura 22: Processo detalhado da modelagem e implementação do banco de dados proposto	53
Figura 23: Processo resumido da modelagem e implementação do banco de dados proposto.	54
Figura 24: Mapa da distribuição espacial das investigações de campo e ensaios de laboratório compiladas.	56
Figura 25: Exemplos de representação de tabelas no esquema lógico. O significado de cada coluna é apresentado posteriormente no APÊNDICE B: DICIONÁRIO DE DADOS E ESPECIFICAÇÕES PARA AQUISIÇÕES DE DADOS DO DIAGRAMA DE CLASSES.	60
Figura 26: Banco de dados e a sua relação com o usuário e com o complemento do QGIS. ..	61

Figura 27: Diagrama de classes geral apresentando a relação entre as investigações e ensaios de campo, ensaios de laboratório, cartografia geotécnica e limites e base cadastral elaborado no OMT-G Designer.	77
Figura 28: Estrutura do Código Identificador Único Geotécnico (GEOCIU) proposto nessa pesquisa.	78
Figura 29: Diagrama de classe do grupo de investigações elaborado no OMT-G Designer. ..	80
Figura 30: Diagrama de classe do grupo de ensaios elaborado no OMT-G Designer e ajustados para visualização.	85
Figura 31: Diagrama de classe do grupo de cartografia geotécnica elaborado no OMT-G Designer.	87
Figura 32: Exemplo de construção de visualização materializada onde * significa todos os atributos.	88
Figura 33: Exemplo de transformação em que a classe ensaios (ge) é construída pelo banco de dados por meio de uma sequência de operadores executados nas classes “ensaios” e “compressao simples”.	89
Figura 34: Exemplo de representação para a classe investigações utilizando a variável profundidade.	90
Figura 35: Exemplo de representação para a classe investigações para diferentes finalidades utilizando a variável profundidade.	90
Figura 36: Recorte do esquema lógico apresentando uma tabela criada para armazenamento de dados brutos.	91
Figura 37: Recorte do esquema lógico apresentando uma tabela criada para armazenamento de domínios.	92
Figura 38: Criação do banco de dados relacional no sistema gerenciador de banco de dados.	94
Figura 39: Resumo das etapas para cadastramento de dados no banco.	95
Figura 40: Visão geral da primeira aba do complemento desenvolvido para o SIG QGIS.	97
Figura 41: Visão geral da segunda aba do complemento desenvolvido para o SIG QGIS.	97
Figura 42: Visão geral da terceira aba do complemento desenvolvido para o SIG QGIS.	98
Figura 43: Distribuição das investigações e ensaios na área do estudo de caso 1.	102
Figura 44: Geomorfologia, geologia e hidrogeologia da área do estudo de caso 1: sub-bacia.	104
Figura 45: Pedologia, hipsometria e declividade da área do estudo de caso 1: sub-bacia.	105
Figura 46: Histograma de frequência e estatísticas descritivas do número de golpes do ensaio SPT nos 30 centímetros finais de cada trecho de 45 centímetros ensaiado das sondagens à percussão na área do estudo de caso 1.	106
Figura 47: Valor mínimo, quartil inferior, média, mediana, quartil superior, máximo do número de golpes do ensaio SPT nos 30 centímetros finais de cada trecho de 45 centímetros ensaiado das sondagens à percussão até 21 metros de profundidade.	109
Figura 48: Histogramas do número de golpes do ensaio SPT nos 30 centímetros finais de cada trecho ensaiado de 45 centímetros até 21 m de profundidade - período chuvoso (azul) e período seco (vermelho).	109
Figura 49: Histogramas do número de golpes do ensaio SPT nos 30 centímetros finais de cada trecho de 45 centímetros ensaiado no período chuvoso (azul) e período seco (vermelho) para profundidade até 3 m.	110
Figura 50: Histogramas do número de golpes do ensaio SPT nos 30 centímetros finais de cada trecho de 45 centímetros ensaiado no período chuvoso (azul) e período seco (vermelho) para profundidade entre 4 e 15 m.	111
Figura 51: Histogramas do número de golpes do ensaio SPT nos 30 centímetros finais de cada trecho de 45 centímetros ensaiado no período chuvoso (azul) e período seco (vermelho) para profundidade maior que 15 m.	111

Figura 52: Valores médios, medianos do número de golpes do ensaio SPT nos 30 centímetros finais de cada trecho de 45 cm ensaiado no período chuvoso e período seco.....	112
Figura 53: Valores primeiro e terceiro quartil do número de golpes do ensaio SPT nos 30 centímetros finais de cada trecho de 45 cm ensaiado no período chuvoso e período seco. ...	112
Figura 54: Histograma de frequência e estatísticas descritivas das profundidades até o impenetrável na área do estudo de caso 1.	113
Figura 55: Mapa de profundidade do impenetrável na área de estudo 1 gerado pela técnica de krigagem ordinária.	114
Figura 56: Histograma de frequência e estatísticas descritivas do teor de finos na área do estudo de caso 1.	116
Figura 57: Mapa de teor de finos na área de estudo 1 gerado pela técnica de krigagem ordinária.	116
Figura 58: Gráfico de plasticidade das amostras na área de estudo 1 com índice de plasticidade no eixo y, limite de liquidez no eixo x e EDA corresponde as amostras utilizadas na análise exploratória de dados.	117
Figura 59: Propriedades estimadas para as zonas definidas no perfil esquemático do estudo de caso 1.	118
Figura 60: Perfil esquemático proposto para a área do estudo de caso 1. As cores não possuem significado físico e foram incluídas por perfil esquemático para facilitar a diferenciação das zonas.	119
Figura 61: Seção traçada a partir das sondagens a percussão na área ao lado do parque olhos d'água.	120
Figura 62: Distribuição espacial das investigações disponíveis na área do estudo de caso 2.	121
Figura 63: Geologia, geomorfologia e pedologia da área de estudo 2 e entorno.	122
Figura 64: Histograma de frequência e estatísticas descritivas da profundidade do solo na amostra geral.	123
Figura 65: Histograma de frequência e estatísticas descritivas da profundidade do solo na amostra local.	123
Figura 66: Histograma de frequência e estatísticas descritivas do limite de plasticidade dos solos na amostra geral.	124
Figura 67: Histograma de frequência e estatísticas descritivas do limite de liquidez dos solos na amostra geral.	125
Figura 68: Histograma de frequência e estatísticas descritivas do índice de plasticidade dos solos na amostra geral.	125
Figura 69: Dados da amostra geral no geral inseridos no gráfico de plasticidade com índice de plasticidade no eixo y, limite de liquidez no eixo x e EDA corresponde as amostras utilizadas na análise exploratória de dados.	126
Figura 70: Histograma de frequência e estatísticas descritivas do teor de finos dos solos na amostra geral.	127
Figura 71: Curvas granulométricas dos ensaios executados por Nogueira (2018), com defloculante, onde a nomenclatura da amostra é composta pelo número do ponto e a sigla dos latossolos. Fonte: Nogueira (2018)	127
Figura 72: Histograma de frequência e estatísticas descritivas da resistência a penetração do solo na amostra local. A unidade das estatísticas está em Mpa.	128
Figura 73: Relação entre profundidade e resistência dos ensaios do penetrômetro PANDA executados por Almeida (2022) na área de estudo 2.	129
Figura 74: Alinhamento da seção gerada utilizando o complemento do QGIS e visualizada no complemento <i>Qgis2threejs</i> com exagero da geometria dos ensaios de 10 vezes.	129
Figura 75: Exemplo de planos de informação utilizados na confecção da seção tridimensional e passo a passo descrito no complemento do QGIS.	130

Figura 76: Dados representados em amarelo utilizados para a elaboração da seção na área do estudo de caso 2 visualizada, por cima, no complemento <i>Qgis2threejs</i> com exagero da geometria dos ensaios de 10 vezes.	131
Figura 77: Visão de subsolo da seção tridimensional elaborada com base nos dados dos ensaios de campo selecionados na área de estudo 2.	132
Figura 78: Visão de subsolo dos ensaios de campo na área de estudo 2.....	133
Figura 79: Malha quadrada regular de pontos criada para estimar os valores de resistência a penetração na área de estudo 2.....	134
Figura 80: Distribuição espacial da malha interpolada em que os elementos da malha são representados pelos cilindros e as amostras pelos pontos simples.....	135
Figura 81: Resumo das características das zonas na área do estudo de caso 2 definidas com base nos dados compilados.....	135
Figura 82: Perfil esquemático proposto para a área do estudo de caso 2. As cores não possuem significado físico e foram incluídas por perfil esquemático para facilitar a diferenciação das zonas.....	136
Figura 83: Distribuição espacial das unidades de mapeamento pedológico dos latossolos vermelhos.	138
Figura 84: Gráfico de plasticidade para as amostras da ordem pedológico LV composta pelas unidades de mapeamento LVd1, LVd2, LVd3, LVd4 e LVd6.	141
Figura 85: Média, moda e mediana do número de golpes do ensaio SPT para as diferentes profundidades dos dados inseridos na ordem pedológica LV.....	143
Figura 86: Distribuição espacial das unidades de mapeamento pedológico dos cambissolos.	144
Figura 87: Gráfico de plasticidade para as amostras inseridas na ordem de classificação pedológica CX.....	146
Figura 88: Distribuição espacial das unidades de mapeamento pedológico dos latossolos vermelho amarelo.	146
Figura 89: Gráfico de plasticidade para as amostras inseridas na ordem de classificação pedológica LVA.	149
Figura 90: Distribuição espacial das unidades de mapeamento pedológico dos solos hidromórficos.	150
Figura 91: Esquema lógico proposto com base no diagrama de classes.....	247
Figura 92: Diagrama de classes geral proposto para o banco de dados em que as classes roxas pertencem ao grupo de investigações, as classes laranjas pertencem ao grupo de ensaios, as verdes ao grupo de amostras, classes amarelas ao grupo de cartografia geotécnica e cinzas ao grupo de cartografia cadastral.	249
Figura 93: Detalhamento da superclasse ensaios do diagrama de classes geral proposto para o banco de dados.	249
Figura 94: Detalhamento da superclasse investigações do diagrama de classes geral proposto para o banco de dados.	250
Figura 95: Detalhamento da classe unidade geotécnica e classes relacionadas do diagrama de classes geral proposto para o banco de dados.	251
Figura 96: Diagrama de transformação proposto para o banco de dados.	252
Figura 97: Diagrama de apresentação para algumas classes do diagrama de classes.	259

LISTA DE SÍMBOLOS, NOMENCLATURA E ABREVIACÕES

2D	-	Duas dimensões
3D	-	Três dimensões
ADASA	-	Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento do Distrito Federal
AED	-	Análise Exploratória de Dados
α	-	Nível de significância do teste estatístico
API	-	<i>Application Programming Interface</i> (API) ou interface de programação de aplicativos proprietária
B	-	Borda na matriz DE-9IM
BD	-	Banco de Dados
BIM	-	<i>Building Information Management</i> ou Modelagem da Informação da Construção
C	-	Valor crítico do teste estatístico
CDUT	-	conjunto de dados da unidade de terreno
CDL	-	conjunto de dados local
CG	-	Cartografia Geotécnica
CONCAR	-	Comissão Nacional de Cartografia
CP	-	Corpo de prova
CTM	-	Cadastro Técnico Multifinalitário
CTM/DF	-	Cadastro Técnico Multifinalitário do Distrito Federal
CX	-	Cambissolo
CXd12	-	Cambissolo Distrófico Unidade de Mapeamento 12
CXd13	-	Cambissolo Distrófico Unidade de Mapeamento 13
DE-9IM	-	<i>Dimensionally Extended Nine-Intersection Model</i> ou Matrix Estendida de Nove Intersecções
DER	-	Departamento de Estrada e Rodagem
DF	-	Distrito Federal
DIM	-	Dimensão na matriz DE-9IM
DOM	-	Domínios
E	-	Exterior na matriz DE-9IM
EL	-	Ensaio de laboratório
ET-ADGV	-	Norma da Especificação Técnica para Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais
EESC/USP	-	Escola de Engenharia de São Carlos / USP
EX	-	Externo na matriz DE-9IM
f_s	-	Resistência lateral
GA	-	Gestão Ambiental
GDE	-	<i>Geotechnical Data Explorer</i> ou Explorador de Dados Geotécnicos
GDF	-	Governo do Distrito Federal
ge	-	Grande escala no modelo de dados
GEOCIU	-	Código Identificador Único das Investigações Geotécnicas
GML	-	<i>Geography Markup Language</i> ou Linguagem de marcação geográfica
GR	-	Gerenciamento de Riscos
H	-	Hipótese do teste de hipóteses
H0	-	Hipótese nula do teste de hipóteses
H1	-	Hipótese alternativa do teste de hipóteses
HI	-	Solos Hidromórficos
IBRAM	-	Instituto Brasília Ambiental
I	-	Interior na matriz DE-9IM

ic	-	Investigações e ensaios de campo
IDE	-	Infraestrutura de Dados Espaciais
IDE/DF	-	Infraestrutura de Dados Espaciais do Distrito Federal
INDE	-	Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais
I _p	-	Índice de plasticidade
IPHAN	-	Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional
ISC	-	Índice de Suporte Califórnia
k	-	Coefficiente de permeabilidade do solo
LV	-	Latossolos Vermelhos
LVd1	-	Latossolos Vermelhos Distróficos Unidade de Mapeamento 1
LVd2	-	Latossolos Vermelhos Distróficos Unidade de Mapeamento 2
LVd3	-	Latossolos Vermelhos Distróficos Unidade de Mapeamento 3
LVd4	-	Latossolos Vermelhos Distróficos Unidade de Mapeamento 4
LVd6	-	Latossolos Vermelhos Distróficos Unidade de Mapeamento 6
LVA	-	Latossolos Vermelhos Amarelos
LVAd2	-	Latossolos Vermelhos Amarelos Distróficos Unidade de Mapeamento 2
LVAd4	-	Latossolos Vermelhos Amarelos Distróficos Unidade de Mapeamento 4
LVAd6	-	Latossolos Vermelhos Amarelos Distróficos Unidade de Mapeamento 6
LVAd9	-	Latossolos Vermelhos Amarelos Distróficos Unidade de Mapeamento 9
MD	-	Metadados
MDS	-	Modelo Digital de Superfície
MG	-	Modelagem Geotécnica
MGB	-	Metadados Geoespaciais do Brasil
MNC	-	Materiais Naturais de Construção
NI	-	Não informado
NOVACAP	-	Companhia Urbanizadora da Nova Capital do Brasil
OGC	-	<i>Open Geospatial Consortium</i> ou Consórcio Geoespacial Aberto
OS	-	Obras Subterrâneas
pe	-	Pequena escala no modelo de dados
PI	-	Plano de Informação
PIP	-	profundidade do impenetrável à percussão
NoSQL	-	<i>Not Only SQL</i>
NRE	-	Pesquisa que não realizou ensaios
Nspt	-	Número de golpes do ensaio SPT
OMT-G	-	<i>Object Modeling Technique for Geographic Applications</i> ou Técnica de Modelagem de Objetos para Aplicações Geográficas
PDF	-	<i>Portable Document Format</i> ou formato de documento portátil
PI	-	Plano(s) de informação
PIP	-	Profundidade do impenetrável à percussão
PL/pgSQL	-	<i>Procedural Language/PostgreSQL</i> ou Linguagem de programação procedural para PostgreSQL
PostGIS	-	Extensão espacial do PostgreSQL
PostgreSQL	-	Sistema Gerenciador de Banco de dados
PPCUB	-	Plano de Preservação do Conjunto Urbanístico de Brasília
PyQGIS	-	Python para o QGIS
PU	-	Planejamento Urbano
q _c	-	Resistência a penetração
QGIS	-	<i>Quantum GIS</i>
RA	-	Região Administrativa
RCO	-	Relações de Classes de Objetos

RTI	-	Rede de Triângulos Irregulares
RQD	-	
SEDUH	-	Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Habitação
SEMA	-	Secretaria do Meio Ambiente do Distrito Federal
SFCGAL	-	<i>Spatial Computational Geometry Algorithms Library</i>
SGB	-	Serviço Geológico do Brasil
SGBD	-	Sistema Gerenciador de Banco de Dados
SGBDR	-	Sistemas de Gerenciamento de Banco de Dados Relacional
SGBDOR	-	Sistemas de Gerenciamento de Banco de Dados Objeto-Relacional
SIG	-	Sistema de Informações Geográficas
SICAD	-	Sistema Cartográfico do Distrito Federal
SISDIA	-	Sistema Distrital de Informações Ambientais
SITURB	-	Sistema de Informações Territoriais e Urbanas do Distrito Federal
SPT	-	<i>Standard Penetration Test</i> ou ensaio de penetração padrão
SRID	-	<i>Spatial Reference Identifiers</i> ou Identificador de Referência Espacial
SQL	-	<i>Structural Query Language</i> ou Linguagem de Consulta Estruturada
TERRACAP	-	Companhia Imobiliária de Brasília
TF	-	Teor de finos
TIM	-	<i>Triangular Irregular Network</i> ou Rede Triangular Irregular
UML	-	<i>Unified Modeling Language</i> ou Linguagem de Modelagem Unificada
UMT	-	Unidades de mapeamento de terreno
UNB	-	Universidade de Brasília
URL	-	<i>Uniform Resource Locator</i> , ou Localizador Uniforme de Recursos
UT	-	<i>Unidades de Terreno</i>
UTF-8	-	<i>8-bit Unicode Transformation Format</i>
W _L	-	Limite de liquidez
WMS	-	<i>Web Map Service</i>
W _P	-	Limite de plasticidade

1. INTRODUÇÃO

Diante da demanda habitacional e da intensa expansão desordenada dos núcleos urbanos e periurbanos torna-se necessário ordenar, articular e ocupar o espaço superficial e subterrâneo de modo racional, tendo como base instrumentos e políticas elaboradas a partir do processo de planejamento urbano amparado na compreensão do meio ambiente e no conhecimento do território.

Um planejamento urbano adequado consiste no parcelamento do solo fundamentado em instrumentos, como as cartas geotécnicas que apresentem as aptidões, limitações e possíveis impactos que podem ser provocados no meio ambiente decorrente do processo de urbanização e que estejam pautados em um inventário organizado de dados cadastrais que permita uma visão integrada da cidade, como o Cadastro Técnico Multifinalitário (CTM).

Considerando os avanços tecnológicos e o atual processo de expansão urbana no Brasil, torna-se imprescindível que o planejamento urbano e ambiental esteja embasado em conhecimento efetivo de forma a minimizar as especulações e utilize dados geoespaciais de qualidade que auxiliem a tomada de decisões, contribuindo assim para o planejamento e gestão eficaz do território.

A demanda por dados geoespaciais na sociedade atual tem crescido exponencialmente e diante da multiplicidade de geotecnologias existentes no mercado, a produção e distribuição dos dados tornam-se mais ágeis a cada dia. No caso da geotecnia, o interesse por dados georreferenciados e estruturados tende a crescer no Brasil diante da obrigatoriedade da utilização do *Building Information Modelling*¹ (BIM) ou Modelagem da Informação da Construção na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia realizada pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal, estabelecida pelo Decreto Nº 10.306, de 2 de abril de 2020 (BRASIL, 2020). A compilação e inclusão dos dados geotécnicos no BIM é um grande desafio devido a heterogeneidade de formas de armazenamento e a variedade de formatos de distribuição dos dados geotécnicos (Tawelian & Mickovski, 2016; Lee et al., 2021).

A obrigatoriedade da elaboração das cartas geotécnicas de suscetibilidade, aptidão a urbanização e risco estabelecida na Lei nº 12.608 de 10 de abril de 2012 (BRASIL, 2012a), pelos municípios que fazem parte do Cadastro Nacional de Municípios com Áreas Suscetíveis

¹ Conjunto de tecnologias e processos integrados que permite a criação, a utilização e a atualização de modelos digitais de uma construção, de modo colaborativo, que sirva a todos os participantes do empreendimento, em qualquer etapa do ciclo de vida da construção.

à Ocorrência de Deslizamentos de Grande Impacto, Inundações Bruscas ou Processos Geológicos ou Hidrológicos Correlatos, estabelecido pelo Decreto nº 10.692 de 03 de maio de 2021 (BRASIL, 2021a), também intensificam o interesse por dados geotécnicos georreferenciados e estruturados visto que as cartas supramencionadas necessitam de dados geotécnicos para a sua elaboração.

Independente da finalidade dos dados geotécnicos produzidos, observa-se uma ausência de um padrão de armazenamento, um formato de integração dos dados por diferentes fontes e de um controle de qualidade, especialmente em áreas muito antropizadas, onde estima-se que produção de informação geotécnica seja elevada visto que a produção de dados é estimulada pelo poder público, principalmente em áreas de expansão urbana.

Caso a gestão dos dados geoespaciais fosse feita de maneira adequada, o tempo empregado na compilação e compatibilização de dados preexistentes poderia ser investido no planejamento da aquisição de dados, na produção e análise de informações derivadas e elaboração dos produtos cartográficos. As cartas geotécnicas, por exemplo, dependem da quantidade, qualidade e disponibilidade de dados preexistentes e pode se beneficiar muito da existência de uma base única e estruturada de dados geoespaciais geotécnicos.

No entanto, para que os dados preexistentes sejam utilizados adequadamente, em conjunto com os dados produzidos, ambos necessitam seguir padrões e especificações técnicas que garantam a interoperabilidade, compartilhamento, e a disseminação, sendo estes aspectos fundamentais em uma Infraestrutura de Dados Espaciais² (IDE) (CONCAR, 2017). A inexistência de uma normatização relacionada à aquisição e ao armazenamento de dados geoespaciais dificulta a utilização dos dados preexistentes o que acarreta o desperdício de recursos das organizações e seus usuários.

Em 2008, foi criada a Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE), que consiste em uma IDE, que abrangem dados das esferas federal, estadual, distrital e municipal, com o objetivo de catalogar, integrar e harmonizar dados geoespaciais existentes nas instituições do governo brasileiro, produtoras e gestoras de dados, de maneira que possam ser facilmente localizados, explorados e acessados (CINDE, 2010). O plano de ação da INDE (CINDE, 2010) aprovado em 2010 estabeleceu como informações temáticas a Vegetação, Geologia, Geofísica, Hidrogeologia, Hidroquímica, Geomorfologia, Solos, Cobertura e Uso da Terra, Biomas,

² Conjunto integrado de tecnologias, padrões, políticas, arranjos institucionais e recursos humanos, necessário para facilitar a disponibilização, o acesso e o uso de dados e informações geoespaciais.

Recursos Hídricos, Biodiversidade, Zoneamento Ecológico-Econômico, Cartografia Náutica e Aeronáutica.

A partir desse momento surgem especificações técnicas, com o intuito de padronizar estruturas de dados que viabilizem o compartilhamento de dados, a interoperabilidade e a racionalização de recursos entre os produtores e usuários de dados e informação cartográfica.

Essa padronização é realizada por meio de esquemas conceituais que quando implementados nos bancos de dados, facilitam a interoperabilidade entre setores públicos e privados, ou seja, que sistemas computacionais distintos interajam para trocar informações de maneira eficaz e eficiente, evitando que um grande volume de dados fique arquivados em suas respectivas fontes, sem um padrão de armazenamento e muitas vezes incompatíveis com programas específicos de uma temática em questão.

Todavia, apesar da disponibilidade das especificações técnicas, a padronização da estrutura de dados de algumas temáticas, como é o caso da geotecnia, não foi abordada pela Comissão Nacional de Cartografia (CONCAR), sendo os produtores e usuários da geoinformação, os responsáveis por essa normatização.

A padronização dos dados geoespaciais geotécnicos associada a implementação de um banco de dados geoespaciais reduz o tempo investido na compilação e preparação dos dados para a sua utilização, minimiza problemas de interoperabilidade como a conversão de dados oriundos de programas distintos eliminando a necessidade de dados intermediários, evita o desperdício de recursos relacionados a duplicidade da produção de dados além de servir como base para pesquisas futuras relacionadas nas mais diversas áreas do conhecimento.

1.1. Justificativa

Após os desastres naturais ocorridos no Brasil, sobretudo nos anos de 2010 e 2011, o Governo Federal estabeleceu a obrigatoriedade da elaboração das cartas geotécnicas de suscetibilidade, aptidão a urbanização e de risco previstas na Lei nº 12.608 de 10 de abril de 2012 (BRASIL, 2012a) pelos municípios integrantes do Cadastro Nacional de Municípios com Áreas Suscetíveis à Ocorrência de Deslizamentos de Grande Impacto, Inundações Bruscas ou Processos Geológicos ou Hidrológicos Correlatos, o qual foi estabelecido nove anos depois pelo Decreto nº 10.692 de 03 de maio de 2021 (BRASIL, 2021a).

Dez anos após a aprovação da Lei nº 12.608 de 10 de abril de 2012 (BRASIL, 2012a), o MDR (2022) aponta que do total de 5568 municípios brasileiros, aproximadamente 10% foram contemplados com as cartas de Setorização de Risco Geológico, que utiliza uma abordagem qualitativa de avaliação de risco, cerca de 30% possuem cartas de Cartas de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações, elaboradas a partir de

sobreposição de mapas e levantamentos de campo, e menos de 1%, apenas 29 municípios, possuem Cartas Geotécnicas de Aptidão à Urbanização.

Dentre os três produtos cartográficos supramencionados, considerando a abordagem metodológica realizada pelo Serviço Geológico do Brasil (SGB), somente nas Cartas Geotécnicas de Aptidão à Urbanização que são realizados ensaios de campo e em laboratório de modo quantificar as propriedades geotécnicas. Nesse contexto, a indisponibilidade de dados geoespaciais geotécnicos estruturados pode ser um dos fatores que contribuem para a pequena quantidade de produtos cartográficos elaborados nos últimos 10 anos.

Se os dados geoespaciais geotécnicos que serão produzidos durante a elaboração dos produtos cartográficos supracitados não forem devidamente armazenados, ou seja, seguindo um modelo de dados, quando somados ao volume de dados produzidos pelos setores públicos e privados, armazenados em estruturas próprias, resultarão em uma grande quantidade de dados arquivados em suas respectivas fontes, sem um padrão de armazenamento e inviáveis de serem integrados em uma mesma plataforma.

Como indicado por Ryżyński & Nałęcz (2016), digitalizar um dado não implica que são bem gerenciados e de alta qualidade, devendo estes serem submetidos a boas práticas de governança de dados e princípios de segurança. Uma gestão eficiente de dados geotécnicos é necessária para subsidiar um processo de decisão nas mais diversas esferas governamentais quando se trata de planejamento urbano, mineral, ambiental ou de recursos hídricos, tanto em superfície como em subsuperfície.

A gestão de dados, que inclui processos de aquisição, validação, armazenamento, organização e recuperação de dados, é considerada um tópico complexo discutido por diversos autores (Simsion e Witt, 2005; West, 2011; Nayembil, 2021). A adoção de práticas recomendadas para gerenciamento de dados permite a interoperabilidade, manutenção e desenvolvimento de aplicações derivadas que subsidiem o desenvolvimento sustentável e o crescimento econômico.

Tawelian & Mickovski (2016) e Lee *et al.* (2021) apontam que além das limitações relacionadas a heterogeneidade de estruturas de armazenamento praticadas e a variedade de formatos de distribuição desses dados geotécnicos, a incompletude dos dados e a componente locacional também são limitantes para a sua utilização. Dados mais antigos, por exemplo, podem utilizar como referência objetos geográficos que não existem mais, como postes e meio fios, ou sistemas de referência defasados e necessitam ser georreferenciados. No tocante a completude, comumente são registrados somente as informações julgadas relevantes para o produtor da geoinformação visando atender a elaboração do produto de interesse

negligenciando os dados brutos. Todos os pontos supramencionados são considerados as maiores barreiras para que a gestão dos dados geotécnicos seja realizada de maneira eficiente.

A padronização de dados geoespaciais geotécnicos compatível a INDE, por exemplo, tornaria os dados acessíveis à várias instituições, universidades, organizações de administração e pesquisa e orientam a coleta de dados de forma unificada de acordo com o padrão preestabelecido. Os dados estruturados são capazes de subsidiar a geração de informações derivadas em estudos e projetos em diferentes áreas do conhecimento, seja em ambiente de Sistema de Informações Geográficas³ (SIG) ou BIM.

Além dos pontos mencionados, a exigência de informações espaciais tridimensionais (3D) está aumentando rapidamente porque fornece representações precisas e objetivas de fenômenos do mundo real e das relações espaciais entre eles (Santos, 2021; Shuku & Phoon, 2021). No caso da geotecnia, a representação tridimensional é ainda mais importante, visto que as propriedades geotécnicas podem variar de forma distinta, ao longo dos eixos de referência, a depender da combinação de fatores como as condições geológicas, hidrogeológicas, clima, precipitação e atividades antrópicas.

Para avaliar adequadamente a variabilidade dos materiais, torna-se imprescindível vincular os dados geotécnicos à profundidade e analisar os problemas tridimensionalmente. Essa abordagem vem sendo aplicada em diversos temas relacionados à geotecnia como, barramentos (Freitas, 2021; Caballero *et al.*, 2022), planejamento urbano (Kim & Ji, 2022; Masoud *et al.*, 2022), análise de risco (Salsabili *et al.*, 2022) ou para a estimativa da distribuição espacial dos dados geológico geotécnicos (Miola *et al.*, 2022).

Considerando ainda a recente discussão sobre a modelagem e implementação do Cadastro Técnico Multifinalitário do Distrito Federal (CTM/DF) pela Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Habitação do Distrito Federal (SEDUH), a implementação de um banco de dados tridimensional do sistema de drenagem de águas pluviais do Distrito Federal em uma parceria entre a Universidade de Brasília (UnB) e Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento do Distrito Federal (ADASA), e a implementação do Sistema Distrital de Informações Ambientais (SISDIA) pela Secretaria do Meio Ambiente do Distrito Federal (SEMA) faz com que o momento seja ideal para se discutir propostas de armazenamento de dados geotécnicos que estejam integradas com as diferentes bases de dados existentes e principalmente com a Infraestrutura de Dados Espaciais do Distrito Federal (IDE/DF) (IDE/DF, 2022) e conseqüentemente a INDE.

³ Sistema capaz de tratar computacionalmente de dados geográficos e armazenar tanto os atributos descritivos como as geometrias dos diferentes dados geográficos.

Diante do exposto, observa-se a necessidade da implementação de um banco de dados geoespaciais geotécnicos, vinculado a IDE/DF, que facilitará o acesso aos dados geotécnicos georreferenciados, subsidiará a elaboração de diretrizes, recomendações e restrições de uso e ocupação do solo e do subsolo e dos produtos cartográficos requeridos pelo poder público, além de contribuir para a discussão sobre a normatização de armazenamento dados geotécnicos em banco de dados geoespaciais.

1.2. Hipóteses

Visando orientar a construção das respostas às questões de pesquisa e ao direcionamento dos esforços de investigação, foram estabelecidas as seguintes hipóteses:

- O modelo *Object Modeling Technique for Geographic Applications* (OMT-G) é capaz de representar as especificidades dados geoespaciais geotécnicos tridimensionais;
- Os esquemas conceituais elaborados para os dados geotécnicos incitarão a discussão acerca da padronização de armazenamento de dados geotécnicos geoespaciais, não contemplados na INDE;
- A utilização de dados geotécnicos tridimensionais permitirá obter informações pertinentes para uma utilização adequada do território e de um melhor aproveitamento do espaço subterrâneo;
- A existência de um banco de dados geotécnicos estruturados permite uma rápida recuperação dos dados armazenadas, otimizando a elaboração de informações derivadas; e
- A implementação de um banco de dados geotécnicos de fácil acessibilidade, por meio de programas gratuitos e plugins em SIG, estimulará que os produtores de dados geotécnicos passem a adotar um padrão de armazenamento de dados geotécnicos.

1.3. Objetivos

O objetivo geral desta pesquisa consiste em elaborar esquemas conceituais para dados geoespaciais geotécnicos tridimensionais utilizando o OMT-G, os quais serão implementados fisicamente no Sistema Gerenciador de Banco de Dados PostgreSQL estendido espacialmente com PostGIS para validação do modelo de dados proposto. Na busca da consecução do objetivo, define-se os seguintes objetivos específicos:

- Elaborar os diagramas de classes, de transformação e apresentação utilizando o modelo OMT-G capaz de expressar as relações e garantir a integridade dos dados geoespaciais geotécnicos;

- Elaborar modelo conceitual com as regras de aquisição da geometria e demais atributos essenciais das principais classes de objeto previstas no diagrama de classes para garantir uma inclusão de dados adequada;
- Elaborar o esquema lógico com base nos esquemas conceituais propostos e realizar uma implementação física de um banco de dados com a abrangência de todo o Distrito Federal;
- Compilar e disponibilizar a estrutura do banco de dados e consultas pertinentes para os usuários do banco de dados geotécnicas utilizando a linguagem *Procedural Language/PostgreSQL* ou linguagem de programação procedural para PostgreSQL (PL/pgSQL) em uma extensão para o banco de dados PostgreSQL;
- Disponibilizar uma interface na forma de um complemento no SIG QGIS visando a difusão e o contínuo desenvolvimento do modelo de dados proposto;
- Utilizar os dados geoespaciais compilados para produzir informações geotécnicas que subsidiem uma utilização adequada do território de um melhor aproveitamento do espaço subterrâneo;
- Analisar o impacto da utilização de geometrias tridimensionais e critérios de seleção de dados nas análises geotécnicas; e
- Avaliar quantitativamente a validade da hipótese de que se unidades geotécnicas homólogas, definidas em escala regional, apresentam propriedades geotécnicas semelhantes para os materiais geológicos que os constituem.

1.4. Estrutura da tese

O documento está estruturado em sete tópicos: Introdução; Revisão Bibliográfica; Materiais e Métodos; Resultados e Discussões; Conclusões; Referências; e Apêndices.

No primeiro tópico (Introdução) é feita uma apresentação da temática da pesquisa, da justificativa, da enumeração das hipóteses, exposição dos objetivos, e finalizando com a estrutura da tese.

No segundo tópico (Revisão Bibliográfica) são discutidos tópicos de relevância para a pesquisa e que subsidiaram a construção da abordagem metodológica desenvolvida nesta pesquisa. No subtópico de Cartografia Geotécnica é apresentada uma compilação dos trabalhos de cartografia geotécnica no Distrito Federal objetivando identificar a quantidade e tipos de investigações utilizadas na elaboração dos produtos cartográficos e compilar dados preexistentes para a implementação do banco de dados. No subtópico de Banco de Dados Geográficos são abordadas as questões de terminologia de banco de dados, apresentados os tipos de dados espaciais e suas relações topológicas, seguido da conceituação acerca da

modelagem de dados espaciais. Em seguida, são apresentadas as principais propostas existentes de modelos de dados geotécnicos ou relacionados que possam contribuir para a modelagem dos dados geotécnicos. Por fim, os métodos estatísticos utilizados na pesquisa são sucintamente apresentados.

No terceiro tópico (Materiais e Métodos) são apresentados os métodos e os dados utilizados para o desenvolvimento da pesquisa. Inicialmente é feita a especificação dos programas computacionais e uma breve apresentação das fontes dos dados compilados. Nos subtópicos seguintes, todo o processo de modelagem e implementação física, inclusive com as especificações da extensão no PostgreSQL, é detalhado. Em seguida, são apresentados os procedimentos de construção, inserção e visualização de geometrias 3D, da criação do complemento no QGIS e dos metadados e dicionário de dados. Por fim, são descritos os procedimentos metodológicos adotados em cada estudo de caso.

No quarto tópico (Resultados e Discussões) são apresentados os resultados obtidos no processo de levantamento de requisitos necessários para a modelagem, durante a elaboração dos esquemas conceituais, do esquema lógico e da implementação física. Por fim, é realizada uma análise sobre a qualidade dos dados geotécnicos compilados e dos estudos de casos.

No quinto tópico (Conclusões) são apresentadas as conclusões obtidas com base nos resultados obtidos ao longo do desenvolvimento da pesquisa e no sexto tópico (Referências Bibliográficas) são apresentadas as referências bibliográficas. No sétimo e último tópico (Apêndices) são apresentados os esquemas conceituais, esquemas lógicos, metadados, e os códigos relacionados a extensão do banco de dados.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica versa sobre os conceitos necessários para o desenvolvimento da presente pesquisa e para alcançar os objetivos propostos.

2.1. Cartografia Geotécnica

As cartas geotécnicas são produtos cartográficos que fornecem uma representação generalizada de todos os componentes de um ambiente geológico de significância para a finalidade da carta e sintetiza o conhecimento de modo a subsidiar a elaboração de medidas preventivas ou corretivas visando reduzir problemas ambientais, orientar o uso e ocupação do solo e mitigar os riscos relacionados a implantação de empreendimentos de engenharia civil e de mineração (IAEG, 1976).

O objetivo da carta define a escala e metodologia e conseqüentemente os dados necessários para a sua elaboração. Todavia, independente da metodologia adotada, para a elaboração de uma carta geotécnica é imperativo avaliar e compreender as relações entre as ações antrópicas e os diversos aspectos do meio ambiente como a geologia, solos, águas superficiais e subterrâneas, geomorfologia e fenômenos geodinâmicos da dinâmica interna e externa.

Segundo Coutinho (2013), a carta geotécnica constitui um instrumento essencial à prevenção e à correção de situações relacionadas a desastres naturais e tecnológicos e desempenha o importante papel de realizar a comunicação entre os técnicos e os planejadores e gestores do território, permitindo que aspectos do meio ambiente sejam considerados durante a elaboração de diretrizes e políticas públicas.

Para as cartas geotécnicas, cuja finalidade é o planejamento urbano, a elaboração é comumente realizada nas escalas 1:100.000 até 1:10.000, usualmente em locais em que a atividade de expansão ocorre de forma desordenada ou inadequada ou em locais com muitos dados de investigações disponíveis, entretanto a utilização de escalas entre 1:2.500 e 1:1.000 é a mais recomendada. Mapas em escalas menores que 1:100.000 são suficientes para representar condições geológicas simples, mas mapas geológico-geotécnicos nessa escala raramente são utilizados para fins de engenharia, exceto para definições de traçado de obras lineares (Dearman, 1991).

No Brasil, o Serviço Geológico do Brasil (SGB) adotou três escalas para elaboração de cartas aplicadas ao planejamento urbano compatíveis com as escalas da metodologia do detalhamento progressivo proposta por Cerri *et al.* (1996). As cartas são elaboradas nas escalas 1:25.000 para a avaliação a Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e

Inundações, na escala de 1:10.000 para a definição da Aptidão à Urbanização e na escala de 1:2.000 ou maior para a Setorização de Risco.

As metodologias propostas para as cartas de suscetibilidade apresentadas em CPRM *et al.* (2014) e para a setorização de risco em SGB (2021) possuem abordagens que não necessitam de execução de ensaios *in situ* ou em laboratório ao contrário das Cartas Geotécnicas de Aptidão à Urbanização em que a quantificação dos parâmetros é esperada conforme Coutinho (2013).

Cartografia Geotécnica no Distrito Federal

No Distrito Federal, os trabalhos de cartografia geotécnica se iniciaram na década de 90 como subsídio ao planejamento urbano, gestão ambiental, caracterização de materiais naturais de construção, caracterização geotécnica, modelagem geotécnica e obras subterrâneas.

As formas de investigações mais utilizadas nesses trabalhos são as visitas de campo, a fotointerpretação de imagens de sensores remotos e sondagens diretas, em sua maioria obtidas por meio da compilação de dados preexistentes, associadas a métodos geofísicos. Os ensaios de laboratório mais executados são ensaios de granulometria e limites de Atterberg, que contemplam índices físicos, análise granulométrica e limites de Atterberg sendo a boa parte dos dados oriundos de trabalhos pretéritos.

A utilização de dados geotécnicos preexistentes na elaboração das cartas geotécnicas reforça a importância da execução de um trabalho de escritório para a compilação de informações, que poderia ser facilitado com a criação de um banco de dados geotécnicos visando remanejar o tempo investido nessa etapa para outras atividades. Isso pode ser observado nos diversos trabalhos executados no Distrito Federal (DF), mas é claramente observado no trabalho de Alves (2009) que utilizou o banco de dados criado por Silva (2007) para elaborar produtos cartográficos relacionados a obras subterrâneas.

Cabe ser mencionado que boa parte dos autores se restringiram em armazenar somente os dados interpretados de maior interesse, ou seja, informações oriundas das investigações ou ensaios de campo e/ou laboratório que foram compilados ou realizados para a elaboração das cartas geotécnicas. Infelizmente os dados brutos, principalmente de ensaios de laboratório, não são considerados prioritários para armazenamento e não são incluídos nos apêndices das pesquisas. Esses fatores contribuem para a perda da qualidade do dado quando armazenado em um banco de dados.

A Tabela 1 apresenta um resumo com a finalidade, escala, metodologia, área mapeada e número de investigações compiladas e realizadas nas pesquisas de mestrado e doutorado relacionadas a cartografia geotécnica do DF, entre 1990 e 2022, na qual observa-se que foram produzidas e compiladas cerca de 4850 investigações quantitativas e qualitativas. Com exceção

do trabalho de Silva (2007), que possui um banco de dados relacional, os dados/informações geradas pelas demais pesquisas ficaram restritos aos autores ou estavam agrupados em tabelas e gráficos e armazenados em formato *Portable Document Format* (pdf) ou foram perdidos.

Tabela 1: Dissertações de mestrado e teses de doutorado de cartografia geotécnica realizados no Distrito Federal entre os anos de 1992 e 2022.

<i>Autor</i>	<i>Finalidade</i>	<i>Escala</i>	<i>Metodologia</i>	<i>Número de investigações*</i>	<i>Área aproximada (km²)</i>
Duarte (1992)	NI	NI	NI	53	NI
Romão (1995)	PU	1:50.000	EESC/USP	72	110,00
Rêgo (1995)	PU	1:100.000	EESC/USP	107	125,00
Oliveira (1996)	OS	NI	NI	NI	10,00
Aguiar (1997)	GA	1:100.000	Zuquette (1987 e 1993)	1411	5802,00
Paranhos (1998)	PU	1:100.000	Própria	22	254,00
Carneiro (2000)	MNC	1:100.000	Própria	16	5802,00
Santos Filho (2000)	CG	1:100.000	Própria	533	5802,00
Oliveira (2000)	MNC	NI	Própria	24	NI
Martins (2005)	NI	NI	Própria	NI	5802,00
Silva (2007)	MG	NI	Própria	1563	112,00
Arcaya (2007)	PU	1:100.000	Própria	NI	5802,00
Alves (2009)	OS	1:10.000	Própria	222	77,00
Silva (2011)	MG	NI	Própria	61	7,48
Arenas-Rios (2012)	CG	1:10.000	Própria	NRE	5802,00
Batista (2012)	PU	1:20.000	Própria	385	2552,00
Oliveira (2018)	PU	1:25.000	Zuquette (1987 e 1993)	61	60,00
Oliveira (2018)	PU	1:10.000	Zuquette (1987 e 1993)	61	10,00
Oliveira (2018)	PU	1:2.000	Zuquette (1987 e 1993)	61	3,00
Silva Junior (2019)	PU	1:25.000	Própria	NRE	20,62
Ahualli (2019)	PU/ GR	1:25.000	Bitar <i>et al.</i> (2014)	NRE	11,34
Almeida (2022)	PU	1:25.000	Zuquette (1987 e 1993)	11	7,63

NI - Não identificado; NRE - Não realizou ensaios; Finalidade: PU - Planejamento Urbano; MNC - Materiais Naturais de Construção; GR - gerenciamento de riscos; OS - Obras subterrâneas; GA - Gestão Ambiental; MG - Modelagem Geotécnica; CG - Caracterização Geotécnica; * *investigações quantitativas e/ou qualitativas*

Quanto as áreas mapeadas, observa-se que os trabalhos anteriores ao ano 2000 apresentavam como enfoque o mapeamento do DF como um todo visando obter um panorama geral enquanto os trabalhos mais recentes detalham locais específicos da unidade federativa, principalmente nas regiões administrativas do Plano Piloto (Detalhe 1 na Figura 1) e o Lago Norte (Detalhe 2 na Figura 1), como pode ser observado na Figura 1.

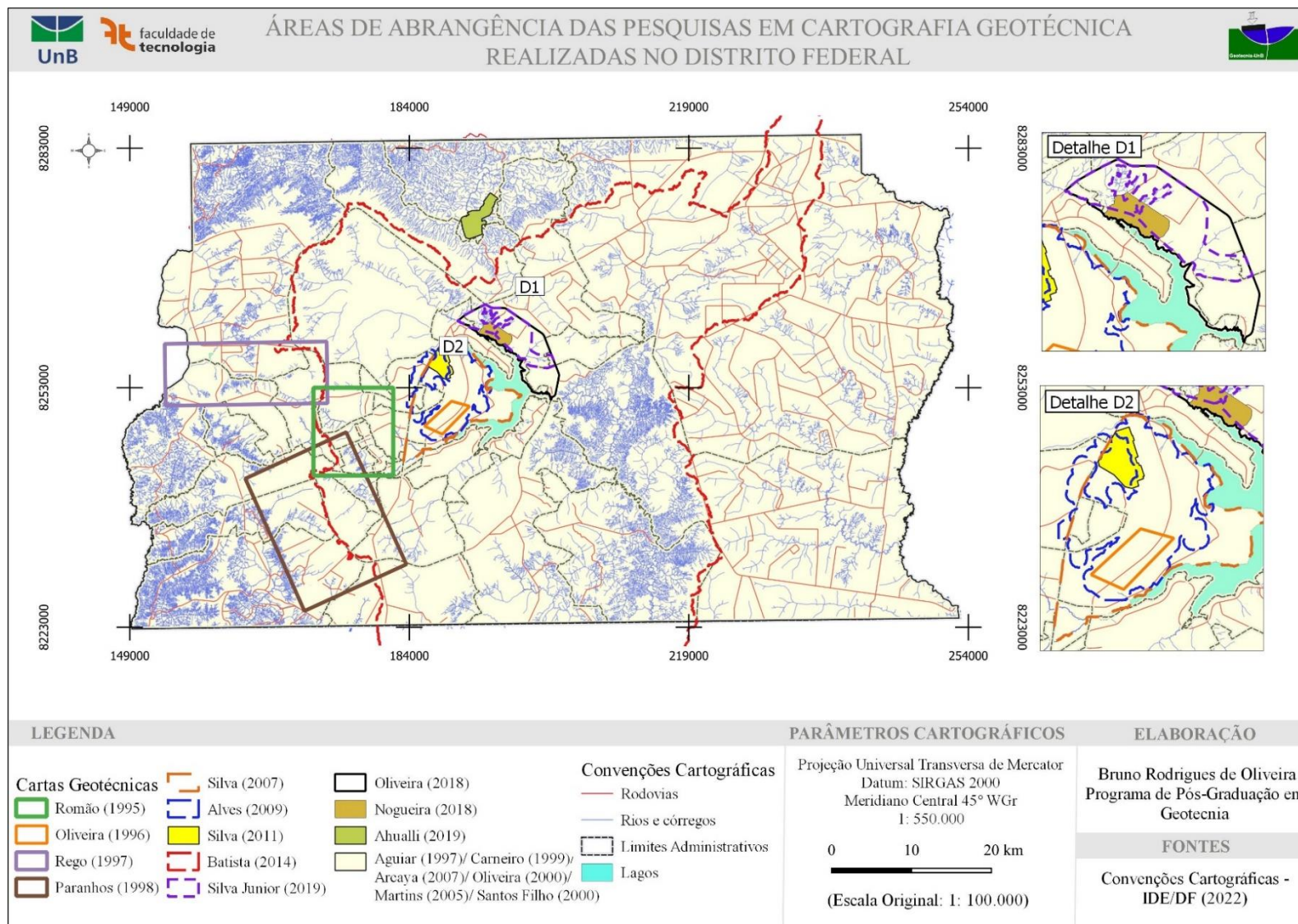


Figura 1: Áreas de abrangência das dissertações de mestrado e teses de doutorado em cartografia geotécnica que sobrepõem o Distrito Federal.

2.2. Banco de Dados Geográficos

Neste tópico são discutidos os tipos de dados espaciais, relações topológicas, seguido da conceituação acerca da modelagem de dados espaciais e finalizando com alguns modelos de dados para dados geotécnicos.

2.2.1. Considerações iniciais

Segundo Câmara (2001), o Sistema de Informações Geográficas (SIG) é um sistema capaz de tratar computacionalmente de dados geográficos e armazenar tanto os atributos descritivos como as geometrias dos diferentes dados geográficos. O SIG é composto por uma interface que define como o sistema é controlado e operado, uma entrada que consiste em mecanismos de conversões de dados, uma consulta e análise espacial que incluem as operações topológicas, estatística espacial, álgebra de mapas, modelagem numérica de terreno e processamento digital de imagens, um mecanismo de visualização e plotagem para exibição e apresentação dos dados e um sistema gerenciador de banco de dados geográficos para o armazenamento e recuperação de dados espaciais e seus atributos (Câmara, 2001). A Figura 2 apresenta a arquitetura de sistemas de informações geográficas.

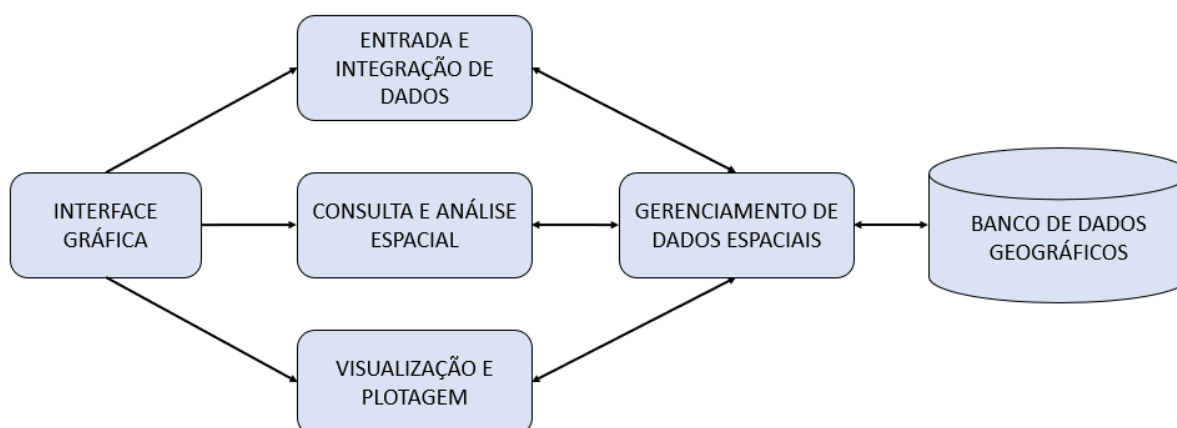


Figura 2: Arquitetura de Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Fonte: Adaptado de Câmara (2001).

Um banco de dados (BD) é uma coleção de dados armazenados em documentos, planilhas, tabelas que podem estar integradas, vinculadas ou referenciadas entre si que serve como fonte de informações para os usuários e atende a um objetivo específico (Hoffman, 2002; Elmasri e Navathe, 2016). Existe uma grande variedade de tipos de banco de dados, que são escolhidos a depender da necessidade do usuário. Os tipos mais comuns de banco de dados são:

- Banco de dados relacionais, que armazenam informações de maneira estruturada em que o foco é a integridade do dado (Elmasri & Navathe, 2016; Silberschatz *et al.*, 2020);

- Banco de dados orientado a objeto, que os dados são representados em objetos e classes. Os conceitos de orientação ao objeto foram posteriormente implementados nos bancos de dados relacionais dando origem ao banco de dados objeto relacional (Elmasri & Navathe, 2016);
- Banco de dados não relacionais (NoSQL), que os dados são armazenados de maneira não estruturada permitindo processar rapidamente grandes volumes de dados. A ausência de suporte a consistência e a consulta declarativa são limitações desse tipo de banco de dados (Silberschatz *et al.*, 2020).

Os Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados (SGBD) consistem na combinação do banco de dados propriamente dito e dos programas que realizam o gerenciamento do banco e permitem aos usuários criar, editar, atualizar, armazenar e recuperar registros em tabelas do banco de dados (Silberschatz *et al.*, 2020).

Até meados da década de 1990, o processamento de dados espaciais era caracterizado por uma dependência de um programa de SIG construído usando uma *Application Programming Interface* (API) ou interface de programação de aplicativos proprietária, que consiste em um conjunto de regras definidas que permite que serviços e produtos se comuniquem entre si e aproveitem os dados e funcionalidades uns dos outros por meio de uma interface documentada, e formatos de dados proprietários sendo um arquivo vetorial no formato *shapefile* um exemplo desse tipo de armazenamento de dados.

Em meados de 1990, a necessidade de lidar com grandes volumes de dados espaciais e avanços na tecnologia de banco de dados em conjunto, levou ao uso crescente de Sistemas de Gerenciamento de Banco de Dados Relacional (SGBDR) para aplicações SIG.

O SGBDR permite organizar e normalizar os dados por meio das relações entre tabelas e a utilização de restrições de integridade, principalmente as restrições de exclusividade e referencial, que juntamente com os processos transacionais garantem a consistência das operações e a integridade dos dados (Ribeiro *et al.*, 2019). A integridade referencial trata das relações entre as tabelas (Silberschatz & Korth, 2012 apud (Ribeiro *et al.*, 2019) e uma transação pode ser vista como uma sequência de operações indivisíveis, sendo executada em sua totalidade, e caso uma operação falhe, a transação deve ser desfeita em sua totalidade (Elmasri & Navante, 2011 apud Ribeiro *et al.*, 2019).

Os bancos de dados relacionais permaneceram em grande parte como um armazenamento de dados de atributos, que se comunicava com o SIG por meio de declarações

*Structural Query Language*⁴ (SQL), convencionais e praticamente todo o processamento de dados ainda era realizado dentro do SIG (Yeung & Hall, 2007). O programa SPRING quando utiliza o *Microsoft Access* ou *SQLite* e o programa *ArcMap* com o *Personal Geodatabase* são exemplos desse tipo de armazenamento.

Os bancos de dados relacionais permitem o controle de redundância de dados, a especificação de restrições de integridade, realização de consultas não espaciais de maneira mais eficiente, a restrição de acessos não autorizados, o *backup* ou cópia de segurança e recuperação de dados, a utilização de gatilhos (*triggers*) garantindo assim a integridade e a segurança dos dados.

No final da década de 1990, com o advento dos SGBDOR foi possível utilizar a funcionalidade genérica do SGBDR para armazenar, recuperar e interagir com dados espaciais. Os SGBDOR são sistemas capazes de trabalhar com dados básicos e complexos, como geometrias, arquivos ou imagens, possuem uma linguagem SQL de consulta capaz interagir com ambos os tipos de dados e herdaram as vantagens dos modelos orientados ao objeto como herança (uma classe herda atributos de outra classe) e polimorfismo (uma classe acima na hierarquia que possui métodos próprios e que estão disponíveis às classes abaixo na hierarquia).

Ao usar a linguagem SQL estendida espacialmente, capaz de lidar com dados espaciais, um SGBDOR pode ser usado para armazenar não apenas dados de atributos, mas também dados geoespaciais (Yeung & Hall, 2007) além de permitir consultas, análises e definição de restrições espaciais entre os dados. O Sistema de Informações Territoriais e Urbanas do DF (SITURB) e a Infraestrutura de Dados Espaciais do Distrito Federal (IDE/DF) utilizam um SGBDOR PostgreSQL/ArcSDE para armazenamento e análise de dados espaciais.

Tanto o SGBDR e o SGBDOR necessitam de conhecimento da sintaxe da linguagem SQL para que o resultado adequado seja alcançado durante uma consulta ou manipulação que pode ser demorada a depender da sua complexidade, da capacidade de processamento do computador e da maneira que foi estruturado.

Visando evitar uma divergência de entendimento ao longo do texto, serão definidas algumas terminologias que foram adotadas em relação ao banco de dados as quais estão ilustradas na Figura 3.

⁴ A ISO/IEC 9075-1:2016 descreve a estrutura conceitual usada em outras partes do ISO/IEC 9075 para especificar a sintaxe do SQL e o resultado do processamento de declarações nessa linguagem por uma implementação SQL.

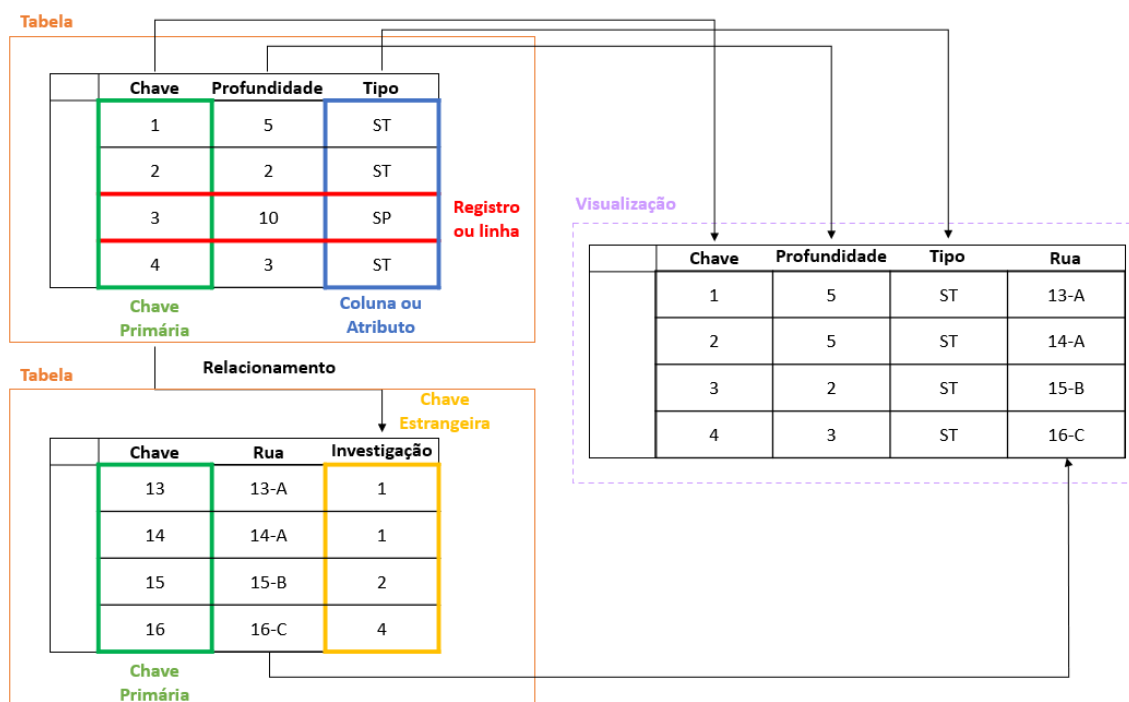


Figura 3: Ilustração exibindo a estrutura de esquemas, tabelas, registros, atributos e de relacionamentos entre as tabelas no sistema gerenciador de banco de dados.

A tabela, marcado em laranja na Figura 3, é uma coleção de linhas ou registros (marcado em vermelho na Figura 3) que contém dados em comum para uma determinada temática. Nos bancos de dados, as tabelas são organizadas em esquemas, que funcionam como grupos para organizar os dados, que contém todos os elementos exibidos na Figura 3. Por exemplo, uma tabela que armazena dados de furos de sondagem, em que cada registro corresponde a um furo, está contida no esquema de investigações e ensaios de campo enquanto uma tabela com dados de ensaios de granulometria deve estar contida no esquema de ensaios de laboratório.

O registro ou linhas contém múltiplos elementos de dados, chamados de campos ou atributos, marcado em azul na Figura 3, que são ordenados, relacionados e organizados com outros registros em uma tabela. Cada coluna consiste em campo que possui um tipo de dado associado a depender dos tipos suportados pelo banco de dados. Os tipos de dados numéricos, datas, textos, booleanos e binários são os mais simples e comuns enquanto a geometria é um tipo de dado complexo.

Os campos do tipo chave ou índice, marcado em verde na Figura 3, são utilizados para relacionar tabelas e podem ser do tipo chave primária ou chave estrangeira. A chave primária é um campo que identifica inequivocamente um registro na tabela, ou seja, não pode possuir valores duplicados e não pode ser nulo. As chaves estrangeiras são utilizadas para relacionar as tabelas podendo ter registros duplicados, mas que deve necessariamente ter o valor de uma

chave primária em outra tabela a não ser que a cardinalidade defina o contrário. Por exemplo, uma coluna com o tipo de investigações pode ser uma chave estrangeira da coluna do tipo chave primária da tabela de domínios dos tipos de investigações com uma cardinalidade de um para um, assim nenhum tipo de investigação pode ser cadastrado a não ser que conste na tabela de domínios.

As visualizações (*views*), marcado em lilás na Figura 3, são tabelas dinâmicas que retornam consultas espaciais na forma de tabelas passíveis de serem visualizadas no SIG. As visualizações não consomem espaço físico e qualquer alteração nos dados originais é observada automaticamente após a alteração das tabelas de referência, mas tem como desvantagem a necessidade constante de consultas no banco. As visualizações materializadas por sua vez não atualizam automaticamente e precisam ser reconstruídas sempre que necessário, entretanto possuem uma grande vantagem em relação as visualizações no tocante ao desempenho para consultas no banco de dados e a possibilidade de serem indexadas.

O gatilho (*trigger*) fica associado a uma tabela e executa uma função quando alguma operação é realizada e as condições do gatilho são atendidas. Por exemplo, antes do registro ser inserido em uma tabela, o gatilho executa uma função que consulta se o registro já existe e só permite a inserção se o registro não existir.

No tocante ao controle de alterações, os grupos de usuários (*group roles*) são utilizadas quando múltiplos usuários vão ter a mesma permissão, ou seja, o grupo de edição recebe a permissão de editar em uma determinada tabela e vários usuários (*user roles*) são inseridos no grupo herdando assim a permissão de edição. As permissões podem ser do tipo inserir novos registros (*insert*), deletar registros existentes (*delete*), atualizar um campo de um registro existente (*update*) e selecionar um registro (*select*). Por exemplo, quando um usuário tenta deletar um registro na tabela, caso ele não pertença a um grupo que tenha a permissão de deletar, ele não consegue executar a remoção do registro.

2.2.2. Tipos de estruturas de dados espaciais

A geoinformação é a informação que se distingue pelo componente espacial, onde cada registro de informação de um fenômeno possui uma localização na Terra, em dado instante ou período. Além da informação locacional e temporal é imprescindível armazenar metadados associados aos dados para a sua correta utilização pelos consumidores da geoinformação. A definição de proveniência de dados e o fornecimento de metadados descrevendo características de dados melhoram a qualidade e a confiabilidade dos produtos de informação e conhecimento derivados (Ryżyński & Nałęcz, 2016).

Caso os dados geoespaciais sejam tratados como fenômenos isolados eles são representados por uma estrutura vetorial enquanto para os fenômenos contínuos são utilizadas estruturas matriciais. A estrutura matricial é baseada num arranjo ou organização de dados na forma de uma grade regular de células em 2D, ou *voxels em 3D*, enquanto a estrutura vetorial é baseada em arranjo ou organizações de dados em 2D na forma de pares de coordenadas ou em 3D por trincas de coordenadas.

Os dados vetoriais espaciais bidimensionais são uma representação do mundo real, modelados por pontos, linhas ou polígonos, associados a uma localização na Terra por meio de pares de coordenadas, vinculadas a um sistema geodésico de referência. Já os objetos espaciais tridimensionais são modelados por pontos, linhas, polígonos ou volumes, associados a uma localização na Terra por pares de coordenadas e a suas respectivas elevações.

Para criar ou importar dados em um SIG é necessário escolher uma primitiva geométrica, a qual influencia na visualização dos dados, na topologia e na possibilidade de manipulação e opções de seleção dos dados (Duncan & Rahman, 2013).

Um ponto representa um único local na Terra e está representado por um par de coordenadas, incluindo “Z” em três dimensões e o “M”, onde a dimensão “M” é utilizada para informações dimensionais adicionais como tempo ou quilômetro de uma estrada. Os pontos são usados para representar objetos quando os detalhes exatos, como forma e tamanho, não são importantes na escala de análise.

Uma linha é um caminho entre os locais sendo formada por uma série ordenada de dois ou mais pontos, podendo ser fechada e/ou simples. Uma linha é fechada quando inicia e termina no mesmo ponto e simples quando não se cruza ou não se toca (com exceção dos pontos finais, se for fechada). Um polígono é uma representação de uma área sendo seu limite exterior e quaisquer buracos dentro de um polígono são construídos por anéis que são segmentos de linha fechada e simples (PostGIS, 2022a).

Existem quatro tipos de coleção de geometrias que agrupam várias geometrias simples em conjuntos, os Multipontos como uma coleção de pontos, as Multilinhas como uma coleção de linhas, os Multi-polígonos como uma coleção de polígonos e uma coleção de geometrias como uma coleção heterogênea de qualquer tipo de geometria, incluindo outras coleções.

Segundo Janecka & Karki (2016), um objeto 3D pode ser representado como um poliedro que consiste em um número arbitrário de polígonos planares que possuem um número arbitrário de pontos, como um poliedro triangulado ou por tetraedros. A superfície poliédrica é uma coleção contígua de polígonos que compartilham segmentos de borda em comum. Para cada par de polígonos que se “tocam”, as bordas em comum devem ser passíveis de ser

representada como uma coleção finita de linhas. Cada linha deve ser parte da borda de no máximo dois polígonos os quais devem possuir orientações de bordas opostas (OGC, 2011). O poliedro triangulado consiste em um número arbitrário de triângulos enquanto o tetraedro é composto de quatro triângulos.

Cada uma dessas geometrias tem suas vantagens e desvantagens. Os tetraedros, por exemplo, não são adequados para modelar objetos feitos pelo homem, entretanto são os mais utilizados para modelar formações geológicas. Os poliedros por sua vez são os mais adequados para modelar objetos feitos pelo homem e que mais se destaca pelo fato da facilidade de implementação, mas a suas relações topológicas com os objetos contidos nele não são tarefas tão comuns (Arens *et al.*, 2005).

Os objetos 3D também podem ser definidos pelo usuário por meio de uma implementação utilizando diferentes abordagens desde um simples SQL até uma implementação mais complexa utilizando outras linguagens de programação (Janecka & Karki, 2016).

No tipo de dado definido pelo usuário não é possível utilizar funcionalidades já implementadas no SGBD ou armazenar a geometria criada na mesma coluna que armazena os tipos de dados espaciais nativamente suportados. Existem também a dificuldade de visualização desse tipo de dados sendo somente possível desenvolvendo seus próprios aplicativos. Em contrapartida, esse tipo de dado é muito útil para desenvolvimento de protótipos com a finalidade de aprovar novos conceitos (Zlatanova, 2006). A Figura 4 mostra exemplos de algumas das geometrias supracitadas.

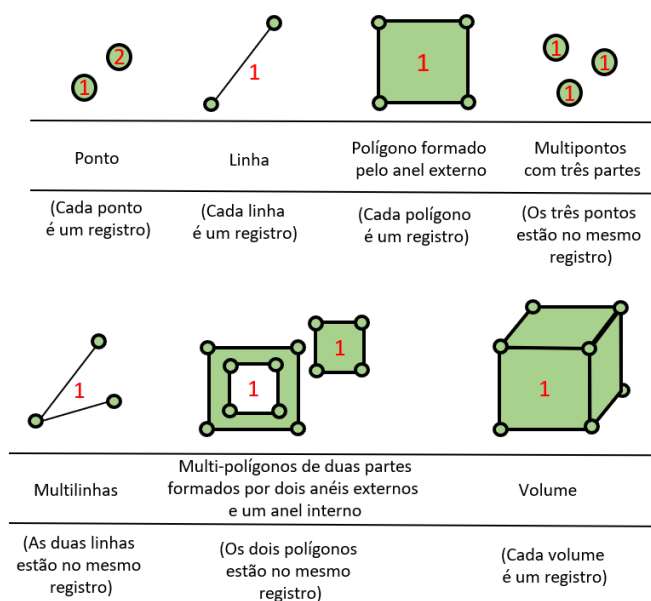


Figura 4: Exemplos de geometrias bidimensionais e tridimensionais com as geometrias em verde e o número de registros em vermelho. Fonte: Adaptado de PostGIS (2022a),

Sendo assim, o usuário pode escolher entre utilizar os tipos de dados existentes (polígonos, multi-polígonos, coleções de geometrias, poliedros, entre outros) nas extensões espaciais dos sistemas gerenciadores de banco de dados ou criar um tipo de dado definido pelo usuário a depender da finalidade, tendo em mente que assim como no 2D, as primitivas definem as características de visualização, manipulação e de restrições topológicas dos objetos tridimensionais.

Dentre as feições disponíveis no SGBD PostgreSQL que será utilizada nessa pesquisa, mais especificamente na extensão SFCGAL, temos as superfícies triangulares, superfícies poliédricas, além dos pontos, linhas, polígonos e coleções de geometrias.

2.2.3. Relações topológicas

A topologia é a parte da matemática na qual se investigam as propriedades das configurações que permanecem invariantes nas transformações de rotação, translação e escala. No caso de dados geográficos, é útil ser capaz de determinar relações como adjacência, pertinência, intersecção e cruzamento (Borges *et al.*, 2005).

The *Dimensionally Extended 9-Intersection Model* (DE-9IM) ou Matrix Estendida de Nove Intersecções é um modelo topológico e um padrão usado para descrever as relações espaciais entre geometrias com estruturas complexas, como regiões com ilhas e separações, em duas dimensões tendo como base as primitivas do tipo ponto, linha e polígono. O modelo topológico e os relacionamentos Disjunto, Toca, Em, Cruza e Sobrepõe, proposto por (Clementini & Di Felice, 1995), foram adotados na *OpenGIS® Implementation Standard for Geographic information - Simple feature access - Part 1: Common architecture* (OGC, 2011).

Um objeto geométrico pode ser representado pelo exterior (E), seu interior (I) e sua borda (B), intersecção (\cap) e dimensão (dim). A intersecção de duas geometrias bidimensionais pode retornar quatro possíveis dimensões, dois para polígonos, um para linhas, zero para pontos e -1 (menos um) para geometria nula. Além das dimensões, a DE-9IM também pode retornar verdadeiro (V) ou falso (F) para intersecção entre duas geometrias. A Tabela 2 apresenta a matriz de intersecção entre dois polígonos “a” e “b”.

Tabela 2: Matriz de intersecção entre dois polígonos “a” e “b”. Fonte: Adaptado da OGC (2011).

<i>Geometria a</i>	<i>Interior (I)</i>	<i>Borda (B)</i>	<i>Exterior (E)</i>
<i>Geometria b</i>			
<i>Interior (I)</i>	$\dim(I(a) \cap (I(b)))$	$\dim(I(a) \cap (B(b)))$	$\dim(I(a) \cap (E(b)))$
<i>Borda (B)</i>	$\dim(B(a) \cap (I(b)))$	$\dim(B(a) \cap (B(b)))$	$\dim(B(a) \cap (E(b)))$
<i>Exterior (E)</i>	$\dim(E(a) \cap (I(b)))$	$\dim(E(a) \cap (B(b)))$	$\dim(E(a) \cap (E(b)))$

A Figura 5 apresenta a representação gráfica da relação entre geometrias bidimensionais do tipo polígono utilizando a DE-9IM seguindo o modelo da Tabela 2.

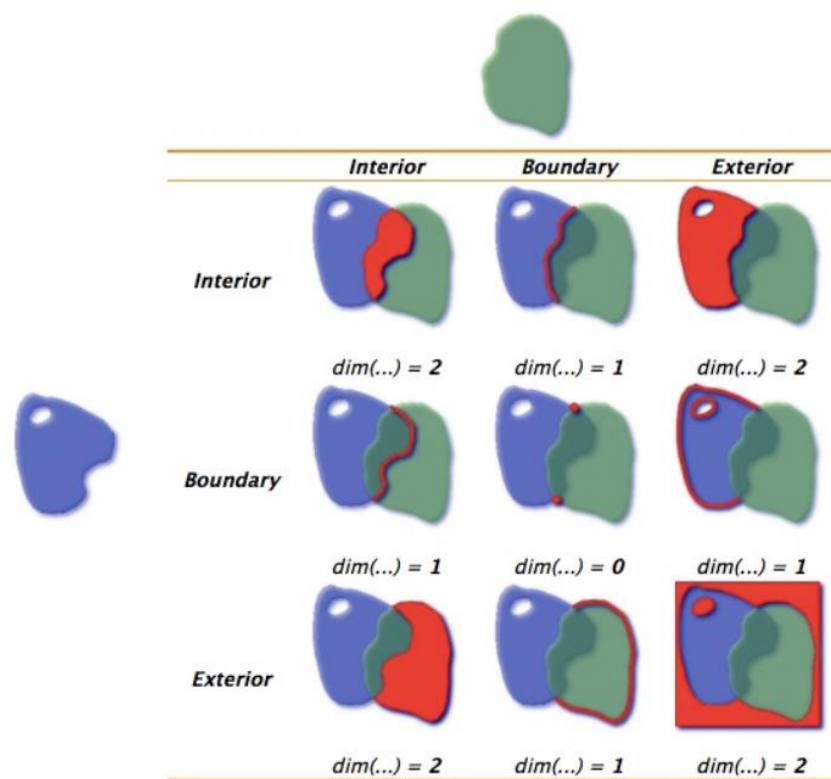


Figura 5: Exemplo da relação entre geometrias bidimensionais do tipo polígono utilizando a DE-9IM. Fonte: Postgis (2022a).

A implementação da DE-9IM ainda está restrita as duas dimensões enquanto a parte tridimensional está restrita a trabalhos acadêmicos como Zlatanova (2006), Zlatanova (2015), Zuliansyah *et al.* (2008), mas com algumas relações disponíveis nos pacotes computacionais amplamente conhecidos, como o PostGIS (PostGIS, 2022b).

A topologia entre geometrias tridimensionais são as inter-relações existentes entre objetos tridimensionais para permitir a visualização, consulta e análise (Duncan e Rahman, 2013). Segundo Janecka & Karki (2016), as características dos diferentes modelos topológicos 3D são baseadas em aspectos principais como as primitivas utilizadas, regras de construção da geometria, orientação e relacionamentos implícitos e explícitos. Sendo assim, não existe um modelo topológico mais adequado sendo necessário definir os requerimentos do modelo topológico 3D para cada caso (Zulkifli *et al.*, 2015)

Na extensão espacial PostGIS 3.0 (Postgis, 2022b), as relações topológicas disponíveis são apresentadas na Tabela 3. Na extensão existem outras funções que não se enquadram nas

relações topológica mencionadas, mas que permitem avaliar a relação espacial entre geometrias.

Tabela 3: Relações topológica em duas e três dimensões e respectivas funções no PostGIS 3.0 que permitem essas consultas.

<i>Relação Topológica</i>	<i>Função no PostGIS 3.0</i>	<i>Suporta Três Dimensões</i>
Em	<i>ST_Within</i>	Não
Cruza	<i>ST_Crosses</i>	Não
Disjunto	<i>ST_Disjoint</i>	Não
Sobreposição	<i>ST_Overlaps</i>	Não
Toca	<i>ST_Touches</i>	Não
Intersecção ¹	<i>ST_Intersects</i>	Não
Intersecção ¹ (3D)	<i>ST_3DIntersects</i>	Sim
Em (3D)	<i>ST_3DWithin</i>	Sim

¹ A Intersecção contempla as relações Sobreposição, Toca e Em.

2.2.4. Modelagem de dados espaciais

A abstração, ou a capacidade de analisar isoladamente um aspecto contido num todo, funciona como uma ferramenta que nos ajuda a compreender o sistema, dividindo-o em componentes separados (Borges *et al.*, 2005). O processo de discretização do espaço, como parte do processo de abstração, visando obter representações adequadas aos fenômenos geográficos, depende da forma como as pessoas percebem o espaço, da natureza diversificada dos dados geográficos (geometria, localização no espaço, informações associadas e características temporais), da existência de relações espaciais e da forma de transcrição da informação geográfica em unidades lógicas de dados.

Sendo assim, a modelagem de dados espaciais necessita de algum nível de abstração dos fenômenos e objetos do mundo real que serão representados no ambiente computacional, permitindo assim obter uma representação simplificada e direcionada à finalidade do banco de dados. O sucesso de qualquer implementação em computador de um sistema de informação é dependente da qualidade da transposição de entidades do mundo real e suas interações para um banco de dados informatizado. A Figura 6 exemplifica o processo de abstração de objetos do mundo real para o ambiente computacional.

Para aplicações geográficas, segundo Borges *et al.* (2005), são considerados quatro níveis de abstração:

- o nível do mundo real no qual são analisados os objetos geográficos reais que se deseja representar, como rios, árvores, edificações entre outros;

- o nível de representação conceitual que oferece um conjunto de conceitos formais com os quais os objetos geográficos podem ser modelados da forma como são percebidas pelo usuário em um alto nível de abstração, ou seja, utilizar as regras definidas no modelo de dados para compreender como os objetos geográficos se relacionam e qual a melhor forma de representá-lo considerando as primitivas geométricas disponíveis;
- o nível de apresentação que proporciona ferramentas com as quais se pode especificar os diferentes aspectos visuais que os objetos geográficos têm de assumir ao longo de seu uso em aplicações; e
- o nível de implementação que estabelece padrões, formas de armazenamento e estruturas de dados tendo como referência o SGBD para implementar os relacionamentos, representações, estruturas e funções.

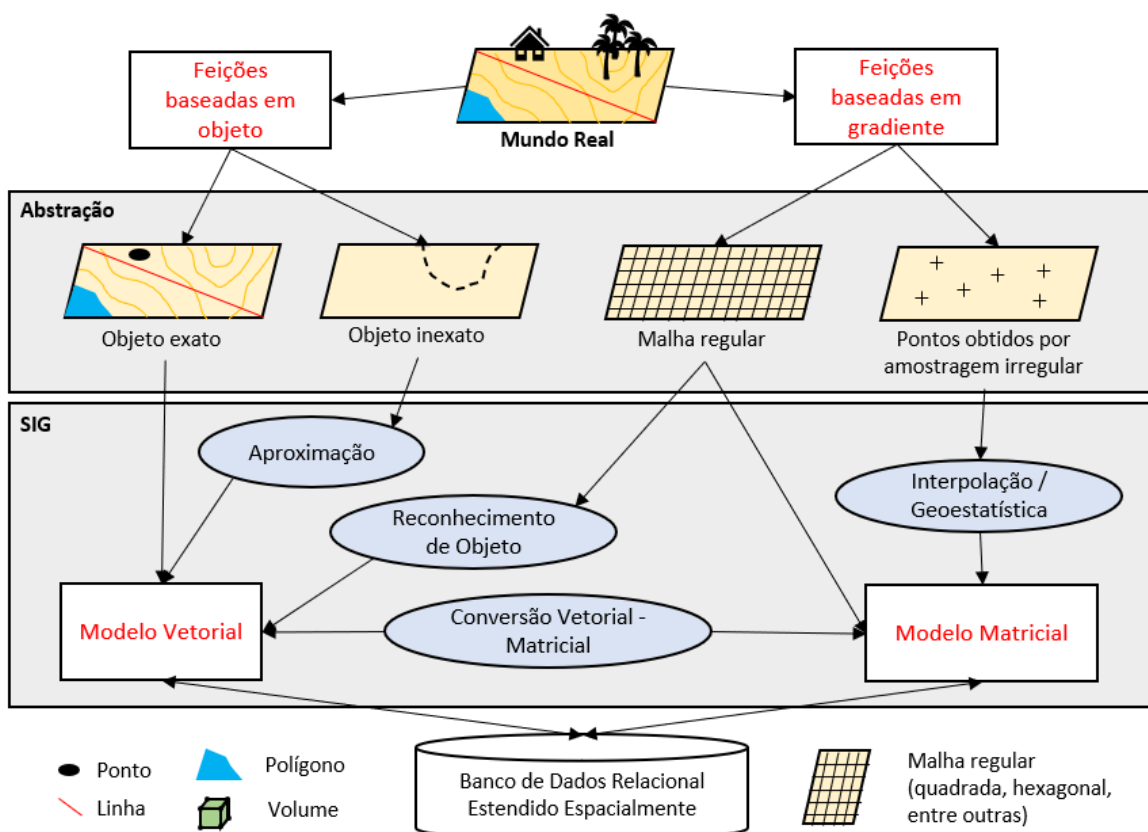


Figura 6: Processo de abstração de objetos do mundo real para o ambiente computacional e manipulação de dados geoespaciais. Fonte Adaptado de EPUSP (2016).

2.2.4.1. Modelo de dados

Diante da necessidade de representar a complexidade dos fenômenos e objetos do mundo real, surgiram modelos capazes de apresentar uma melhor abstração de conceitos, de tipos de entidades e seus inter-relacionamentos. Um modelo de dados é um conjunto de

conceitos que podem ser usados para descrever os dados, suas relações e restrições (Silberschatz *et al.*, 2020).

No caso de dados tridimensionais, os modelos são uma representação abstrata da realidade usando relações matematicamente comprovadas definidas como pontos, linhas, polígonos e volumes para representar características naturais e artificiais acima, dentro e abaixo da superfície da terra (Duncan & Rahman, 2013).

A escolha do modelo deve ser feita tendo em mente as necessidades de modelagem quanto à abstração de conceitos geográficos, ao atendimento de requisitos usuais para modelos de dados (Borges *et al.*, 2001), como clareza e facilidade de uso, e à possibilidade de mapeamento dos esquemas produzidos para a implementação em SGBD espaciais, o que inclui a necessária identificação de restrições de integridade espaciais (Borges *et al.*, 2002; Davis Jr. *et al.*, 2005).

Nesta pesquisa, o modelo adotado foi o *Object Modeling Technique for Geographic Applications* (OMT-G) ou Técnica de Modelagem de Objetos para Aplicações Geográficas o qual será descrito a seguir.

2.2.4.2. Técnica de modelagem de objetos para aplicações geográficas (OMT-G)

O modelo OMT-G parte das primitivas definidas para o diagrama de classes da *Unified Modeling Language* (UML), introduzindo primitivas geográficas com o objetivo de aumentar a capacidade de representação semântica do UML e, portanto, reduzindo a distância entre o modelo mental do espaço a ser modelado e o modelo de representação usual (Borges *et al.*, 2005).

O OMT-G permite modelar a geometria e a topologia dos dados, especificar atributos para cada classe e definir as relações espaciais e não espaciais entre elas. Os principais pontos do modelo são sua expressividade gráfica e sua capacidade de codificação, uma vez que anotações textuais são substituídas pelo desenho de relacionamentos explícitos, que denotam a dinâmica da interação entre os diversos objetos espaciais e não espaciais (SPU, 2022).

O modelo OMT-G é baseado nos conceitos de classes e relacionamentos que são utilizados para criar esquemas estáticos e restrições de integridade espaciais. A identificação de restrições de integridade espaciais é uma atividade importante no projeto de uma aplicação, e consiste na identificação de condições que precisam ser garantidas para que os dados estejam sempre íntegros. Segundo Elmasri & Navathe (2016), os principais tipos de restrições de integridade, que ocorrem frequentemente na modelagem de banco de dados convencionais, são restrições de domínio, de chave, de integridade referencial e de integridade semântica.

As classes definidas pelo modelo OMT-G representam os três grandes grupos de dados (contínuos, discretos e não-espaciais) que podem ser encontrados nas aplicações geográficas, proporcionando assim, uma visão integrada do espaço modelado.

Como pode ser observado na Figura 7, as classes podem ser do tipo georreferenciadas (Figura 7a), que descreve um conjunto de objetos geográficos particulares, individualizáveis, associados a elementos do mundo real (edifícios, rios e árvores) ou representados espacialmente na superfície da terra de uma forma contínua (solo ou geologia) ou do tipo convencionais ou não-espaciais (Figura 7b), que não possuem propriedades geométricas, porém, apresentam comportamentos, relacionamentos e alguma relação com os objetos espaciais (Borges *et al.*, 2005).

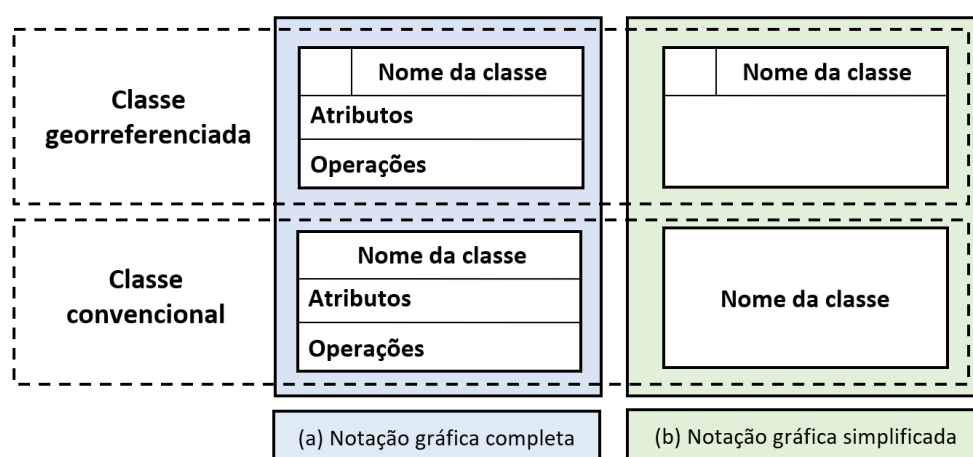


Figura 7: Notação gráfica completa (a) e simplificada (b) para as classes do modelo OMT-G. Fonte: Adaptado de Borges *et al.* (2005).

O modelo OMT-G define duas classes descendentes de geo-objetos, as com geometria e geometria com topologia, e cinco classes descendentes de geocampo, as isolinhas, subdivisão planar, tesselação, amostras e TIN, também conhecida como Rede de Triângulos Irregulares (RTI) (Figura 8).

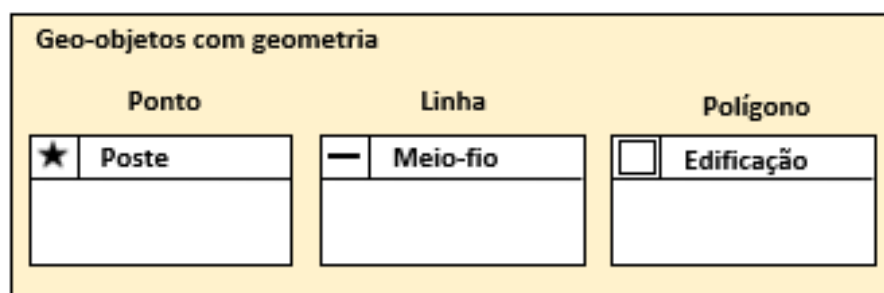


Figura 8: Notação gráfica para as classes dos tipos geo-objetos e geocampo do modelo OMT-G. Fonte: Adaptado de Borges *et al.* (2005).

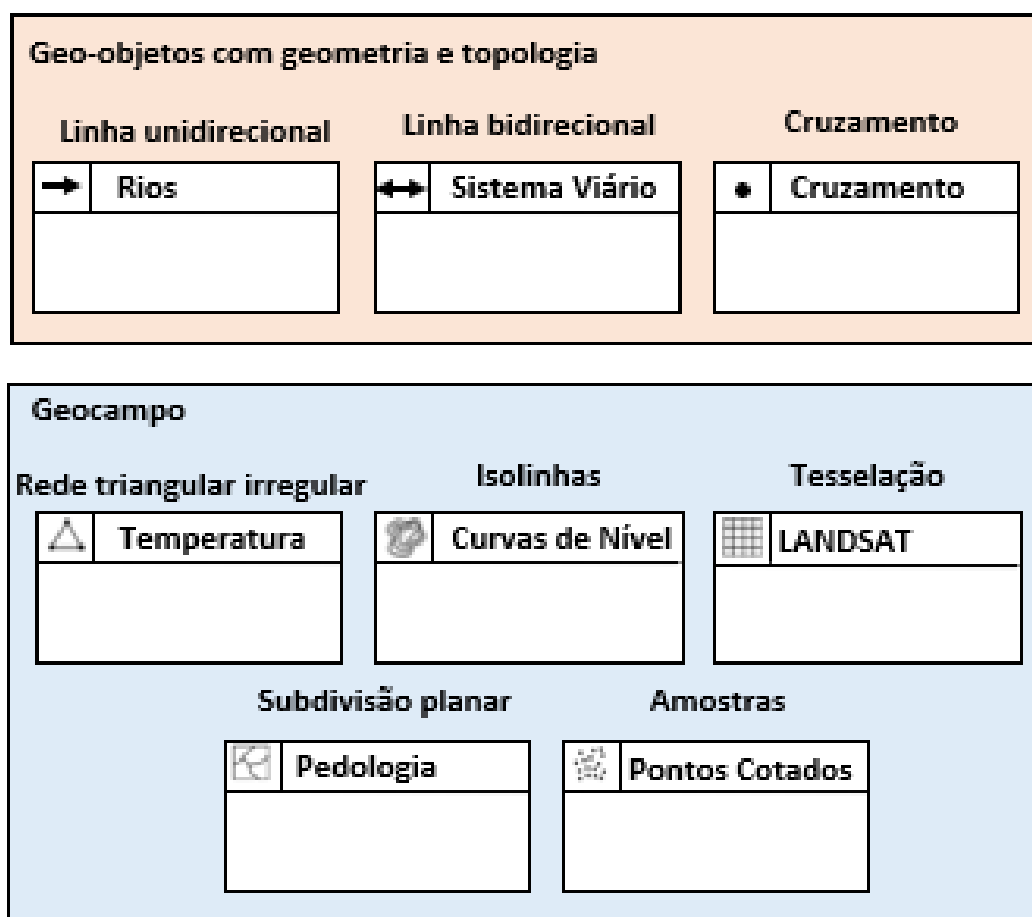


Figura 9 (Continuação): Notação gráfica para as classes dos tipos geo-objetos e geocampo do modelo OMT-G. Fonte: Adaptado de Borges *et al.* (2005).

Quanto aos relacionamentos entre as classes, o modelo OMT-G permite associações simples e espaciais (Figura 10).

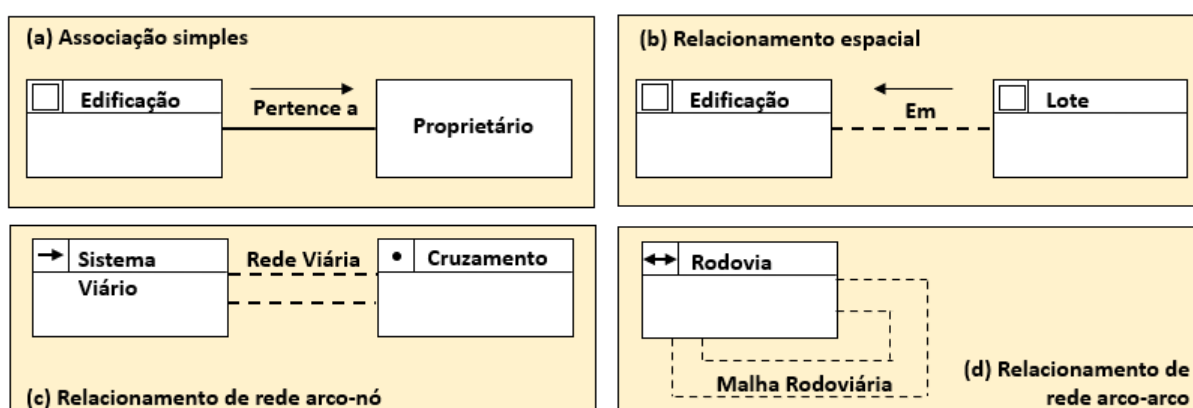


Figura 10: Relacionamentos entre as classes do modelo OMT-G. Fonte: Adaptado de Borges *et al.* (2005).

As associações simples consistem nos relacionamentos por atributos entre objetos de classes diferentes, sejam elas convencionais ou georreferenciadas e são representados

graficamente por linhas contínuas (Figura 10a). Os relacionamentos espaciais permitem especificar relações topológicas, sendo representados graficamente por linhas pontilhadas (Figura 10b).

Os relacionamentos topológicos em rede são aplicáveis para objetos que estão conectados uns com os outros, que por sua vez são representados por duas linhas pontilhadas. Os relacionamentos de rede são em geral especificados entre uma classe de nós e uma classe de arcos (Figura 10c), mas estruturas de redes sem nós podem ser definidas, especificando um relacionamento recursivo sobre uma classe de arcos (Figura 10d).

Além dessas relações existem a generalização, que consiste na definição de classes mais genéricas (superclasses) a partir de classes com características semelhantes (subclasses), e a especialização que é o processo inverso da generalização (Figura 11).

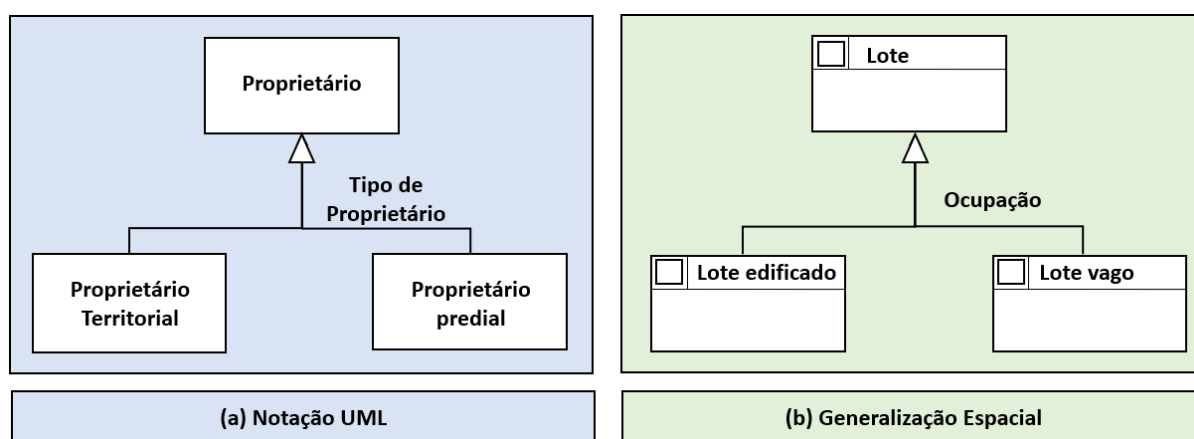


Figura 11: Tipos de generalização/especialização das classes do modelo UML(a) e OMT-G (b). Fonte: Adaptado de SPU (2022).

Uma generalização/especialização, espacial ou não, pode ser especificada como total quando a união de todas as instâncias das subclasses equivale ao conjunto completo de instâncias da superclasse, ou parcial quando as subclasses não representam todas as instâncias possíveis da superclasse. Por exemplo, um imóvel pode ser especializado (total) em vago ou ocupado ou especializado por uso comercial e residencial. Um imóvel só pode estar ocupado ou vago, mas pode ter outros usos além de comercial e residencial.

A especialização/generalização podem ser do tipo sobreposto quando as geometrias podem se sobrepor ou disjunto quando não é permitida sobreposição entre as geometrias. Não pode existir sobreposição de imóveis vagos e ocupados, mas pode existir sobreposição de imóveis se o problema está sendo abordado tridimensionalmente, ou seja, imóveis que estejam em pavimentos diferentes.

Uma generalização total, espacial ou não, pode ser representada graficamente por um ponto acima do triângulo enquanto a generalização parcial, a representação é feita por um triângulo sem o ponto. Se o triângulo estiver hachurado a relação é considerada do tipo sobreposição e se estiver branco é considerado disjunta (Figura 12).

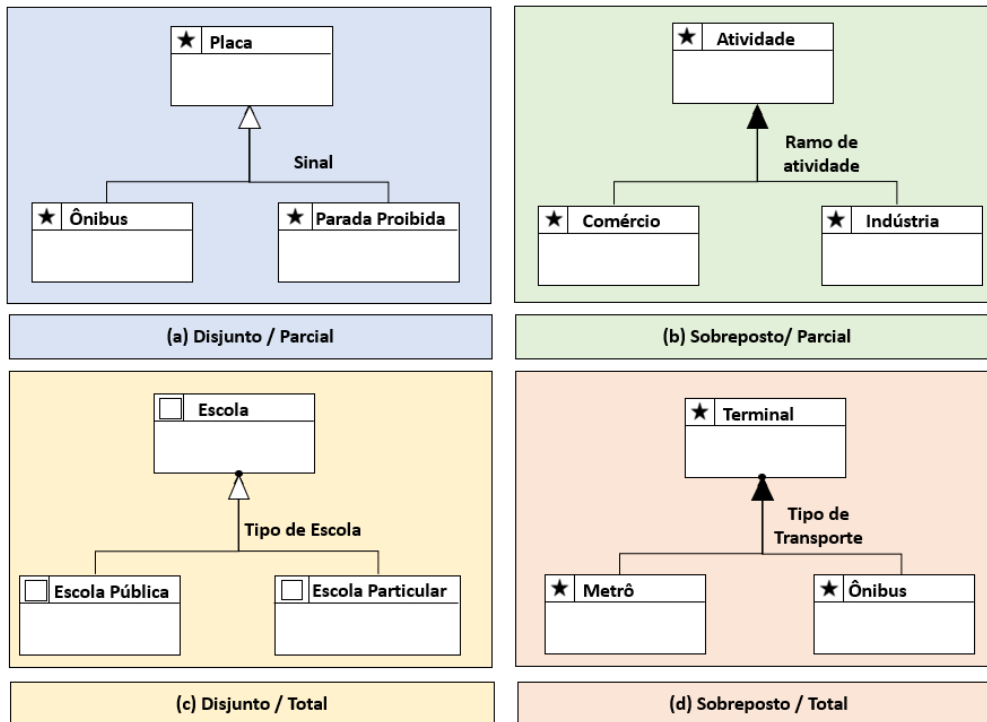


Figura 12: Exemplos de generalização disjuncto parcial (a), sobreposto parcial (b), disjuncto total (c) e sobreposto total (d) das classes do modelo OMT-G. Fonte: Adaptado de SPU (2022).

A generalização no sentido cartográfico (Figura 13) pode ser definida como uma série de transformações que são realizadas sobre a representação da informação espacial, cujo objetivo é melhorar a legibilidade e aumentar a facilidade de compreensão dos dados por parte do usuário dos produtos cartográficos (SPU, 2022).

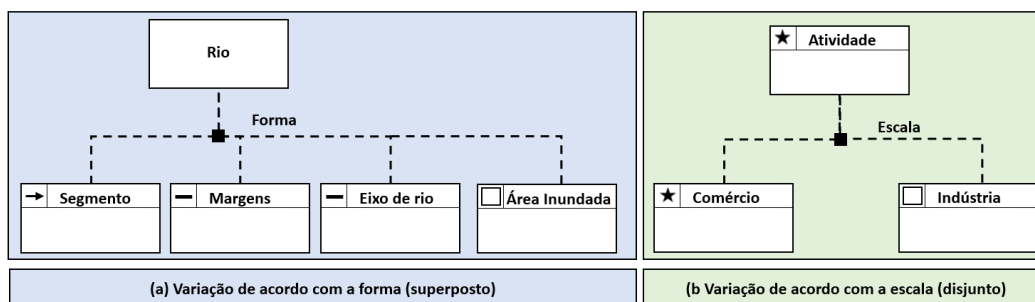


Figura 13: Exemplo de generalização conceitual de acordo com a forma (a) ou com a escala (b). Fonte: Adaptado de SPU (2022).

A agregação é uma forma especial de associação entre objetos, onde se considera que um deles é formado a partir de outros, podendo ocorrer entre classes convencionais, entre uma classe convencional e uma georreferenciada e entre classes georreferenciadas, o que acarreta a necessidade de uma agregação espacial (Figura 14).

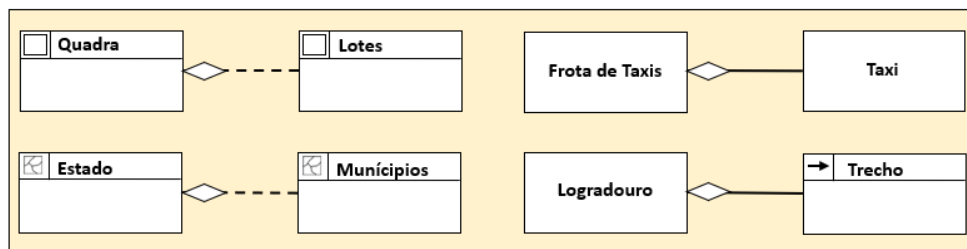


Figura 14: Agregação entre classes convencionais e georreferenciadas das classes do modelo OMT-G. Fonte: Adaptado de Borges *et al.* (2005).

Numa agregação espacial são explicitados relacionamentos "todo-parte", onde são impostas restrições de integridade espacial do objeto agregado e dos sub-objetos (Borges *et al.*, 2005). A agregação espacial indica que a geometria de cada parte deve estar contida na geometria do todo. Não é permitida a superposição entre geometria das partes, a geometria do todo deve ser totalmente coberta pela geometria das partes, configurando assim, uma partição do plano ou subdivisão planar (SPU, 2022).

Cabe ressaltar que algumas dessas relações somente são permitidas entre determinadas classes, pois existe uma dependência da geometria como por exemplo o relacionamento de rede tipo arco-nó.

Os relacionamentos simples ou espaciais são caracterizados por sua cardinalidade, que representa o número de instâncias de uma classe que devem estar associadas a instâncias da outra classe. A notação de cardinalidade adotada pelo modelo OMT-G (Figura 15) é a mesma usada na UML (Borges *et al.*, 2005).

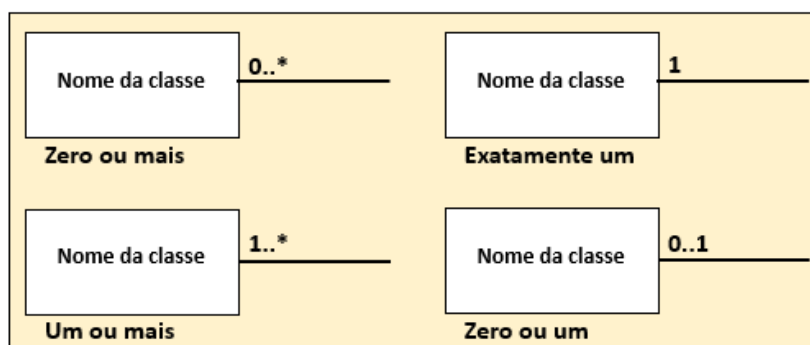


Figura 15: Notação de cardinalidade das classes do modelo OMT-G. Fonte: Retirado de SPU (2022).

Para o processo de desenvolvimento de uma aplicação geográfica o modelo propõe o uso de três diferentes diagramas (Borges *et al.*, 2005):

- I. Diagrama de classes no qual todas as classes são especificadas junto com suas representações e relacionamentos;
- II. Diagrama de transformações, elaborado quando diagrama de classes especifica múltiplas representações de uma classe e/ou é necessário apresentar a derivação de uma classe a partir de outra; e
- III. Diagrama de apresentação que exhibe alternativas de visualização que cada representação pode assumir.

A Figura 16 apresenta a notação gráfica para algumas classes e relacionamentos espaciais e não espaciais do modelo OMT-G. Na figura, a agregação dos limites das regiões administrativas dá origem ao limite do Distrito Federal o qual se relaciona espacialmente com as investigações. A cardinalidade da superclasse investigações com a classe de amostra define que uma investigação pode estar relacionada com zero ou mais registros na classe de amostra, ou seja, em uma investigação pode ter sido coletada ou não amostras. A superclasse investigações é especializada, do tipo sobreposto (geometrias podem se sobrepor) e parcial (as subclasses não representam todas as classes possíveis da superclasse), pelo atributo tipo em piezômetro e sondagens.

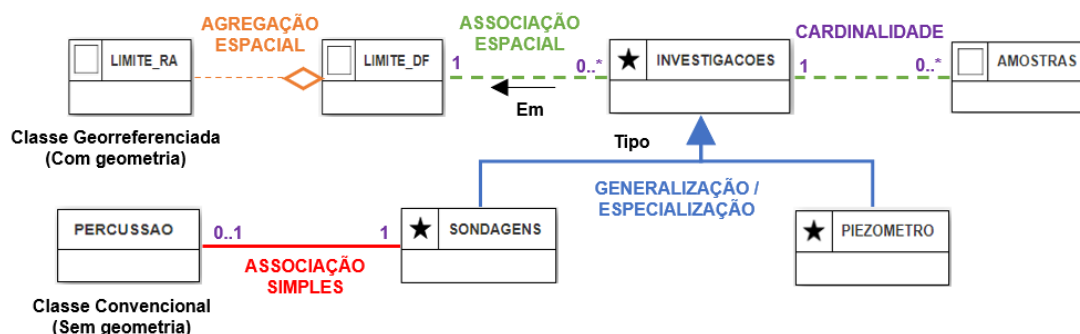


Figura 16: Notação gráfica para as classes georreferenciadas e convencionais do modelo OMT-G e alguns tipos de relacionamentos entre elas na forma de um diagrama de classes.

Os diagramas de transformação são baseados nas primitivas das classes, conforme definidas nos diagramas de classes e estão no nível de representação conceitual no qual é possível relacionar, a depender da natureza da transformação, qualquer número de classes originais com qualquer número de classes resultantes que podem ou não ser materializadas, ou seja, existir fisicamente no banco de dados (Borges *et al.*, 2005). Um operador de transformação adequado para o diagrama de transformação pode ser basicamente qualquer algoritmo que

manipula e modifica a representação de um objeto e é indicado em anotação sobre a conexão, incluindo seus parâmetros, se for o caso (Figura 17).

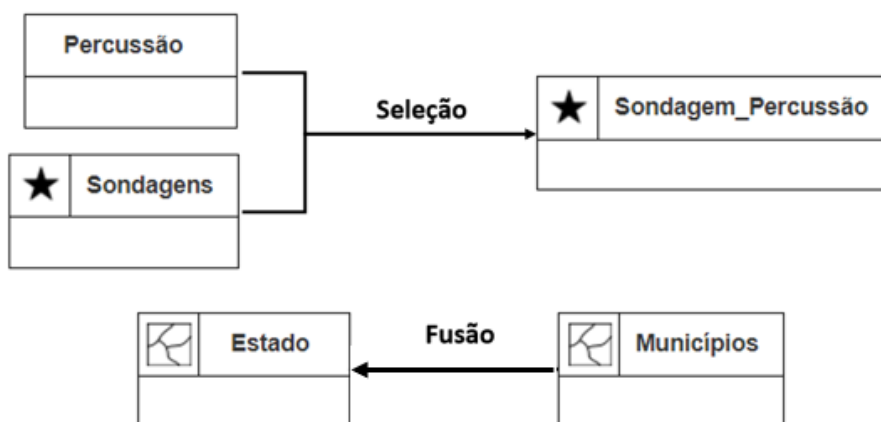


Figura 17: Exemplos de transformação dos operadores seleção (análise espacial) e fusão (generalização cartográfica) em um diagrama de transformações.

As transformações podem ser dos seguintes tipos geometria computacional, generalização cartográfica e análise espacial. A geometria computacional que corresponde a uma disciplina que procura desenvolver e analisar algoritmos e estruturas de dados para resolver problemas geométricos diversos (Tabela 4) (Davis Junior, 2000).

Tabela 4: Descrições de algumas transformações do tipo geometria computacional. Fonte: Adaptado de Davis Junior (2000).

<i>Operador</i>	<i>Descrição</i>
<i>Construção de buffers</i>	Construção de polígonos que representam o lugar geométrico dos pontos do plano cuja distância até um objeto dado é inferior a um determinado limiar. Entrada: Ponto, linha, polígono, no de rede, arco uni/bidirecional Saída: Polígono
<i>Determinação de centroide</i>	Determinação do centro de gravidade ou centro de massa de um polígono ou coleção de polígonos. Em determinadas situações, é mais interessante determinar um ponto interior ao polígono independente de ser ou não centro de gravidade. Entrada: Polígono. Saída: Ponto
<i>Ponto na Superfície</i>	Determinação um ponto de forma que seja garantido que ele esteja contido no interior de um polígono. Entrada: Polígono. Saída: Ponto
<i>Diagrama de Voronoi</i>	Construção de um conjunto de polígonos adjacentes a partir de um conjunto de pontos dados (locais), de modo que cada polígono contenha os pontos do plano mais próximo de um determinado local do que de qualquer outro. Entrada: Ponto, linha, polígono, amostras Saída: Polígonos adjacentes

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Tabela 4 (Continuação): Descrições de algumas transformações do tipo geometria computacional. Fonte: Adaptado de Davis Junior (2000).

<i>Operador</i>	<i>Descrição</i>
<i>Esqueletização de polígonos</i>	Formação de esqueleto de um polígono, ou seja, o lugar geométrico dos pontos pertencentes a ele que sejam equidistantes a pelo menos dois pontos de sua fronteira. Entrada: Polígono Saída: Linha
<i>Fecho convexo</i>	Determinação do menor polígono convexo que contém um conjunto de pontos dados. Entrada: Pontos, amostras Saída: Polígono
<i>Geração de isolinhas</i>	Determinação da intersecção de uma superfície com um conjunto de planos paralelos ao plano XY. Em geral, parte-se de uma triangulação, seguida de uma análise da intersecção de cada triângulo com cada plano, determinando segmentos. A partir desses segmentos são montadas as isolinhas. Entrada: TIN, Tesselação, amostras Saída: Isolinhas
<i>Triangulação de Delaunay</i>	Construção de um conjunto de triângulos a partir de um conjunto de pontos dados (locais), de modo que as arestas dos triângulos conectam locais que são vizinhos no diagrama de Voronoi. Entrada: Pontos, linhas, polígonos, amostras Saída: TIN
<i>Triangulação de polígonos</i>	Divisão de um polígono em triângulos, a partir da construção de diagonais. Entrada: Polígono, polígonos adjacentes Saída: TIN
<i>Construção de borda</i>	Construção de uma geometria hierarquicamente abaixo da geometria de entrada. No caso de geometrias múltiplas em mesmo registro, a saída também é múltipla. Entrada: Linha, Polígono Saída: Pontos, Linha
<i>Construção de vértices</i>	Construção de pontos correspondentes aos pares ou trincas de coordenadas que formam uma geometria. Entrada: Linha, Polígono, TIN, Superfície poliédrica Saída: Pontos
<i>Extrusão</i>	Gera uma superfície poliédrica a partir de uma geometria e de dimensões predefinidas. Entrada: Pontos, linhas, polígonos Saída: Superfície poliédrica
<i>Expandir</i>	Gera um polígono a partir da expansão um ponto a uma distância predefinida nos eixos cartesianos X, Y e Z. Entrada: Pontos, linhas, polígonos, TIN, Superfícies Poliédricas Saída: Polígono, linhas, polígonos, TIN, Superfícies Poliédricas

A generalização cartográfica é o processo aplicado visando reduzir a complexidade da informação e produzir um produto com significado mais amplo quando se trata de um banco de dados ou menos detalhado no caso de um produto cartográfico (Tabela 5) (Davis Junior, 2000; Taura *et al.*, 2010).

Tabela 5: Descrições de algumas transformações do tipo generalização cartográfica. Fonte: Adaptado de Davis Junior (2000).

<i>Operador</i>	<i>Descrição</i>
<i>Agregação</i>	Delimitação de um grupo de objetos pontuais que estejam muito próximos uns dos outros, configurando um cluster. Entrada: Ponto, amostra Saída: Polígono
<i>Colapso</i>	Redução da dimensão da representação de um objeto. Polígonos podem ser transformados em linhas ou em pontos, e linhas podem ser transformadas em pontos. Em geral, usa o centroide para gerar as representações pontuais. Para obter representações lineares é empregado um algoritmo de esqueletização. Entrada: Linha, polígono, arco uni/bidirecional. Saída: Ponto, linha
<i>Combinação</i>	Junção de duas ou mais linhas paralelas muito próximas, produzindo uma única linha. Entrada: Linha Saída: Linha
<i>Deslocamento</i>	Alteração intencional do posicionamento de um objeto, de modo a destacá-lo de outro, muito próximo a ele. É uma técnica frequentemente empregada em cartografia, para aumentar a legibilidade de um mapa, em prejuízo da precisão de posicionamento. Entrada: Ponto, linha Saída: Ponto, linha
<i>Destaque</i>	Alteração das características visuais de um símbolo, de modo a torná-lo mais adequado para visualização em escalas menores. Entrada: Ponto, nó de rede Saída: Ponto, nó de rede
<i>Exagero</i>	Aumento intencional das dimensões de elementos considerados importantes para um mapa, mas que, se representados em suas verdadeiras dimensões, seriam pequenos demais para visualizar. Entrada: Ponto, linha, polígono, arco uni/bidirecional, nó de rede Saída: Ponto, linha, polígono, arco uni/bidirecional, nó de rede
<i>Fusão</i>	Junção de objetos de área contíguos e de mesma característica, com a eliminação da fronteira entre eles. Entrada: Polígono Saída: Polígono
<i>Realce</i>	Aumentar uma feição e estender sua superfície ocupada de forma a melhorar a visualização da feição. Entrada: Ponto, linha, polígono, arco uni/bidirecional, nó de rede Saída: Ponto, linha, polígono, arco uni/bidirecional, nó de rede
<i>Refinamento</i>	Abandono de elementos menos significativos, que estejam próximos a elementos mais importantes, de modo a preservar as características do conjunto com uma menor densidade de informação. Entrada: Linha, polígono Saída: Linha, polígono
<i>Simplificação</i>	Redução da quantidade de vértices usados para representar um objeto, garantindo a integridade topológica do resultado. Usa algoritmos básicos de geometria computacional, complementado por rotinas de verificação topológica. Entrada: Linha, polígono, arco uni/bidirecional, isolinhas, subdivisão planar Saída: Linha, polígono, arco uni/bidirecional, isolinhas, subdivisão planar

Tabela 5 (Continuação): Descrições de algumas transformações do tipo generalização cartográfica. Fonte: Adaptado de Davis Junior (2000).

<i>Operador</i>	<i>Descrição</i>
<i>Suavização</i>	Produção de uma versão mais suavizada do objeto original sem alterar seu nível de detalhamento. A nova versão adquire um contorno menos anguloso, esperado em objetos relacionados a fenômenos naturais. Entrada: Linha, polígono, arco uni/bidirecional, isolinhas, subdivisão planar Saída: Linha, polígono, isolinhas, arco uni/bidirecional, subdivisão planar
<i>Unificação</i>	União de feições individuais em um elemento maior de forma a reter as características gerais da região. Entrada: Ponto, linha, polígono Saída: Ponto, linha, polígono

A análise espacial que compreende um conjunto de técnicas dedicadas a estudar a organização de entidades geográficas relacionadas a um determinado fenômeno ou variável que ocorre no espaço, descrevendo também os relacionamentos espaciais entre fenômenos e variáveis distintas (Tabela 6) (Davis Junior, 2000).

Tabela 6: Descrições de algumas transformações do tipo análise espacial. Fonte: Adaptado de Davis Junior (2000).

<i>Operador</i>	<i>Descrição</i>
<i>Análise de superfícies</i>	Conjunto de técnicas voltadas para a extração de informação a partir de modelos tridimensionais, em geral de superfícies. Pertencem a este grupo operações como análise de declividade, determinação de áreas de inundação e traçado de perfis de drenagem. Entrada: isolinhas, tesselação, TIN Saída: isolinhas, tesselação, TIN
<i>Classificação</i>	Agrupamento de objetos em classes, de acordo com faixas de valores ou valores individuais de algum atributo ou expressão. Entrada: Ponto, linha, polígono, nó de rede, arco uni/bidirecional, isolinhas, tesselação, TIN, amostras, subdivisão planar Saída: Ponto, linha, polígono, nó de rede, arco uni/bidirecional, isolinhas, tesselação, TIN, amostras, subdivisão planar
<i>Interpolação espacial</i>	Determinação do valor de um geocampo em posições quaisquer dadas, a partir dos elementos de sua representação. Entrada: Isolinhas, tesselação, TIN, amostras Saída: Amostras, tesselação, TIN
<i>Geoestatística</i>	Determinação dos valores de células pertencentes a uma tesselação a partir variáveis regionalizadas na avaliação de variabilidade espacial por meio da extração e organização espacial dos dados disponíveis de acordo com a semelhança entre pontos vizinhos georreferenciados. Entrada: Ponto, linha, polígono, nó de rede, arco uni/bidirecional, subdivisão planar Saída: Tesselação
<i>Pseudocoloração</i>	Modificação da aparência visual de uma célula ou grupo de células, de acordo com faixas de valores ou valores individuais de seus atributos. Entrada: Tesselação Saída: Tesselação
<i>Rasterização</i>	Determinação dos valores de células pertencentes a uma tesselação de acordo com a geometria de elementos vetoriais que as interceptam. Entrada: Ponto, linha, polígono, nó de rede, arco uni/bidirecional, subdivisão planar Saída: Tesselação

Tabela 6 (Continuação): Descrições de algumas transformações do tipo análise espacial. Fonte: Adaptado de Davis Junior (2000).

<i>Operador</i>	<i>Descrição</i>
Reamostragem	Reconstrução de uma tesselação, a partir da definição de uma nova resolução espacial para ela. O valor associado a cada célula na tesselação resultante é obtido por meio de interpolação sobre a tesselação original. Entrada: Tesselação Saída: Tesselação
Seleção	Separação, a partir de um conjunto de objetos, daqueles que têm determinadas características em comum. Corresponde à tradicional operação de consulta em bancos de dados. Entrada: Ponto, linha, polígono, nó de rede, arco uni/bidirecional, isolinhas, tesselação, TIN, amostras, subdivisão planar Saída: Ponto, linha, polígono, nó de rede, arco uni/bidirecional, isolinhas, tesselação, TIN, amostras, subdivisão planar
Simbolização	Atribuição de símbolos variados para representar objetos pontuais, de acordo com faixas de valores ou valores individuais de algum atributo ou expressão. Entrada: Ponto Saída: Ponto
Vetorização	Traçado de elementos vetoriais a partir da informação contida em uma tesselação, procurando reconstruir bordas e delimitar objetos significativos. Entrada: Tesselação Saída: Ponto, linha, polígono, nó de rede, arco uni/bidirecional, subdivisão planar

O diagrama de apresentação (Figura 18) pertence ao nível de apresentação e define alternativas de representação e saída para cada classe definida no nível conceitual sendo possível considerar os recursos gráficos e funções disponíveis no SIG subjacente, pois está mais próximo do nível de implementação (Davis Junior, 2000).

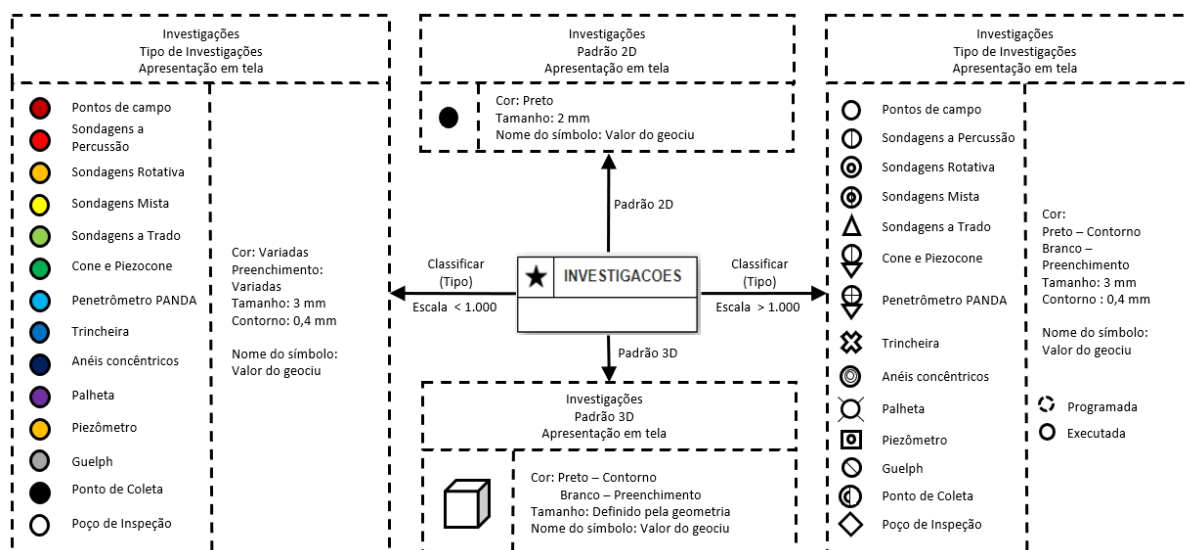


Figura 18: Exemplos de padrões de visualizações da camada de pontos das investigações no diagrama de apresentação.

O diagrama de apresentação necessita de apenas três primitivas. A primeira consiste na própria primitiva de classes, definida para os diagramas de classes e de transformação. A segunda é composta de uma linha tracejada simples, com uma seta que indica o sentido da operação e a terceira consiste em um retângulo tracejado dividido em três partes: Topo com o nome da classe, nome da apresentação, finalidade; inferior esquerdo com a simbologia a adotar e parâmetros da legenda; e Inferior direito com o detalhamento da simbologia (nomes de símbolos, cores, entre outras).

2.2.4.3. Especificações para Aquisições de Dados

As especificações definem critérios para aquisição de feições conforme as dimensões mínimas indicadas para cada tipo de geometria (ponto, linha ou área) que deve ser usado como primitiva geométrica para cada classe do modelo. As especificações descritas foram baseadas na Norma da Especificação Técnica para Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais versão 3.0 (DCT, 2018).

As orientações para adquirir cada tipo de objeto são definidas por meio de tabelas, cuja estrutura é apresentada na Tabela 7.

Tabela 7: Tabela modelo para definição das regras de aquisição.

Classe	Código	Geometria
<Nome da classe>	<código>	<geometria>
Método	Ilustração	
<p>Finalidade: <definição breve></p> <p>Regras:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) <regra 1> b) <regra 2> c) <regra 3> <p>Atributos obrigatórios (<dicionário>):</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ <atributo 1> <descrição atributo> <p>Relacionamentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ <relacionamento 1> ➤ <relacionamento 2> <p>Observações:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ <observação 1> 	<figura 1>	
Caso específico 1: <descrição do caso>		

A classe do modelo de dados é preenchida na chave <Nome da classe>. O código dessa classe no modelo de dados encontra-se na chave <código> sendo utilizada para relacionar a aquisição de dados com o dicionário de dados. A primitiva geométrica é representada na chave

<geometria> e pode ser dos tipos apresentados no item 2.2.2. Na coluna do método são detalhadas as regras de aquisição, distribuídas dessa forma:

- <definição breve>: Pequeno texto introdutório sobre a classe em questão;
- Regras: Conjunto de regras de aquisição, descritas em chaves <regra 1> a <regra n>;
- Atributos obrigatórios: Atributos que devem ser adquiridos conforme as regras definidas no dicionário de dados cuja referência é apresentada na chave <dicionário> ou que são relevantes no contexto de alguma especialização da classe. Os atributos podem ser informados das seguintes formas:
 - Atributo com valor definido: <atributo 1> <descrição atributo>
 - Atributo com lista de domínio: <atributo 1> <descrição atributo> <domínio>
 - Atributo booleano: <atributo 1> <descrição atributo> <verdadeiro ou falso>
- Relacionamentos: Apresenta os possíveis relacionamentos que são importantes na hora de montar o objeto: <relacionamento 1>
- Observações: Observações que devem ser consideradas durante a aquisição de dados <observação 1>; e
- Caso específico 1: Casos específicos de aquisição que são definidos em linhas adicionais<descrição do caso>.

Na coluna “Ilustração”, cada descritor pode possuir uma ou mais figura <figura> que ilustram o processo de aquisição da classe descrita. Os dicionários de dados seguem o modelo apresentado na Tabela 8 cujas especificidades são descritas a seguir.

Tabela 8: Tabela modelo para definição dos dicionários de dados.

Classe	Descrição							Código	Primitiva geométrica
<classe>	<descrição>							<código>	<geometria>
Atributo ou coluna	Tipo	Unidade	Tamanho	Precisão	Escala	Descrição	Exemplo	Domínio	Requisitos
<atributo>	<dado>	<unidade>	<tamanho>	<precisão>	<escala>	<descrição atributo>	<exemplo>	<domínio>	<requisitos>

A assim como na regra de aquisição de classe do modelo de dados é preenchida na chave <classe> e o código na chave <código> sendo utilizada para relacionar com regra de aquisição

de dados. A primitiva geométrica também é representada na chave <geometria> e pode ser dos tipos apresentados no item 2.2.2.

O atributo, representado na chave <atributo>, corresponde ao nome da coluna no banco de dados. Para cada coluna da Tabela 8 são apresentados:

- os tipos de dado simples como números e textos ou complexos como geometria <dado>;
- as unidades no sistema internacional de unidades (SI) do dado que está sendo armazenado <unidade>, por exemplo, profundidade em metros;
- o tamanho corresponde a quantidade de caracteres de texto quando o atributo é do tipo texto <tamanho>;
- a precisão corresponde a todas as casas decimais depois da vírgula quando o atributo é do numérico <precisão>;
- a escala corresponde a todas as casas decimais depois da vírgula quando o atributo é do numérico <escala>;
- a descrição apresenta a explicação do que é armazenado dentro do atributo <descrição atributo>;
- um exemplo de preenchimento é apresentado na chave <exemplo>;
- um domínio na chave <domínio>, que deverá ser consultado no APÊNDICE A: DOMÍNIOS UTILIZADOS , caso o atributo possua um; e
- As restrições que apresentam as limitações<restrições> associadas a cada coluna que devem ser obedecidas durante o preenchimento.

2.2.4.4. Modelagem de dados geotécnicos

A utilização de banco de dados na geotecnia tem sido discutida por vários autores desde os anos 2000 (Divya Priya & Dodagoudar, 2018), os quais apontam diversas vantagens para a adoção dessa prática. A utilização de um banco de dados digital permite manusear uma grande quantidade de dados atualizados em uma única plataforma, garante a integridade da informação além de permitir uma ampla diversidade de análises (Nayembil, 2021).

A implementação de um banco de dados geotécnico tem um grande benefício para o custo dispendido pois assegura que os dados estão prontamente disponíveis, e que o risco de perda e/ou corrupção de dados é negligenciável, bem como a necessidade de reavaliar e investigar novamente uma área seja baixa. Não menos importante, o banco de dados serve como uma fonte de dados geotécnicos padronizados capaz de auxiliar na identificação de locais que demandam uma investigação mais detalhada, subsidiar a elaboração de produtos cartográficos que auxiliem no planejamento do espaço superficial e do subsolo.

Ao implementar um banco de dados geotécnicos deve-se planejar com cuidado o padrão que deve ser adotado evitando sempre que possível soluções que atendem somente a necessidades operacionais (Zieler, 2000; Hoffman, 2002; Simsion & Witt, 2005) e soluções proprietárias ou customizadas de modelos de dados visto que isso acarreta equipamentos, hardwares específicos e até mesmo profissionais especializados (Hoffman, 2002).

O banco de dados geotécnico não deve apresentar problemas de comunicação com terminologia incomum ou alto nível de complexibilidade, ser consistente e facilmente descrito e resumido (Simsion & Wit, 2005). Não menos importante, é necessário definir as restrições de acesso a depender do usuário que está interagindo com o dado, ou seja, é necessário que existam usuários específicos para cada finalidade, sendo elas consultar os dados, editar os dados, alterar a estrutura do banco e administrar o banco de dados.

De uma forma geral, todos os bancos de dados são construídos baseados em um modelo de dados, mesmo que implícito, mas poucos autores se preocupam em modelar conceitualmente os dados (Moura *et al.*, 2017), e quando o fazem se restringem a dados bidimensionais (Self *et al.*, 2012) ou a um único tipo de investigação geotécnica como pode ser observado em várias pesquisas (SGS, 2014; Ribeiro *et al.*, 2016; Divya Priya & Dodagoudar, 2018; Santos *et al.*, 2018; Zhussupbekov *et al.*, 2020; Wu *et al.*, 2021).

A complexidade dos dados geotécnicos devido a variabilidade das propriedades medidas, das especificidades dos ensaios realizados, diferentes possibilidades de interpretação dos dados brutos e disponibilidade de dados preexistentes podem ser alguns dos motivos que os autores se restringem a abordar somente um tipo de investigação.

Outro ponto importante a ser discutido é a relação entre as informações acima e abaixo da superfície terrestre, como por exemplo o relacionamento entre prédios e infraestrutura enterrada. Alguns autores (Duncan & Rahman, 2013; Tegtmeier *et al.*, 2014) propuseram modelos conceituais com classes relacionadas aos objetos construídos (Obstáculos em Subsuperfície) se relacionando com classes de Camada de Rocha, Camada de Solo, Unidade Geotécnica e Espaços em Subsuperfície.

Os pontos principais das propostas supramencionadas são: a agregação espacial de diferentes da classe de “unidades geotécnicas” em “unidades de rocha/solo”, permitindo diferentes comportamentos geotécnicos estarem relacionados com uma mesma unidade de rocha ou solo; a classe de “obstáculos em subsuperfície” é utilizada para representar objetos muito grandes que não podem ser ignorados, mas que não podem ser representados pelas classes de unidade de rocha ou solo, como por exemplo um matacão; e a classe de “espaços em subsuperfície” que servem para representar desde obras subterrâneas até cavernas cársticas.

Quanto à implantação, são diversas as abordagens possíveis para criação de bancos de dados variando desde planilhas até sistemas gerenciadores de banco de dados. A Tabela 9 apresenta os principais tipos de banco de dados utilizados para os dados geotécnicos. Os autores exibem uma preferência pela utilização de banco de dados relacionais, com enfoque na integridade dos dados, e baseados em arquivos vetoriais comumente associados a subsidiar análises específicas. Poucos são os trabalhos de bancos de dados que incorporam tipos de dados geométricos ou que trabalhem com primitivas volumétricas.

Tabela 9: Principais tipos de banco de dados utilizados para implementação de bancos de dados geotécnicos.

Tipos de implementação	Quantidade	Autores
Baseados em arquivos vetoriais	7	Guaresi (2004); Soares (2011); Santos <i>et al.</i> (2018); Awan <i>et al.</i> (2022); Hen-Jones <i>et al.</i> (2022); Marcelli <i>et al.</i> (2022); Vannocci <i>et al.</i> (2022)
Baseados em planilhas eletrônicas	2	Barbosa (2018); Satyanaga <i>et al.</i> (2022)
Banco de dados utilizando <i>Geography Markup Language (GML)</i>	2	Bardet & Zand (2009); Zand (2011)
Banco de dados relacionais	12	Santos Filho (2000); Silva (2005); Silva (2007); Alves (2009); Okunade (2010); Silva (2011); Lee <i>et al.</i> (2015); Kingdon <i>et al.</i> (2016); Ribeiro <i>et al.</i> (2016); Divya Priya & Dodagoudar (2018); Mavroulis <i>et al.</i> (2022); Pando <i>et al.</i> (2022);
Banco de dados objetos relacionais	3	Oliveira <i>et al.</i> (2021); Stuyts <i>et al.</i> (2022)
Programas proprietários que não se enquadram nas opções anteriores	4	Azaronak (2015); Pimentel, (2015); Sharifi-Mood <i>et al.</i> (2020); Masoud <i>et al.</i> (2022)

Observa-se que a maior parte dos bancos de dados listados na Tabela 9 são bidimensionais principalmente pela dificuldade de armazenar e estabelecer relações espaciais em três dimensões. As principais finalidades dos bancos de dados geotécnicos consultados são armazenamento de dados, modelagem 3D e avaliação de riscos geotécnicos, quase sempre armazenando furos de sondagem (Adams *et al.*, 1993; Silva, 2007; Harrisson *et al.*, 2008; Alves, 2009; Zand, 2011). A abrangência dos bancos de dados é comumente regional apesar e alguns autores apresentarem propostas de banco de dados globais para armazenamento de dados geotécnicos (Stewart *et al.*, 2016; Shimobe & Spagnoli, 2019).

No tocante aos programas utilizados para a implementação, os programas proprietários possuem mais facilidade para obter suporte e apresentam mais funcionalidades, entretanto o custo de aquisição e/ou manutenção de licenças pode limitar a utilização do banco de dados e para facilitar o desenvolvimento, os bancos e aplicações comumente utilizam formatos proprietários. Já os programas livres e/ou código aberto, possuem um amplo desenvolvimento das funcionalidades pela comunidade e empresas donas de programas proprietário, não tem

custo de aquisição e/ou manutenção de licenças além de muitos programas proprietários investirem nesses programas. Todavia, o suporte e a correção de problemas dependem da comunidade que utiliza o programa.

A Tabela 10 apresenta algumas características da implantação do banco de dados relacionais, baseados em arquivos físicos e bancos de dados objeto-relacionais tendo como base os autores citados neste tópico.

Tabela 10: Resumo de algumas características das principais formas de implementação de um banco de dados geotécnicos (baseadas em arquivo e banco de dados relacional) e do banco de dados objeto relacional.

<i>Tipo de implementação</i>	<i>Banco de dados baseados em arquivos vetoriais</i>	<i>Banco de dados relacional</i>	<i>Banco de dados objeto relacional</i>
<i>Exemplos</i>	<i>Arquivo no formato shapefile</i>	<i>Microsoft Access</i>	<i>PostgreSQL + PostGIS</i>
<i>Características associadas ao tipo de implementação</i>			
<i>Fácil manuseio, permitindo a realização de consultas aos dados coletados e inseridos, permitindo a busca de informações de maneira simplificada</i>	Sim	Sim	Sim
<i>Necessita de um SIG para recuperação e visualização de dados tabulares</i>	Não	Não	Não
<i>Necessita de um SIG para recuperação e visualização de dados tabulares geoespaciais</i>	Sim	Sim	Não
<i>Facilidade de transmitir dados para terceiros fora do ambiente de rede local</i>	Sim	Não	Não
<i>Possui limitações quanto a quantidade de dados que pode ser armazenada devido ao formato</i>	Sim	Não	Não
<i>Permite customização para garantir o acompanhamento do que é alterado no dado</i>	Não	Sim	Sim
<i>Permite edição multiusuário, ou seja, mais de uma pessoa pode trabalhar no mesmo dado</i>	Não	Sim	Sim
<i>Necessita de conhecimento na linguagem Structural Query Language (SQL)</i>	Não	Sim	Sim
<i>Necessita de rotina de manutenção para garantir eficiência nas consultas</i>	Não	Sim	Sim
<i>Permite estabelecer restrições de integridade não espaciais para controlar a qualidade do dado</i>	Sim	Sim	Sim
<i>Permite estabelecer restrições de integridade espaciais para controlar a qualidade do dado</i>	Não	Não	Sim
<i>Permite consultas baseada na informação locacional</i>	Sim	Não	Sim
<i>Permite realizar análises espaciais sem auxílio do SIG</i>	Não	Não	Sim

A utilização de bancos de dados relacionais é a opção mais utilizada para a implementação de banco de dados geotécnicos visto que permite armazenar grande quantidade de dados, acesso multiusuário, controle de alterações e de acesso as informações. Além dessas

vantagens, acrescenta a facilidade de se recuperar de forma rápida e eficiente utilizando a linguagem SQL, a possibilidade de construções de visualizações a partir de diversas tabelas do banco e a recuperação de informações sempre atualizadas.

Entretanto, cabe ressaltar que a ausência de uma extensão espacial inviabiliza a utilização de dados geoespaciais, inclusive, não sendo suportado nas versões mais novas de alguns SIG. O PostgreSQL em conjunto com a extensão espacial PostGIS na versão 1.3.5, até 2011, era o SGBG que permitia o armazenamento de dados espaciais 2D (Breunig & Zlatanova, 2011) e em 2022, o SGBD encontra-se na versão 15 e o PostGIS na versão 3.3 suportando dados espaciais bidimensionais e tridimensionais.

2.3. Gestão dos Dados Geotécnicos

Em um processo de cartografia geotécnica, a finalidade do produto cartográfico vai implicar na metodologia adotada, na escala de abordagem do problema e nas informações necessárias para a sua elaboração. Uma das primeiras etapas da cartografia geotécnica consiste na verificação da disponibilidade de informações preexistentes, que quando estruturadas otimizam o processo de planejamento de aquisição de novas investigações e ensaios geotécnicos, na interpretação e produção de informações derivadas e conseqüentemente a elaboração dos produtos cartográficos.

Entretanto, antes de utilizá-los devem ser feitos questionamentos relacionados ao nível de confiabilidade e a qualidade dos dados e informações compiladas. Nos dados geotécnicos, critérios como a finalidade das investigações e ensaios, o método de coleta de amostras, a execução dos ensaios seguindo ou não a norma, as informações locais e respectivos sistema de referência, data de execução e disponibilidade dos dados brutos são exemplos de metadados que impactam diretamente na qualidade dos dados.

A utilização dos dados para cartografia geotécnica é um exemplo, mas isso também se aplica à utilização de dados geotécnicos em outras áreas da engenharia. Com uma gestão adequada dos dados, torna fácil responder aos questionamentos e, conseqüentemente, aumentando a confiabilidade nos dados compilados e nas informações produzidas.

Antes de continuar a discussão é importante diferenciar dado geotécnico de informações geotécnica. Os dados correspondem aos dados brutos obtidos durante observações e investigações de campo, ensaios de laboratório e dados de monitoramento enquanto as informações geotécnicas correspondem as seções geotécnicas, plantas de projetos e mapas geotécnicos. A informação é produzida a partir de dados e deve ser capaz de ser validada e é a partir dessas informações que é gerado o conhecimento que quando adequadamente aplicados

aos estudos e projetos trazem benefícios para a definição de soluções de engenharia e gestão de risco (Figura 19).

Como mencionado na justificativa da presente pesquisa, a gestão de dados deve contemplar os processos de aquisição, validação, armazenamento, organização e recuperação de dados e necessita de um processo bem definido visto que é um processo complexo (Simsion & Witt, 2005; West, 2011; Nayembil, 2021).

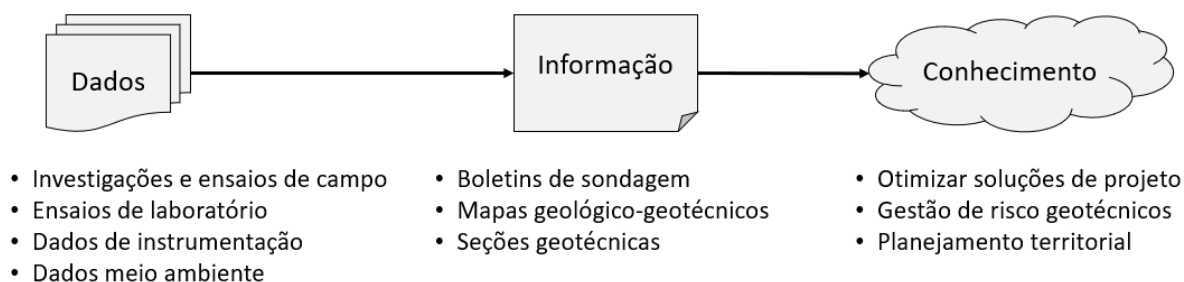


Figura 19: Processo de transformação de dados em conhecimento.

Uma abordagem comum em um projeto seria a definição de um processo sequencial com estágios bem definidos como, o planejamento, a compilação de dados preexistentes, a aquisição de novos dados, a análise dos dados compilados, a interpretação dos dados gerando informação e elaboração de relatórios. Entretanto, (Child *et al.*, 2014) afirma que a aquisição de dados não ocorre somente durante uma etapa, mas consiste em um processo contínuo durante todo o projeto. Uma etapa de avanço na escavação de um túnel, por exemplo, ou novas leituras em uma instrumentação fornecem novos dados e assim o processo permanece ativo.

A adoção de práticas recomendadas para gerenciamento de dados deve ser abordada como todo outro aspecto chave de uma pesquisa ou projeto e existe um ganho significativo na produtividade e qualidade caso já exista uma estratégia preexistente (Child *et al.*, 2014). Principalmente no caso dos dados geotécnicos, que possuem limitações relacionadas a heterogeneidade de estruturas de armazenamento praticadas, a variedade de formatos de distribuição desses dados (Tawelian & Mickovski, 2016; Lee *et al.*, 2021), a incompletude dos dados e as diferentes práticas adotadas na obtenção do componente locacional.

Considerando as diferentes abordagens praticadas na gestão de dados geotécnicos surge a proposta de utilização de formatos de transferência de dados de maneira a garantir a interoperabilidade dos dados geotécnicos produzidos entre diferentes produtores e consumidores de geoinformação, sendo o formato AGS, proposto pela *Association of Geotechnical and Geoenvironmental Specialists* (AGS, 1992), um dos mais famosos. Diversos

autores (Chandler & Hutchinson, 1999; Walthall & Palmer, 2006; Walthall & Waterman, 2006; Child *et al.*, 2014) afirmam que a adoção do formato trouxe diversos benefícios para a utilização dos dados geotécnicos produzidos. Uma iniciativa recente propôs a utilização do padrão AGS no Brasil (AGS4 BR, 2019) de maneira a promover e aprimorar a qualidade dos dados geotécnicos mediante a adoção de um padrão único.

Considerando a transferência de dados pela internet, (Mokarram, 2010) propôs um formato baseado no formato *Extensible Markup Languages* (XML) após analisar o formato AGS e outros formatos menos conhecidos. A versão 3.0 do formato AGS ainda utilizava o formato *American Standard Code for Information Interchange* (ASCII) que possuía limitações no tamanho do arquivo (Mokarram, 2010). A versão mais atual do formato AGS conta com formato próprio (.ags), é suportado por alguns BIM e até possui uma API pública para conversão de arquivos disponível em [AGS File Utilities Tool and API \(bgs.ac.uk\)](http://bgs.ac.uk).

A utilização de formatos intermediários evita a necessidade da modificação de qualquer estrutura de armazenamento de dados preexistente para adequação à um padrão de dados. Todavia, a conferência dos dados intermediários normalmente se restringe ao formato visando garantir a interoperabilidade.

Uma vantagem da padronização no nível do banco de dados é a integração com servidores desenvolvidos para a disponibilização de dados geoespaciais como o GeoServer em formatos padronizados amplamente utilizados pelas IDEs e pela INDE, como o WMS⁵ (Web Map Service). Os dados disponibilizados por meio de geoserviços ficam prontamente disponíveis, sem a necessidade de validação de formato, a qualquer pessoa que tenha acesso a *Uniform Resource Locator*, ou Localizador Uniforme de Recursos (URL). Cabe ressaltar que os geoserviços respeitam as permissões definidas no banco de dados, ou seja, não é possível editar um dado publicado em um geoserviço se no banco não estiver definida uma permissão de edição.

Outra vantagem é a possibilidade de validação dos dados durante a inclusão dos dados no banco de dados, sem a necessidade da conferência toda vez que receber um dado oriundo de um produtor de dados. Essa validação pode ser feita no próprio banco de dados por meio de gatilhos ou por meio de algoritmos (Chafiq *et al.*, 2018) disponíveis em interface gráfica desenvolvida para o usuário.

Independente da abordagem escolhida, para uma melhor gestão dos dados geotécnicos é importante que algumas diretrizes sejam seguidas:

⁵ O WMS é um formato de geoserviço para uma representação visual dos dados espaciais em algum formato de imagem e não os dados em si.

- Os dados devem ser digitalizados somente uma vez e somente pelo produtor da geoinformação;
- Os dados devem ser digitalizados da maneira mais fidedigna possível ao dado bruto, permitindo assim que informações derivadas sejam verificadas;
- Utilize formas de transferência de dados que permitam a interoperabilidade entre diferentes sistemas e/ou garantam o pronto acesso aos dados disponibilizados;
- Os dados devem ser de fácil recuperação para utilização;
- Não concentre o conhecimento sobre os dados produzidos somente s no produtor da geoinformação, ou seja, compartilhe quando possível as informações sobre dados produzidos com os consumidores da geoinformação; e
- Garanta que tanto os produtores quanto os consumidores saibam a importância dos dados produzidos.

Por fim, cabe mencionar que a facilidade de utilização dos dados é um critério importante a ser considerado na gestão de dados no geral visto que quanto mais fácil for para se utilizar um dado, mais esse dado será requisitado e conseqüentemente mais importante ele se torna.

2.4. Análise exploratória e espacialização de dados

A estatística pode ser definida como um conjunto de métodos e processos quantitativos que servem para estudar e medir os fenômenos coletivos e pode ser subdivida em duas áreas, a descritiva e a inferencial. A estatística descritiva trata da organização, apresentação e sintetização de dados enquanto a estatística inferencial versa no conjunto de técnicas que permitem utilizar dados oriundos de uma amostra para generalizações sobre a população (Medri, 2011).

A população consiste no conjunto constituído por todos os possíveis valores que representam pelo menos uma característica comum do material, cujo comportamento interessa analisar. Já a amostra pode ser definida como um subconjunto da totalidade de observações abrangidas pela população, por meio da qual se faz inferência sobre as características da população (Medri, 2011).

Neste tópico somente serão apresentadas as formas de análises exploratória e espacialização de dados utilizados nesta pesquisa.

2.4.1. Variáveis quantitativas e qualitativas

O estudo estatístico de uma determinada propriedade de um material deve considerar se a variável em questão é qualitativa ou quantitativa de maneira a orientar a escolha dos métodos de análise mais adequados.

As variáveis quantitativas são aquelas que assumem valores numa escala métrica definida por uma origem e uma unidade de medida podendo ser classificadas como discretas, quando assumem um número finito de valores, como resultados de contagens ou contínuas, quando assume um número infinito de valores, geralmente em intervalos (Reis & Reis, 2002; Medri, 2011; Magalhães, 2015).

As variáveis qualitativas são as propriedades que não possuem valores quantitativos e são definidas por várias categorias, atributos ou qualidades podendo ser classificadas como nominais, onde não existe ordenação entre as categorias, ou ordinais em que existe uma ordenação entre as categorias (Magalhães, 2015).

2.4.2. Análise exploratória de dados

A análise exploratória de dados nos fornece um extenso repertório de métodos para um estudo detalhado dos dados cuja finalidade é obter dos dados a maior quantidade possível de informação que oriente a tomada de decisão (Medri, 2011).

A análise descritiva é a fase inicial deste processo de estudo dos dados coletados na qual utiliza-se métodos de estatística descritiva para organizar, resumir e descrever os aspectos importantes de um conjunto de características observadas ou comparar tais características entre dois ou mais conjuntos (Reis & Reis, 2002).

Para a análise univariada, utiliza-se medidas de posição (média, mediana e moda), medidas de dispersão (amplitude, variância, desvio padrão, coeficiente de variação, entre outras), assimetria, curtose além de análises de separação por quartis ou representando graficamente os valores da propriedade sob análise. Para análises bivariadas, podem ser utilizadas cálculos de coeficientes de correlação, gráficos de dispersão. No caso de análises multivariadas estão disponíveis métodos de regressão, componentes principais, entre outros.

2.4.2.1. Análise univariada de dados

As definições apresentadas nesse subtópico são baseadas nas referências (Reis & Reis, 2002; Filho Junior, 2009; Medri, 2011; Assis *et al.*, 2012).

Média

A média de uma amostra corresponde a soma de todos os valores pelo número de observações (Magalhães, 2015) e consiste em uma medida de fácil interpretação e obtenção.

Todavia, como todos os valores entram para o cálculo da média, os valores extremos afetam no valor calculado, e em alguns casos pode haver uma grande distorção.

Mediana

A mediana de uma amostra é o valor que ocupa a posição central de um conjunto de valores ordenados, ou seja, medida divide a distribuição de valores em duas partes iguais. (Magalhães, 2015). Ao contrário da média, a mediana não é tão afetada pelos valores extremos.

Moda

A moda de uma amostra é o valor que ocorre com maior frequência (Magalhães, 2015) e sua aplicação não depende do nível de mensuração da variável, sendo aplicada tanto a fenômenos qualitativos quanto quantitativos. Um conjunto de dados pode ter mais do que uma moda: bimodal, ou multimodal.

Variância

A variância de uma amostra de valores é definida como sendo a média dos quadrados dos desvios das medidas em relação à sua média. É uma medida de difícil interpretação por apresentar unidade de medida igual ao quadrado da unidade de medida dos dados.

Desvio Padrão

O desvio-padrão, como o nome já diz, representa o desvio típico dos dados em relação à média, escolhida como medida de tendência central. Quanto maior o desvio-padrão, mais diferentes os valores estarão do valor médio.

Assimetria

O grau da assimetria das distribuições de frequência das amostras definidos pela estatística adimensional denominada de coeficiente de assimetria. As distribuições consideradas assimétricas apresentam uma “cauda” em uma das extremidades, quando está à direita, é positivamente assimétrica, e se está à esquerda, é negativamente assimétrica.

Curtose

Curtose é o grau de achatamento de uma distribuição em relação a uma distribuição padrão, denominada de curva normal. Para se verificar o grau de curtose utiliza-se a medida estatística adimensional denominada de coeficiente de curtose.

Coefficiente de Variação

O coeficiente de variação é uma medida relativa de dispersão, utilizada para comparar, em termos relativos, o grau de concentração em torno da média. É representada por uma medida adimensional, isto é, sem unidade de medida, podendo ser expressa em termos decimais ou percentuais.

2.4.2.2. Análise bivariada de dados

Neste subtópico será apresentado somente o método do coeficiente de correlação de Pearson.

Coefficiente de correlação de Pearson

A correlação mensura a direção e o grau da relação linear entre duas variáveis quantitativas. O cálculo da estatística é apresentado por.

$$r = \frac{1}{N-1} \sum \left(\frac{x_i - \bar{X}}{s_x} \right) \left(\frac{y_i - \bar{Y}}{s_y} \right) \quad \text{Equação 1}$$

Onde N: número de amostras; \bar{X} : Média; x_i : Valor da variável em análise; s_x é o desvio padrão da amostra x; s_y é o desvio padrão da amostra y.

Algumas considerações sobre o coeficiente de correlação devem ser atendidas para a sua correta análise (Filho Junior, 2009), sendo eles:

- O coeficiente de correlação de Pearson não permite diferenciar variáveis independentes e variáveis dependentes, ou seja, por ela dificilmente pode-se afirmar quem varia em função de quem;
- O valor da correlação não muda ao se alterar a unidade de mensuração das variáveis;
- O coeficiente é desprovido de unidade física, ou seja, tem um caráter adimensional não podendo ser interpretado em termos de proporção ou porcentagem;
- Os valores observados precisam estar normalmente distribuídos, principalmente para amostras com $N < 40$;
- Como a correlação é fortemente afetada pela presença de valores extremos (outliers), esse tipo de análise se faz necessária; e
- A ocorrência de uma observação na primeira variável não influencia a ocorrência da segunda variável, pois isso pode acarretar correlações indevidas.

2.4.3. Testes de Estatística

Neste subtópico serão apresentados conceitos sobre os testes de hipóteses e a descrição dos testes de Mann-Whitney U Test para avaliar a diferença entre dois grupos e o teste de Anderson Darling para comparação das distribuições.

2.4.3.1. Testes de Hipóteses

Teste de hipótese é um aspecto do processo de inferência estatística cujo objetivo é decidir se uma determinada característica de uma ou mais populações é, ou não, apoiada pela evidência obtida de dados amostrais. No processo, se emprega uma amostra para determinar a aceitação da hipótese (verdadeira) ou sua rejeição (falsa) permitindo tomar decisões em

presença da variabilidade, ou seja, verificar se de fato existe uma diferença real, significativa, ou apenas devida à flutuação aleatória inerente aos dados (Assis *et al.*, 2012).

Uma hipótese estatística, denominada H, é qualquer afirmação sobre a população em estudo. Para um teste, são definidas duas hipóteses, a hipótese nula (H_0) que corresponde a hipótese que se deseja testar e a hipótese alternativa (H_1), contrária a H_0 (Assis *et al.*, 2012).

Num teste de hipótese trabalha-se com os parâmetros α e C, sendo α o nível de significância do teste e C o valor crítico. As áreas definidas pelo valor de alfa (em testes unilaterais, representada em cinza na Figura 20) ou metade de alfa (teste bilaterais, representada em cinza na Figura 20) correspondem a região de aceitação da hipótese alternativa enquanto o restante da área corresponde a região de aceitação da hipótese nula (Figura 20).

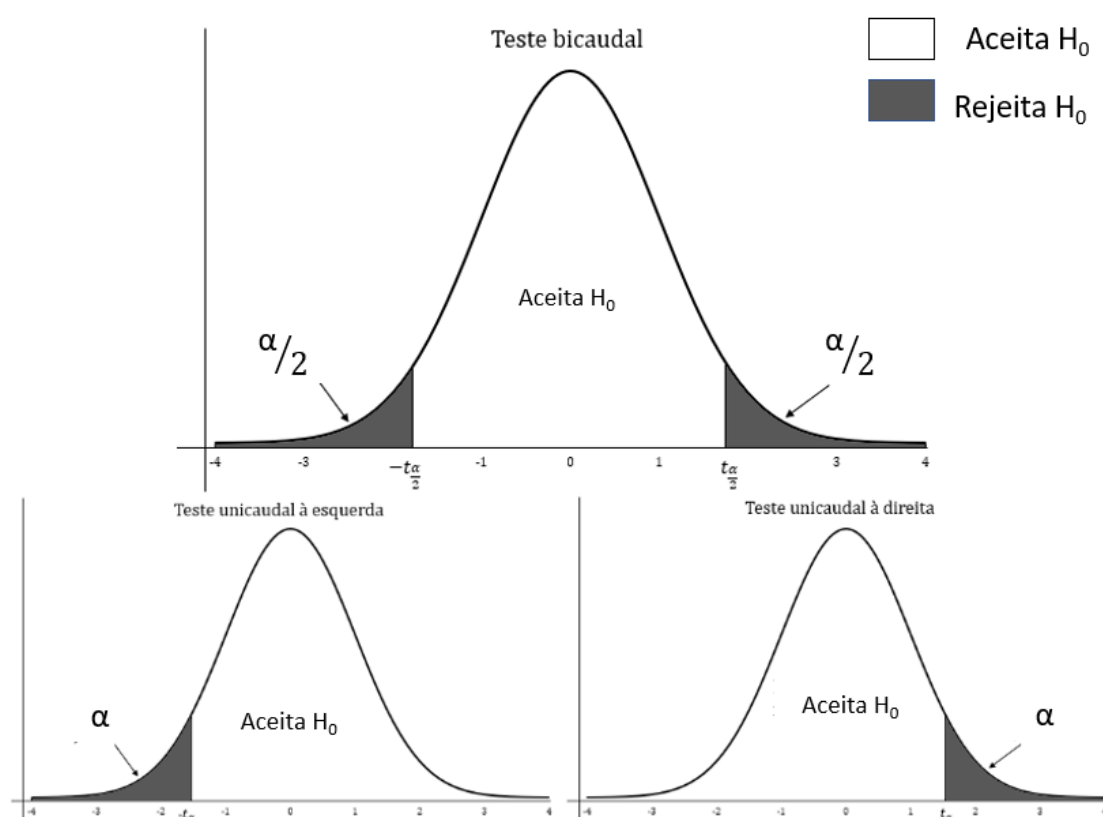


Figura 20: Tipos de testes de hipótese em relação a região de aceitação da hipótese nula ou alternativa.

Há dois tipos de erro ao testar uma hipótese estatística. Pode-se rejeitar uma hipótese quando ela é, de fato verdadeira, ou aceitar uma hipótese quando ela é, de fato, falsa. A rejeição de uma hipótese verdadeira é chamada "erro tipo I". A aceitação de uma hipótese falsa constitui um "erro tipo II". A probabilidade do erro do tipo I é denominada "nível de significância" do teste é comumente escolhida pelo técnico dentre os valores usuais (0,01;0,05;0,10) (Oliveira, 2014) e deve ser escolhido a priori a realização dos testes (Costa, 2002).

Os testes de hipóteses se dividem em paramétricos e não paramétricos. Os paramétricos são aqueles que utilizam os parâmetros da distribuição, ou uma estimativa destes, para o cálculo de sua estatística. Normalmente, estes testes são mais rigorosos e possuem mais pressuposições para sua validação. Já os não paramétricos utilizam, para o cálculo de sua estatística, postos atribuídos aos dados ordenados e são livres da distribuição de probabilidades dos dados estudados" (Reis & Júnior, 2007).

A validação dos resultados dos testes paramétricos depende da verificação de suas pressuposições, como por exemplo a normalidade dos dados, pressuposição básica para aplicação da maioria dos testes paramétricos. (Reis & Júnior, 2007), isso permite que os testes não paramétricos possam ser aplicados a uma ampla diversidade de situações, porque não exigem populações distribuídas normalmente. Outras vantagens dos testes não paramétricos é a aplicabilidade a dados não-numéricos além de envolverem cálculos mais simples do que seus correspondentes.

Em contrapartida, os métodos não paramétricos tendem a perder informação, porque os dados numéricos são frequentemente reduzidos a uma forma qualitativa e não são tão eficientes quanto os testes paramétricos; assim, com um teste não paramétrico, em geral necessitamos de uma amostra maior ou maiores diferenças para então rejeitarmos uma hipótese nula.

2.4.3.2. Mann-Whitney U Test (Teste não paramétrico)

O Mann-Whitney U *test*, também conhecido como *Wilcoxon rank sum test*, avalia a diferença entre dois grupos com base em uma variável ordinal sem distribuição específica (Wilcoxon, 1945; Mann & Whitney, 1947). O teste é conceitualmente similar ao teste t para determinar se os dois grupos amostrais são de uma mesma população. Quando os dados não atendem as premissas dos testes paramétricos do teste t ou quando existem diferenças notáveis no número de elementos nos grupos comparados, o teste de Mann-Whitney U tende a ser mais apropriado (McKnight & Najab, 2010; MacFarland & Yates, 2016).

Os dados agrupados das duas amostras são ordenados de forma crescente e recebem valores correspondentes as suas ordens. Em seguida são separados conforme as distribuições originais sendo realizada a soma dos postos de cada amostras. Calcular a estatística de Mann-Whitney e escolher o menor valor entre as duas somas, se $n < 20$ utilizar a tabela de valores críticos de Mann-Whitney, caso contrário utiliza-se no cálculo da estatística z.

2.4.3.3. Teste de Anderson-Darling

O teste de Normalidade de Anderson-Darling é utilizado para testar se uma amostra veio de uma população específica (Stephens, 1974). O teste compara o ECDF (função de distribuição

acumulada empírica) dos dados da amostra com a distribuição esperada. assumindo como hipótese nula (H_0) que os dados seguem uma determinada distribuição e como hipótese alternativa (H_1) que os dados seguem uma determinada distribuição. Se esta diferença observada é adequadamente grande, você deve rejeitar a hipótese nula (Leotti & Riboldi, 2005).

2.4.4. Técnicas para espacialização de dados

Neste subtópico serão abordados os métodos de espacialização de dados, amplamente conhecidos, o inverso do quadrado da distância e a krigagem.

2.4.4.1. Inverso do Quadrado da Distância ou Inverse Distance Weighting (IDW)

Um dos modelos determinísticos mais utilizados na interpolação espacial é o método de ponderação de distância inversa (IDW) por ser um método relativamente rápido e fácil de calcular e simples de interpretar. Sua ideia geral baseia-se na suposição de que o valor do atributo de um ponto não amostrado é a média ponderada dos valores conhecidos dentro da vizinhança, e os pesos estão inversamente relacionados às distâncias entre o local de previsão e os locais amostrados. O peso da distância inversa é modificado por uma potência constante ou um parâmetro de decaimento da distância para ajustar a força decrescente em relação ao aumento da distância (Lu & Wong, 2008). A fórmula do interpolador é apresentada por:

$$z = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{z_i}{d_i^p} \right)}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{d_i^p} \right)} \quad \text{Equação 2}$$

Onde z_i corresponde ao valor da variável, d_i é a distância de amostra ao ponto a ser interpolado e p é o peso.

2.4.4.2. Geoestatística

A geoestatística permite caracterizar espacialmente a variável de interesse com base na sua distribuição e variabilidade espacial associada à determinação das incertezas (Yamamoto & Landim, 2013).

A variação de um fenômeno regionalizado no espaço pode ser observada no variogramas experimentais, calculadas pela equação seguir:

$$y(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(X_i) - Z(X_i + h)]^2 \quad \text{Equação 3}$$

onde $N(h)$ é o número de pares de valores medidos $Z(x_i)$, $Z(x_i + h)$, separado pela distância h , se a variável for escalar; h é o vetor distância composto por módulo e direção entre pares de observação; $y(h)$ representa a variabilidade espacial numa direção predefinida.

O semivariograma experimental é ajustado a um modelo teórico utilizando uma comparação visual e/ou técnicas de ajuste automático, sendo os modelos exponencial, esférico, gaussiano e *mattern* os mais comuns.

A Figura 21 exhibe os principais componentes do semivariograma que descrevem o comportamento espacial das variáveis regionalizadas. O valor que separa o domínio estruturado, que corresponde ao trecho da dependência espacial entre as amostras, do domínio não estruturado é denominado de amplitude. O patamar do semivariograma representa a estabilização dos valores do semivariograma aproximadamente igual à variância a priori dos dados. O efeito pepita corresponde ao valor da variância para a distância zero e indica a variação ao acaso ou erros de amostragem ou de medida em razão de sua escala (Yamamoto & Landim, 2013).

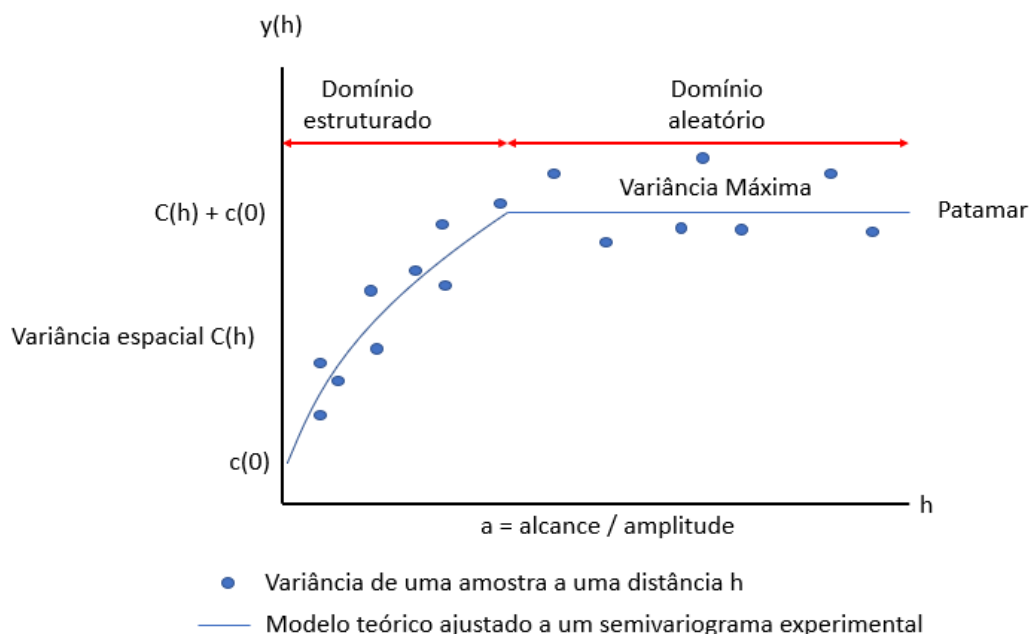


Figura 21: Elementos de um semivariograma Fonte: Modificado de Vilca (2019).

As análises dos variogramas permitem determinar o modelo teórico que melhor representa a variação espacial dos dados que será, em uma fase posterior, utilizado para a definição de estimadores, sendo os mais utilizados a krigagem ordinária e a krigagem de indicador. A krigagem ordinária é um método de estimativa local e, dessa forma, a estimativa em um ponto não amostrado resulta da combinação linear dos valores encontrados na vizinhança próxima (Andriotti, 2013).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A implementação de bancos de dados geotécnicos tem sido realizada nos últimos anos com as mais diversas finalidades, entretanto, pouca discussão é feita sobre a padronização de armazenamento dos dados geoespaciais geotécnicos. A definição de um padrão de dados vai além do armazenamento propriamente dito, sendo necessário considerar as relações topológicas e semânticas entre os dados a serem armazenados.

É importante que os dados estejam estruturados de forma que o banco de dados seja capaz de retornar respostas de maneira otimizada, e ainda possam ser utilizados de maneira racional e objetiva por profissionais e/ou interessados (Hoffman, 2002). Sendo assim, neste tópico será apresentada os materiais e métodos, detalhado na Figura 22 e resumida na Figura 23 e, que subsidiará atingir os objetivos propostos nesta pesquisa.

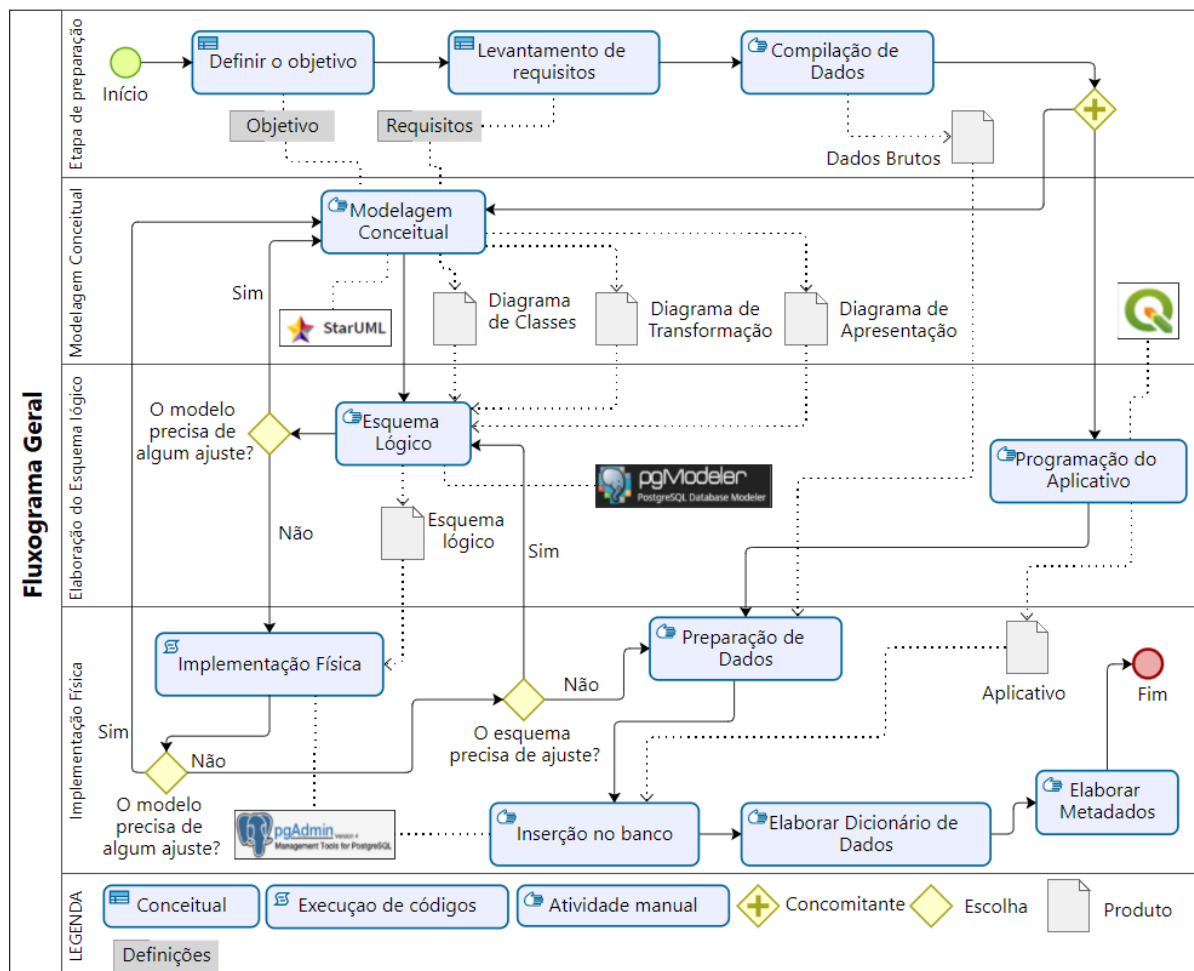


Figura 22: Processo detalhado da modelagem e implementação do banco de dados proposto

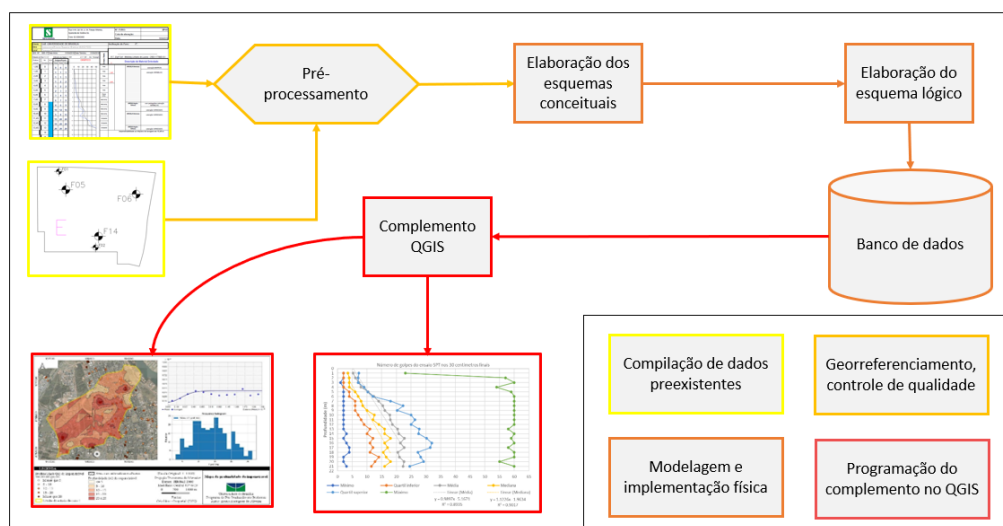


Figura 23: Processo resumido da modelagem e implementação do banco de dados proposto.

3.1. Programas computacionais utilizados

A modelagem conceitual do banco de dados é realizada no Star UML 5.0, programa de código livre (Lee, 2016) que possui um módulo OMT-G para visualização e modelagem de diagramas de classes e no programa OMT-G Designer (Lizardo e Davis Junior, 2014), que é um aplicativo de diagramação on-line para o projeto de sistemas e aplicativos de banco de dados geográficos com base no modelo de dados OMT-G.

Para o esquema lógico, optou-se pelo pgModeler 0.93 (Silva, 2021) que é um programa de modelagem de banco de dados PostgreSQL de código livre. Para a implementação física do banco de dados, é utilizado o pgAdmin 4 na versão 6.5 (PostgreSQL Global Development Group, 2021), que é uma ferramenta de código livre para a administração e gestão do banco de dados PostgreSQL.

O banco de dados utilizado é o PostgreSQL Versão 11.17 que é um banco de dados de objeto-relacional de código aberto com mais de 30 anos de desenvolvimento ativo, o que lhe rendeu uma forte reputação de confiabilidade, robustez de recursos e desempenho (PostgreSQL Global Development Group, 2021) além de ser o mesmo banco de dados utilizado pela IDE/DF facilitando uma eventual integração dos bancos de dados. O PostGIS Versão 3.0.3 (Postgis, 2022b), extensão espacial para o banco de dados objeto relacional PostgreSQL, suporta objetos e consultas espaciais 2D/3D em SQL e a extensão “*postgis_sfcgal*” que fornece funções espaciais avançadas 2D e 3D na mesma versão do PostGIS.

A visualização dos dados espaciais tridimensionais é realizada no SIG QGIS 3.16 (QGIS, 2021) utilizando o complemento [Qgis2threejs Exporter](#) ou a visualização do próprio

sistema de informações. O SIG permite conexão e interação com o banco de dados tridimensionais utilizando a interface gráfica ou a linguagem SQL.

3.2. Compilação de dados pré-existent

O processo de compilação de dados pré-existent consiste na identificação da necessidade dos dados e de possíveis unidades externas que poderiam fornecer essas informações. Considerando os resultados de ensaios geotécnicos preexistentes e de mapeamentos realizados em pesquisas acadêmicas (Tabela 1) e por órgãos governamentais, o número de investigações disponíveis é de aproximadamente 4.880 dados geotécnicos quantitativos e qualitativos distribuídos pelo Distrito Federal.

Os órgãos do governo do Distrito Federal como a Companhia Imobiliária de Brasília (Terracap), Companhia Urbanizadora da Nova Capital do Brasil (Novacap), Departamento de Estrada e Rodagem (DER), Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento do Distrito Federal (ADASA) e Instituto Brasília Ambiental (IBRAM) foram contatados e forneceram dados, quando disponíveis, em formatos distintos sendo necessário realizar um pré-processamento que consistiu no georreferenciamento e na análise da qualidade dos dados.

A análise da qualidade dos dados versa na avaliação da consistência de formato, ou seja, avaliar a capacidade de leitura ou compreensão dos dados para decidir se é possível decodificar os dados e na análise de usabilidade que avalia se um dado atende as especificações de determinados usuários, por meio de indicadores específicos (IBGE, 2017).

No caso desta pesquisa foram definidos os seguintes indicadores de qualidade:

- o dado possui informações que permita o seu georreferenciamento;
- o dado possui as principais propriedades medidas ou calculadas relacionadas aos ensaios de laboratório ou investigações ou ensaios de campo;
- o dado possui informações sobre a sua origem, ou seja, quem elaborou e a data de execução;
- e
- o dado possui informações sobre a finalidade para qual foi executado.

Os dados compilados que não possuem informações locais ou as principais propriedades medidas ou calculadas relacionadas aos ensaios de laboratório ou investigações ou ensaios de campo não foram incluídos no banco de dados. Os critérios de finalidade e origem foram utilizados para hierarquizar os dados a serem inseridos no banco de dados, ou seja, os dados que possuem a maior quantidade de informações são compatibilizados primeiro.

A Figura 24 apresenta a distribuição espacial das investigações e ensaios de campo e ensaios de laboratório compiladas.

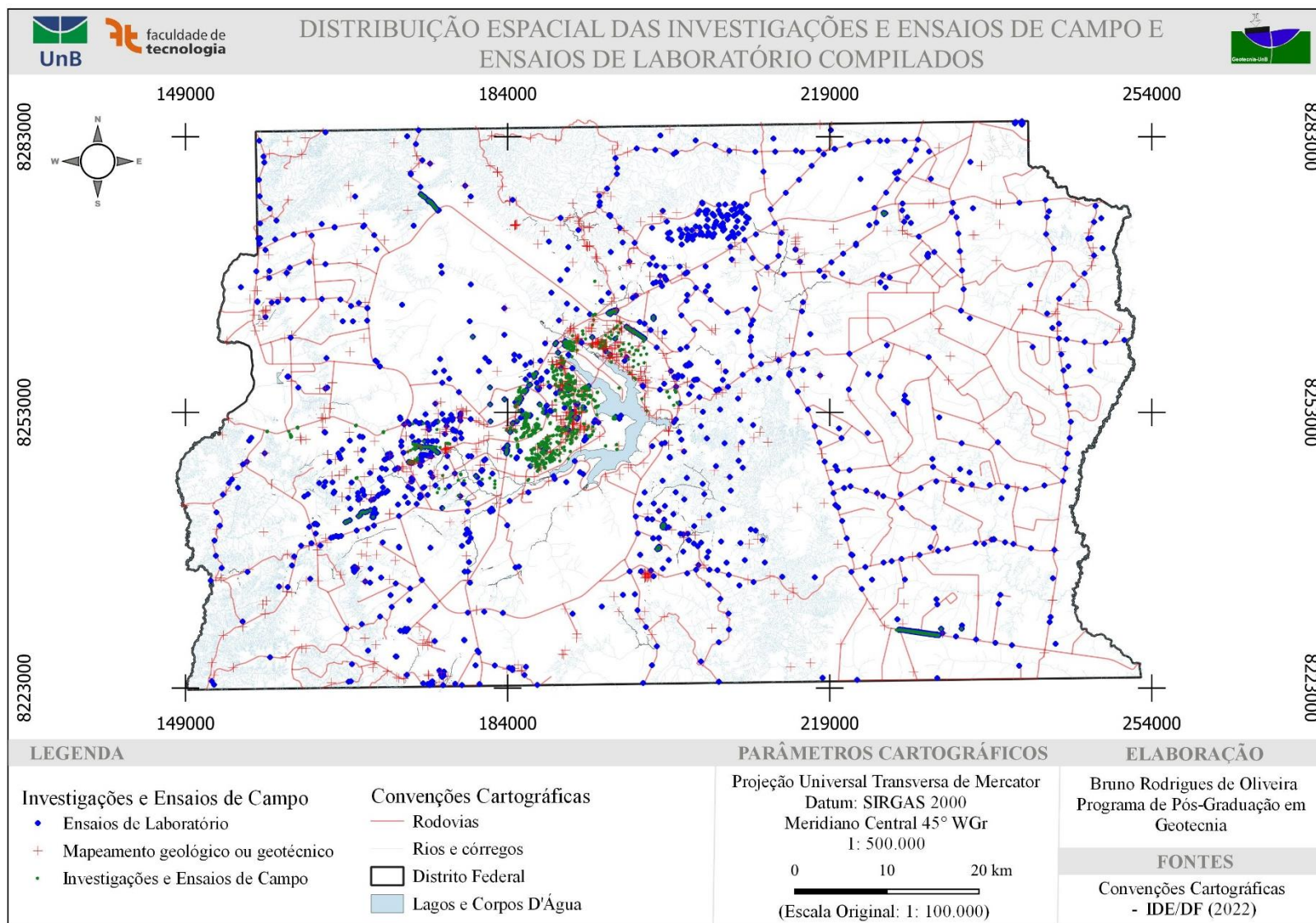


Figura 24: Mapa da distribuição espacial das investigações de campo e ensaios de laboratório compiladas.

3.3. Modelagem do banco de dados

O processo de modelagem de um banco de dados se inicia com o levantamento de requisitos, seguido pela modelagem conceitual, a elaboração do esquema lógico e finaliza com a implementação física do banco de dados. Cada uma dessas etapas é detalhada nos subtópicos a seguir.

3.3.1. Levantamento de requisitos

Inicia-se o processo pela definição da finalidade do banco de dados que vai orientar a escolha dos elementos do mundo real que irão ser representados por meio de classes convencionais ou georreferenciadas durante a construção no modelo conceitual, as quais, posteriormente, irão compor o banco de dados. Considerando o objetivo da presente pesquisa foram escolhidos alguns elementos para a modelagem do banco, as quais estão enumeradas a seguir.

Na temática geotecnia, no escopo da pesquisa, tem-se as investigações e ensaios de campo, ensaios de laboratório e a cartografia geotécnica, enquanto as demais temáticas englobam informações relacionadas aos limites administrativos, base cartográfica cadastral (rodovias, hidrografia, modelos numéricos de terreno e produtos derivados) e dados relevantes para a geotecnia como dados geológicos, pedológicos, geomorfológicos, hidrogeológicos, entre outros.

Nas investigações e ensaios de campo, foram escolhidos os pontos de campo, trincheiras e poços de inspeção, sondagem à trado, sondagem rotativa, sondagem à percussão, piezômetro e indicador de nível de água, anéis concêntricos, ensaio de palheta, ensaio de cone, ensaio de permeabilidade e ensaio de perda d'água em rocha.

No tocante aos ensaios de laboratório, ainda na temática da geotecnia, foram selecionados a análise granulométrica, limites de Atterberg, Índice de Suporte Califórnia, compressão simples, ensaio de compressão triaxial, ensaio de adensamento, ensaio de compactação, cisalhamento direto, permeabilidades de cargas constante e variável, determinação de umidade e coleta de amostras.

Por fim, os dados relacionados a cartografia geotécnica englobam as unidades geotécnicas, unidade de rocha, unidade de solo e os limites das cartas geotécnicas.

Nesta etapa são definidas as primitivas geométricas e as restrições de integridade que abordam as propriedades geométricas e as relações espaciais, como por exemplo, uma amostra deve estar contida no volume da investigação em que foi coletada. As restrições semânticas também são identificadas nesta etapa, como por exemplo, um piezômetro pode ser instalado

após uma sondagem, mas o oposto não pode ocorrer. Restrições definidas pelo usuário, como a obrigatoriedade de todas as amostras e os ensaios derivados devem conter o código identificador da investigação de origem, também são definidas.

A Tabela 11 apresenta os elementos para os quais serão levantados os requisitos para a modelagem. A escolha de classes definida nesta pesquisa não impede a inserção de novas classes no modelo desde que especificadas as relações espaciais e não espaciais existentes com as demais classes e suas respectivas restrições de integridade.

Tabela 11: Classes definidas para levantamento de requisitos.

<i>Classe</i>	<i>Subclasse</i>
Investigações e Ensaios de Campo	Pontos de Campo, Trincheiras e Poços de Inspeção, Sondagem à Trado, Sondagem Rotativa, Sondagem à Percussão, Piezômetro e Indicador de Nível de Água, Anéis Concêntricos, Ensaio de Palheta, Ensaio de Cone, Ensaio de Permeabilidade e Ensaio de Perda d'água em Rocha
Ensaios de Laboratório	Permeabilidade de Carga Constante, Permeabilidade de Carga Variável, Adensamento, Compactação, Índice de Suporte Califórnia (ISC), Compressão Simples, Triaxial e Cisalhamento Direto, Umidade, Limites de Atterberg e Granulometria
Cartografia Geotécnica	Limite das cartas geotécnicas, unidades geotécnicas, unidades de solo ou de rocha

As subclasses enumeradas na Tabela 11 podem ser desmembradas ou agrupadas durante a modelagem conceitual ou abordadas a nível de implementação física, ou seja, durante a implementação do banco de dados. A subclasse umidade, por exemplo, poderia ser desmembrada em umidade higroscópica, de saturação, ótima, entre outras ou ser tratado durante a construção das tabelas no banco de dados.

Cabe mencionar que, apesar da ampla aplicabilidade de métodos geofísicos na geotecnia, eles não foram abordados para não adentrar no escopo da geologia, sendo o serviço geológico brasileiro o órgão adequado para a padronização dessa temática.

3.3.2. Elaboração do modelo conceitual

Nesta etapa são elaborados os diagramas de classes, transformação e apresentação sendo que, nesta pesquisa, o enfoque está nos diagramas de classe e transformação. O diagrama de classes contém as classes convencionais e as classes georreferenciadas com as primitivas geométricas definidas e as relações entre as classes sejam elas simples, topológicas, semânticas ou definidas pelo usuário, cada uma com as suas respectivas cardinalidades.

Além do diagrama geral, para cada subdivisão da temática geotecnia no escopo da pesquisa, é elaborado um diagrama de classes responsável por apresentar as classes e

respectivos relacionamentos. Para cada classe do modelo são apresentadas as Relações de Classes de Objetos (RCO) com a descrição dos atributos e seus respectivos domínios e restrições de integridade além de um conjunto de regras para que o usuário seja capaz de preparar corretamente os dados de entrada seguindo o padrão proposto pela Norma da Especificação Técnica para Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-ADGV) Versão 3.0 (DCT, 2018).

No diagrama de transformação são definidas as rotinas para a construção das geometrias tridimensionais com base em transformações do tipo geometria computacional como construção de *buffers*, extrusão e expansão, usando informações locais do dado e as dimensões do objeto tridimensional a ser construído. Alguns tipos e definições das transformações são apresentados na Tabela 4, Tabela 5 e Tabela 6.

No caso de um furo de sondagem, por exemplo, podemos construir a geometria tridimensional utilizando a latitude, longitude e as cota do fundo e boca do furo como referência locacional, construindo um buffer a partir do ponto utilizando o raio do furo e criando o volume realizando uma extrusão da sua profundidade até a boca do furo.

No diagrama de apresentações são exibidas alternativas de apresentação para as feições geográficas das principais classes, tendo pelo menos uma apresentação padrão, com base nos campos de interesse de forma evitar conflitos visuais buscando tornar o objeto mais ou menos visível ou mais ou menos destacado.

Os esquemas conceituais seguem as regras do modelo, detalhadas no 2.2.4.2 - Técnica de modelagem de objetos para aplicações geográficas (OMT-G), e tendo como referência os modelos propostos para dados geológicos (Tegtmeier *et al.*, 2014; OGC, 2017), a Tabela 4, a Tabela 5, a Tabela 6 e os demais trabalhos citados no Seção 2.2.4.4.

3.3.3. Elaboração do esquema lógico

O esquema lógico implementa recursos como adequação de padrão e nomenclatura que são registrados na forma de dicionários de dados. No esquema lógico, os dados são organizados no padrão que serão armazenados no banco e nele são definidas as chaves primárias e estrangeiras, a normalização, a integridade referencial.

A normalização consiste em estruturar o banco de dados objetivando eliminar redundâncias e as anomalias de inserção, atualização e exclusão. A integridade referencial, por sua vez, assegura que um valor que apareça em um atributo de uma tabela apareça em outro atributo de outra tabela, como é o caso de uma chave estrangeira em uma tabela destino, deve ser chave primária de algum registro na tabela origem.

Todos os parâmetros dos atributos como tipo de dado, número de caracteres, restrições de integridade e domínios para as tabelas implementadas fisicamente no banco de dados podem ser consultadas no esquema lógico. A Figura 25 apresenta exemplos de tabelas no esquema lógico com os atributos, tipos de dados e restrições de integridade.

investigacoes	percussao	sondagens
i_pk integer « pk »	spc_pk integer « pk »	sdg_pk integer « pk »
i_cod character varying(2) « nn »	spc_geociu character varying(50) « nn »	geom geometry(POINTZ, 31983)
i_nome character varying(50) « nn »	spc_profund numeric(6,2) « nn »	geom3d geometry(POLYHEDRALSURFACEZ, 31983)
i_tipo numeric(2,0) « fk nn »	spc_geociu_pf character varying(50) « nn »	sdg_volume numeric(10,4)
i_norma numeric(2,0) « fk nn »	spc_text_prim numeric(2,0) « fk nn »	sdg_geociu character varying(50) « nn »
i_long numeric(8,2) « nn »	spc_text_sec numeric(2,0) « fk »	sdg_profund numeric(6,2) « nn »
i_lat numeric(9,2) « nn »	spc_text_comp numeric(2,0) « fk »	sdg_geociu_pf character varying(50) « nn »
i_cota numeric(6,2) « nn »	spc_cor character varying(50) « fk »	sdg_cota_in numeric(6,2) « nn »
i_data_ini timestamp	spc_golpes_15cm numeric(2,0)	sdg_cota_fd numeric(6,2) « nn »
i_data_fim timestamp	spc_golpes_30cm numeric(2,0)	sdg_compr numeric(5,2) « nn »
i_operador character varying(100)	spc_golpes_45cm numeric(2,0)	sdg_diam numeric(5,2) « nn »
i_empresa character varying(100)	spc_penet_15cm numeric(5,2)	sdg_incli numeric(2,0) « nn »
i_cota_boca numeric(6,2)	spc_penet_30cm numeric(5,2)	sdg_azim numeric(3,0) « nn »
i_prof_total numeric(6,2)	spc_penet_45cm numeric(5,2)	data_edit timestamp « nn »
i_prof_imp numeric(6,2)	spc_spt15 character varying(50)	user_edit character varying(50) « nn »
i_prof_rev numeric(6,2)	spc_spt30 character varying(50)	sondagens_pkey constraint « pk »
i_prof_na numeric(6,2)	spc_spt45 character varying(50)	st_ndims_sondagens constraint « ck »
data_edit timestamp	spc_inic numeric(5,2)	st_issimple_sondagens constraint « ck »
user_edit character varying(50)	spc_final numeric(4,2)	st_isvalid_sondagens constraint « ck »
i_geociu character varying(50)	spc_lav_et1 numeric(4,2)	sondagens_check_st_srid constraint « ck »
geom geometry(POINTZ, 31983)	spc_lav_et2 numeric(4,2)	sondagens_check_st_ndims constraint « ck »
i_endereco character varying(200)	spc_lav_et3 numeric(4,2)	sondagens_check_geometrytype constraint « ck »
i_anexo character varying(200)	spc_lav_final numeric(4,2)	sondagens_check_st_issimple constraint « ck »
i_equip character varying(200)	spc_comp numeric(2,0)	sondagens_check_st_isvalid constraint « ck »
i_obs character varying(254)	spc_obs character varying(254)	sondagens_check_st_index index
i_fonte character varying(254)	data_edit timestamp	sidx_sondagens_geom index
i_prof_na24 numeric(6,2)	user_edit character varying(50)	sidx_sondagens_geom3d index
		sondagens_gix_nd index
i_finalidade integer « fk »	spc_os_desc numeric(2,0) « fk nn »	

Figura 25: Exemplos de representação de tabelas no esquema lógico. O significado de cada coluna é apresentado posteriormente no APÊNDICE B: DICIONÁRIO DE DADOS E ESPECIFICAÇÕES PARA AQUISIÇÕES DE DADOS DO DIAGRAMA DE CLASSES.

3.3.4. Implementação física

Os códigos da estrutura implementada, tabelas, visualizações, índices espaciais e não espaciais, funções e gatilhos, estão compilados na extensão “pggeotec 1.0” para o PostgreSQL e disponibilizado no endereço eletrônico <https://github.com/bro-geo/pggeotec>. As geometrias utilizadas na implementação são as disponíveis na extensão PostGIS dentre os quais podemos citar os pontos, linha, polígonos, superfície poliédrica, rede triangular irregular, tesselação, coleção de geometrias, entre outras.

Na implementação física, o primeiro passo consiste na criação dos grupos de usuários ou *group role* que terão permissões de selecionar, inserir, atualizar e deletar registros que serão atribuídos ao usuário a depender da sua atuação no banco de dados. O grupo de usuários *dataviewer* é criado para usuários que somente podem consultar o banco enquanto o grupo *dataeditor* agrupa os usuários que podem editar o banco. Em seguida são criados os esquemas que permitirão vários usuários trabalhar em uma mesma base sem interferir uns com os outros e organizar melhor os dados dentro do banco. Cada esquema tem um usuário proprietário com seu respectivo nome e grupos de usuários para edição sendo o nome do esquema seguido do

sufixo “_editor”. Além desses existe um usuário “consulta” capaz somente de consultar as tabelas de todos os esquemas.

Nesta pesquisa foram definidos os seguintes esquemas: IC no qual ficam armazenados os dados de investigações e ensaios de campo; EL que armazena os ensaios de laboratório; CG que armazena dados de cartografia geotécnica; CTM em que são armazenados dados cadastrais; EXT que armazena dados externos ao banco de dados, como os dados temáticos; DOM que armazena os domínios de todas as tabelas; e MD que armazena as informações referentes aos metadados.

Em seguida, as tabelas, restrições, índices espaciais e não espaciais são criados. Os dados podem ser inseridos no banco via importação de arquivos de texto separado por delimitadores e importados utilizando Sistema Gerenciador de Banco de Dados. A construção das geometrias tridimensionais é feita utilizando as funções programadas na extensão do PostgreSQL que podem ser acionadas no complemento do QGIS, desenvolvido no âmbito dessa pesquisa. A Figura 26 mostra a estrutura do banco de dados e a sua relação com o usuário e com o complemento do QGIS detalhado a seguir.

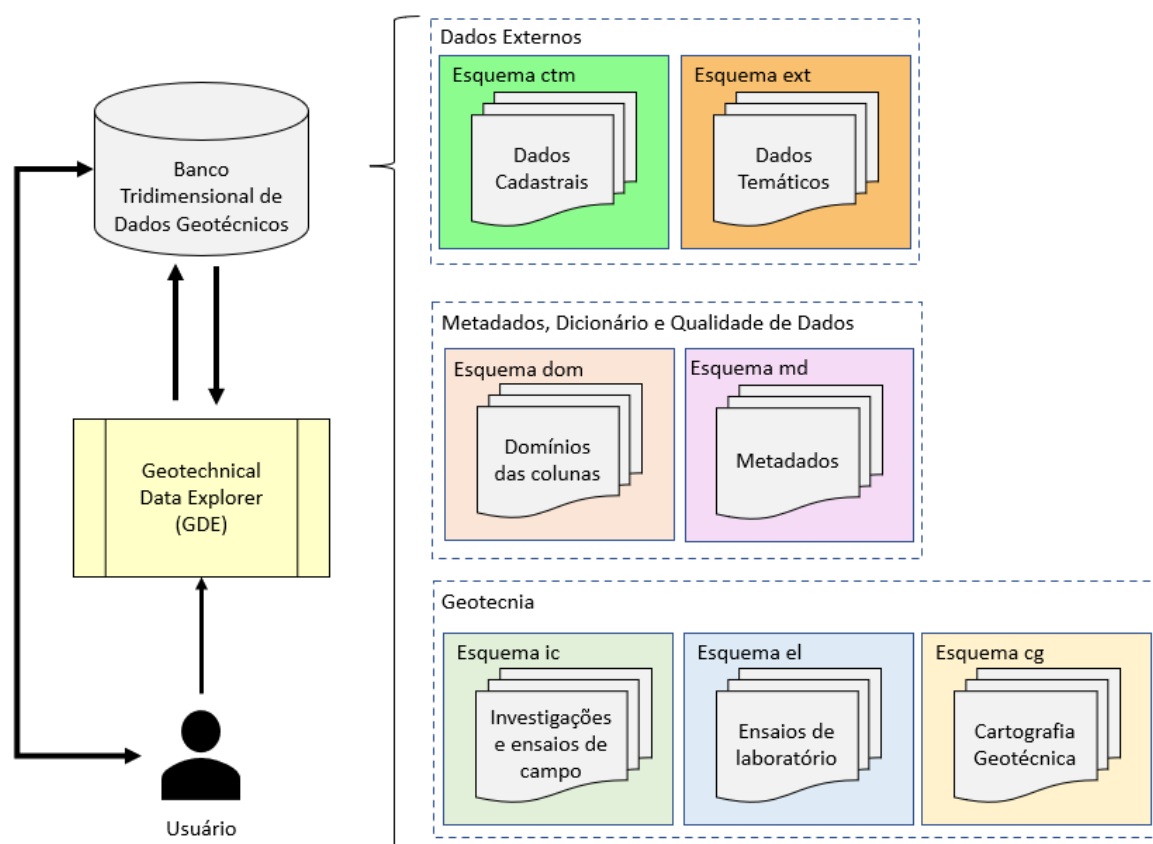


Figura 26: Banco de dados e a sua relação com o usuário e com o complemento do QGIS.

3.3.5. Complemento no QGIS

O Complemento GDE, disponível para o SIG QGIS 3.10+, se comunica diretamente ao banco de dados e funciona como uma interface gráfica permitindo ao usuário utilizar a extensão no PostgreSQL sem a necessidade do conhecimento da linguagem de programação. A interface do complemento foi gerada utilizando o *Qt Designer 5.11.2* que é uma interface gráfica para o desenvolvimento de aplicações no QGIS e todas as funcionalidades foram programadas em Python 3.7 em QGIS (PyQGIS). Todas as funções em PL/pgSQL que necessitam interagir com as informações contidas no banco de dados estão disponíveis na extensão “pggeotec 1.0”.

As funcionalidades básicas da aplicação incluem a análises exploratória de dados, realização de espacializações tridimensionais e elaboração de seções 3D. Também está disponível uma aba para informar ao usuário dos requisitos do complemento, o procedimento de instalação e utilização do complemento.

3.3.6. Metadados

Os metadados foram elaborados de maneira a atender ao perfil de metadados geoespaciais do Brasil 2.0 - MGB (IBGE, 2021) e estão disponíveis no APÊNDICE C: METADADOS. Os metadados para as classes investigações e ensaios de campo, limite das cartas geotécnicas, ensaios de campo e amostras seguem o modelo apresentado na Tabela 12. Os dicionários de dados podem ser consultados no esquema lógico do banco de dados (APÊNDICE D: ESQUEMA LÓGICO).

Tabela 12: Modelo de formulário para o preenchimento de metadados, compatível com o perfil de metadados geoespaciais do Brasil 2.0 - MGB. Fonte: IBGE (2021).

INFORMAÇÃO DE IDENTIFICAÇÃO	
Título	Nome pelo qual o recurso é conhecido
Nome da camada do banco	Esquema Nome do esquema quando couber
	Camada Nome da tabela quando couber
Pré-visualização gráfica	Imagem
Palavra-chave	Palavra-chave Colocar a palavra-chave aqui
	Palavra-chave Colocar a palavra-chave aqui
	Palavra-chave Colocar a palavra-chave aqui
Data	Valor da data YYYY-MM-DD
	Tipo da data Criação, Publicação, Revisão, não disponível e outros (Ver Quadro 71 em IBGE (2021))
Resumo	Descrição resumida sobre o recurso
Propósito	Breve descrição sobre o propósito pelo qual o recurso foi criado
Créditos	Identificação das entidades ou pessoas que contribuíram com o recurso
Status	Concluído, Arquivo histórico, Em andamento, Substituído (Ver Quadro 75 em IBGE (2021))

MATERIAIS E MÉTODOS

Tabela 12 (Continuação): Modelo de formulário para o preenchimento de metadados, compatível com o perfil de metadados geoespaciais do Brasil 2.0 - MGB. Fonte: IBGE (2021).

INFORMAÇÃO DE LINHAGEM		
Responsável pelo recurso	Nome	Informação sobre o responsável (indivíduo ou organização)
	Papel desempenhado	Função executada pelo responsável (Quadro 73 em IBGE (2021))
	Endereço	Endereço do responsável
	Cidade	Cidade do responsável
	Região administrativa	Região administrativa do responsável
	Endereço de e-mail	Endereço de e-mail do responsável
Tipo de representação espacial	Código que identifica o tipo de representação espacial do recurso (Matricial, Vetorial, Texto ou tabela – Ver Quadro 77 em IBGE (2021))	
Resolução espacial	Fator que indica, de forma geral, a densidade de informação geográfica no recurso (Ver Quadro 7 em IBGE (2021))	
Categoria temática	Temas de informação associados ao recurso (Ver Quadro 58 em IBGE (2021))	
Extensão geográfica	Longitude limítrofe oeste	148010,00
	Longitude limítrofe leste	253027,00
	Latitude limítrofe sul	284851,00
	Latitude limítrofe norte	8222744,00
Localidade padrão	Idioma	Português
	Código de caracteres	UTF-8
INFORMAÇÃO DE LINHAGEM		
Declaração	Explicação geral do produtor do recurso sobre sua linhagem	
Escopo	Nível do escopo	Tipo do recurso ou extensão no qual a informação de linhagem é aplicada (Ver Quadro 45 em IBGE (2021))
	Descrição	Informação sobre um evento ou transformação no ciclo de produção ou manutenção do recurso. É possível ter mais de uma etapa de produção.
Etapa de produção		
INFORMAÇÃO DO SISTEMA DE REFERÊNCIA		
Identificador do sistema de referência	Código	31983
	codeSpace	EPSG
INFORMAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO		
Formato de distribuição	Título	Fornecer uma descrição do formato do dado a ser distribuído (Ver Quadro 27 em IBGE (2021))
	Data	YYYY-MM-DD
	Tipo data	Criação, Publicação, Revisão, Não disponível e outros (Ver Quadro 71)
	Identificador	SHP, WMS, WFS e outros
METAMETADADOS		
Identificador do metadado	Identificador único para a instância de metadado	
Localidade padrão	Idioma	Português
	Código de caracteres	UTF-8
Responsável pelo metadado	Nome	Informação sobre o responsável (indivíduo ou organização)
	Papel desempenhado	Função executada pelo responsável (Quadro 73 em IBGE (2021))
	Endereço	Endereço do responsável
	Cidade	Cidade do responsável
	Região administrativa	Região administrativa do responsável
	Endereço de e-mail	Endereço de e-mail do responsável
Data do metadado	Valor da data	YYYY-MM-DD
	Tipo da data	Criação, Publicação, Revisão, Não disponível e outros (Ver Quadro 71 em IBGE (2021))
Padrão de metadados	ISO 19115-1:2014	
Perfil de metadados	Perfil MGB 2.0	

3.4. Estudo de Caso

Com o objetivo de validar a proposta do modelo de dados geotécnicos, foi implementado um banco de dados com a abrangência de todo o Distrito Federal, cuja aplicabilidade será demonstrada em três estudos de caso descritos a seguir.

3.4.1. Estudo de Caso 1: Sub-bacia do Córrego Olhos D'Água no Plano Piloto

A primeira área escolhida consiste em uma sub-bacia do córrego Olhos D'água com 12 km² localizada na área de abrangência o Plano de Preservação do Conjunto Urbanístico de Brasília (PPCUB), que prevê a regulamentação da utilização do espaço superficial e subterrâneo, e possui uma grande disponibilidade de dados oriundos de pesquisas pretéritas.

Nesse estudo de caso foi realizado uma análise exploratória de dados (AED), elaboração de gráficos e testes estatísticos, quando necessários, das variáveis número de golpes do ensaio SPT, da profundidade do impenetrável e dos teores de finos, correspondente a soma dos teores de argila e silte. Além da AED, para as variáveis profundidade do impenetrável e teores de finos foram espacializadas utilizando a técnica geoestatística mais adequada a distribuição dos dados, separando 13 dados escolhidos aleatoriamente para validação.

Os dados utilizados na AED e na espacialização foram os resultados de 242 sondagens a percussão e 25 ensaios de laboratório disponíveis no interior da sub-bacia. Cada valor da variável número de golpes do ensaio SPT (N_{spt}) corresponde ao número de golpes obtidos nos 30 cm finais de cada trecho de 45 cm ensaiado em um metro, totalizando assim 3051 valores medidos, ou seja, 3051 m investigados. Por exemplo, no primeiro ensaio, entre 1 e 1,45 m, o valor corresponde a soma de números de golpes entre 1,15 e 1,45 m.

Análises individualizada para cada profundidade ensaiada e por diferentes períodos de execução das sondagens, no caso do número de golpes do ensaio SPT, foram realizadas a fim de melhor compreender o comportamento da variável em questão. Para avaliar a relação entre os dados de SPT e profundidade, foram elaborados gráficos de dispersão e cálculos de correlação de Pearson associados a um teste de significância da correlação. Os valores críticos dos testes estatísticos executados neste estudo de caso foram definidos com base no número de amostras e na literatura (Oliveira, 2014), sempre com nível de significância de 5%.

Dentro da sub-bacia foi escolhida uma área não construída com uma grande densidade de investigações nas proximidades na qual foi gerada uma seção, utilizando o complemento desenvolvido no QGIS, interpretada com base nos resultados das sondagens, para demonstrar a aplicabilidade na geração de informação a partir dos dados geotécnicos armazenados no banco de dados.

3.4.2. Estudo de Caso 2: Área central do Setor Habitacional Taquari - Etapa 2

A área central do Setor Habitacional Taquari (2ª Etapa) apresenta 7 km² e corresponde a uma área de regularização urbana prevista em estratégia do Plano Diretor de Ordenamento Territorial - PDOT (BRASIL, 2009, 2012b, 2019, 2021b).

Neste estudo de caso serão apresentados exemplos de construção de geometrias tridimensionais utilizando a extensão desenvolvida e o impacto da sua utilização na caracterização da área de estudo.

Na área de estudo foram realizadas AED, representações tridimensionais dos dados geotécnicos disponíveis e análise dos critérios de seleção de amostras das variáveis resistência a penetração do Penetrômetro PANDA e resultados dos limites de Atterberg e granulometria.

Duas formas de seleção de amostras no banco de dados foram realizadas e seu impacto no resultado das análises foi avaliado. Para selecionar quais investigações serão utilizadas para a caracterização da área de estudo partiu-se da hipótese de que áreas que apresentam as mesmas condições geológicas, geomorfológicas e pedológicas podem ser consideradas homólogas em termos de características geotécnicas.

Nesse sentido, foi feita uma consulta no banco de dados que retornou todas as investigações e ensaios de campo e ensaios de laboratório que estavam contidas que apresentem o mesmo contexto geológico, geomorfológico e pedológico, da área de estudo. Essa seleção foi denominada como conjunto de dados da unidade de terreno (CDUT) sendo composta por 23 ensaios de limites de Atterberg e 25 ensaios de granulometria.

Uma segunda consulta, denominada de conjunto de dados local (CDL), corresponde aos dados que estão completamente inseridos dentro da área de estudo. O CDL é composto de dezessete ensaios com o Penetrômetro PANDA, totalizando 152 valores medidos sendo cada valor correspondente a medição realizada no final de cada metro, e quatro sondagens a percussão, totalizando vinte valores medidos, seguindo a mesmo padrão descrito para sondagens a percussão no primeiro estudo de caso, realizados por Almeida *et al.* (2020) e Almeida (2022), e três ensaios de limites de Atterberg e de granulometria executados por Nogueira (2018).

Com base na caracterização geotécnica da área, pretende-se fornecer informações orientativas objetivando contribuir para o planejamento urbano na região.

3.4.3. Estudo de Caso 3: Distrito Federal (DF)

A terceira área corresponde ao próprio DF para que sejam contempladas diferentes propriedades geotécnicas, a depender da disponibilidade de dados, na avaliação quantitativa da

hipótese de que se unidades de terrenos similares, definidas em escala regional, apresentam propriedades geotécnicas semelhantes para os materiais geológicos que as constituem.

A primeira etapa consistiu na definição das unidades de terreno a partir da sobreposição das cartas temáticas geologia (Freitas-Silva & Campos, 1998; Lousada & Campos, 2005; Campos *et al.*, 2013), solos (Reatto *et al.*, 2004; ZEE, 2011) e geomorfologia (ZEE, 2011). No pré-processamento, os planos de informação foram recortados pelos limites do Distrito Federal e submetidos a uma correção topológica para a remoção de sobreposições e lacunas. Após a sobreposição das cartas temáticas, todos os polígonos com áreas inferiores a 100 m quadrados foram analisados e dissolvidos nos polígonos como maior área no entorno nos casos de divergências de vetorização e/ou de escalas entre as temáticas.

O produto da sobreposição das cartas temáticas retornou 925 unidades de terreno (UT) oriundas da combinação das três temáticas considerando diferentes unidades de mapeamento de solo e 245 considerando somente as ordens na classificação pedológica, as quais não serão discutidas individualmente nesta pesquisa.

Tendo como base as UT, a diferença da utilização das unidades de mapeamento, mais detalhadas, em relação as ordens da classificação pedológica de solos foram avaliadas nos Latossolos Vermelhos (LV), Latossolos Vermelhos Amarelos (LVA) e Cambissolo (CX) por serem os tipos predominantes de solos no DF e pela disponibilidade de investigações e ensaios nessas unidades. Também foi feita uma comparação entre as ordens da classificação pedológica de solos LV, LVA, CX e os Solos Hidromórficos (HI), cujas unidades de mapeamento não foram diferenciadas devido a pequena quantidade das amostras nestes solos.

Para os LV e as unidades de mapeamento LVd1, LVd2, LVd3, LVd4 e LVd6 foram avaliadas as variáveis teores de finos (tf), composta pela soma dos teores de silte e argila, limite de plasticidade (w_p), limite de liquidez (w_L), índice de plasticidade (I_p), Índice de Suporte Califórnia (ISC), profundidade do impenetrável à percussão (PIP), e número de golpes do ensaio SPT corresponde aos 30 cm finais de cada trecho de 45 cm ensaiado das sondagens à percussão. As variáveis tf, w_p , w_L , I_p , ISC, PIP e N_{spt} foram comparadas nos LVA e nas unidades de mapeamento LVAd2, LVAd4, LVAd6 e LVAd9 e nos CX e as unidades de mapeamento CXd12 e CXd13. Todas as unidades de mapeamentos que não possuíam dados dentro da sua extensão não foram consideradas nas análises.

Todas as análises foram realizadas tendo como base resultados das estatísticas descritivas, de análises gráficas por meio de histogramas de frequência das variáveis e gráficos de dispersão. A avaliação da normalidade e a comparação entre as distribuições em termos de mediana foram feitas por meio de testes estatísticos, quando necessários. Os valores críticos

dos testes estatísticos seguem os mesmos critérios do primeiro estudo de caso, ou seja, com base no número de amostras e na literatura (Oliveira, 2014) com nível de significância de 5%.

As análises descritas a seguir foram feitas com base na variável teores de finos e índice de plasticidade por dispor da maior quantidade de ensaios.

- A avaliação da influência na variabilidade do comportamento geotécnico após a inserção da geomorfometria na subdivisão de uma UT, ou seja, a subdivisão da unidade com base em critérios geomorfométricos, como a declividade;
- Avaliação do impacto do contexto geológico no comportamento geotécnico analisando dois locais com diferentes unidades geológicas e mesma unidade geomorfológica e pedológica;
- Comparação entre áreas enquadradas na mesma unidade de terreno, ou seja, mesmo contexto geológico, geomorfológico e pedológico visando avaliar a hipótese em que terrenos similares devem apresentar propriedades semelhantes para os materiais geológicos que os constituem.

3.4.4. Considerações sobre as análises estatísticas

Os métodos escolhidos para as análises estatísticas estão descritos no item 2.4 e nesse subtópico são apresentadas algumas considerações sobre a escolha dos métodos.

O teste Mann-Whitney U Test foi escolhido pois nem todas as distribuições atendem a premissa de normalidade do teste paramétrico do teste t, principalmente pela diferença no número de elementos nos grupos comparados. Para a verificação da normalidade, foi utilizado o teste de Anderson Darling por apresentar a mesma eficiência dos demais métodos (Leotti & Riboldi, 2005) e por ser um método disponível em diversos pacotes computacionais. Para o nível de significância dos testes estatísticos, foi adotado um valor fixo de 5%, comum da literatura (Oliveira, 2014), para facilitar a comparação.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste tópico são apresentados os resultados e discussões acerca do levantamento de requisitos, da modelagem conceitual, da elaboração do esquema lógico e da implementação física do banco de dados, incluindo a extensão desenvolvida para o PostgreSQL e o complemento no QGIS. Também serão discutidos os produtos gerados nos estudos de caso e da qualidade dos dados geotécnicos compilados.

4.1. Levantamento de Requisitos

Apesar dos diversos tipos de investigações e ensaios geotécnicos existentes, optou-se por trabalhar os principais tipos de investigações e ensaios realizados em pesquisas acadêmicas e órgãos executores de obras do Governo do Distrito Federal (GDF), mas garantindo a possibilidade de expansão do modelo conceitual proposto.

Nesse tópico são apresentadas as definições adotadas nessa pesquisa e as principais características de quaisquer informações compiladas, das investigações e ensaios geotécnicos escolhidos, passíveis de serem utilizadas na definição das primitivas geométricas das classes, dos relacionamentos entre elas, topológicos ou não.

Cabe ressaltar que, nos subtópicos a seguir, eventuais características dos ensaios e investigações que não foram listadas podem ser incluídas posteriormente devido a facilidade de customização do modelo de dados adotado.

4.1.1. Investigações e ensaios de campo

A investigação de campo é um método de obtenção de informações no campo, em superfície ou em subsuperfície, em que o investigador pode ou não ter contato com o material amostrado para obter suas propriedades físicas. Esse contato pode ser de forma direta, que permite ao investigador ir até a profundidade investigada, semidireta, que não levam o investigador para à profundidade investigada, mas permitem contato com o material investigado, ou indireta em que não há contato entre o investigador e o material investigado (Adaptado de Marrano *et al.*, 2018).

As investigações são representadas por geo-objetos do tipo ponto ou volumes, a depender da escala, os quais podem se sobrepor desde que não sejam executados no mesmo período. A geometria deve ser construída utilizando a latitude, longitude, elevação do ponto e quaisquer informações relacionadas a forma, sendo imprescindível que todas as investigações partilhem do mesmo sistema de referência horizontal e vertical e que estejam contidas no limite administrativo e no limite do projeto que pertencem.

A seguir serão detalhados os requisitos das investigações e ensaios de campo que foram incluídos no modelo conceitual: ponto de campo; trincheira e poço de inspeção; sondagem à trado; sondagem rotativa; sondagem à percussão; piezômetro e indicador de nível de água; anéis concêntricos; ensaio de palheta; ensaio de cone; ensaio de permeabilidade; e ensaio de perda d'água em rocha.

O ponto de campo se refere a localização de um determinado tipo de investigação realizada na superfície terrestre ou em subsuperfície que contenha informações relevantes sobre um perfil de solo ou afloramento rochoso para um projeto ou mapeamento com fins de engenharia. As geometrias desse tipo de investigação são sempre representadas como pontos que podem se sobrepor ou sobrepor geometrias de outras investigações ou ensaios de campo independente do período.

As trincheiras e poços de inspeção são escavações verticais (de seção circular, quadrada ou retangular) que permitem ao investigador realizar a inspeção visual das paredes e do fundo da área escavada e a retirada de amostras indeformadas e/ou deformadas representativas (ABNT, 2020). Em grandes escalas, essas investigações podem ser representadas por geometrias do tipo polígono e/ou volume e em pequenas escalas por geometrias do tipo ponto.

As sondagens são investigações utilizadas para a caracterização do subsolo e para coletar amostras deformadas ou indeformadas de solo ou de rocha, a depender do tipo da sondagem. As sondagens podem ser sondagens a trado, sondagens rotativas e mistas, sondagens de simples reconhecimento, também conhecida como sondagem a percussão, com ou sem medida de torque e sondagens para extração de amostras do tipo indeformada (ABNT, 2018).

As sondagens a trado são executadas para extração de amostras deformadas de solos para a classificação tátil-visual e execução de determinados ensaios de laboratório enquanto a sondagem de simples reconhecimento é a investigação mínima e obrigatória para a caracterização do perfil do subsolo, com a determinação da resistência à penetração das camadas de solos atravessadas, a obtenção de amostras deformadas e medida do nível d'água subterrânea. Nas sondagens de simples reconhecimento com medida de torque, ao final da medida da penetração do amostrador, é feita a medida do torque necessário para rotacionar o amostrador (ABNT, 2018, 2020).

As sondagens para extração de amostras do tipo indeformada destinam-se à obtenção de amostras com a estrutura natural mantida, de solos coesivos, de consistência mole a média, utilizando amostradores de parede fina (Shelby) e para o caso de solos duros ou contendo fragmentos de rocha, em que amostras não podem ser extraídas por amostrador de parede fina, devem ser empregados amostradores especiais (ABNT, 2018).

As sondagens rotativas são aplicadas na investigação de maciços rochosos enquanto as mistas comumente consistem em sondagens de simples reconhecimento no trecho de solo e sondagens rotativas no trecho do maciço rochoso. Essas sondagens devem indicar as características principais das amostras coletadas, incluindo-se eventuais descontinuidades, indicando: tipo de rocha, grau de alteração, fraturamento, coerência, xistosidade, porcentagem de recuperação e o índice de qualidade da rocha (RQD). No caso das sondagens mistas, sempre que possível, deve ser feito o ensaio SPT. (ABNT, 2018).

Em grandes escalas, as sondagens podem ser representadas por geometrias do tipo volume e em pequenas escalas por geometrias do tipo ponto. As geometrias das sondagens podem sobrepor geometrias de outras sondagens desde que em períodos distintos, mas não podem sobrepor instrumentos de monitoramento preexistentes. O furo resultante das investigações supramencionadas comumente é utilizado para realizar ensaios de infiltração em solos ou perda de água por pressão em rochas, mas não é uma obrigatoriedade. Da mesma forma, pode-se aproveitar estes furos para instalação de instrumentos, como por exemplo, medidores de nível d'água, piezômetros e inclinômetros.

Os ensaios de infiltração em solos são comumente executados em sondagens a percussão ou nos trechos de solo da sondagem mista e tem como objetivo determinar o coeficiente de permeabilidade (k) do solo. O ensaio consiste na medida de absorção de água num determinado intervalo do furo quando se aplica uma pressão de coluna de água por meio do tubo de revestimento (Azevedo & Filho, 2013; Marrano *et al.*, 2018).

O ensaio de perda de água por pressão em rochas é realizado em maciços rochosos em furos de sondagens rotativas, mistas ou de rotopercussão visando determinar a perda d'água específica. O ensaio consiste na injeção de água sob pressão num determinado intervalo do furo e na medida da vazão absorvida durante um certo tempo e a uma dada pressão (Marrano *et al.*, 2018).

Tanto os ensaios de infiltração em solos quanto os ensaios de perda de água por pressão em rochas não necessitam de representações geométricas e podem estar relacionados com os trechos ensaiados nos furos de sondagens.

Os anéis concêntricos são ensaio de campo para determinar a velocidade de infiltração da água no solo. As geometrias desse ensaio de campo sempre serão representadas como pontos que podem se sobrepor ou sobrepor geometrias de outras investigações e ensaios de campo desde que em períodos distintos, com exceção dos instrumentos de monitoramento preexistentes em que a sobreposição não é permitida.

O ensaio de palheta é realizado para a determinação da resistência não drenada (S_u) de depósitos de argila mole de maneira a estimar o comportamento dessas camadas quando submetidas à condição de carregamento não drenado (ABNT, 2016; Marrano *et al.*, 2018).

O ensaio de cone é realizado por meio da cravação contínua de uma ponteira cônica padronizada no terreno por um equipamento motorizado para obtenção da resistência a penetração (q_c) e a resistência lateral (f_s) (Marrano *et al.*, 2018).

O ensaio de penetração dinâmica consiste na cravação no solo de um conjunto de hastes, com uma ponteira em formato de cone, sob a energia de batidas de um martelo padrão do equipamento penetrômetro dinâmico leve de energia variável (PANDA). O objetivo do ensaio é mensurar resistência do cone q_c e forma contínua ao longo de toda a sondagem.

O permeâmetro Guelph tem como objetivo medir o coeficiente de permeabilidade em campo de forma acurada e rápida. Após a execução de uma abertura de furo cilíndrico, uma carga constante no furo deve ser estabelecida e mantida no nível do fundo do tubo de ar. Após a estabilização do bulbo, a saída de água do furo atinge o estado de fluxo de água constante, que pode ser medido e utilizado no cálculo da condutividade hidráulica saturada (SOILMOISTURE, 2011)

Os ensaios de palheta, de cone, de penetração dinâmica e de infiltração com permeâmetro Guelph as geometrias podem ser representadas por geometrias do tipo volume em grandes escalas e por pontos, associado a superfície do terreno, em pequenas escalas. Todos os ensaios supramencionados não podem estar relacionados com amostras, ou seja, a coleta de amostras é realizada exclusivamente por investigações do tipo sondagem, trincheira e poços de inspeção.

Os instrumentos de monitoramento, assim como os ensaios de campo, não podem estar relacionados com as amostras e são instalados para conhecer o comportamento do maciço perante as solicitações de uma intervenção antrópica ou fenômeno natural, auxiliar na avaliação das condições ou subsidiem a previsão das condições de estabilidade e forneçam subsídios para validação de hipóteses e métodos de cálculos adotados nas fases de projetos (Marrano *et al.*, 2018). Nessa pesquisa foram considerados somente os piezômetros e indicadores de nível de água.

Os piezômetros e indicadores de nível de água são instrumento que permitem verificar as pressões de água e a posição do nível do freático respectivamente. As geometrias desses ensaios não podem ser sobrepostas por geometrias de outros ensaios de campo ou de sondagens com período posterior a instalação do instrumento, com exceção dos pontos de campo. Em grandes escalas, os piezômetros e indicadores de nível de água podem ser representadas por

RESULTADOS E DISCUSSÕES

geometrias do tipo volume enquanto em pequenas escalas por geometrias do tipo ponto associado a superfície do terreno. Outra opção seria relacionar o piezômetro ou indicadores de nível de água a geometria do furo de sondagem que foi executado para sua instalação.

De forma geral, as geometrias das investigações e dos ensaios de campo podem se sobrepor desde que em períodos diferentes, mas não se aplica para as subclasses ponto de campo que podem se sobrepor independente do período ou do piezômetro e indicador de nível de água que não podem se sobrepor ou ser sobrepostas por outros tipos de investigações ou ensaios de campo com exceção do ponto de campo. As investigações não precisam estar relacionadas com a classe de amostra, mas os ensaios de campo não podem se relacionar com essa classe.

A Tabela 13 apresenta o resumo de algumas das características das investigações e dos ensaios de campo que permite agrupá-los em categorias visando orientar a elaboração do modelo conceitual, sendo elas o tipo de investigação, possibilidade de coleta de amostras, contato com o material investigado, aplicável a solo ou maciços rochosos, e a geometria aproximada do volume investigado.

Tabela 13: Resumo de algumas características das investigações e ensaios de campo.

<i>Investigação</i>	<i>Coleta de amostra</i>	<i>Geometria aproximada</i>	<i>Tipo</i>	<i>Contato com o material</i>	<i>Aplicável</i>
<i>Pontos de Campo</i>	Sim	Ponto	Investigação	Direto	Solo e maciço rochoso
<i>Trincheiras e poços de inspeção</i>	Sim	Variável	Investigação	Direto	Solo e maciço rochoso
<i>Sondagem à Trado</i>	Sim	Cilindro	Sondagem	Semidireto	Solo
<i>Sondagem Rotativa ou Mista</i>	Sim	Cilindro	Sondagem	Semidireto	Solo e maciço rochoso
<i>Sondagem à Percussão</i>	Sim	Cilindro	Sondagem	Semidireto	Solo
<i>Piezômetro e Indicador de nível de água</i>	Não	Cilindro	Instrumentação	Não ocorre	Solo e maciço rochoso
<i>Anéis Concêntricos</i>	Não	Ponto	Ensaio de campo	Direto	Solo
<i>Permeâmetro Guelph</i>	Não	Cilindro	Ensaio de campo	Não ocorre	Solo
<i>Ensaio de Palheta</i>	Não	Cilindro	Ensaio de campo	Não ocorre	Solo
<i>Ensaio de Cone</i>	Não	Cilindro	Ensaio de campo	Não ocorre	Solo
<i>Penetrômetro PANDA</i>	Não	Cilindro	Ensaio de campo	Não ocorre	Solo
<i>Ensaio de Infiltração</i>	Não	Cilindro	Ensaio de campo	Não ocorre	Solo
<i>Ensaio de Perda d'Água em Rocha</i>	Não	Cilindro	Ensaio de campo	Não ocorre	Maciço rochoso

4.1.2. Amostras

Como todo ensaio de laboratório é oriundo de uma amostra, que por sua vez precisa estar associada a uma investigação, torna-se necessário levantar os requisitos das amostras antes de tratar dos ensaios.

A amostra pode ser definida como um material rochoso ou terroso coletado por meio de investigações de campo que pode ser utilizado para execução de ensaios de laboratório. Para os solos, a amostra é dita amolgada quando sua estrutura natural foi modificada pela quebra da estrutura de um solo sem variação do seu teor de umidade. A amostra deformada é aquela que não mantém todas as características que se verifica *in situ* e a amostra indeformada é obtida de modo a preservar as características que se verificam *in situ* (ABNT, 1995).

As amostras são representadas por geo-objetos do tipo ponto em pequenas escalas ou volume em grandes escalas e não podem se sobrepor independente do período. A amostra deve sempre estar relacionada a investigação na qual a coleta foi realizada, mas não precisa necessariamente estar relacionada com os ensaios de laboratório pois pode não ter sido submetida a nenhum tipo de ensaio, ou seja, as geometrias dessa classe devem estar contidas nas investigações que possuem o mesmo código identificador, mas não precisam conter as geometrias dos ensaios. Este objeto, assim como as demais classes georreferenciadas, deve estar contido no limite administrativo e no limite do projeto que pertencem.

4.1.3. Ensaio de laboratório

Os ensaios de laboratório consistem em testes realizados dentro de um laboratório, em amostras de solo ou rocha, para obter as propriedades físicas, químicas, mineralógicas, mecânicas e hidráulicas dos materiais e/ou categorizar os materiais ensaiados quanto a suas propriedades geotécnicas (Adaptado de Head, 2006).

A geometria dos ensaios deve ser construída utilizando a latitude, longitude, elevação e as informações relacionadas a forma da amostra ensaiada, sendo imprescindível que todos os ensaios partilhem do mesmo sistema de referência horizontal e vertical. Os ensaios são representados por geo-objetos do tipo ponto em pequenas escalas e volume em grandes escalas e todo ensaio necessita uma relação com uma amostra e, conseqüentemente, com uma investigação do tipo sondagem.

Os ensaios de determinação de umidade, limites de Atterberg e granulometria são ensaios que são executados em amostras deformadas sem uma geometria aproximada e cujas amostras podem ser utilizadas para outros ensaios. O ensaio de determinação de umidade consiste na determinação da quantidade de água presente no solo enquanto os limites de Atterberg são ensaios de laboratório realizados para a medição e descrição do intervalo de

umidade no qual o solo se mantém plástico. O ensaio de granulometria tem como objetivo a obtenção da distribuição das partículas do solo com utilização de defloculante e agitado para garantir que as partículas estejam separadas (Head, 2006), podendo ser realizado sem defloculante a depender da finalidade do ensaio.

Os ensaios de Permeabilidade de Carga Constante, Permeabilidade de Carga Variável, Adensamento, Compactação, Índice de Suporte Califórnia, Compressão Simples, Triaxial e Cisalhamento Direto são executados em corpos de prova (CP) retirados de amostras indeformadas ou moldadas com geometrias em sua maioria cilíndricas, com exceção do cisalhamento direto que também utiliza CP na forma de um paralelepípedo, prevalecendo esta geometria.

A compactação é um ensaio de laboratório para determinar o estado adequado de compactação do solo para construção de obras de engenharia enquanto o Índice de Suporte Califórnia é utilizado para medir a capacidade de suporte das camadas estruturais e subleito para obras de engenharia rododiferroviárias (Head & Epps, 2011, 2014). É importante que as geometrias dos ensaios de compactação e ISC se sobreponham visto que a compactação é uma das etapas do ISC.

A permeabilidade de carga constante consiste em um ensaio de laboratório utilizado em solos não coesivos para medir a capacidade de fluir um fluido através do solo, enquanto o ensaio de permeabilidade de carga variável é utilizado para medir a capacidade de fluir um fluido através do solo coesivo (Head & Epps, 2011, 2014). As geometrias dos ensaios de permeabilidade de carga constante e variável não podem se sobrepor visto que cada ensaio se aplica um intervalo de coeficiente de permeabilidade distinto.

O ensaio de laboratório do tipo compressão simples é utilizado para medir a resistência a compressão não confinada de solos coesivos enquanto o triaxial é utilizado na determinação dos parâmetros de resistência e de deformabilidade do solo. O cisalhamento direto tem como objetivo determinar os parâmetros de resistência ao cisalhamento do solo (coesão e ângulo de atrito) ao longo de um plano de ruptura imposto por uma caixa bipartida. O adensamento, por sua vez, determina as características de compressibilidade dos solos sob a condição de confinamento lateral (Head & Epps, 2011, 2014). As geometrias desses ensaios não podem se sobrepor visto que após a ruptura do corpo de prova, o mesmo não pode ser utilizado para outros ensaios.

Os ensaios que podem se sobrepor e sobrepor geometrias de outros ensaios, independente da data de execução, estão explicitados na Tabela 14. Qualquer sobreposição

RESULTADOS E DISCUSSÕES

observada, dentre os casos possíveis, implica que o ensaio mais recente não está medindo a propriedade geotécnica em uma condição de amostra indeformada.

Tabela 14: Resumo de algumas características dos ensaios de laboratório.

<i>Ensaio</i>	<i>Tipo de amostra</i>	<i>Geometria aproximada</i>	<i>Propriedades</i>	<i>Pode haver sobreposição de geometrias</i>		
				<i>Com o mesmo ensaio</i>	<i>Com ensaios diferentes</i>	
1	<i>Umidade</i>	Deformada	Não se aplica	Caracterização	Sim	Todos
2	<i>Limites de Atterberg</i>	Deformada	Não se aplica	Caracterização	Sim	Todos
3	<i>Granulometria</i>	Deformada	Não se aplica	Caracterização	Sim	Todos
4	<i>Permeabilidade de Carga Constante</i>	Indeformada / Compactada	Cilindro	Hidráulicas	Sim	1 a 4; 7 9
5	<i>Permeabilidade de Carga Variável</i>	Indeformada / Compactada	Cilindro	Hidráulicas	Sim	1 a 3; 5;7; 9
6	<i>Adensamento</i>	Indeformada	Cilindro	Mecânicas	Não	1 a 3
7	<i>Compactação</i>	Deformada	Cilindro	Mecânicas	Não	1 a 3; 8 a 11
8	<i>Índice de Suporte Califórnia (ISC)</i>	Compactada	Cilindro	Mecânicas	Não	1 a 3; 7 a 11
9	<i>Compressão Simples</i>	Indeformada ou Deformada	Cilindro	Mecânicas	Não	1 a 5; 7 a 8
10	<i>Triaxial</i>	Indeformada ou Deformada	Cilindro	Mecânicas	Não	1 a 3
11	<i>Cisalhamento Direto</i>	Indeformada ou Deformada	Paralelepípedo	Mecânicas	Não	1 a 3

4.1.4. Unidades geotécnicas

As etapas para a definição de unidades geotécnicas variam com a metodologia de elaboração da carta geotécnica a qual pertence. De forma geral, os aspectos geológicos, pedológicos, geomorfológicos, hidrológicos e antrópicos são imprescindíveis para a elaboração de uma carta geotécnica, entretanto outros aspectos podem ser considerados a depender da finalidade da carta. Produtos derivados de sensoriamento remoto, dados geotécnicos oriundos de investigações de campo e ensaios de laboratório e descrições de perfis em campo são informações de entrada para a definição de unidades geotécnicas.

As unidades geotécnicas, nessa pesquisa, podem ser categorizadas em unidades de solo ou de rocha e são definidas pelas condições geológicas, pedológicas e geomorfológicas que apresente um comportamento geotécnico homólogo. As unidades de solo são definidas pelas condições pedológicas que apresente um comportamento geotécnico homólogo ou solos

categorizados por um sistema de classificação de solos para fins de engenharia enquanto as unidades de rocha são definidas pelas condições litológicas que apresente um comportamento geotécnico homólogo.

As unidades geotécnicas são representadas em por geo-objetos do tipo polígono ou tipo volume. Unidades relacionadas a uma mesma carta geotécnica, não podem se sobrepor, não podem ter lacunas e devem estar contidos no limite da carta geotécnica. Entretanto anéis internos são permitidos pois é possível ocorrer unidades geotécnicas dentro de outra unidade. Cabe ressaltar que uma unidade pedológica, geológica ou geomorfológica pode conter mais de uma unidade geotécnica, principalmente quando os dados temáticos possuem baixo nível de detalhamento, como é o caso dos dados utilizados nessa pesquisa.

Relacionado diretamente com a unidade de rocha, temos a classe do maciço rochoso que compreende, além da rocha intacta e as discontinuidades, a água e o estado de tensões. O maciço rochoso é representado por geo-objetos do tipo polígono em pequenas escalas e por um geo-objeto do tipo volume em grandes escalas. Essa separação do maciço rochoso é importante pois a depender da escala que se aborda o problema uma mesma unidade de rocha pode apresentar comportamentos geomecânicos distintos, resultantes principalmente do sistema de discontinuidades e sua relação com as tensões mobilizadas pelos agentes externos (intervenção, por exemplo, escavações, fundações e outras) e internos (nível freático). Assim, em maciços rochosos deve-se levar em consideração o efeito de escala, decorrente da tipologia da obra geotécnica frente ao sistema estrutural do maciço, definido, principalmente, pelas características das discontinuidades.

A unidade geotécnica também se relaciona topologicamente com as seções geotécnicas, representadas nesta pesquisa por um geo-objeto do tipo linha, que corresponde ao alinhamento da seção, por geo-objetos do tipo polígono correspondente a uma seção tridimensional.

Por fim, o limite das cartas geotécnicas consiste nas poligonais das áreas nas quais foram elaboradas cartas geotécnicas e deve ser representado por um geo-objeto do tipo polígono sendo permitido a sobreposição e lacunas entre as geometrias de diferentes produtos cartográficos os quais não precisam estar contidos no limite administrativo.

4.2. Modelagem Conceitual

Neste tópico serão apresentados os diagramas de classes, e as respectivas relações de classes de objetos e especificações para aquisições de dados, diagrama de transformação e apresentação. A terminologia “ge” e “pe” nos esquemas conceituais foi baseada na ET-EDGV 3.0 (CONCAR, 2017) onde “ge” indica que são formas adequadas para grandes escalas enquanto o “pe” significa que as formas são adequadas para pequenas escalas.

4.2.1. Diagrama de Classes, Dicionário de Dados e Especificações para Aquisições de Dados

Considerando os requisitos levantados no item 4.1, as classes definidas foram separadas em quatro diagramas de classes: as informações de limites e dados cadastrais abstraídas em três classes; as informações e dados brutos dos ensaios de laboratório abstraídas em 26 classes (Figura 93); as informações e dados brutos das investigações, ensaios de campo e instrumentação abstraídas em 24 classes (Figura 94); e as informações da cartografia geotécnica abstraídas em seis classes (Figura 95).

As relações entre os quatro grupos supramencionados são apresentadas na Figura 27 e em cores na Figura 92 no APÊNDICE E: DIAGRAMA DE CLASSES. As Relações de Classes de Objetos e Especificações para Aquisições de Dados para as classes apresentadas nos diagramas de classes supracitados estão compilados no APÊNDICE B: DICIONÁRIO DE DADOS E ESPECIFICAÇÕES PARA AQUISIÇÕES DE DADOS DO DIAGRAMA DE CLASSES e os respectivos domínios no APÊNDICE A: DOMÍNIOS UTILIZADOS NOS DICIONÁRIO DE DADOS.

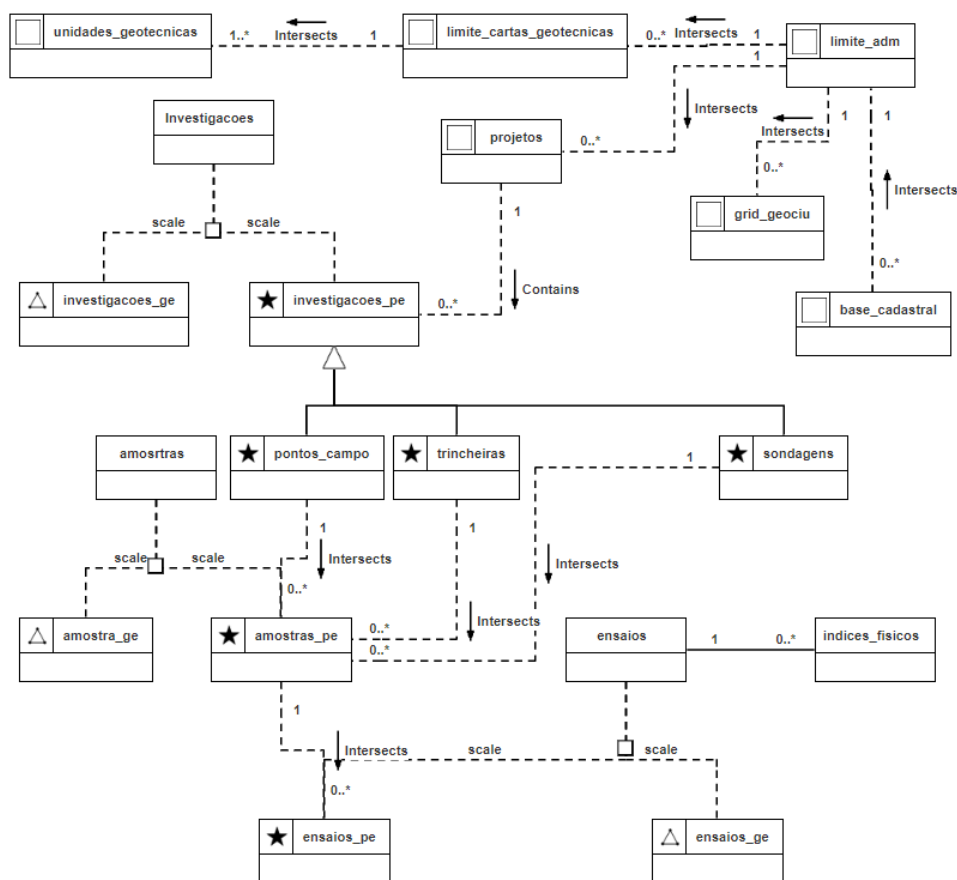


Figura 27: Diagrama de classes geral apresentando a relação entre as investigações e ensaios de campo, ensaios de laboratório, cartografia geotécnica e limites e base cadastral elaborado no OMT-G Designer.

Cabe ressaltar que as classes definidas no modelo levam em consideração tanto o dado bruto como boletins de campo, fichas de laboratório quanto as informações derivadas como boletins interpretados, mapas, seções e modelos derivados.

4.2.1.1. Limites e dados cadastrais

O limite do administrativo foi representado por um geo-objeto do tipo polígono sendo utilizado como restrição de integridade espacial. Todos os dados geotécnicos devem estar contidos no limite definido nessa classe.

A classe “grid_geociu” visa garantir que todos os dados cadastrados sejam inequivocamente identificados e controlando a quantidade e consequentemente o código gerado para cada dado cadastrado. A classe é representada por uma malha regular de geometria definida responsável por controlar a identificação das investigações geotécnicas por meio do Código Identificador Único das Investigações Geotécnicas, aqui chamado de Geociu.

A Figura 28 apresenta um exemplo de construção do identificador utilizado nesta pesquisa e passível de ser implementado para outros locais.

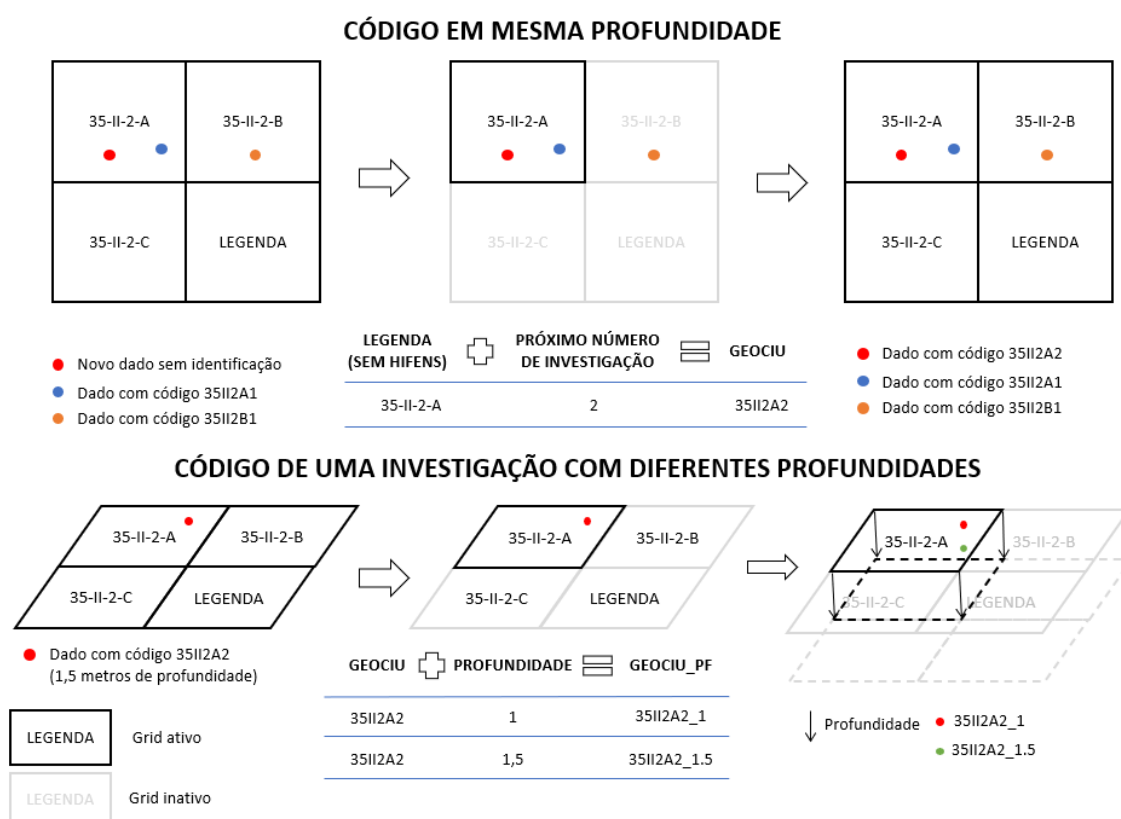


Figura 28: Estrutura do Código Identificador Único Geotécnico (GEOCIU) proposto nessa pesquisa.

O código é do tipo texto formado pela concatenação da nomenclatura das Folhas 1:1.000 (ex. 103-II-6-B), excluindo-se os hifens, seguido de um número sequencial gerados para cada Folha do Sistema Cartográfico do Distrito Federal - SICAD, ou seja, a primeira investigação

na folha 35-II-2-A teria o código 35II2A1, a segunda 35II2A2 e assim sucessivamente. Isso permite que se cadastre um número indefinido de investigações, para cada Folha de escala 1:1.000 e vincula a localização pela folha do SICAD, facilitando consultas posteriores.

Na presente proposta, todos dos dados derivados de uma determinada investigação recebe o geociu, facilitando a recuperação da origem desse dado. Por exemplo, um poço de inspeção é cadastrado do banco de dados e recebe o código 35II2A1. Todos os ensaios e amostras que foram cadastrados que sejam oriundos desse poço de inspeção devem receber o código 35II2A1 para identificar a sua origem.

A Tabela 15 apresenta um resumo das características das classes referentes aos limites e dados cadastrais incluindo a referência para a relação de classes de objetos, disponível no APÊNDICE B: DICIONÁRIO DE DADOS E ESPECIFICAÇÕES PARA AQUISIÇÕES DE DADOS DO DIAGRAMA DE CLASSES, primitivas geométricas, descrições e códigos de identificação criados para facilitar a referência as classes.

Tabela 15: Resumo de algumas características das classes referentes aos limites e dados cadastrais.

<i>Classe</i>	<i>Código</i>	<i>Primitiva geométrica</i>	<i>RCO</i>	<i>Descrição</i>
grid_geociu	1.0	<input type="checkbox"/>	Tabela 60	Malha regular, de geometria simples e conhecida, responsável pelo controle do código identificador único de investigações.
limite_adm	1.1	<input type="checkbox"/>	Tabela 62	Limite administrativo vigente da área em que o banco de dados está sendo implementado.
base_cadastral	1.2	<input type="checkbox"/>	Não será detalhado	Dados cadastrais como lotes, edificações, sistema viário entre outros. No caso do DF, a Secretaria Desenvolvimento urbano e Habitação é responsável por essa temática.

Primitivas geométricas: ★ Ponto Polígono Volume

4.2.1.2. Investigações e ensaios de campo

As investigações e ensaios de campo, representada pela classe investigações no diagrama geral, armazenam as informações comuns as suas respectivas subclasses enquanto a classe de amostras é responsável por relacionar as investigações de campo que coletam amostras com os ensaios de laboratório.

A partir da superclasse investigações, podem ser derivadas um número qualquer de subclasses desde que atenda a sua definição. No modelo proposto, a superclasse investigações, por meio da especialização usando o tipo da investigação dá origem as subclasses sondagens, ensaios de campo e instrumentação. Essas subclasses podem atuar com superclasses e serem especializadas em subclasses em função do método de investigação como pode ser observado na Figura 29 e em cores Figura 94 no APÊNDICE E: DIAGRAMA DE CLASSES.

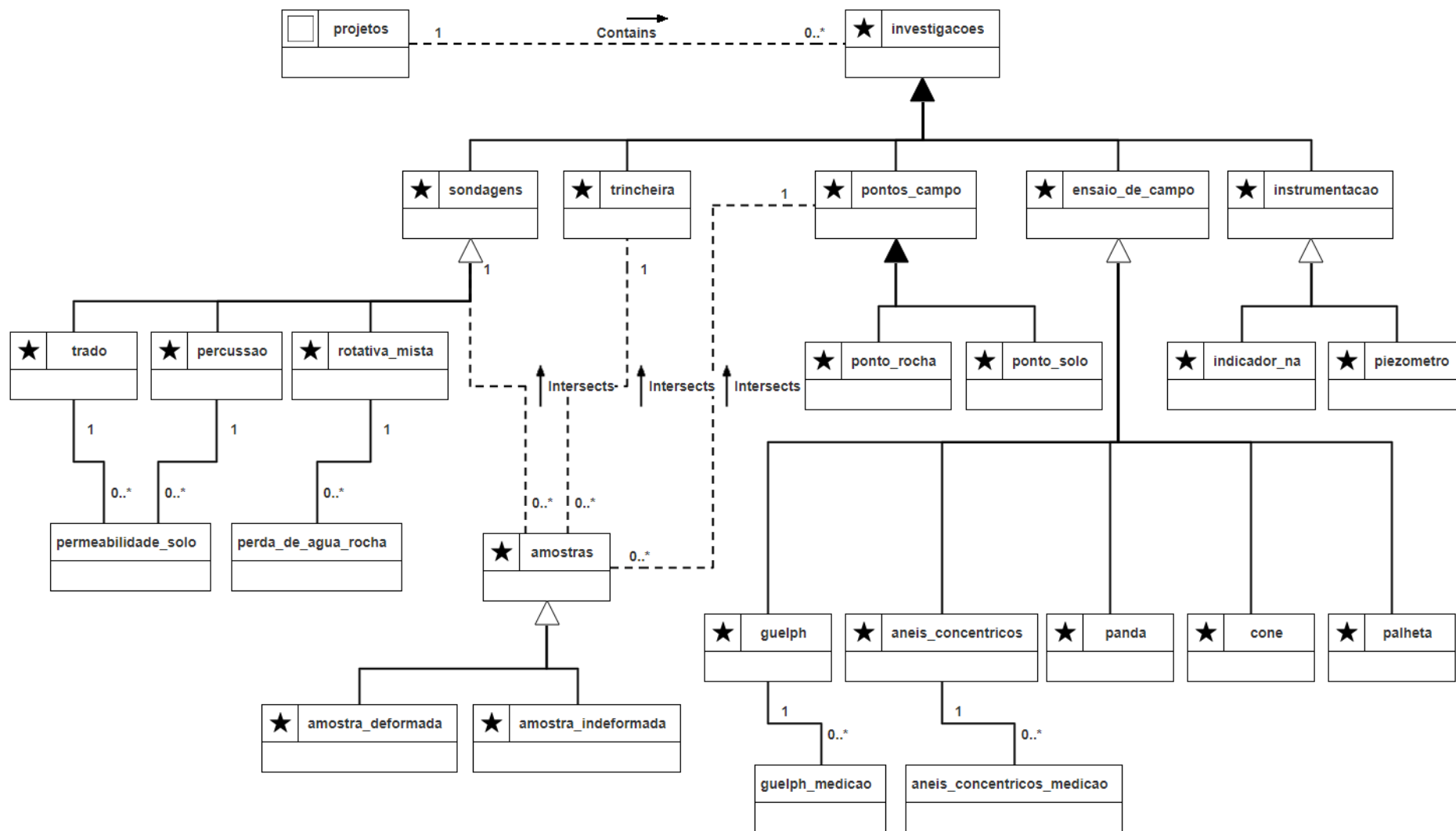


Figura 29: Diagrama de classe do grupo de investigações elaborado no OMT-G Designer.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

No diagrama das investigações, também estão inseridas as classes trincheiras e pontos e campo que estão no mesmo nível hierárquico das sondagens, ensaios de campo, instrumentação.

A classe de projetos, por sua vez, contém informações comuns a um conjunto de investigações e consiste nas poligonais referentes a área de abrangência do estudo e/ou projeto geotécnico. A separação das informações de projetos das investigações permite que seja verificada a existência de um estudo em andamento ou finalizado antes da busca por dados preexistentes.

A Tabela 16 apresenta o nome das classes relacionadas ao grupo de investigações e ensaios de campo, com exceção da classe pontos de campo que é a generalização das classes pontos de solo e rocha, o dicionário de dados de cada classe, disponível no APÊNDICE B: DICIONÁRIO DE DADOS E ESPECIFICAÇÕES PARA AQUISIÇÕES DE DADOS DO DIAGRAMA DE CLASSES, primitivas geométricas, descrições e códigos de identificação criados para facilitar a referência as classes.

Tabela 16: Resumo das classes relacionadas as investigações apresentando a descrição e respectivas relação de classes de objetos.

<i>Classe</i>	<i>Código</i>	<i>Primitiva geométrica</i>	<i>RCO</i>	<i>Descrição</i>
projetos	2.0		Tabela 64	Poligonal referente a área de abrangência do estudo e/ou projeto geotécnico.
investigacoes	2.1		Tabela 66	Localização e dados gerais das investigações e ensaios de campo realizadas dentro do limite administrativo e relacionado com um determinado projeto ou pesquisa.
sondagens	2.1.1	 	Tabela 68	Dados brutos relacionado as geometrias tridimensionais das sondagens.
ensaios_campo	2.1.2	 	Tabela 70	Dados brutos relacionado as geometrias tridimensionais dos ensaios de campo.
instrumentacao	2.1.3	 	Tabela 72	Dados brutos relacionado as geometrias tridimensionais dos aparelhos e/ou equipamentos utilizados para a instrumentação geotécnica.
trincheira	2.1.4	  	Tabela 96	Dados brutos e informações relacionadas as trincheiras e poços de inspeção.
pt_campo_solo	2.1.5		Tabela 92	Dados brutos e informações relacionadas a descrições de perfil de solo em levantamentos de campo.
pt_campo_rocha	2.1.6		Tabela 94	Dados brutos e informações relacionadas a descrições de afloramentos de rocha em levantamentos de campo.

Primitivas geométricas:  Ponto  Polígono  Volume







RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na relação entre a superclasse investigações e as suas respectivas subclasses adotou-se a relação especialização disjunta parcial, disjunta porque no caso desta pesquisa não é permitido realizar duas investigações no mesmo local, no mesmo período, e parcial porque as subclasses apresentadas não constituem todos os tipos ou métodos de investigações existentes. Essa relação valida situações como, por exemplo, não é possível executar uma sondagem no local em que foi realizada a instalação de um medidor de nível d'água.

A inclusão do tempo detalha o relacionamento de sobreposição, por exemplo, permitindo que duas sondagens se sobreponham, desde que a execução das investigações não seja no mesmo período, ou da sobreposição entre uma sondagem e um medidor de nível d'água ou piezômetro, desde que a sondagem tenha sido executada antes da instalação.

A Tabela 17 apresenta um resumo classes relacionadas a subclasse sondagens da superclasse investigações indicando os códigos, descrições, primitivas geométricas e respectivas RCO.

Tabela 17: Resumo das classes relacionadas a subclasse sondagens da superclasse investigações apresentando a descrição e respectivas relação de classes de objetos.






<i>Classe</i>	<i>Código</i>	<i>Primitiva geométrica</i>	<i>RCO</i>	<i>Descrição</i>
sondagens	2.1.1	 ★	Tabela 68	Dados brutos relacionado as geometrias tridimensionais das sondagens.
percussao	2.1.1.1	 ★	Tabela 86	Dados brutos e informações relacionadas as sondagens do tipo percussão.
rotativa	2.1.1.2	 ★	Tabela 88	Dados brutos e informações relacionadas as sondagens do tipo rotativa.
trado	2.1.1.3	 ★	Tabela 90	Dados brutos e informações relacionadas as sondagens do tipo trado.
infiltracao	2.1.1.4	 ★	Tabela 98	Informações relacionadas os ensaios de infiltração executados em sondagens.
infiltracao_mediacao	2.1.1.4.1	-	Tabela 99	Dados brutos relacionadas ao ensaio de infiltração.
perda_de_agua	2.1.1.5	 ★	Tabela 101	Informações relacionadas os ensaios de perda de água executados em sondagens.
perda_de_agua_medicao	2.1.1.5.1	-	Tabela 102	Dados brutos relacionadas os ensaios de perda de água executados em sondagens.

Primitivas geométricas: ★ Ponto □ Polígono ▣ Volume

A Tabela 18 exhibe os códigos, primitivas geométricas, descrições e RCO das classes relacionadas a subclasse ensaios de campo da superclasse investigações.

RESULTADOS E DISCUSSÕES




Tabela 18: Resumo das classes relacionadas a subclasse ensaios de campo da superclasse investigações apresentando a descrição e respectivas relação de classes de objetos.

<i>Classe</i>	<i>Código</i>	<i>Primitiva geométrica</i>	<i>RCO</i>	<i>Descrição</i>
ensaios_campo	2.1.2	 ★	Tabela 70	Dados brutos relacionado as geometrias tridimensionais dos ensaios de campo.
aneis_concentricos	2.1.2.1	★	Tabela 75	Informações relacionadas ao ensaio de campo do tipo anéis concêntricos.
aneis_concentricos_medicao	2.1.2.1.1	-	Tabela 76	Dados brutos relacionadas ao ensaio de campo do tipo anéis concêntricos.
cone	2.1.2.2	 ★	Tabela 77	Dados brutos relacionadas ao ensaio de campo do tipo cone ou piezocone.
guelph	2.1.2.3	 ★	Tabela 79	Informações relacionadas ao ensaio de campo do tipo guelph.
guelph_medicao	2.1.2.3.1	 ★	Tabela 81	Dados brutos relacionadas ao ensaio de campo do tipo guelph.
palheta	2.1.2.4	 ★	Tabela 82	Informações e dados brutos relacionadas ao ensaio de campo do tipo palheta.
panda	2.1.2.5	 ★	Tabela 84	Dados brutos e informações relacionadas ao ensaio de campo do tipo panda.

Primitivas geométricas: ★ Ponto □ Polígono ◻ Volume

Por fim, a Tabela 19 apresenta o resumo da instrumentação, subclasse da superclasse investigações indicando os códigos, descrições e respectivas RCO.

Tabela 19: Resumo das classes relacionadas a subclasse instrumentação da superclasse investigações apresentando a descrição e respectivas relação de classes de objetos.

<i>Classe</i>	<i>Código</i>	<i>Primitiva geométrica</i>	<i>RCO</i>	<i>Descrição</i>
instrumentacao	2.1.3	 ★	Tabela 72	Dados brutos relacionado as geometrias tridimensionais dos aparelhos e/ou equipamentos utilizados para a instrumentação geotécnica.
piezometro	2.1.3.1	 ★	Tabela 104	Dados brutos e informações relacionadas aos piezômetros.
indicador_na	2.1.3.2	 ★	Tabela 106	Dados brutos e informações relacionadas aos indicadores de nível de água.

Primitivas geométricas: ★ Ponto □ Polígono ◻ Volume

4.2.1.3. Amostras e ensaios de laboratório

No modelo proposto, utilizando as principais propriedades passíveis de serem obtidas nos ensaios, a superclasse ensaios é especializada nas subclasses caracterização,









RESULTADOS E DISCUSSÕES

hidromecânicas, deformação e resistência. As subclasses são subdividas nos ensaios cujos requisitos foram levantados no item 4.1.3, como pode ser visto na Figura 30 e em cores na Figura 93 no APÊNDICE E: DIAGRAMA DE CLASSES.

No caso das superclasses, podem ser derivadas um número qualquer de subclasses desde que atenda a definição da superclasse. Assim como na classe de investigações, para a classe de ensaios é adotada a especialização disjuncto parcial, pois dois ensaios não podem ser realizados em uma mesma subamostra dentro de amostra indeformada e parcial porque as subclasses apresentadas não constituem todas as possibilidades de ensaios laboratório.

A Tabela 20 apresentam o nome das classes, primitivas geométricas, RCO e códigos relacionadas a subclasses caracterização da superclasse ensaios.

Tabela 20: Resumo das classes relacionadas a subclasse caracterização da superclasse ensaios apresentando a descrição e respectivas relação de classes de objetos.

<i>Classe</i>	<i>Código</i>	<i>Primitiva geométrica</i>	<i>RCO</i>	<i>Descrição</i>
amostra	3.0	 	Tabela 108	Dados brutos relacionado as amostras de solo coletadas em campo. Amostras de rocha também podem ser armazenadas nessa classe.
ensaios	3.1	 	Tabela 110	Dados brutos com informações gerais relacionado aos ensaios de laboratório.
granulometria	3.1.1		Tabela 112	Informações derivadas dos dados brutos relacionado aos ensaios de granulometria.
granulometria_medicao	3.1.1.1	-	Tabela 114	Dados brutos relacionado aos ensaios de granulometria.
atterberg	3.1.2		Tabela 116	Informações derivadas dos dados brutos relacionado aos ensaios dos limites de Atterberg.
atterberg_medicao	3.1.2.1	-	Tabela 118	Dados brutos relacionado aos ensaios dos limites de Atterberg.
índices_fisicos	3.2		Tabela 153	Índices físicos calculados com base em propriedades geotécnicas.
umidade	3.1.3		Tabela 120	Dados brutos e informações relacionadas aos ensaios de umidade.

Primitivas geométricas:  Ponto  Polígono  Volume

RESULTADOS E DISCUSSÕES

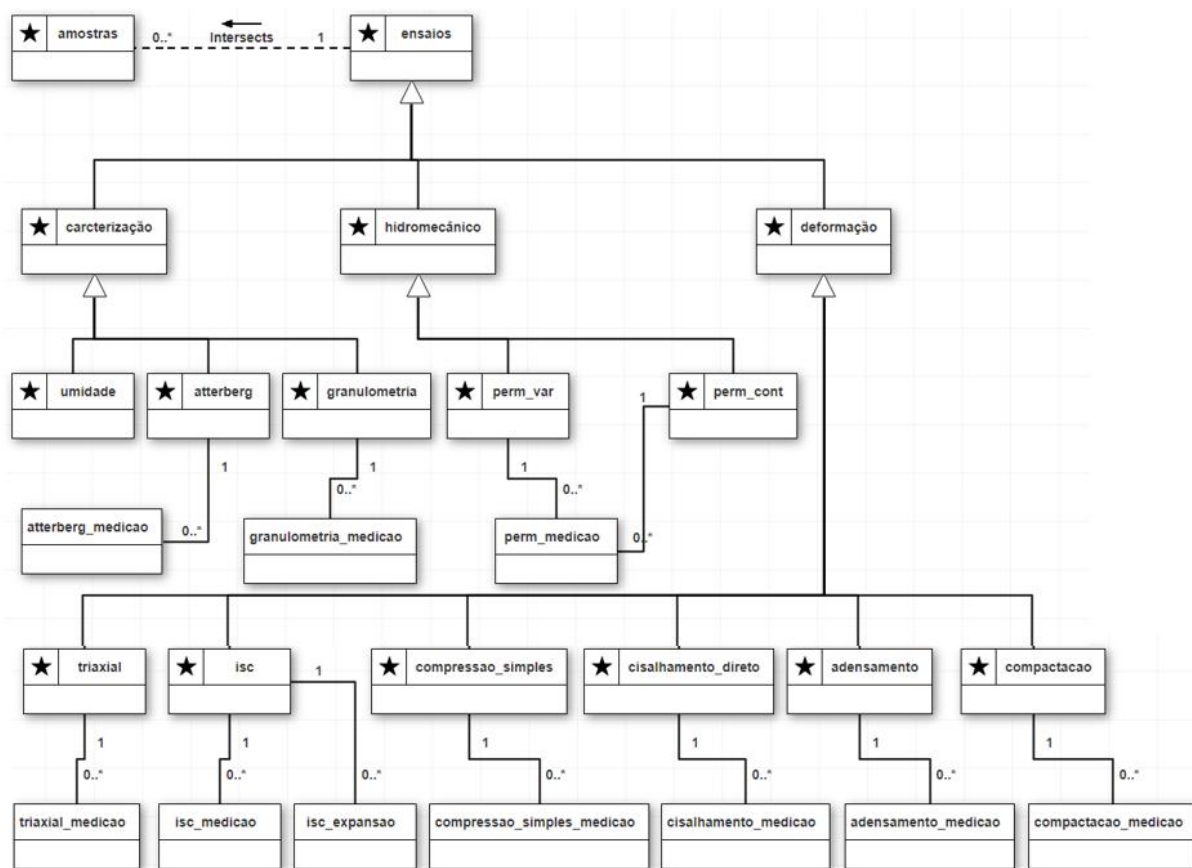


Figura 30: Diagrama de classe do grupo de ensaios elaborado no OMT-G Designer e ajustados para visualização.

A Tabela 21 e a Tabela 22 apresentam o nome das classes, primitivas geométricas, RCO e códigos relacionadas a subclasses hidrodinâmica, resistência e deformação da superclasse ensaios.







Tabela 21: Resumo das classes relacionadas a subclasse hidrodinâmica da superclasse ensaios apresentando a descrição e respectivas relação de classes de objetos.

<i>Classe</i>	<i>Código</i>	<i>Primitiva geométrica</i>	<i>RCO</i>	<i>Descrição</i>
perm_const	3.1.4	★	Tabela 122	Informações relacionadas aos ensaios de permeabilidade constante.
perm_var	3.1.5	★	Tabela 124	Informações relacionadas aos ensaios de permeabilidade variável.
perm_medicao	3.1.5.1	-	Tabela 126	Dados brutos relacionado aos ensaios de permeabilidade.

Primitivas geométricas: ★ Ponto □ Polígono ▣ Volume

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Tabela 22: Resumo das classes relacionadas as subclasses resistência e deformação da superclasse ensaios apresentando a descrição e respectivas relação de classes de objetos.

<i>Classe</i>	<i>Código</i>	<i>Primitiva geométrica</i>	<i>RCO</i>	<i>Descrição</i>
adensamento	3.1.6	 ★	Tabela 127	Informações relacionadas aos ensaios de adensamento.
adensamento_medicao	3.1.6.1	-	Tabela 129	Dados brutos relacionadas aos ensaios de adensamento.
cisalhamento_direto	3.1.7	 ★	Tabela 131	Informações relacionadas aos ensaios de cisalhamento direto.
cisalhamento_direto_medicao	3.1.7.1	-	Tabela 133	Dados brutos relacionadas aos ensaios de cisalhamento direto.
compactacao	3.1.8	 ★	Tabela 135	Informações relacionadas aos ensaios de compactação.
compactacao_medicao	3.1.8.1	-	Tabela 137	Dados brutos relacionadas aos ensaios de compactação.
compressao_simples	3.1.9	 ★	Tabela 139	Informações relacionadas aos ensaios de compressão simples.
compressao_simples_medicao	3.1.9.1	-	Tabela 137	Dados brutos relacionadas aos ensaios de compressão simples.
isc	3.1.10	 ★	Tabela 143	Informações relacionadas aos ensaios do Índice de Suporte Califórnia.
isc_medicao	3.1.10.1	-	Tabela 145	Dados brutos relacionadas aos ensaios do tipo Índice de Suporte Califórnia.
isc_expansao	3.1.10.2	-	Tabela 147	Dados brutos relacionadas ao ensaio de expansão ensaios do tipo Índice de Suporte Califórnia.
triaxial	3.1.11	 ★	Tabela 149	Informações relacionadas aos ensaios de triaxial.
triaxial_medicao	3.1.11.1	-	Tabela 151	Dados brutos relacionados aos ensaios de triaxiais

Primitivas geométricas: ★ Ponto □ Polígono ◻ Volume

4.2.1.4. Unidades e cartas geotécnicas

As unidades geotécnicas podem ser especializadas em unidade de solo e unidades de rocha com a mesma representação da superclasse sendo que as unidades de rocha podem estar relacionadas com a classe de maciços rochosos. A individualização da classe de maciço rochoso permite diferentes classificações de maciços rochoso com comportamentos mecânicos ou físicos dentro de uma mesma unidade geotécnica. A Figura 31 apresenta o diagrama de classe do grupo de cartografia geotécnica, em cores na Figura 95 no APÊNDICE E: DIAGRAMA DE CLASSES.

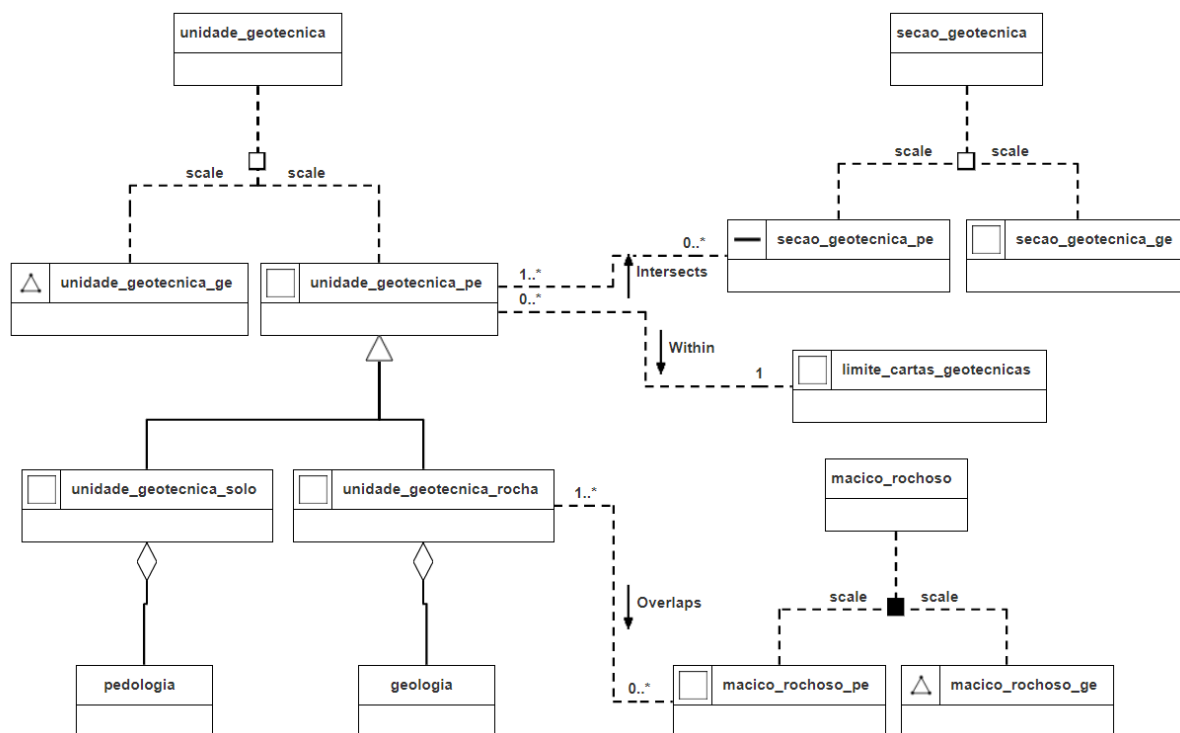


Figura 31: Diagrama de classe do grupo de cartografia geotécnica elaborado no OMT-G Designer.

Propõe-se nesta pesquisa uma terceira forma de abstração das unidades geotécnicas que consiste na sua subdivisão do volume da feição geográfica em uma malha regular de volumes elementares representativos, representados pelos seus respectivos centroides. A Tabela 23 apresenta o nome das classes, primitivas geométricas, RCO e códigos relacionadas ao grupo de cartografia geotécnica.

Tabela 23: Resumo das classes relacionadas ao grupo cartografia geotécnica apresentando a descrição e respectivas relação de classes de objetos.

<i>Classe</i>	<i>Código</i>	<i>Primitiva geométrica</i>	<i>RCO</i>	<i>Descrição</i>
limite_cartas_geotecnicas	4.0		Tabela 58	Poligonal referente a área de abrangência das cartas geotécnicas elaboradas.
unidade_solo	4.1		Tabela 155	Poligonal referente a zona de comportamento geotécnico homólogo de um determinado tipo de solo.
unidade_rocha	4.2		Tabela 157	Poligonal referente a zona de comportamento geotécnico homólogo de um determinado tipo de rocha.
macico_rochoso	4.3		Tabela 159	Maiço rochoso que compreende, além da rocha intacta e as discontinuidades, a água e o estado de tensões.
secao_geotecnica	4.4		Tabela 161	Alinhamento das seções geológico-geotécnicas são elaboradas a partir de dados de pelo menos dois pontos de investigações associados a dados de mapeamento e/ou de levantamento geofísico.

Primitivas geométricas: ★ Ponto □ Polígono ◻ Volume / Linha

Apesar do modelo OMT-G não apresentar uma simbologia para volumes nos diagramas, foi utilizado o símbolo do TIN que representa adequadamente a superfície poliédrica utilizada como tipo de geometria para armazenar as geometrias tridimensionais. Por fim, como todas as relações topológicas 3D não estão completamente mapeadas e disponíveis na extensão espacial PostGIS optou-se por manter a nomenclatura da DE-9IM, mas as relações espaciais levam em consideração as três dimensões.

4.2.2. Diagrama de Transformação

Serão apresentadas a seguir exemplos de interpretação usando classes do diagrama de transformação apresentado na Figura 96 no APÊNDICE F: DIAGRAMA DE TRANSFORMAÇÃO. A terminologia “vm_” nas classes do diagrama indica a construção de uma visualização materializada e “v_” indica a construção de uma visualização comum.

A construção de uma visualização materializada consiste na separação ou junção, a partir de um conjunto de objetos para atingir um conjunto de dados. Para a construção da visualização materializada “vm_panda”, por exemplo, são selecionados dados da classe ensaios de campo que herda atributos da classe de “investigações”, inclusive a geometria, e as demais informações são oriundas da classe “panda” (Figura 32).

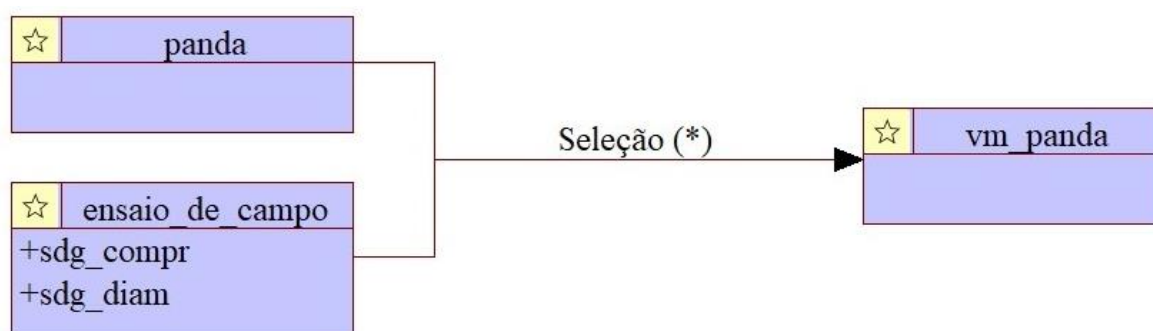


Figura 32: Exemplo de construção de visualização materializada onde * significa todos os atributos.

No tocante as transformações que ocorrem no banco de dados para geração das geometrias 3D, foram propostas três rotinas de transformações de dados bidimensionais para tridimensionais utilizando os operadores disponíveis nas Tabela 4, Tabela 5 e Tabela 6. A Figura 33 mostra um exemplo de transformação de um ensaio com amostra no formato cilíndrico.

Para as investigações e ensaios que coletam ou utilizam amostras ou corpos de prova cilíndricos, cria-se um buffer com o raio da amostra seguida da extrusão com a sua respectiva altura. No caso de uma amostra quadrada ou retangular realiza-se uma expansão nos eixos X e Y seguido da extrusão pela altura da amostra. Para as classes que possuem uma geometria do

tipo polígono ou multi-polígono somente é necessário realizar a extrusão pela profundidade que é o caso das unidades geotécnicas e trincheiras.

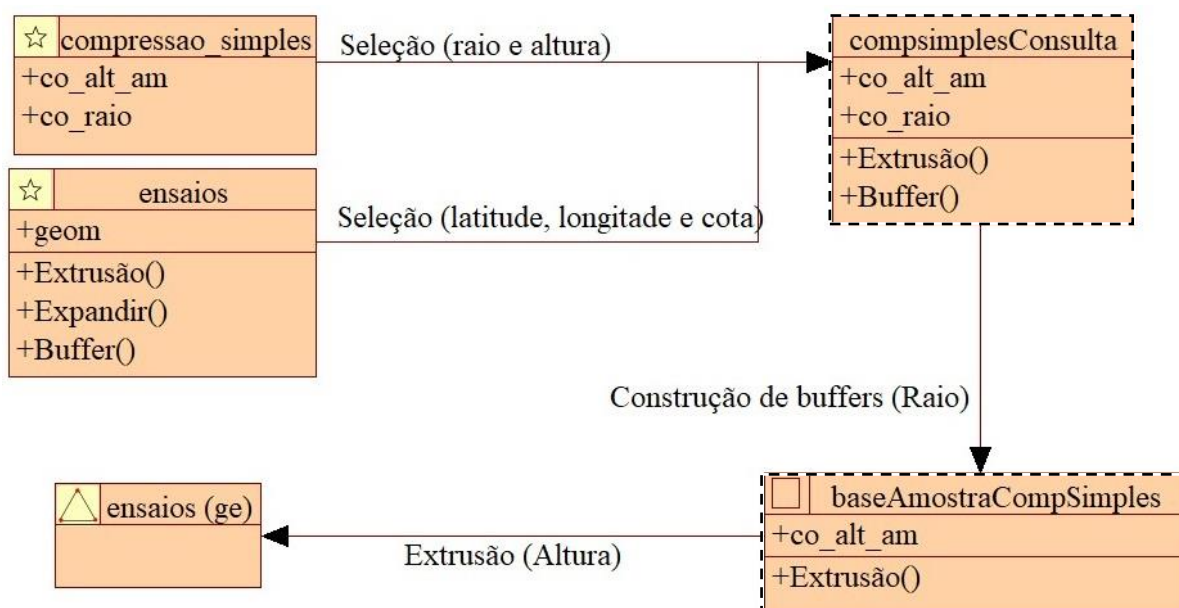


Figura 33: Exemplo de transformação em que a classe ensaios (ge) é construída pelo banco de dados por meio de uma sequência de operadores executados nas classes “ensaios” e “compressao_simples”.

4.2.3. Diagrama de Apresentação

As formas de representação das principais classes apontadas no diagrama geral apresentado na Figura 97 são apresentadas no APÊNDICE G: DIAGRAMA DE APRESENTAÇÃO.

Os critérios definidos no diagrama de apresentação são construídos objetivando uma adequada representação os dados armazenados no banco de dados. Todavia, a representação sofre influência da escala da visualização, da escala do dado, da finalidade do produto cartográfico, do mapa base, entre outros.

A proposta de apresentação das classes nessa pesquisa aborda alguma das possíveis representações das classes apresentadas do diagrama de classes. Entretanto, a depender da finalidade da investigação, as propriedades podem não ser representadas adequadamente, por exemplo, a investigação de uma área de empréstimo limitada a 2 m de profundidade não será representada pela proposta exibida na Figura 34.

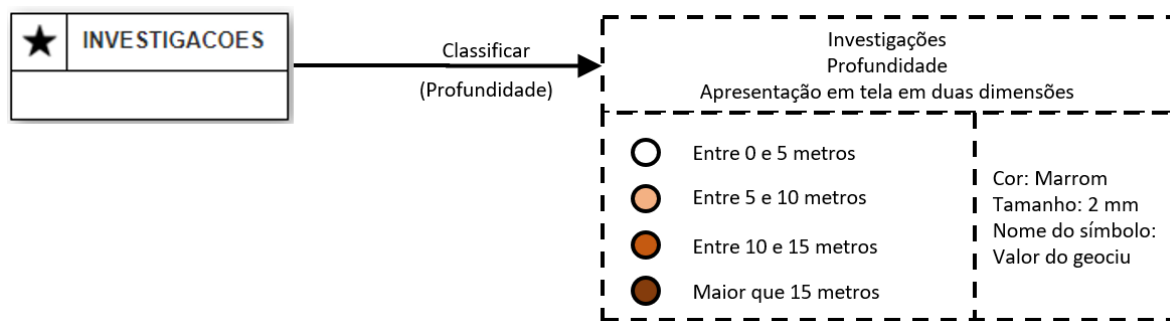


Figura 34: Exemplo de representação para a classe investigações utilizando a variável profundidade.

Nesse caso, a forma de apresentação pode variar em função da finalidade da investigação para se obter uma melhor forma de apresentação como mostra a Figura 35.

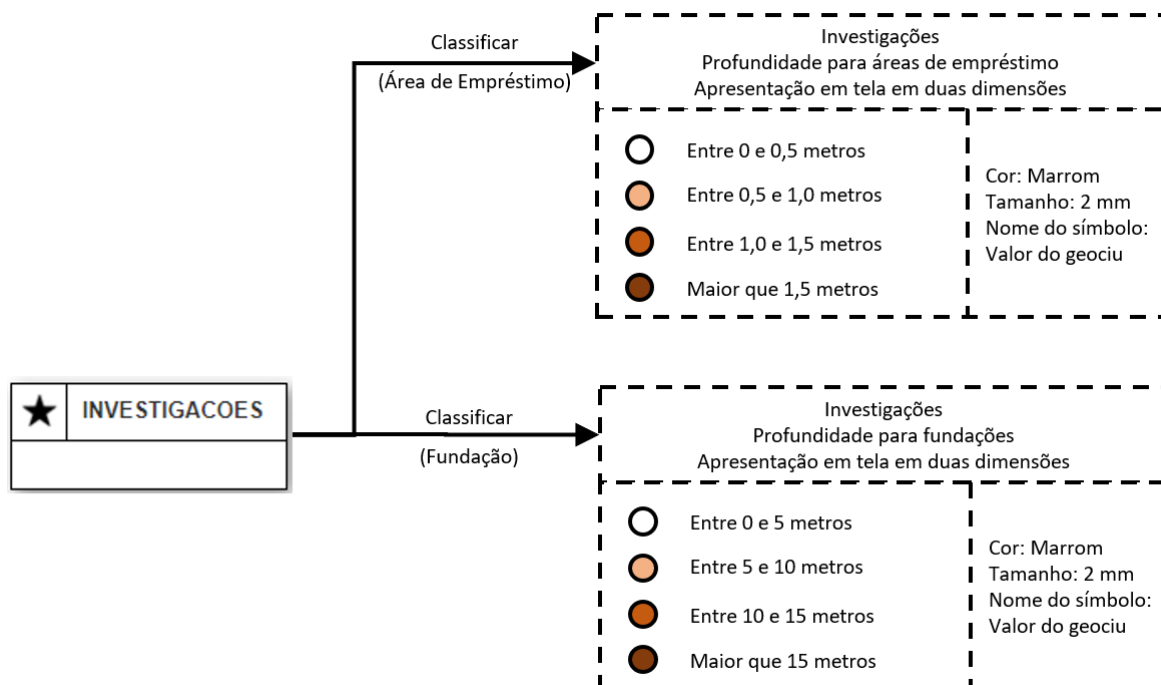


Figura 35: Exemplo de representação para a classe investigações para diferentes finalidades utilizando a variável profundidade.

Nessa pesquisa optou-se por apresentar as propostas gerais para as classes principais seguindo as seguintes premissas: Para produtos cartográficos de grandes escalas como as plantas relacionadas a projeto de engenharia, foram utilizados símbolos compatíveis com a ABNT (1995); para produtos cartográficos com abordagens mais amplas, os símbolos utilizam padrões de cores; para variáveis contínuas, utilizou-se uma graduação de cores onde os menores valores correspondem aos tons mais claros e os maiores valores são representados por tons de cores mais escuros.

4.3. Esquema Lógico e Implementação Física

O esquema lógico contém as tabelas, com seus respectivos atributos e relacionamentos, seguindo as regras definidas nos esquemas conceituais e pode ser consultado no APÊNDICE D: ESQUEMA LÓGICO. O esquema lógico proposto é uma das possíveis abordagens de implementação física do diagrama de classes e pode variar em função do tipo e das funcionalidades disponíveis no banco de dados escolhido e da experiência do profissional responsável pela sua implementação. Sendo assim, somente alguns pontos do esquema proposto serão discutidos a seguir.

Devido à importância dos dados brutos, foram propostas tabelas específicas para o armazenamento de séries históricas, resultados de medições e dados relacionadas a execução de ensaios de laboratório, dos ensaios de campo e da instrumentação. Todas as tabelas com o sufixo “_medicao” correspondem as tabelas complementares implementadas em que cada registro corresponde a uma medição (Figura 36).



Figura 36: Recorte do esquema lógico apresentando uma tabela criada para armazenamento de dados brutos.

Visando facilitar a utilização do banco de dados por parte do usuário, estão disponíveis seleções por meio de visualizações materializadas para facilitar o acesso aos dados de dados geotécnicos armazenados em múltiplas tabelas. A visualização materializada da sondagem a percussão, por exemplo, é construída a partir da consulta dos dados armazenados em três tabelas distintas relacionadas pelo código identificador único, a tabela de investigações que armazena os dados

gerais, a tabela de sondagens que armazena os dados de geometrias e a tabela de percussão que armazena os dados referente aos ensaios a percussão.

Na proposta estão incluídas tabelas específicas no esquema “dom” para armazenar informações sobre os domínios que servem de referência para preenchimento de novas informações e subsidiam restrições de integridade implementadas na extensão do PostgreSQL (Figura 37).

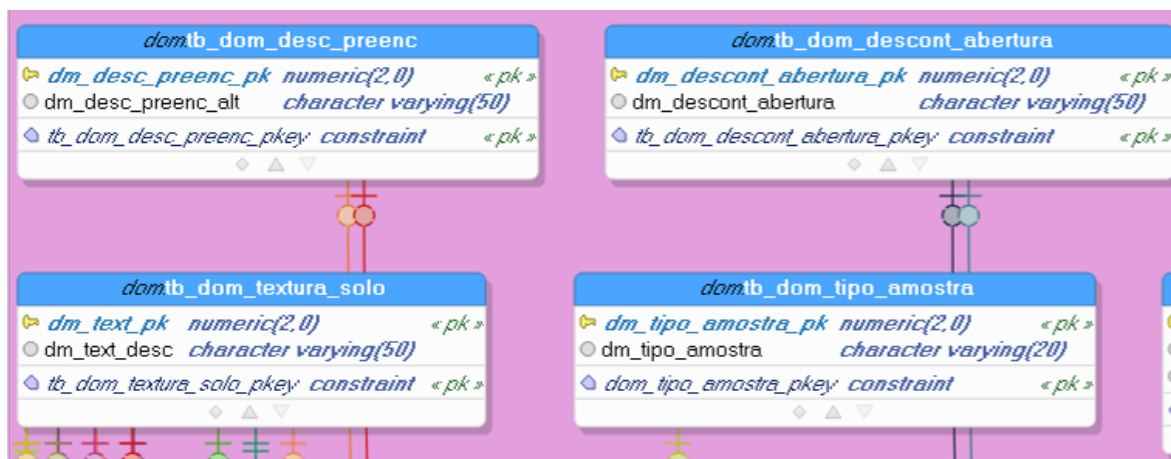


Figura 37: Recorte do esquema lógico apresentando uma tabela criada para armazenamento de domínios.

Para garantir a unicidade dos dados geotécnicos cadastrados no banco de dados, foi definido um código de identificação único dos dados geotécnicos, detalhado no item 4.2.1.1. Na implementação física do banco de dados, o código foi baseado na articulação de folhas do mapeamento sistemático do Distrito Federal e o ponto da geometria da investigação.

Todo o processo de criação, atualização e manutenção do código de identificação único foi implementado no SGBD por meio de gatilhos, implementados pela extensão PostgreSQL, sendo a tabela “grid_geociu” responsável por controlar a numeração do código e a tabela “investigações” por armazenar os códigos.

Embora o banco de dados implementado utilize essa proposta de código identificador único, a obrigatoriedade da utilização da articulação do SICAD não foi incluída na extensão do Postgres, objeto de detalhamento no próximo tópico, pois só atende ao Distrito Federal, podendo ser utilizada qualquer tipo de malha regular que sigam a estrutura e regras definidas no RCO (Tabela 60 e Tabela 61).

O destino das geometrias 3D gerada varia com a classe. A superclasse investigações armazena os dados de pontos 3D que é utilizado como referência para a projeção tridimensional. As dimensões e geometrias das amostras coletadas são armazenadas na tabela de “amostras”, enquanto as dimensões e geometrias das amostras ensaiadas estão armazenadas na classe

“ensaios”. No caso das investigações, as tabelas “sondagens”, “ensaios de campo” e “instrumentação” são as responsáveis por armazenar as dimensões e geometrias do tipo volume das investigações, com exceção das trincheiras que armazenam a própria geometria.

No banco estão disponíveis funções para a construção das geometrias 3D, como superfícies poliédricas, com base no raio ou comprimento e largura a depender do formato da amostra coletada ou ensaiada e na trinca de coordenadas seguindo as regras apresentadas na Figura 96 no APÊNDICE F: DIAGRAMA DE TRANSFORMAÇÃO.

Para o preenchimento dos registros das tabelas, além do padrão definido no esquema lógico, adotou-se para os atributos o seguinte padrão de preenchimento, que é o padrão adotado pela IDE/DF:

- O nome das colunas será normatizado tendo um prefixo único relacionado ao nome da tabela;
- O nome das colunas deve estar em letras minúsculas, sem caracteres especiais, não iniciar com números, sem espaços e ter, preferencialmente, no máximo de 14 caracteres;
- Os registros devem ser preenchidos em letra maiúscula podendo ter espaços ou caracteres especiais;
- A codificação das tabelas será o *8-bit Unicode Transformation Format* (UTF-8);
- As colunas de domínio codificado devem ser do tipo de inteiro;
- Não é recomendada a concatenação entre dados pois dificulta a categorização do dado, sendo recomendado adotar um atributo do tipo lista;
- Em nenhuma hipótese serão permitidas colunas de texto com mais de 254 caracteres; e
- Dados numéricos devem ser armazenados nos formatos adequados em função da precisão e escala.

As classes foram implementadas por meio de um código PL/pgSQL e as restrições de atributos e topológicas estão todos disponíveis na extensão do PostgreSQL “*pggeotec*”, detalhada no tópico a seguir.

4.3.1. Extensão do PostgreSQL – *pggeotec*

A extensão “*pggeotec*” foi criada para facilitar a implementação em bancos de dados PostgreSQL em versões superiores a 10, e compatível com PostGIS 2.5 ou maior. As etapas para implementação do banco de dados e utilização da extensão serão descritas a seguir.

Para a habilitar a extensão, é necessário copiar os arquivos disponíveis no repositório do Github [bro-geo/pggeotec: PostgreSQL Extension - Tridimensional Geotechnical Database \(github.com\)](https://github.com/bro-geo/pggeotec) e colar na pasta de extensões do PostgreSQL (C:\Program

Files\PostgreSQL\[Versão]\share\extension). No gerenciador de banco de dados pgAdmin, crie um banco de dados como mostra a Figura 38.

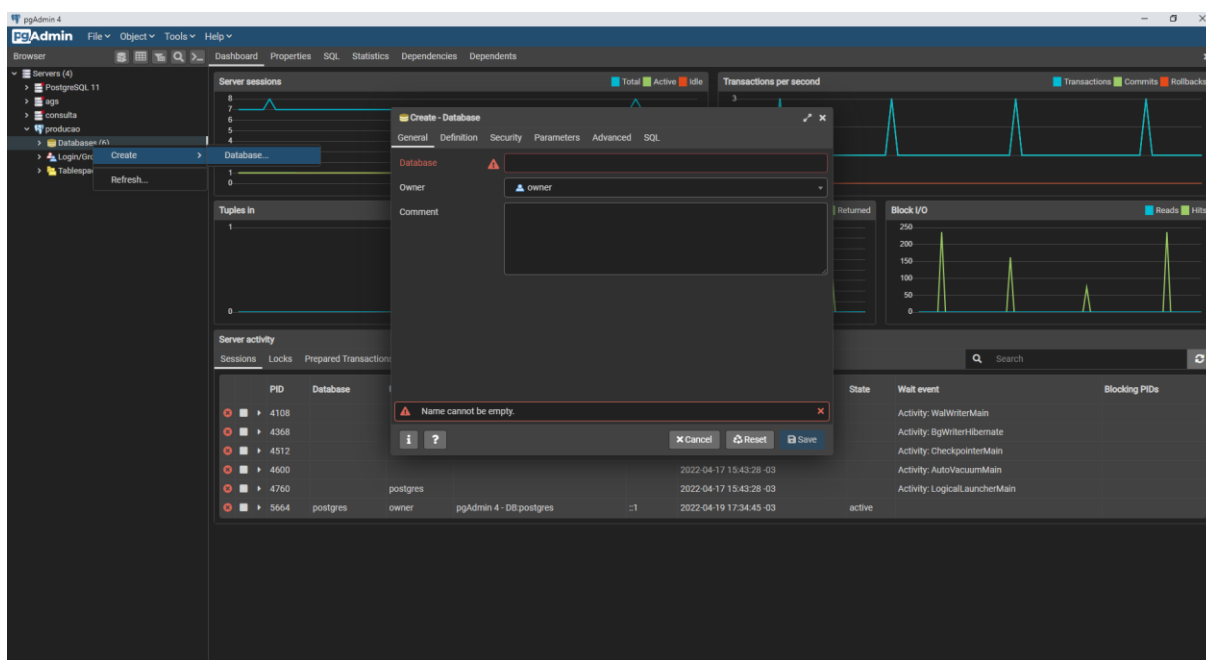


Figura 38: Criação do banco de dados relacional no sistema gerenciador de banco de dados.

Em seguida crie a extensão espacial PostGIS executando o comando “*CREATE EXTENSION postgis;*”, expandir a extensão para dados tridimensionais avançados e volumétricos executando o comando “*CREATE EXTENSION postgis_sfcgal;*” e finalmente a criação das estruturas e funções para dados geotécnicos executando o comando “*CREATE EXTENSION pggeotec;*”. A partir desse momento, todas as tabelas apresentadas no esquema lógico e as funções estão disponíveis para a utilização. Caso o usuário deseje habilitar as visualizações materializadas, executar o comando “*CREATE EXTENSION pggeotec_matviews;*”

A extensão utiliza como padrão o sistema de referência do Distrito Federal, Sirgas 2000 UTM Zona 23S, correspondente ao *spatial reference identifier* ou identificador único associado (SRID) de código 31983, entretanto a função disponível na extensão, *pggeotec.ST_UpdateGeometrySRID* (*sridNewValue integer*), pode alterar o sistema de referência das camadas relacionadas a extensão. Também é possível alterar o arquivo da extensão “*pggeotec.sql*” e alterar o número do SRID para o código do sistema de referência de interesse. O SRID é um identificador único associado a um sistema de coordenadas, tolerância e resolução específicos definido que podem ser globais, regionais, nacionais ou locais.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Antes de cadastrar os dados geotécnicos, é necessário cadastrar alguns dados de referência para garantir a qualidade dos dados. O primeiro passo consiste em conectar ao banco de dados utilizando o usuário dono do esquema “pggeotec” no QGIS e inserir limite administrativo da região de estudo na camada “limite_adm” no esquema “pggeotec” utilizando o sistema de informações geográficas. Essa camada restringe que as investigações fiquem restritas ao limite administrativo.

Em seguida, inserir uma malha regular na camada “grid_geociu” no esquema “pggeotec” mantendo o campo “grid_seq” nulo e as regras definidas no RCO (Tabela 60 e Tabela 61). Como mencionado no item anterior, essa malha controla a numeração e garante a unicidade dos códigos gerados.

A partir desse momento, é possível cadastrar os dados geotécnicos seguindo uma sequência de etapas, resumida na Figura 39, utilizando o sistema de informações geográficas. A inclusão de dados pode ser realizada utilizando códigos SQL, mas demanda um conhecimento avançado em programação.

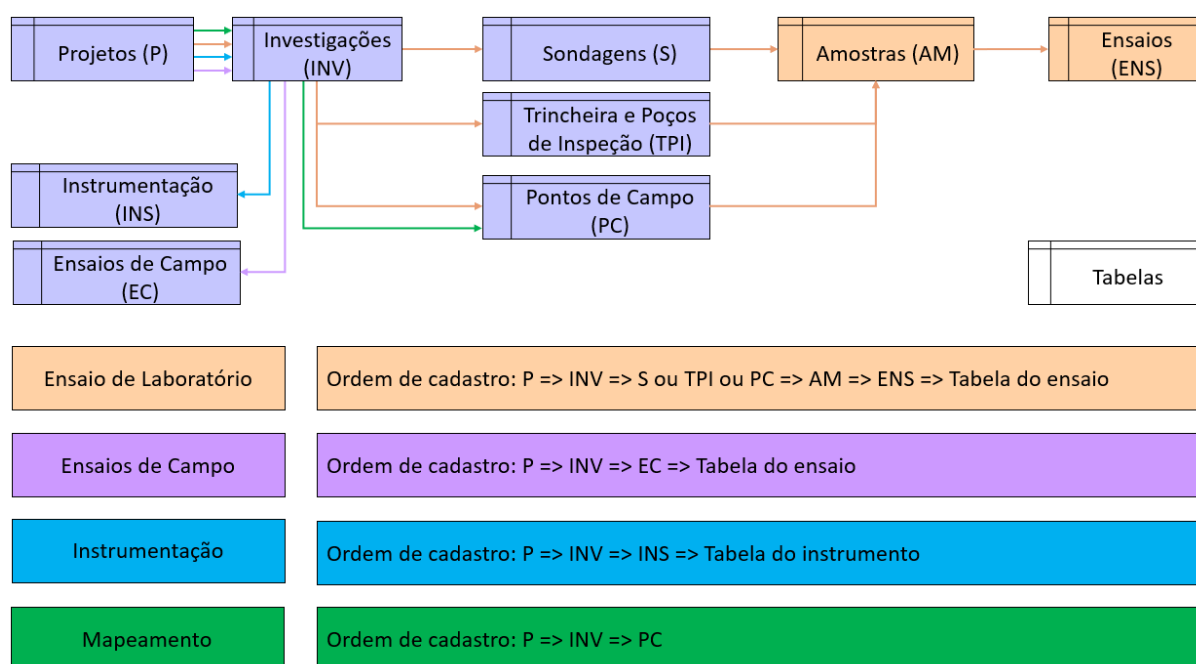


Figura 39: Resumo das etapas para cadastramento de dados no banco.

A primeira etapa consiste no cadastro da poligonal do projeto na camada “projetos” no esquema “ic” seguindo as regras de aquisição (Tabela 65) lembrando que o nome do projeto possui a restrição de unicidade, ou seja, o nome não pode ser repetido. Essa etapa garante que as investigações sempre estejam vinculadas a um projeto facilitando a recuperação dos dados e enriquecendo os metadados.

Inserir a geometria na camada de investigações seguindo as regras de aquisição (Tabela 67) e incluir a elevação na hora da vetorização. Na extensão, foi disponibilizada a função “ST_Investigacoes3D” que utiliza os atributos das coordenadas latitude, longitude e elevação e reconstrói a geometria da investigação cadastrada manualmente.

No caso de uma amostra, cadastrar o ponto da amostra seguindo as regras de aquisição (Tabela 109) levando em consideração que o banco realiza a validação da geometria da amostra sobrepõe a investigação relacionada. Executar a função “ST_AmostraCilindro3D” ou “ST_AmostraParalelepipedo3D” a depender da forma da amostra para a construção da geometria. É importante levar em consideração que as dimensões da amostra devem corresponder as dimensões reais.

Para a inclusão de um ensaio, vetorizar o ponto do ensaio seguindo as regras de aquisição (Tabela 111) e incluir a elevação na hora da vetorização. O banco realiza a validação se a geometria do ensaio sobrepõe a geometria da amostra relacionada. Construir a geometria tridimensional utilizando a função “ST_EnsaioCilindro3D” ou “ST_EnsaioParalelepipedo3D”.

Todas as funções devem ser executadas no gerenciador do banco de dados após a execução da atividade no SIG. Para facilitar a utilização da extensão, foi disponibilizado um complemento no QGIS, o qual será descrito no tópico a seguir.

4.3.2. Complemento do QGIS – Geotechnical Data Explorer

O complemento *Geotechnical Data Explorer* – GDE cuja interface inicial pode ser observada na Figura 40, foi desenvolvido para o SIG QGIS para facilitar a implementação e utilização do banco de dados e divulgação do modelo de dados proposto. O complemento é dividido em três abas, a primeira contém funções relacionadas ao banco de dados, a segunda reúne funcionalidades relacionadas a análise exploratória de dados (Figura 41) e a última aba trata das análises e construção de seções tridimensionais.

As principais funcionalidades da primeira aba são a criação e remoção da extensão PostgreSQL, criação dos volumes, alteração do sistema de referência, validação de dados cadastrados e inclusão e remoção de restrições do banco de dados.

Na segunda aba é possível utilizar dados inseridos no projeto do QGIS para calcular as estatísticas descritivas, gerar gráficos do tipo histograma, diagramas de caixa e dispersão e carregar os domínios nas camadas do projeto para facilitar a utilização dos dados pelo usuário.

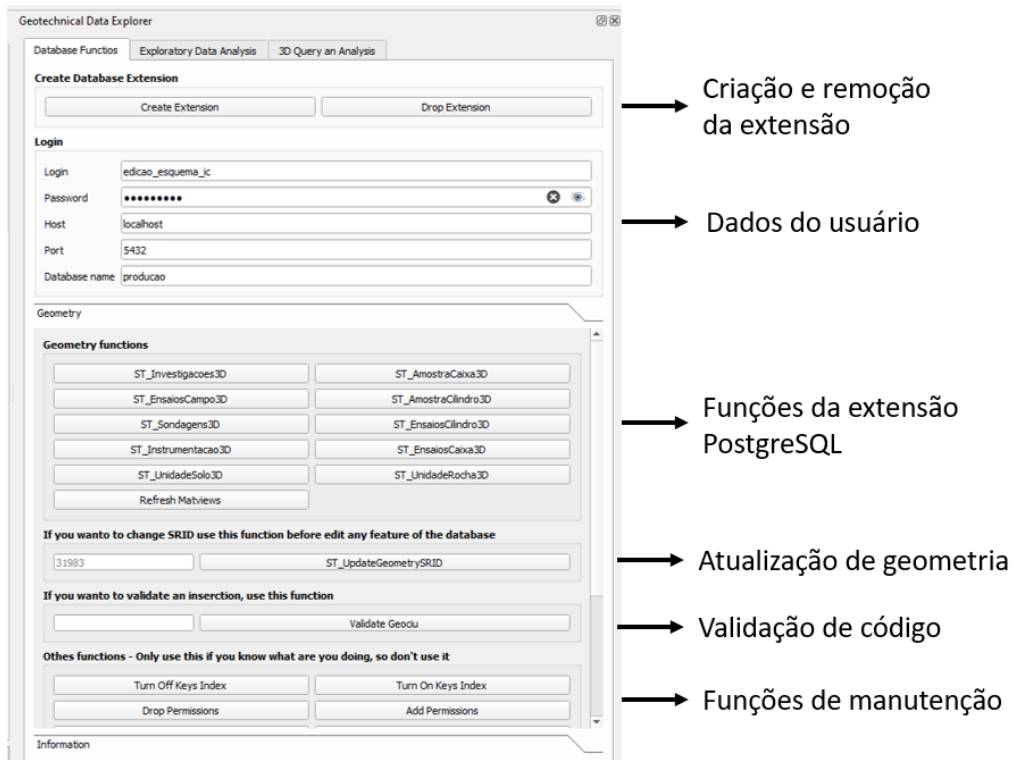


Figura 40: Visão geral da primeira aba do complemento desenvolvido para o SIG QGIS.

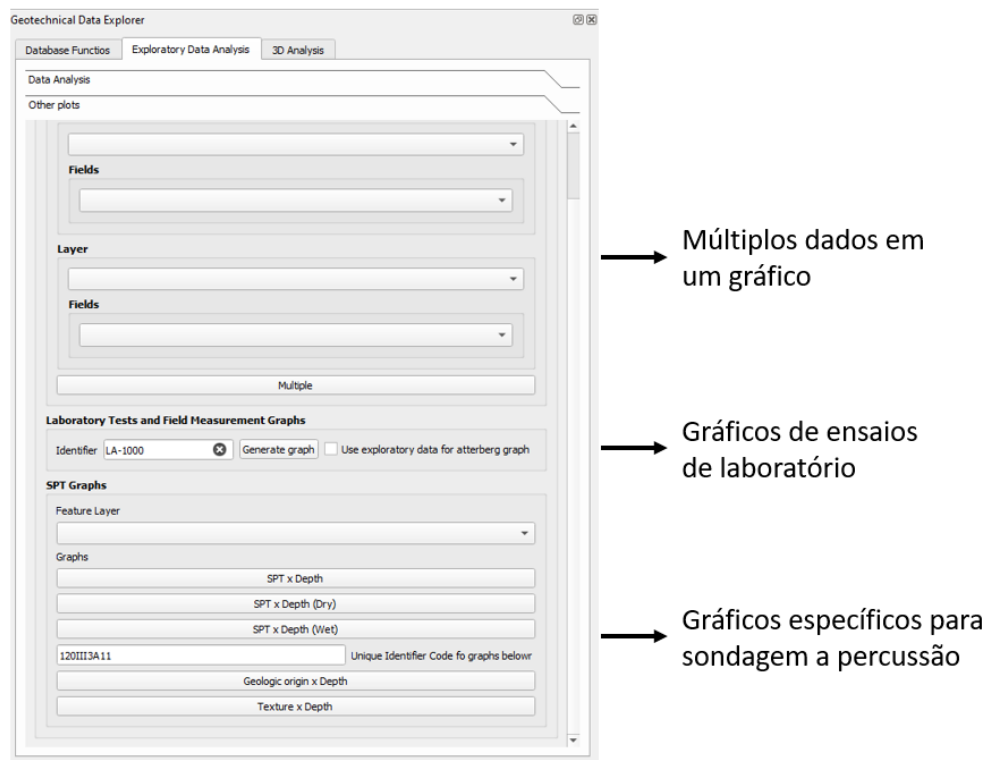


Figura 41: Visão geral da segunda aba do complemento desenvolvido para o SIG QGIS.

Na terceira aba, é possível criar malhas regulares para ser alvo de interpoladores do tipo IDW e *Majority* ou Valor mais frequente além das etapas para a construção de seções tridimensionais (Figura 42).

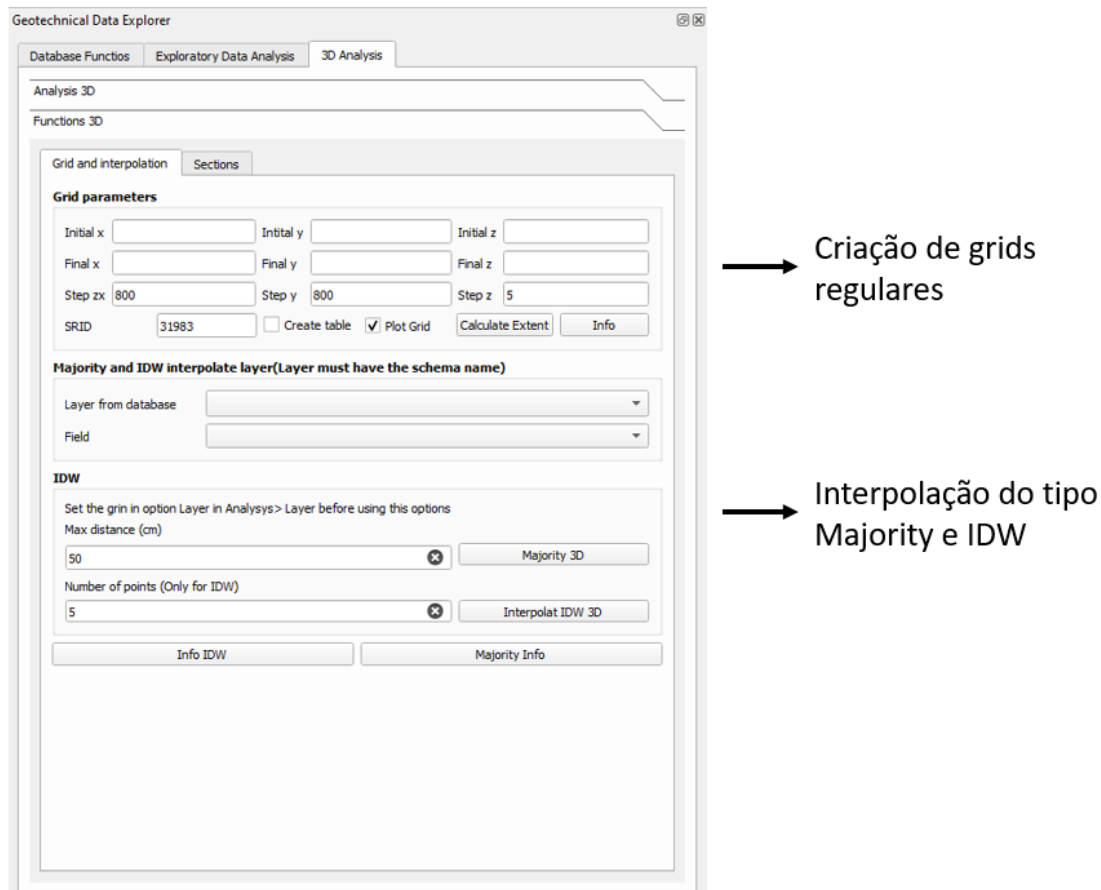


Figura 42: Visão geral da terceira aba do complemento desenvolvido para o SIG QGIS.

A visualização dos dados tridimensionais é realizada utilizando o complemento *Qgis2threejs* por ser um complemento com uma grande comunidade atuando em seu desenvolvimento, não havendo a necessidade da inclusão dessas funcionalidades no complemento desenvolvido. O próprio visualizador 3D nativo do QGIS também é capaz de visualizar os dados armazenados no banco de dados, mas não foi utilizado por apresentar um desempenho inferior ao *Qgis2threejs*.

Para utilizar o complemento, procure pelo complemento no repositório do QGIS e caso não esteja disponível siga os passos a seguir. Instalar o QGIS na versão 3.10 ou maior, e baixar o complemento no repositório [bro-geo/geotechnical-data-explorer: A QGIS plugin for pggeotec PostgreSQL extension. \(github.com\)](https://github.com/bro-geo/geotechnical-data-explorer). Copiar o complemento para a pasta “C:\Users\[nome do Usuário]\AppData\Roaming\QGIS\QGIS3\profiles\default\python\plugins\”. Caso não

encontre a pasta, coloque para exibir os arquivos ocultos. Se for a primeira vez que está utilizado o QGIS, será necessário criar o diretório manualmente. Compilar as bibliotecas Python necessárias para a execução do complemento e reiniciar o QGIS.

Os processos descritos acima estão detalhados no manual disponível no APÊNDICE H: MANUAL DE UTILIZAÇÃO.

4.4. Qualidade dos dados geotécnicos compilados

De todas as 4850 informações qualitativas e quantitativas compiladas, 43% das informações compiladas ou produzidas, cerca de 2.095 investigações, foram armazenadas em arquivos vetoriais georreferenciados e 528 ensaios, aproximadamente 10%, foram armazenadas em tabelas não editáveis. Todas as informações supramencionadas são oriundas de pesquisas do programa de Pós-graduação em Geotecnia (Santos Filho, 2000; Silva, 2007; Batista, 2012; Oliveira, 2018; Almeida, 2022) ou de trabalhos orientados na Faculdade de Tecnologia (Nogueira, 2018).

As informações compiladas de órgãos públicos produtores de informações geotécnicas comumente não armazenam a informação locacional e quando o fazem, estão vinculadas a referências específicas como estacas de projetos de rodovias ou endereços usuais da época de execução. Os dados compilados que não possuíam informações locais foram submetidos a um processo de georreferenciamento, entretanto grande parte foi descartado devido à ausência de qualquer referência.

Todos os dados nas camadas de investigações, amostras e ensaios possuem coordenadas geográficas e cota preenchidas no mesmo sistema de referência horizontal e vertical e nos casos de divergência do sistema de referência vigente e sistema original das informações, eles foram reprojatados para o sistema vigente (SRID 31983). É importante ressaltar que dados, principalmente os mais antigos, podem exibir elevações não coincidentes com o terreno natural. Isso pode ocorrer devido a locação com instrumentos com baixa precisão no tocante a elevação, ou pelo fato das elevações estarem relacionadas ao terreno natural antes de alguma intervenção antrópica sendo interessante a comparação de diferentes modelos numéricos de terreno para a verificação.

Dos 1.351 ensaios compilados, todos do tipo de caracterização (difratometria de raio X, granulometria, umidade e limites de Atterberg), não foram armazenadas fotos das amostras, boletins de campo ou fichas de execução de nenhum dos ensaios. Infelizmente, o armazenamento e fornecimento dos dados brutos relacionados aos ensaios de laboratório não é uma prática comum. A indisponibilidade dos dados brutos que deram origem aos resultados

RESULTADOS E DISCUSSÕES

apresentadas nos ensaios e investigações aumenta a incerteza ao se utilizar aquele dado visto que não é possível verificar as informações interpretadas que foram compiladas.

O mesmo ocorre para os dados vetoriais já que não é comum que os produtores apresentem os metadados e o dicionário de dados relacionados, o que impacta diretamente na utilização posterior dos dados, principalmente quando se trata de produtos cartográficos como os zoneamentos geotécnicos em que a qualidade dos dados impacta no resultado do produto cartográfico gerado.

Nesse contexto, foram escolhidos alguns dos dados compilados os quais foram analisados no tocante a completude de informações. A Tabela 24 apresenta um resumo dos registros nulos referente a informações gerais das investigações compiladas.

Tabela 24: Porcentagem de registros nulos referente a informações gerais dos dados compiladas.

<i>Coluna</i>	<i>Registros nulos / Total de registros (%)</i>
Finalidade da investigação	4
Nome da empresa que realizou a investigação	10
Endereço usual da investigação	14
Profundidade do impenetrável, quando aplicável	22
Profundidade máxima investigada	24
Data de início da investigação	42
Data de finalização da investigação	42
Nome do operador que executou a investigação	77
Equipamento utilizado na investigação	94
Nível de água do furo, quando couber	95
Profundidade do revestimento, quando couber	98
Nível de água do furo 24 horas após a execução, quando couber	99
Dados brutos de maneira geral (Fotos de amostras, boletins de campo, entre outras)	100

Nos dados de investigações do tipo sondagem observa-se uma maior omissão de informações relacionadas a profundidade do nível de água, do revestimento e da profundidade do impenetrável. Sem os dados brutos é impossível precisar se os registros sem profundidade do impenetrável, por exemplo, indicam ausência da informação ou se foi um critério de paralização para a obra e a mesma afirmação pode ser feita para a profundidade total.

A ausência de informações relacionadas a data de início e fim da investigação impedem análises relacionadas a sazonalidade, como a realizada na espacialização do nível freático por Alves (2009), além de inviabilizar critérios de seleção de dados baseados na data de execução, como uma seleção dos ensaios realizados nos últimos cinco anos por exemplo.

Dentre as informações omitidas, as mais preocupantes são a ausência de endereço, principalmente para os dados que não possuem informação locacional, a ausência da

RESULTADOS E DISCUSSÕES

profundidade que acarreta a incerteza da locação tridimensional da propriedade geotécnica, o tipo do equipamento visto que possui influência na determinação das propriedades geotécnicas (Magalhães, 2015) e dos dados brutos que deram origem as informações interpretadas. Nos ensaios de laboratório observa-se a mesma situação de ausência de informações relacionadas a data de início do ensaio, data de finalização do ensaio, o tipo do equipamento utilizado e da disponibilidade de dados brutos.

Mais especificamente das sondagens a percussão (Tabela 25), as informações relacionadas ao número de golpes iniciais, avanço por lavagem e as informações comumente armazenadas nos boletins de campos são as informações mais omitidas nos dados de sondagens compilados. Como os dados de sondagens são oriundos de pesquisas pretéritas, é provável que só foram registradas as informações de interesse às pesquisas.

Tabela 25: Porcentagem de registros nulos referente a informações das sondagens a percussão.

<i>Coluna</i>	<i>Registros nulos / Total de registros (%)</i>
Cor	1
Número de golpes dos 30 cm finais	7
Número de golpes dos 30 cm iniciais	93
Penetração entre 0 e 15 cm	98
Penetração entre 15 e 30 cm	98
Penetração entre 30 e 45 cm	98
Número de golpes entre 0 e 15 cm	98
Número de golpes entre 15 e 30 cm	98
Número de golpes entre 30 e 45 cm	98
Avanço por lavagem	100

Nos ensaios de granulometria, por exemplo, é comum armazenar somente as informações relacionados a teor de finos e grossos, como observado em Aguiar (1997) e Santos Filho (2000), e omitir informações como as peneiras utilizadas, coeficiente de curvatura, coeficiente de uniformidade, forma dos grãos e porcentagens retida em cada peneira. Trabalhos mais recentes como Nogueira (2018) e Almeida (2022) disponibilizaram os dados de maneira organizada e de fácil de compatibilização para serem incluídos no banco de dados, mas não disponibilizaram os dados brutos.

Existem casos em que somente o resultado do ensaio é armazenado como é o caso dos dados de Índice de Suporte Califórnia compilados, por exemplo, em que somente a porcentagem do ISC estão disponíveis sendo omitidas as demais informações relacionadas ao ensaio.

Como todos os dados compilados foram obtidos em formatos distintos, principalmente no formato (.pdf), não houve a necessidade da avaliação dos aspectos geométricos e topológicos dos dados compilados. No banco de dados, todas as informações locais, coordenadas geográficas e cota, foram preenchidas assim como as informações de identificação como o tipo de investigação, a norma relacionada, a fonte do dado e os códigos identificadores únicos. O mesmo ocorre nos ensaios de laboratório e nas amostras.

4.5. Estudos de Caso

Nesse tópico serão apresentados três estudos de caso demonstrando a importância da compilação das informações preexistentes, apresentando formas de analisar os dados compilados, e reforçando o potencial da estruturação dos dados seguindo um modelo de dados e as limitações dos dados compilados.

4.5.1. Estudo de Caso 1: Sub-bacia do Córrego Olhos D'Água – Plano Piloto/DF

A área do estudo de caso 1 corresponde a uma sub-bacia localizada na Região Administrativa (RA) I – Plano Piloto do Distrito Federal (DF) como mostra a Figura 43. Geologicamente, a sub-bacia exibe duas formações geológicas, a Formação Ribeirão Piçarrão (MNPparp) próximo ao exutório e a Formação Ribeirão do Torto (MNPpart) no restante da sub-bacia.

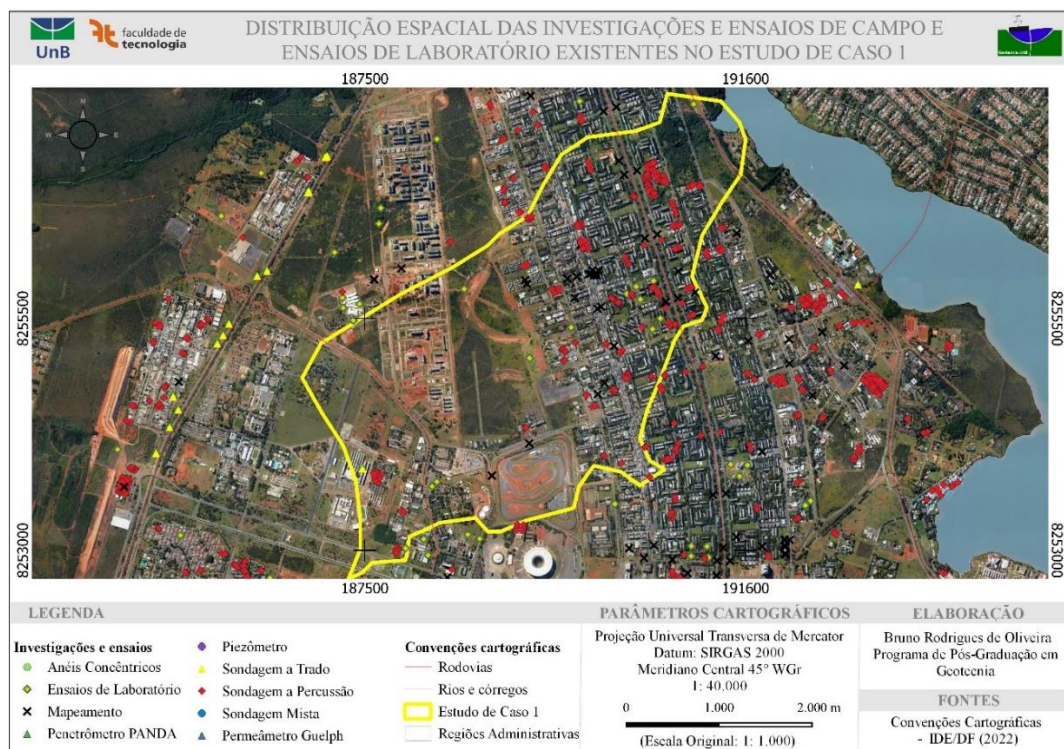


Figura 43: Distribuição das investigações e ensaios na área do estudo de caso 1.

A Formação Ribeirão Piçarrão é composta por um conjunto de metassiltitos argilosos homogêneos com coloração cinza esverdeada a amarelada quando frescos, passando a tons rosados e vermelho escuro com o aumento da alteração intempérica. Além da litofácies típica, ainda ocorrem: Metassiltitos intercalados com níveis de quartzitos finos variando em espessuras desde centimétricas a decimétricas. Camadas decimétricas a métricas de quartzitos médios a grossos (com grãos esféricos). Rochas carbonáticas na forma de lentes interdigitadas a metarritmitos. Essas rochas carbonáticas podem ser micríticas ou localmente apresentar estromatólitos colunares e conophyton. Metarritmitos com bancos de quartzitos arcoseanos, decimétricos, geralmente rosados e comumente com aspecto maciço ou, mais raramente, finamente laminados (Campos *et al.*, 2013).

A Formação Ribeirão do Torto é caracterizada por ardósias roxas quando alteradas ou cinza esverdeadas quando frescas e homogêneas, que dominam a maior parte da sucessão. Próximo ao limite com a unidade superior, ocorrem intercalações síltico-argilosas milimétricas a centimétricas, com tonalidade vermelha a rosada, onde se inicia a passagem gradual para a unidade de metarritmitos que a recobre. Essas rochas se apresentam intensamente fraturadas e, em função de seu caráter pelítico, são os tipos petrográficos onde mais facilmente se desenvolvem as foliações metamórficas. Particularmente, duas superfícies são bastante penetrativas, caracterizando clivagens ardosianas típicas. A única estrutura sedimentar observada é a laminação plano-paralela, próximo ao topo da unidade. Ocorrências de quartzitos brancos a amarelados são raras dentro do conjunto das ardósias, sendo sempre caracterizadas por lentes métricas ou decamétricas geralmente irregulares e maciças (Campos *et al.*, 2013)

Em ambas as formações geológicas ocorrem níveis de quartzitos finos variando em espessuras desde centimétricas a decimétricas que podem ser bastante problemáticas para fundações e utilização do espaço subterrâneo no geral, pois são mais resistentes que as outras rochas do entorno como os metassiltitos, rochas carbonáticas e ardósias dando origem a um perfil de solo com ocorrências de camadas centimétricas a métricas de rocha.

A sub-bacia está inserida na unidade geomorfológica dos Planos Intermediários ocorrem entre as Chapadas Elevadas e Planícies e caracterizam-se por superfície residual de aplainamento, dissecada pelos principais rios da região. Em relação à dinâmica da paisagem, a erosão é baixa e a deposição e pedogênese são dominantes (ZEE, 2011).

Quanto a hidrogeologia, o Sistema P1 é classificado pedologicamente como latossolos vermelho-amarelo de textura arenosa ou em áreas mais restritas, como areias quartzosas. Representa o produto de intemperização dos quartzitos da Formação Ribeirão Contagem, de parte dos metarritmitos da Formação Serra da Meia Noite e das porções mais ricas em quartzitos

RESULTADOS E DISCUSSÕES

do topo da Formação Ribeirão Piçarrão. Neste sistema poroso estão localizadas as mais importantes áreas de recarga regionais dos aquíferos fraturados. Apresenta pequenas taxas de declividades, sendo em geral inferiores a 5% e apenas localmente, entre 5 e 10% (Gonçalves, 2016).

Dados obtidos em ensaios de infiltração *in situ* apresentaram valores de condutividade da ordem de $1,73 \times 10^{-5}$ a $2,84 \times 10^{-6}$ m/s. Como a espessura média dos solos pode ser considerada em torno de 20 m, com uma espessura saturada média de 10 m, a transmissividade varia de $1,73 \times 10^{-4}$ a $2,83 \times 10^{-5}$ m²/s. Estes solos apresentam alta taxa de colapsividade, sendo importante um controle preventivo a erosão como forma de preservação contínua deste sistema aquífero poroso. Os aquíferos são do tipo intergranulares contínuos, livres, de grande extensão lateral, com importância hidrogeológica local relativa elevada (Gonçalves, 2016). A distribuição espacial das unidades geológicas, geomorfológicas, e hidrogeológicas é apresentada na Figura 44.

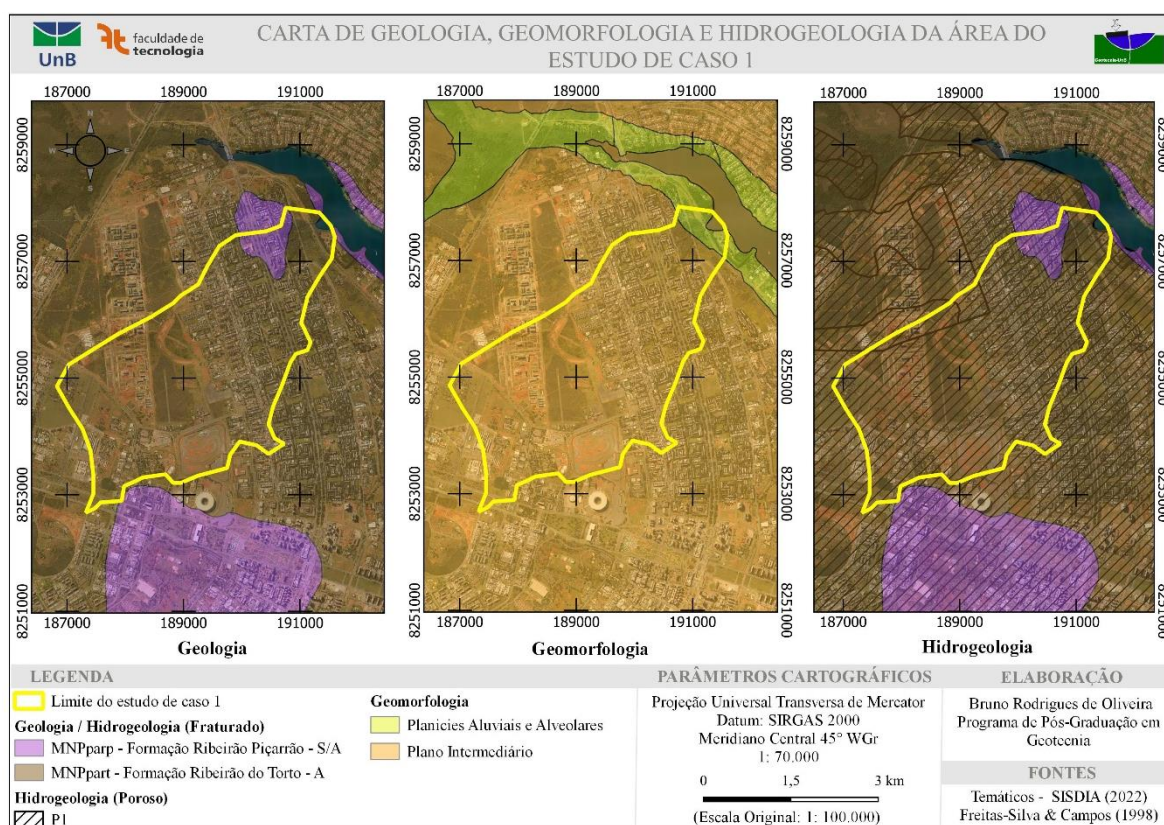


Figura 44: Geomorfologia, geologia e hidrogeologia da área do estudo de caso 1: sub-bacia.

Quanto aos solos, na sub-bacia ocorrem coberturas detrito-lateríticas terciário-quaternárias representadas por latossolos vermelhos, constituindo perfis maduros e imaturos com níveis de cascalhos com textura argilosa ou média, profundo a muito profundo (ZEE,

2011). As espessuras apresentadas na pedologia têm como finalidade a produção agrícola e comumente se referem a um horizonte específico, não contemplando o perfil completo de solo. Solos muito profundos nos latossolos, por exemplo, apresentam espessuras do horizonte B superior a 2 m, desconsiderando os horizontes O e A, que para fins de infraestrutura de pequeno porte como esgotamento sanitário e abastecimento tem sua importância, mas não fornece muitas informações no caso de projetos de fundações. A Figura 45 apresenta a pedologia, a hipsometria e a declividade da área de estudo.

As cotas variam de 1001 até 1049 m e as declividades inferiores a 10% são predominantes. Como o MNT utilizado é um modelo digital de superfície (MDS), alguns valores elevados de declividade podem corresponder a alterações fisiográficas antrópicas como os taludes das “tesourinhas” e no contorno do kartódromo, mesmo após o tratamento do MDS por processos de filtragem. Todavia, valores elevados próximos ao exutório da sub-bacia correspondem a um processo erosivo e as margens de um córrego, ambos inseridos no Parque Ecológico Olhos D’água e na borda do lago.

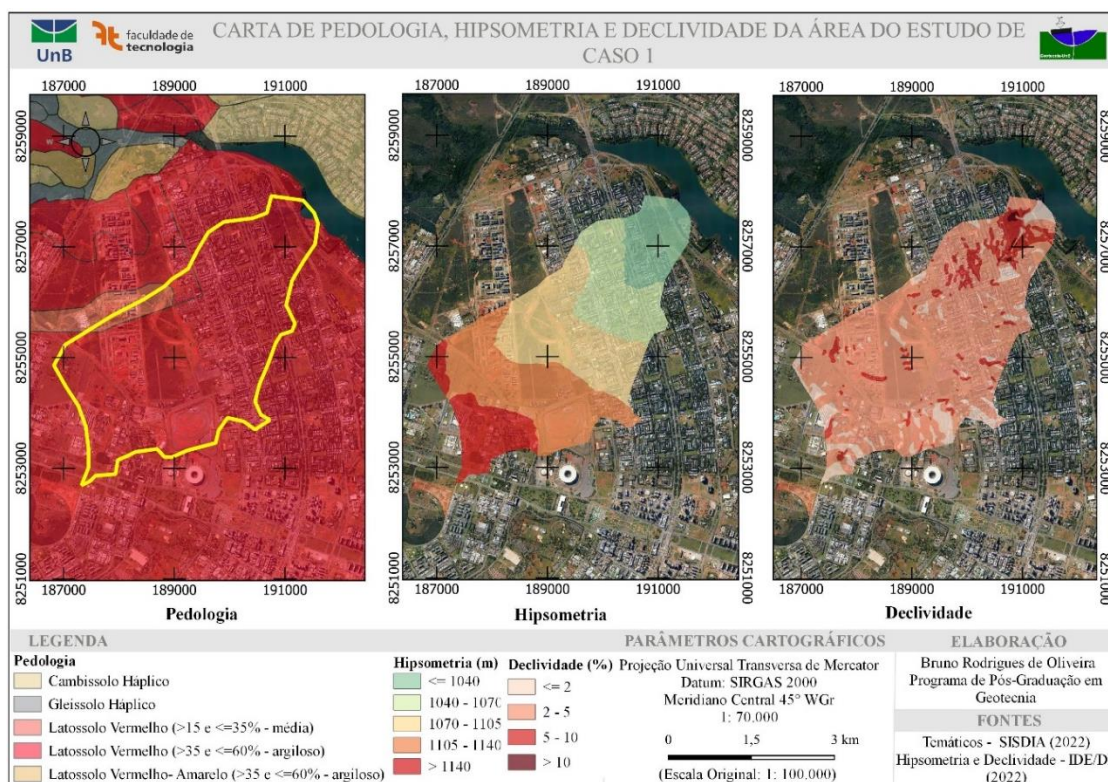


Figura 45: Pedologia, hipsometria e declividade da área do estudo de caso 1: sub-bacia.

Apesar da sub-bacia estar inserida em somente duas unidades geológicas, geomorfológicas e pedológica em pequena escala, ao se analisar os dados disponíveis observa-se uma heterogeneidade das propriedades geotécnicas, como discutido a seguir.

4.5.1.1. Número de golpes do ensaio SPT

A Figura 46 mostra o histograma de frequência dos golpes nos 30 cm finais de cada trecho de 45 cm ensaiado, representado pela variável “spc_final” ao longo do texto (Tabela 86), até 21 m de profundidade. A característica unimodal e a assimetria positiva indicam uma maior concentração de valores pequenos com 75% dos valores inferiores a 20 golpes e 50% inferior a 10 golpes. A forma do histograma não pode ser analisada de maneira isolada, visto que a forma apresentada pode estar associada a solos espessos com baixas resistências, a solos rasos com baixa profundidade do impenetrável ou até mesmo a limitações na profundidade das investigações.

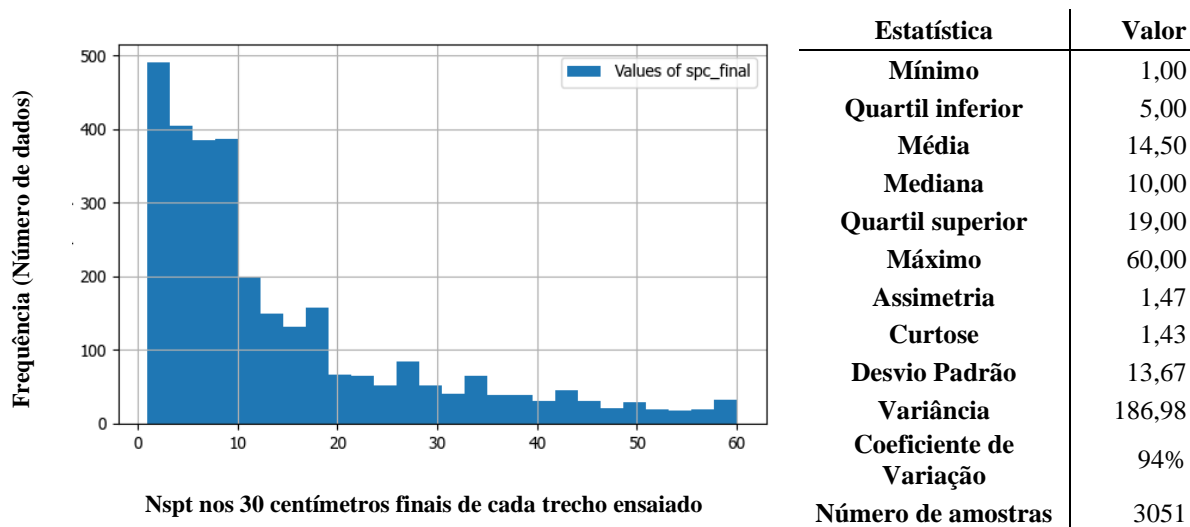


Figura 46: Histograma de frequência e estatísticas descritivas do número de golpes do ensaio SPT nos 30 centímetros finais de cada trecho de 45 centímetros ensaiado das sondagens à percussão na área do estudo de caso 1.

A inexistência de distinção, nos dados compilados, sobre o critério de paralização dos furos faz com que a grande quantidade de baixos valores observados possam estar associados a critérios de paralização para avaliar a escavabilidade, entretanto essa situação é pouco provável considerando as informações sobre a espessura do solo disponíveis na bibliografia (Reatto *et al.*, 2004; Lousada e Campos, 2005; ZEE, 2011) e o tipo de fundação profunda comumente utilizado na região, sendo a situação mais provável, a baixa resistência de penetração dos solos da área analisada por Silva (2007).

A análise considerando sem diferenciar a profundidade fornece algumas informações sobre os possíveis valores a serem obtidos na área da sub-bacia, mas como a variável em questão sofre influência do estado de tensão que o trecho investigado está submetido, do equipamento utilizado, do método de execução, grau de saturação, entre outros, é importante analisá-lo com mais detalhes.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O Nspt nos 30 cm finais de cada trecho de 45 cm ensaiado possui um coeficiente de correlação de Pearson de 0,40 com a profundidade do trecho investigado. Apesar da correlação moderada obtida, foi calculado o teste estatístico para o coeficiente linear, assumindo como hipótese nula (H_0) que não existe correlação linear entre as duas variáveis e a hipótese alternativa (H_1), que existe correlação linear entre as variáveis.

Com um nível de significância de 5%, valor crítico de 1,96, o teste retorna o valor calculado de 20,61 sendo possível concluir que o valor calculado está dentro de H_1 , logo rejeitamos H_0 e podemos afirmar, ao nível de 5% de significância, ou 5% de probabilidade de erro, que existe relacionamento linear, ou seja, à medida que a profundidade aumenta, observa-se um aumento no número de golpes.

Ao calcular as estatísticas descritivas de cada profundidade (Tabela 26), observa-se que os valores mínimos e máximos não apresentam fortes correlações lineares entre o número de golpes com a profundidade, ao contrário da média, mediana, quartil superior e inferior, que mostram altos valores dos coeficientes de correlação linear. Apesar dos números de golpes aumentar com a profundidade, ainda é possível observar valores inferiores a cinco golpes em todas as profundidades como mostra a Tabela 26. As estatísticas foram calculadas somente até 21 m porque a partir dessa profundidade, o número de ensaios era muito pequeno.

Tabela 26: Estatísticas descritivas das 3051 amostras referentes ao número de golpes do ensaio SPT nos 30 centímetros finais de cada trecho ensaiado das 242 sondagens à percussão na área do estudo de caso 1 até 21 m de profundidade.

Profundidade (Metros)	Mínimo	Quartil inferior	Média	Mediana	Quartil superior	Máximo	Assimetria	Curtose	Desvio Padrão	Variância	Coefficiente de Variação	Número de ensaios SPT
1	2,00	2,00	5,31	3,50	7,25	23,00	1,91	3,68	4,51	20,37	85	88
2	2,00	2,00	6,03	4,00	7,00	57,00	4,13	22,83	6,87	47,24	114	242
3	1,00	2,00	7,27	4,00	7,00	60,00	3,16	11,18	9,70	94,14	134	241
4	2,00	2,00	7,92	4,00	9,00	54,00	2,54	6,91	9,15	83,67	116	237
5	2,00	4,00	10,42	6,00	10,25	59,00	2,27	4,54	12,33	152,05	118	224
6	2,00	4,00	12,33	7,00	12,00	60,00	2,04	3,19	13,41	179,90	110	218
7	2,00	6,00	13,94	8,00	18,00	60,00	1,67	2,00	13,70	187,64	98	209
8	2,00	6,00	15,38	8,50	22,25	60,00	1,14	0,98	14,27	203,76	93	192
9	2,00	6,00	16,02	10,00	20,25	60,00	1,51	1,38	14,23	202,44	89	176
10	2,00	7,00	17,75	12,50	25,00	60,00	1,10	0,15	13,97	195,04	79	164
11	2,00	8,00	17,92	12,00	26,25	60,00	1,06	0,18	13,45	180,81	75	144
12	2,00	9,00	18,61	14,00	25,00	60,00	1,14	0,61	12,92	166,82	69	135
13	2,00	11,00	20,37	16,00	27,75	58,00	1,00	0,30	13,07	170,94	64	122
14	3,00	10,00	20,79	16,00	27,50	60,00	1,16	0,46	14,31	204,74	69	111
15	2,00	12,00	22,70	18,00	30,25	59,00	0,89	-0,07	14,43	208,13	64	100
16	3,00	11,00	21,33	16,00	32,00	60,00	0,96	-0,04	14,33	205,26	67	81

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Tabela 26: Estatísticas descritivas das 3051 amostras referentes ao número de golpes do ensaio SPT nos 30 centímetros finais de cada trecho ensaiado das 242 sondagens à percussão na área do estudo de caso 1 até 21 m de profundidade.

Profundidade (Metros)	Mínimo	Quartil inferior	Média	Mediana	Quartil superior	Máximo	Assimetria	Curtose	Desvio Padrão	Variância	Coefficiente de Variação	Número de ensaios SPT
17	4,00	12,00	22,65	17,00	31,50	58,00	0,90	-0,25	14,06	197,78	62	71
18	4,00	11,00	20,50	15,50	27,25	60,00	1,33	0,89	13,71	187,93	67	56
19	2,00	14,00	21,00	16,50	28,25	60,00	1,19	0,81	13,15	173,04	63	50
20	2,00	12,75	22,57	18,00	29,25	55,00	0,91	0,01	13,32	177,34	59	44
21	3,00	11,50	22,23	16,00	24,50	60,00	1,18	0,03	15,57	242,56	70	31
1 a 21	1,00	5,00	14,50	10,00	19,00	60,00	1,47	1,43	13,67	186,98	94	2932
> 21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	119
Corr. ¹	0,58	0,97	0,95	0,95	0,89	0,40	-	-	-	-	-	-

¹ Coeficiente de correlação de Pearson do número de golpes do ensaio SPT nos 30 centímetros finais de cada metro com a profundidade

Para cada metro, assim como na análise para todos os metros (Figura 46), foram observados valores positivos de assimetria, ou seja, maior concentração de valores baixos e caudal a direita o que implica em valores elevados que afetam o cálculo da média. Também é observado uma maior dispersão no quartil superior a partir de 6 m como mostra a Figura 47.

Com base na inclinação das retas e nos intervalos interquartis do número de golpes, exibidos na Figura 47, foram definidas três zonas nas quais estimam-se comportamentos geotécnicos distintos:

- A zona 1 é ocorre até a 4 m de profundidades sendo definida pela concentração de 75% dos valores medidos ser inferior a sete golpes;
- A zona 2, que ocorre de 4 a 15 m, apresenta um número de golpes aumentando com a profundidade; e
- A zona 3 ocorre em profundidades superiores a 15 m, média entre 20 e 25 golpes, e com 75% dos valores medidos inferiores a 30 golpes.

A inclinação das retas que definem as zonas 1 e 3 são inferiores que a inclinação que define a zona 2, onde o intervalo interquartil varia mais com a profundidade que nas demais zonas. Observa-se que medida que a profundidade aumenta, a dispersão do número de golpes aumenta como mostra a Figura 47.

Devido as baixas resistências do solo da região, os resultados dos ensaios a percussão não são os mais adequados para delimitações de zonas de comportamento. Para esses casos, é recomendado a execução de ensaios complementares capazes de medir a resistência de uma maneira contínua ao longo do perfil, como o penetrômetro PANDA desde que atento a limitação

RESULTADOS E DISCUSSÕES

de profundidade, ou de métodos geofísicos como, mas não estão indisponíveis nessa área de estudo.

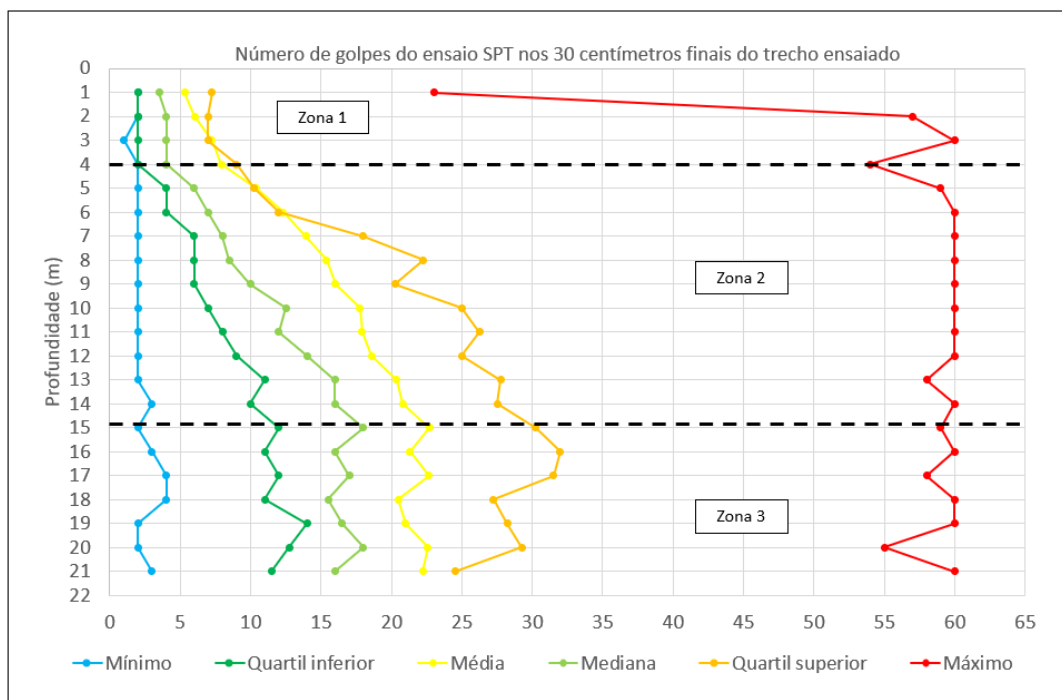


Figura 47: Valor mínimo, quartil inferior, média, mediana, quartil superior, máximo do número de golpes do ensaio SPT nos 30 centímetros finais de cada trecho de 45 centímetros ensaiado das sondagens à percussão até 21 metros de profundidade.

Ao separar os dados por período chuvoso definido entre os meses de setembro e abril e período seco entre os meses de maio e agosto não se observa muita diferença de forma das distribuições dos números de golpes (Figura 48).

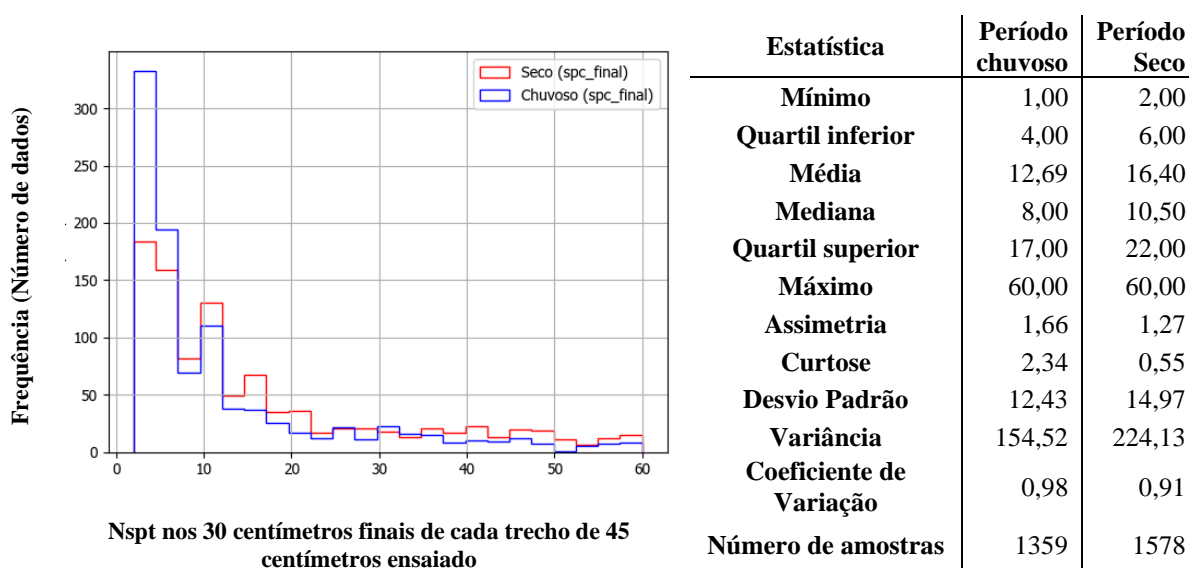


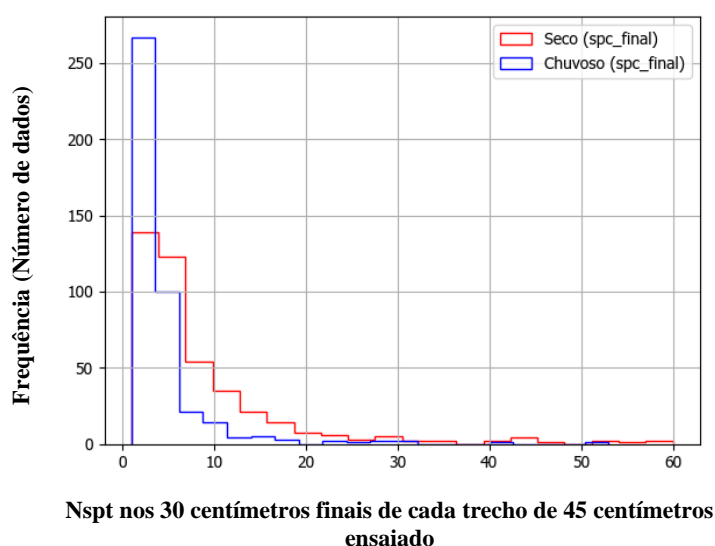
Figura 48: Histogramas do número de golpes do ensaio SPT nos 30 centímetros finais de cada trecho ensaiado de 45 centímetros até 21 m de profundidade - período chuvoso (azul) e período seco (vermelho).

O teste Mann-Whitney U Test foi realizado para comparar as distribuições em termos de mediana considerando que ambas as distribuições não apresentam a forma de uma distribuição normal. Assumindo como hipótese nula (H_0) que as amostras são semelhantes em termos de mediana e a hipótese alternativa (H_1), que as amostras são diferentes em termos de mediana, o teste retorna o valor de 85,36 rejeitando H_0 sendo possível concluir que as distribuições das amostras são estatisticamente diferentes em termos de mediana.

Entretanto, é possível verificar uma assimetria um pouco maior assim como uma frequência maior de valores inferiores a 10 golpes no período chuvoso, representado pela linha curva azul na Figura 48. A mesma análise foi realizada individualmente para as três zonas identificadas na Figura 47 cujos gráficos são exibidos na Figura 49, Figura 50 e Figura 51.

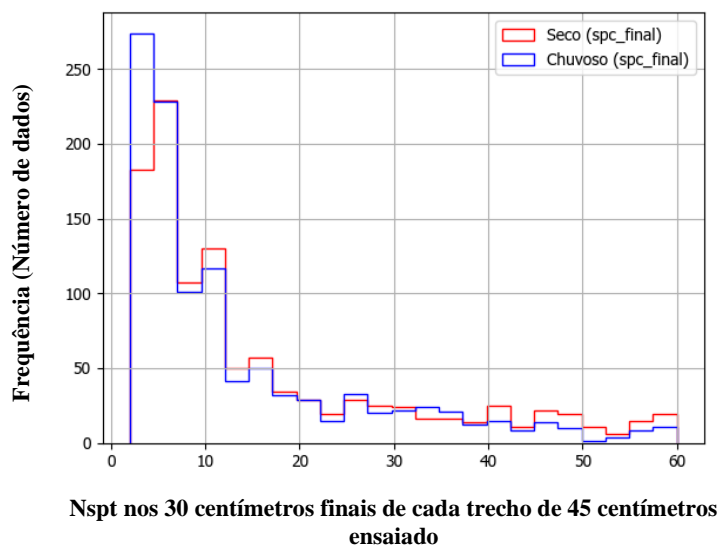
Na primeira zona, a média e mediana do número de golpes obtidos no período chuvoso são menores que a metade dos valores obtidos para a média e mediana obtidos para o período seco. Os valores máximos obtidos no período chuvoso também são inferiores aos valores obtidos para o período seco (Figura 49).

Na segunda zona, a média e mediana do número de golpes no período chuvoso são 20% inferiores do que valores obtidos para o período seco (Figura 50) enquanto na terceira zona, a média no período chuvoso é 5% inferior ao valor obtido para o período seco e a mediana no período chuvoso é 15% inferior ao valor obtido para o período seco (Figura 51).



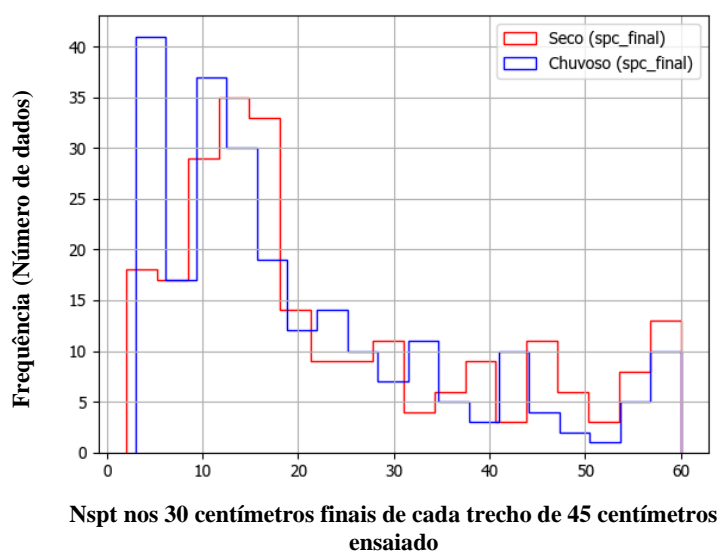
Estatística	Período chuvoso	Período Seco
Mínimo	2,00	1,00
Quartil inferior	2,00	2,00
Média	4,42	8,11
Mediana	3,00	4,00
Quartil superior	6,00	9,00
Máximo	25,00	60,00
Assimetria	2,59	3,15
Curtose	8,20	10,81
Desvio Padrão	3,86	10,55
Variância	14,31	111,38
Coefficiente de Variação	0,87	1,30
Número de amostras	201	357

Figura 49: Histogramas do número de golpes do ensaio SPT nos 30 centímetros finais de cada trecho de 45 centímetros ensaiado no período chuvoso (azul) e período seco (vermelho) para profundidade até 3 m.



Estatística	Período chuvoso	Período Seco
Mínimo	2,00	2,00
Quartil inferior	5,00	7,00
Média	11,43	22,79
Mediana	8,00	15,00
Quartil superior	14,00	37,00
Máximo	60,00	60,00
Assimetria	2,10	0,77
Curtose	5,01	-0,80
Desvio Padrão	10,45	19,13
Variância	109,20	367,43
Coefficiente de Variação	0,91	0,84
Número de amostras	1003	1063

Figura 50: Histogramas do número de golpes do ensaio SPT nos 30 centímetros finais de cada trecho de 45 centímetros ensaiado no período chuvoso (azul) e período seco (vermelho) para profundidade entre 4 e 15 m.



Estatística	Período chuvoso	Período Seco
Mínimo	2,00	3,00
Quartil inferior	11,00	26,00
Média	18,94	38,75
Mediana	15,00	39,00
Quartil superior	21,00	54,00
Máximo	60,00	60,00
Assimetria	1,51	-0,33
Curtose	2,01	-1,00
Desvio Padrão	12,40	16,39
Variância	153,69	258,59
Coefficiente de Variação	0,65	0,42
Número de amostras	155	158

Figura 51: Histogramas do número de golpes do ensaio SPT nos 30 centímetros finais de cada trecho de 45 centímetros ensaiado no período chuvoso (azul) e período seco (vermelho) para profundidade maior que 15 m.

Ao gerar um gráfico com as médias e medianas do número de golpes do ensaio SPT nos 30 cm finais de cada trecho de 45 cm ensaiados no período chuvoso e seco (Figura 53) observa-se que os valores das médias e medianas do número de golpes são maiores no período seco. A faixa do período seca é mais ampla que a faixa do período chuvoso cabendo ressaltar que em quase todas as profundidades a faixa do período seco engloba o intervalo da faixa do período chuvoso. Os valores médios e medianos são até três vezes maiores no período seco do que no período chuvoso.

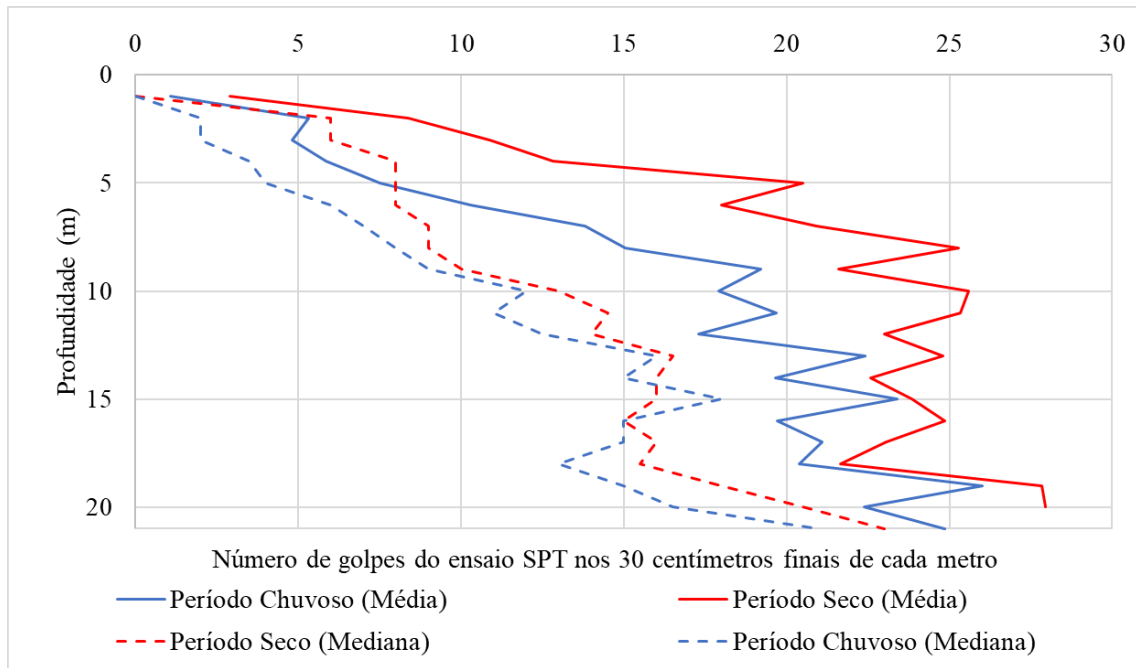


Figura 52: Valores médios, medianos do número de golpes do ensaio SPT nos 30 centímetros finais de cada trecho de 45 cm ensaiado no período chuvoso e período seco.

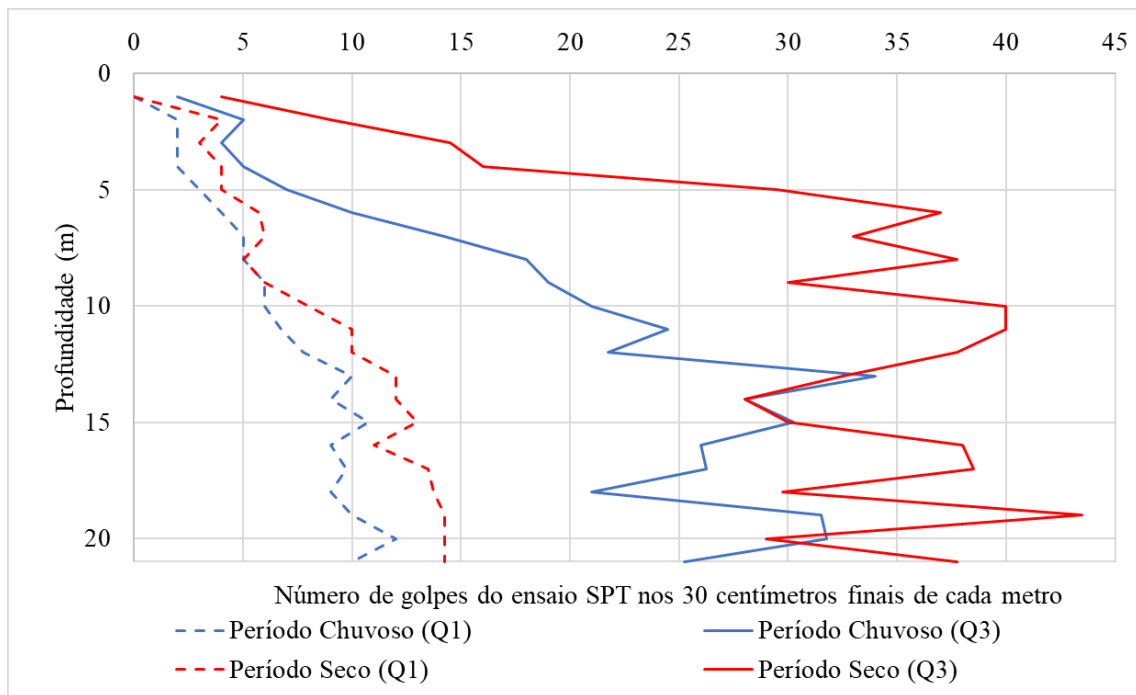


Figura 53: Valores primeiro e terceiro quartil do número de golpes do ensaio SPT nos 30 centímetros finais de cada trecho de 45 cm ensaiado no período chuvoso e período seco.

4.5.1.2. Profundidade até o impenetrável

Além da resistência do solo, foi possível analisar a variável profundidade até o impenetrável que fornece estimativas melhores para a espessura dos solos que o plano de

informação (PI) da pedologia (ZEE, 2011). Como o PI foi elaborado com fins agrícolas, a área urbana é excluída dos levantamentos de campo e conseqüentemente não possuem informações como espessura e textura do solo. A Figura 54 apresenta o histograma e estatísticas descritivas das profundidades até o impenetrável representado pela variável “i_depth_imp” (Tabela 66).

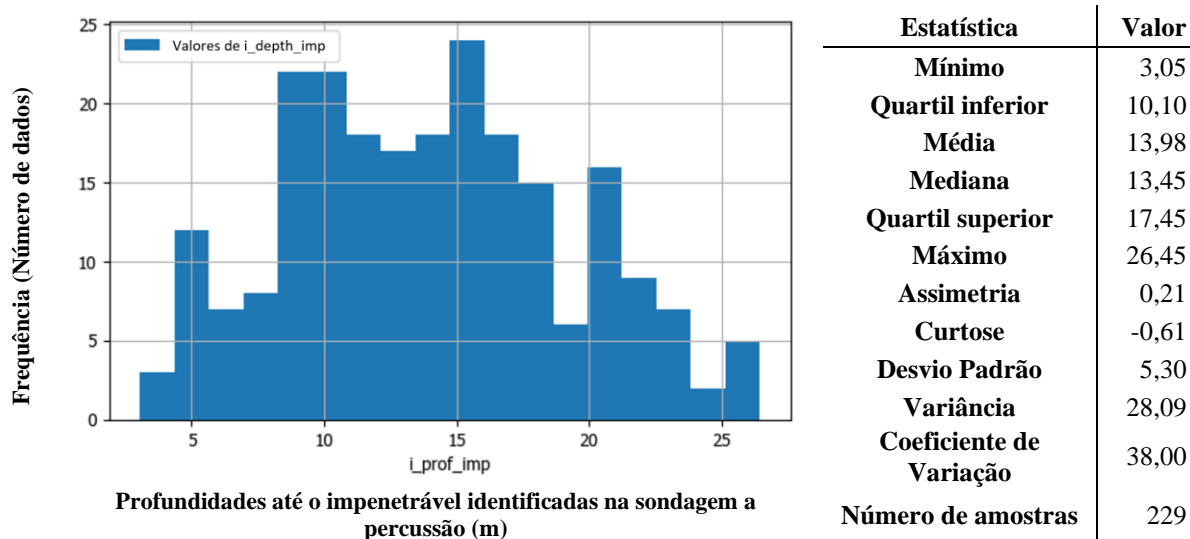


Figura 54: Histograma de frequência e estatísticas descritivas das profundidades até o impenetrável na área do estudo de caso 1.

A distribuição aparenta se aproximar de uma distribuição normal sendo difícil observar a pequena assimetria positiva da distribuição. A amostra da variável profundidade do impenetrável indica que os valores variam entre 3,05 e 26,45 m com 50% dos valores concentrados entre 10,10 e 17,45 m.

O teste de normalidade de Anderson-Darling assume como hipótese nula (H_0) que os dados seguem uma distribuição normal e como hipótese alternativa (H_1) que os dados não seguem uma distribuição normal. O valor calculado de 0,901 é inferior ao valor crítico de 0,903 para um nível de significância de 5%, ou seja, há evidências que as amostras não sigam uma distribuição normal. Partindo do princípio da normalidade da distribuição e da representatividade da amostra em relação a população que pertence, é possível estimar que o intervalo de valores plausíveis da média da população, com variância desconhecida, de uma variável (Lunet *et al.*, 2008), no caso a profundidade até o impenetrável, que está entre 13,40 e 14,55 m para um nível de confiança de 95%. Esse intervalo é construído de forma tal que ao valor verdadeiro será contido no intervalo com uma especificada probabilidade.

Diante da proximidade dos valores calculados e crítico do teste de normalidade, foi utilizado algoritmo *bootstrapping*, proposto por Efron (1979), para estimar a média da população da variável das profundidades até o impenetrável, partindo da premissa de que a amostra é representativa da população e que as observações são independentes e identicamente

distribuídas. O algoritmo realiza uma amostragem com substituição de dados observados para estimar a variabilidade em estatística de interesse e não depende de considerações sobre a distribuição das variáveis aleatórias envolvidas.

A distribuições da estatística de interesse são obtidas a partir do cálculo de uma amostra obtida por amostragem com repetição de dez valores de 50% de todos os dados, definido aleatoriamente. Esse procedimento é repetido 50.000 vezes, e os resultados são armazenados, dando origem a distribuição simulada. A distribuição gerada para as médias apresenta um intervalo de confiança com limite inferior de 13,48 m e limite superior de 14,47 m, muito semelhantes aos estimados para o intervalo de valores da média da população.

A variável profundidade do impenetrável foi espacializada pela técnica krigagem ordinária ajustado ao semivariograma omnidirecional utilizando algumas amostras no entorno para reduzir o efeito de borda. O modelo teórico, representado pela linha contínua na Figura 55, que melhor se ajustou ao modelo experimental. Representados pelos marcadores em azul na Figura 55, foi o *stable*, combinação dos modelos exponencial e gaussiano, com parâmetro de ajuste com valor 2,0, efeito pepita de 4 m, patamar de 240 m² e um alcance de 600 m. O resultado da espacialização, o semivariograma ajustado e o histograma da variável são apresentados na Figura 55.

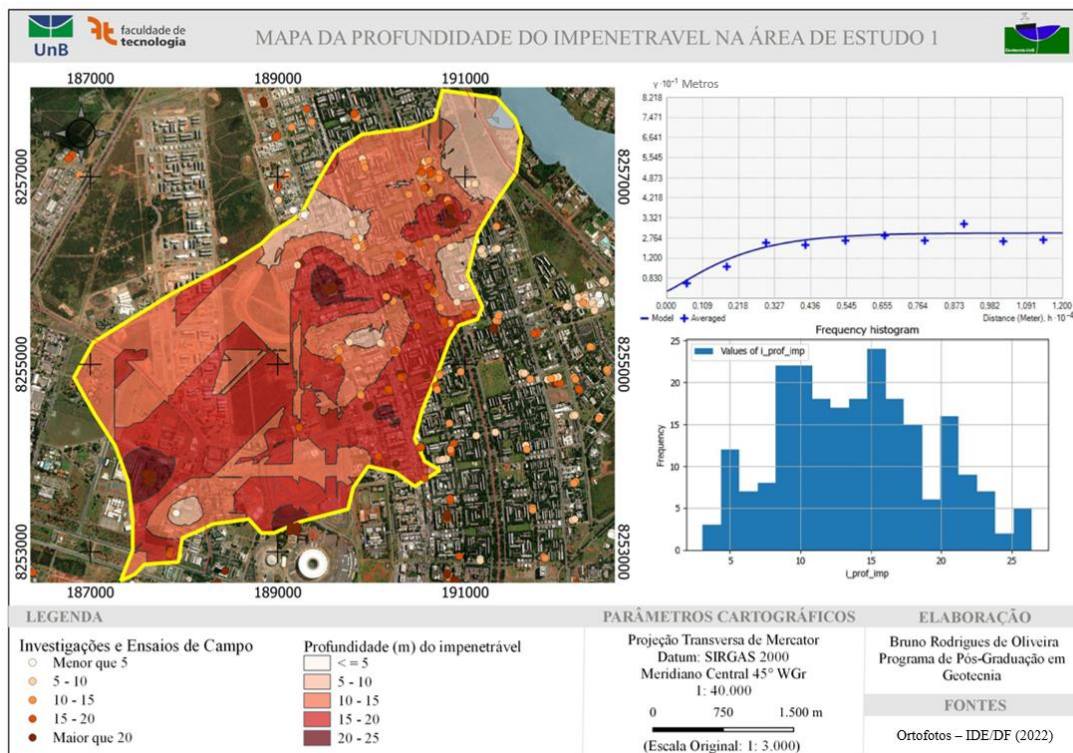


Figura 55: Mapa de profundidade do impenetrável na área de estudo 1 gerado pela técnica de krigagem ordinária.

Para validação dos resultados foi utilizada uma amostra com treze pontos, escolhida aleatoriamente e que não estavam incluídos na espacialização, que apresentou diferença máxima de 0,7 m entre o valor real profundidade do impenetrável e o valor estimado pelo modelo. A ausência de dados na região oeste da área em estudo pode influenciar os resultados pela interpolação, que por sua vez reflete bem a amostra de dados em que a maior frequência de resultados se encontra na faixa de 8 a 18 m. Este resultado pode subsidiar estudos relacionadas a fundações, obras subterrâneas e até mesmo análises que necessitam de uma estimativa da profundidade do solo.

Na região do Noroeste, na área mais a jusante do exutório onde não existem dados cadastrados no banco de dados, os valores estimados são extrapolações baseado no ajuste do modelo teórico e por esse motivo os limites entre as classes de profundidade não devem ser considerados.

4.5.1.3. Teor de finos e limites de Atterberg

Outra variável passível de ser analisada é a granulometria do solo que influência nas propriedades geotécnicas, como resistência e permeabilidade. Infelizmente, não foram executados ensaios nos mesmos locais dos furos de sondagem, impedindo uma associação com os resultados dos furos.

Com base no histograma e nas estatísticas descritivas apresentados na Figura 57, observa-se uma baixa amplitude de teores de finos, representado pela variável “g_teor_finos” (Tabela 112), e que visualmente a distribuição não aparenta se aproximar de uma distribuição normal sendo fácil observar a pequena assimetria negativa da distribuição.

O teste de normalidade de Anderson-Darling assume como hipótese nula (H_0) que os dados seguem uma distribuição normal e como hipótese alternativa (H_1) que os dados não seguem uma distribuição normal. O valor calculado de 0,421 é inferior ao valor crítico de 0,566 para um nível de significância de 1%, ou seja, não há evidências que as amostras não sigam uma distribuição normal.

Nos dados originais compilados não havia indicação da profundidade e do método da coleta das amostras, entretanto, como a finalidade dos ensaios são para fins rodoviários e de caracterização supõe-se que a coleta tenha sido realizada por sondagens a trado a pequenas profundidades. Em contrapartida, todos os ensaios continham a informação sobre a não utilização de defloculante na sua execução, o que corrobora com os valores observados.

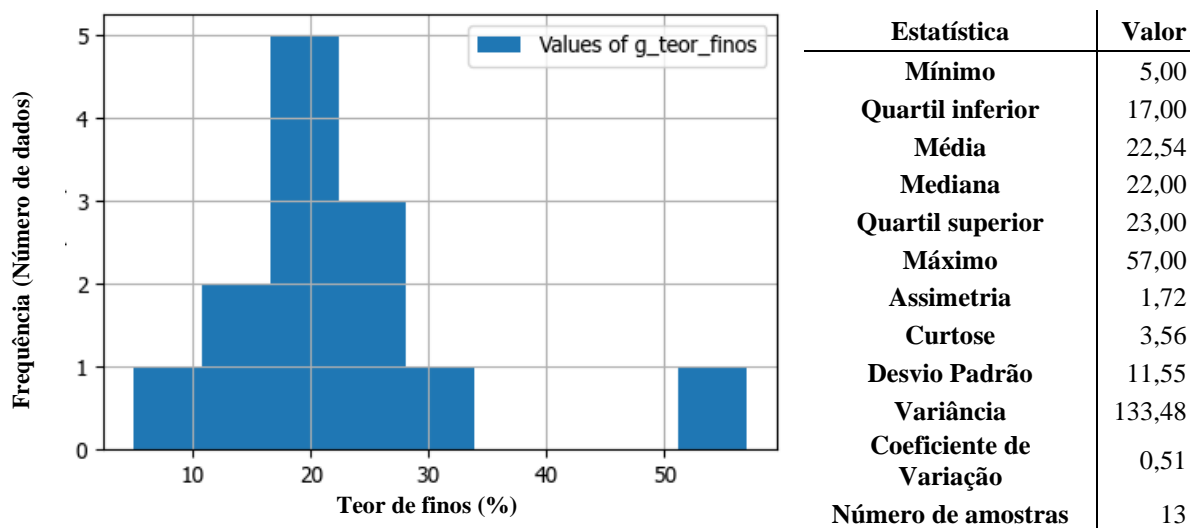


Figura 56: Histograma de frequência e estatísticas descritivas do teor de finos na área do estudo de caso 1.

Assim como na variável profundidade do impenetrável, o teor de finos foi especializado pela técnica krigagem ordinária com modelo teórico, *stable* com parâmetro de ajuste com valor 1,2, ajustado ao semivariograma omnidirecional com efeito pepita de 8%, patamar de 500 %² e alcance de 5.600 m utilizando amostras no entorno para reduzir o efeito de borda, ambos apresentados na Figura 57.

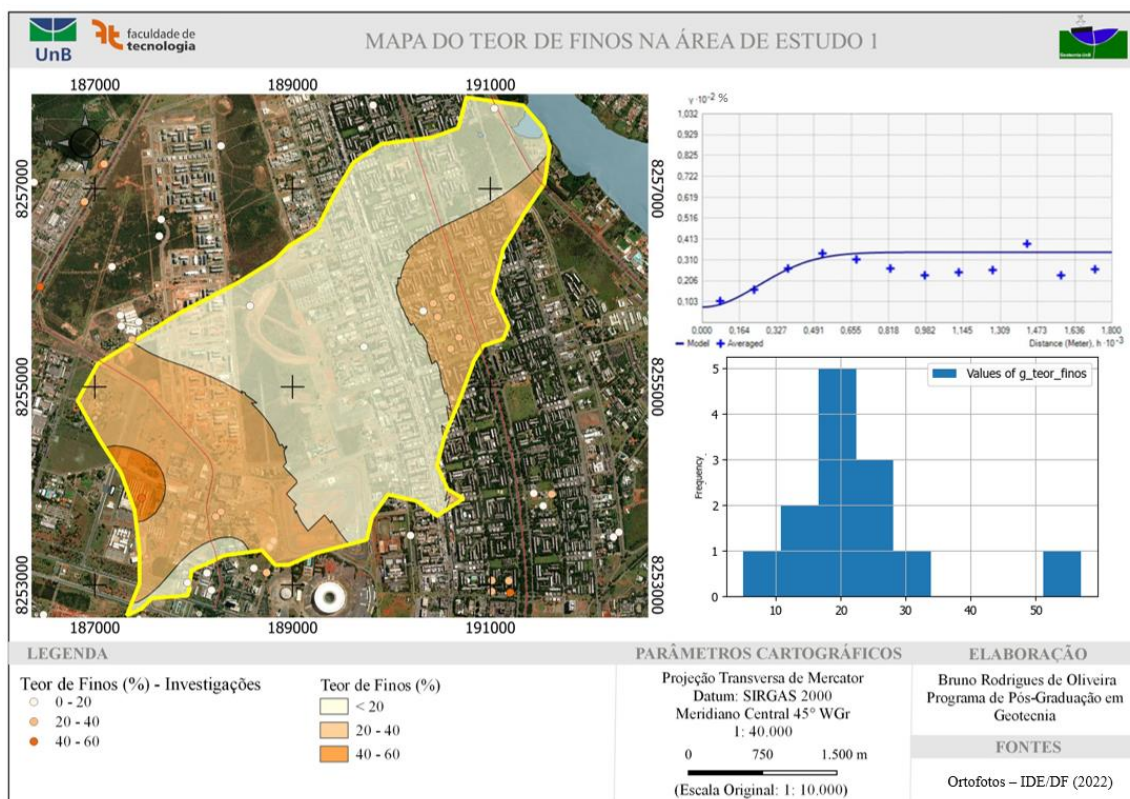


Figura 57: Mapa de teor de finos na área de estudo 1 gerado pela técnica de krigagem ordinária.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para validação dos resultados foi utilizada uma amostra com treze pontos, escolhidos aleatoriamente e que não estavam incluídos na espacialização, que apresentou diferença máxima de 5% entre o valor real e o estimado.

Vale ressaltar que a superfície interpolada apresenta um detalhamento maior, apesar da baixa quantidade de amostras, do que o plano de informação de pedologia apresentado na Figura 45, reforçando a importância da fase de escritório em qualquer projeto ou estudo de engenharia.

Também foi elaborado um gráfico entre o limite de liquidez e o índice de plasticidade em que a maior parte das amostras são enquadradas como siltes inorgânicos de baixa compressibilidade ou siltes/ argilas com areia fina (Figura 58).

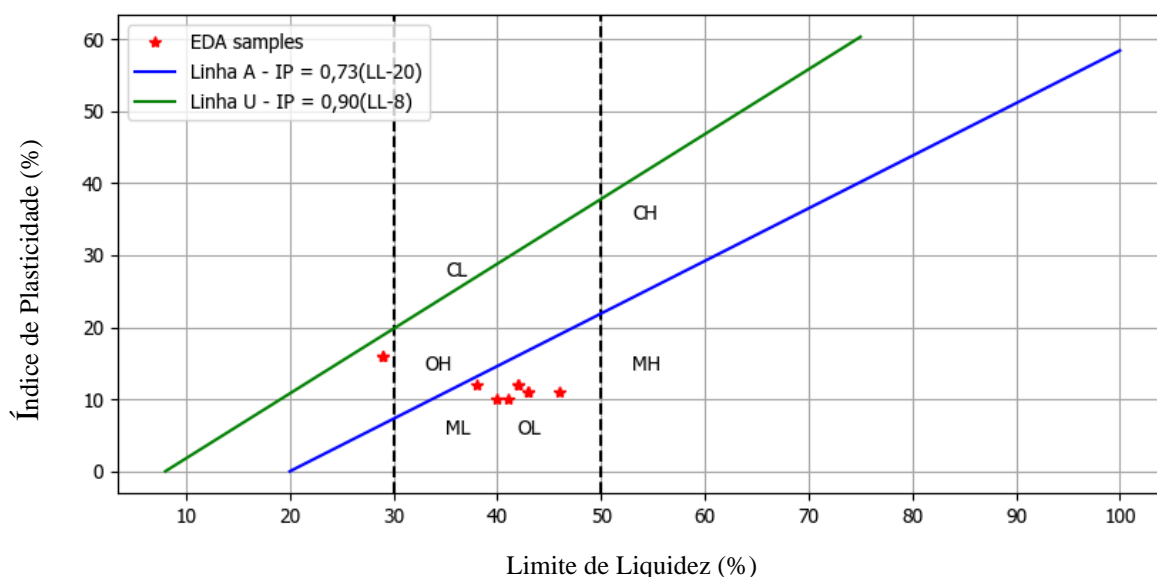


Figura 58: Gráfico de plasticidade das amostras na área de estudo 1 com índice de plasticidade no eixo y, limite de liquidez no eixo x e EDA corresponde as amostras utilizadas na análise exploratória de dados.

Considerando as informações interpretadas com base nos itens 4.5.1.1, 4.5.1.2 e 4.5.1.3, foi proposto um perfil esquemático apresentando as profundidades, texturas, faixas de número de golpes e relação entre profundidades e número de golpes. As propriedades das zonas definidas no perfil esquemático da área do estudo de caso 1 estão sumarizadas na Figura 59 e o perfil apresentado na Figura 60.

Zona		Zona 1 (0 a 4 m)	Zona 2 (4 a 15 m)	Zona 3 (>15 m)
Número de golpes (N)	Média	5 <= N <= 8	10 <= N <= 22	21 < N <= 23
	Mediana	3 <= N <= 4	6 <= N <= 18	16 < N <= 18
	CV (%)	1	90	67
	Redução no período chuvoso (%)	50	20	5 a 15
Textura		Teor de finos < 40%	Indisponível	Indisponível
Limites de Atterberg		30 <= wl <= 50 10 <= ip <= 15	Indisponível	Indisponível
Relação linear entre profundidade e número de golpes (Nspt)		Nspt = (Profundidade +13,00)/4,00 (Mediana)	Nspt = (Profundidade +0,56)/0,81 (Mediana)	Nspt = (Profundidade +10,25)/0,50 (Mediana)
		Nspt = (Profundidade +4,70)/1,08 (Média)	Nspt = (Profundidade +4,83)/0,87 (Média)	Nspt = (Profundidade +5,60)/0,59 (Média)
Substrato rochoso		Metassiltitos argilosos homogêneos (MNPpart) e ardósias intensamente fraturadas (MNPpar). Em ambas as formações geológicas ocorrem níveis de quartzitos finos variando em espessuras desde centimétricas a decimétricas.		

Figura 59: Propriedades estimadas para as zonas definidas no perfil esquemático do estudo de caso 1.

Ao comparar o perfil esquemático (Figura 60) com pesquisas realizadas no campo experimental (Guimarães, 2002; Pérez Collantes, 2022), localizado a 1,5 km, inserido no mesmo contexto geológico, geomorfológico e pedológico em escala regional observa-se diferenças entre os limites propostos para as zonas. Isso ocorre porque Guimarães (2002) e Pérez Collantes (2022) realizaram coleta de amostras e ensaios de campo que permitiram delimitar o perfil com precisão enquanto o perfil proposto foi delimitado com base nos resultados dos ensaios de campo.

Guimarães (2002) dividiu o perfil do campo experimental em três zonas: 0 a 3,5 m composta por areia argilosa-siltosa porosa; 3,5 a 8,5 m composto por material argilo areno-siltoso; e partir de 8,5 m o solo transicional para um solo residual mais jovem de textura mais siltosa.

Pérez Collantes (2022) atualiza o perfil subdividindo-o perfil de intemperismo em solos lateríticos até 8 m, solo de transição entre 8,0 e 12,0 m e saprolítico entre 12 e 24 m. O solo laterítico até 3 m é composto de material arenoso argilo siltoso e entre 3 e 8 m por um material argilo areno siltoso. A zona de transição é composta de um silte variegado e abaixo de 12 m por um material siltoso.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Mesmo com dados compilados, o perfil esquemático aponta uma transição em 4 m próximo ao observado por Guimarães (2002) e uma segunda transição a 15 m, próximo ao observado por Pérez Collantes (2022).

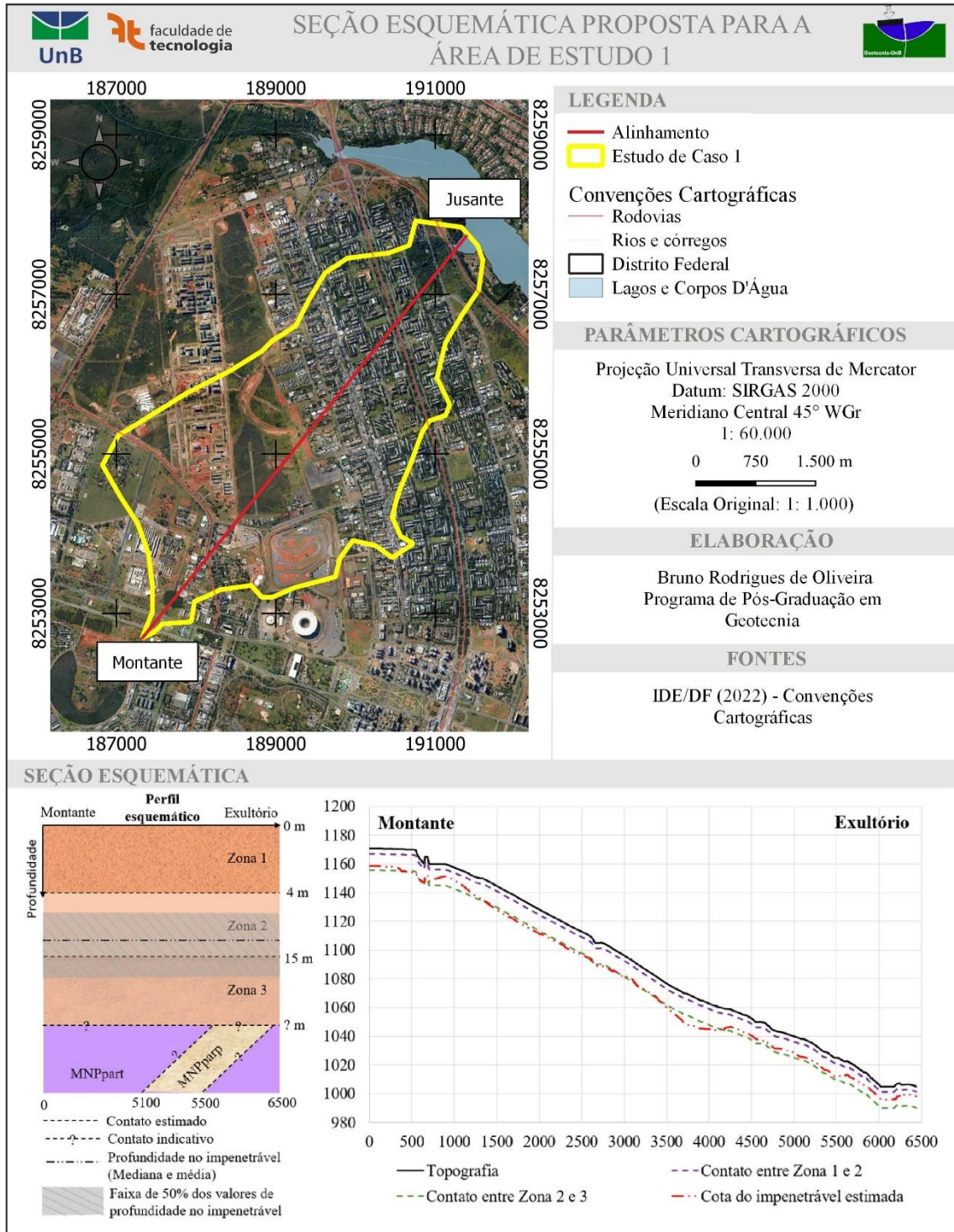


Figura 60: Perfil esquemático proposto para a área do estudo de caso 1. As cores não possuem significado físico e foram incluídas por perfil esquemático para facilitar a diferenciação das zonas.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foi elaborada uma seção (Figura 61) em uma área próximo ao exultório da sub-bacia e do parque Olhos d'Água para avaliar as condições esperadas em subsuperfície. A zonas foram diferenciadas por valores de resistência a penetração porque os dados disponíveis não apresentavam informações suficientes sobre a descrição e a origem do solo residual maduro investigado.

O solo residual maduro na área apresenta uma profundidade média do impenetrável de 14 m dentro da margem estimada pela interpolação no item 4.5.1.2 e com horizontes compatíveis com o perfil esquemático apresentado na Figura 60. Como mencionado anteriormente no item 4.5.1.2, devido as baixas resistências do solo da região, os resultados dos ensaios a percussão não são os mais precisos para delimitações de zonas de comportamento.

Apesar dos dados inseridos no banco de dados não tenham sido compilados com a finalidade específica de caracterização da área em estudo e muitas informações não apresentem os dados que os originaram, as análises realizadas foram capazes de subsidiar a geração de informações relevantes sobre a variabilidade da propriedade N_{spt} e sua relação com a sazonalidade, da profundidade do impenetrável e do teor de finos.



Figura 61: Seção traçada a partir das sondagens a percussão na área ao lado do parque olhos d'água.

A análise separada por profundidades permite identificar o aumento do número de golpes com a profundidade, que quando separados em período chuvoso e seco permitiu identificar que a média e mediana do número de golpes no período seco são maiores que no período chuvoso. No tocante ao teor de finos, apesar da pequena quantidade de amostras, foi possível espacializar a variável gerando informações indisponíveis nos PI temático de solos.

Por fim, é importante ressaltar que a quantidade de dados não deve ser um impeditivo visto que o tamanho da amostra é considerado nas análises estatísticas e a concepção de que os dados não são suficientes é uma concepção equivocada. O que deve ser levado em consideração é a possibilidade de fazer estimativas confiáveis sobre a população da amostra (Phoon *et al.*, 2019).

4.5.2. Estudo de Caso 2: Setor Habitacional Taquari – Etapa 2

A segunda área corresponde ao trecho central do Setor Habitacional Taquari - 2ª Etapa com 7 km², a nordeste da área do estudo de caso 1, na Região Administrativa (RA) XVIII – Lago Norte do Distrito Federal (DF) como mostra a Figura 62.

A distribuição espacial das unidades geológicas, geomorfológicas e pedológicas são apresentadas na Figura 63.

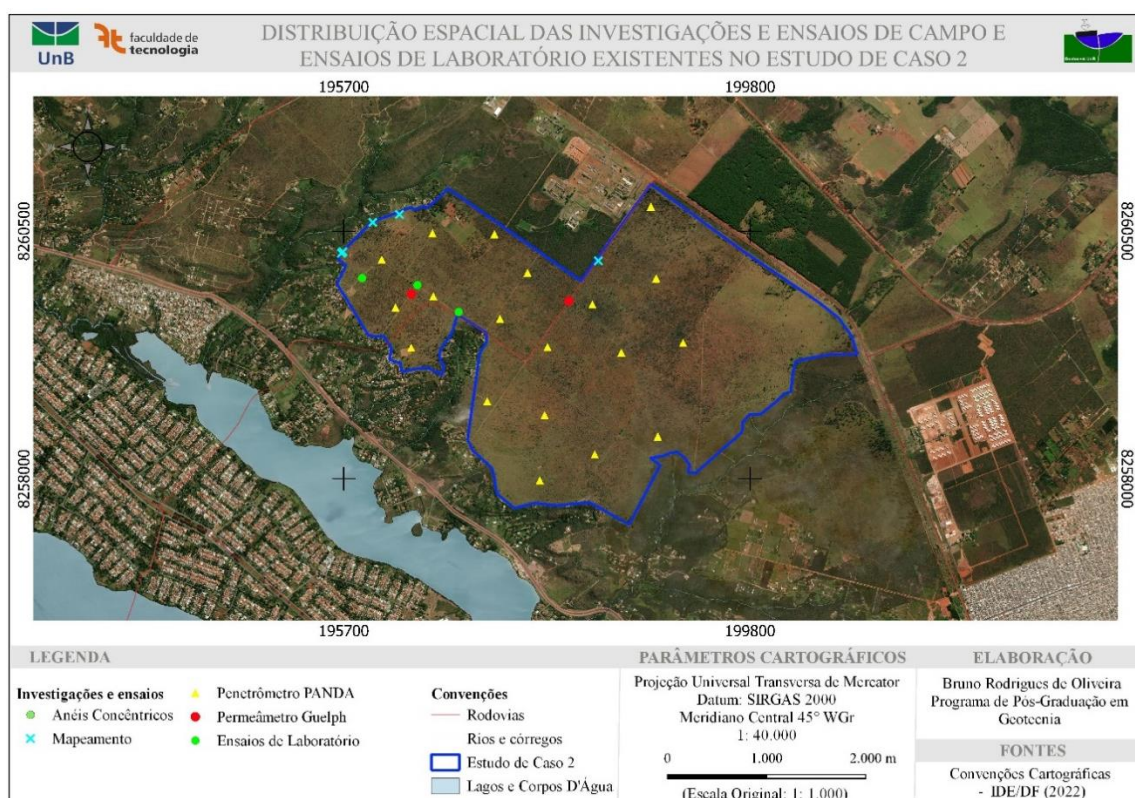


Figura 62: Distribuição espacial das investigações disponíveis na área do estudo de caso 2.

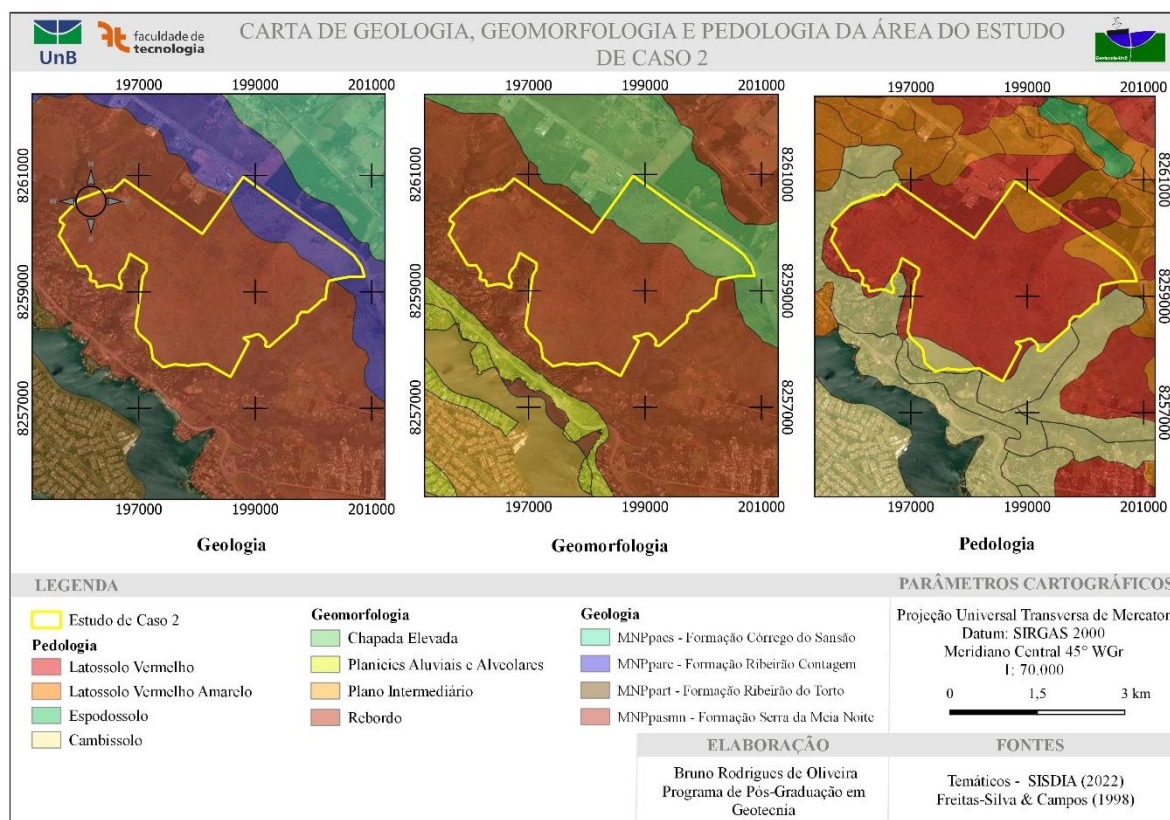


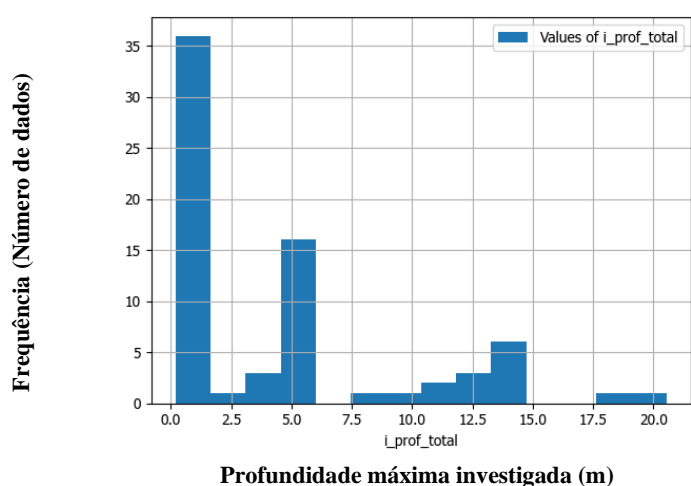
Figura 63: Geologia, geomorfologia e pedologia da área de estudo 2 e entorno.

Geologicamente a área está inserida na Formação Serra da Meia Noite (MNPPasmm) caracterizada por alternâncias de estratos centimétricos a métricos de quartzitos finos a médios com níveis geralmente mais delgados de metassiltitos argilosos, metalamitos siltosos e metalamitos micáceos, o que define um caráter rítmico a unidade (Campos *et al.*, 2013).

Essa unidade ocorre nos rebordos, entre a chapada e depressão Paranoá, caracterizada por declividades inferiores a 10%, cotas entre 1100 e 1200 m e baixa densidade de drenagem, sendo recobertas por latossolos apresentam espessuras ente 2 e 25 m, com média de 15 m, e o saprólito destes solos podem alcançar espessuras de até 25 m (Lousada e Campos, 2005).

4.5.2.1. Profundidade total investigada

A primeira variável a ser analisada é a profundidade do solo, denominada ao longo do texto de “i_depth_total” (Tabela 66), na qual optou-se por realizar duas seleções nos dados disponíveis visando avaliar a influência dos critérios de seleção. A primeira seleção corresponde a todos os dados disponíveis referentes a profundidade do solo, independentemente do tipo de investigação, dentro do mesmo contexto geológico (Formação Serra da Meia Noite), pedológico (Latossolos) e geomorfológico (Rebordo) supramencionado, denominada de amostra geral cuja estatística descritiva é apresentada na Figura 64.

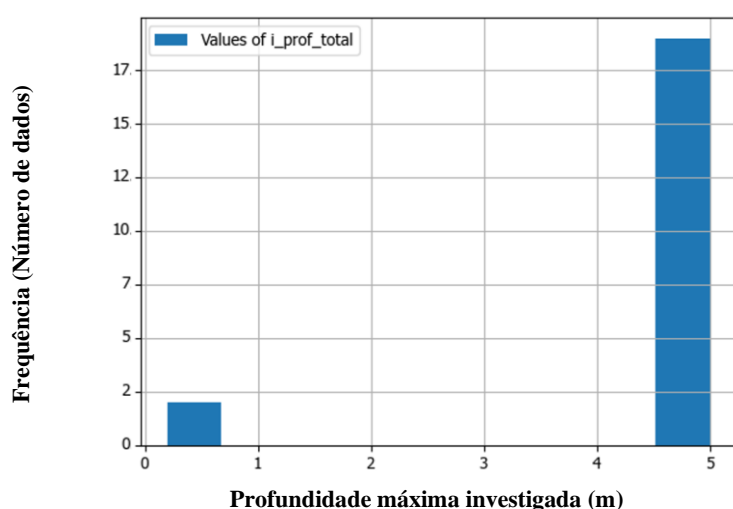


Estatística	Valor
Mínimo	0,20
Quartil inferior	1,00
Média	4,59
Mediana	1,50
Quartil superior	5,00
Máximo	20,54
Assimetria	1,40
Curtose	0,99
Desvio Padrão	4,91
Variância	24,07
Coefficiente de Variação	1,07
Número de amostras	73

Figura 64: Histograma de frequência e estatísticas descritivas da profundidade do solo na amostra geral.

No caso da amostra geral (Figura 64), observa-se uma assimetria positiva com maior concentração de valores inferiores a 5 m de profundidade, que está relacionada com a finalidade das investigações destinadas à caracterização de jazidas de empréstimo e para projetos de rodovias. Apesar das limitações supramencionadas, o conjunto de dados apresenta uma variação de profundidade compatível com a faixa definida na literatura de espessuras entre 2 e 25 m, com média de 15 m, e o saprólito destes solos podem alcançar espessuras de até 25 m (Lousada & Campos, 2005; ZEE, 2011)

A segunda seleção, denominada de amostra local, corresponde aos dados que estão completamente inseridos dentro da área de estudo cuja estatística descritiva é apresentada na Figura 65.



Estatística	Valor
Mínimo	0,20
Quartil inferior	5,00
Média	4,54
Mediana	5,00
Quartil superior	5,00
Máximo	5,00
Assimetria	-2,76
Curtose	5,61
Desvio Padrão	1,41
Variância	1,99
Coefficiente de Variação	0,31
Número de amostras	21

Figura 65: Histograma de frequência e estatísticas descritivas da profundidade do solo na amostra local.

Na amostra local (Figura 65), observa-se uma concentração dos valores de profundidade que está relacionada diretamente com a finalidades das investigações. A concentração de valores no intervalo entre 4 e 5 m devido ao método utilizado critério de paralização que consistia na limitação do equipamento utilizado, no caso o Penetrômetro PANDA, por Almeida (2022), enquanto as concentrações de valores inferiores a 1 m estão relacionadas a sondagens a trado para execução dos ensaios de laboratório executados por Nogueira (2018).

A finalidade da investigação, o equipamento utilizado e os critérios de paralização influenciam nas estatísticas descritivas da amostra geral e local, devendo se restringir a utilização dos valores apresentados somente para fins de referência.

4.5.2.2. Limites de Atterberg

No tocante aos limites de Atterberg, somente estavam disponíveis dados suficientes para uma análise descritiva na amostra geral. Os histogramas do limite de plasticidade (Figura 66) e do limite de liquidez (Figura 67) apresentam uma leve assimetria positiva devido a alguns valores mais elevados. Entretanto, os valores de média e mediana são muito próximo indicando pouca influência dos valores mais extremos do histograma. É possível observar que variação de w_p e de w_l da amostra geral é de aproximadamente 10% de umidade.

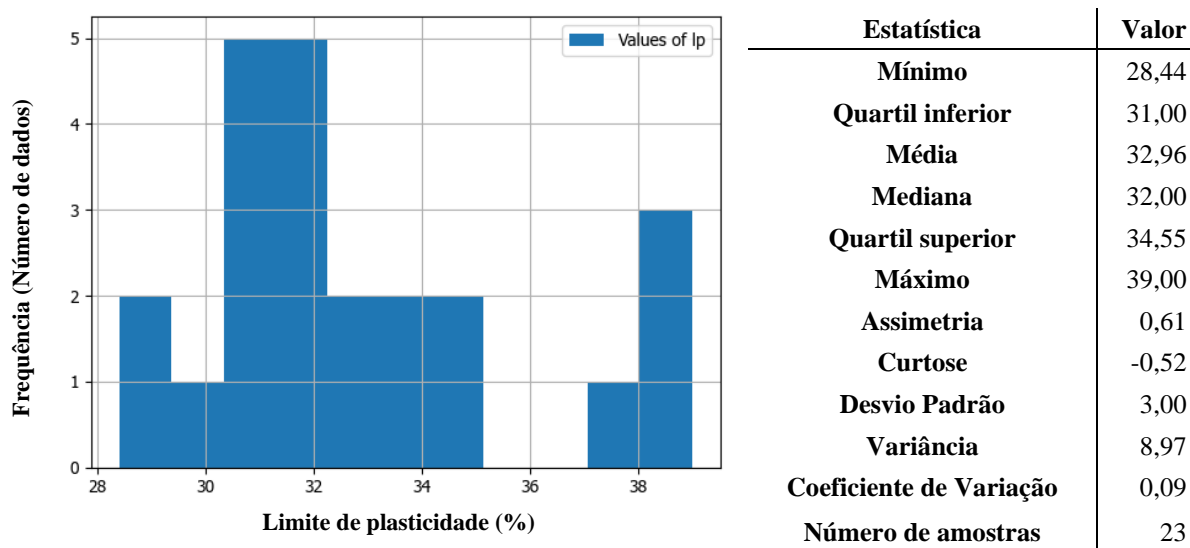


Figura 66: Histograma de frequência e estatísticas descritivas do limite de plasticidade dos solos na amostra geral.

O histograma da variável índice de plasticidade (Figura 68) exibe uma forma semelhante aos histogramas dos limites de plasticidade e liquidez, ou seja, valores de média e mediana próximos e assimetria positiva.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os solos que compõem a amostra geral apresentam valores de I_p variando entre 6,4% e 16,4%, sendo metade das amostras apresentando valores entre 8,0 e 12,0% e podem ser categorizados como de baixa a média plasticidade.

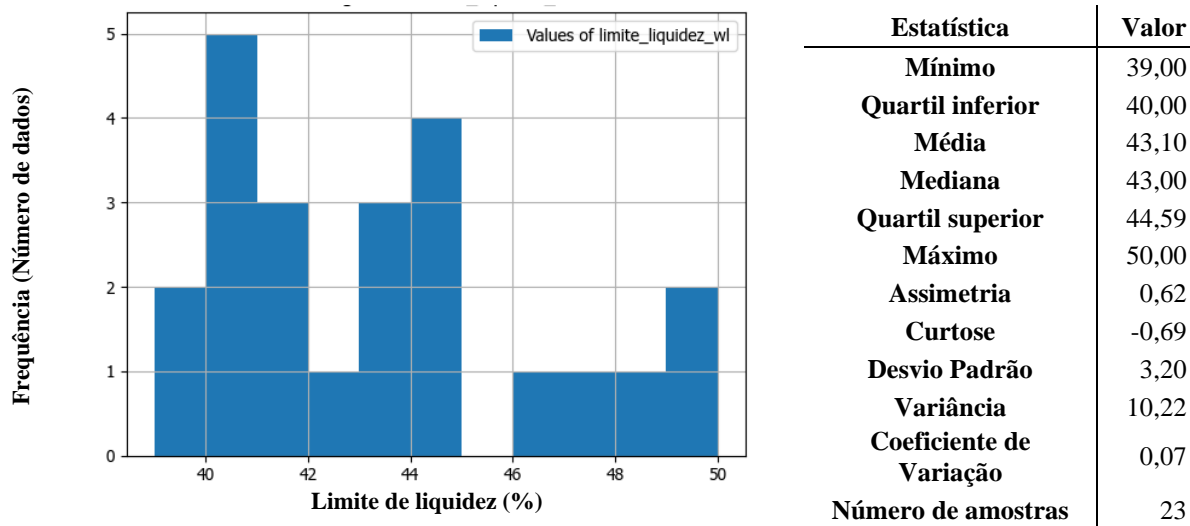


Figura 67: Histograma de frequência e estatísticas descritivas do limite de liquidez dos solos na amostra geral.

No gráfico de plasticidade (Figura 69), as amostras estão inseridas na região de siltes orgânicos e inorgânicos, argilas siltosas de baixa plasticidade e areias finas siltosas ou argilosas (ML ou OL).

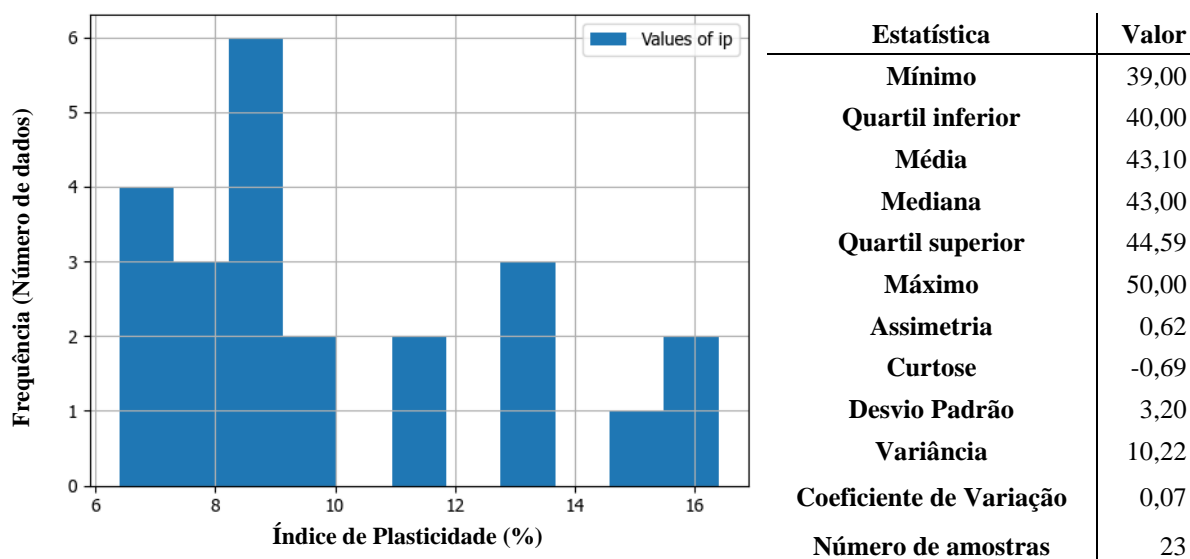


Figura 68: Histograma de frequência e estatísticas descritivas do índice de plasticidade dos solos na amostra geral.

Os ensaios de caracterização, do tipo limites de Atterberg, realizados na área de estudo por (Nogueira, 2018) apresentaram valores de w_l entre 27,9 e 40,5%, w_p entre 22,3 e 28% e I_p entre 5,6 e 12,5, que estão incluídos no intervalo entre os valores mínimos e máximos da amostra geral e quando inseridos no gráfico, ficam localizados na mesma área do gráfico de plasticidade.

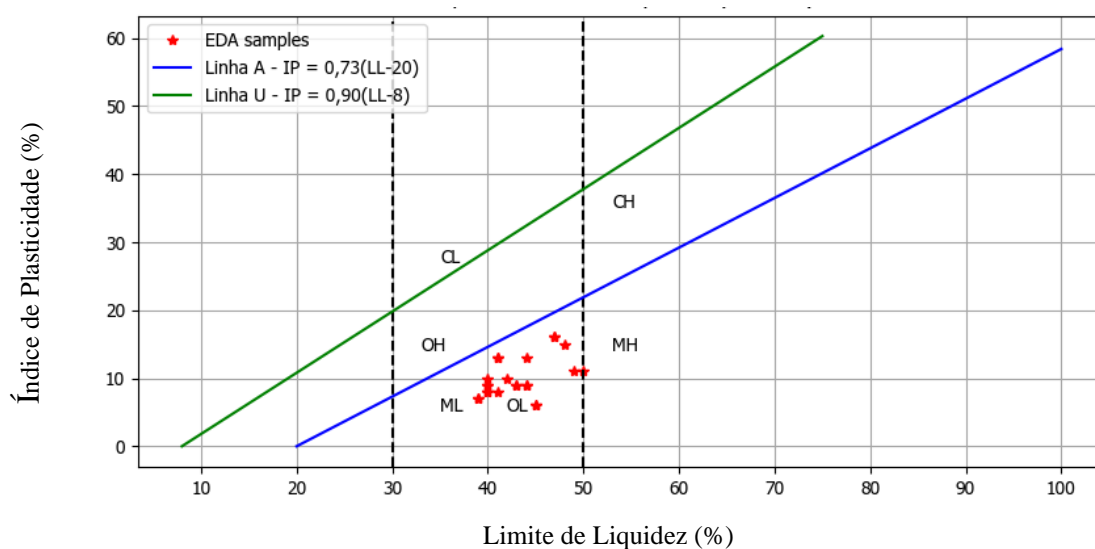


Figura 69: Dados da amostra geral no geral inseridos no gráfico de plasticidade com índice de plasticidade no eixo y, limite de liquidez no eixo x e EDA corresponde as amostras utilizadas na análise exploratória de dados.

4.5.2.3. Granulometria

Referente a granulometria do solo, nos ensaios selecionados foram armazenados somente o teor de finos, correspondente a soma dos teores de argila e silte, cuja estatística descritiva é apresentada na Figura 70. Ao observarmos os resultados, a ampla faixa e variação pode ser explicada pela inclusão de resultados com e sem a utilização de defloculante, visto que nos dados selecionados não existe indicação sobre essa informação. A escala do dado utilizado na construção das unidades de terreno (1:100.000) também pode ter contribuído para a inclusão de amostras de outros tipos de solos na amostra, já que os contatos das unidades *in situ* podem diferir do que está representado no dado em função da escala.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

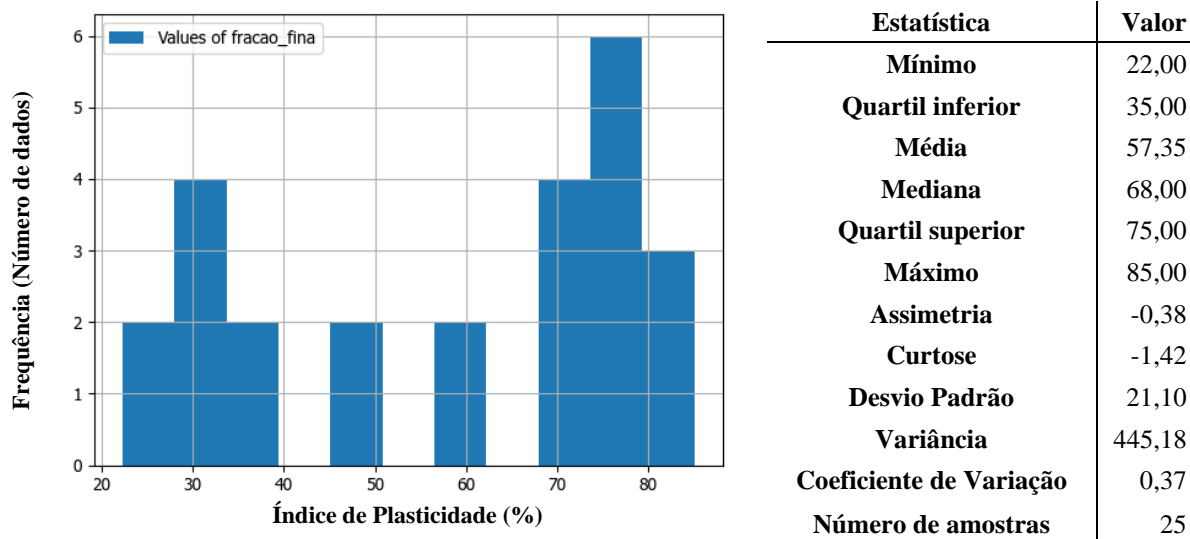


Figura 70: Histograma de frequência e estatísticas descritivas do teor de finos dos solos na amostra geral.

Os três ensaios de granulometria realizados na área de estudo 2 (três pontos em verde na Figura 62) por Nogueira (2018) são exibidos na Figura 71.

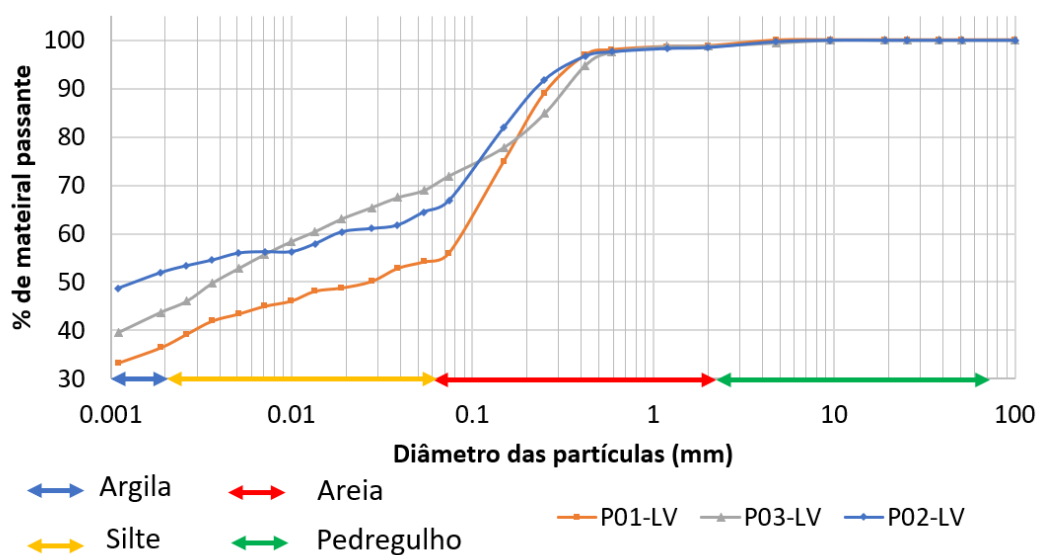


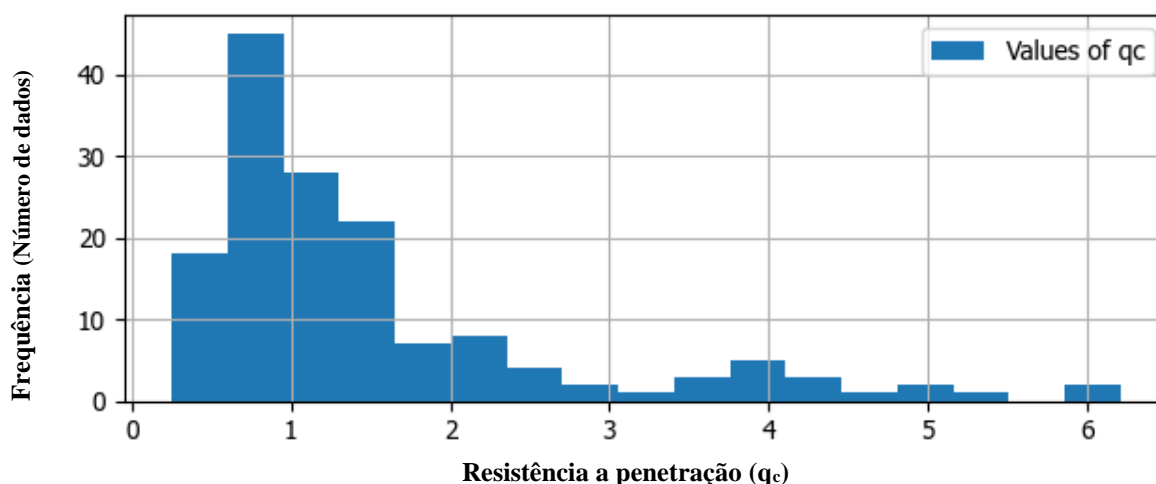
Figura 71: Curvas granulométricas dos ensaios executados por Nogueira (2018), com defloculante, onde a nomenclatura da amostra é composta pelo número do ponto e a sigla dos latossolos. Fonte: Nogueira (2018)

Os ensaios apontaram valores de teor de finos entre 56 e 72%, sendo um dos ensaios, repetido sem defloculante o qual apresentou 5% a menos de teor de finos do que o ensaio executado com defloculante (67%). Todos os valores obtidos por Nogueira (2018) estão incluídos no intervalo interquartil da amostra geral. A Figura 71 mostra as curvas granulométricas dos ensaios executados por Nogueira (2018) .

4.5.2.4. Resistência de penetração

Referente aos ensaios de campo realizados na área de estudo, estão disponíveis dezessete ensaios com o Penetrômetro PANDA, realizados por Almeida (2022) cujas estatísticas descritivas da resistência a penetração (q_c) são apresentadas na Figura 72. O histograma mostra somente os dados disponibilizados pelo autor e não representa todos os dados obtidos por ele durante a campanha de investigações, limitando as análises passíveis de serem realizadas. O histograma apresenta uma assimetria positiva com uma concentração de valores inferiores a 3 Mpa.

Ao gerar um gráfico dos valores de resistência e das estatísticas descritivas pela profundidade (Figura 73) observa-se que até 3 m de profundidade, 75% dos valores medidos encontram-se entre 0,5 e 2,5 MPa e que a resistência média varia pouco com a profundidade com exceção dos valores máximos e medianos que reduzem com a profundidade.



Mínimo	Quartil inferior	Média	Mediana	Quartil superior	Máximo
0,25	0,71	1,51	1,08	1,71	6,21
Assimetria	Curtose	Desvio Padrão	Variância	Coefficiente de Variação	Número de amostras
1,86	3,11	1,20	1,44	0,79	152

Figura 72: Histograma de frequência e estatísticas descritivas da resistência a penetração do solo na amostra local. A unidade das estatísticas está em Mpa.

A partir de 3 m de profundidade, devido ao aumento a dispersão dos valores de resistência a penetração com a profundidade como mostra a Figura 73, foi proposta uma definição de zona com base na alteração da inclinação das retas. Os dados de granulometria e limite de Atterberg apresentados nos itens 4.5.2.1 e 4.5.2.3 somente estão disponíveis para a primeira zona proposta na Figura 73.

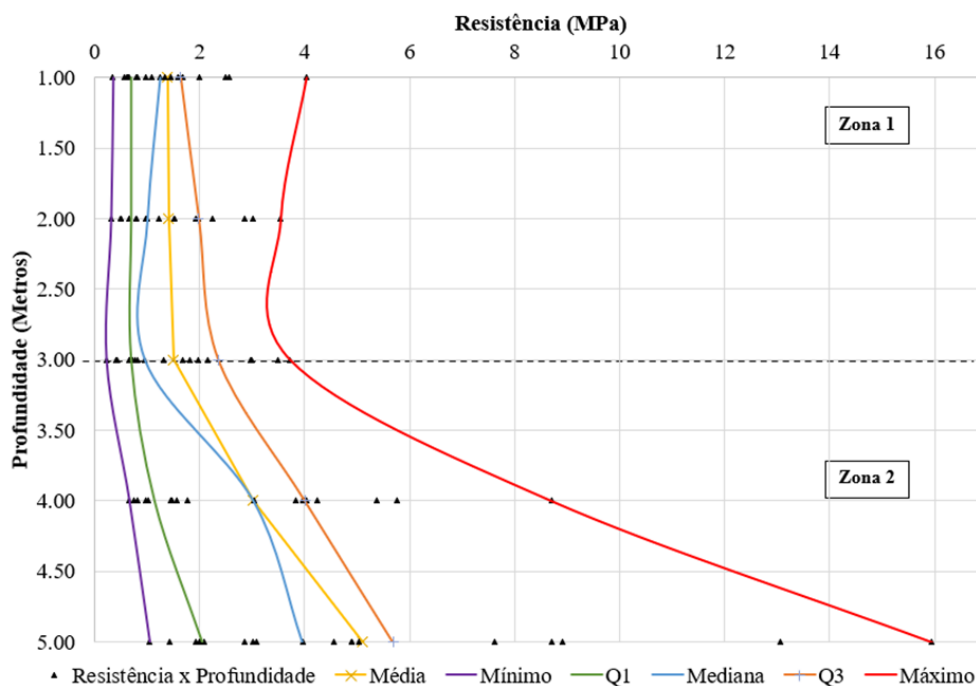


Figura 73: Relação entre profundidade e resistência dos ensaios do penetrômetro PANDA executados por Almeida (2022) na área de estudo 2.

Para obter uma visão espacializada dos dados selecionados, foi elaborada uma seção cujo alinhamento é apresentado na Figura 74, com a ferramenta de elaboração de seções desenvolvida no complemento do QGIS apresentado no item 4.3.2.

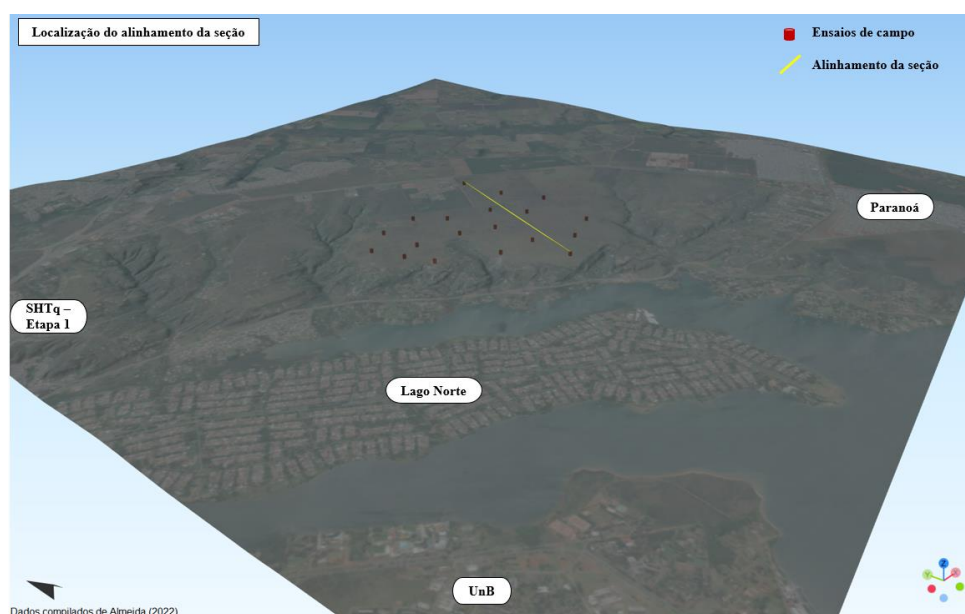


Figura 74: Alinhamento da seção gerada utilizando o complemento do QGIS e visualizada no complemento *Qgis2threejs* com exagero da geometria dos ensaios de 10 vezes.

A ferramenta constrói as geometrias das zonas definidas em tamanho real visto que os dados estão localizados nas posições e elevações que foram coletados, o que dificulta a exibição em produtos cartográficos, mas permite uma navegação pelo perfil considerando as dimensões reais.

A Figura 75 mostra a tela com as orientações para a confecção da seção sendo necessário criar o vetor e desenhar o alinhamento, representado em amarelo na Figura 74, e definir a distância (Figura 75) além de definir quais sondagens serão projetadas no alinhamento.

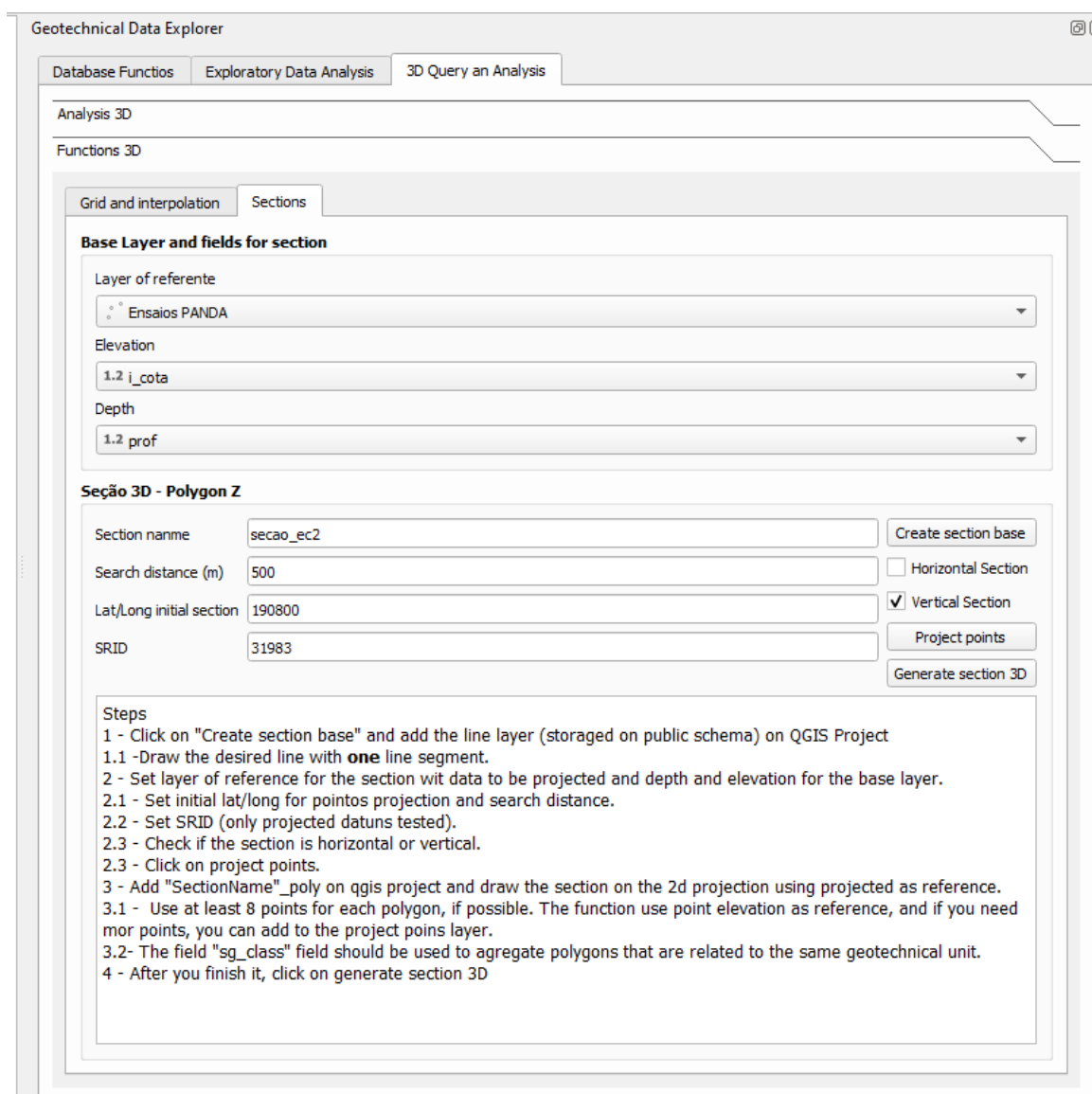


Figura 75: Exemplo de planos de informação utilizados na confecção da seção tridimensional e passo a passo descrito no complemento do QGIS.

Para a seção foi definida uma distância de 500 m, cujas amostras selecionadas para a confecção da seção estão representadas pelos cilindros em amarelo na Figura 76. Em seguida o

complemento projeta a seção em duas dimensões, semelhante a seção exibida na Figura 61, para que o usuário possa interpretar os dados e vetorizar a seção geotécnica.

A espacialização dos dados permitiu observar que os valores elevados de resistência entre 4 e 5 m de profundidade, exibidos na Figura 73, próximo a zona de transição entre a unidade pedológica latossolos vermelhos localizada na unidade geomorfológica do rebordo com unidade pedológica Cambissolo localizada na transição entre o rebordo com o plano intermediário (Figura 63).

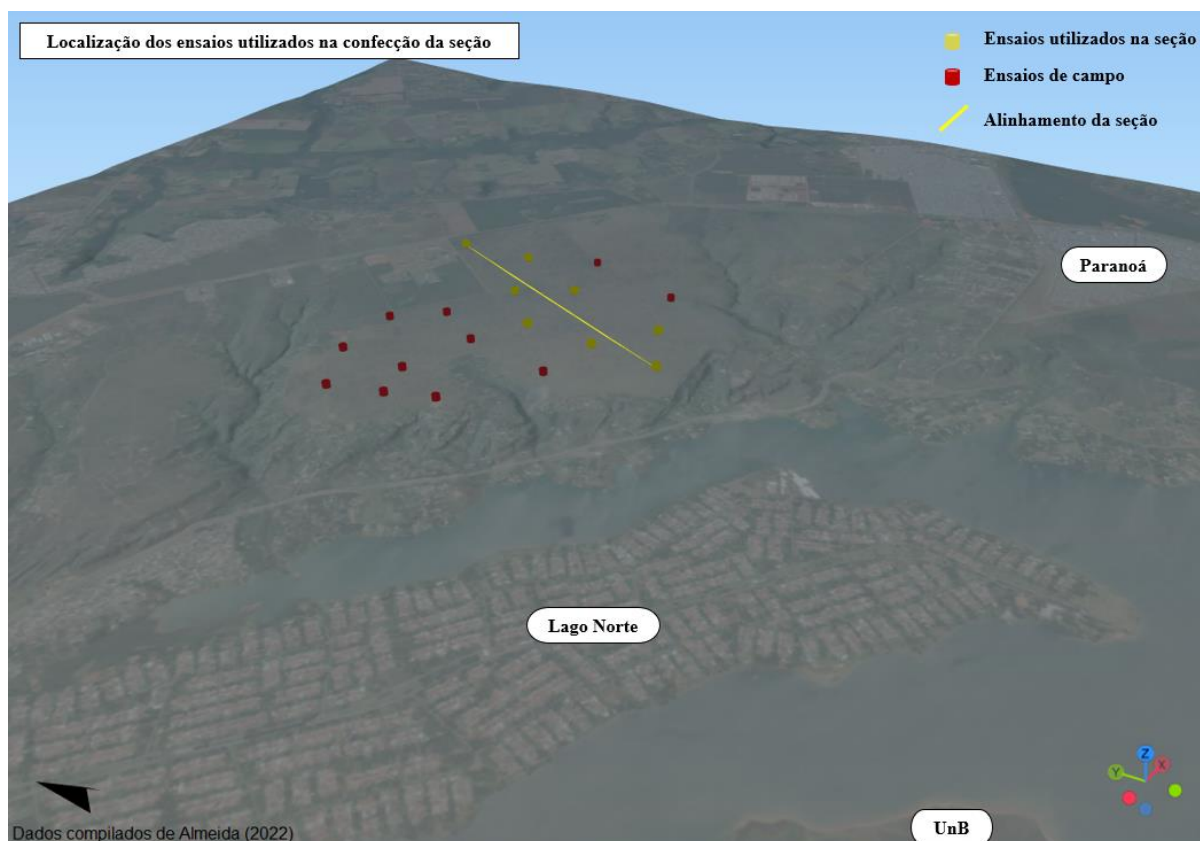


Figura 76: Dados representados em amarelo utilizados para a elaboração da seção na área do estudo de caso 2 visualizada, por cima, no complemento *Qgis2threejs* com exagero da geometria dos ensaios de 10 vezes.

Por fim, os polígonos de cada zona da seção bidimensional são reconstruídos tridimensionalmente pelo banco de dados gerando uma seção como mostra a Figura 77.

A visualização dos dados é interativa, ou seja, é possível interagir com os elementos e ajustar os parâmetros de exibição como mostra a Figura 78. O complemento *Qgis2threejs* permite exportar a visualização, com as devidas configurações, que pode ser aberta no navegador de um computador. Uma prévia desse arquivo exportado pode ser consultada no arquivo compactado no endereço [geotechnical-data-explorer/Taquari.rar at develop · bro-geo/geotechnical-data-explorer \(github.com\)](https://github.com/bro-geo/geotechnical-data-explorer).

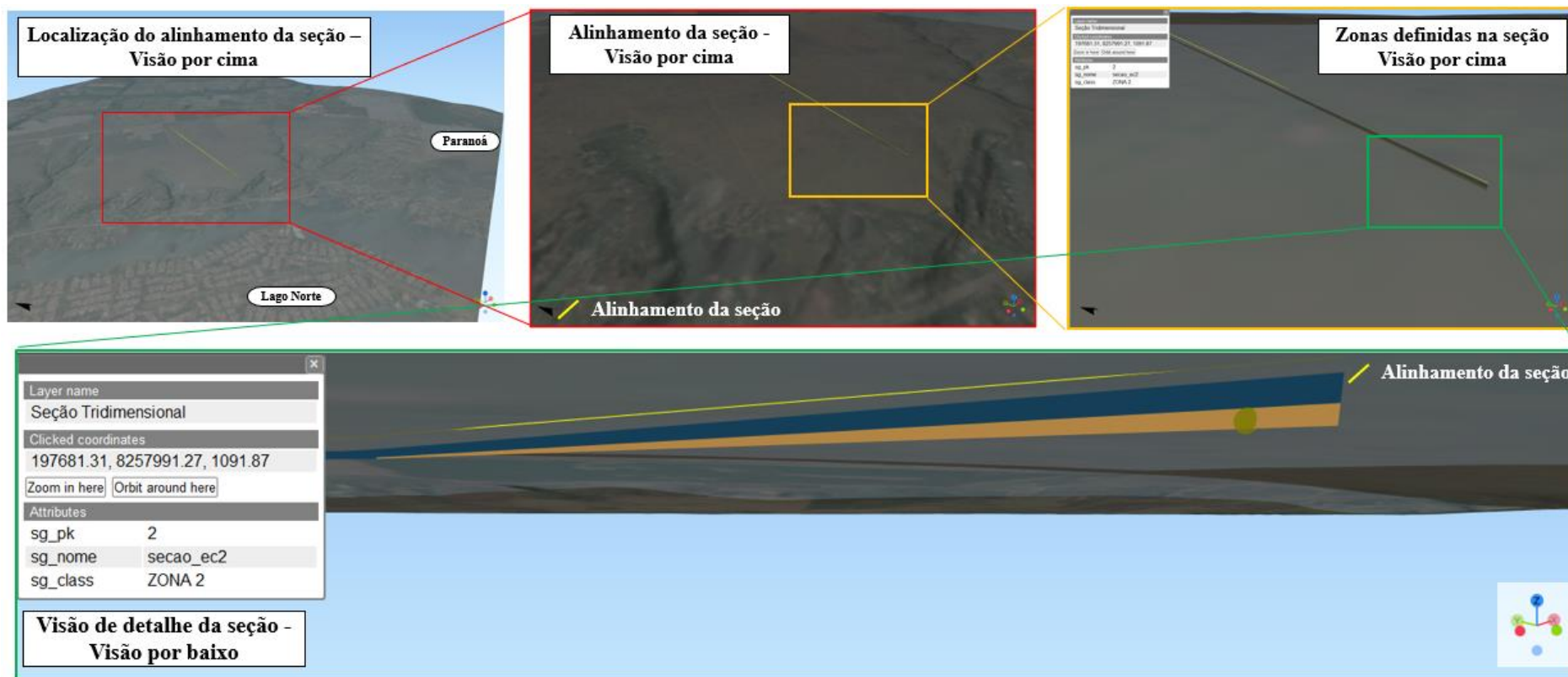


Figura 77: Visão de subsolo da seção tridimensional elaborada com base nos dados dos ensaios de campo seleccionados na área de estudo 2.

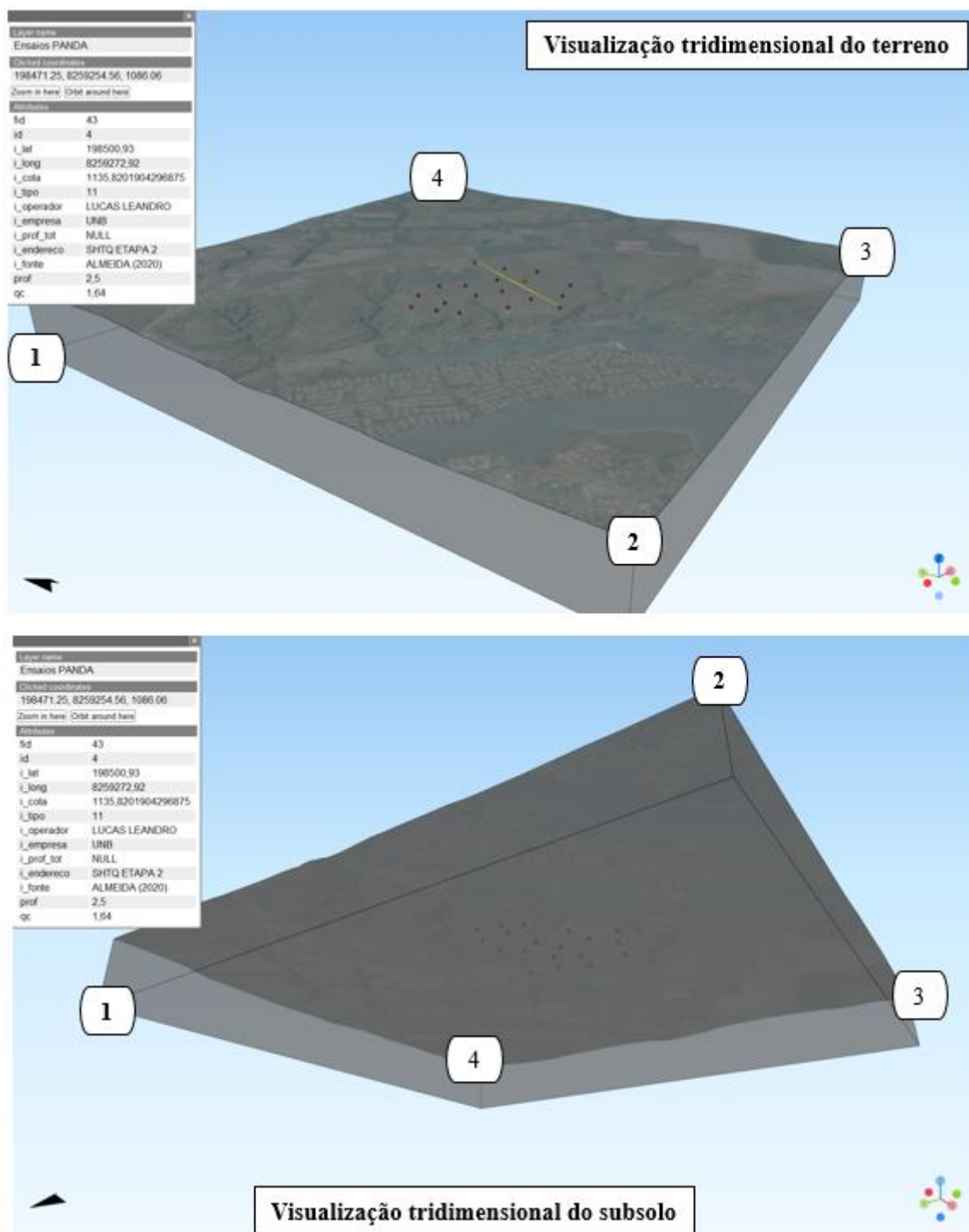


Figura 78: Visão de subsolo dos ensaios de campo na área de estudo 2.

Com a finalidade de estimar valores entre os pontos amostrados foi disponibilizado dois algoritmos de interpolação: o *Inverse Distance Weighting* (IDW) ou inverso da potência das distâncias; e o interpolador *Majority* ou valor mais frequente. Ambos os algoritmos são executados em uma malha quadrada regular espaçadas em diferentes valores nos eixos da latitude, longitude e elevação construída pelo complemento desenvolvido para o QGIS. A

Figura 79 mostra um exemplo de uma malha quadrada regular gerada pelo complemento no QGIS para ilustrar a funcionalidade, espaçada 800 m no eixo x e no eixo y e 1 m no eixo z.

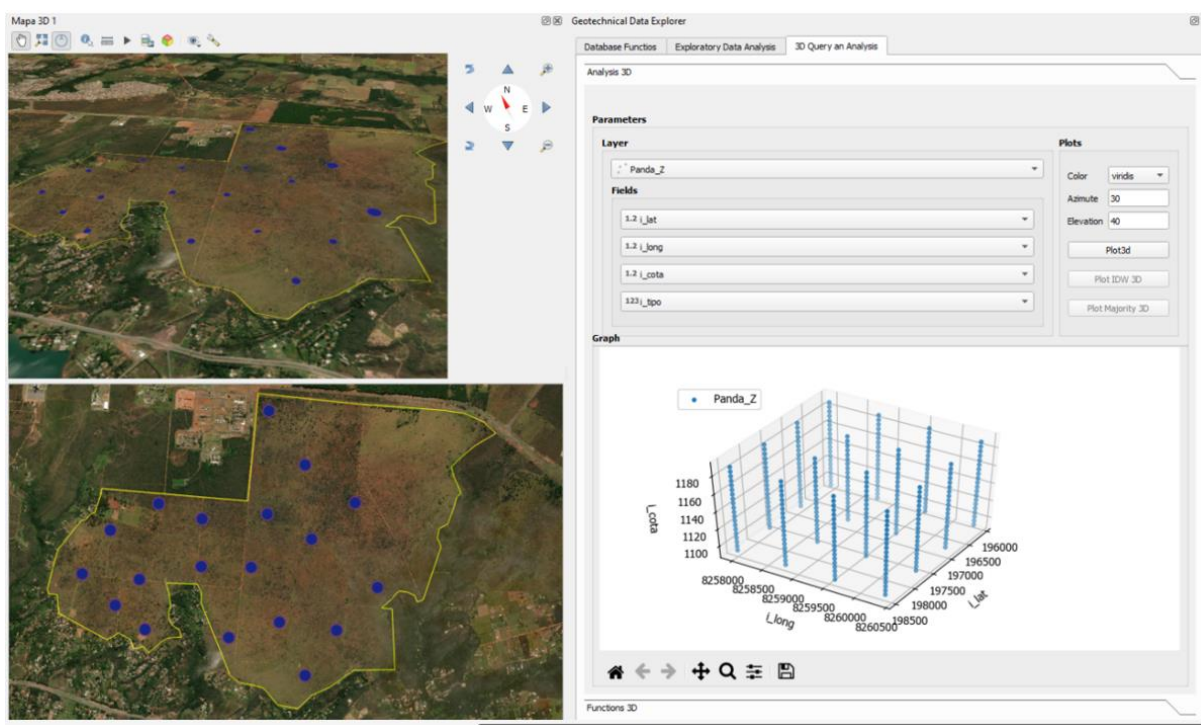


Figura 79: Malha quadrada regular de pontos criada para estimar os valores de resistência a penetração na área de estudo 2.

A Figura 80 mostra a distribuição espacial dos elementos da malha, representados pelos cilindros, e as amostras, pelos pontos, inseridos na área do estudo de caso 2. Para cada ponto na malha gerada, o banco de dados realiza uma busca de todos os dados disponíveis no volume de uma esfera construída com o raio fornecido pelo usuário e realiza os devidos cálculos a depender do algoritmo escolhido.

Os resultados da interpolação não serão apresentados aqui pois a quantidade e espaçamento de investigações disponíveis são insuficientes para uma interpolação tridimensional satisfatória. Os interpoladores IDW e valor mais frequente não levam em consideração a variabilidade espacial da variável e devido a quantidade e espaçamento de amostras disponíveis, os interpoladores retornam valores próximos a moda, que pode ser obtida facilmente com uma análise exploratória de dados.



Figura 80: Distribuição espacial da malha interpolada em que os elementos da malha são representados pelos cilindros e as amostras pelos pontos simples

Com base nas análises realizadas nesse tópico e as informações da bibliografia são definidas duas zonas cujos parâmetros estão sumarizados na Figura 81 e o perfil esquemático na Figura 82.

Zona		Zona 1 (0 a 3 m)	Zona 2 (3 a ? m)
Resistência a penetração (qc)	Média	$q_c \leq 1,51$	$1,51 \leq q_c \leq 5,00$
	Mediana	$q_c \leq 1,00$	$1,00 \leq q_c \leq 4,00$
	CV (%)	1	90
	Definição	$q_c \leq 3$	$q_c > 3$
Textura		$20\% < \text{Teor de finos} < 80\%$	Sem dados
Limites de Atterberg		$40 \leq w_l \leq 50$ $6,4 \leq I_p \leq 16,4$	Sem dados
Observações		A Zona 1 apresenta locais com concentração de valores de Q_c inferiores a 1	Localizado próximo a quebra de relevo no sentido do lago Paranoá
Substrato rochoso		Alternâncias de estratos centimétricos a métricos de quartzitos finos a médios com níveis geralmente mais delgados de metassiltitos argilosos, metalamitos siltosos e metalamitos micáceos, o que define um caráter rítmico a unidade .	

Figura 81: Resumo das características das zonas na área do estudo de caso 2 definidas com base nos dados compilados.

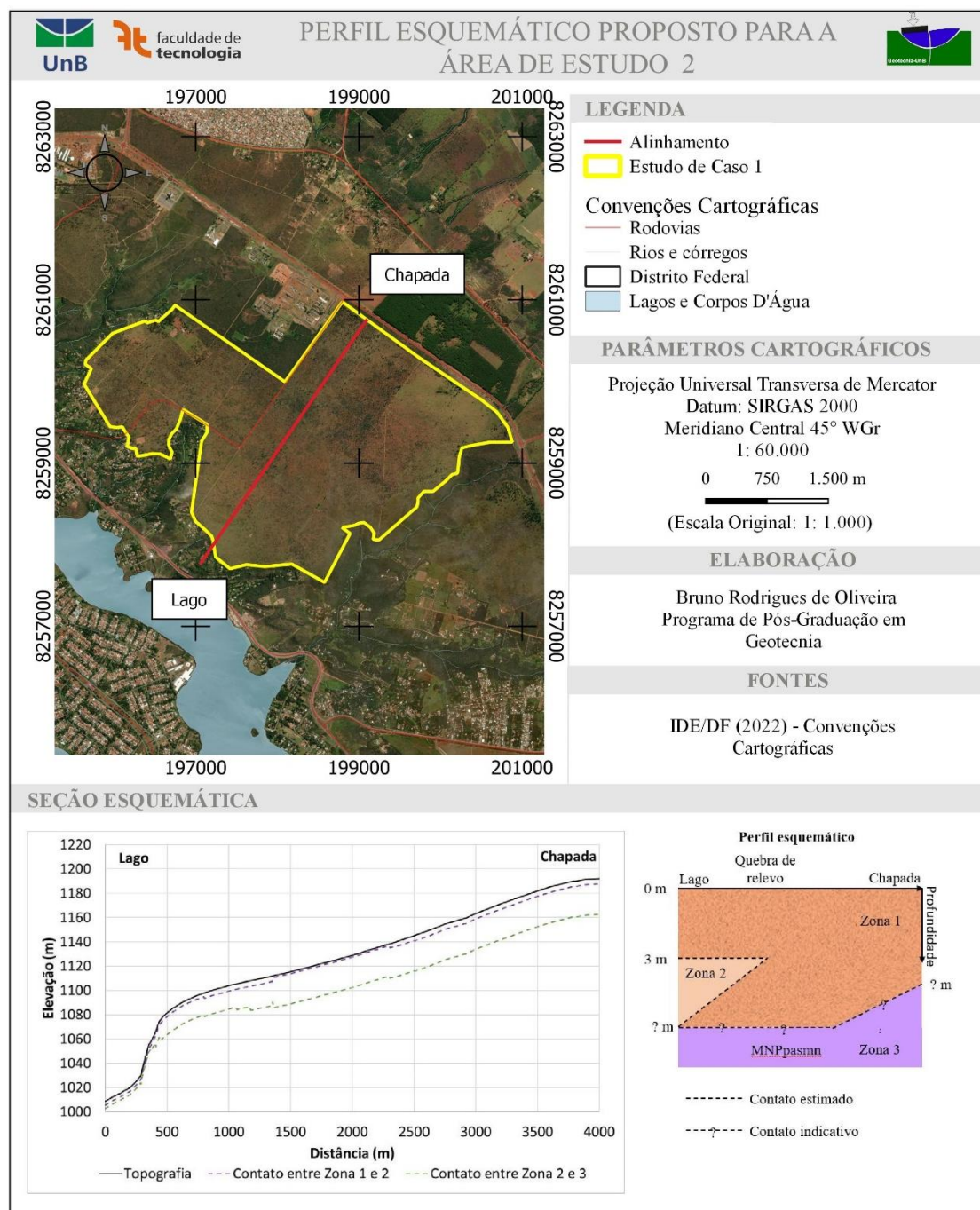


Figura 82: Perfil esquemático proposto para a área do estudo de caso 2. As cores não possuem significado físico e foram incluídas por perfil esquemático para facilitar a diferenciação das zonas

4.5.3. Estudo de Caso 3: Distrito Federal

Para o terceiro estudo de caso foram escolhidas algumas unidades de terreno inseridas no limite do Distrito Federal com maior disponibilidade de dados para avaliar quantitativamente a hipótese de que se unidades geotécnicas homólogas, definidas em escala regional, apresentam propriedades geotécnicas semelhantes para os materiais geológicos que os constituem.

O teste Mann-Whitney U Test foi escolhido para comparar as distribuições em termos de mediana considerando que nem sempre as distribuições apresentam a forma de uma distribuição normal e pela pequena quantidade de amostras em algumas unidades de mapeamento. Para todos os testes foi assumido como hipótese nula (H_0) que as amostras são semelhantes em termos de mediana e a hipótese alternativa (H_1), que as amostras são diferentes em termos de mediana. Na verificação da normalidade das distribuições foi utilizado o teste de normalidade de Anderson-Darling assumindo como hipótese nula (H_0) que os dados seguem uma distribuição normal e como hipótese alternativa (H_1) que os dados não seguem uma distribuição normal.

Todas as discussões e afirmações ao longo deste tópico levam em consideração a escala original dos dados utilizados na definição das unidades de terreno, os dados geotécnicos disponíveis em cada uma das unidades e as hipóteses associadas aos testes estatísticos.

4.5.3.1. Comparação entre as unidades de mapeamento (UM) e as ordens da classificação pedológica

Neste tópico será abordada a comparação entre as unidades de mapeamento definidas do levantamento pedológico que são detalhamentos da unidade correspondente a ordem de classificação, ou seja, as unidades LV1 e LV2 são unidades de mapeamento que compõe a unidade definida pela ordem de classificação pedológica LV. Nesta análise não são levadas em consideração o contexto geomorfológico e geológico nas quais as unidades de mapeamento estão inseridas, mas cabe ressaltar que as unidades de mapeamento pedológico levam em consideração aspectos geomorfométricos e de vegetação além das características do solo.

Nos latossolos vermelhos (LV), cuja distribuição espacial é apresentada na Figura 61, a primeira variável analisada foi a fração de finos na qual observou-se diferenças estatísticas em termos de mediana entre os valores obtidos para as unidades de mapeamento LVd3 e LVd6 e entre a unidade de mapeamento LVd6 e a ordem pedológica LV como mostra a Tabela 27.

Ao trabalhar com o teor de finos, é possível separar as unidades de mapeamento em grupos distintos considerando: a bimodalidade da distribuição; a normalidade da distribuição; ou abordar a análise com base na ordem da classificação pedológica visto que a maior parte dos testes indica que as amostras não são estatisticamente diferentes em termos de mediana como mostra a Tabela 27. Nas amostras não existe distinção entre a utilização ou não de defloculante no ensaio de sedimentação, o que reflete nas estatísticas calculadas.

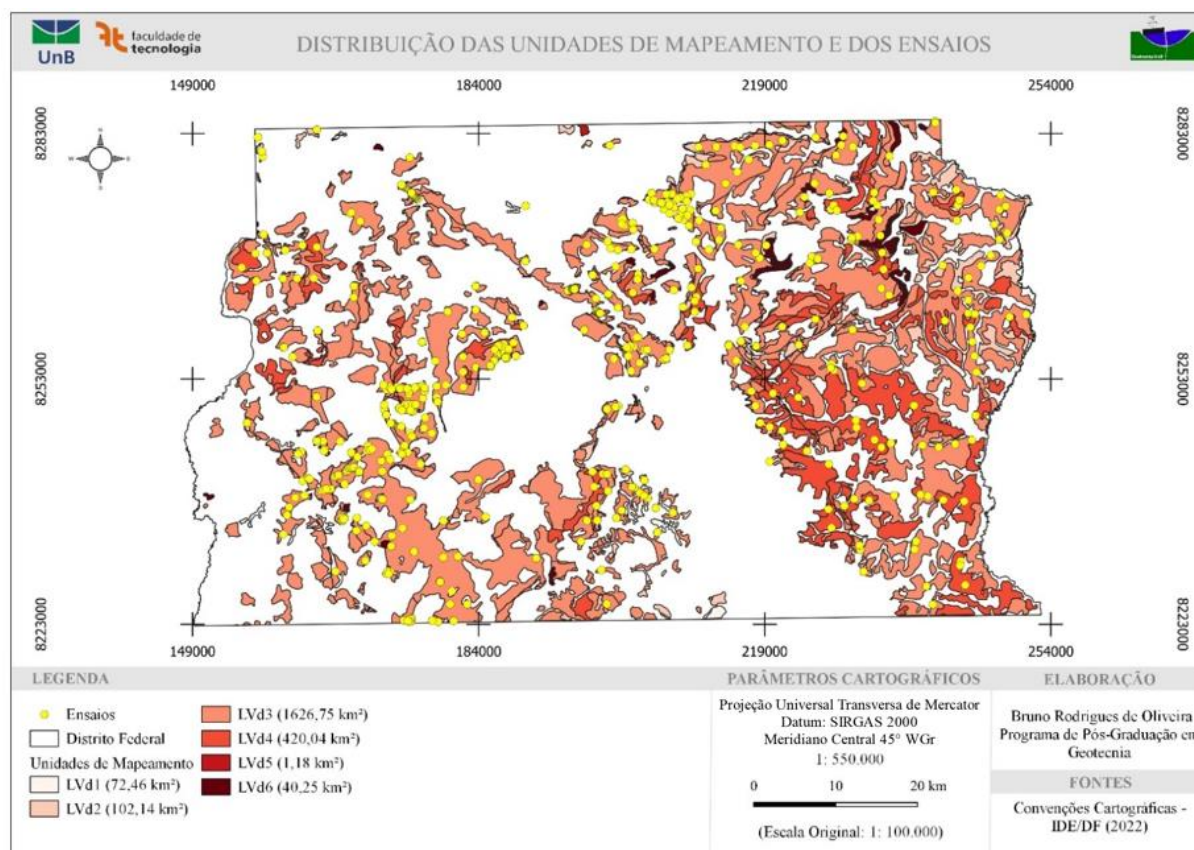


Figura 83: Distribuição espacial das unidades de mapeamento pedológico dos latossolos vermelhos.

Tabela 27: Teste não paramétrico de Mann-Whitney com 95% de confiança para a teor de finos nos LV em que a hachura em vermelho indica que as amostras não são semelhantes em termos de mediana e a hachura em verde indicam que as amostras são semelhantes em termos de mediana.

Teor de finos (%)	n = 599	n = 8	n = 19	n = 489	n = 64	n = 18
	LV	LVd1	LVd2	LVd3	LVd4	LVd6
LV	-	-	-	-	-	-
LVd1	0,2449	-	-	-	-	-
LVd2	0,2681	0,9152	-	-	-	-
LVd3	0,3681	0,1794	0,1638	-	-	-
LVd4	0,3556	0,4216	0,7082	0,1860	-	-
LVd6	0,0126	0,3737	0,0773	0,0080	0,0691	-
Bimodal	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Não
Distribuição normal	Não	Sim	Sim	Não	Não	Sim
CV (%)	51,56	52,66	44,99	51,12	49,97	56,65
Desvio Padrão	28,03	24,12	21,95	28,51	25,66	20,50
Média	54,36	45,80	48,79	55,77	51,35	36,19
Mediana	62,00	55,00	53,00	66,30	49,00	35,00
Moda	22,00 e 80,00	-	-	19,00 e 87,00	36,00 e 73,00	-

* Valores calculados sem distinção entre a utilização ou não de defloculante no ensaio de sedimentação.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Analisando o limite de plasticidade observou-se diferenças estatísticas entre algumas unidades de mapeamento como mostra a Tabela 28. As unidades de mapeamento podem ser separadas em dois grupos com distintos considerando a normalidade das distribuições ou pela diferença em termos de mediana apontada pelos resultados dos testes.

Tabela 28: Teste não paramétrico de Mann-Whitney com 95% de confiança para o limite de plasticidade nos LV em que a hachura em vermelho indica que as amostras não são semelhantes em termos de mediana e a hachura em verde indicam que as amostras são semelhantes em termos de mediana.

Limite de Plasticidade (%)	n = 477	n = 6	n = 6	n = 406	n = 47	n = 12
	LV	LVd1	LVd2	LVd3	LVd4	LVd6
LV	-	-	-	-	-	-
LVd1	0,4985	-	-	-	-	-
LVd2	0,0490	0,5697	-	-	-	-
LVd3	0,9946	0,4877	0,0430	-	-	-
LVd4	0,6853	0,7144	0,1394	0,6975	-	-
LVd6	0,0060	0,0744	0,0166	0,0055	0,0098	-
Bimodal	Não	Não	Não	Não	Não	Não
Distribuição normal	Não	Sim	Sim	Não	Sim	Sim
CV (%)	21,38	14,85	7,07	21,14	18,00	39,01
Desvio Padrão	6,67	4,88	2,51	6,61	5,72	9,27
Média	31,18	32,83	35,50	31,24	31,80	23,75
Mediana	32,10	34,50	35,00	32,10	33,00	18,00
Moda	-	-	-	-	-	-

Para as distribuições unimodais simétricas é possível a adoção dos valores médios enquanto nas distribuições bimodais e/ou assimétricas recomenda-se a adoção da mediana. O baixo valor de desvio padrão das amostras de limite de plasticidade indica as distribuições estão mais concentrados próximos aos valores médios.

Para o limite de liquidez, a unidade de mapeamento LVd6 apresentou diferenças estatísticas em termos de mediana com as demais unidades de mapeamento e a ordem pedológica, como mostra a Tabela 29, podendo ser tratada como uma unidade com comportamento distinto. Os valores de desvio padrão e de coeficiente de variação indicam uma baixa dispersão em relação à média e diante da unimodalidade das distribuições, é possível adotar a média das distribuições durante eventuais análises.

Referente a índice de plasticidade, observou-se diferenças estatísticas em termos de mediana entre o LVd6 e as demais unidades, entre as unidades de mapeamento LVd1 e LVd3 e entre a ordem pedológica LV e a unidade de mapeamento LVd1 como mostra a Tabela 30.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Tabela 29: Teste não paramétrico de Mann-Whitney com 95% de confiança para o limite de liquidez nos LV em que a hachura em vermelho indica que as amostras não são semelhantes em termos de mediana e a hachura em verde indicam que as amostras são semelhantes em termos de mediana.

Limite de Liquidez (%)	n = 477	n = 6	n = 6	n = 406	n = 47	n = 12
	LV	LVd1	LVd2	LVd3	LVd4	LVd6
LV	-	-	-	-	-	-
LVd1	0,0928	-	-	-	-	-
LVd2	0,0639	0,9357	-	-	-	-
LVd3	0,8625	0,0861	0,0534	-	-	-
LVd4	0,2303	0,2054	0,2485	0,2002	-	-
LVd6	0,0003	0,0111	0,0064	0,0003	0,0005	-
Bimodal	Não	Não	Não	Não	Não	Não
Distribuição normal	Não	Não	Não	Não	Não	Não
CV (%)	19,90	14,56	9,65	12,03	18,06	35,49
Desvio Padrão	8,53	7,06	4,68	8,31	7,98	11,06
Média	42,86	48,50	48,50	69,07	44,16	31,17
Mediana	44,12	50,00	48,50	44,00	46,60	24,00
Moda	-	-	-	-	48,00	22,00

Tabela 30: Teste não paramétrico de Mann-Whitney com 95% de confiança para o índice de plasticidade nos LV em que a hachura em vermelho indica que as amostras não são semelhantes em termos de mediana e a hachura em verde indicam que as amostras são semelhantes em termos de mediana.

Índice de Plasticidade (%)	n = 477	n = 6	n = 6	n = 406	n = 47	n = 12
	LV	LVd1	LVd2	LVd3	LVd4	LVd6
LV	-	-	-	-	-	-
LVd1	0,0097	-	-	-	-	-
LVd2	0,6401	0,3751	-	-	-	-
LVd3	0,9476	0,0072	0,6464	-	-	-
LVd4	0,3095	0,0809	0,8549	0,2886	-	-
LVd6	0,0002	0,0027	0,0212	0,0001	0,0010	-
Bimodal	Não	Não	Não	Não	Não	Não
Distribuição normal	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
CV (%)	25,53	19,63	41,57	31,95	37,08	48,57
Desvio Padrão	3,90	2,94	5,40	3,72	4,60	3,56
Média	15,28	15,00	13,00	11,65	12,40	7,33
Mediana	12,00	15,00	12,50	12,00	12,80	6,50
Moda	18,00	-	-	17,00	16,00	-

Os baixos valores de desvio padrão e a unimodalidade indicam que os dados estão próximos da média, sendo recomendado a adoção dos valores médios nas distribuições unimodais simétricas. Para estudos relacionadas a essa propriedade, recomenda-se a segmentação em unidades de mapeamento considerando as diferenças estatísticas e no caso da adoção da ordem da classificação pedológica, sugere-se a exclusão das unidades LVd1 e LVd6.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ao plotar no gráfico de plasticidade os valores de w_l e I_p (Figura 84), observa-se a concentração de valores abaixo da linha A, relacionado a solos siltosos, com a maior parte das amostras na zona dos siltes orgânicos e inorgânicos e siltes argilosos e a esquerda da linha B associados a solos de baixa compressibilidade e de baixa a média plasticidade.

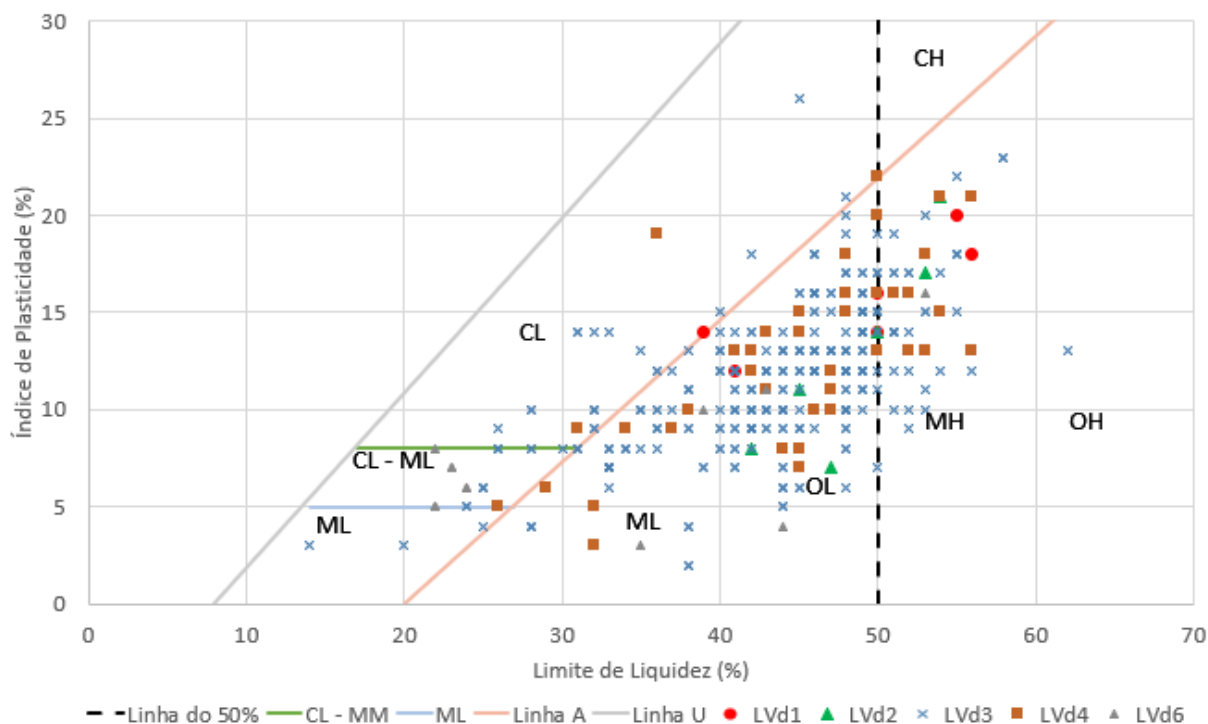


Figura 84: Gráfico de plasticidade para as amostras da ordem pedológica LV composta pelas unidades de mapeamento LVd1, LVd2, LVd3, LVd4 e LVd6.

A unidade de mapeamento LV6 apresenta uma concentração de valores no grupo de argilas e siltes de baixa plasticidade que conseqüentemente afeta as estatísticas calculadas na Tabela 28 e na Tabela 29 e pode ser um indicativo que a unidade LV6 pode ser segmentada em unidades de terreno distintas, para a propriedade em questão, em maiores escalas de detalhamento.

Referente ao ISC, assim como no limite de plasticidade e no índice de plasticidade, observou-se diferenças estatísticas em termos de mediana significativas entre as unidades de mapeamento como mostra a Tabela 31. Para essa variável é admissível separar as unidades de mapeamento em dois grupos com distintos considerando a bimodalidade e a normalidade da distribuição ou abordar a análise com base nas unidades de mapeamento visto que parte dos testes indica que as amostras são estatisticamente diferentes.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Tabela 31: Teste não paramétrico de Mann-Whitney com 95% de confiança para o Índice de Suporte Califórnia nos LV em que a hachura em vermelho indica que as amostras não são semelhantes em termos de mediana e a hachura em verde indicam que as amostras são semelhantes em termos de mediana.

Índice de Suporte Califórnia (%)	n = 451	n = 3	n = 5	n = 385	n = 43	n = 15
	LV	LVd1	LVd2	LVd3	LVd4	LVd6
LV	-	-	-	-	-	-
LVd1	0,041	-	-	-	-	-
LVd2	0,015	0,051	-	-	-	-
LVd3	0,820	0,039	0,014	-	-	-
LVd4	0,759	0,098	0,021	0,829	-	-
LVd6	0,112	0,043	0,032	0,090	0,168	-
Bimodal	Não	Não	Não	Não	Não	Não
Distribuição normal	Não	Sim	Sim	Não	Sim	Sim
CV (%)	109,72	62,14	16,67	109,31	113,33	44,57
Desvio Padrão	18,12	34,67	1,00	17,46	20,14	7,13
Média	16,52	6,00	55,80	15,97	17,77	16,00
Mediana	11,00	6,00	58,00	11,00	11,00	18,60
Moda	6,00	-	-	6,00	-	-

Na propriedade profundidade do impenetrável, somente a unidade de mapeamento LVd4 se mostrou estatisticamente diferente em termos de mediana da unidade LVd6. Para a propriedade número de golpes do ensaio SPT, não foram observadas diferenças estatísticas significativas como mostra a Tabela 32.

Tabela 32: Teste não paramétrico de Mann-Whitney com 95% de confiança para a profundidade do impenetrável e o ensaio SPT nos LV em que a hachura em vermelho indica que as amostras não são semelhantes em termos de mediana e a hachura em verde indicam que as amostras são semelhantes em termos de mediana.

Profundidade do impenetrável (Metros) e Ensaio SPT (Número de golpes)	Profundidade do impenetrável				Número de golpes do ensaio SPT			
	n = 105	n = 90	n = 8	n = 7	n = 1881	n = 1430	n = 74	n = 172
	LV	LVd3	LVd4	LVd6	LV	LVd3	LVd4	LVd6
LVd3	0,9553	-	-	-	0,5065	-	-	-
LVd4	0,1236	0,1272	-	-	0,5712	0,4002	-	-
LVd6	0,0543	0,0509	0,0237	-	0,8239	0,9247	0,6426	-
Bimodal	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não
Distribuição normal	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não
CV (%)	51,00	50,43	66,91	34,43	97,64	98,33	112,05	88,25
Desvio Padrão	7,85	7,79	6,98	7,04	13,04	12,63	16,08	11,22
Média	15,40	15,45	10,43	20,45	13,35	12,84	14,35	12,72
Mediana	18,45	18,45	18,45	24,25	7,00	7,00	8,00	10,00
Moda	-	-	-	-	2,00	2,00	2,00	2,00

Diante da normalidade das distribuições no caso da variável profundidade do impenetrável é possível adotar os valores médios em análises posteriores. Para ambas as propriedades se recomenda a utilização da ordem pedológica, mas levando em consideração a quantidade de amostras e a representatividade das unidades de mapeamento.

Como a variável do número de golpes do ensaio SPT tem relação com a profundidade, foi elaborado um gráfico com as médias, modas e medianas para diferentes profundidades (Figura 85) em que é possível visualizar um aumento linear do número de golpes com a profundidade.

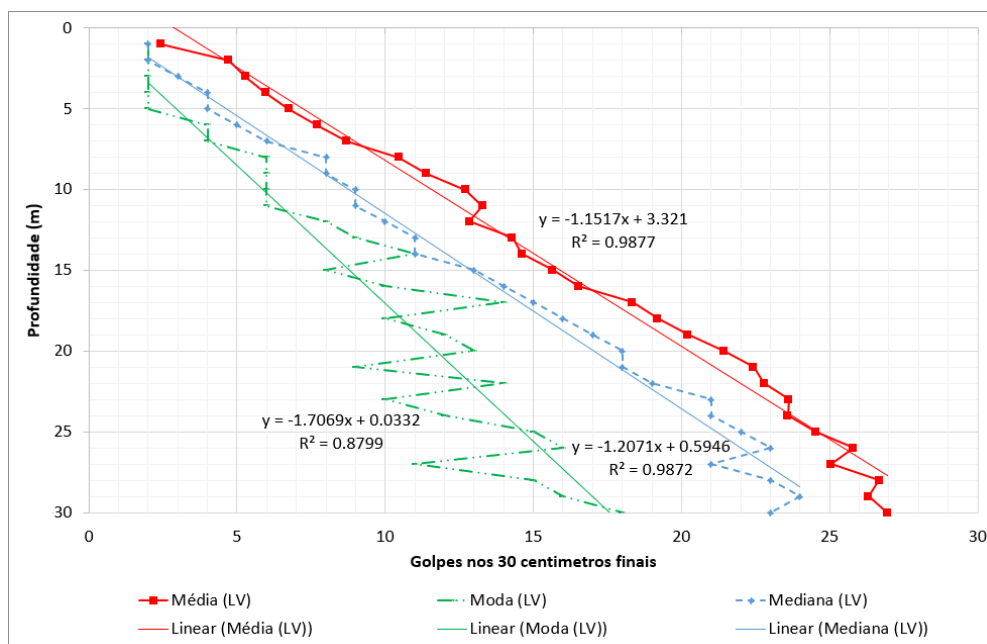


Figura 85: Média, moda e mediana do número de golpes do ensaio SPT para as diferentes profundidades dos dados inseridos na ordem pedológica LV.

A moda apresenta uma grande variação a partir de 15 m de profundidade indicando diferentes concentrações de valores do número de golpes do ensaio SPT em cada profundidade. A partir dessa profundidade, os valores da moda são menores que os valores da média e da mediana e o aumento com a profundidade tende a ser menor como mostra a Figura 85.

As análises foram realizadas para a ordem pedológica do Cambissolo, que engloba todas as unidades de mapeamento, e para as unidades CXd12 e CXd13, correspondentes a 30% da área dos cambissolos do Distrito Federal (Figura 86) devido a concentração das amostras. As análises não representam os cambissolos na sua totalidade, mas fornecem um indicativo das características geotécnicas dessa ordem da classificação pedológica (Tabela 33 e Tabela 34).

Com exceção do ISC e o limite de liquidez que apresentaram diferenças entre as unidades de mapeamento enquanto para as demais propriedades analisadas, as amostras não são estatisticamente diferentes em termos de mediana. Nesse contexto a utilização da ordem da classificação pedológica como unidade de análise adotando os valores da média para as distribuições normais simétricas, e mediana ou moda para as distribuições que não seguem a distribuição normal e a moda para distribuições bimodais.

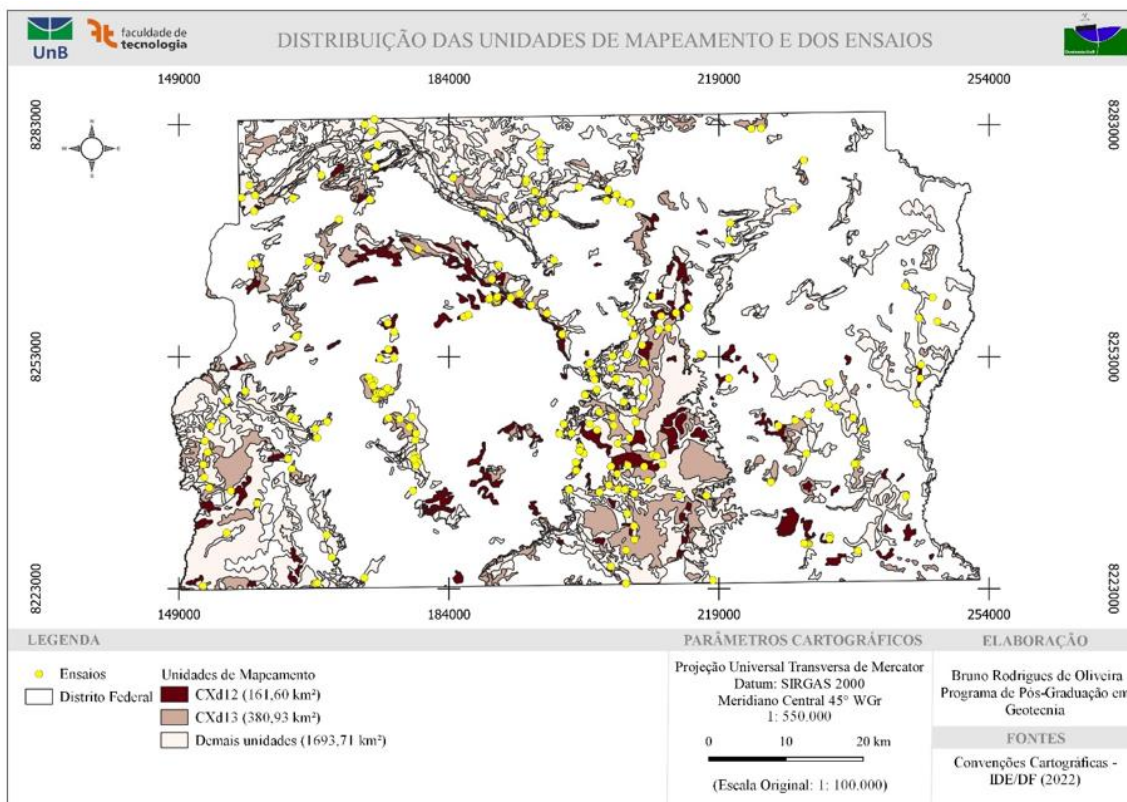


Figura 86: Distribuição espacial das unidades de mapeamento pedológico dos cambissolos.

Algumas das diferenças observadas entre os dados dos CX e dos LV foram: a ausência de distribuições bimodais nos CX; as espessuras médias menores no CX com baixa dispersão de valores; a variável profundidade do impenetrável nos CX não segue uma distribuição normal ao contrário do que ocorre nos LV; apresenta menor índice de plasticidade médio que o observado nos LV.

Tabela 33: Teste não paramétrico de Mann-Whitney com 95% de confiança para características dos CX em que a hachura em vermelho indica que as amostras não são semelhantes em termos de mediana e a hachura em verde indicam que as amostras são semelhantes em termos de mediana.

Teor de finos (%)	n = 120	n = 24	n = 96
	CX	CXd12	CXd13
CX	-	-	-
CXd12	0,0883	-	-
CXd13	0,6260	0,0856	-
Bimodal	Não	Não	Não
Distribuição normal	Não	Sim	Não
CV (%)	66,71	75,90	58,47
Desvio Padrão	24,29	25,64	24,02
Mediana	32,95	40,50	31,50
Moda	-	-	-
Média	36,41	39,33	38,90

Limite de Liquidez (%)	n = 213	n = 21	n = 82
	CX	CXd12	CXd13
CX	-	-	-
CXd12	0,8657	-	-
CXd13	0,0255	0,1001	-
Bimodal	Não	Não	Não
Distribuição normal	Não	Sim	Não
CV (%)	19,00	23,00	24,00
Desvio Padrão	8,27	9,53	10,06
Mediana	43,00	41,00	43,00
Moda	46,00	-	-
Média	42,87	42,24	42,65

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Tabela 33 (Continuação): Teste não paramétrico de Mann-Whitney com 95% de confiança para características dos CX em que a hachura em vermelho indica que as amostras não são semelhantes em termos de mediana e a hachura em verde indicam que as amostras são semelhantes em termos de mediana.

Limite de Plasticidade (%)	n = 213	n = 21	n = 82
	CX	CXd12	CXd13
CX	-	-	-
CXd12	0,6556	-	-
CXd13	0,5440	0,5859	-
Bimodal	Não	Não	Não
Distribuição normal	Não	Sim	Não
CV (%)	22,00	22,00	29,00
Desvio Padrão	6,93	6,81	8,76
Mediana	31,00	31,00	31,00
Moda	-	-	-
Média	31,02	30,95	29,76

Índice de Plasticidade (%)	n = 213	n = 20	n = 82
	CX	CXd12	CXd13
CX	-	-	-
CXd12	1,0000	-	-
CXd13	0,1048	0,3220	-
Bimodal	Não	Não	Não
Distribuição normal	Não	Sim	Não
CV (%)	34,00	34,00	28,00
Desvio Padrão	4,08	3,98	3,88
Mediana	11,00	10,50	13,00
Moda	13,00	-	-
Média	12,16	13,02	13,95

Tabela 34: Teste não paramétrico de Mann-Whitney com 95% de confiança nos CX em que a hachura em vermelho indica que as amostras não são semelhantes em termos de mediana e a hachura em verde indicam que as amostras são semelhantes em termos de mediana.

Índice de Suporte Califórnia (%)	n = 185	n = 17	n = 71
	CX	CXd12	CXd13
CX	-	-	-
CXd12	0,0550	-	-
CXd13	0,0018	0,0052	-
Bimodal	Não	Não	Não
Distribuição normal	Não	Sim	Não
CV (%)	101,97	93,60	130,28
Desvio Padrão	25,01	36,19	24,05
Mediana	13,00	26,00	7,20
Moda	-	-	-
Média	24,52	38,67	18,59

Profundidade do impenetrável (Metros)	n = 97	n = 42	n = 19
	CX	CXd12	CXd13
CX	-	-	-
CXd12	0,5604	-	-
CXd13	0,9911	0,6758	-
Bimodal	Não	Não	Não
Distribuição normal	Não	Não	Sim
CV (%)	55,70	42,77	62,12
Desvio Padrão	3,36	2,66	3,97
Mediana	7,72	7,24	8,32
Moda	-	-	-
Média	6,04	6,22	6,39

Ensaio SPT (Número de golpes)	n = 539	n = 233	n = 101
	CX	CXd12	CXd13
CX	-	-	-
CXd12	0,1938	-	-
CXd13	0,1524	0,6128	-
Bimodal	Não	Não	Não
Distribuição normal	Não	Não	Não
CV (%)	72,56	68,64	73,11
Desvio Padrão	20,74	17,79	18,13
Mediana	27,00	28,00	22,00
Moda	-	-	-
Média	28,59	25,92	24,80

Ao plotar no gráfico de plasticidade os valores de w_l e I_p , observa-se a concentração de valores abaixo da linha A, relacionado a solos siltosos, com a maior parte das amostras na zona dos siltes orgânicos e inorgânicos e siltes argilosos e a esquerda da linha B associados a solos

RESULTADOS E DISCUSSÕES

de baixa compressibilidade e de baixa a média plasticidade (Figura 87). Os dados da Figura 87 foram segmentados em função do seu contexto geológico e em diferentes unidades de mapeamento, mas não foi observada nenhuma diferença significativa.

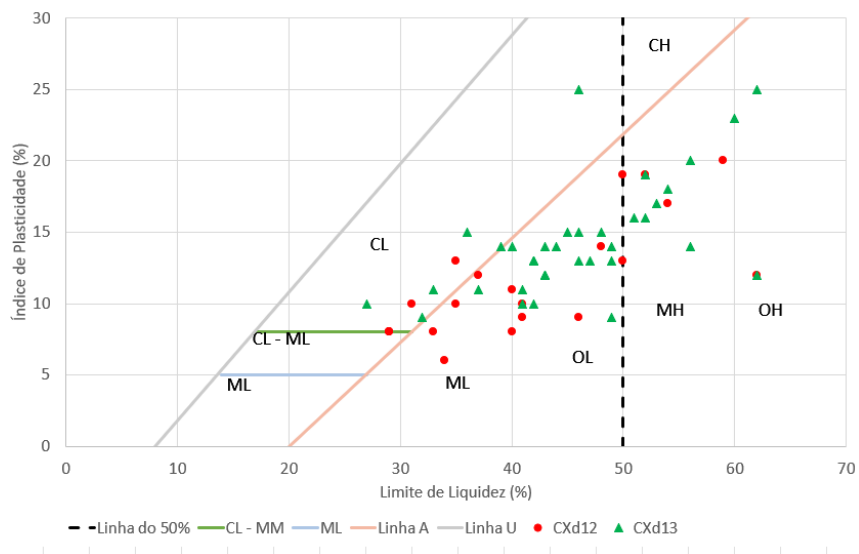


Figura 87: Gráfico de plasticidade para as amostras inseridas na ordem de classificação pedológica CX.

Já no caso dos Latossolos Vermelhos Amarelos, cuja distribuição espacial é apresentada na Figura 88, com exceção do Ensaio SPT, os testes estatísticos indicam diferenças estatísticas significativas entre as unidades de mapeamento considerando as variáveis analisadas (Tabela 35 e Tabela 36).

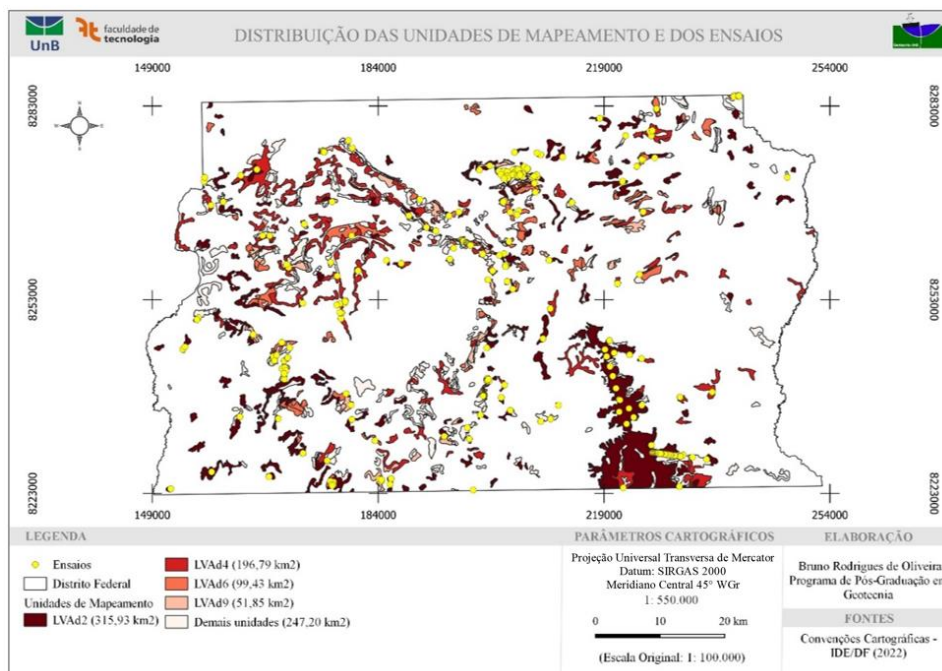


Figura 88: Distribuição espacial das unidades de mapeamento pedológico dos latossolos vermelho amarelo.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Tabela 35: Teste não paramétrico de Mann-Whitney com 95% de confiança para características dos LVA em que a hachura em vermelho indica que as amostras não são semelhantes em termos de mediana e a hachura em verde indicam que as amostras são semelhantes em termos de mediana.

Teor de finos (%)	n = 395	n = 110	n = 38	n = 27	n = 72
	LVA	LVA _{d2}	LVA _{d4}	LVA _{d6}	LVA _{d9}
LVA	-	-	-	-	-
LVA _{d2}	0,2960	-	-	-	-
LVA _{d4}	0,3090	0,8554	-	-	-
LVA _{d6}	0,0074	0,0469	0,0067	-	-
LVA _{d9}	0,8282	0,7234	0,3377	0,0012	-
Bimodal	Não	Não	Não	Não	Não
Distribuição normal	Não	Não	Não	Não	Não
CV (%)	56,42	61,88	50,31	69,92	50,71
Desvio Padrão	26,56	31,96	26,05	23,07	23,40
Média	47,08	51,65	51,78	33,00	46,15
Mediana	42,60	47,00	54,10	23,40	-
Moda	35,00	-	-	-	-

Limite de Liquidez (%)	n = 282	n = 111	n = 39	n = 27	n = 72
	LVA	LVA _{d2}	LVA _{d4}	LVA _{d6}	LVA _{d9}
LVA	-	-	-	-	-
LVA _{d2}	0,0001	-	-	-	-
LVA _{d4}	0,6392	0,0041	-	-	-
LVA _{d6}	0,0002	0,0000	0,0038	-	-
LVA _{d9}	0,0003	0,0000	0,0343	0,3192	-
Bimodal	Não	Não	Não	Não	Não
Distribuição normal	Não	Não	Não	Não	Não
CV (%)	34,67	15,27	43,11	50,32	48,24
Desvio Padrão	13,14	6,70	10,93	14,25	15,18
Média	37,91	43,91	25,36	28,32	31,47
Mediana	41,00	44,00	39,00	30,00	35,00
Moda	-	-	-	-	-

Índice de Suporte Califórnia (%)	n = 289	n = 173	n = 39	n = 27	n = 62
	LVA	LVA _{d2}	LVA _{d4}	LVA _{d6}	LVA _{d9}
LVA	-	-	-	-	-
LVA _{d2}	0,3854	-	-	-	-
LVA _{d4}	0,0042	0,9644	-	-	-
LVA _{d6}	0,0000	0,0295	0,0000	-	-
LVA _{d9}	0,3852	0,0000	0,0295	0,0000	-
Bimodal	Não	Não	Não	Não	Não
Distribuição normal	Não	Não	Não	Não	Não
CV (%)	93,41	100,22	48,06	98,42	80,71
Desvio Padrão	21,06	18,70	21,48	14,17	19,65
Média	22,55	18,66	44,69	14,39	24,34
Mediana	14,00	8,20	6,50	34,50	10,60
Moda	14,00	-	-	-	-

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Tabela 36: Teste não paramétrico de Mann-Whitney com 95% de confiança nos LVA em que a hachura em vermelho indica que as amostras não são semelhantes em termos de mediana e a hachura em verde indicam que as amostras são semelhantes em termos de mediana.

Limite de Plasticidade (%)	n = 282	n = 111	n = 39	n = 27	n = 72
	LVA	LVA _{d2}	LVA _{d4}	LVA _{d6}	LVA _{d9}
LVA	-	-	-	-	-
LVA _{d2}	0,0000	-	-	-	-
LVA _{d4}	0,1747	0,0001	-	-	-
LVA _{d6}	0,0033	0,0000	0,1182	-	-
LVA _{d9}	0,0002	0,0000	0,1808	0,6589	-
Bimodal	Não	Não	Não	Não	Não
Distribuição normal	Não	Não	Não	Não	Não
CV (%)	36,88	18,03	43,11	54,20	49,29
Desvio Padrão	10,11	5,78	10,93	11,41	11,18
Média	27,42	32,09	25,36	21,06	22,68
Mediana	30,58	33,00	25,50	22,00	22,00
Moda	-	-	-	-	-

Índice de Plasticidade (%)	n = 283	n = 111	n = 39	n = 27	n = 72
	LVA	LVA _{d2}	LVA _{d4}	LVA _{d6}	LVA _{d9}
LVA	-	-	-	-	-
LVA _{d2}	0,0290	-	-	-	-
LVA _{d4}	0,1086	0,6750	-	-	-
LVA _{d6}	0,0001	0,0000	0,0001	-	-
LVA _{d9}	0,0135	0,0001	0,0051	0,0717	-
Bimodal	Não	Não	Não	Não	Não
Distribuição normal	Não	Não	Não	Não	Não
CV (%)	43,58	32,38	45,73	50,05	52,88
Desvio Padrão	4,56	3,83	5,04	3,63	4,65
Média	10,46	11,82	11,01	7,26	8,80
Mediana	11,00	11,00	11,00	8,00	10,00
Moda	-	-	-	-	-

Os LVA apresentam um índice de plasticidade médio menor que o observado nos LV e nos CX e teor de finos superior ao dos CX inferior aos LV, ou seja, são solos mais argilosos/siltosos e espera-se um comportamento mais plástico que os cambissolos pelo valor de I_p . Quanto aos valores de profundidade de impenetrável, os valores observados nos LVA são superiores aos identificados nos LV e CX.

No conjunto de amostras compiladas, as unidades de mapeamento dos LVA apresentam diferenças estatísticas em termos de mediana com pelo menos outra unidade, sendo assim, para os LVA, recomenda-se a utilização da abordagem com base nas unidades de mapeamento.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Tabela 37: Teste não paramétrico de Mann-Whitney com 95% de confiança nos LVA em que a hachura em vermelho indica que as amostras não são semelhantes em termos de mediana e a hachura em verde indicam que as amostras são semelhantes em termos de mediana.

Profundidade do impenetrável (Metros)	n = 74	n = 12	n = 62	Ensaio SPT (Número de golpes)	n = 235	n = 173	n = 62
	LVA	LVAd2	LVAd9		LVA	LVAd2	LVAd9
LVA	-	-	-	LVA	-	-	-
LVAd2	0,0196	-	-	LVAd2	0,0435	-	-
LVAd9	0,2621	0,0056	-	LVAd9	0,8494	0,2938	-
Distribuição bimodal	Não	Não	Não	Distribuição bimodal	Não	Não	Não
Distribuição normal	Não	Não	Não	Distribuição normal	Não	Não	Não
CV (%)	15,80	39,99	42,64	CV (%)	101,85	109,08	105,07
Desvio Padrão	3,02	5,74	4,72	Desvio Padrão	17,71	16,09	19,13
Média	19,11	14,36	11,08	Média	17,39	14,75	18,21
Mediana	17,45	18,45	11,00	Mediana	10,00	7,00	18,00
Moda	-	-	-	Moda	-	-	-

Ao plotar no gráfico de plasticidade os valores de w_l e I_p , observa-se algumas diferenças entre os LV e CX. Apesar da maior parte dos valores se concentrarem abaixo da linha A, relacionado a solos siltosos, com a maior parte das amostras na zona dos siltes orgânicos e inorgânicos e siltes argilosos e a esquerda da linha B associados a solos de baixa compressibilidade e de baixa a média plasticidade (Figura 89), existe um concentração de valores na transição entre as zonas de argilas e siltes de baixa compressibilidade.

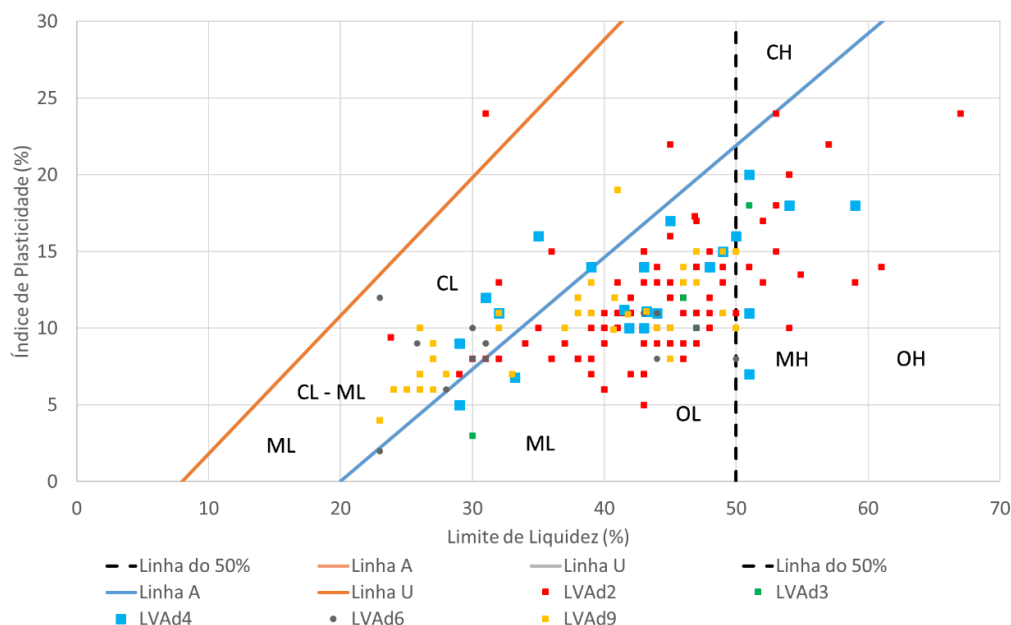


Figura 89: Gráfico de plasticidade para as amostras inseridas na ordem de classificação pedológica LVA.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para se comparar as ordens da classificação pedológica LV, LVA, CX incluindo os solos hidromórficos (Hi), cuja distribuição dos solos hidromórficos é apresentada na Figura 90, foram escolhidas as variáveis N_{spt}, Índice de Suporte Califórnia, Profundidade do Impenetrável e Índice de Plasticidade. Os resultados dos testes estatísticos para cada uma das variáveis estão resumidos na Tabela 38. Importante ressaltar que as ordens pedológicas foram subdivididas para fins agrícolas e que duas unidades ou ordens distintas podem apresentar um comportamento geotécnico semelhante.

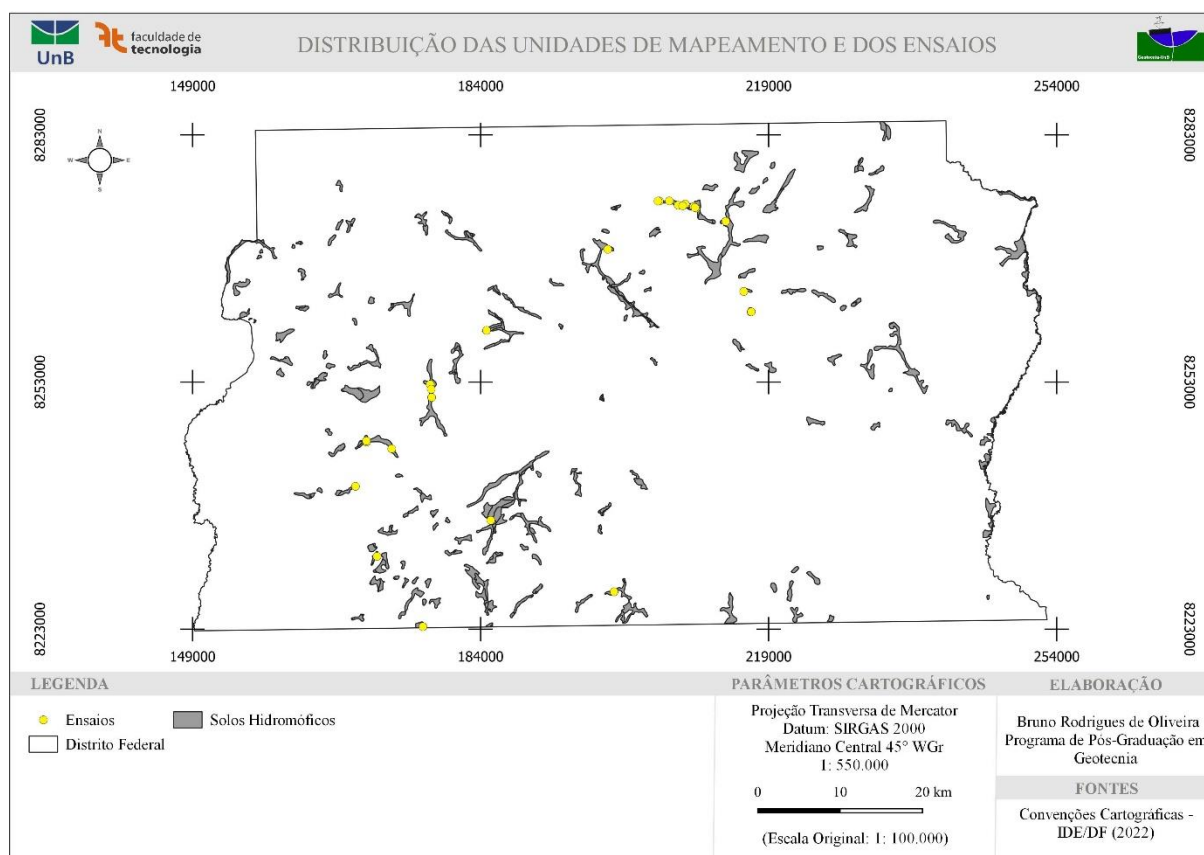


Figura 90: Distribuição espacial das unidades de mapeamento pedológico dos solos hidromórficos.

Com base nos testes realizados para as variáveis número de golpes do ensaio SPT e índice de plasticidade, a amostra LVA não é estatisticamente diferente em termos de mediana dos solos hidromórficos que por sua vez não diferem do LV, mas as amostras de LV e LVA são estatisticamente diferentes entre si.

Nos testes relacionados a profundidade do impenetrável só não foi observada diferença entre os LV e Hi enquanto para a variável ISC os LV são estatisticamente diferentes quando comparados com os LVA e os CX. Ao observar os resultados da Tabela 38, para as

RESULTADOS E DISCUSSÕES

propriedades em questão, as ordens pedológicas apresentam comportamento geotécnico distintos inclusive os LV e LVA.

Tabela 38: Teste não paramétrico de Mann-Whitney com 95% de confiança nas ordens da classificação pedológica LV, LVA, CX e Hi em que a hachura em vermelho indica que as amostras não são semelhantes em termos de mediana e a hachura em verde indicam que as amostras são semelhantes em termos de mediana.

Ensaio SPT (Número de golpes)	n = 28167	n = 539	n = 69	n = 289	Profundidade do Impenetrável (Metros)	n = 477	n = 97	n = 4	n = 27
	LV	CX	Hi	LVA		LV	CX	Hi	LVA
LV	-	-	-	-	LV	-	-	-	-
CX	0,0000	-	-	-	CX	0,0000	-	-	-
Hi	0,1494	0,0000	-	-	Hi	0,3495	0,0007	-	-
LVA	0,0254	0,0000	0,6942	-	LVA	0,0038	0,0000	0,0363	-
Distribuição bimodal	Não	Não	Não	Não	Distribuição bimodal	Não	Não	Não	Não
Distribuição normal	Não	Não	Não	Não	Distribuição normal	Não	Não	Sim	Sim
CV (%)	97,64	72,56	83,59	98,18	CV (%)	42,59	55,70	17,97	39,99
Desvio Padrão	13,04	20,75	11,68	17,39	Desvio Padrão	7,78	3,37	3,91	5,74
Mediana	18,45	27,00	13,00	10,00	Mediana	7,00	7,72	-	17,45
Moda	-	-	-	-	Moda	-	-	-	-
Média	13,35	28,59	13,97	17,71	Média	18,26	6,05	21,79	14,359

Índice de Plasticidade (%)	n = 477	n = 197	n = 11	n = 283	Índice de Suporte Califórnia (%)	n = 451	n = 185	n = 11	n = 880
	LV	CX	Hi	LVA		LV	CX	Hi	LVA
LV	-	-	-	-	LV	-	-	-	-
CX	0,0000	-	-	-	CX	0,0192	-	-	-
Hi	0,2838	0,0000	-	-	Hi	0,3067	0,7551	-	-
LVA	0,0065	0,0317	0,7170	-	LVA	0,0040	0,6932	0,8131	-
Distribuição bimodal	Não	Não	Não	Não	Distribuição bimodal	Não	Não	Não	Não
Distribuição normal	Sim	Não	Sim	Sim	Distribuição normal	Não	Não	Sim	Sim
CV (%)	25,53	34,36	20,77	43,10	CV (%)	109,72	101,97	88,59	93,41
Desvio Padrão	3,90	13,65	2,21	4,50	Desvio Padrão	18,12	25,01	22,66	21,06
Mediana	12,00	11,00	11,00	11,00	Mediana	11,00	13,00	16,20	14,00
Moda	-	-	-	-	Moda	-	-	-	-
Média	15,27	39,72	10,64	10,45	Média	16,52	24,52	25,58	22,55

4.5.3.2. Comparação entre dois locais com diferentes unidades geológicas e mesma unidade geomorfológica e pedológica

Nessa análise, foi realizada uma comparação entre duas áreas enquadradas nas unidades de terreno MNPpa-PI-LVd3 (MNPpa – Formação Ribeirão do Torto) e MNPppc-PI-LVd3 (MNPppc – Formação Córrego do Barreiro) com diferentes unidades geológicas e mesma unidade geomorfológica (PI – Plano Intermediário) e pedológica visando avaliar se existe

diferença estatística, na inclusão da geologia na segmentação das unidades de terreno em escala regional.

O teste Mann-Whitney U Test foi realizado para comparar as distribuições em termos de mediana assumindo como hipótese nula (H_0) que as amostras são semelhantes em termos de mediana e a hipótese alternativa (H_1), que as amostras são diferentes em termos de mediana. Para o teor de finos, o teste retorna o valor de 0,001 sendo possível concluir que o valor calculado está dentro de H_1 , logo rejeita-se H_0 . Sendo assim, no tocante ao teor de finos, as amostras são diferentes em termos de mediana (Tabela 39).

No entanto para o índice de plasticidade, o teste retorna o valor de 0,77 sendo possível concluir que o valor calculado está dentro de H_0 , rejeitando assim H_1 . Ou seja, em termos de índice de plasticidade, as amostras não são estatisticamente distintas em termos de mediana.

Tabela 39: Teste não paramétrico de Mann-Whitney para a propriedade teor de finos das unidades MNPpa-PI-LVd3 e MNPppc-PI-LVd3 com 95% de confiança em que a hachura em vermelho indica que as amostras não são semelhantes em termos de mediana e a hachura em verde indicam que as amostras são semelhantes em termos de mediana.

Teor de finos	n = 25		n = 56		Índice de Plasticidade	n = 13		n = 43	
	MNPppc-PI-LVd3	MNPpa-PI-LVd3	MNPppc-PI-LVd3	MNPpa-PI-LVd3		MNPppc-PI-LVd3	MNPpa-PI-LVd3		
MNPppc-PI-LVd3	-	-	-	-	MNPppc-PI-LVd3	-	-	-	-
MNPpa-PI-LVd3	0,0010	-	0,7718	-	MNPpa-PI-LVd3	0,7718	-	-	-
Distribuição bimodal	Não	Não	Não	Não	Distribuição bimodal	Não	Não	Não	Não
Distribuição normal	Sim	Não	Não	Não	Distribuição normal	Não	Não	Não	Não
CV (%)	33,00	55,00	29,00	39,00	CV (%)	29,00	39,00	29,00	39,00
Desvio Padrão	22,46	24,53	3,38	4,57	Desvio Padrão	3,38	4,57	3,38	4,57
Média	68,76	44,75	11,69	11,86	Média	11,69	11,86	11,69	11,86
Mediana	75,00	43,00	12,00	11,00	Mediana	12,00	11,00	12,00	11,00
Moda	-	-	-	-	Moda	-	-	-	-

A unidade MNPppc-PI-LVd3 apresenta um teor de finos maior que a unidade MNPpa-PI-LVd3 que poderia ser explicado pela composição litológica da MNPppc-PI-LVd3 representada principalmente por metalamitos siltosos de coloração cinza prateado (que passa a amarelo, rosado ou avermelhado com a alteração) (Campos *et al.*, 2013). Todavia, não existe garantia que o material amostrado corresponde a um solo oriundo do litotipo em questão.

A mesma análise foi realizada comparando duas áreas enquadradas nas unidades de terreno MNPpq3-CE-LVd3 (MNPpq3 - Formação Ribeirão Contagem) e MNPpr3-CE-LVd3

RESULTADOS E DISCUSSÕES

(MNPpr3 - Formação Serra da Meia Noite) com diferentes unidades geológicas e mesma unidade geomorfológica (CE – Chapada Elevada) e pedológica.

O teste Mann-Whitney U Test foi realizado para comparar as distribuições em termos de mediana assumindo como hipótese nula (H_0) que as amostras são semelhantes em termos de mediana e a hipótese alternativa (H_1), que as amostras são diferentes em termos de mediana. Para ambas as propriedades teor de finos e índice de plasticidade, os testes retornam valores inferiores a 0,05 sendo possível concluir que o valor calculado está dentro de H_1 , logo rejeita-se H_0 . Sendo assim, as amostras são diferentes em termos de mediana (Tabela 40) para ambas as propriedades, teor de finos e índice de plasticidade.

Tabela 40: Teste não paramétrico de Mann-Whitney para as unidades MNPpq3-CE-LVd3 e MNPpr3-CE-LVd3 com 95% de confiança em que a hachura em vermelho indica que as amostras não são semelhantes em termos de mediana e a hachura em verde indicam que as amostras são semelhantes em termos de mediana.

Teor de finos (%)	n = 20	n = 86	Índice de Plasticidade	n = 20	n = 86
	MNPpq3-CE-LVd3	MNPpr3-CE-LVd3		MNPpq3-CE-LVd3	MNPpr3-CE-LVd3
MNPppc-PI-LVd3	-	-	MNPppc-PI-LVd3	-	-
MNPpa-PI-LVd3	0,0030	-	MNPpa-PI-LVd3	0,0000	-
Distribuição bimodal	Sim	Não	Distribuição bimodal	Sim	Sim
Distribuição normal	Sim	Não	Distribuição normal	Não	Não
CV (%)	38	61	CV (%)	22,00	26,00
Desvio Padrão	5,73	26,8	Desvio Padrão	2,93	2,70
Média	86,75	43,77	Média	13,14	10,37
Mediana	79,50	48,00	Mediana	13,00	11,00
Moda	-	-	Moda	12,00 / 15,00	8,00 / 12,00

4.5.3.3. Comparação entre dois locais com diferentes unidades geomorfológicas e mesma unidade geológica e pedológica

A influência da geomorfologia foi avaliada por meio de uma comparação entre uma área enquadrada na unidade de terreno de MNPpr3-R-LVd3 (R - Rebordo) com área enquadrada na UT de MNPpr3-CE-LVd3 (CE – Chapada Elevada), escolhidas com base na disponibilidade de investigações e ensaios.

Assumindo como hipótese nula (H_0) que as amostras são semelhantes em termos de mediana e a hipótese alternativa (H_1), que as amostras são diferentes em termos de mediana, os testes retornam valores superiores a 0,05 sendo possível concluir que os valores calculados estão dentro de H_0 , logo rejeitamos H_1 .

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Sendo assim, as amostras para ambas as propriedades, teor de finos e índice de plasticidade, são iguais em termos de mediana (Tabela 41). Para essas propriedades, a inclusão da geomorfologia não contribuiu para a segmentação de unidades de terreno, em escala regional, com comportamentos geotécnicos distintos.

Foram realizados testes para a segmentação das unidades por propriedades geomorfométricas, mas por ser tratar de unidades geomorfológicas com baixas amplitudes e declividades e pela distribuição das amostras estarem locadas de maneira a atender as suas respectivas finalidades (ao longo do sistema viário ou concentradas e em um local da faixa de domínio), não foram observadas contribuições significativas na delimitação das unidades.

Tabela 41: Teste não paramétrico de Mann-Whitney para as unidades MNPpr3-R-LVd3 (R - Rebordo) com área enquadrada na UT de MNPpr3-CE-LVd3 (CE – Chapada Elevada) com 95% de confiança em que a hachura em vermelho indica que as amostras não são semelhantes em termos de mediana e a hachura em verde indicam que as amostras são semelhantes em termos de mediana.

Teor de finos	n = 86		n = 16		Índice de Plasticidade	n = 65		n = 22	
	MNPpr3-CE-LVd3	MNPpr3-R-LVd3	MNPpr3-R-LVd3	MNPpr3-R-LVd3		MNPpr3-CE-LVd3	MNPpr3-R-LVd3		
MNPpr3-CE-LVd3	-	-	-	-	MNPppc-PI-LVd3	-	-	-	-
MNPpr3-R-LVd3	0,060	-	-	-	MNPpa-PI-LVd3	0,2627	-	-	-
Distribuição bimodal	Não	Não	Não	Não	Distribuição bimodal	Não	Não	Não	Não
Distribuição normal	Não	Não	Não	Não	Distribuição normal	Não	Não	Não	Não
CV (%)	58,00	30,00	30,00	30,00	CV (%)	26,00	28,00	28,00	28,00
Desvio Padrão	27,60	18,81	18,81	18,81	Desvio Padrão	2,70	2,77	2,77	2,77
Média	43,77	62,22	62,22	62,22	Média	10,37	9,86	9,86	9,86
Mediana	48,00	68,00	68,00	68,00	Mediana	11,00	9,00	9,00	9,00
Moda	-	-	-	-	Moda	11,00	-	-	-

4.5.3.4. Comparação entre três áreas enquadradas na mesma unidade de terreno

Essa análise consiste na comparação entre si de três áreas enquadradas na mesma unidade de terreno (MNPpq3-CE-LVd3), ou seja, partilham do mesmo contexto pedológico, geológico (MNPpq3 - Formação Ribeirão Contagem) e geomorfológico (CE – Chapada Elevada) além da comparação dessas unidades com o conjunto de todas as unidades de terreno (MNPpq3-CE-LVd3).

Com base nos resultados dos testes estatísticos apresentados na Tabela 42, em termos de teor de finos, as áreas são diferentes em termos de mediana. O mesmo não ocorre para o índice de plasticidade visto que somente uma das áreas se mostrou diferente em termos de mediana.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Essa diferença observada nos índices de plasticidade pode estar associada a problemas na execução dos ensaios ou, para essa propriedade em questão, algumas unidades podem ser agrupadas.

Ao utilizar unidade de terreno definidas em escala regional, como é o caso desta pesquisa, assume-se as unidades de terreno fornecem uma ideia do comportamento geral englobando todos os comportamentos que ocorrem nas unidades homologas que compõe. A variabilidade entre diferentes unidades reforça a necessidade de uma avaliação local e o caráter orientativo das unidades geotécnicas definidas em pequenas escalas.

De forma geral, a adoção das categorias no nível de ordem para escalas regionais, entre 1:50.000 e 1:100.000, apesar de serem identificadas diferenças se mostra adequada para algumas variáveis, mas para escalas superiores a 1:50.000 recomenda-se a segmentação em unidades de mapeamento ou com base em critérios estatísticos.

Tabela 42: Teste não paramétrico de Mann-Whitney com 95% de confiança para as propriedades teor de finos e índice de plasticidade em que a hachura em vermelho indica que as amostras não são semelhantes em termos de mediana e a hachura em verde indicam que as amostras são semelhantes em termos de mediana.

Teor de finos	n = 94	n = 40	n = 18	n = 12	Índice de Plasticidade	n = 94	n = 40	n = 18	n = 12
	UT	Área 0	Área 1	Área 2		UT	Área 0	Área 1	Área 2
UT	-	-	-	-	UT	-	-	-	-
Área 0	0,0000	-	-	-	Área 0	0,0198	-	-	-
Área 1	0,0038	0,0000	-	-	Área 1	0,0854	0,0036	-	-
Área 2	0,2501	0,0000	0,0444	-	Área 2	0,7188	0,1310	0,4593	-
Distribuição bimodal	Não	Não	Não	Não	Distribuição bimodal	Não	Não	Não	Não
Distribuição normal	Não	Não	Não	Não	Distribuição normal	Não	Não	Não	Não
CV (%)	43,00	7,00	69,00	66,50	CV (%)	42,00	22,00	76,00	29,00
Desvio Padrão	28,55	5,80	30,40	11,85	Desvio Padrão	4,96	3,08	6,68	3,49
Média	66,55	86,75	44,27	69,52	Média	11,76	13,85	8,76	12,17
Mediana	79,50	87,30	26,35	70,20	Mediana	12,70	15,00	11,70	11,50
Moda	-	-	-	-	Moda	15,00	15,00	-	9,00

No tocante a categoria no nível de ordem e unidades de mapeamento, na temática de pedologia, para os CX e LVA a utilização no nível de ordem se mostra adequada, com exceção da variável ISC que deve ser analisada em unidades de mapeamento. Nos LV, com exceção da variável w_p é possível utilizar a abordagem em nível de ordem, ressaltando que as variáveis w_p , w_L , I_p e ISC também podem ser avaliadas tendo como base as unidades de mapeamento diante dos resultados de alguns testes estatísticos ou considerando a bimodalidade e a normalidade identificadas nas análises gráficas.

Tais pontos indicam a importância de analisar cada variável individualmente quando se trata de definir zonas com comportamentos geotécnicos homólogos. Cabe ressaltar que as análises supramencionadas possuem a incerteza associada a qualidade dos ensaios compilados e a distribuição das amostras dentro das unidades de terreno que podem influenciar na caracterização delas.

Referente a geomorfologia, as análises mostraram que, para pequenas escalas, as amostras não são estatisticamente diferentes em diferentes unidades geomorfológicas o que não ocorre para a temática da geologia. Ou seja, a inclusão da temática geologia na subdivisão das unidades de terreno influencia na definição de zonas com comportamentos homólogos, em escala regional. Essa análise somente considerou uma propriedade e algumas unidades geológicas e geomorfológicas, sendo necessárias mais investigações futuras.

5. CONCLUSÕES

Neste tópico são apresentadas as conclusões sobre a qualidade dos dados geotécnicos, o modelo de dados e da importância da estruturação de dados geotécnicos em um banco de dados.

5.1. Gestão de dados geotécnicos

Ao analisarmos os dados geotécnicos, observa-se que os dados são tipicamente incertos, escassos e incompletos, principalmente quando consideramos a heterogeneidade dos formatos de armazenamento praticados pelos produtores de dados geotécnicos e as características inerentes ao processo de amostragem e investigação.

Os ensaios e investigações gerados para subsidiar projetos de engenharia rotineiramente não são aproveitados para outras finalidades e os dados geotécnicos produzidos em intervenções locais visam atender uma demanda específica. Entretanto, esses dados apresentam um grande potencial no auxílio da tomada de decisão em novos projetos apesar de não poderem ser diretamente aplicados em outras áreas de estudo. A recuperação, de uma fonte estruturada, de dados geotécnicos em quantidade e qualidade adequada torna-se imprescindível para o sucesso de um projeto de engenharia além de subsidiar o desenvolvimento de pesquisas em outras áreas do conhecimento.

No caso dos dados geotécnicos, além das limitações relacionadas a heterogeneidade de estruturas de armazenamento praticadas, a variedade de formatos de distribuição desses dados (Lee et al., 2021; Tawelian & Mickovski, 2016), a incompletude dos dados e a componente locacional também são limitantes para a sua utilização. Dados mais antigos, por exemplo, podem utilizar como referência objetos geográficos que não existem mais, como postes e meio fios, ou sistemas de referência defasados e necessitam ser georreferenciados. No tocante a completude, comumente são registrados somente as informações julgadas relevantes para a produção do produto de interesse negligenciando os dados brutos. Todos os pontos supramencionados são considerados as principais barreiras para que a gestão dos dados geotécnicos seja realizada de maneira eficiente.

Apesar dos dados inseridos no banco de dados não tenham sido compilados com uma finalidade específica e muitas informações não apresentem os dados brutos que os originaram, os estudos de caso exarados nos itens 4.5.1, 4.5.2 e 4.5.3, demonstraram a capacidade da produção de informações derivadas relevantes sobre a variabilidade das propriedades analisadas e passíveis de orientar campanhas de investigações futuras e subsidiar estudos geotécnicos preliminares.

No primeiro estudo de caso, a utilização de dados geotécnicos permitiu a definição de zonas de comportamento geotécnico compatíveis com outros autores (Guimarães, 2002; Rócio Del Carmen, 2022), mesmo com dados com baixa completude. A análise dos dados no segundo estudo de caso permitiu definir duas zonas de comportamentos distintos, mas a identificação dos locais com concentrações de valores muito baixos da propriedade em análise só foi possível durante o traçado da seção esquemática. O segundo estudo reforça que a visualização espacial dos dados é de suma importância para uma melhor interpretação dos dados.

Diante das análises realizadas no terceiro estudo de caso, as unidades de terreno definidas em pequenas escalas fornecem uma ideia do comportamento geral englobando todos os comportamentos que ocorrem nas unidades homologas que compõe a unidade de terreno. A variabilidade entre diferentes unidades reforça a necessidade de uma avaliação local e o caráter orientativo das unidades geotécnicas definidas em pequenas escalas.

A inclusão da geologia influenciou na distribuição da propriedade analisada podendo ser um indicativo que a temática é pertinente na definição das unidades de terreno. Apesar da inclusão da geomorfologia não ter contribuído para a segmentação de unidades de terreno em análise não é possível afirmar que a temática não contribui para a segmentação de unidades de terreno em escala regional.

De forma geral, a adoção das categorias no nível de ordem para escalas regionais, entre 1:50.000 e 1:100.000, apesar de serem identificadas diferenças se mostra adequada para algumas variáveis, mas para escalas superiores a 1:50.000 recomenda-se a segmentação em unidades de mapeamento ou com base em parâmetros estatísticos das propriedades em análise.

A grande vantagem do armazenamento de dados geotécnicos, de diversas fontes e finalidades, em bancos de dados é que a amostra, do ponto de vista estatístico, passa a representar melhor a variabilidade dos parâmetros geotécnicos que estão armazenados na base de dados. Em contrapartida, cabe ao técnico utilizar com cautela essas informações de forma a não extrair informações erradas da base de dados.

Para um banco de dados composto de dados geotécnicos de diversas fontes é importante que durante a seleção dos dados que serão utilizados nas análises seja considerado: o método de execução dos ensaios; a finalidade para qual foi executado o ensaio; o método de amostragem utilizado na coleta das amostras; a data de coleta ou execução do ensaio; as condições distintas em cada local que foram feitas as investigações, ou seja, da variabilidade dos parâmetros geotécnicos associados as diferentes condições geológicas, hidrológicas, geomorfológicas e outras características que os influenciam. Durante a inclusão de novos

dados, essas informações devem ser registradas para permitir que as análises futuras possam ser realizadas adequadamente.

5.2. Modelagem de dados e implementação de banco de dados geotécnicos

O grande problema de se trabalhar com a padronização de dados geoespacial é o tempo necessário da compatibilização dos dados compilados para que possam ser inseridos no formato definido, fato este observado por Silva (2007) ao pontuar sobre o tempo investido para compatibilizar as informações preexistentes em boletins de sondagens na estrutura proposta pelo autor.

Isso se dá pelos motivos expostos na justificativa, em que cada instituição trabalha com seu formato próprio e isso dificulta a compatibilização das informações e a interoperabilidade entre sistemas. Os dados geotécnicos produzidos por órgãos do Distrito Federal, por exemplo, não fogem a essa situação já que são armazenados em planilhas eletrônicas somente com os resultados das análises realizadas e as informações mais antigas comumente não possuem a informação locacional.

No caso dos dados que já se encontram em um formato compatível com um SIG, além do tempo necessário para compatibilizar as informações, comumente é necessário corrigir erros de preenchimento nos atributos dos registros, por exemplo, a mesma textura do solo em uma sondagem pode ser preenchida de diversas maneiras como argila com areia, argila arenosa e argila/areia, entre outras formas.

Outro ponto extremamente importante a ausência de metadados e dicionário de dados dos dados geoespaciais compilados que impacta diretamente na qualidade dos dados e na incerteza das análises. Por exemplo, poucos foram os dados compilados para essa pesquisa que possuem todas as informações relacionadas aos ensaios. Na sua maioria, os autores registraram o dado de interesse para a finalidade do ensaio ou investigação como por exemplo, o número de golpes nos últimos 30 cm do trecho de 45 cm ensaiado na sondagem a percussão.

O primeiro passo para a padronização de dados geoespaciais consiste na proposição de um modelo conceitual que tenha como foco representar dados como um usuário vai observá-los no "mundo real" independentemente das especificações dos programas e computadores. A modelagem fornece uma imagem clara dos dados básicos, relacionamentos e restrições de maneira a subsidiar a implementação física do banco de dados a implementação física do banco de dados. Embora a criação do modelo seja bastante dispendiosa, a longo prazo, e torna a manutenção e atualização da infraestrutura associada mais rápida e barata.

O modelo OMT-G se mostrou adequado para obter representações tridimensionais adequadas dos ensaios e investigações geotécnicas apesar do modelo ser destinado a

CONCLUSÕES

modelagem de dados geográficos bidimensionais. A solução adotada para se modelar dados tridimensionais utilizando primitivas em três dimensões no diagrama de classes com a especificação das transformações, para obtenção dos volumes das geometrias 3D, se mostrou bastante satisfatória.

Relações como espacialização são capazes de definir classes mais específicas a partir de classes genéricas, adicionando novas propriedades na forma de atributos, como é o caso das investigações de campo e os ensaios de laboratório e suas respectivas subclasses subdivididas pelo tipo. Essa relação permite especificar que dois ensaios de campo podem ser feitos em um mesmo local como uma sondagem a percussão seguida da instalação de um piezômetro (Sobreposto), mas dois ensaios não podem ser realizados em uma mesma subamostra dentro de amostra indeformada como um ensaio de cisalhamento direto e de adensamento.

Ainda é possível especificar se as subclasses são totais como as subclasses unidades de solo e rocha da superclasse unidade geotécnica, ou parcial como as investigações de campo e os ensaios de laboratório, permitindo assim a inclusão de novas classes. Todas as relações já estavam disponíveis no modelo de dados facilitando a compreensão por parte dos administradores de banco de dados. Algumas transformações foram adicionadas na lista proposta por Davis Junior (2000) de maneira a incluir outros tipos de operações do tipo análise espacial, generalização cartográfica e de geometria computacional.

Quanto a variação temporal, o modelo OMT-G não foram definidos métodos de representação que permitam modelar essa propriedade. Todavia, devido as características dos dados geotécnicos, consultas relacionadas a data de execução ou cadastro de uma investigação são facilmente construídas. Para tal, foram implementadas no nível de implementação física um controle de alteração no banco de dados e colunas para armazenar a data de execução e cadastro dos ensaios de laboratório ou investigações de campo, caso seja do interesse do usuário.

O esquema lógico proposto utiliza como base as relações definidas nos esquemas conceituais, mas apresenta algumas diferenças pois considera o SGBD em que está sendo implementado. O esquema é de extrema importância para garantir a integridade e interoperabilidade dos dados pois nele são definidos os tipos de dados. A diferença entre o modelo conceitual e o esquema lógico proposto pode ser visto nas subclasses das investigações, por exemplo, que conceitualmente herdam as colunas da camada investigação, mas fisicamente dentro do banco isso não acontece diretamente nas tabelas, mas sim por meio de visualizações materializadas.

Diante da complexidade das relações entre as diferentes classes principalmente no tocante a cardinalidade, as etapas de modelagem conceitual e esquema lógico demandaram muito mais tempo que a fase da implementação física do banco de dados.

A grande vantagem da padronização dos dados no nível conceitual e lógico, é eliminar a necessidade compatibilização de dados visto que todos os dados serão produzidos em padrão específico e de formatos intermediários de transferência de dados, como o formato AGS.

Os formatos intermediários são uma boa solução a curto e médio prazo, mesmo sendo necessário realizar a conversão dos dados para importação dos dados em diferentes sistemas visto que apesar dos sistemas consigam reconhecer o mesmo formato, os dados são armazenados de formas distintas em cada sistema. Outro ponto que cabe ser mencionado são as limitações inerentes ao tamanho do arquivo, por se tratar de um arquivo de texto, no tocante a transferência e manipulação dos dados.

A padronização necessita de uma ampla participação dos usuários e produtores da geoinformação com o objetivo de produzir especificações técnicas a serem seguidas como a (CONCAR, 2017; DCT, 2018). A compilação e disponibilização no Github do código da extensão “pggeotec” para o PostgreSQL, disponibilizado no endereço eletrônico <https://github.com/bro-geo/pggeotec>, e do complemento do QGIS, disponível em [bro-geo/geotechnical-data-explorer: A QGIS plugin for pggeotec PostgreSQL extension. \(github.com\)](https://github.com/bro-geo/geotechnical-data-explorer), aumentam as chances de difundir os esquemas conceituais propostos. Por se tratar de uma plataforma colaborativa, é possível que outros pesquisadores contribuam para a melhora da implementação física e dos esquemas conceituais propostos.

5.3. Trabalhos futuros

Visando aumentar a difusão da proposta apresentado na presente pesquisa, recomenda-se como trabalhos futuros a implementação do banco de dados em servidor dedicado e disponibilização dos dados por meio de geoserviços na Infraestrutura de Dados Espaciais do Distrito Federal (IDE/DF, 2022), e consequentemente na Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais, e para o Serviço Geológico Brasileiro e associações relacionadas a Engenharia Civil e Geologia de Engenharia.

Inclusão de funcionalidades no complemento do QGIS para inclusão de algoritmos de maneira a subsidiar pesquisas em outras áreas da geotecnia e exportar os dados em formatos compatíveis com programas proprietários específicos da engenharia.

Diante da dificuldade da mudança do formato de armazenamento de dados dos programas proprietários e crescente utilização de programas BIM, se propõem a implementação de funcionalidade para conversão da estrutura proposta para os formatos de transmissão de

CONCLUSÕES

dados *Association of Geotechnical & Geoenvironmental Specialists* (AGS) e no formato AGS – Brasil (AGS4 BR, 2019) de maneira a que todos os produtores de dados geotécnicos possam compartilhar e contribuir com os dados preexistentes e produzidos visando a construção de uma base nacional de dados geotécnicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT. (1995) *Rocks and soils - Terminology*. ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, RJ.
- ABNT. (2016) *Solo - Ensaio de palheta in situ - Método de ensaio*.
- ABNT. (2018) *Geotechnical design - Procedure*. ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, RJ.
- ABNT. (2020) *Soil - Standard penetration test - SPT - Soil sampling and classification - Test method*. ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, RJ.
- Adams, T. M. ;, Tang, S. Y. ;, Wiegand, N. (1993) Spatial data models for managing subsurface data. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 7(3), 260–277.
- AGS. (1992) *Electronic Transfer of Geotechnical Data 1st Edition*.
- AGS4 BR. (2019) *Transferência Eletrônica de Dados Geotécnicos e Geoambientais*.
- Aguiar, R. L. (1997) *Zoneamento geotécnico geral do Distrito Federal: procedimentos metodológicos e sua inserção na gestão ambiental*. USP.
- Ahualli, L. (2019) *Aplicação da cartografia geotécnica como subsídio para o planejamento urbano no Setor Habitacional Fercal*. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília.
- Almeida, L. L. (2022) *Cartografia geotécnica de grande escala: análise do solo utilizando penetrômetro dinâmico à energia variável no Setor Habitacional Taquari/ DF*. Universidade de Brasília.
- Almeida, L. L., Oliveira, B. R., Souza, N. M., Cavalcante, A. L. B., Silva Junior, E. E. (2020) *Cartografia geotécnica de grande escala: análise do solo utilizando penetrômetro dinâmico à energia variável no Setor Habitacional Taquari. XX Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica*. Campinas – SP.
- Alves, P. C. (2009) *Cartografia geotécnica para obras subterrâneas: condições de construções de garagens subterrâneas e metrô no Plano Piloto de Brasília*. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília.
- Andriotti, J. L. S. (2013) *Fundamentos de Estatística e Geoestatística*. (1º ed). Editora Unisinos, São Leopoldo/RS.
- Arcaya, S. G. H. (2007) *Avaliação dos fatores condicionantes dos processos erosivos no Distrito Federal*. Universidade de Brasília.
- Arenas-Rios, M. (2012) *Estudo Cartografia geotécnica e visões fractais da geometria do relevo*. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília.

- Arens, C., Stoter, J., e van Oosterom, P. (2005) Modelling 3D spatial objects in a geo-DBMS using a 3D primitive. *Computers & Geosciences*, 31(2), 165–177. doi:10.1016/j.cageo.2004.05.013
- Assis, A. P., Espósito, T. J., Gardoni, M. G., Silva, P. D. E. A., Maia, J. A. (2012) *Métodos estatísticos e probabilísticos em geotecnia*. (Publicação.). UnB, Brasília.
- Awan, T. A., Arshid, M. U., Riaz, M. S., Houda, M., Abdallah, M., Shahkar, M., Aghdam, M. M., Azab, M. (2022) Sub-Surface Geotechnical Data Visualization of Inaccessible Sites Using GIS. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 11(7), 368. doi:10.3390/ijgi11070368
- Azaronak, N. (2015) *Building 3D models from geotechnical data*. Royal Institute of Technology (KTH).
- Azevedo, A. A., Filho, J. L. A. (2013) *Ensaio de Permeabilidade em Solo: Orientação para sua Execução no Campo*. ABGE.
- Barbosa, H. T. (2018) *BANCO DE DADOS GEOTÉCNICO DAS ARGILAS MOLES DA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE (RMRecife)*. Universidade Federal de Pernambuco.
- Bardet, J.P., Zand, A. (2009) Spatial Modeling of Geotechnical Information Using GML. *Transactions in GIS*, 13(1), 125–165. doi:10.1111/j.1467-9671.2008.01139.x
- Batista, P. L. H. (2012) *Cartografia geotécnica aplicada aos riscos de alagamento e inundação na bacia do Rio São Bartolomeu*. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília.
- Borges, K. A. V., Davis Jr, C. A., Laender, A. H. F. (2005) Modelagem conceitual de dados geográficos. M. A. Casanova, G. Câmara, C. A. Davis Jr, L. Vinhas, & G. R. Queiroz (Eds), *Banco de dados geográficos* (1º ed, p. 93–146). INPE, Curitiba.
- BRASIL. BRASIL. (2009). Brasil.
- BRASIL. (2012a) Lei Nº 12.608, de 10 de abril de 2012. *DOU de 11.4.2012*. Brasil. Obtido de http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112608.htm#art31
- BRASIL. BRASIL. (2012). Brasil.
- BRASIL. BRASIL. (2019). Brasil.
- BRASIL. (2020) Decreto Nº 10.306, de 2 de Abril de 2020. *DOU de 3.4.2020*. Brasil. Obtido de http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/decreto/D10306.htm
- BRASIL. (2021a) Decreto Nº 10.692, de 3 de Maio de 2021. *DOU 04/05/2021 | Edição: 82 | Seção: 1 | Página: 7*. Obtido de <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/decreto-n-10.692-de-3-de-maio-de-2021-317632332>
- BRASIL. BRASIL. (2021). Brasil.

- Caballero, S. R., Bheemasetti, T. V., Puppala, A. J., Chakraborty, S. (2022) Geotechnical Visualization and Three-Dimensional Geostatistics Modeling of Highly Variable Soils of a Hydraulic Fill Dam. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 148(11).
- Câmara, G. (2001) Representação computacional de dados geográficos., 1–44.
- Campos, J. E. G., Dardenne, M. A., Feitas-Silva, F. H., e M.A.C., M. F. (2013) The Paranoá Group geology at the external portion of the Brasília Belt. *Braz. J. Geol.*, 43(3), 461–476.
- Carneiro, P. J. R. (2000) *Mapeamento geotécnico e caracterização dos materiais naturais de construção do Distrito Federal: Uma base de dados para o planejamento e gestão*. Tese de Doutorado. Universidade de Brasília.
- Cerri, L. E. S., Akioosi, A., Augusto Filho, O., Zaine, J. E. (1996) Cartas e mapas geotécnicos de áreas urbanas: reflexões sobre as escalas de trabalho e proposta de elaboração com o emprego do método de detalhamento progressivo. *CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA* (p. 11). Rio de Janeiro RJ.
- Chafiq, T., Ouadoud, M., Jarar Oulidi, H., e Fekri, A. (2018) Application of Data Integrity Algorithm for Geotechnical Data Quality Management. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (iJIM)*, 12(8), 85. doi:10.3991/ijim.v12i8.9569
- Chandler, R. J., Hutchinson, R. (1999) Formatting for the future. G. R. W. G.E. Blight, A.B. Fourie (Ed), *Geotechnics for Developing Africa* (p. 293–301). CRC Press, Balkema, Rotterdam.
- Child, P., Grice, C., Chandler, R. (2014) The Geotechnical Data Journey – How the Way We View Data is Being Transformed. *Volume 3: Information Technology in Geo-Engineering* (p. 83–88). IOS Press. doi:10.3233/978-1-61499-417-6-83
- CINDE, C. de P. da I. N. de D. E. (2010) *Plano de ação para Implantação da INDE*. Rio de Janeiro.
- Clementini, E., Di Felice, P. (1995) A comparison of methods for representing topological relationships. *Information Sciences - Applications*, 3(3), 149–178. doi:10.1016/1069-0115(94)00033-X
- CONCAR, C. N. de C.-. (2017) *Especificações Técnicas Para Estruturação De Dados Geoespaciais Vetoriais (Et-Edgv 3.0)*.
- Costa, S. F. (2002) Nível de significância alpha ou valor-p?. *Estudos em Avaliação Educacional*, (25), 185. doi:10.18222/ea02520022195
- Coutinho, R. Q. (2013) *Parâmetros para a Cartografia Geotécnica e diretrizes para áreas sujeitas a Desastres Naturais*. Recife.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CPRM, S. G. do B., IPT, I. de pesquisas tecnológicas, e de São Paulo, E. (2014) *Cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações - 1:25.000 - {Nota} técnica explicativa*. Brasília.
- Davis Junior, C. A. (2000) *Múltiplas Representações em Sistemas de Informação Geográficos*. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Minas Gerais.
- DCT. (2018) *Norma da Especificação Técnica para Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-ADGV) Versão 3.0*. Brasília.
- Dearman, W. R. (1991) *Engineering Geological Mapping*. British Library Cataloguing Publication Data, Butterworth e Heinemama, London, UK.
- Divya Priya, B., Dodagoudar, G. R. (2018) An integrated geotechnical database and GIS for 3D subsurface modelling: Application to Chennai City, India. *Applied Geomatics*, 10, 47–64. doi:<https://doi.org/10.1007/s12518-018-0202-x>
- Duarte, K. S. (1992) *Mapeamento Geotécnico da Margem Direita do Rio São Bartolomeu, Distrito Federal*. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília.
- Duncan, E. E., Rahman, A. A. (2013) A Unified 3D Spatial Data Model for Surface and Subsurface Spatial Objects. *Ghana Mining Journal*, 14, 1–13.
- Efron, B. (1979) Bootstrap Methods: Another Look at the Jackknife. *The Annals of Statistics*, 7(1). doi:10.1214/aos/1176344552
- Elmasri, R., Navathe, S. B. (2016) *Fundamentals of Database Systems*. (7^o ed). Pearson Higher Education,.
- EPUSP (2016) PMI 3331 – GEOMÁTICA APLICADA À ENGENHARIA DE PETRÓLEO. Obtido de https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2069883/mod_resource/content/0/PMI3331_SIG_Introdução.pdf
- Filho, D. B. F., Junior, J. A. S. (2009) Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r). *Revista Política Hoje*, 18(1), 32.
- Freitas, R. D. A. de. (2021) *SIMULAÇÃO NUMÉRICA TRIDIMENSIONAL DO COMPORTAMENTO GEOTÉCNICO DE UMA BARRAGEM DE CONTENÇÃO DE REJEITOS POR MEIO DE ENSAIOS DE CAMPO E MICROSSÍSMICA*. Universidade Federal de Ouro Preto.
- Freitas-Silva, F. H., Campos, J. E. G. (1998) *Geologia do Distrito Federal*. In: *Inventário Hidrogeológico e dos Recursos Hídricos Superficiais do Distrito Federal*. Brasília.
- Gonçalves, M. (2016) *Diagnóstico e Proposta de Gestão das Reservas e Disponibilidades das Águas Subterrâneas no Distrito Federal, Considerando as Diferentes Regiões*

- Administrativas e a Situação Atual de Uso e Ocupação do Solo*. Relatório Técnico, Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal (ADASA), Brasília.
- Guaresi, C. M. (2004) *Modelo de Banco de Dados Geotécnicos Vinculados a um Sistema de Informações Geo-Referenciadas da Grande Florianópolis*. Universidade Federal de Santa Catarina.
- Guimarães, R. C. (2002) *Análise das Propriedades e Comportamento de um perfil de solo laterítico aplicada ao estudo do desempenho de estacas escavadas*. Universidade de Brasília.
- Harrison, S. ;, Crawford, B. ;, Simpson, J. (2008) Geological and geotechnical logging of kimberlite into a relational database management system, EKATI Diamond Mine, Canada. *9th International Kimberlite Conference Extended*.
- Head, K. H. (2006) *Manual of soil laboratory testing. Volume I: soil classification and compaction tests. Manual of soil laboratory testing. Volume I: soil classification and compaction tests*. (3^o ed). Whittles Publishing, Scotland, UK. doi:10.1016/0148-9062(81)90992-x
- Head, K. H., Epps, R. J. (2011) *Manual of Soil Laboratory Testing. Environmental & Engineering Geoscience* (3^o ed, Vol. 2). Whittles Publishing, Scotland, UK. doi:10.2113/gseegeosci.21.3.247
- Head, K. H., Epps, R. J. (2014) *Manual of Soil Laboratory Testing. Environmental & Engineering Geoscience* (3^o ed, Vol. 3). Whittles Publishing, Scotland, UK. doi:10.2113/gseegeosci.21.3.247
- Hen-Jones, R., Vardanega, P. J., Zapata, C., Jiménez, E., e Jiménez, E. (2022) Developing a geotechnical database to improve slope stability assessments in Quito, Ecuador. *e 20th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering* (p. 6). Sydney.
- Hoffman, D. R. (2002) *Effective Database Design for Geoscience Professionals*. (M. Patterson, Ed). PennWell Corporation, Tulsa, Oklahoma.
- IAEG. (1976) *Engineering geological maps; a guide to their preparation*. (Unesco, Ed).
- IBGE. (2017) *Avaliação da qualidade de dados geoespaciais*. IBGE, Rio de Janeiro RJ.
- IBGE. (2021) *Perfil de Metadados Geoespaciais do Brasil: perfil MGB 2.0*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, Rio de Janeiro.
- IDE/DF. (2022) *Infraestrutura de Dados Espaciais do Distrito Federal - Geoportal*. Obtido 10 de julho de 2022, de <https://www.geoportal.seduh.df.gov.br/geoportal/>

- Janecka, K., Karki, S. (2016) Data Management - Overview Report. *5th International FIG 3D Cadastre Workshop, 18-20 October 2016*. Athens, Greece.
- Kim, H.-S., Ji, Y. (2022) Three-dimensional geotechnical-layer mapping in Seoul using borehole database and deep neural network-based model. *Engineering Geology*, 297, 106489. doi:10.1016/j.enggeo.2021.106489
- Kingdon, A., Nayembil, M. L., Richardson, A. E., Smith, A. G. (2016) A geodata warehouse: Using denormalisation techniques as a tool for delivering spatially enabled integrated geological information to geologists. *Computers and Geosciences*, 96, 87–97. doi:10.1016/j.cageo.2016.07.016
- Lee, M. (2016) STAR UML. MKLabs Co.,Ltd., Seoul, Republic of Korea.
- Lee, M. L., Lee, Y. L., Goh, S. L., Koo, C. H., Lau, S. H., Chong, S. Y. (2021) Case Studies and Challenges of Implementing Geotechnical Building Information Modelling in Malaysia. *Infrastructures*, 6(10), 145. doi:10.3390/infrastructures6100145
- Lee, S., Suh, J., Park, H. D. (2015) BoreholeAR: A mobile tablet application for effective borehole database visualization using an augmented reality technology. *Computers and Geosciences*, 76, 41–49. doi:10.1016/j.cageo.2014.12.005
- Leotti, V., Riboldi, A. (2005) Comparação dos Testes de Aderência à Normalidade Kolmogorov-smirnov, Anderson-Darling, Cramer–Von Mises e Shapiro-Wilk por Simulação. *Anais do 11º Simpósio de Estatística Aplicada à Experimentação Agrônômica* (p. 192). UFSC.
- Lizardo, L. E. O., Davis Jr., C. A. (2014) OMT-G Designer: a web tool for modeling geographic databases in OMT-G. *33rd International Conference on Conceptual Modeling* (p. 228–233). Springer International Publishing.
- Lousada, E. O., Campos, J. E. G. (2005) Proposta de modelos hidrogeológicos conceituais aplicados aos aquíferos da região do Distrito Federal. *Revista Brasileira de Geociências*, 35(3), 407–414.
- Lu, G. Y., Wong, D. W. (2008) An adaptive inverse-distance weighting spatial interpolation technique. *Computers & Geosciences*, 34(9), 1044–1055. doi:10.1016/j.cageo.2007.07.010
- Lunet, N., Severo, M., Barros, H. (2008) Inferência estatística: intervalos de confiança vs. testes de hipóteses. *Revista Portuguesa de Cirurgia*, 5, 33–40.
- MacFarland, T. W., Yates, J. M. (2016) Mann–Whitney U Test. *Introduction to Nonparametric Statistics for the Biological Sciences Using R* (p. 103–132). Springer International Publishing, Cham. doi:10.1007/978-3-319-30634-6_4

- Magalhães, M.S. (2015) *Dimensionamento de estruturas de contenção atirantadas utilizando os métodos de equilíbrio limite e de elementos finitos*. PUC-Rio.
- Magalhães, M. N. (2015) *Noções de Probabilidade e Estatística*. (7^o). Universidade de São Paulo, São Paulo/SP.
- Mann, H. B., Whitney, D. R. (1947) On a test of whether one of two random variables is stochastically larger than the other. *Annals of Mathematical Statistics*, 50–60.
- Marcelli, I., Irace, A., Fioraso, G., Masetti, G., Brussolo, E., Raco, B., Menichini, M., Vivaldo, G., Doveri, M., Pispico, R., Cozzula, S. (2022) The Subsurface Database of the Torino Area (Western Po Plain): From the Design of the Conceptual Scheme to 3D Modeling. P. Borgogno-Mondino, E., Zamperlin (Ed), *Geomatics and Geospatial Technologies* (p. 106–119). Springer International Publishing. doi:10.1007/978-3-030-94426-1_9
- Marrano, A., Iyosama, W. S., Miyashiro, N. (2018) Investigações geotécnicas e geoambientais. A. M. dos S. Oliveira & J. J. Monticeli (Eds), *Geologia de Engenharia e ambiental* (1^o ed, p. 912). ABGE, São Paulo.
- Martins, A. H. C. (2005) *Mapeamento Geotécnico do Setor Norte do Município de Goiânia-GO, em Escala 1:25.000*. Universidade Federal de Uberlândia.
- Masoud, A. A., Saad, A. M., El Shafaey, O. N. H. (2022) Geotechnical database building and 3D modeling of the soil in Medina, Saudi Arabia. *Arabian Journal of Geosciences*, 15(6), 506. doi:10.1007/s12517-022-09781-1
- Mavroulis, S., Diakakis, M., Kranis, H., Vassilakis, E., Kapetanidis, V., Spingos, I., Kaviris, G., Skourtsos, E., Voulgaris, N., Lekkas, E. (2022) Inventory of Historical and Recent Earthquake-Triggered Landslides and Assessment of Related Susceptibility by GIS-Based Analytic Hierarchy Process: The Case of Cephalonia (Ionian Islands, Western Greece). *Applied Sciences*, 12(6), 2895. doi:10.3390/app12062895
- McKnight, P. E., Najab, J. (2010) Mann-Whitney U Test. *The Corsini Encyclopedia of Psychology*. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, USA. doi:10.1002/9780470479216.corpsy0524
- MDR (2022) Cartas Geotécnicas de Aptidão à Urbanização: Um instrumento para prevenção de riscos e desastres naturais. — Português (Brasil) (www.gov.br). Obtido 9 de julho de 2022, de <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/desenvolvimento-regional/acoes-e-programas/cartas-geotecnicas-de-aptidao-a-urbanizacao-um-instrumento-para-prevencao-de-riscos-e-desastres-naturais>
- Medri, W. (2011) *Análise Exploratória de Dados*. (Universidade Estadual de Londrina, Ed). Londrina/Pr.

- Miola, M., Cabiddu, D., Pittaluga, S., Mortara, M., Vetuschi Zuccolini, M., Imitazione, G. (2022) A computational approach for 3D modeling and integration of heterogeneous geo-data. *Computers & Graphics*, 105, 105–118. doi:10.1016/j.cag.2022.05.002
- Mokarram, N. (2010) *DATA EXCHANGE IN GEOTECHNICAL ENGINEERING*. UNIVERSITY OF SOUTHERN CALIFORNIA.
- Moura, A. R. L. U., Gusmão, A. D., Alves, F. P. (2017) Modelagem conceitual de banco de dados espaciais para análise geotécnica. *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 18 (p. 4032–4039). Santos - SP.
- Nayembil, M. L. (2021) Data Management Considerations. *Applied Multidimensional Geological Modeling* (p. 183–210). Wiley. doi:10.1002/9781119163091.ch8
- Nogueira, J. P. B. B. (2018) *Caracterização geotécnica de solos na região do Taquari/DF*. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade de Brasília.
- OGC. (2017) *Geoscience Markup Language 4 . 1 (GeoSciML)*. Open Geospatial Consortium.
- OGC, O. G. C. Inc. (2011) OpenGIS® Implementation Standard for Geographic information - Simple feature access, 2011-05-28, OGC 06-103r4, John R. Herring. *Simple Feature access*. Obtido 18 de dezembro de 2021, de https://portal.ogc.org/files/?artifact_id=25355
- Okunade, E. A. (2010) Design and Implementation of a Web-Based Geotechnical Database Management System for Nigerian Soils. *Modern Applied Science*, 4(11). doi:10.5539/mas.v4n11p36
- Oliveira, B. R. (2018) *Cartografia geotécnica de grande escala: estudo de caso setor habitacional Asa Taquari*.
- Oliveira, B., Souza, N., Silva, R., Silva Junior, E. (2021) Tridimensional geotechnical database modeling as a subsidy to the standardization of geospatial geotechnical data. *Soils and Rocks*, 44(4), 1–12. doi:10.28927/SR.2021.073321
- Oliveira, M. C. de. (2014) *Definição do nível de significância em função do tamanho amostral*. Universidade de São Paulo.
- Oliveira, M. G. de. (1996) *Mapeamento Geotécnico da Asa Sul- Brasília- Df*. Universidade de Brasília.
- Oliveira, J. C. (2000) *Caracterização geotécnica de materiais inconsolidados arenosos do Distrito Federal utilizados como material de construção*. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília.
- Pando, L., Flor-Blanco, G., Llana-Fúnez, S. (2022) Urban geology from a GIS-based geotechnical system: a case study in a medium-sized city (Oviedo, NW Spain). *Environmental Earth Sciences*, 81(7), 193. doi:10.1007/s12665-022-10287-y

- Paranhos, H. S. (1998) *Caracterização geotécnica dos principais grupos de solos do mapa pedológico do Distrito Federal (esc. 1:100.000): Estudo na área de dinamização urbana, entre Samambaia e Gama*. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília.
- Phoon, K. K. (2019) The story of statistics in geotechnical engineering. *Journal Georisk: Assessment and Management of Risk for Engineered Systems and Geohazards*, 40(1), 3–25.
- Phoon, K. K., Ching, J., Wang, Y. (2019) Managing risk in geotechnical engineering – from data to digitalization. *7th International Symposium on Geotechnical Safety and Risk (ISGSR)*. Research Publishing, Singapore.
- Phoon, K.-K., Ching, J., Wang, Y. (2019) Managing Risk in Geotechnical Engineering – From Data to Digitalization. D.-Q. L. and J. Z. Jianye Ching (Ed), *7th International Symposium on Geotechnical Safety and Risk (ISGSR)* (p. 13–34). Research Publishing, Singapore. doi:10.3850/978-981-11-2725-0-sl-cd
- Pimentel, H. W. (2015) *Banco de dados georeferenciado e carta geotécnica preliminar de fundações da região Centro-Norte de Fortaleza-CE*. Universidade Federal do Ceará.
- Postgis. (2022a) Postgis Geometries. Obtido 18 de dezembro de 2021, de <https://postgis.net/workshops/postgis-intro/geometries.html>
- Postgis. (2022b) Spatial database extender for PostgreSQL object-relational database. open source development community.
- PostgreSQL Global Development Group, T. (2021) PostgreSQL.
- QGIS. (2021) Quantum Geographical Information System Software.
- Reatto, A., Martins, É. de S., Farias, M. F. R., Silva, A. V. da, Carvalho Jr, O. A. de. (2004) *Mapa Pedológico Digital - SIG Atualizado do Distrito Federal Escala 1:100.000 e uma síntese do texto explicativo*. (1º ed). Embrapa, Planaltina, DF.
- Rêgo, M. C. A. M. (1995) *Mapeamento geotécnico da porção sul da área de proteção ambiental bacia do Rio Descoberto*. *Workshop on Archiving and Web Dissemination of Geotechnical Data Cosmos*. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília.
- Reis, E. A., Reis, I. A. (2002) *Análise Descritiva de Dados*. (1º.). Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais.
- Reis, G. M., Júnior, J. I. R. (2007) Comparação de testes paramétricos e não paramétricos aplicados em delineamentos experimentais. *III Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção* (p. 13). Viçosa/ MG.
- Ribeiro, A. J. A., Silva, C. A. U., Barroso, S. H. A. (2016) Metodologia para criação de um banco de dados georeferenciado a partir de dados geotécnicos obtidos em “as built” e

- projetos rodoviários. *REEC – Revista Eletrônica de Engenharia Civil*, 2(2), 1–13. doi:D.O.I. 10.5216/reec.V12i2.39413
- Ribeiro, M. C. D., Tiosso, F., e Petrucelli, E. E. (2019) LIMITAÇÕES DE UM SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE BANCO DE DADOS EM MEIO A UM MODELO TRANSACIONAL. *Revista Interface Tecnológica*, 16(1), 102–113.
- Pérez Collantes, R.D.C.. (2022) *Influência da temperatura na sucção e comportamento mecânico dos solos tropicais compactados*. Universidade de Brasília.
- Romão, P. A. (1995) *Mapeamento geotécnico da região de Águas Claras (DF): utilização de recursos de geoprocessamento e de novos métodos de ensaio para caracterização de solos tropicais*. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília.
- Ryżyński, G., Nałęcz, T. (2016) Engineering-Geological Data Model - The First Step to Build National Polish Standard for Multilevel Information Management. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 44, 032025. doi:10.1088/1755-1315/44/3/032025
- Salsabili, M., Saeidi, A., Rouleau, A., Nastev, M. (2022) Probabilistic approach for seismic microzonation integrating 3D geological and geotechnical uncertainty. *Earthquake Spectra*, 875529302211325. doi:10.1177/87552930221132576
- Santos, D. L. (2021) *Integração de padrões para a modelagem de dados de referência tridimensionais*. Universidade do Paraná.
- Santos, J. V. dos, Thiesen, S., Higashi, R. A. dos R. (2018) Geological-Geotechnical Database from Standard Penetration Test Investigations Using Geographic Information Systems. *Management of Information Systems*. doi:10.5772/intechopen.74208
- Santos Filho, A. P. (2000) *Uso de geoprocessamento na distribuição espacial das características e classes geotécnica de solos do Distrito Federal*. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília.
- Satyanaga, A., Rangarajan, S., Rahardjo, H., Li, Y., e Kim, Y. (2022) Soil database for development of soil properties envelope. *Engineering Geology*, 304, 106698. doi:10.1016/j.enggeo.2022.106698
- Schuppener, B., Heibaum, M. (2011) Reliability Theory and Safety in German Geotechnical Design. *ISGSR 2011 - Proceedings of the 3rd International Symposium on Geotechnical Safety and Risk* (p. 11). HENRY, Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau. doi:https://hdl.handle.net/20.500.11970/99604
- Self, S., Entwisle, D., Northmore, Kevin. (2012) *The structure and operation of the BGS National Geotechnical Properties Database*. Nottingham, UK.

- SGB, S. G. B. (2021) Cartas de Suscetibilidade e Setorização de Risco. Obtido 4 de julho de 2021, de <http://www.cprm.gov.br/>
- SGS, S. G. S. (2014) *Borehole Data Model, Version 2.0 (German)*. Seftigenstrasse.
- Sharifi-Mood, M., Gillins, D. T., Olsen, M. J., Franke, K. W., Bartlett, S. F. (2020) A Geotechnical Database for Utah (GeoDU) enabling quantification of geotechnical properties of surficial geologic units for geohazard assessments. *Earthquake Spectra*, 36(1), 422–451. doi:10.1177/8755293019878197
- Shimobe, S., Spagnoli, G. (2019) A global database considering Atterberg limits with the Casagrande and fallcone tests. *Engineering Geology*, 206, 1–11.
- Shuku, T., Phoon, K.-K. (2021) Three-dimensional subsurface modeling using Geotechnical Lasso. *Computers and Geotechnics*, 133, 104068. doi:10.1016/j.compgeo.2021.104068
- Silberschatz, A., Korth, H. F., Sudarshan, S. (2020) *Database System Concepts*. (Seventh ed.). McGraw-Hill, New York.
- Silva, A. M. (2005) *Banco de Dados de Curvas de Retenção de Água de Solos Brasileiros*. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo.
- Silva, C. P. L. (2007) *Cartografia geotécnica de grande escala: estudo de caso Brasília - Área tombada pela UNESCO*. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília.
- Silva, C.P.L. (2011) *Cartografia geotécnica tridimensional do setor noroeste de Brasília*. Tese de Doutorado. Universidade de Brasília.
- Silva Junior, E. E. (2019) *Geotecnologias e planejamento urbano: proposta metodológica e avaliação de dados obtidos por aeronaves remotamente pilotadas (RPA) como contribuição à cartografia geotécnica*. Tese de Doutorado. Universidade de Brasília.
- Silva, R. A. (2021) pgModeler - PostgreSQL Database Modeler. Palmas - Tocantins, Brazil.
- Simsion, G. C., Witt, G. C. (2005) *Data Modelling Essentials*. Elsevier Inc., San Francisco, CA.
- Soares, W. C. (2011) Banco de dados geológico – geotécnicos com base em sondagens à percussão e uso de sig: análise espacial da profundidade do lençol freático e do n., 215.
- SOILMOISTURE. (2011) *OPERATING INSTRUCTIONS Guelph Permeameter Model 2800K1*. Eijkelkamp.
- SPU. (2022) Modelagem de dados geográficos no contexto de infraestruturas de dados espaciais. *Geoinformação na SPU – conceitos, fundamentos e tecnologias* (p. 79). SPUGeo.
- Stephens, M. A. (1974) EDF Statistics for Goodness of Fit and Some Comparisons. *Journal of the American Statistical Association*, 69.

- Stewart, J. P., Kramer, S. L., Kwak, D. Y., Greenfield, M. W., Kayen, R. E., Tokimatsu, K., Bray, J. D., Beyzaei, C. Z., Cubrinovski, M., Sekiguchi, T., Nakai, S., Bozorgnia, Y. (2016) PEER-NGL project: Open source global database and model development for the next-generation of liquefaction assessment procedures. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 91, 317–328. doi:10.1016/j.soildyn.2016.07.009
- Stuyts, B., Weijtjens, W., Devriendt, C. (2022) Development of a semi-structured database for back-analysis of the foundation stiffness of offshore wind monopiles. *Acta Geotechnica*. doi:10.1007/s11440-022-01551-3
- Taura, T. A., Sluter, C. R., Firkowski, H. (2010) Generalização cartográfica das cartas do mapeamento urbano nas escalas 1:2.000, 1:5.000 e 1:10.000. *Boletim de Ciências Geodésicas*, 16(3), 386–402. doi:10.1590/S1982-21702010000300002
- Tawelian, L. R., Mickovski, S. B. (2016) The Implementation of Geotechnical Data into the BIM Process. *Procedia Engineering*, 143, 734–741. doi:10.1016/j.proeng.2016.06.115
- Tegtmeier, W., Zlatanova, S., van Oosterom, P. J. M., Hack, H. R. G. K. (2014) 3D-GEM: Geotechnical extension towards an integrated 3D information model for infrastructural development. *Computers and Geosciences*, 64, 126–135. doi:10.1016/j.cageo.2013.11.003
- Vannocci, P., Segoni, S., Masi, E. B., Cardi, F., Nocentini, N., Rosi, A., Bicocchi, G., D’Ambrosio, M., Nocentini, M., Lombardi, L., Tofani, V., Casagli, N., Catani, F. (2022) Towards a National-Scale Dataset of Geotechnical and Hydrological Soil Parameters for Shallow Landslide Modeling. *Data*, 7(3), 37. doi:10.3390/data7030037
- Vilca, Y. C. (2019) *Modelagem geoestatística de variáveis geomecânicas estudo de caso : Mina Córrego do Sítio, Santa Bárbara/MG*. Universidade Federal de Ouro Preto.
- Walthall, S., Palmer, M. J. (2006) The Development, Implementation and Future of the AGS Data Formats for the Transfer of Geotechnical and Geoenvironmental Data by Electronic Means. *GeoCongress 2006* (p. 1–4). American Society of Civil Engineers, Reston, VA. doi:10.1061/40803(187)109
- Walthall, S., Waterman, M. K. (2006) The Collection and Management of Geotechnical and Geoenvironmental Data. *GeoCongress 2006* (p. 1–5). American Society of Civil Engineers, Reston, VA. doi:10.1061/40803(187)148
- West, M. (2011) *Developing High Quality Data Models*. (1^o). Elsevier. doi:10.1016/C2009-0-30508-5
- Wilcoxon, F. (1945) Individual comparisons by ranking methods. *iometrics Bulletin*, 1, 80–83.

- Wu, J., Chen, J., Chen, G., Wu, Z., Zhong, Y., Chen, B., Ke, W., Huang, J. (2021) Development of Data Integration and Sharing for Geotechnical Engineering Information Modeling Based on IFC. *Advances in Civil Engineering*, 2021, 1–15. doi:10.1155/2021/8884864
- Yamamoto, J. K., Landim, P. M. B. (2013) *Geoestatística: conceitos e aplicações*. (1^o). Oficina de Textos.
- Yeung, A. K. W., Hall, G. B. (2007) *Spatial Database Systems. Design, Implementation and Project Management*. (7^a). Springer Netherlands.
- Zand, A. G. (2011) *Enabling Geotechnical Data for Broader Use By the Spatial Data Infrastructures*. [Doctoral thesis] University of Southern California.
- ZEE. (2011) *ZEE - Relatório técnico, Subproduto 3.1*. Distrito Federal, Brasília.
- Zhussupbekov, A., Alibekova, N., Akhazhanov, S., e Sarsembayeva, A. (2020) Development of a Unified Geotechnical Database and Data Processing on the Example of Nur-Sultan City. *Applied Sciences*, 11(1), 306. doi:10.3390/app11010306
- Zieler, M. (2000) *Modeling Our World: The Esri Guide to Geodatabase Design*. Esri Pr.
- Zlatanova, S. (2006) 3D Geometries in Spatial DBMS. Innovations in 3D Geo Information Systems. *First International Workshop on 3D Geoinformation, 7-8 August, 2006*. Kuala Lumpur, Malaysia.
- Zlatanova, Sisi. (2015) Topological Relationships and Their Use. *Encyclopedia of GIS* (p. 1–21). Springer International Publishing, Cham. doi:10.1007/978-3-319-23519-6_1548-1
- Zuliansyah, M., Supangat, S. H., Priyana, Y., Machub, C. (2008) 3D Topological Relations for 3D Spatial Analysis. *11th International Workshop on Database and Expert System Applications, DEXA 2000* (p. 913–919).
- Zulkifli, N. A., Rahman, A. A., van Oosterom, P. (2015) AN OVERVIEW OF 3D TOPOLOGY FOR LADM-BASED OBJECTS. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XL-2/W4, 71–73. doi:10.5194/isprsarchives-XL-2-W4-71-2015

APÊNDICE A: DOMÍNIOS UTILIZADOS NOS DICIONÁRIO DE DADOS

Tabela 43: Lista de códigos do domínio tb_investigacao.

Domínio	tb_investigacao
Código sugerido	Descrição
0	NÃO INFORMADO
1	SONDAGEM A TRADO
2	SONDAGEM A PERCUSSÃO
3	SONDAGEM ROTATIVA
4	SONDAGEM MISTA
5	MAPEAMENTO
6	TRINCHEIRA
7	CONE/PIEZOCONE
8	POÇO DE INSPEÇÃO
9	PERMEÂMETRO GUELPH
10	ANÉIS CONCÊNTRICOS
11	PENETRÔMETRO PANDA
12	PROVA DE CARGA
13	PIEZÔMETRO
14	PONTO DE COLETA
34	POÇO TUBULAR
35	VANE TEST

Tabela 44: Lista de códigos do domínio tb_ensaios.

Domínio	tb_ensaios
Código sugerido	Descrição
0	NÃO INFORMADO
15	TEOR DE UMIDADE
16	ATTERBERG – MÉTODO DE CASAGRANDE
17	ATTERBERG – MÉTODO DE PENETRAÇÃO DE CONE
18	DENSIDADE – IMERSÃO EM ÁGUA
19	DENSIDADE – MEDIDA LINEAR
20	DENSIDADE – DESLOCAMENTO DE ÁGUA
21	DENSIDADE – PICNÔMETRO
22	GRANULOMETRIA (PENEIRAMENTO + SEDIMENTAÇÃO)
23	COMPACTAÇÃO DE BAIXA ENERGIA
24	COMPACTAÇÃO DE ALTA ENERGIA
25	PERMEABILIDADE DE CARGA CONSTANTE
26	PERMEABILIDADE DE CARGA VARIÁVEL
27	ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA
28	CISALHAMENTO DIRETO
29	TRIAXIAL UU
30	TRIAXIAL CU
31	TRIAXIAL CD
32	COMPRESSÃO SIMPLES
33	MCT
36	ADENSAMENTO

Tabela 45: Lista de códigos do domínio tb_normas.

Domínio	tb_normas
Código sugerido	Descrição
0	NÃO INFORMADO
1	ABNT NBR 9603:2015 - SONDAÇÃO A TRADO
2	ABNT NBR 6484:2001 - SONDAÇÃO A PERCUSSÃO
3	ABNT NBR 7182:2016 VERSÃO CORRIGIDA:2020 - COMPACTAÇÃO
4	ABNT NBR 7181:2016 VERSÃO CORRIGIDA 2:2018 - GRANULOMETRIA
5	ABNT NBR 6459:2016 VERSÃO CORRIGIDA:2017 - LIMITE LIQUIDEZ
6	ABNT NBR 6457:2016 VERSÃO CORRIGIDA:2016 - PREPARAÇÃO DE AMOSTRA
7	ABNT NBR 7180:2016 - LIMITE PLASTICIDADE
8	ABNT NBR 6484:2020 - SONDAÇÃO A PERCUSSÃO
9	ABNT NBR 9820:1997 - COLETA DE AMOSTRA INDEFORMADA
10	ABNT NBR 10905:1989 - ENSAIO DE PALHETA IN SITU
11	ABNT NBR 16853:2020 - ADENSAMENTO UNIDIMENSIONAL
12	ABNT NBR 6458:2016 VERSÃO CORRIGIDA 2:2017
13	ABNT NBR 6484:2020 SONDAÇÃO A PERCUSSÃO
14	ABNT NBR 9604:2016 - POÇO E TRINCHEIRA
15	ABNT NBR 10905:1989 - PALHETA
16	ABNT NBR 9813:2016 - MASSA ESPECÍFICA IN SITU
17	ABNT NBR 9820:1997 - AMOSTRA INDEFORMADA EM SONDAÇÃO
18	ABNT NBR 9895:2016 VERSÃO CORRIGIDA:2017 - ISC
19	ABNT NBR 6489:2019 - PROVA DE CARGA
20	ABNT NBR 13208:2007 - ESTACAS - CARREGAMENTO DINÂMICO
21	ABNT NBR 16903:2020 - PROVA DE CARGA ESTÁTICA

Tabela 46: Lista de códigos do domínio tb_finalidade.

Domínio	tb_finalidade
Código sugerido	Descrição
0	NÃO INFORMADO
1	FUNDAÇÕES
2	CARACTERIZAÇÃO
3	ESCAVABILIDADE
4	PAVIMENTAÇÃO
5	INFILTRABILIDADE
6	RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS
7	MAPEAMENTO GEOLÓGICO
8	MAPEAMENTO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO
9	PROJETO DE INFRAESTRUTURA
10	PROJETO RELACIONADO A RODOVIA
11	PLANEJAMENTO URBANO
12	MAPEAMENTO PEDOLÓGICO
13	ESTABILIDADE DE TALUDES
14	BARRAGENS
15	TÚNEIS
16	MODELAGEM GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO 3D
17	ANÁLISE DE RISCO

Tabela 47: Lista de códigos do domínio tb_textura_solo.

Domínio	tb_textura_solo
Código sugerido	Descrição
0	NÃO INFORMADO
1	PEDREGULHO GROSSO
2	PEDREGULHO MÉDIO
3	PEDREGULHO FINO
4	AREIA MUITO GROSSA
5	AREIA GROSSA
6	AREIA MÉDIA
7	AREIA FINA
8	AREIA MUITO FINA
9	SILTE
10	ARGILA
11	FRAGMENTOS DE ROCHA PEQUENOS
12	FRAGMENTOS DE ROCHA MÉDIOS
13	FRAGMENTOS DE ROCHA GRANDES
14	ARGILA ORGÂNICA
15	ATERRO
16	CASCALHO LATERÍTICO
17	CASCALHO LATERÍTICO FINO
18	CASCALHO LATERÍTICO MÉDIO
19	CASCALHO LATERÍTICO GROSSO
20	MATERIAL VEGETAL

Tabela 48: Lista de códigos do domínio tb_compacidade_solo.

Domínio	tb_compacidade_solo
Código sugerido	Descrição
0	NÃO INFORMADO
1	FOFA(O)
2	POUCO COMPACTA(O)
3	MEDIANAMENTE COMPACTA(O)
4	COMPACTA(O)
5	MUITO COMPACTA(O)
6	MUITO MOLE
7	MOLE
8	MÉDIA(O)
9	RIJA(O)

Tabela 49: Lista de códigos do domínio tb_origem_solo.

Domínio	tb_origem_solo
Código sugerido	Descrição
0	NÃO INFORMADO
1	SOLO ELUVIAL
2	SOLO RESIDUAL
3	SOLO SAPROLÍTICO
4	SOLO ALUVIONAR
5	SOLO COLUVIONAR
6	SOLO MARINHO
7	SOLO EÓLICO
8	ATERRO
9	SOLO RESIDUAL MADURO
10	SOLO RESIDUAL JOVEM
11	ROCHA ALTERADA
12	ROCHA ALTERADA FRATURADA
13	ROCHA SÃ

Tabela 50: Lista de códigos do domínio tb_tipo_amostra.

Domínio	tb_tipo_amostra
Código sugerido	Descrição
0	NÃO INFORMADO
1	AMOSTRA DEFORMADA
2	AMOSTRA INDEFORMADA

Tabela 51: Lista de códigos do domínio tb_estrut.

Domínio	tb_estrut.
Código sugerido	Descrição
0	NÃO INFORMADO
1	SEM ESTRUTURAS
2	ACAMAMENTO
3	LINEAMENTO
4	FRATURA
5	FALHA NORMAL
6	FALHA INVERSA
7	JUNTAS
8	EIXO DOBRA

Tabela 52: Lista de códigos do domínio tb_descont_rugosidade.

Domínio	tb_descont_rugosidade
Código sugerido	Descrição
0	NÃO INFORMADO
1	RECORTADA – RUGOSA
2	RECORTADA – LISA
3	RECORTADA – POLIDA
4	ONDULADA - RUGOSA
5	ONDULADA – LISA
6	ONDULADA – POLIDA
7	PLANA - RUGOSA
8	PLANA – LISA
9	PLANA – POLIDA

Tabela 53: Lista de códigos do domínio tb_descont_abertura

Domínio	tb_descont_abertura
Código sugerido	Descrição
0	NÃO INFORMADO
1	< 0,1 MM – MUITO FECHADAS
2	0,1 A 0,25 MM – FECHADAS
3	0,25 A 0,5 MM – PARCIALMENTE FECHADAS
4	0,5 A 2,5 MM – ABERTAS
5	2,5 A 10 MM – LARGAS
6	10 A 100 MM – EXTREMAMENTE LARGAS
7	> 1000 MM - CAVERNOSAS

Tabela 54: Lista de códigos do domínio tb_desc_preenc.

Domínio	tb_desc_preenc
Código sugerido	Descrição
0	NÃO INFORMADO
1	SEM PREENCHIMENTO
2	PEDREGULHO
3	PEDREGULHO GROSSO
4	PEDREGULHO GROSSO
5	PEDREGULHO FINO
6	AREIA
7	AREIA MUITO GROSSA
8	AREIA GROSSA
9	AREIA MÉDIA
10	AREIA FINA
11	AREIA MUITO FINA
12	SILTE
13	SILTE GROSSO
14	SILTE MÉDIO
15	SILTE FINO
16	ARGILA
17	FRAGMENTOS DE ROCHA PEQUENOS
18	FRAGMENTOS DE ROCHA MÉDIOS
19	FRAGMENTOS DE ROCHA GRANDES
20	MATÉRIA ORGÂNICA

Tabela 55: Lista de códigos do domínio tb_desc_inc.

Domínio	tb_desc_inc
Código sugerido	Descrição
0	NÃO INFORMADO
1	VERTICAL A SUBVERTICAL (71 A 90°)
2	INCLINADO (21 A 70°)
3	HORIZONTAL A SUBHORIZONTAL (0 A 20°)

Tabela 56: Lista de códigos do domínio tb_desc_alt.

Domínio	tb_desc_alt
Código sugerido	Descrição
0	NÃO INFORMADO
1	DECOMPOSTA
2	MUITO ALTERADA
3	MEDIAMENTE ALTERADA
4	POUCO ALTERADA
5	SÃ

Tabela 57: Lista de códigos do domínio tb_corpo_prova.

Domínio	tb_corpo_prova
Código sugerido	Descrição
0	NÃO INFORMADO
1	CONDIÇÃO EMBEBIDA
2	CONDIÇÃO NÃO SATURADA

APÊNDICE B: DICIONÁRIO DE DADOS E ESPECIFICAÇÕES PARA AQUISIÇÕES DE DADOS DO DIAGRAMA DE CLASSES

Tabela 58: Dicionário de dados da classe “limite_cartas_geotecnicas”.


Classe	Descrição						Código	Primitiva geométrica	
limite_cartas_geotecnicas	Poligonal referente a área de abrangência das cartas geotécnicas elaboradas.						4.0		
Atributo	Tipo	Unidade	Tamanho	Precisão	Escala	Descrição	Exemplo	Domínio	Requisitos
cg_pk	Integer	-	-	-	-	Chave Primária	1	-	1
cg_autor	Varchar	-	30	-	-	Nome do autor que elaborou a carta geotécnica	AUTOR	-	1
cg_ano	Numeric	-	-	4	0	Ano de elaboração da carta geotécnica	2020	-	1
cg_fin	Varchar	-	50	-	-	Finalidade da carta geotécnica	PLANEJAMENTO	-	1
cg_escala	Varchar	-	50	-	-	Escala da carta geotécnica	1:10000	-	1
cg_metod	Varchar	-	50	-	-	Metodologia de elaboração da carta geotécnica	IPT	-	1
cg_nm_inv	Numeric	-	-	5	0	Número de investigações quantitativas e qualitativas utilizadas na elaboração da carta geotécnica	35	-	1
cg_area	Numeric	m²	-	6	2	Área da carta geotécnica em quilômetros quadrados	1000,00	-	1
geom	Geometry (MultiPolygon, 31983)	-	-	-	-	Geometria do tipo multi-polígono	-	-	1

Tabela 59: Especificações para aquisições de dados da classe “limite_cartas_geotecnicas”.


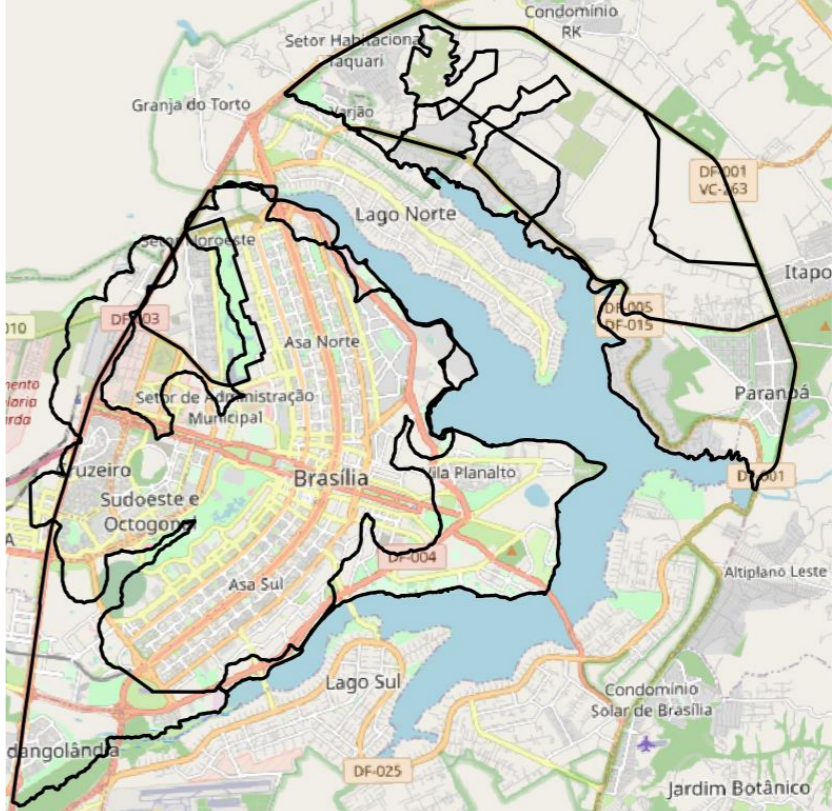
Classe	Código	Geometria
limite_cartas_geotecnicas	4.0	
Método	Ilustração	
<p>Finalidade: Poligonal referente a área de abrangência das cartas geotécnicas elaboradas.</p> <p>Regras:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Primitiva geométrica do tipo multi-polígono; b) Geometrias podem se sobrepor mesmo que sejam executados no mesmo período; c) Classe obrigatória para cadastrar as unidades geotécnicas. (Ver os relacionamentos entre limite das cartas e as unidades geotécnicas); e d) A geometria pode possuir anéis internos ou lacunas desde que correspondam a áreas não mapeadas. <p>Atributos obrigatórios (Tabela 58):</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ cg_autor: Nome do autor que elaborou a carta geotécnica; ✓ cg_ano: Ano de elaboração da carta geotécnica; ✓ cg_fin: Finalidade da carta geotécnica; ✓ cg_escala: Escala da carta geotécnica; ✓ cg_metod: Metodologia de elaboração da carta geotécnica; ✓ cg_nm_inv: Número de investigações quantitativas e qualitativas utilizadas na elaboração da carta geotécnica; e ✓ cg_area: Área da carta geotécnica em quilômetros quadrados. <p>Relacionamentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Pode conter zero ou mais unidades geotécnicas; e ➤ Deve, no mínimo, sobrepor o limite administrativo vigente. 		

Tabela 60: Dicionário de dados da classe “grid_geociu”.

Classe	Descrição						Código	Primitiva geométrica	
grid_geociu	Malha regular, de geometria simples e conhecida, responsável pelo controle do código identificador único de investigações.						1.0	<input type="checkbox"/>	
Atributo	Tipo	Unidade	Tamanho	Precisão	Escala	Descrição	Exemplo	Domínio	Requisitos
grid_pk	Integer	-	-	-	-	Chave Primária	1	-	1
grid_leg	Varchar	-	50	-	-	Nome do elemento do grid utilizado como referência.	125V3D	-	1
grid_area	Numeric	m ²	-	10	2	Área do elemento do grid utilizado como referência.	501	-	0..1
grid_length	Numeric	m	-	10	2	Perímetro do elemento do grid utilizado como referência.	12	-	0..1
grid_seq	Bigint	-	-	-	-	Número sequencial inteiro utilizado no controle do número de investigações, ou seja, indica o número de investigações por elemento do grid.	5	-	0..1
geom	Geometry (Polygon, 31983)	-	-	-	-	Geometria do tipo polígono	-	-	1

Tabela 61: Especificações para aquisições de dados da classe “grid_geociu”.

Classe	Código	Geometria					
grid_geociu	1.0	<input type="checkbox"/>					
Método	Ilustração						
<p>Finalidade: Malha regular, de geometria simples e conhecida, responsável pelo controle do código identificador único de investigações.</p> <p>Regras:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Primitiva geométrica do tipo polígono; b) Geometrias dessa classe não podem se sobrepor, não podem possuir anéis internos e não podem possuir lacunas; c) Classe obrigatória para cadastrar as investigações e conseqüentemente as amostras e ensaios de laboratório; d) A geometria dessa classe deve ser definida logo após a implementação do banco de dados e antes da inserção de dados geotécnicos; e e) O atributo “grid_seq” deve ser nulo no momento da inclusão da geometria dessa classe no banco. <p>Atributos obrigatórios (Tabela 60):</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ grid_leg: Nome do elemento do grid utilizado como referência; e ✓ grid_seq: Número sequencial inteiro utilizado no controle do número de investigações, ou seja, indica o número de investigações por elemento do grid. <p>Relacionamentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Pode conter zero ou mais investigações; e ➤ Deve sobrepor toda a área do limite administrativo vigente. <p>Observações:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Recomenda-se a utilização de malhas regulares oficiais como, por exemplo, as articulações de cartas do IBGE ou outras articulações locais como o SICAD no Distrito Federal. 							

Tabela 62: Dicionário de dados da classe “limite_adm”.

Classe	Descrição						Código	Primitiva geométrica	
limite_adm	Limite administrativo vigente da área em que o banco de dados está sendo implementado.						1.1	<input type="checkbox"/>	
Atributo	Tipo	Unidade	Tamanho	Precisão	Escala	Descrição	Exemplo	Domínio	Requisitos
adm_pk	Integer	-	-	-	-	Chave Primária	1	-	1
adm_name	Varchar	-	50	-	-	Nome do limite administrativo em que o banco de dados está sendo implementado.	DISTRITO FEDERAL	-	1
adm_area	Numeric	m ²	-	10	2	Área do limite administrativo em que o banco de dados está sendo implementado.	5.802.000.000,00	-	0..1
adm_perimeter	Numeric	m	-	10	2	Perímetro do limite administrativo em que o banco de dados está sendo implementado.	172000	-	0..1
geom	Geometry (MultiPolygon, 31983)	-	-	-	-	Geometria do tipo multi-polígono do limite administrativo em que o banco de dados está sendo implementado.	-	-	1

Tabela 63: Especificações para aquisições de dados da classe “limite_adm”.

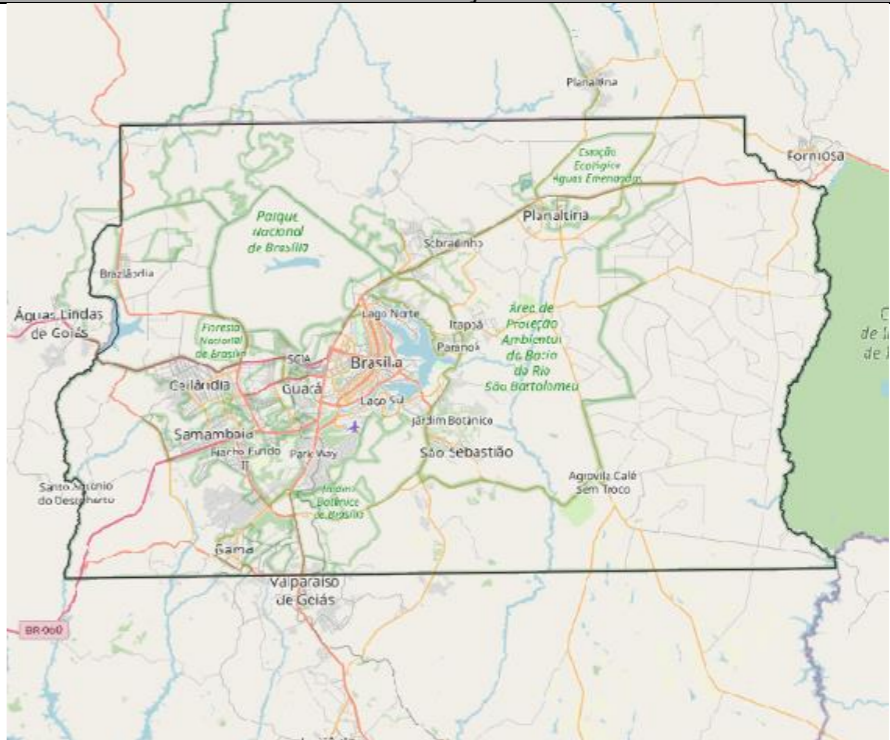
Classe	Código	Geometria
limite_adm	1.1	<input type="checkbox"/>
Método	Ilustração	
<p>Finalidade: Limite administrativo vigente da área em que o banco de dados está sendo implementado.</p> <p>Regras:</p> <ol style="list-style-type: none"> Primitiva geométrica do tipo multi-polígono; Geometrias dessa classe não podem se sobrepor, não podem possuir anéis internos e não podem possuir lacunas a não ser que seja definido legalmente. Classe obrigatória para cadastrar as investigações e conseqüentemente as amostras e ensaios de laboratório; e A geometria dessa classe deve ser definida logo após a implementação do banco de dados e antes da inserção de dados geotécnicos. <p>Atributos obrigatórios (Tabela 62):</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ adm_nome: Nome do limite administrativo em que o banco de dados está sendo implementado; e geom: Geometria do tipo multi-polígono do limite administrativo em que o banco de dados está sendo implementado. <p>Relacionamentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Pode conter zero ou mais investigações. <p>Observações:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Recomenda-se a utilização de um único registro para otimizar as consultas durante a inserção de dados no banco. 		

Tabela 64: Dicionário de dados da classe “projetos”.

Classe	Descrição						Código	Primitiva geométrica	
projetos	Poligonal referente a área de abrangência do estudo e/ou projeto geotécnico.						2.0	<input type="checkbox"/>	
Atributo	Tipo	Unidade	Tamanho	Precisão	Escala	Descrição	Exemplo	Domínio	Requisitos
p_pk	Integer	-	-	-	-	Identificador único da camada	-	-	1
p_name	Varchar	-	250	-	-	Nome do estudo e/ou projeto geotécnico	PROJETO 01	-	1
p_project	Varchar	-	50	-	-	Identificador do estudo e/ou projeto geotécnico	PROJ-01	-	1
p_loc	Varchar	-	250	-	-	Endereço cartorial em áreas urbanas ou endereço aproximado em área rural	SGAN 902 MOD A	-	1
p_client	Varchar	-	150	-	-	Interessado no estudo e/ou projeto geotécnico	FLAVIO SILVA	-	1
p_contr	Varchar	-	150	-	-	Empresa contratada para a elaboração do estudo e/ou projeto geotécnico	SONDA	-	1
p_resp	Varchar	-	150	-	-	Responsável técnico pelo estudo e/ou projeto geotécnico	FELIPE SANTOS	-	1
p_coment	Varchar	-	250	-	-	Observações sobre o estudo e/ou projeto geotécnico	-	-	1
p_file	Varchar	-	250	-	-	Caminho do arquivo que armazena as informações gerais sobre o projeto geotécnico	-	-	0..1
p_area	Numeric	-	-	10	2	Área do projeto em metros quadrados	200.000	-	1
geom	Geometry (MultiPolygon, 31983)	-	-	-	-	Geometria do tipo multi-polígono da poligonal referente a área de abrangência do estudo e/ou projeto geotécnico	-	-	1

Tabela 65: Especificações para aquisições de dados da classe “projetos”.


Classe	Código	Geometria
projetos	2.0	<input type="checkbox"/>
Método	Ilustração	
<p>Finalidade: Poligonal referente a área de abrangência do estudo e/ou projeto geotécnico.</p> <p>Regras:</p> <ol style="list-style-type: none"> Primitiva geométrica do tipo multi-polígono; Geometrias dessa classe podem se sobrepor, podem possuir anéis internos e podem possuir lacunas; Classe obrigatória para cadastrar as investigações e consequentemente as amostras e ensaios de laboratório, ou seja, todo registro na tabela de investigações deve estar relacionado com um registro nessa classe; e A geometria dessa classe deve ser definida logo após a implementação do banco de dados e antes da inserção de dados geotécnicos. <p>Atributos obrigatórios (Tabela 64):</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ p_name: Nome do estudo e/ou projeto geotécnico; ✓ p_project: Identificador do estudo e/ou projeto geotécnico; ✓ p_loc: Endereço cartorial em áreas urbanas ou endereço aproximado em área rural; ✓ p_client: Interessado no estudo e/ou projeto geotécnico; ✓ p_contr: Empresa contratada para a elaboração do estudo e/ou projeto geotécnico; ✓ p_resp: Responsável técnico pelo estudo e/ou projeto geotécnico; ✓ p_coment: Observações sobre o estudo e/ou projeto geotécnico; e ✓ p_area: Área do projeto em metros quadrados. <p>Relacionamentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Pode conter zero ou mais investigações. <p>Observações:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Recomenda-se a utilização de um único polígono por registro para otimizar as consultas durante a inserção de dados no banco. 		

Tabela 66: Dicionário de dados da classe “investigacoes”.

Classe	Descrição						Código	Primitiva geométrica	
investigacoes	Localização e dados gerais das investigações e ensaios de campo realizadas dentro do limite administrativo e relacionado com um determinado projeto ou pesquisa.						2.1	★	
Atributo	Tipo	Unidade	Tamanho	Precisão	Escala	Descrição	Exemplo	Domínio	Requisitos
i_pk	Integer	-	-	-	-	Chave primária	1	-	1
i_cod	Char	-	2	-	-	Código da investigação definido pelas duas primeiras letras da investigação	SP	-	1
i_name	Varchar	-	50	-	-	Nome da investigação atribuído pelo técnico responsável	SP-001	-	1
i_type	Integer	-	-	-	-	Tipo de investigação seguindo o domínio associado ao atributo	0	tb_investigacao (Tabela 43)	1
i_norm	Integer	-	-	-	-	Nome da norma de base para a execução seguindo o domínio associado ao atributo	0	tb_normas (Tabela 45)	1
i_long	Numeric	m	-	8	2	Latitude do local investigado no padrão UTM	192000,00	-	1
i_lat	Numeric	m	-	9	2	Longitude do local investigado no padrão UTM	8248000,00	-	1
i_elev	Numeric	m	-	6	2	Cota do terreno em metros	1000,00	-	1
i_date_ini	Date	-	-	-	-	Data de início da investigação	20/05/1994	-	1
i_date_fim	Date	-	-	-	-	Data de fim da investigação	20/05/1994	-	1
i_operador	Varchar	-	100	-	-	Nome do operador que executou a investigação	MATIAS	-	0..1
i_company	Varchar	-	100	-	-	Nome da empresa responsável pela investigação	SONDA	-	0..1
i_equip	Varchar	-	100	-	-	Nome ou especificações do equipamento utilizado para a execução da investigação	TEXTO	-	0..1
i_elev_boca	Numeric	m	-	6	2	Cota da boca do furo em relação a uma referência de nível definida	1000,00	-	0..1
i_depth_total	Numeric	m	-	6	2	Profundidade máxima da investigação	12,00	-	0..1
i_depth_imp	Numeric	m	-	6	2	Profundidade do impenetrável em metros	12,00	-	0..1
i_depth_rev	Numeric	m	-	6	2	Profundidade do revestimento	5,00	-	0..1
i_depth_na	Numeric	m	-	6	2	Profundidade do nível de água	11,00	-	0..1
i_depth_na_24	Numeric	m	-	6	2	Profundidade do nível de água 24 após o furo ou 12 horas a depender da normal	11,00	-	0..1
i_geociu	Varchar	-	50	-	-	Código Identificador Único (Legenda do grid_geociu e um número sequencial)	125VI3C0001	-	0..1
i_purpose	Integer	-	-	-	-	Finalidade da investigação que está sendo executada seguindo o domínio associado ao atributo	0	tb_finalidade (Tabela 46)	1
i_adress	Varchar	-	200	-	-	Endereço, preferencialmente cartorial, da área investigada	TEXTO	-	0..1
i_anex	Varchar	-	254	-	-	Arquivo no formato em pdf da com os dados brutos relacionados a investigação	TEXTO	-	0..1
i_obs	Varchar	-	254	-	-	Observações	TEXTO	-	0..1
i_font	Varchar	-	50	-	-	Fonte que realizou ou compilou a investigação	TEXTO	-	0..1
i_project	Varchar	-	50	-	-	Identificador do projeto associado a investigações	PROJ-1	-	1
geom	Geometry (PointZ, 31983)	-	-	-	-	Geometria do tipo Ponto Z no sistema de referência 31983	-	-	1

Tabela 67: Especificações para aquisições de dados da classe “investigacoes”.


Classe	Código	Geometria
investigacoes	2.1	★
Método	Ilustração	
<p>Finalidade: Localização e dados gerais das investigações e ensaios de campo realizadas dentro do limite administrativo e relacionado com um determinado projeto ou pesquisa.</p> <p>Regras:</p> <ol style="list-style-type: none"> Primitiva geométrica do tipo ponto; Geometrias podem se sobrepor desde que não sejam executados no mesmo período; Não preencher a coluna “i_geociu”, ou seja, esse atributo precisa estar nulo no momento da inserção no banco; Classe obrigatória para cadastrar amostras e ensaios de laboratório. (Ver os relacionamentos entre investigações e amostras e entre amostras e ensaios); A geometria deve ser construída, manualmente ou utilizando a função ST_Investigacoes3D, utilizando a latitude, longitude e elevação do ponto; Precisa de um projeto cadastrado para poder incluir uma investigação; No caso de investigações para coleta de amostras indeformadas utilizar o centroide da base inferior do volume amostrado (Ver ilustração); e O ponto deve intersectar a superfície do topográfica utilizada como referência (Ver ilustração). <p>Atributos obrigatórios (Tabela 66):</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ i_cod: Código da investigação definido pelas duas primeiras letras da investigação; ✓ i_name: Nome da investigação atribuído pelo técnico responsável; ✓ i_type: Tipo de investigação seguindo o domínio associado ao atributo (Tabela 43); ✓ i_norm: Nome da norma de base para a execução seguindo o domínio associado ao atributo (Tabela 45); ✓ i_long: Latitude do local investigado; ✓ i_lat: Longitude do local investigado; ✓ i_elev: Cota do terreno; ✓ i_adress: Endereço, preferencialmente cartorial, da área investigada; ✓ i_date_ini: Data de início da investigação; ✓ i_date_fim: Data de fim da investigação; ✓ i_geociu: Código Identificador Único (Legenda do grid_geociu e um número sequencial); ✓ i_purpose: Finalidade da investigação que está sendo executada seguindo o domínio associado ao atributo (Tabela 46); e ✓ i_project: Identificador do projeto associado a investigações. <p>Relacionamentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Deve estar contida no limite administrativo vigente; ➤ Deve estar incluída no limite do projeto; e ➤ Pode conter zero ou mais amostras. 	 <p>O mapa mostra uma área urbana com pontos de investigação marcados com ícones de pontos. Os pontos estão distribuídos em uma área que inclui o setor hoteleiro norte, com locais como 'OPEN CoWorking', 'Le Quartier - Hotel e Bureau' e 'Windsor Brasília'. A área é delimitada por uma linha vermelha tracejada. Abaixo do mapa, há duas geometrias 3D: um cilindro representando sondagens, ensaios de campo e instrumentação, e um cubo representando amostras e ensaios de laboratório. Um ícone de ponto azul indica o local de cadastro do ponto da classe investigações.</p> <p>Sondagens Ensaios de campo Instrumentação</p> <p>Amostras Ensaios de laboratório</p> <p>Local de cadastro do ponto da classe investigações</p>	

Tabela 68: Dicionário de dados da classe “sondagens”.


Classe	Descrição						Código	Primitiva geométrica	
sondagens	Dados brutos relacionado as geometrias tridimensionais das sondagens.						2.1.1	 ★	
Atributo	Tipo	Unidade	Tamanho	Precisão	Escala	Descrição	Exemplo	Domínio	0..1
sdg_pk	Integer	-	-	-	-	Chave primária	1	-	1
sdg_geociu	Varchar	-	50	-	-	Código Identificador Único	COD-1	-	1
sdg_profund	Numeric	m	-	6	2	Profundidade do início do trecho investigado	2,15	-	1
sdg_geociu_pf	Varchar	-	50	-	-	Concatenação entre o código identificador único e a profundidade ensaiada	COD-1_2.15	-	1
sdg_cota_in	Numeric	m	-	6	2	Cota de início do trecho investigado	1000,00	-	1
sdg_cota_fd	Numeric	m	-	6	2	Cota de fundo do trecho investigado	1005,00	-	1
sdg_compr	Numeric	m	-	5	2	Comprimento do trecho investigado	5,00	-	1
sdg_raio	Numeric	m	-	4	4	Raio do trecho investigado	0,25	-	1
sdg_incli	Numeric	°	-	2	0	Inclinação do trecho investigado	0	-	1
sdg_azim	Numeric	°	-	3	0	Azimute do trecho investigado	0	-	1
sdg_volume	Numeric	m³	-	5	2	Volume investigado	0,25	-	0..1
geom	Geometry (PolyhedralSurfaceZ, 31983)	-	-	-	-	Geometria tridimensional do tipo superfície poliédrica	-	-	1
Herda da classe investigações:									
<ul style="list-style-type: none"> Atributos: i_cod; i_name; i_type; i_norm; i_long; i_lat; i_elev; i_date_ini; i_date_fim; i_operador; i_company; i_equip; i_geociu; i_purpose; i_adress; i_anex; i_obs; i_font; i_project; i_elev_boca; i_depth_total; i_depth_imp; i_depth_rev; i_depth_na; i_depth_na_24. Geometria: geom 									

Tabela 69: Especificações para aquisições de dados da classe “sondagens”.


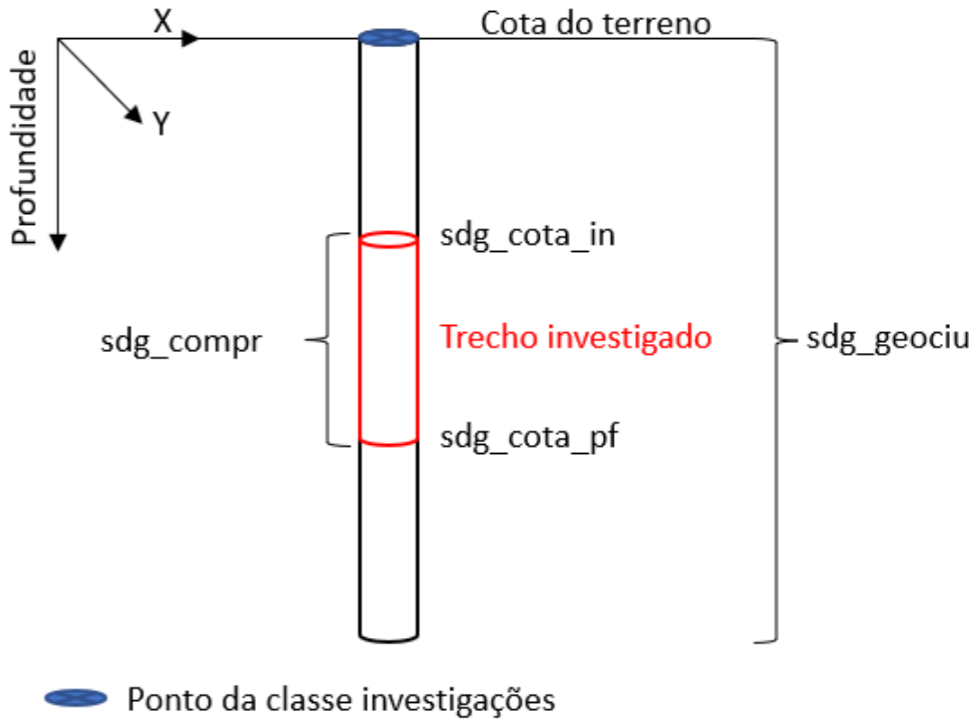


Classe	Código	Geometria
sondagens	2.1.1	 ★
Método	Ilustração	
<p>Finalidade: Dados brutos relacionado as geometrias tridimensionais das sondagens.</p> <p>Regras:</p> <ol style="list-style-type: none"> Primitiva geométrica do tipo superfície poliédrica; Geometrias podem se sobrepor desde que não sejam executados no mesmo período; A geometria tridimensional “geom” e o atributo e “sdg_volume” são preenchidos pela função no banco ST_Sondagem3D; Precisa de uma investigação relacionada para cadastrar uma sondagem; e A ilustração deve ser usada como referência para a inclusão de registros na classe. <p>Atributos obrigatórios (Tabela 68):</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ sdg_geociu: Código Identificador Único; ✓ sdg_profund: Profundidade do início do trecho investigado; ✓ sdg_geociu_pf: Concatenação entre o código identificador único e a profundidade ensaiada; ✓ sdg_cota_in: Cota de início do trecho investigado; ✓ sdg_cota_fd: Cota de fundo do trecho investigado; ✓ sdg_compr: Comprimento do trecho investigado; ✓ sdg_raio: Raio do trecho investigado; ✓ sdg_incli: Inclinação do trecho investigado; e ✓ sdg_azim: Azimute do trecho investigado. <p>Relacionamentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Deve estar relacionada com a classe investigações; e ➤ Pode conter zero ou mais amostras. 		

Tabela 70: Dicionário de dados da classe “ensaios_campo”.

Classe	Descrição						Código	Primitiva geométrica	
ensaios_campo	Dados brutos relacionado as geometrias tridimensionais dos ensaios de campo.						2.1.2	 	
Atributo	Tipo	Unidade	Tamanho	Precisão	Escala	Descrição	Exemplo	Domínio	Requisitos
ec_pk	Integer	-	-	-	-	Chave primária	1	-	1
ec_geociu	Varchar	-	50	-	-	Código Identificador Único	COD-1	-	1
ec_profund	Numeric	m	-	6	2	Profundidade do início do trecho ensaiado	2,15	-	1
ec_geociu_pf	Varchar	-	50	-	-	Concatenação entre o código identificador único e a profundidade ensaiada	COD-1_2.15	-	1
ec_cota_in	Numeric	m	-	6	2	Cota de início do trecho ensaiado	1000	-	1
ec_cota_fd	Numeric	m	-	6	2	Cota de fundo do trecho ensaiado	1001	-	1
ec_compr	Numeric	m	-	5	2	Comprimento do trecho ensaiado	1	-	1
ec_raio	Numeric	m	-	5	2	Raio do trecho ensaiado	0,25	-	1
ec_incli	Numeric	°	-	2	0	Inclinação do trecho ensaiado	0	-	1
ec_azim	Numeric	°	-	3	0	Azimute do trecho ensaiado	0	-	1
ec_volume	Numeric	m³	-	10	4	Volume ensaiado	0,25	-	0..1
geom	Geometry (PolyhedralSurfaceZ, 31983)	-	-	-	-	Geometria tridimensional do tipo superfície poliédrica	-	-	1

Herda da classe investigações:

- Atributos: i_cod; i_name; i_type; i_norm; i_long; i_lat; i_elev; i_date_ini; i_date_fim; i_operador; i_company; i_equip; i_geociu; i_purpose; i_adress; i_anex; i_obs; i_font; i_project; i_elev_boca; i_depth_total; i_depth_imp; i_depth_rev; i_depth_na; i_depth_na_24.
- Geometria: geom

Tabela 71: Especificações para aquisições de dados da classe “ensaios_campo”.



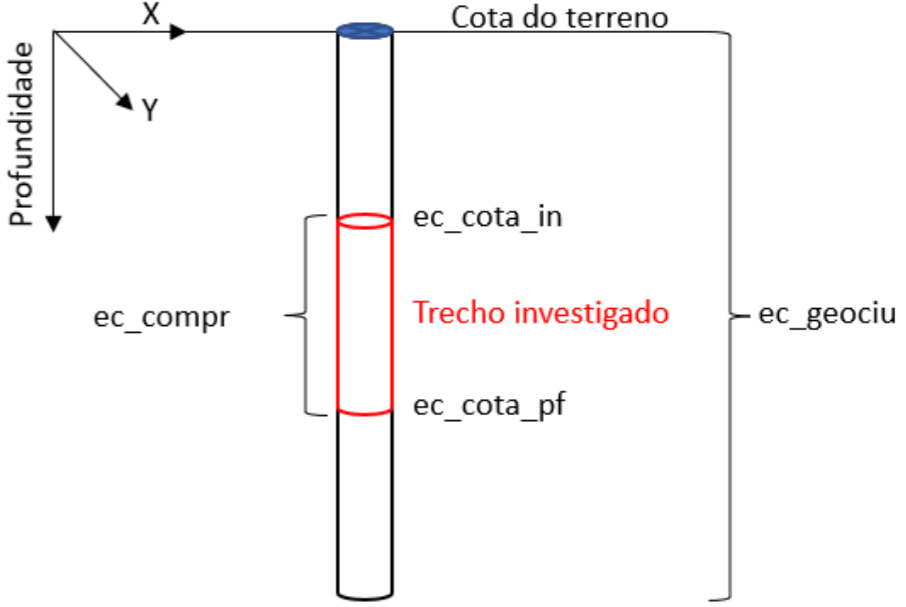

Classe	Código	Geometria
ensaios_campo	2.1.2	 
Método	Ilustração	
<p>Finalidade: Dados brutos relacionado as geometrias tridimensionais dos ensaios de campo.</p> <p>Regras:</p> <ol style="list-style-type: none"> Primitiva geométrica do tipo superfície poliédrica; Geometrias podem se sobrepor desde que não sejam executados no mesmo período; A geometria tridimensional “geom” e os atributos “ec_geociu_pf” e “ec_volume” são preenchidos pela função no banco ST_EnsaioCampo3D; Classe obrigatória para visualização tridimensional dos ensaios de campo; e A ilustração deve ser usada como referência para a inclusão de registros na classe. <p>Atributos obrigatórios (Tabela 70):</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ ec_geociu: Código Identificador Único; ✓ ec_profund: Profundidade do início do trecho investigado; ✓ ec_geociu_pf: Concatenação entre o código identificador único e a profundidade ensaiada; ✓ ec_cota_in: Cota de início do trecho investigado; ✓ ec_cota_fd: Cota de fundo do trecho investigado; ✓ ec_compr: Comprimento do trecho investigado; ✓ ec_raio: Raio do trecho investigado; ✓ ec_incli: Inclinação do trecho investigado; e ✓ ec_azim: Azimute do trecho investigado. <p>Relacionamentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Dependente das classes investigações e projetos; e ➤ Não pode estar relacionada com a classe de amostras. 		

Tabela 72: Dicionário de dados da classe “instrumentacao”.

Classe	Descrição						Código	Primitiva geométrica	
instrumentacao	Dados brutos relacionado as geometrias tridimensionais dos aparelhos e/ou equipamentos utilizados para a instrumentação geotécnica.						2.1.3	 ★	
Atributo	Tipo	Unidade	Tamanho	Precisão	Escala	Descrição	Exemplo	Domínio	Requisitos
ec_pk	Integer	-	-	-	-	Chave primária	1	-	1
ins_geociu	Varchar	-	50	-	-	Código Identificador Único	COD-1	-	1
ins_profund	Numeric	m	-	6	2	Profundidade do início do trecho instrumentado	2,15	-	1
ins_geociu_pf	Varchar	-	50	-	-	Concatenação entre o código identificador único e a profundidade ensaiada	COD-1_2.15	-	1
ins_cota_in	Numeric	m	-	6	2	Cota de início do trecho instrumentado	1000	-	1
ins_cota_fd	Numeric	m	-	6	2	Cota de fundo do trecho instrumentado	1001	-	1
ins_compr	Numeric	m	-	5	2	Comprimento do trecho instrumentado	1	-	1
ins_raio	Numeric	m	-	5	2	Raio do trecho instrumentado	0,25	-	1
ins_incli	Numeric	°	-	2	0	Inclinação do trecho instrumentado	0	-	1
ins_azim	Numeric	°	-	3	0	Azimute do trecho instrumentado	0	-	1
ins_volume	Numeric	m³	-	10	4	Volume instrumentado	0,25	-	0..1
geom	Geometry (PolyhedralSurfaceZ, 31983)	-	-	-	-	Geometria tridimensional do tipo superfície poliédrica	-	-	1

Herda da classe investigações:

- Atributos: i_cod; i_name; i_type; i_norm; i_long; i_lat; i_elev; i_date_ini; i_date_fim; i_operador; i_company; i_equip; i_geociu; i_purpose; i_adress; i_anex; i_obs; i_font; i_project; i_depth_na; i_depth_na_24.
- Geometria: geom

Tabela 73: Especificações para aquisições de dados da classe “instrumentacao”.


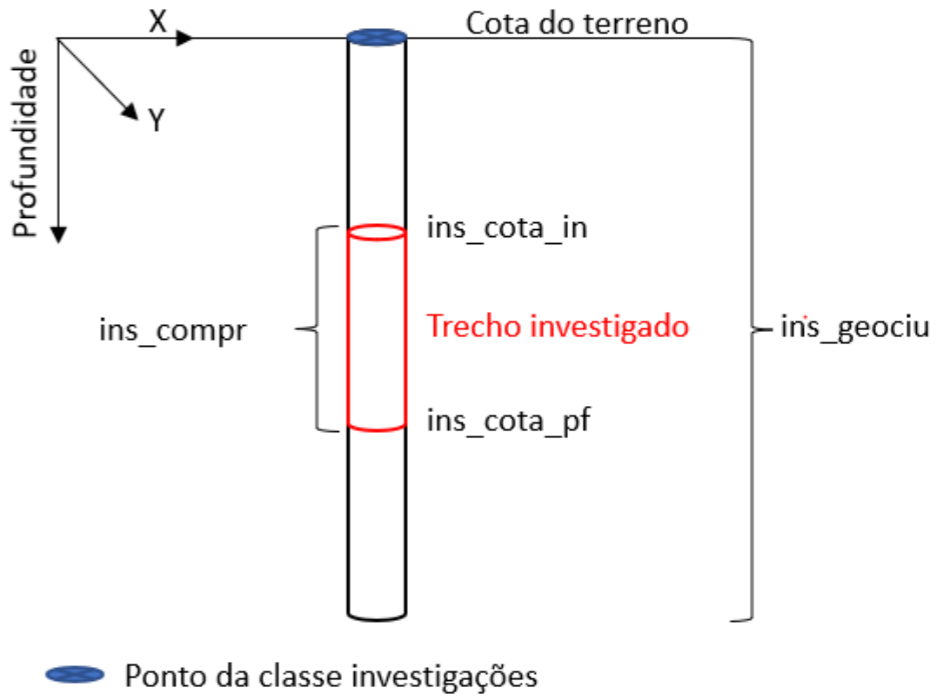
Classe	Código	Geometria
instrumentacao	2.1.3	 ★
Método	Ilustração	
<p>Finalidade: Dados brutos relacionado as geometrias tridimensionais dos aparelhos e/ou equipamentos utilizados para a instrumentação geotécnica.</p> <p>Regras:</p> <ol style="list-style-type: none"> Primitiva geométrica do tipo superfície poliédrica; Geometrias não podem se sobrepor; Classe obrigatória para visualização tridimensional das instrumentações; A geometria tridimensional “geom” e os atributos “ins_geociu_pf” e “ins_volume” são preenchidos pela função no banco ST_Instrumentacao3D; Precisa de uma investigação para cadastrar uma instrumentação; e A ilustração deve ser usada como referência para a inclusão de registros na classe. <p>Atributos obrigatórios (Tabela 72):</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ ins_geociu: Código Identificador Único; ✓ ins_profund: Profundidade do início do trecho investigado; ✓ ins_geociu_pf: Concatenação entre o código identificador único e a profundidade ensaiada; ✓ ins_cota_in: Cota de início do trecho investigado; ✓ ins_cota_fd: Cota de fundo do trecho investigado; ✓ ins_compr: Comprimento do trecho investigado; ✓ ins_raio: Raio do trecho investigado; ✓ ins_incli: Inclinação do trecho investigado; e ✓ ins_azim: Azimute do trecho investigado. <p>Relacionamentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ Deve estar relacionada com a classe investigações; ➢ Dependente das classes investigações e projetos; e ➢ Não pode estar relacionada com a classe de amostras. 		

Tabela 74: Dicionário de dados da classe “aneis_concentricos”.

Classe	Descrição						Código	Primitiva geométrica	
aneis_concentricos	Informações relacionadas ao ensaio de campo do tipo anéis concêntricos.						2.1.2.1	★	
Atributo	Tipo	Unidade	Tamanho	Precisão	Escala	Descrição	Exemplo	Domínio	Requisitos
ac_pk	Integer	-	-	-	-	Chave primária	1	-	1
ac_geociu	Varchar	-	50	-	-	Código Identificador Único gerado na classe investigações e que corresponda ao ensaio de campo em questão	COD-1	-	1
ac_vel_infb	Numeric	m/s	50	13	10	Velocidade de infiltração básica	0,001	-	1
ac_metodo	Varchar	-	150	-	-	Método utilizado para o cálculo da propriedade medida	MÉTODO A	-	1
ac_equacao	Varchar	-	150	-	-	Equação utilizada para o cálculo da propriedade medida	FULANO (1987)	-	1
ac_perm_coef	Numeric	m/s	-	13	10	Coefficiente de permeabilidade	0,001	-	1
Herda da classe investigações:									
<ul style="list-style-type: none"> Atributos: i_cod; i_name; i_type; i_norm; i_long; i_lat; i_elev; i_date_ini; i_date_fim; i_operador; i_company; i_equip; i_geociu; i_purpose; i_adress; i_anex; i_obs; i_font; i_project; Geometria: geom 									

Tabela 75: Especificações para aquisições de dados da classe “aneis_concentricos”.

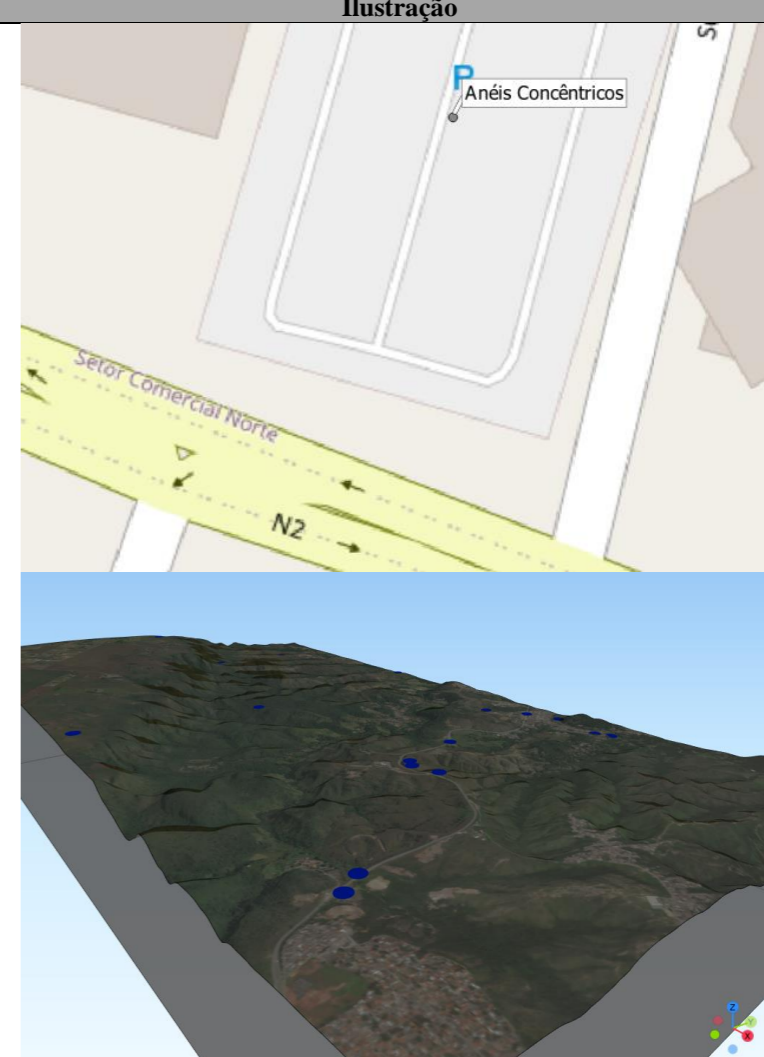
Classe	Código	Geometria
aneis_concentricos	2.1.2.1	★
Método	Ilustração	
<p>Finalidade: Informações relacionadas ao ensaio de campo do tipo anéis concêntricos.</p> <p>Regras:</p> <ol style="list-style-type: none"> Primitiva geométrica do tipo ponto herdada da superclasse investigações; Geometrias podem se sobrepor desde que não sejam executados no mesmo período; Essa classe não pode estar relacionada com a classe de amostras; e Precisa de um registro na classe de investigações. <p>Atributos obrigatórios (Tabela 74):</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ ac_geociu: Código Identificador Único; ✓ ac_vel_infb: Velocidade de infiltração básica; ✓ ac_metodo: Método utilizado para o cálculo da propriedade medida; ✓ ac_equacao: Equação utilizada para o cálculo da propriedade medida; e ✓ ac_perm_coef: Coeficiente de permeabilidade. <p>Relacionamentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Deve estar relacionada com a classe investigações; ➤ Relacionada com a classe de dados brutos dos anéis concêntricos; e ➤ O relacionamento chave primária (i_geociu) e chave estrangeira (ac_geociu) garante o correto georreferenciamento do ensaio de campo. <p>Observações:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Dependente das classes investigações, ensaios de campo e projetos; e ➤ Para recuperar os dados brutos, consultar a classe “aneis_concentricos_medicao”. 		

Tabela 76: Dicionário de dados da classe “aneis_concentricos_medicao”.

Classe	Descrição						Código	Primitiva geométrica	
aneis_concentricos_medicao	Dados brutos relacionadas ao ensaio de campo do tipo anéis concêntricos.						2.1.2.1.1	Não se aplica	
Atributo	Tipo	Unidade	Tamanho	Precisão	Escala	Descrição	Exemplo	Domínio	Requisitos
acm_pk	Integer	-	-	-	-	Chave primária	1	-	1
acm_geociu	Varchar	-	50	-	-	Código Identificador Único gerado na classe investigações e que corresponda ao ensaio de campo em questão	COD-1	-	1
acm_tempo	Numeric	s	-	6	0	Tempo decorrido após o início do ensaio de campo	120	-	1
acm_altura	Numeric	m	-	5	2	Altura da lâmina de água	0,15	-	1
acm_inf_acc	Numeric	m³	-	4	2	Infiltração acumulada	2,5	-	1
acm_vel_inf	Numeric	m/s	-	13	10	Velocidade de infiltração	1,2	-	1
acm_vel_infb	Numeric	m/s	-	13	10	Velocidade de infiltração básica	1,2	-	1
Herda da classe investigações:									
<ul style="list-style-type: none"> Atributos: i_cod; i_name; i_type; i_norm; i_long; i_lat; i_elev; i_date_ini; i_date_fim; i_operador; i_company; i_equip; i_geociu; i_purpose; i_adress; i_anex; i_obs; i_font; i_project; Geometria: geom 									

Tabela 77: Dicionário de dados da classe “cone”.



Classe	Descrição						Código	Primitiva geométrica	
cone	Dados brutos relacionadas ao ensaio de campo do tipo cone ou piezocone.						2.1.2.2	 	
Atributo	Tipo	Unidade	Tamanho	Precisão	Escala	Descrição	Exemplo	Domínio	Requisitos
cp_pk	Integer	-	-	-	-	Chave Primária	1	-	1
cp_geociu	Varchar	-	50	-	-	Código Identificador Único	COD-1	-	1
cp_prof	Numeric	m	-	6	2	Profundidade do trecho ensaiado	2,15	-	1
cp_geociu_pf	Varchar	-	50	-	-	Concatenação entre o código identificador único e a profundidade ensaiada	COD-1_2.15	-	1
cp_nome	Varchar	-	100	-	-	Nome da investigação do cone / Piezocone	CN-01	-	1
cp_qc	Numeric	kPa	-	10	4	Resistência de ponta medida	6	-	1
cp_fs	Numeric	kPa	-	10	4	Resistência do atrito lateral	2	-	1
cp_rf	Numeric	%	-	7	4	Razão de atrito	3	-	1
cp_bq	Numeric	-	-	7	4	Parâmetro de poropressão, quando houver	1	-	0..1
cp_qt	Numeric	kPa	-	10	4	Resistência real mobilizada no piezocone	1	-	0..1
cp_poro_base	Numeric	kPa	-	10	4	Poropressão medido na base	1	-	0..1
cp_poro_eq	Numeric	kPa	-	10	4	Poropressão de equilíbrio	1	-	0..1
cp_tens_vert	Numeric	kPa	-	10	4	Tensão vertical na profundidade	1	-	0..1
cp_an	Numeric	m²	-	8	4	Área interna da seção transversal do cone	1	-	1
cp_at	Numeric	m²	-	8	4	Área externa da seção transversal do cone	1	-	1
Herda da classe investigações:									
<ul style="list-style-type: none"> Atributos: i_cod; i_name; i_type; i_norm; i_long; i_lat; i_elev; i_date_ini; i_date_fim; i_operador; i_company; i_equip; i_geociu; i_purpose; i_adress; i_anex; i_obs; i_font; i_project; Geometria: geom 									
Herda da classe ensaios de campo:									
<ul style="list-style-type: none"> Atributos: ec_geociu; ec_profund; ec_geociu_pf; ec_cota_in; ec_cota_fd; ec_compr; ec_raio; ec_incli; ec_azim; ec_volume. Geometria: geom3d 									

Tabela 78: Especificações para aquisições de dados da classe “cone”.



Classe	Código	Geometria
cone	2.1.2.2	 
Método	Ilustração	
<p>Finalidade: Dados brutos relacionadas ao ensaio de campo do tipo cone ou piezocone.</p> <p>Regras:</p> <ol style="list-style-type: none"> Primitiva geométrica do tipo ponto herdada da superclasse investigações e do tipo superfície poliédrica herdada da classe dos ensaios de campo; Geometrias podem se sobrepor desde que não sejam executados no mesmo período; Essa classe não pode estar relacionada com a classe de amostras; e Precisa de um registro na classe de investigações e um registro na classe ensaios de campo. <p>Atributos obrigatórios (Tabela 77):</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ cp_geociu: Código Identificador Único; ✓ cp_prof: Profundidade do trecho ensaiado; ✓ cp_geociu_pf: Concatenação entre o código identificador único e a profundidade ensaiada; ✓ cp_nome: Nome da investigação do cone / piezocone; ✓ cp_qc: Resistência de ponta medida; ✓ cp_fs: Resistência do atrito lateral; ✓ cp_rf: Razão de atrito; ✓ cp_an: Área interna da seção transversal do cone; e ✓ cp_at: Área externa da seção transversal do cone. <p>Relacionamentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Deve estar relacionada com a classe ensaios de campo; e ➤ O relacionamento chave primária (ec_geociu_pf) e chave estrangeira (cp_geociu_pf) garante o correto georreferenciamento do ensaio de campo. <p>Observações:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Dependente das classes investigações, ensaios de campo e projetos. 	<p>Ver ilustração da classe de investigações (Tabela 67) e da classe e ensaios de campo (Tabela 71)</p>	

Tabela 79: Dicionário de dados da classe “guelph”.



Classe	Descrição						Código	Primitiva geométrica	
guelph	Informações relacionadas ao ensaio de campo do tipo guelph.						2.1.2.3	 	
Atributo	Tipo	Unidade	Tamanho	Precisão	Escala	Descrição	Exemplo	Domínio	Requisitos
gu_pk	Integer	-	-	-	-	Chave Primária	1	-	1
gu_geociu	Varchar	-	50	-	-	Código Identificador Único	COD-1	-	1
gu_prof	Numeric	m	-	6	2	Profundidade do ensaio de campo do tipo guelph	2,15	-	1
gu_geociu_pf	Varchar	-	50	-	-	Concatenação entre o código identificador único e a profundidade ensaiada	COD-1_2.15	-	1
gu_nome	Varchar	-	200	-	-	Nome do ensaio	CN-01	-	1
gu_parameter	Numeric	-	-	2	2	Parâmetro de cálculo alpha	1	-	1
gu_ff	Numeric	-	-	2	2	Fator forma utilizado no cálculo do resultado	1	-	1
gu_raio	Numeric	m	-	0	2	Raio do furo	1	-	1
gu_inf_r1	Numeric	m/s	-	14	10	Infiltração na etapa 1 do ensaio	1	-	1
gu_inf_r2	Numeric	m/s	-	14	10	Infiltração na etapa 2 do ensaio para ensaios com duas etapas	1	-	0..1
gu_metodo	Varchar	-	100	-	-	Método de cálculo (Referência)	1	-	1
gu_coef_perm	Numeric	m/s	-	14	10	Coefficiente de permeabilidade in situ	1	-	1
gu_carga_1	Numeric	m	-	0	2	Altura da carga hidráulica na etapa 1	1	-	1
gu_carga_2	Numeric	m	-	0	2	Altura da carga hidráulica na etapa 2	1	-	0..1
<p>Herda da classe investigações:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Atributos: i_cod; i_name; i_type; i_norm; i_long; i_lat; i_elev; i_date_ini; i_date_fim; i_operador; i_company; i_equip; i_geociu; i_purpose; i_adress; i_anex; i_obs; i_font; i_project; • Geometria: geom <p>Herda da classe ensaios de campo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Atributos: ec_geociu; ec_profund; ec_geociu_pf; ec_cota_in; ec_cota_fd; ec_compr; ec_raio; ec_incli; ec_azim; ec_volume. • Geometria: geom3d 									

Tabela 80: Especificações para aquisições de dados da classe “guelph”.



Classe	Código	Geometria
guelph	2.1.2.3	 
Método	Ilustração	
<p>Finalidade: Informações relacionadas ao ensaio de campo do tipo guelph.</p> <p>Regras:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Primitiva geométrica do tipo ponto herdada da superclasse investigações e do tipo superfície poliédrica herdada da classe dos ensaios de campo; b) Geometrias podem se sobrepor desde que não sejam executados no mesmo período; c) Essa classe não pode estar relacionada com a classe de amostras; e d) Precisa de um registro na classe de investigações e um registro na classe ensaios de campo. <p>Atributos obrigatórios (Tabela 79):</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ gu_geociu: Código Identificador Único; ✓ gu_prof: Profundidade do ensaio de campo do tipo guelph; ✓ gu_geociu_pf: Concatenação entre o código identificador único e a profundidade ensaiada; ✓ gu_nome: Nome do ensaio; ✓ gu_parameter: Parâmetro de cálculo alpha; ✓ gu_ff: Fator forma no cálculo do resultado; ✓ gu_raio: Raio do furo; ✓ gu_inf: Infiltração na etapa 1 do ensaio; ✓ gu_metodo: Método de cálculo (Referência); ✓ gu_coef_perm: Coeficiente de permeabilidade in situ; e ✓ gu_carga: Altura da carga hidráulica na etapa 1. <p>Relacionamentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Deve estar relacionada com a classe investigações e a classe ensaios de campo; ➤ Relacionada com a classe de dados brutos dos guelph; e ➤ O relacionamento chave primária (ec_geociu_pf) e chave estrangeira (gu_geociu_pf) garante o correto georreferenciamento do ensaio de campo. <p>Observações:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Dependente das classes investigações, ensaios de campo e projetos. 	<p>Ver ilustração da classe de investigações (Tabela 67) e da classe e ensaios de campo (Tabela 71)</p>	

Tabela 81: Dicionário de dados da classe “guelph_medicao”.

Classe	Descrição						Código	Primitiva geométrica	
guelph_medicao	Dados brutos relacionadas ao ensaio de campo do tipo guelph.						2.1.2.3.1	Não se aplica	
Atributo	Tipo	Unidade	Tamanho	Precisão	Escala	Descrição	Exemplo	Domínio	Requisitos
gum_pk	Integer	-	-	-	-	Chave Primária	1	-	1
gum_geociu	Varchar	-	50	-	-	Código Identificador Único	COD-1	-	1
gum_prof	Numeric	m	-	3	2	Profundidade do ensaio do tipo do guelph	2,15	-	1
gum_geociu_pf	Varchar	-	50	-	-	Concatenação entre o código identificador único e a profundidade ensaiada	COD-1_2.15	-	1
gum_nome	Varchar	-	200	-	-	Nome do ensaio usado para a sua identificação	GU-001	-	1
gum_temp_in	Numeric	s	-	5	0	Tempo inicial da medição	120	-	1
gum_temp_fim	Numeric	s	-	5	0	Tempo final da medição	180	-	1
gum_qd_carga	Numeric	m	-	0	2	Queda de carga medida no leitor	0,25	-	1
gum_taxa_inf	Numeric	m/s	-	14	10	Taxa de infiltração	0,00001	-	1
Herda da classe investigações:									
<ul style="list-style-type: none"> Atributos: i_cod; i_name; i_type; i_norm; i_long; i_lat; i_elev; i_date_ini; i_date_fim; i_operador; i_company; i_equip; i_geociu; i_purpose; i_adress; i_anex; i_obs; i_font; i_project; Geometria: geom 									
Herda da classe ensaios de campo:									
<ul style="list-style-type: none"> Atributos: ec_geociu; ec_profund; ec_geociu_pf; ec_cota_in; ec_cota_fd; ec_compr; ec_raio; ec_incli; ec_azim; ec_volume. Geometria: geom3d 									

Tabela 82: Dicionário de dados da classe “palheta”.



Classe	Descrição						Código	Primitiva geométrica	
palheta	Dados brutos e informações relacionadas ao ensaio de campo do tipo palheta.						2.1.2.4	 	
Atributo	Tipo	Unidade	Tamanho	Precisão	Escala	Descrição	Exemplo	Domínio	Requisitos
pa_pk	Integer	-	-	-	-	Chave Primária	1	-	1
pa_geociu	Varchar	-	50	-	-	Código Identificador Único	COD-1	-	1
pa_prof	Numeric	m	-	6	2	Profundidade do ensaio	2,15	-	1
pa_geociu_pf	Varchar	-	50	-	-	Concatenação entre o código identificador único e a profundidade ensaiada	COD-1_2.15	-	1
pa_nome	Varchar	-	50	-	-	Identificador do ensaio	CN-01	-	1
pa_larg	Numeric	m	-	4	2	Largura do equipamento	0,2	-	1
pa_comp	Numeric	m	-	4	2	Comprimento do equipamento	0,2	-	1
pa_veloc	Numeric	m/s	-	6	4	Velocidade de execução do ensaio	0,05	-	1
pa_res_nd	Numeric	kPa	-	5	0	Resistência não drenada	5	-	1
pa_res_am	Numeric	kPa	-	5	0	Resistência não drenada amolgada	5	-	1
pa_sen	Numeric	-	-	3	0	Sensibilidade	-	-	1
pa_torq_max	Numeric	Nm	-	3	0	Torque máximo	-	-	1
pa_torq_min	Numeric	Nm	-	3	0	Torque residual	-	-	1
pa_ang	Numeric	°	-	3	0	Ângulo da medição	-	-	1
Herda da classe investigações:									
<ul style="list-style-type: none"> Atributos: i_cod; i_name; i_type; i_norm; i_long; i_lat; i_elev; i_date_ini; i_date_fim; i_operador; i_company; i_equip; i_geociu; i_purpose; i_adress; i_anex; i_obs; i_font; i_project; Geometria: geom 									
Herda da classe ensaios de campo:									
<ul style="list-style-type: none"> Atributos: ec_geociu; ec_profund; ec_geociu_pf; ec_cota_in; ec_cota_fd; ec_compr; ec_raio; ec_incli; ec_azim; ec_volume. Geometria: geom3d 									

Tabela 83: Especificações para aquisições de dados da classe “palheta”.



Classe	Código	Geometria
palheta	2.1.2.4	 
Método	Ilustração	
<p>Finalidade: Informações e dados brutos relacionadas ao ensaio de campo do tipo palheta.</p> <p>Regras:</p> <ol style="list-style-type: none"> Primitiva geométrica do tipo ponto herdada da superclasse investigações e do tipo superfície poliédrica herdada da classe dos ensaios de campo; Geometrias podem se sobrepor desde que não sejam executados no mesmo período; Essa classe não pode estar relacionada com a classe de amostras; e Precisa de um registro na classe de investigações e um registro na classe ensaios de campo. <p>Atributos obrigatórios (</p> <p>Tabela 82):</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ pa_geociu: Código Identificador Único; ✓ pa_prof: Profundidade do ensaio; ✓ pa_geociu_pf: Concatenação entre o código identificador único e a profundidade ensaiada; ✓ pa_nome: Identificador do ensaio; ✓ pa_larg: Largura do equipamento; ✓ pa_comp: Comprimento do equipamento; ✓ pa_veloc: Velocidade de execução do ensaio; ✓ pa_res_nd: Resistência não drenada; ✓ pa_res_am: Resistência não drenada amolgada; ✓ pa_sen: Sensibilidade; ✓ pa_torq_max: Torque máximo; ✓ pa_torq_min: Torque residual; e ✓ pa_ang: Ângulo da medição. <p>Relacionamentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Deve estar relacionada com a classe ensaios de campo; e ➤ O relacionamento chave primária (ec_geociu_pf) e chave estrangeira (pu_geociu_pf) garante o correto georreferenciamento do ensaio de campo. <p>Observações:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Dependente das classes investigações, ensaios de campo e projetos. 	<p>Ver ilustração da classe de investigações (Tabela 67) e da classe e ensaios de campo (Tabela 71)</p>	

Tabela 84: Dicionário de dados da classe “panda”.



Classe	Descrição						Código	Primitiva geométrica	
panda	Dados brutos e informações relacionadas ao ensaio de campo do tipo panda.						2.1.2.5	 	
Atributo	Tipo	Unidade	Tamanho	Precisão	Escala	Descrição	Exemplo	Domínio	Requisitos
pp_pk	Integer	-	-	-	-	Chave Primária	1	-	1
pp_geociu	Varchar	-	50	-	-	Código Identificador Único	COD-1	-	1
pp_prof	Numeric	m	-	6	2	Profundidade do ensaio	2,15	-	1
pp_geociu_pf	Varchar	-	50	-	-	Concatenação entre o código identificador único e a profundidade ensaiada	COD-1_2.15	-	1
pp_qd	Numeric	KPa	-	8	2	Resistência real mobilizada	10	-	1
<p>Herda da classe investigações:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Atributos: i_cod; i_name; i_type; i_norm; i_long; i_lat; i_elev; i_date_ini; i_date_fim; i_operador; i_company; i_equip; i_geociu; i_purpose; i_adress; i_anex; i_obs; i_font; i_project; • Geometria: geom <p>Herda da classe ensaios de campo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Atributos: ec_geociu; ec_profund; ec_geociu_pf; ec_cota_in; ec_cota_fd; ec_compr; ec_raio; ec_incli; ec_azim; ec_volume. • Geometria: geom3d 									

Tabela 85: Especificações para aquisições de dados da classe “panda”.



Classe	Código	Geometria
panda	2.1.2.5	 
Método		Ilustração
<p>Finalidade: Dados brutos e informações relacionadas ao ensaio de campo do tipo panda.</p> <p>Regras:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Primitiva geométrica do tipo ponto herdada da superclasse investigações e do tipo superfície poliédrica herdada da classe dos ensaios de campo; b) Geometrias podem se sobrepor desde que não sejam executados no mesmo período; c) Essa classe não pode estar relacionada com a classe de amostras; e d) Precisa de um registro na classe de investigações e um registro na classe ensaios de campo. <p>Atributos obrigatórios (Tabela 84):</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ pp_geociu: Código Identificador Único; ✓ pp_prof: Profundidade do ensaio; ✓ pp_geociu_pf: Concatenação entre o código identificador único e a profundidade ensaiada; e ✓ pp_qd: Resistência real mobilizada. <p>Relacionamentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Deve estar relacionada com a classe ensaios de campo; e ➤ O relacionamento chave primária (ec_geociu_pf) e chave estrangeira (pp_geociu_pf) garante o correto georreferenciamento do ensaio de campo. <p>Observações:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Dependente das classes investigações, ensaios de campo e projetos. 		<p>Ver ilustração da classe de investigações (Tabela 67) e da classe e ensaios de campo (Tabela 71)</p>

Tabela 86: Dicionário de dados da classe “percussao”.



Classe	Descrição						Código	Primitiva geométrica	
percussao	Dados brutos e informações relacionadas as sondagens do tipo percussão.						2.1.1.1	 	
Atributo	Tipo	Unidade	Tamanho	Precisão	Escala	Descrição	Exemplo	Domínio	Requisitos
spc_pk	Integer	-	-	-	-	Chave Primária	1	-	1
spc_geociu	Varchar	-	50	-	-	Código Identificador Único	COD-1	-	1
spc_profund	Varchar	m	-	6	2	Profundidade do trecho investigado	2,15	-	1
spc_geociu_pf	Varchar	-	50	-	-	Concatenação entre o código identificador único e a profundidade ensaiada	COD-1_2.15	-	1
spc_text_prim	Numeric	-	-	2	-	Descrição de textura primária do solo amostrado	1	tb_textura_solo (Tabela 47)	1
spc_text_sec	Numeric	-	-	2	-	Descrição de textura secundária do solo amostrado	2	tb_textura_solo (Tabela 47)	1
spc_text_comp	Numeric	-	-	2	-	Descrição de textura complementar do solo amostrado	3	tb_textura_solo (Tabela 47)	1
spc_cor	Varchar	-	50	-	-	Cor do solo amostrado	VERMELHO	-	1
spc_golpes_15cm	Numeric	-	-	2	0	Número de golpes nos primeiros 15 centímetros do ensaio	10	-	1
spc_golpes_30cm	Numeric	-	-	2	0	Número de golpes entre 15 e 30 cm centímetros do ensaio	15	-	1
spc_golpes_45cm	Numeric	-	-	2	0	Número de golpes entre 30 e 45 centímetros do ensaio	20	-	1
spc_penet_15cm	Numeric	m	-	3	2	Penetração nos primeiros 15 centímetros do ensaio	15	-	1
spc_penet_30cm	Numeric	m	-	3	2	Penetração entre 15 e 30 cm centímetros do ensaio	15	-	1
spc_penet_45cm	Numeric	m	-	3	2	Penetração entre 30 e 45 centímetros do ensaio	12	-	1
spc_spt15	Varchar	-	5	-	-	Concatenação entre spc_golpes_15cm e spc_penet_15cm	10/15	-	0..1
spc_spt30	Varchar	-	5	-	-	Concatenação entre spc_golpes_30cm e spc_penet_30cm	15/15	-	0..1
spc_spt45	Varchar	-	5	-	-	Concatenação entre spc_golpes_30cm e spc_penet_30cm	15/12	-	0..1
spc_inic	Numeric	-	-	2	0	Soma dos 30 primeiros cm centímetros do ensaio	25	-	1
spc_final	Numeric	-	-	2	0	Soma dos 30 centímetros finais do ensaio	30	-	1
spc_lav_et1	Numeric	m	-	3	2	Lavagem de 0 a 10 min	1	-	0..1
spc_lav_et2	Numeric	m	-	3	2	Lavagem de 10 a 20 min	1	-	0..1
spc_lav_et3	Numeric	m	-	3	2	Lavagem de 20 a 30 min	1	-	0..1
spc_lav_final	Numeric	m	-	3	2	Lavagem total ao longo dos 30 min	3	-	0..1
spc_comp	Numeric	-	-	2	0	Compacidade do solo	1	tb_compacidade_solo (Tabela 48)	1
spc_os_desc	Numeric	-	-	2	0	Origem geológica do solo	2	tb_origem_solo (Tabela 49)	1
spc_obs	Varchar	-	254	-	-	Observações	-	-	0..1
Herda da classe investigações:									
<ul style="list-style-type: none"> • Atributos: i_cod; i_name; i_type; i_norm; i_long; i_lat; i_elev; i_date_ini; i_date_fim; i_operador; i_company; i_equip; i_geociu; i_purpose; i_adress; i_anex; i_obs; i_font; i_project; i_elev_boca; i_depth_imp; i_depth_rev; i_depth_na; i_depth_na24; • Geometria: geom 									
Herda da classe sondagens:									
<ul style="list-style-type: none"> • Atributos: sdg_geociu; sdg_profund; sdg_geociu_pf; sdg_cota_in; sdg_cota_fd; sdg_compr; sdg_raio; sdg_incli; sdg_azim. • Geometria: geom3d 									

Tabela 87: Especificações para aquisições de dados da “percussao”.



Classe	Código	Geometria
percussao	2.1.1.1	 
Método	Ilustração	
<p>Finalidade: Dados brutos e informações relacionadas as sondagens do tipo percussão.</p> <p>Regras:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Primitiva geométrica do tipo ponto herdada da superclasse investigações e do tipo superfície poliédrica herdada da classe de sondagens; b) Geometrias podem se sobrepor desde que não sejam executados no mesmo período; c) Essa classe pode estar relacionada com a classe de amostras; e d) Precisa de um registro na classe sondagens. <p>Atributos obrigatórios (Tabela 86):</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ spc_geociu: Código Identificador Único; ✓ spc_profund: Profundidade do trecho investigado; ✓ spc_geociu_pf: Concatenação entre o código identificador único e a profundidade ensaiada; ✓ spc_text_prim: Descrição de textura primária (Tabela 47); ✓ spc_cor: Cor do solo; ✓ spc_golpes_15cm: Número de golpes nos primeiros 15 centímetros do ensaio; ✓ spc_golpes_30cm: Número de golpes entre 15 e 30 centímetros do ensaio; ✓ spc_golpes_45cm: Número de golpes entre 30 e 45 centímetros do ensaio; ✓ spc_penet_15cm: Penetração nos primeiros 15 centímetros do ensaio; ✓ spc_penet_30cm: Penetração entre 15 e 30 centímetros do ensaio; ✓ spc_penet_45cm: Penetração entre 30 e 45 centímetros do ensaio; ✓ spc_inic : Soma dos 30 primeiros centímetros do ensaio; e ✓ spc_final: Soma dos 30 centímetros finais do ensaio, <p>Relacionamentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Deve estar relacionada com a classe sondagens; e ➤ O relacionamento chave primária (sdg_geociu_pf) e chave estrangeira (spc_geociu_pf) garante o correto georreferenciamento da sondagem. <p>Observações:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Dependente das classes investigações, sondagens e projetos. 	<p>Ver ilustração da classe de investigações (Tabela 67) e da classe e sondagens (Tabela 69)</p>	

Tabela 88: Dicionário de dados da classe “rotativa”.



Classe	Descrição						Código	Primitiva geométrica	
rotativa	Dados brutos e informações relacionadas as sondagens do tipo rotativa.						2.1.1.2	 	
Atributo	Tipo	Unidade	Tamanho	Precisão	Escala	Descrição	Exemplo	Domínio	Requisitos
src_pk	Integer	-	-	-	-	Chave Primária	1	-	1
src_geociu	Varchar	-	50	-	-	Código Identificador Único	COD-1	-	1
src_profund	Varchar	m	-	6	2	Profundidade do trecho investigado	2,15	-	1
src_geociu_pf	Varchar	-	50	-	-	Concatenação entre o código identificador único e a profundidade ensaiada	COD-1_2.15	-	1
src_litotipo	Varchar	-	100	-	-	Descrição resumida do litotipo	1	-	1
src_descricao	Varchar	-	254	-	-	Descrição da manobra	2	-	1
src_alter	Numeric	-	-	1	0	Grau de alteração da rocha	3	-	1
src_coer	Numeric	-	-	1	0	Grau de coerência da rocha	4	-	1
src_frat	Numeric	-	-	1	0	Grau de fraturamento da rocha	10	-	1
src_rqd	Numeric	%	-	3	0	Índice de qualidade da rocha (RQD)	15	-	1
src_recup	Numeric	%	-	3	0	Recuperação da manobra	20	-	1
src_tm_rqd	Numeric	m	-	3	2	Tamanho do testemunho	15	-	1
src_tm_rec	Numeric	m	-	3	2	Tamanho do testemunho com peças superiores a 10 cm	15	-	0..1
src_nm_frag	Numeric	-	-	3	0	Número de fragmentos	12	-	0..1
src_abert_desc	Integer	-	-	-	-	Abertura das discontinuidades seguindo o domínio definido neste campo	1	tb_descont_abertura (Tabela 53)	1
src_rugos_desc	Integer	-	-	-	-	Rugosidade das discontinuidades seguindo o domínio definido neste campo	2	tb_descont_rugosidade (Tabela 52)	1
src_inc_desc	Integer	-	-	-	-	Inclinação das discontinuidades seguindo o domínio definido neste campo	4	tb_desc_inc (Tabela 55)	1
src_preenc_desc	Integer	-	-	-	-	Preenchimento das discontinuidades seguindo o domínio definido neste campo	25	tb_desc_preenc (Tabela 54)	1
src_alt_desc	Integer	-	-	-	-	Alteração das discontinuidades seguindo o domínio definido neste campo	30	tb_desc_alt (Tabela 56)	1
src_obs	Varchar	-	254	-	-	Observações	1	-	0..1
Herda da classe investigações:									
<ul style="list-style-type: none"> Atributos: i_cod; i_name; i_type; i_norm; i_long; i_lat; i_elev; i_date_ini; i_date_fim; i_operador; i_company; i_equip; i_geociu; i_purpose; i_adress; i_anex; i_obs; i_font; i_project; i_elev_boca; i_depth_imp; i_depth_rev; i_depth_na; i_depth_na24 Geometria: geom 									
Herda da classe sondagens:									
<ul style="list-style-type: none"> Atributos: sdg_geociu; sdg_profund; sdg_geociu_pf; sdg_cota_in; sdg_cota_fd; sdg_compr; sdg_raio; sdg_incli; sdg_azim. Geometria: geom3d 									

Tabela 89: Especificações para aquisições de dados da “rotativa”.



Classe	Código	Geometria
rotativa	2.1.1.2	 
Método		Ilustração
<p>Finalidade: Dados brutos e informações relacionadas as sondagens do tipo rotativa.</p> <p>Regras:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Primitiva geométrica do tipo ponto herdada da superclasse investigações e do tipo superfície poliédrica herdada da classe de sondagens; b) Geometrias podem se sobrepor desde que não sejam executados no mesmo período; c) Essa classe pode estar relacionada com a classe de amostras; e d) Precisa de um registro na classe de investigações e um registro na classe sondagens. <p>Atributos obrigatórios (Tabela 88):</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ src_geociu: Código Identificador Único; ✓ src_profund: Profundidade do trecho investigado; ✓ src_geociu_pf: Concatenação entre o código identificador único e a profundidade ensaiada; ✓ src_litotipo: Descrição resumida do litotipo; ✓ src_descricao: Descrição da manobra; ✓ src_alterNumeric: Grau de alteração; ✓ src_coerNumeric: Grau de coerência; ✓ src_frat Numeric: Grau de fraturamento; ✓ src_rqd Numeric: Índice de qualidade da rocha (RQD); ✓ src_recup: Recuperação da manobra; ✓ src_tm_rqd: Tamanho do testemunho; ✓ src_abert_desc: Abertura das descontinuidades; ✓ src_rugos_desc: Rugosidade das descontinuidades; ✓ src_inc_desc: Inclinação das descontinuidades; ✓ src_preenc_desc: Preenchimento das descontinuidades; e ✓ src_alt_desc: Alteração das descontinuidades. <p>Relacionamentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Deve estar relacionada com a classe investigações e a classe sondagens; ➤ Relacionada com a classe de dados brutos das sondagens rotativa; e ➤ O relacionamento chave primária (sdg_geociu_pf) e chave estrangeira (src_geociu_pf) garante o correto georreferenciamento da sondagem. <p>Observações:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Dependente das classes investigações, sondagens e projetos. 		<p>Ver ilustração da classe de investigações (Tabela 67) e da classe e sondagens (Tabela 69)</p>

Tabela 90: Dicionário de dados da classe “trado”.



Classe	Descrição						Código	Primitiva geométrica	
trado	Dados brutos e informações relacionadas as sondagens do tipo trado.						2.1.1.3	 	
Atributo	Tipo	Unidade	Tamanho	Precisão	Escala	Descrição	Exemplo	Domínio	Requisitos
stc_pk	Integer	-	-	-	-	Chave Primária	1	-	1
stc_geociu	Varchar	-	12	-	-	Código Identificador Único	COD-1	-	1
stc_profund	Varchar	m	-	6	2	Profundidade do trecho investigado	1.15	-	1
stc_geociu_pf	Varchar	-	50	-	-	Concatenação entre o código identificador único e a profundidade ensaiada	COD-1_1.15	-	1
stc_text_prim	Integer	-	-	-	-	Descrição de textura primária segundo a tabela de domínio definida	1	tb_textura_solo (Tabela 47)	1
stc_text_sec	Integer	-	-	-	-	Descrição de textura secundária segundo a tabela de domínio definida	2	tb_textura_solo (Tabela 47)	1
stc_text_comp	Integer	-	-	-	-	Descrição de textura complementar segundo a tabela de domínio definida	3	tb_textura_solo (Tabela 47)	1
stc_cor	Varchar	-	50	-	-	Cor predominante do solo	VERMELHO	-	1
stc_comp	Integer	-	-	2	0	Compacidade do solo	1	tb_compacidade_solo (Tabela 48)	1
stc_os_desc	Integer	-	-	2	0	Origem geológica do solo	2	tb_origem_solo (Tabela 49)	1
stc_obs	Varchar	-	254	-	-	Observações e informações sobre o trecho investigado	-	-	0..1
Herda da classe investigações: <ul style="list-style-type: none"> Atributos: i_cod; i_name; i_type; i_norm; i_long; i_lat; i_elev; i_date_ini; i_date_fim; i_operador; i_company; i_equip; i_geociu; i_purpose; i_adress; i_anex; i_obs; i_font; i_project; i_elev_boca; i_depth_imp; i_depth_rev; i_depth_na; i_depth_na24 Geometria: geom Herda da classe sondagens: <ul style="list-style-type: none"> Atributos: sdg_geociu; sdg_profund; sdg_geociu_pf; sdg_cota_in; sdg_cota_fd; sdg_compr; sdg_raio; Geometria: geom3d 									

Tabela 91: Especificações para aquisições de dados da classe “trado”.



Classe	Código	Geometria
trado	2.1.1.3	 
Método		Ilustração
<p>Finalidade: Dados brutos e informações relacionadas as sondagens do tipo trado.</p> <p>Regras:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Primitiva geométrica do tipo ponto herdada da superclasse investigações e do tipo superfície poliédrica herdada da classe de sondagens; b) Geometrias podem se sobrepor desde que não sejam executados no mesmo período; c) Essa classe pode estar relacionada com a classe de amostras; d) Não pode estar relacionado com as classes ensaios de campo e instrumentação; e e) Necessita obrigatoriamente de um registro na classe sondagens. <p>Atributos obrigatórios (Tabela 90):</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ stc_geociu: Código Identificador Único; ✓ stc_profund: Profundidade do trecho investigado; ✓ stc_geociu_pf: Concatenação entre o código identificador único e a profundidade ensaiada; ✓ stc_text_prim: Descrição de textura primária; ✓ stc_cor: Cor predominante do solo; e ✓ stc_obs: Observações e informações sobre o trecho investigado. <p>Relacionamentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Deve estar relacionada com a classe investigações e a classe sondagens; e ➤ O relacionamento chave primária (sdg_geociu_pf) e chave estrangeira (stc_geociu_pf) garante o correto georreferenciamento da sondagem. <p>Observações:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Dependente das classes investigações, sondagens e projetos. 		<p>Ver ilustração da classe de investigações (Tabela 67) e da classe e sondagens (Tabela 69)</p>

Tabela 92: Dicionário de dados da classe “pt_campo_solo”.

Classe	Descrição						Código	Primitiva geométrica	
pt_campo_solo	Dados brutos e informações relacionadas a descrições de perfil de solo em levantamentos de campo.						2.1.5	★	
Atributo	Tipo	Unidade	Tamanho	Precisão	Escala	Descrição	Exemplo	Domínio	Requisitos
pcs_pk	Integer	-	-	-	-	Chave Primária	1	-	1
pcs_geociu	Varchar	-	50	-	-	Código Identificador Único	COD-1	-	1
pcs_nome	Varchar	-	50	-	-	Nome do ponto	PONTO 01	-	1
psc_uso_solo	Varchar	-	250	-	-	Uso do solo	AGRICULTURA	-	0..1
psc_cobert_veg	Varchar	-	250	-	-	Informações sobre a cobertura vegetal no local do perfil de solo	SILVICULTURA	-	0..1
pcs_pedologia	Varchar	-	250	-	-	Informações sobre a unidade pedológica no local do perfil de solo	LATOSSOLO	-	0..1
pcs_geomorf	Varchar	-	250	-	-	Unidade geomorfológica no local do perfil de solo	CHAPADA	-	0..1
psc_fen_geodin	Varchar	-	250	-	-	Fenômenos geodinâmicos no local do perfil de solo	EROSÃO	-	0..1
pcs_pedo_desc	Varchar	-	250	-	-	Descrição do perfil de solo	(...)	-	1
pcs_text_prim	Numeric	-	-	2	0	Textura primária	1	tb_textura_solo (Tabela 47)	1
pcs_text_sec	Numeric	-	-	2	0	Textura secundária	2	tb_textura_solo (Tabela 47)	1
pcs_text_comp	Numeric	-	-	2	0	Textura complementar	3	tb_textura_solo (Tabela 47)	1
pcs_os_desc	Numeric	-	-	2	0	Origem do solo	4	tb_origem_solo (Tabela 49)	1
psc_trecho_in	Numeric	m	-	6	2	Cota de início do perfil descrito	0	-	1
psc_trecho_fim	Numeric	m	-	6	2	Cota do fim do perfil descrito	1	-	1
psc_espess	Numeric	m	-	5	2	Espessura do perfil de solo	1	-	1
pcs_anexo	Varchar	-	250	-	-	Caminho do arquivo no servidor	-	-	0..1
pcs_obs	Varchar	-	250	-	-	Observações	-	-	0..1
Herda da classe investigações:									
<ul style="list-style-type: none"> Atributos: i_cod; i_name; i_type; i_norm; i_long; i_lat; i_elev; i_date_ini; i_date_fim; i_operador; i_company; i_equip; i_geociu; i_purpose; i_adress; i_anex; i_obs; i_font; i_project; Geometria: geom 									

Tabela 93: Especificações para aquisições de dados da classe “pt_campo_solo”.

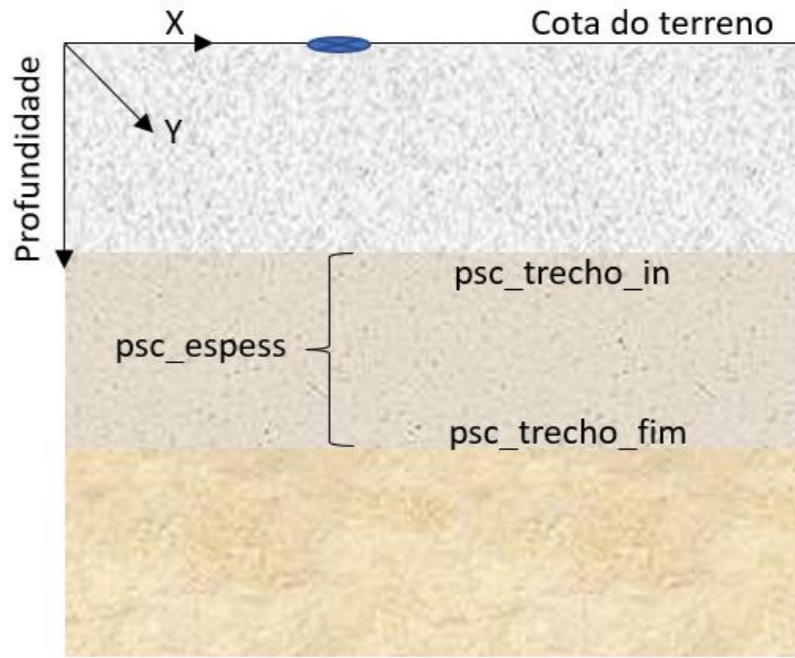
Classe	Código	Geometria
pt_campo_solo	2.1.5	★
Método	Ilustração	
<p>Finalidade: Dados brutos e informações relacionadas a descrições de perfil de solo em levantamentos de campo.</p> <p>Regras:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Primitiva geométrica do tipo ponto herdada da superclasse investigações; b) Geometrias podem se sobrepor independente do período; c) A ilustração deve ser usada como referência para a inclusão de registros na classe; d) Essa classe pode estar relacionada com a classe de amostras; e e) Precisa de um registro na classe de investigações. <p>Atributos obrigatórios (Tabela 92):</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ pcs_geociu: Código Identificador Único; ✓ pcs_nome: Nome do ponto; ✓ pcs_pedo_desc: Descrição do perfil de solo; ✓ pcs_text_prim: Textura primária (Tabela 47); ✓ psc_trecho_in: Cota de início do perfil descrito; ✓ psc_trecho_fim: Cota de fim do perfil descrito; e ✓ psc_espess: Espessura do perfil de solo. <p>Relacionamentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Deve estar relacionada com a classe investigações; ➤ Pode estar relacionada com a classe de amostras; e ➤ O relacionamento chave primária (i_geociu) e chave estrangeira (pcs_geociu) garante o correto georreferenciamento do ponto de campo. <p>Observações:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Dependente das classes investigações e projetos; e ➤ Super classe de pontos gerada a partir de uma visualização materializada (Ver o diagrama de transformação). 	 <p>● Ponto da classe investigações Ver ilustração da classe de investigações (Tabela 67).</p>	

Tabela 94: Dicionário de dados da classe “pt_campo_rocha”.

Classe	Descrição						Código	Primitiva geométrica	
pt_campo_rocha	Dados brutos e informações relacionadas a descrições de afloramentos de rocha em levantamentos de campo.						2.1.6	★	
Atributo	Tipo	Unidade	Tamanho	Precisão	Escala	Descrição	Exemplo	Domínio	Requisitos
pr_pk	Integer	-	-	-	-	Chave Primária	1	-	1
pr_geociu	Varchar	-	50	-	-	Código Identificador Único	COD-1	-	1
pr_litotipo	Varchar	-	200	-	-	Tipo de Rocha	(...)	-	1
pr_geo_desc	Varchar	-	254	-	-	Descrição do afloramento rochoso	(...)	-	1
pr_est_geo	Varchar	-	200	-	-	Descrição da estrutura geológica	(...)	-	0..1
pr_est_azi	Numeric	-	-	3	0	Azimute da estrutura geológica	2	-	0..1
pr_est_merg	Numeric	-	-	2	0	Mergulho da estrutura geológica	3	-	0..1
pr_alter	Numeric	-	-	1	0	Grau de alteração estimado para o maciço	4	-	0..1
pr_coer	Numeric	-	-	1	0	Grau de coerência estimado para o maciço	1	-	0..1
pr_frat	Numeric	-	-	1	0	Grau de fraturamento estimado para o maciço	1	-	0..1
pr_preenc	Integer	-	-	-	-	Preenchimento das fraturas no afloramento descrito	2	tb_desc_preenc (Tabela 54)	1
pr_abert	Integer	-	-	-	-	Abertura das fraturas no afloramento descrito	1	tb_descont_abertura (Tabela 53)	1
pr_rug	Integer	-	-	-	-	Rugosidade das fraturas no afloramento descrito	2	tb_descont_rugosidade (Tabela 52)	1
pr_inc	Integer	-	-	-	-	Inclinação das fraturas no afloramento descrito	1	tb_desc_inc (Tabela 55)	1
pr_alt	Integer	-	-	-	-	Alteração das fraturas no afloramento descrito	1	tb_desc_alt (Tabela 56)	1
pr_fen_geodin	Varchar	-	200	-	-	Fenômenos geodinâmicos passíveis de ocorrer no local do afloramento	QUEDA DE BLOCOS	-	0..1
pr_anexo	Varchar	-	254	-	-	Caminho do documento com as informações coletadas em campo		-	0..1
pr_obs	Varchar	-	254	-	-	Observações		-	0..1
Herda da classe investigações:									
<ul style="list-style-type: none"> Atributos: i_cod; i_name; i_type; i_norm; i_long; i_lat; i_elev; i_date_ini; i_date_fim; i_operador; i_company; i_equip; i_geociu; i_purpose; i_adress; i_anex; i_obs; i_font; i_project; Geometria: geom 									

Tabela 95: Especificações para aquisições de dados da classe “pt_campo_rocha”.

Classe	Código	Geometria
pt_campo_rocha	2.1.6	★
Método	Ilustração	
<p>Finalidade: Dados brutos e informações relacionadas a descrições de afloramentos de rocha em levantamentos de campo.</p> <p>Regras:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Primitiva geométrica do tipo ponto herdada da superclasse investigações; b) Geometrias podem se sobrepor independente do período; c) Essa classe pode estar relacionada com a classe de amostras; e d) Precisa de um registro na classe de investigações. <p>Atributos obrigatórios (Tabela 94):</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ pr_geociu: Código Identificador Único; ✓ pr_litotipo: Tipo de Rocha; ✓ pr_geo_desc: Descrição do afloramento rochoso; e ✓ pr_est_geo: Estrutura geológica. <p>Relacionamentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Deve estar relacionada com a classe investigações; ➤ Pode estar relacionada com a classe de amostras; e ➤ O relacionamento chave primária (i_geociu) e chave estrangeira (pr_geociu) garante o correto georreferenciamento do ponto de campo. <p>Observações:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Dependente das classes investigações e projetos; e ➤ Super classe de pontos gerada a partir de uma visualização materializada (Ver o diagrama de transformação). 	<p>Ver ilustração da classe de investigações (Tabela 67).</p>	

Tabela 96: Dicionário de dados da classe “trincheira”.



Classe	Descrição						Código	Primitiva geométrica	
trincheira	Dados brutos e informações relacionadas as trincheiras e poços de inspeção.						2.1.4	  ★	
Atributo	Tipo	Unidade	Tamanho	Precisão	Escala	Descrição	Exemplo	Domínio	Requisitos
tr_pk	Integer	-	-	-	-	Chave Primária	1	-	1
tr_geociu	Varchar	-	50	-	-	Código Identificador Único	COD-1	-	1
tr_nome	Varchar	-	200	-	-	Nome da trincheira ou poço de inspeção	1.15	-	1
tr_descricao	Varchar	-	200	-	-	Descrição do perfil de solo no interior da trincheira ou poço de inspeção	COD-1_1.15	-	1
tr_profund	Numeric	m	-	6	2	Profundidade da trincheira ou poço de inspeção	1	-	1
tr_unidade	Varchar	-	100	-	-	Nome da unidade geotécnica relacionada	2	-	0..1
tr_anexo	Varchar	-	254	-	-	Anexo dos dados brutos relacionados a trincheira ou poço de inspeção	3	-	0..1
geom	Geometry (PolygonZ, 31983)	-	-	-	-	Geometria do tipo polígono	-	-	1
geom3d	Geometry (PolyhedralSurface, 31983)	-	-	-	-	Geometria representando o volume	-	-	0..1
Herda da classe investigações:									
<ul style="list-style-type: none"> • Atributos: i_cod; i_name; i_type; i_norm; i_long; i_lat; i_elev; i_date_ini; i_date_fim; i_operador; i_company; i_equip; i_geociu; i_purpose; i_adress; i_anex; i_obs; i_font; i_project; 									

Tabela 97: Especificações para aquisições de dados da classe “trincheira”.

Classe	Código	Geometria
trincheira	2.1.4	
Método	Ilustração	
<p>Finalidade: Dados brutos e informações relacionadas as trincheiras e poços de inspeção.</p> <p>Regras:</p> <ol style="list-style-type: none"> Primitiva geométrica do tipo ponto herdada da superclasse investigações; Geometrias podem se sobrepor desde que não sejam executados no mesmo período; Essa classe pode estar relacionada com a classe de amostras; e As geometrias tridimensionais são preenchidas pela função no banco ST_Trincheira3D; e Precisa de um registro na classe de investigações. <p>Atributos obrigatórios (Tabela 96):</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ tr_geociu: Código Identificador Único; ✓ tr_nome: Nome da trincheira ou poço de inspeção; ✓ tr_descricao: Descrição do perfil de solo no interior da trincheira ou poço de inspeção; e ✓ tr_profund: Profundidade da trincheira ou poço de inspeção. <p>Relacionamentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ Deve estar relacionada com a classe investigações; e ➢ O relacionamento chave primária (i_geociu) e chave estrangeira (tr_geociu) garante a unicidade do código. <p>Observações:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ Dependente das classes investigações, sondagens e projetos. 	<p>Ver ilustração da classe de investigações (Tabela 67)</p>	

Tabela 98: Dicionário de dados da classe “infiltracao”.

Classe	Descrição						Código	Primitiva geométrica	
infiltração	Informações relacionadas os ensaios de infiltração executados em sondagens.						2.1.1.4		
Atributo	Tipo	Unidade	Tamanho	Precisão	Escala	Descrição	Exemplo	Domínio	Requisitos
ei_pk	Integer	-	-	-	-	Chave Primária	1	-	1
ei_ciu	Varchar	-	50	-	-	Código Identificador Único	COD-1	-	1
ei_ciu_pf	Varchar	-	50	-	-	Concatenação entre o código identificador único e a profundidade ensaiada	1.15	-	1
ei_cota_rev	Numeric	m	-	6	2	Cota do revestimento	COD-1_1.15	-	1
ei_na_antes	Numeric	m	-	6	2	Nível freático antes do ensaio	2	-	0..1
ei_fd_poco	Numeric	m	-	6	2	Profundidade do trecho ensaiado	12	-	1
ei_raio_poco	Numeric	m	-	6	2	Raio do poço ou do furo ensaiado	0,05	-	1
ei_fd_rev	Numeric	m	-	6	2	Profundidade do revestimento	2	-	1
ei_tipo	Varchar	-	100	-	-	Tipo do ensaio de infiltração	-	-	1
ei_hidrom	Varchar	-	100	-	-	Tipo do hidrômetro, quando houver	-	-	0..1
ei_vazao	Numeric	m³/s	-	10	4	Vazão medida durante o ensaio	1	-	1
ei_absorcao	Numeric	m³	-	10	4	Volume absorvido durante o ensaio	5	-	1
ei_fator_cor	Numeric	-	-	10	4	Fator de correção para o cálculo do ensaio	-	-	0..1
ei_k	Numeric	m/s	-	12	8	Coefficiente de permeabilidade saturada	-	-	1
ei_obs	Varchar	-	254	-	-	Observações	-	-	0..1
<p>Herda da classe investigações:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Atributos: i_cod; i_name; i_type; i_norm; i_long; i_lat; i_elev; i_date_ini; i_date_fim; i_operador; i_company; i_equip; i_geociu; i_purpose; i_adress; i_anex; i_obs; i_font; i_project; • Geometria: geom <p>Herda da classe sondagens:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Atributos: sdg_geociu; sdg_profund; sdg_geociu_pf; sdg_cota_in; sdg_cota_fd; sdg_compr; sdg_raio; • Geometria: geom3d 									

Tabela 99: Dicionário de dados da classe “infiltracao_medicao”.

Classe	Descrição						Código	Primitiva geométrica	
infiltracao_medicao	Dados brutos relacionadas ao ensaio de infiltração.						2.1.2.4.1	Não se aplica	
Atributo	Tipo	Unidade	Tamanho	Precisão	Escala	Descrição	Exemplo	Domínio	Requisitos
eim_pk	Integer	-	-	-	-	Chave Primária	1	-	1
eim_ciu	Varchar	-	50	-	-	Código Identificador Único	COD-1	-	1
eim_ciu_pf	Varchar	-	50	-	-	Código Identificador Único + profundidade	COD-1_2.15	-	1
eim_hora	Timestamp	-	-	-	-	Hora de execução do ensaio	12:00	-	1
eim_temp_acc	Numeric	s	-	3	0	Tempo acumulado	120	-	1
eim_var_na	Numeric	m	-	5	2	Variação do nível freático	1	-	1
eim_vol_acc	Numeric	m ³	-	5	2	Volume acumulado	20	-	1
Herda da classe investigações:									
<ul style="list-style-type: none"> • Atributos: i_cod; i_name; i_type; i_norm; i_long; i_lat; i_elev; i_date_ini; i_date_fim; i_operador; i_company; i_equip; i_geociu; i_purpose; i_adress; i_anex; i_obs; i_font; i_project; • Geometria: geom 									
Herda da classe sondagens:									
<ul style="list-style-type: none"> • Atributos: sdg_geociu; sdg_profund; sdg_geociu_pf; sdg_cota_in; sdg_cota_fd; sdg_compr; sdg_raio; • Geometria: geom3d 									

Tabela 100: Especificações para aquisições de dados da classe “infiltração”.



Classe	Código	Geometria
infiltração	2.1.1.4	 
Método	Ilustração	
<p>Finalidade: Informações relacionadas os ensaios de infiltração executados em sondagens.</p> <p>Regras:</p> <ol style="list-style-type: none"> Primitiva geométrica do tipo ponto herdada da superclasse investigações e superfícies poliédrica da classe sondagens; Registros podem coexistir na mesma profundidade desde que não sejam executados no mesmo período; e Precisa de um registro na classe de investigações e na classe sondagens. <p>Atributos obrigatórios (Tabela 98):</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ ei_ciu_pf: Concatenação entre o código identificador único e a profundidade ensaiada; ✓ ei_cota_rev: Cota do revestimento; ✓ ei_fd_poco: Profundidade do trecho ensaiado; ✓ ei_raio_poco: Raio do poço ou do furo ensaiado; ✓ ei_fd_rev: Profundidade do revestimento; ✓ ei_tipo: Tipo do ensaio de infiltração; ✓ ei_vazao: Vazão medida durante o ensaio; ✓ ei_absorcao: Volume absorvido durante o ensaio; e ✓ ei_k: Coeficiente de permeabilidade saturada. <p>Relacionamentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Deve estar relacionada com a classe investigações e com a classe sondagens; e ➤ O relacionamento chave primária (sdg_geociu_pf) e chave estrangeira (ei_ciu_pf) garante a unicidade do código e o posicionamento do ensaio. <p>Observações:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Dependente das classes investigações, sondagens e projetos. 	Ver ilustração da classe de investigações (Tabela 67) e da classe e sondagens (Tabela 69)	

Tabela 101: Dicionário de dados da classe “perda_agua”.


Classe	Descrição						Código	Primitiva geométrica	
perda_agua	Informações relacionadas os ensaios de perda de água executados em sondagens.						2.1.1.5	 ★	
Atributo	Tipo	Unidade	Tamanho	Precisão	Escala	Descrição	Exemplo	Domínio	Requisitos
epa_pk	Integer	-	-	-	-	Chave Primária	1	-	1
epa_ciu	Varchar	-	50	-	-	Código Identificador Único	COD-1	-	1
epa_ciu_pf	Varchar	-	50	-	-	Concatenação entre o código identificador único e a profundidade ensaiada	1.15	-	1
epa_pressao	Numeric	kPa	-	6	2	Pressão utilizado no ensaio de perda de água	COD-1_1.15	-	1
epa_estagios	Numeric	-	-	6	2	Estágio do ensaio de perda de água	1	-	1
epa_vazao	Numeric	m ³ /s	-	6	2	Vazão utilizado no ensaio de perda de água	2	-	1
epa_absorcao	Numeric	m ³	-	6	2	Volume absorvido no trecho ensaiado	20	-	1
epa_perda_agua	Numeric	m ³	-	6	2	Perda de água no trecho ensaiado	5	-	1
epa_trecho_inic	Numeric	m	-	6	2	Início do trecho ensaiado	11	-	1
epa_trecho_fim	Numeric	m	-	6	2	Fim do trecho ensaiado	12	-	1
Herda da classe investigações:									
<ul style="list-style-type: none"> Atributos: i_cod; i_name; i_type; i_norm; i_long; i_lat; i_elev; i_date_ini; i_date_fim; i_operador; i_company; i_equip; i_geociu; i_purpose; i_adress; i_anex; i_obs; i_font; i_project; Geometria: geom 									
Herda da classe sondagens:									
<ul style="list-style-type: none"> Atributos: sdg_geociu; sdg_profund; sdg_geociu_pf; sdg_cota_in; sdg_cota_fd; sdg_compr; sdg_raio; Geometria: geom3d 									

Tabela 102: Dicionário de dados da classe “perda_agua_medicao”.

Classe	Descrição						Código	Primitiva geométrica	
perda_agua_medicao	Dados brutos relacionadas ao ensaio perda de água medição o de infiltração.						2.1.2.5.1	Não se aplica	
Atributo	Tipo	Unidade	Tamanho	Precisão	Escala	Descrição	Exemplo	Domínio	Requisitos
epam_pk	Integer	-	-	-	-	Chave Primária	1	-	1
epam_ciu	Varchar	-	50	-	-	Código Identificador Único	COD-1	-	1
epam_ciu_pf	Varchar	-	50	-	-	Concatenação entre o código identificador único e a profundidade ensaiada	COD-1_2.15	-	1
epam_pressao	Numeric	kPa	-	6	2	Pressão utilizado no ensaio de perda de água	12:00	-	1
epam_min	Numeric	s	-	7	0	Minuto do ensaio	60	-	1
epam_estagios	Numeric	-	-	6	2	Estágio do ensaio de perda de água	5	-	1
epam_vazao	Numeric	m ³ /s	-	6	2	Vazão utilizado no ensaio de perda de água	1	-	1
epam_absorcao	Numeric	m ³	-	6	2	Volume absorvido no trecho ensaiado	25	-	1
epam_perda_agua	Numeric	m ³	-	6	2	Perda de água no trecho ensaiado	20	-	1
Herda da classe investigações:									
<ul style="list-style-type: none"> Atributos: i_cod; i_name; i_type; i_norm; i_long; i_lat; i_elev; i_date_ini; i_date_fim; i_operador; i_company; i_equip; i_geociu; i_purpose; i_adress; i_anex; i_obs; i_font; i_project; Geometria: geom 									
Herda da classe sondagens:									
<ul style="list-style-type: none"> Atributos: sdg_geociu; sdg_profund; sdg_geociu_pf; sdg_cota_in; sdg_cota_fd; sdg_compr; sdg_raio; Geometria: geom3d 									

Tabela 103: Especificações para aquisições de dados da classe “perda_agua”.



Classe	Código	Geometria
perda de água	2.1.1.5	 
Método	Ilustração	
<p>Finalidade: Informações relacionadas os ensaios de perda de água executados em sondagens.</p> <p>Regras:</p> <ol style="list-style-type: none"> Primitiva geométrica do tipo ponto herdada da superclasse investigações e superfícies geométricas da classe sondagens; Registros podem coexistir na mesma profundidade desde que não sejam executados no mesmo período; e Precisa de um registro na classe de investigações e na classe sondagens. <p>Atributos obrigatórios (Tabela 101):</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ epa_ciu: Código Identificador Único; ✓ epa_ciu_pf: Concatenação entre o código identificador único e a profundidade ensaiada; ✓ epa_pressao: Pressão utilizado no ensaio de perda de água; ✓ epa_estagios: Estágio do ensaio de perda de água; ✓ epa_vazao: Vazão utilizado no ensaio de perda de água; ✓ epa_absorcao: Volume absorvido no trecho ensaiado; ✓ epa_perda_agua: Perda de água no trecho ensaiado; ✓ epa_trecho_inic: Início do trecho ensaiado; e ✓ epa_trecho_fim: Fim do trecho ensaiado. <p>Relacionamentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Deve estar relacionada com a classe investigações e com a classe sondagens; e ➤ O relacionamento chave primária (sdg_geociu_pf) e chave estrangeira (epa_ciu_pf) garante a unicidade do código e o posicionamento do ensaio. <p>Observações:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Dependente das classes investigações, sondagens e projetos. 	<p>Ver ilustração da classe de investigações (Tabela 67) e da classe e sondagens (Tabela 69)</p>	

Tabela 104: Dicionário de dados da classe “piezometro”.



Classe	Descrição						Código	Primitiva geométrica	
piezometro	Dados brutos relacionado as geometrias tridimensionais dos piezometro.						2.1.3.1	 	
Atributo	Tipo	Unidade	Tamanho	Precisão	Escala	Descrição	Exemplo	Domínio	Requisitos
pz_pk	Integer	-	-	-	-	Chave Primária	1	-	1
pz_geociu	Varchar	-	50	-	-	Código Identificador Único	123VI3C0001	-	1
pz_geociu_pf	Varchar	-	50	-	-	Concatenação entre o código identificador único e a profundidade ensaiada	123VI3C0001_1	-	1
pz_profund	Varchar	m	-	6	2	Profundidade do nível de água	22,50	-	1
pz_data_med	Date	-	-	-	-	Data da medição do nível de água	25/08/2011	-	1
pz_cota_med	Numeric	-	-	6	2	Cota do nível de água medida	1001,40	-	1
<p>Herda da classe investigações:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Atributos: i_cod; i_name; i_type; i_norm; i_long; i_lat; i_elev; i_date_ini; i_date_fim; i_operador; i_company; i_equip; i_geociu; i_purpose; i_adress; i_anex; i_obs; i_font; i_project; i_depth_na; i_depth_na_24 • Geometria: geom <p>Herda da classe instrumentação:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Atributos: ins_geociu; ins_profund; ins_geociu_pf; ins_cota_in; ins_cota_fd; ins_compr; ins_raio; ins_incli; ins_azim; ins_volume • Geometria: geom3d 									

Tabela 105: Especificações para aquisições de dados da classe “piezometro”.



Classe	Código	Geometria
piezometro	2.1.3.1	 
Método	Ilustração	
<p>Finalidade: Dados brutos relacionado as geometrias tridimensionais dos piezômetros.</p> <p>Regras:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Primitiva geométrica do tipo ponto herdada da superclasse investigações e superfícies geométricas da classe instrumentação; b) Registros não podem coexistir na mesma profundidade quando executados no mesmo período; e c) Precisa de um registro na classe de investigações e na classe instrumentação. <p>Atributos obrigatórios (Tabela 104):</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ pz_pk: Chave Primária; ✓ pz_geociu: Código Identificador Único; ✓ pz_geociu_pf: Concatenação entre o código identificador único e a profundidade ensaiada; ✓ pz_profund: Profundidade do nível de água; ✓ pz_data_med: Data da medição; e ✓ pz_cota_med: Cota do nível de água medida. <p>Relacionamentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Deve estar relacionada com a classe investigações e com a classe instrumentação; e ➤ O relacionamento chave primária (pz_geociu_pf) e chave estrangeira (ins_ciu_pf) garante a unicidade do código e o posicionamento do ensaio. <p>Observações:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Dependente das classes investigações, instrumentação e projetos. 	<p>Ver ilustração da classe de investigações (Tabela 67) e da classe e instrumentação (Tabela 73)</p>	

Tabela 106: Dicionário de dados da classe “indicador_na”.



Classe	Descrição						Código	Primitiva geométrica	
indicador_na	Dados brutos relacionado as geometrias tridimensionais dos indicadores de nível de água.						2.1.3.2	 	
Atributo	Tipo	Unidade	Tamanho	Precisão	Escala	Descrição	Exemplo	Domínio	Requisitos
ina_pk	Integer	-	-	-	-	Chave Primária	1	-	1
ina_geociu	Varchar	-	50	-	-	Código Identificador Único	COD-1	-	1
ina_data_med	Date	-	-	-	-	Código Identificador Único	2,15	-	1
ina_na_med	Numeric	-	-	6	2	Profundidade do nível de água	COD-1_2.15	-	1
ina_ident	Varchar	-	10	-	-	Data da medição do nível de água	24/05/2013	-	1
ina_cota_med	Numeric	-	-	6	2	Cota do nível de água medida	1001	-	1
<p>Herda da classe investigações:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Atributos: i_cod; i_nome; i_tipo; i_norma; i_long; i_lat; i_cota; i_data_ini; i_data_fim; i_operador; i_empresa; i_equip; i_geociu; i_finalidade; i_endereco; i_anexo; i_obs; i_fonte; i_projeto; i_cota_boca; i_prof_total; i_prof_imp; i_prof_rev; i_prof_na; i_prof_na_24. • Geometria: geom <p>Herda da classe instrumentação:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Atributos: ins_geociu; ins_profund; ins_geociu_pf; ins_cota_in; ins_cota_fd; ins_compr; ins_raio; ins_incli; ins_azim; ins_volume • Geometria: geom3d 									

Tabela 107: Especificações para aquisições de dados da classe “indicador_na”.



Classe	Código	Geometria
indicador_na	2.1.1.5.2	 
Método		Ilustração
<p>Finalidade: Dados brutos relacionado as geometrias tridimensionais dos indicadores de nível de água.</p> <p>Regras:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Primitiva geométrica do tipo ponto herdada da superclasse investigações e superfícies geométricas da classe instrumentação; b) Registros não podem coexistir na mesma profundidade quando executados no mesmo período; e c) Precisa de um registro na classe de investigações e na classe instrumentação. <p>Atributos obrigatórios (Tabela 106):</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ ina_geociu: Código Identificador Único; ✓ ina_data_med: Código Identificador Único; ✓ ina_na_med: Profundidade do nível de água; ✓ ina_ident: Data da medição; e ✓ ina_cota_med: Cota do nível de água medida. <p>Relacionamentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Deve estar relacionada com a classe investigações e com a classe instrumentação; e ➤ O relacionamento chave primária (pz_geociu) e chave estrangeira (ins_ciu_pf) garante a unicidade do código e o posicionamento do ensaio. <p>Observações:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Dependente das classes investigações, instrumentação e projetos. 		<p>Ver ilustração da classe de investigações (Tabela 67) e da classe e instrumentação (Tabela 73)</p>

Tabela 108: Dicionário de dados da classe “amostra”.


Classe	Descrição						Código	Primitiva geométrica	
amostra	Dados brutos relacionado as amostras de solo coletadas em campo. Amostras de rocha também podem ser armazenadas nessa classe.						3.0	 ★	
Atributo	Tipo	Unidade	Tamanho	Precisão	Escala	Descrição	Exemplo	Domínio	Requisitos
am_pk	Integer	-	-	-	-	Chave Primária	1	-	1
am_geociu	Varchar	-	50	-	-	Código Identificador Único	COD-1	-	1
am_geociu_pf	Varchar	-	50	-	-	Concatenação entre o código identificador único e a profundidade ensaiada	2,15	-	1
am_text_prim	Integer	-	-	-	-	Textura primária de solo	COD-1_2.15	tb_textura_solo (Tabela 47)	1
am_text_sec	Integer	-	-	-	-	Textura secundária de solo	2	tb_textura_solo (Tabela 47)	0..1
am_text_comp	Integer	-	-	-	-	Textura complementar de solo	1	tb_textura_solo (Tabela 47)	0..1
am_comp	Integer	-	-	-	-	Compacidade da amostra	3	tb_compacidade_solo (Tabela 48)	0..1
am_os_desc	Integer	-	-	-	-	Origem geológica do solo	4	tb_origem_solo (Tabela 49)	0..1
am_litotipo	Varchar	-	250	-	-	Litotipo na região em que coletada a amostra	-	-	0..1
am_descricao	Varchar	-	250	-	-	Descrição da amostra	-	-	1
am_tipo	Integer	-	-	-	-	Tipo de amostra	2	tb_tipo_amostra (Tabela 50)	1
am_anexo	Varchar	-	250	-	-	Arquivo com os dados brutos da amostra	-	-	0..1
am_ident	Varchar	-	50	-	-	Identificação da amostra	AM-01	-	1
am_formato	Char	-	1	-	-	Utilizar o código “C” para a amostra de forma cilíndrica e “P” para amostra de forma quadrada ou retangular	C	-	0..1
am_altura	Numeric	m	-	5	2	Altura da amostra seja ela circular, quadradas ou retangulares	0,1	-	1
am_raio	Numeric	m	-	5	2	Raio da amostra para amostras cilíndricas	0,05	-	1
am_comprimento	Numeric	m	-	5	2	Comprimento para as amostras quadradas ou retangulares	0,1	-	1
am_largura	Numeric	m	-	5	2	Largura para as amostras quadradas ou retangulares	-	-	1
am_prof	Numeric	m	-	5	2	Profundidade em que a amostra foi coletada	2	-	1
am_data	Date	-	-	-	-	Data da coleta da amostra	12/05/2020	-	1
geom	Geometry (PointZ, 31983)	-	-	-	-	Geometria do tipo ponto	-	-	1
geom3d	Geometry (PolyhedralSurfaceZ, 31983)	-	-	-	-	Geometria do tipo superfície poliédrica	-	-	0..1

Tabela 109: Especificações para aquisições de dados da classe “amostra”.


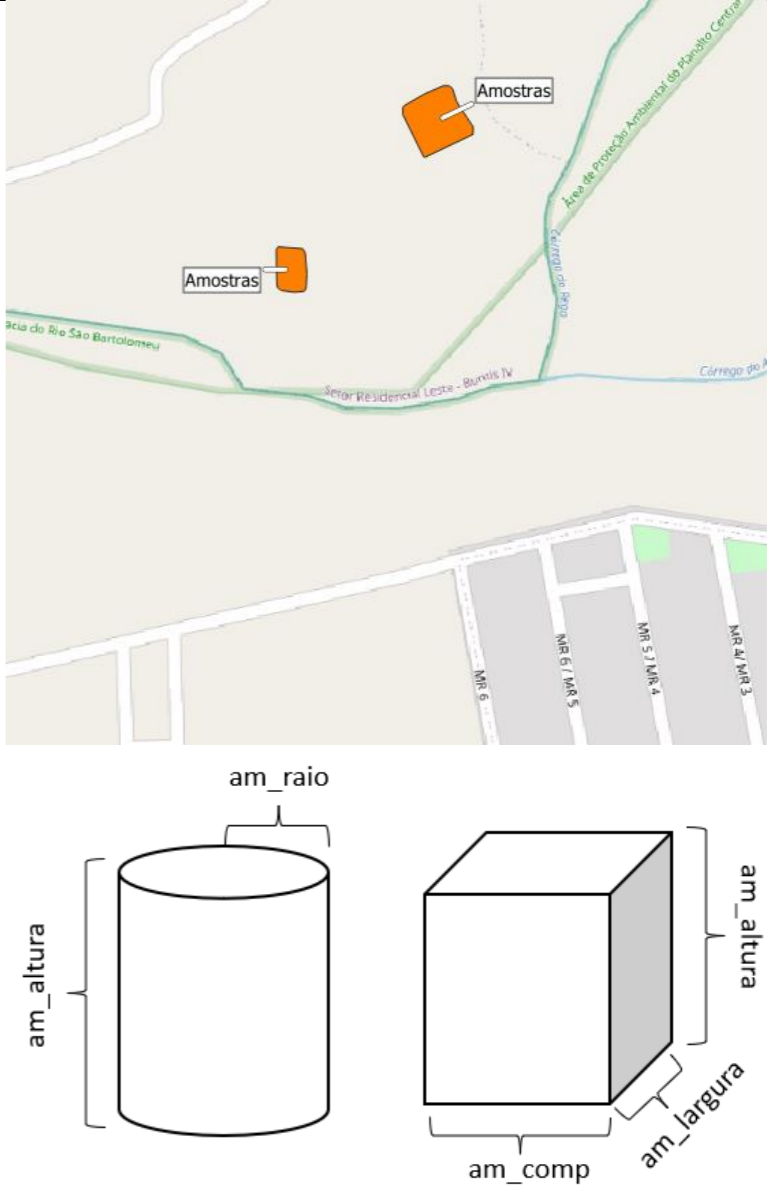
Classe	Código	Geometria
amostra	3.0	
Método	Ilustração	
<p>Finalidade: Dados brutos relacionado as amostras de solo coletadas em campo. Amostras de rocha também podem ser armazenadas nessa classe.</p> <p>Regras:</p> <ol style="list-style-type: none"> Primitiva geométrica do tipo superfície geométrica criada a partir da geometria da classe investigações e dos atributos “am_altura” e “am_raio” para amostras de formato cilíndrico e “am_altura”, “am_comprimento” e “am_largura” para amostras de formato quadrada ou retangular. Diferentes registros não podem coexistir na mesma profundidade independente do período; A geometria do tipo polígono pode ser vetorizada manualmente, mas cada ponto precisa de uma trinca de coordenadas correspondentes a latitude, longitude e cota; A geometria do tipo superfície poliédrica deve ser gerada utilizando a função ST_Amostra3D; e Precisa de um registro relacionado na classe de investigações. <p>Atributos obrigatórios (Tabela 108):</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ am_geociu: Código Identificador Único; ✓ am_geociu_pf: Concatenação entre o código identificador único e a profundidade ensaiada; ✓ am_text_prim: Textura primária de solo; ✓ am_text_sec: Textura secundária de solo; ✓ am_text_comp: Textura complementar de solo; ✓ am_comp: Compacidade da amostra; ✓ am_os_desc: Origem geológica do solo; ✓ am_litotipo: Litotipo na região em que coletada a amostra; ✓ am_descricao: Descrição da amostra; ✓ am_tipo: Tipo de amostra; ✓ am_ident: Identificação da amostra; ✓ am_formato: Utilizar o código “C” para a amostra de forma cilíndrica e “P” para amostra de forma quadrada ou retangular; ✓ am_altura: Altura da amostra; ✓ am_raio: Raio da amostra para amostras cilíndricas; ✓ am_comprimento: Comprimento para as amostras quadradas ou retangulares; ✓ am_largura: Largura para as amostras quadradas ou retangulares; ✓ am_prof: Profundidade em que a amostra foi coletada; e ✓ am_data: Data da coleta da amostra. <p>Relacionamentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ Deve estar relacionada com a classe investigações e pode estar relacionado com a classe ensaios; e ➢ O relacionamento chave primária (i_geociu) e chave estrangeira (am_geociu) garante a unicidade do código e o posicionamento do ensaio. <p>Observações:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ Dependente das classes investigações e consequentemente da classe de projetos. 	 <p>A ilustração contém duas partes principais. No topo, um mapa de campo mostra duas amostras representadas por ícones laranja: uma cilíndrica e uma quadrada. O mapa inclui rotulações como 'Área de Proteção Ambiental do Pico do Centauro', 'Rua do Rio São Bartolomeu', 'Sítio Residencial Leste - Buritis IV' e 'Córrego do...'. Abaixo do mapa, há dois diagramas técnicos. O primeiro, à esquerda, mostra um cilindro com 'am_altura' rotulado verticalmente à esquerda e 'am_raio' rotulado horizontalmente no topo. O segundo, à direita, mostra um cubo com 'am_altura' rotulado verticalmente à direita, 'am_largura' rotulado horizontalmente na base e 'am_comp' rotulado horizontalmente na base.</p>	

Tabela 110: Dicionário de dados da classe “ensaios”.



Classe	Descrição						Código	Primitiva geométrica	
ensaios	Informações gerais e brutas com informações gerais relacionado aos ensaios de laboratório.						3.1	 	
Atributo	Tipo	Unidade	Tamanho	Precisão	Escala	Descrição	Exemplo	Domínio	Requisitos
e_pk	Integer	-	-	-	-	Chave Primária	1	-	1
e_geociu	Varchar	-	50	-	-	Código Identificador Único	COD-1	-	1
e_prof	Numeric	m	-	6	2	Profundidade ensaiada	2,15	-	1
e_geociu_pf	Varchar	-	50	-	-	Concatenação entre o código identificador único e a profundidade ensaiada	COD-1_2.15	-	1
e equip	Varchar	-	150	-	-	Equipamento utilizado no ensaio	-	-	0..1
e_tipo	Integer	-	-	-	-	Tipo de ensaio	2	tb_ensaios (Tabela 44)	1
e_data_ini	Date	-	-	-	-	Data de início do ensaio	12/02/2013	-	1
e_data_fim	Date	-	-	-	-	Data de fim do ensaio	12/02/2013	-	1
e_operador	Varchar	-	100	-	-	Nome do técnico que realizou o ensaio	PEDRO	-	0..1
e_empresa	Varchar	-	100	-	-	Nome da empresa que executou o ensaio	SONDA	-	1
e_anexo	Varchar	-	100	-	-	Endereço do arquivo no formato (.pdf) do ensaio do ensaio	-	-	0..1
e_nome	Varchar	-	254	-	-	Nome de identificação do ensaio	-	-	1
e_fonte	Varchar	-	254	-	-	Fonte dos dados	-	-	1
e_altura	Numeric	m	-	5	2	Altura da amostra ensaiada	0,10	-	1
e_raio	Numeric	m	-	5	2	Raio da amostra ensaiada para amostras cilíndricas	0,05	-	1
e_comprimento	Numeric	m	-	5	2	Comprimento da amostra ensaiada para as amostras quadradas ou retangulares	-	-	1
e_largura	Numeric	m	-	5	2	Largura da amostra ensaiada para as amostras quadradas ou retangulares	-	-	1
e_obs	Varchar	-	254	-	-	Observações	-	-	0..1
geom	Geometry (PointZ, 31983)	-	-	-	-	Geometria do tipo ponto	-	-	1
geom3d	Geometry (PolyhedralSurfaceZ, 31983)	-	-	-	-	Geometria do tipo superfície poliédrica	-	-	0..1

Tabela 111: Especificações para aquisições de dados da classe “ensaios”.


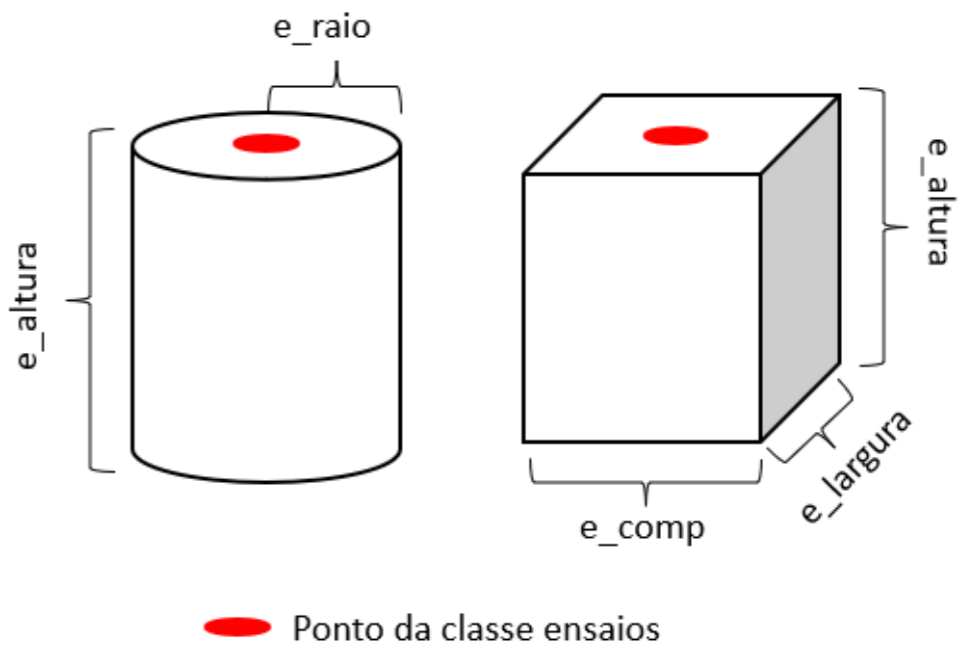
Classe	Código	Geometria
ensaios	3.1	
Método	Ilustração	
<p>Finalidade: Informações gerais e brutos com informações gerais relacionado aos ensaios de laboratório.</p> <p>Regras:</p> <ol style="list-style-type: none"> Primitiva geométrica do tipo superfície geométrica criada a partir da geometria do tipo ponto e dos atributos “e_altura” e “e_raio” para amostras de formato cilíndrico e “e_altura”, “e_comprimento” e “e_largura” para amostras de formato quadrada ou retangular. Diferentes registros não podem coexistir na mesma profundidade independente do período; A geometria do tipo ponto deve ser vetorizada manualmente, e cada ponto precisa de uma trinca de coordenadas correspondentes a latitude, longitude e cota; A geometria do tipo superfície poliédrica deve ser gerada utilizando a função ST_Ensaio3D; e Precisa de um registro relacionado na classe de amostras. <p>Atributos obrigatórios (Tabela 110):</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ e_geociu: Código Identificador Único; ✓ e_prof: Profundidade ensaiada; ✓ e_geociu_pf: Concatenação entre o código identificador único e a profundidade ensaiada; ✓ e_data_ini: Data de início do ensaio; ✓ e_data_fim: Data de fim do ensaio; ✓ e_empresa: Nome da empresa que executou o ensaio; ✓ e_nome: Nome de identificação do ensaio; ✓ e_fonte: Fonte dos dados; ✓ e_altura: Altura da amostra ensaiada; ✓ e_raio: Raio da amostra ensaiada para amostras cilíndricas; ✓ e_comprimento: Comprimento da amostra ensaiada para as amostras quadradas ou retangulares; e ✓ e_largura: Largura da amostra ensaiada para as amostras quadradas ou retangulares. <p>Relacionamentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Deve estar relacionada com a classe investigações e amostras; ➤ O relacionamento chave primária (i_geociu) e chave estrangeira (e_geociu) garante a unicidade do código e o posicionamento do ensaio; e ➤ O relacionamento chave primária (am_geociu_pf) e chave estrangeira (e_geociu_pf) garante a unicidade do código e o posicionamento do ensaio. <p>Observações:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Dependente das classes amostras, investigações e projetos. 	 <p style="text-align: center;">● Ponto da classe ensaios</p>	

Tabela 112: Dicionário de dados da classe “granulometria”.

Classe	Descrição						Código	Primitiva geométrica	
granulometria	Informações derivadas dos dados brutos relacionado aos ensaios de granulometria.						3.1.1	★	
Atributo	Tipo	Unidade	Tamanho	Precisão	Escala	Descrição	Exemplo	Domínio	Requisitos
g_pk	Integer	-	-	-	-	Chave Primária	1	-	1
g_geociu	Varchar	-	50	-	-	Código Identificador Único	COD-1	-	1
g_geociu_pf	Varchar	-	50	-	-	Concatenação entre o código identificador único e a profundidade ensaiada	2,15	-	1
g_ident	Varchar	-	50	-	-	Nome de identificação	COD-1_2.15	-	1
g_amostra_peso	Numeric	kg	-	8	4	Massa da amostra ensaiada	0,1	-	1
g_abnt_pg	Numeric	%	-	5	2	Porcentagem de pedregulho grosso	10	-	0..1
g_abnt_pm	Numeric	%	-	5	2	Porcentagem de pedregulho médio	5	-	0..1
g_abnt_pf	Numeric	%	-	5	2	Porcentagem de pedregulho fino	0	-	0..1
g_abnt_ag	Numeric	%	-	5	2	Porcentagem de areia grossa	0	-	0..1
g_abnt_am	Numeric	%	-	5	2	Porcentagem de areia média	0	-	0..1
g_abnt_af	Numeric	%	--	5	2	Porcentagem de areia fina	0	-	0..1
g_abnt_sil	Numeric	%	-	5	2	Porcentagem de silte	45	-	0..1
g_abnt_arg	Numeric	%	-	5	2	Porcentagem de argila	40	-	0..1
g_teor_finos	Numeric	%	-	5	2	Porcentagem de finos	85	-	1
g_teor_gro	Numeric	%	-	5	2	Porcentagem de grosso	15	-	1
g_teor_arg	Numeric	%	-	5	2	Porcentagem de argila	45	-	1
g_teor_are	Numeric	%	-	5	2	Porcentagem de areia	0	-	1
g_teor_ped	Numeric	%	-	5	2	Porcentagem de pedregulho	15	-	1
g_diam_efet	Numeric	m	-	5	4	Diâmetro efetivo	0,01	-	1
g_coef_unif	Numeric	-	-	5	2	Coefficiente de uniformidade	-	-	1
g_coef_curv	Numeric	-	-	5	2	Coefficiente de curvatura	-	-	0..1
g_forma_graos	Varchar	-	50	-	-	Forma dos grãos	ARREDONDADO	-	0..1
g_defloc	Boolean	-	-	-	-	Verdadeiro se foi feito com defloculante e falso se foi feito sem defloculante	Verdadeiro	-	1
g_obs	Varchar	-	254	-	-	Observações	-	-	0..1
Herda da classe ensaios:									
<ul style="list-style-type: none"> Atributos: e_geociu; e_prof; e_geociu_pf; e equip; e_tipo; e_data_ini; e_data_fim; e_operador; e_empresa; e_anexo; e_nome; e_fonte; e_altura; e_raio; e_comprimento; e_largura; e_obs Geometria: geom 									

Tabela 113: Especificações para aquisições de dados da classe “granulometria”.

Classe	Código	Geometria
granulometria	3.1.1	★
Método	Ilustração	
<p>Finalidade: Informações derivadas dos dados brutos relacionado aos ensaios de granulometria.</p> <p>Regras:</p> <ol style="list-style-type: none"> Primitiva geométrica herdada somente da classe de ensaios. Diferentes registros podem coexistir na mesma profundidade desde que não seja no mesmo período; e Precisa de um registro relacionado na classe de ensaios. <p>Atributos obrigatórios (Tabela 112):</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ g_geociu: Código Identificador Único; ✓ g_geociu_pf: Concatenação entre o código identificador único e a profundidade ensaiada; ✓ g_ident: Nome de identificação; ✓ g_amostra_peso: Massa da amostra ensaiada; ✓ g_teor_arg: Porcentagem de argila (Ver ilustração); ✓ g_teor_are: Porcentagem de areia (Ver ilustração); ✓ g_teor_ped: Porcentagem de pedregulhos (Ver ilustração); ✓ g_teor_finos: Porcentagem de finos (Ver ilustração); ✓ g_teor_gro: Porcentagem de grosso (Ver ilustração); e ✓ g_defloc: Verdadeiro se foi feito com defloculante e falso se foi feito sem defloculante. <p>Relacionamentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Deve estar relacionada com a classe ensaios; ➤ O relacionamento chave primária (i_geociu) e chave estrangeira (g_geociu) garante o correto posicionamento do ensaio; e ➤ O relacionamento do atributo (e_geociu_pf) com o atributo (g_geociu_pf) garante o correto posicionamento do ensaio. <p>Observações:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Dependente das classes ensaios; ➤ Informar nas observações se foi utilizada água destilada ou água do local do empreendimento; e ➤ Informar nas observações a escala granulométrica, sendo recomendada a adoção da escala da ABNT. 	<p>Ver as classes ensaios (Tabela 111)</p>	

Tabela 114: Dicionário de dados da classe “granulometria_medicao”.

Classe	Descrição						Código	Primitiva geométrica	
granulometria medição	Dados brutos relacionado aos ensaios de granulometria.						3.1.1.1	-	
Atributo	Tipo	Unidade	Tamanho	Precisão	Escala	Descrição	Exemplo	Domínio	Requisitos
gm_pk	Integer	-	-	-	-	Chave Primária	1	-	1
gm_geociu	Varchar	-	50	-	-	Código Identificador Único	COD-1	-	1
gm_geociu_pf	Varchar	-	50	-	-	Concatenação entre o código identificador único e a profundidade ensaiada	COD-1_2.15	-	1
gm_ident	Varchar	-	50	-	-	Nome de identificação	G-01	-	1
gm_peneira	Varchar	-	6	-	-	Tamanho da peneira	#4	-	1
gm_abertura	Numeric	m	-	8	4	Abertura da peneira	0,01	-	1
gm_solo_ret	Numeric	kg	-	8	4	Solo retido na peneira	0,1	-	1
gm_solo_ret_acc	Numeric	kg	-	7	2	Solo retido na peneira acumulado	0,1	-	1
gm_mat_passa	Numeric	%	-	7	4	Porcentagem do solo retido na peneira	10	-	1
gm_obs	Varchar	-	254	-	-	Observações	-	-	0..1
Herda da classe ensaios:									
<ul style="list-style-type: none"> • Atributos: e_geociu; e_prof; e_geociu_pf; e equip; e_tipo; e_data_ini; e_data_fim; e_operador; e_empresa; e_anexo; e_nome; e_fonte; e_altura; e_raio; e_comprimento; e_largura; e_obs • Geometria: geom 									

Tabela 115: Especificações para aquisições de dados da classe “granulometria_medicao”.

Classe	Código	Geometria
granulometria_medicao	3.1.1.1	-
Método	Ilustração	
<p>Finalidade: Dados brutos relacionado aos ensaios de granulometria.</p> <p>Regras: a) Primitiva geométrica do tipo ponto herdada da classe de ensaios; e b) Precisa de um registro relacionado na classe de granulometria.</p> <p>Atributos obrigatórios (Tabela 114): <ul style="list-style-type: none"> ✓ gm_geociu: Identificador Único; ✓ gm_geociu_pf: Concatenação entre o código identificador único e a profundidade ensaiada; ✓ gm_ident: Nome de identificação; ✓ gm_peneira: Tamanho da peneira; ✓ gm_abertura: Abertura da peneira; ✓ gm_solo_ret: Solo retido na peneira; ✓ gm_solo_ret_acc: Solo retido na peneira acumulado; e ✓ gm_mat_passa: Porcentagem do solo retido. </p> <p>Relacionamentos: <ul style="list-style-type: none"> ➤ Deve estar relacionada com a classe granulometria; ➤ O relacionamento chave primária (i_geociu) e chave estrangeira (e_geociu) garante a unicidade do código e o posicionamento do ensaio; e ➤ O relacionamento chave primária (gm_geociu_pf) e chave estrangeira (g_geociu_pf) garante o correto posicionamento do ensaio. </p> <p>Observações: <ul style="list-style-type: none"> ➤ Dependente da classe granulometria. </p>	<p>Ver as classes ensaios (Tabela 111) e granulometria (Tabela 113)</p>	

Tabela 116: Dicionário de dados da classe “atterberg”.

Classe	Descrição						Código	Primitiva geométrica	
atterberg	Informações derivadas dos dados brutos relacionado aos ensaios dos limites de Atterberg.						3.1.2	★	
Atributo	Tipo	Unidade	Tamanho	Precisão	Escala	Descrição	Exemplo	Domínio	Requisitos
la_pk	Integer	-	-	-	-	Chave Primária	1	-	1
la_geociu	Varchar	-	50	-	-	Código Identificador Único	COD-1	-	1
la_geociu_pf	Varchar	-	50	-	-	Concatenação entre o código identificador único e a profundidade ensaiada	2,15	-	1
la_lp	Numeric	%	-	5	2	Limite de plasticidade (wp)	50	-	1
la_limit_liq	Numeric	%	-	5	2	Limite de liquidez (wl)	45	-	1
la_ressec	Numeric	%	-	5	2	Limite de ressecamento (ws)	30	-	0..1
la_arg_ativ	Numeric	-	-	7	4	Atividade da argila	0,2	-	1
la_ind_plast	Numeric	-	-	5	0	Índice de Plasticidade (ip)	15	-	1
la_anexo	Varchar	-	254	-	-	Arquivo pdf do ensaio	(...)	-	0..1
la_ident	Varchar	-	20	-	-	Identificação do ensaio	AT-01	-	1
la_obs	Varchar	-	254	-	-	Observações	(...)	-	0..1
Herda da classe ensaios:									
<ul style="list-style-type: none"> • Atributos: e_geociu; e_prof; e_geociu_pf; e equip; e_tipo; e_data_ini; e_data_fim; e_operador; e_empresa; e_anexo; e_nome; e_fonte; e_altura; e_raio; e_comprimento; e_largura; e_obs • Geometria: geom 									

Tabela 117: Especificações para aquisições de dados da classe “atterberg”.

Classe	Código	Geometria																																							
atterberg	3.1.2	★																																							
Método	Ilustração																																								
<p>Finalidade: Informações derivadas dos dados brutos relacionado aos ensaios dos limites de Atterberg.</p> <p>Regras:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Primitiva geométrica do tipo ponto herdada da classe de ensaios; e b) Precisa de um registro relacionado na classe de ensaios. <p>Atributos obrigatórios (Tabela 116):</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ la_geociu: Código Identificador Único; ✓ la_geociu_pf: Concatenação entre o código identificador único e a profundidade ensaiada; ✓ la_lp: Limite de plasticidade; ✓ la_limit_liq: Limite de liquidez; ✓ la_arg_ativ: Atividade da argila; ✓ la_ind_plast: Índice de Plasticidade; e ✓ la_ident: Identificação do ensaio. <p>Relacionamentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Deve estar relacionada com a classe ensaios; ➤ O relacionamento chave primária (i_geociu) e chave estrangeira (la_geociu) garante o correto posicionamento do ensaio; e ➤ O relacionamento entre o atributo (e_geociu_pf) com o atributo (la_geociu_pf) garante o correto posicionamento do ensaio. <p>Observações:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Sempre que disponível, registrar a composição mineralógica das argilas nas observações. 	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Fase</th> <th>Estado sólido</th> <th>Estado semi-sólido</th> <th>Estado plástico</th> <th>Estado líquido</th> <th>Suspensão</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Água</td> <td style="text-align: center;">←</td> <td colspan="3" style="text-align: center;">Redução do conteúdo de água</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Limite</td> <td style="text-align: center;">Solo seco</td> <td style="text-align: center;">Limite de contração</td> <td style="text-align: center;">Limite de plasticidade</td> <td style="text-align: center;">Limite de liquidez</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Contração</td> <td style="text-align: center;">Volume constante</td> <td style="text-align: center;">←</td> <td colspan="3" style="text-align: center;">Redução de volume</td> </tr> <tr> <td>Condição</td> <td style="text-align: center;">Difícil de endurecer</td> <td style="text-align: center;">Manuseável</td> <td style="text-align: center;">Grudento</td> <td style="text-align: center;">Pastoso</td> <td style="text-align: center;">Suspensão</td> </tr> <tr> <td>Umidade</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">ws</td> <td style="text-align: center;">wp</td> <td style="text-align: center;">←→ wl</td> <td style="text-align: center;">lp</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">Ver as classes ensaios (Tabela 111)</p>					Fase	Estado sólido	Estado semi-sólido	Estado plástico	Estado líquido	Suspensão	Água	←	Redução do conteúdo de água				Limite	Solo seco	Limite de contração	Limite de plasticidade	Limite de liquidez		Contração	Volume constante	←	Redução de volume			Condição	Difícil de endurecer	Manuseável	Grudento	Pastoso	Suspensão	Umidade	0	ws	wp	←→ wl	lp
Fase	Estado sólido	Estado semi-sólido	Estado plástico	Estado líquido	Suspensão																																				
Água	←	Redução do conteúdo de água																																							
Limite	Solo seco	Limite de contração	Limite de plasticidade	Limite de liquidez																																					
Contração	Volume constante	←	Redução de volume																																						
Condição	Difícil de endurecer	Manuseável	Grudento	Pastoso	Suspensão																																				
Umidade	0	ws	wp	←→ wl	lp																																				

APÊNDICE B: DICIONÁRIO DE DADOS E ESPECIFICAÇÕES PARA AQUISIÇÕES DE DADOS DO DIAGRAMA DE CLASSES

Tabela 118: Dicionário de dados da classe “atterberg_medicao”.

Classe	Descrição						Código	Primitiva geométrica	
atterberg_medicao	Dados brutos relacionado aos ensaios dos limites de atterberg.						3.1.2.1	-	
Atributo	Tipo	Unidade	Tamanho	Precisão	Escala	Descrição	Exemplo	Domínio	Requisitos
lam_pk	Integer	-	-	-	-	Chave Primária	1	-	1
lam_geociu	Varchar	-	50	-	-	Código Identificador Único	COD-1	-	1
la_geociu_pf	Varchar	-	50	-	-	Concatenação entre o código identificador único e a profundidade ensaiada	2,15	-	1
lam_num_teste	Integer	-	-	-	-	Número do teste	COD-1_2.15	-	1
lam_lp_massa	Numeric	kg	-	8	4	Massa da amostra analisada no ensaio de limite de plasticidade	0,015	-	1
lam_lp_solo_ur	Numeric	kg	-	8	4	Solo úmido com o recipiente no ensaio de limite de plasticidade	0,015	-	1
la_lp_solo_usr	Numeric	kg	-	8	4	Solo seco com o recipiente no ensaio de limite de plasticidade	0,015	-	1
lam_lp_recipiente	Numeric	kg	-	8	4	Peso do recipiente no ensaio de limite de plasticidade	0,015	-	1
lam_lp_solo_seco	Numeric	kg	-	8	4	Solo seco sem o recipiente no ensaio de limite de plasticidade	0,015	-	1
lam_lp_per_umidade	Numeric	kg	-	8	4	Perda de umidade no ensaio de limite de plasticidade	0,015	-	1
lam_lp_umidade	Numeric	%	-	5	2	Teor de umidade no ensaio de limite de plasticidade	50	-	1
lam_cone_pen1	Numeric	m	-	5	2	Penetração do cone na amostra	0,003	-	1
lma_cone_pen2	Numeric	m	-	5	2	Penetração do cone na amostra	0,003-	-	1
lam_num_casagrande	Integer	-	-	-	-	Número de batidas no aparelho Casagrande	12	-	1
lam_ll_massa	Numeric	kg	-	8	4	Massa da amostra analisada no ensaio de limite de liquidez	0,015	-	1
lam_ll_solo_ur	Numeric	kg	-	8	4	Solo úmido com o recipiente no ensaio de limite de liquidez	0,015	-	1
lam_ll_solo_usr	Numeric	kg	-	8	4	Solo seco com o recipiente no ensaio de limite de liquidez	0,015	-	1
lam_ll_recipiente	Numeric	kg	-	8	4	Peso do recipiente no ensaio de limite de liquidez	0,015	-	1
lam_ll_solo_seco	Numeric	kg	-	8	4	Solo seco sem o recipiente no ensaio de limite de liquidez	0,015	-	1
lam_ll_per_umidade	Numeric	kg	-	8	4	Perda de umidade no ensaio de limite de liquidez	0,015	-	1
lam_ll_umidade	Numeric	%	-	5	2	Teor de umidade no ensaio de limite de liquidez	13	-	1
lam_ressec	Numeric	%	-	5	2	Teor de umidade do limite de ressecamento	13	-	0..1
lam_anexo	Varchar	-	254	-	-	Arquivo pdf do ensaio	-	-	0..1
lam_obs	Varchar	-	254	-	-	Observações	-	-	0..1
Herda da classe ensaios:									
<ul style="list-style-type: none"> Atributos: e_geociu; e_prof; e_geociu_pf; e equip; e_tipo; e_data_ini; e_data_fim; e_operador; e_empresa; e_anexo; e_nome; e_fonte; e_altura; e_raio; e_comprimento; e_largura; e_obs Geometria: geom 									

Tabela 119: Especificações para aquisições de dados da classe “atterberg_medicao”.

Classe	Código	Geometria
atterberg_medicao	3.1.2.1	-
Método	Ilustração	
<p>Finalidade: Dados brutos relacionado aos ensaios dos limites de Atterberg.</p> <p>Regras:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Primitiva geométrica do tipo ponto herdada da classe de ensaios; e b) Precisa de um registro relacionado na classe de atterberg. <p>Atributos obrigatórios (Tabela 118):</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ lam_geociu: Código Identificador Único; ✓ lam_geociu_pf: Concatenação entre o código identificador único e a profundidade ensaiada; ✓ lam_num_teste: Número do teste; ✓ lam_lp_massa: Massa da amostra analisada no ensaio de limite de plasticidade; ✓ lam_lp_solo_ur: Solo úmido com o recipiente no ensaio de limite de plasticidade; ✓ la_lp_solo_usr: Solo seco com o recipiente no ensaio de limite de plasticidade; ✓ lam_lp_recipiente: Peso do recipiente no ensaio de limite de plasticidade; ✓ lam_lp_solo_seco: Solo seco sem o recipiente no ensaio de limite de plasticidade; ✓ lam_lp_per_umidade: Perda de umidade no ensaio de limite de plasticidade; ✓ lam_lp_umidade: Teor de umidade no ensaio de limite de plasticidade; ✓ lam_cone_pen1: Penetração do cone na amostra (Somente para ensaios utilizando o cone); ✓ lma_cone_pen2: Penetração do cone na amostra (Somente para ensaios utilizando o cone); ✓ lam_num_casagrande: Número de batidas no aparelho Casagrande; ✓ lam_ll_massa: Massa da amostra analisada no ensaio de limite de liquidez; ✓ lam_ll_solo_ur: Solo úmido com o recipiente no ensaio de limite de liquidez; ✓ lam_ll_solo_usr: Solo seco com o recipiente no ensaio de limite de liquidez; ✓ lam_ll_recipiente: Peso do recipiente no ensaio de limite de liquidez; ✓ lam_ll_solo_seco: Solo seco sem o recipiente no ensaio de limite de liquidez; ✓ lam_ll_per_umidade: Perda de umidade no ensaio de limite de liquidez; e ✓ lam_ll_umidade: Teor de umidade no ensaio de limite de liquidez. <p>Relacionamentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Deve estar relacionada com a classe atterberg; ➤ O relacionamento chave primária (i_geociu) e chave estrangeira (la_geociu) garante o correto posicionamento do ensaio; e ➤ O relacionamento o atributo (e_geociu_pf) com o atributo (la_geociu_pf) garante o correto posicionamento do ensaio. <p>Observações:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Dependente da classe atterberg. 	<p>Ver as classes ensaios (Tabela 111) e a classe atterberg (Tabela 117).</p>	

Tabela 120: Dicionário de dados da classe “umidade”.

Classe	Descrição						Código	Primitiva geométrica	
umidade	Dados brutos e informações relacionadas aos ensaios de umidade.						3.1.3	★	
Atributo	Tipo	Unidade	Tamanho	Precisão	Escala	Descrição	Exemplo	Domínio	Requisitos
u_pk	Integer	-	-	-	-	Chave Primária	1	-	1
u_geociu	Varchar	-	50	-	-	Código Identificador Único	COD-1	-	1
u_geociu_pf	Varchar	-	50	-	-	Concatenação entre o código identificador único e a profundidade ensaiada	2,15	-	1
u_ident	Varchar	-	50	-	-	Nome da cápsula utilizada no ensaio	U-01	-	1
u_massa	Numeric	kg	-	8	4	Massa da amostra analisada	0,1	-	0..1
u_solo_ur	Numeric	kg	-	8	4	Massa do solo úmido com o recipiente	0,001	-	0..1
u_solo_sr	Numeric	kg	-	8	4	Massa do solo seco com o recipiente	-	-	0..1
u_recipiente	Numeric	kg	-	8	4	Massa do recipiente utilizado no ensaio	0,002	-	0..1
u_solo_seco	Numeric	kg	-	8	4	Massa do solo seco sem o recipiente	0,001	-	0..1
u_perda_umid	Numeric	kg	-	8	4	Perda de massa relacionado a água removida durante o ensaio	0,001	-	0..1
u_umidade	Numeric	%	-	5	2	Teor de umidade	5	-	1
u_higro	Numeric	%	-	5	2	Teor de umidade higroscópico	1	-	1
u_obs	Varchar	-	254	-	-	Observações.	-	-	0..1
Herda da classe ensaios:									
<ul style="list-style-type: none"> Atributos: e_geociu; e_prof; e_geociu_pf; e equip; e_tipo; e_data_ini; e_data_fim; e_operador; e_empresa; e_anexo; e_nome; e_fonte; e_altura; e_raio; e_comprimento; e_largura; e_obs Geometria: geom 									

Tabela 121: Especificações para aquisições de dados da classe “umidade”.

Classe	Código	Geometria
umidade	3.1.3	★
Método	Ilustração	
<p>Finalidade: Dados brutos relacionado aos ensaios de umidade.</p> <p>Regras:</p> <ol style="list-style-type: none"> Primitiva geométrica do tipo ponto herdada da classe de ensaios; e Precisa de um registro relacionado na classe de ensaios. <p>Atributos obrigatórios (Tabela 120):</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ u_geociu: Código Identificador Único; ✓ u_geociu_pf: Concatenação entre o código identificador único e a profundidade ensaiada; ✓ u_ident: Nome da cápsula; e ✓ u_umidade: Teor de umidade. <p>Relacionamentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Deve estar relacionada com a classe ensaios; ➤ O relacionamento chave primária (i_geociu) e chave estrangeira (u_geociu) garante o correto posicionamento do ensaio; e ➤ O relacionamento entre o atributo (e_geociu_pf) com o atributo (u_geociu_pf) garante o correto posicionamento do ensaio. <p>Observações:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Recomenda-se a identificação nas observações se o solo é coesivo ou não; e ➤ Para água salgada, informar nas observações a massa de sal por grama ou litro do fluido. 	<p>Ver as classes ensaios (Tabela 111).</p>	

Tabela 122: Dicionário de dados da classe “perm_const”.


Classe	Descrição						Código	Primitiva geométrica	
perm_const	Informações relacionadas aos ensaios de permeabilidade constante.						3.1.4	 ★	
Atributo	Tipo	Unidade	Tamanho	Precisão	Escala	Descrição	Exemplo	Domínio	Requisitos
pco_pk	Integer	-	-	-	-	Chave Primária	1	-	Chave Primária
pco_geociu	Varchar	-	50	-	-	Código Identificador Único	COD-1	-	Chave Estrangeira (i_geociu)
pco_geociu_pf	Varchar	-	50	-	-	Concatenação entre o código identificador único e a profundidade ensaiada	2,15	-	Chave Estrangeira (e_geociu_pf)
pco_ident	Varchar	-	50	-	-	Nome de identificação	PC-01	-	1
pco_carga_hid	Numeric	m	-	7	4	Carga hidráulica	0,1	-	1
pco_tempo	Numeric	s	-	5	0	Tempo do ensaio	120	-	1
pco_permeab	Numeric	m/s	-	13	10	Coefficiente de permeabilidade	0,0001	-	1
pco_ic	Numeric	-	-	5	0	Gradiente hidráulico crítico	2	-	1
pco_obs	Varchar	-	254	-	-	Observações	-	-	0..1
Herda da classe ensaios:									
<ul style="list-style-type: none"> • Atributos: e_geociu; e_prof; e_geociu_pf; e equip; e_tipo; e_data_ini; e_data_fim; e_operador; e_empresa; e_anexo; e_nome; e_fonte; e_altura; e_raio; e_comprimento; e_largura; e_obs • Geometria: geom, geom3d 									

Tabela 123: Especificações para aquisições de dados da classe “perm_const”.


Classe	Código	Geometria
perm_const	3.1.4	 ★
Método	Ilustração	
<p>Finalidade: Informações relacionadas aos ensaios de permeabilidade constante.</p> <p>Regras:</p> <ol style="list-style-type: none"> Primitivas geométricas do tipo ponto e superfície poliédrica herdadas da classe de ensaios; Precisa de um registro relacionado na classe de ensaios; e Diferentes registros podem coexistir na mesma profundidade desde que não seja no mesmo período; <p>Atributos obrigatórios (Tabela 122):</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ pco_geociu: Código Identificador Único; ✓ pco_geociu_am: Concatenação entre o código identificador único e a profundidade ensaiada; ✓ pco_ident: Nome de identificação; ✓ pco_carga_hid: Carga hidráulica; ✓ pco_tempo: Tempo do ensaio; ✓ pco_permeab: Coeficiente de permeabilidade; e ✓ pco_ic: Gradiente hidráulico crítico. <p>Relacionamentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Deve estar relacionada com a classe ensaios; ➤ O relacionamento chave primária (i_geociu) e chave estrangeira (pco_geociu) garante o correto posicionamento do ensaio; e ➤ O relacionamento do atributo (pco_geociu_pf) e o atributo (e_geociu_pf) garante o correto posicionamento do ensaio. <p>Observações:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Dependente da classe ensaios; ➤ Recomendado para solos com coeficiente de permeabilidade superior a 10^{-5} m/s ou valor definido na norma vigente; e ➤ O teor de finos da amostra deve ser inferior a 10% ou valor definido na norma vigente. 	<p>Ver as classes ensaios (Tabela 111).</p>	

Tabela 124: Dicionário de dados da classe “perm_var”.


Classe	Descrição						Código	Primitiva geométrica	
perm_var	Informações relacionadas aos ensaios de permeabilidade variável.						3.1.5	 ★	
Atributo	Tipo	Unidade	Tamanho	Precisão	Escala	Descrição	Exemplo	Domínio	Requisitos
pva_pk	Integer	-	-	-	-	Chave Primária	1	-	1
pva_geociu	Varchar	-	50	-	-	Código Identificador Único	COD-1	-	1
pva_ident	Varchar	-	-	-	-	Nome de identificação	2,15	-	1
pva_geociu_pf	Varchar	-	50	-	-	Concatenação entre o código identificador único e a profundidade ensaiada	COD-1_2.15	-	1
pva_tubo_area	Numeric	m ²	-	7	2	Área do tubo	0,02	-	1
pva_carga_hid	Numeric	m	-	7	2	Carga hidráulica	0,02	-	1
pva_tempo_inic	Integer	s	-	6	0	Tempo inicial do ensaio	0	-	1
pva_tempo_final	Integer	s	-	6	0	Tempo final do ensaio	10	-	1
pva_permeab	Numeric	m/s	-	13	10	Coefficiente de permeabilidade	0,00001	-	1
pva_ic	Numeric	-	-	5	0	Gradiente hidráulico crítico	1	-	1
pva_obs	Varchar	-	254	-	-	Observações	-	-	0..1
Herda da classe ensaios:									
<ul style="list-style-type: none"> • Atributos: e_geociu; e_prof; e_geociu_pf; e equip; e_tipo; e_data_ini; e_data_fim; e_operador; e_empresa; e_anexo; e_nome; e_fonte; e_altura; e_raio; e_comprimento; e_largura; e_obs • Geometria: geom, geom3d 									

Tabela 125: Especificações para aquisições de dados da classe “perm_var”.


Classe	Código	Geometria
perm_var	3.1.5	 ★
Método	Ilustração	
<p>Finalidade: Dados brutos relacionado aos ensaios de permeabilidade variável.</p> <p>Regras:</p> <ol style="list-style-type: none"> Primitivas geométricas do tipo ponto e superfície poliédrica herdadas da classe de ensaios; Precisa de um registro relacionado na classe de ensaios; e Diferentes registros podem coexistir na mesma profundidade desde que não seja no mesmo período. <p>Atributos obrigatórios (Tabela 124):</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ pva_geociu: Código Identificador Único; ✓ pva_ident: Nome de identificação; ✓ pva_geociu_pf: Concatenação entre o código identificador único e a profundidade ensaiada; ✓ pva_tubo_area: Área do tubo; ✓ pva_carga_hid: Carga hidráulica; ✓ pva_tempo_inic: Tempo inicial do ensaio; ✓ pva_tempo_final: Tempo final do ensaio; ✓ pva_permeab: Coeficiente de permeabilidade; e ✓ pva_ic: Gradiente hidráulico crítico. <p>Relacionamentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Deve estar relacionada com a classe ensaios; ➤ O relacionamento chave primária (i_geociu) e chave estrangeira (pva_geociu) garante o correto posicionamento do ensaio; e ➤ O relacionamento do atributo (pva_geociu_pf) e o atributo (e_geociu_pf) garante o correto posicionamento do ensaio. <p>Observações:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Dependente da classe ensaios; e ➤ Recomendado para solos om coeficiente de permeabilidade inferior a 10⁻⁵ m/s ou valor definido na norma vigente; 	<p>Ver as classes ensaios (Tabela 111).</p>	

Tabela 126: Dicionário de dados da classe “perm_medicao”.



Classe	Descrição						Código	Primitiva geométrica	
perm_medicao	Dados brutos relacionado aos ensaios de permeabilidade de carga constante e variável.						3.1.5.1/3.1.5.2	 	
Atributo	Tipo	Unidade	Tamanho	Precisão	Escala	Descrição	Exemplo	Domínio	Requisitos
pm_pk	Integer	-	-	-	-	Chave Primária	1	-	1
pm_geociu	Varchar	-	50	-	-	Código Identificador Único	COD-1	-	1
pm_ident	Varchar	-	-	-	-	Nome de identificação do ensaio de permeabilidade	2,15	-	1
pm_geociu_pf	Varchar	-	50	-	-	Concatenação entre o código identificador único e a profundidade ensaiada	COD-1_2.15	-	1
pm_tempo_inic	Integer	s	-	6	0	Tempo inicial do ensaio	0	-	1
pm_tempo_final	Integer	s	-	6	0	Tempo final do ensaio	60	-	1
pm_tempo	Integer	s	-	6	0	Momento da medição da vazão	120	-	1
pm_vazao	Numeric	m³/s	-	13	10	Vazão medida	0,03	-	1
pm_obs	Varchar	-	254	-	-	Observações	-	-	0..1

Tabela 127: Dicionário de dados da classe “adensamento”.



Classe	Descrição						Código	Primitiva geométrica	
adensamento	Informações relacionadas aos ensaios de adensamento.						3.1.6	 	
Atributo	Tipo	Unidade	Tamanho	Precisão	Escala	Descrição	Exemplo	Domínio	Requisitos
ad_pk	Integer	-	-	-	-	Chave Primária	1	-	1
ad_geociu	Varchar	-	50	-	-	Código Identificador Único	COD-1	-	1
ad_geociu_pf	Varchar	-	50	-	-	Concatenação entre o código identificador único e a profundidade ensaiada	2,15	-	1
ad_ident	Varchar	-	50	-	-	Nome de identificação	COD-1_2.15	-	1
ad_peso_esp_in	Numeric	kN/m³	-	10	4	Peso específica aparente inicial	18	-	1
ad_peso_esp_fn	Numeric	kN/m³	-	10	4	Peso específico aparente seco inicial	19	-	1
ad_ivi	Numeric	-	-	10	4	Índice de vazios inicial	0,4	-	1
ad_grau_sat	Numeric	%	-	7	4	Grau de saturação inicial	95	-	1
ad_cv	Numeric	m²/s	-	10	4	Coefficiente de adensamento	0,01	-	1
ad_h50	Numeric	m	-	6	4	Altura do corpo de prova corresponde a 50% do adensamento primário	0,04	-	1
ad_t50	Numeric	s	-	6	0	Tempo correspondente à ocorrência de 50% do adensamento primário	120	-	1
ad_t90	Numeric	s	-	6	0	Tempo correspondente à ocorrência de 90% do adensamento primário	2000	-	1
ad_cc	Numeric	-	-	10	4	Índice de compressão	-	-	1
ad_e1	Numeric	-	-	10	4	Índices de vazios e1	0,02	-	1
ad_e2	Numeric	-	-	10	4	Índices de vazios e2	0,3	-	1
ad_p1	Numeric	kPa	-	10	4	Pressão associada ao índice de vazios e1	50	-	1
ad_p2	Numeric	kPa	-	10	4	Pressão associada ao índice de vazios e2	150	-	1
ad_pre_adens	Numeric	kPa	-	10	4	Tensão de pré-adensamento	100	-	0..1
ad_obs	Varchar	-	254	-	-	Observações	-	-	0..1
Herda da classe ensaios:									
<ul style="list-style-type: none"> • Atributos: e_geociu; e_prof; e_geociu_pf; e equip; e_tipo; e_data_ini; e_data_fim; e_operador; e_empresa; e_anexo; e_nome; e_fonte; e_altura; e_raio; e_comprimento; e_largura; e_obs • Geometria: geom, geom3d 									

Tabela 128: Especificações para aquisições de dados da classe “adensamento”.



Classe	Código	Geometria
adensamento	3.1.6	 
Método	Ilustração	
<p>Finalidade: Informações relacionadas aos ensaios de adensamento.</p> <p>Regras:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Primitivas geométricas do tipo ponto e superfície poliédrica herdadas da classe de ensaios; b) Precisa de um registro relacionado na classe de ensaios; e c) Diferentes registros não podem coexistir na mesma profundidade independente do período. <p>Atributos obrigatórios (Tabela 127):</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ ad_geociu: Código Identificador Único; ✓ ad_geociu_pf: Concatenação entre o código identificador único e a profundidade ensaiada; ✓ ad_ident: Nome de identificação; ✓ ad_peso_esp_in: Peso específica aparente inicial; ✓ ad_peso_esp_fn: Peso específico aparente seco inicial; ✓ ad_ivi: Índice de vazios inicial; ✓ ad_grau_sat: Grau de saturação inicial; ✓ ad_cv: Coeficiente de adensamento; ✓ ad_h50: Altura do corpo de prova corresponde a 50% do adensamento primário; ✓ ad_t50: Tempo correspondente à ocorrência de 50% do adensamento primário; ✓ ad_t90: Tempo correspondente à ocorrência de 90% do adensamento primário; ✓ ad_cc: índice de compressão; ✓ ad_e1: Índices de vazios e1; ✓ ad_e2: Índices de vazios e2; ✓ ad_p1: Pressão associada ao índice de vazios e1; ✓ ad_p2: Pressão associada ao índice de vazios e2; e ✓ ad_pre_adens: Tensão de pré-adensamento. <p>Relacionamentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Deve estar relacionada com a classe ensaios; ➤ O relacionamento chave primária (i_geociu) e chave estrangeira (ad_geociu) garante o correto posicionamento do ensaio; e ➤ O relacionamento entre o atributo (e_geociu_pf) com o atributo (ad_geociu_pf) garante o correto posicionamento do ensaio. <p>Observações:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Dependente da classe ensaios. 	<p>Ver as classes ensaios (Tabela 111).</p>	

Tabela 129: Dicionário de dados da classe “adensamento_medicao”.

Classe	Descrição						Código	Primitiva geométrica	
adensamento_medicao	Dados brutos relacionadas aos ensaios de adensamento.						3.1.6.1	-	
Atributo	Tipo	Unidade	Tamanho	Precisão	Escala	Descrição	Exemplo	Domínio	Requisitos
adm_pk	Integer	-	-	-	-	Chave Primária	1	-	1
adm_geociu	Varchar	-	50	-	-	Código Identificador Único	COD-1	-	1
adm_geociu_pf	Varchar	-	50	-	-	Concatenação entre o código identificador único e a profundidade ensaiada	2,15	-	1
adm_ident	Varchar	-	50	-	-	Nome de identificação	COD-1_2.15	-	1
adm_pressao	Numeric	kPa	-	5	0	Pressão de Ensaio	10	-	1
adm_data	Date	-	-	5	0	Data da medição	12/05/2021	-	1
adm_hora	Time	s	-	-	-	Tempo decorrido	120	-	1
adm_ind_vaz	Double	-	-	3	2	Índices de vazios	0,3	-	1
adm_leitura_vert	Numeric	m	-	4	2	Leitura vertical	0,05	-	1
Herda da classe ensaios:									
<ul style="list-style-type: none"> • Atributos: e_geociu; e_prof; e_geociu_pf; e_equip; e_tipo; e_data_ini; e_data_fim; e_operador; e_empresa; e_anexo; e_nome; e_fonte; e_altura; e_raio; e_comprimento; e_largura; e_obs • Geometria: geom, geom3d 									

Tabela 130: Especificações para aquisições de dados da classe “adensamento_medicao”.

Classe	Código	Geometria
adensamento_medicao	3.1.6.1	-
Método	Ilustração	
<p>Finalidade: Dados brutos relacionadas aos ensaios de adensamento.</p> <p>Regras:</p> <ol style="list-style-type: none"> Primitivas geométricas do tipo ponto e superfície poliédrica herdadas da classe de ensaios; Precisa de um registro relacionado na classe de ensaios; e Diferentes registros não podem coexistir na mesma profundidade independente do período. <p>Atributos obrigatórios (Tabela 129):</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ adm_geociu: Código Identificador Único; ✓ adm_geociu_pf: Concatenação entre o código identificador único e a profundidade ensaiada; ✓ adm_ident: Nome de identificação; ✓ adm_pressao: Pressão de Ensaio; ✓ adm_data: Tempo decorrido; ✓ adm_hora: Tempo decorrido; ✓ adm_ind_vaz: Índices de vazios; e ✓ adm_leitura_vert: Leitura vertical. <p>Relacionamentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Deve estar relacionada com a classe adensamento; ➤ O relacionamento chave primária (i_geociu) e chave estrangeira (adm_geociu) garante o correto posicionamento do ensaio; e ➤ O relacionamento entre o atributo (adm_geociu_pf) com o atributo (ad_geociu_pf) garante o correto posicionamento do ensaio. <p>Observações:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Dependente da classe adensamento; e ➤ Escolher os intervalos de medição compatíveis com a escala logarítmica. 	<p>Ver as classes ensaios (Tabela 111) e adensamento (Tabela 128).</p>	

Tabela 131: Dicionário de dados da classe “cisalhamento_direto”.



Classe	Descrição						Código	Primitiva geométrica	
cisalhamento_direto	Informações relacionadas aos ensaios de cisalhamento direto.						3.1.7	 	
Atributo	Tipo	Unidade	Tamanho	Precisão	Escala	Descrição	Exemplo	Domínio	Requisitos
cd_pk	Integer	-	-	-	-	Chave Primária	1	-	1
cd_geociu	Varchar	-	50	-	-	Código Identificador Único	COD-1	-	1
cd_geociu_pf	Varchar	-	50	-	-	Concatenação entre o código identificador único e a profundidade ensaiada	2,15	-	1
cd_ident	Varchar	-	50	-	-	Nome de identificação	COD-1_2.15	-	1
cd_tv_inicial	Numeric	kPa	-	10	0	Tensão inicial vertical	100	-	1
cd_tc_inicial	Numeric	kPa	-	10	0	Tensa cisalhante inicial	-	-	0..1
cd_desl_inicial	Numeric	m	-	7	4	Deslocamento horizontal inicial	-	-	0..1
cd_desl_pico	Numeric	m	-	7	4	Deslocamento horizontal de pico	-	-	0..1
cd_pt_pico	Numeric	-	-	5	0	Ponto de pico	-	-	0..1
cd_tc_pico	Numeric	kPa	-	8	4	Tensão cisalhante no ponto de pico	-	-	1
cd_tv_pico	Numeric	kPa	-	8	4	Tensão vertical no ponto de pico	-	-	1
cd_umi_in	Numeric	%	-	3	0	Umidade inicial	-	-	0..1
cd_umi_final	Numeric	%	-	3	0	Umidade final	-	-	0..1
cd_veloc	Numeric	m/s	-	7	4	Velocidade	-	-	0..1
cd_fnap	Numeric	N	-	7	4	Força normal aplicada	-	-	1
cd_tc_pospico	Numeric	kPa	-	8	4	Tensão cisalhante no ponto pós pico	-	-	1
cd_desl_pospico	Numeric	m	-	8	4	Deslocamento horizontal no ponto pós pico	-	-	0..1
cd_tv_final	Numeric	kPa	-	8	4	Tensão vertical no ponto pós pico	-	-	0..1
cd_area_corr	Numeric	m²	-	7	4	Área corrigida da amostra	-	-	0..1
cd_corpo_prova	Numeric	-	-	2	0	Situação do corpo de prova	-	tb_corpo_prova (Tabela 57)	1
cd_tnc	Numeric	kPa	-	8	4	Tensão normal corrigida	-	-	0..1
cd_ttg	Numeric	kPa	-	8	4	Tensão tangencial	-	-	0..1
cd_interc_coesao	Numeric	kPa	-	8	4	Coesão	-	-	1
cd_ang_atrito	Numeric	°	-	8	4	Ângulo de atrito	-	-	1 -
cd_obs	Varchar	-	254	-	-	Observações	-	-	0..1
Herda da classe ensaios:									
<ul style="list-style-type: none"> Atributos: e_geociu; e_prof; e_geociu_pf; e equip; e_tipo; e_data_ini; e_data_fim; e_operador; e_empresa; e_anexo; e_nome; e_fonte; e_altura; e_raio; e_comprimento; e_largura; e_obs Geometria: geom, geom3d 									

Tabela 132: Especificações para aquisições de dados da classe “cisalhamento_direto”.



Classe	Código	Geometria
cisalhamento direto	3.1.7	 
Método	Ilustração	
<p>Finalidade: Informações relacionadas aos ensaios de cisalhamento direto.</p> <p>Regras:</p> <ol style="list-style-type: none"> Primitivas geométricas do tipo ponto e superfície poliédrica herdadas da classe de ensaios; Precisa de um registro relacionado na classe de ensaios; e Diferentes registros não podem coexistir na mesma profundidade independente do período. <p>Atributos obrigatórios (Tabela 131):</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ cd_geociu: Código Identificador Único; ✓ cd_geociu_pf: Concatenação entre o código identificador único e a profundidade ensaiada; ✓ cd_ident: Nome de identificação; ✓ cd_tiv: Tensão inicial vertical; ✓ cd_fnap: Força normal aplicada; ✓ cd_tc_pico: Tensão cisalhante no ponto de pico; ✓ cd_tv_pico: Tensão vertical no ponto de pico; ✓ cd_corpo_prova: Situação do corpo de prova; ✓ cd_interc_coesao: Coesão; e ✓ cd_ang_atrito: Ângulo de atrito. <p>Relacionamentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Deve estar relacionada com a classe ensaios; ➤ O relacionamento chave primária (i_geociu) e chave estrangeira (cd_geociu) garante o correto posicionamento do ensaio; e ➤ O relacionamento entre o atributo (cd_geociu_pf) com o atributo (e_geociu_pf) garante o correto posicionamento do ensaio. <p>Observações:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Dependente da classe ensaios; e ➤ Informar nas observações sobre a preparação da amostra e sobre a fixação do anel. 	Ver a classe ensaios (Tabela 111).	

Tabela 133: Dicionário de dados da classe “cisalhamento_direto_medicao”.

Classe	Descrição						Código	Primitiva geométrica	
cisalhamento_direto_medicao	Dados brutos relacionadas aos ensaios de cisalhamento direto.						3.1.7.1	-	
Atributo	Tipo	Unidade	Tamanho	Precisão	Escala	Descrição	Exemplo	Domínio	Requisitos
cdm_pk	Integer	-	-	-	-	Chave Primária	1	-	1
cdm_geociu	Varchar	-	50	-	-	Código Identificador Único	COD-1	-	1
cdm_geociu_pf	Varchar	-	50	-	-	Concatenação entre o código identificador único e a profundidade ensaiada	2,15	-	1
cdm_ident	Varchar	50	-	-	-	Nome de identificação	COD-1_2.15	-	1
cdm_desloc_h	Numeric	m	-	10	4	Deslocamento Horizontal	0,01	-	1
cdm_leitura	Numeric	m	-	14	10	Leitura do Anel Dinamométrico	-	-	1
cdm_desloc_vert	Numeric	m	-	14	10	Deslocamento Vertical	0,01	-	1
cdm_area_cor	Numeric	m ²	-	8	4	Área Corrigida da Amostra	0,2	-	1
cdm_tens_vert_c	Numeric	kPa	-	10	4	Tensão Normal Corrigida	20	-	1
cdm_forc_tg	Numeric	kN	-	10	4	Força Tangencial	-	-	1
cdm_tens_tg	Numeric	kPa	-	10	4	Tensão Tangencial	-	-	1
Herda da classe ensaios:									
<ul style="list-style-type: none"> • Atributos: e_geociu; e_prof; e_geociu_pf; e equip; e_tipo; e_data_ini; e_data_fim; e_operador; e_empresa; e_anexo; e_nome; e_fonte; e_altura; e_raio; e_comprimento; e_largura; e_obs • Geometria: geom, geom3d 									

Tabela 134: Especificações para aquisições de dados da classe “cisalhamento_direto_medicao”.

Classe	Código	Geometria
cisalhamento_direto_medicao	3.1.7.1	-
Método	Ilustração	
<p>Finalidade: Dados brutos relacionadas aos ensaios de cisalhamento direto.</p> <p>Regras:</p> <ol style="list-style-type: none"> Primitivas geométricas do tipo ponto e superfície poliédrica herdadas da classe de ensaios; Precisa de um registro relacionado na classe de ensaios; e Diferentes registros não podem coexistir na mesma profundidade independente do período. <p>Atributos obrigatórios (Tabela 133):</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ cdm_geociu: Código Identificador Único; ✓ cdm_geociu_pf: Concatenação entre o código identificador único e a profundidade ensaiada; ✓ cdm_ident: Nome de identificação; ✓ cdm_desloc_h: Deslocamento Horizontal; ✓ cdm_leitura: Leitura do Anel Dinamométrico; ✓ cdm_desloc_vert: Deslocamento Vertical; ✓ cdm_area_cor: Área Corrigida da Amostra; ✓ cdm_tens_vert_c: Tensão Normal Corrigida; ✓ cdm_forc_tg: Força Tangencial; ✓ cdm_tens_tg: Tensão Tangencial; <p>Relacionamentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Deve estar relacionada com a classe cisalhamento; ➤ O relacionamento chave primária (i_geociu) e chave estrangeira (cdm_geociu) garante o correto posicionamento do ensaio; e ➤ O relacionamento entre o atributo (cdm_geociu_pf) com o atributo (cd_geociu_pf) garante o correto posicionamento do ensaio. <p>Observações:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Dependente da classe cisalhamento. 	<p>Ver as classes ensaios (Tabela 111) e de cisalhamento direto (Tabela 132)</p>	

Tabela 135: Dicionário de dados da classe “compactacao”.



Classe	Descrição						Código	Primitiva geométrica	
compactacao	Informações relacionadas aos ensaios de compactação.						3.1.8	 	
Atributo	Tipo	Unidade	Tamanho	Precisão	Escala	Descrição	Exemplo	Domínio	Requisitos
c_pk	Integer	-	-	-	-	Chave Primária	1	-	1
c_geociu	Varchar	-	50	-	-	Código Identificador Único	COD-1	-	1
c_geociu_pf	Varchar	-	50	-	-	Concatenação entre o código identificador único e a profundidade ensaiada	2,15	-	1
c_ident	Varchar	-	50	-	-	Nome de identificação	COD-1_2.15	-	1
c_peso_molde	Numeric	kg	-	8	4	Peso do molde	0,5	-	1
c_amostra_peso	Numeric	kg	-	8	4	Peso das três camadas da amostra compactadas	1	-	1
c_amostra_cmd	Numeric	-	-	1	0	Número de camadas	3	-	1
c_peso_esp_ot	Numeric	kg/ m³	-	7	4	Peso específico ótimo	-	-	1
c_umid_ot	Numeric	%	-	5	2	Umidade ótima	-	-	1
c_energia	Varchar	-	6	-	-	Energia de compactação	12	-	1
c_obs	Varchar	-	254	-	-	Observações	-	-	0..1
Herda da classe ensaios:									
<ul style="list-style-type: none"> • Atributos: e_geociu; e_prof; e_geociu_pf; e equip; e_tipo; e_data_ini; e_data_fim; e_operador; e_empresa; e_anexo; e_nome; e_fonte; e_altura; e_raio; e_comprimento; e_largura; e_obs • Geometria: geom, geom3d 									

Tabela 136: Especificações para aquisições de dados da classe “compactacao”.


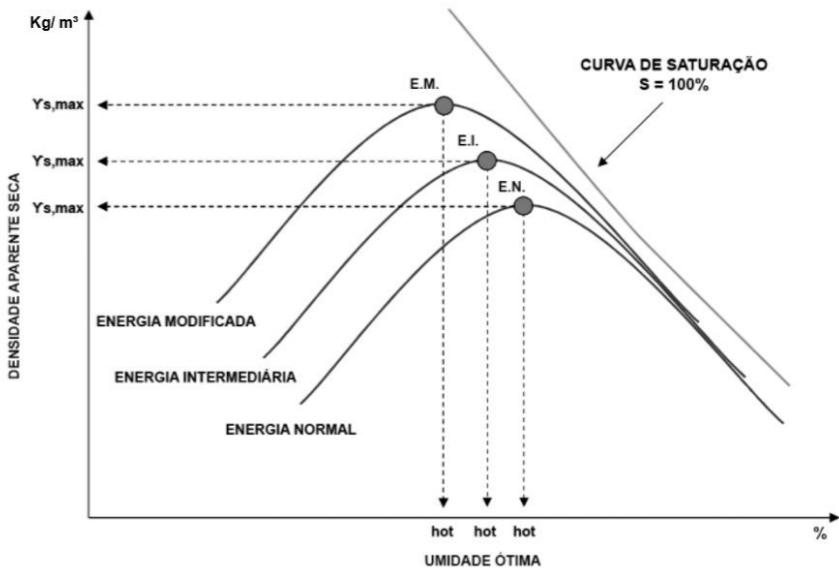
Classe	Código	Geometria
compactacao	3.1.8	
Método	Ilustração	
<p>Finalidade: Dados brutos relacionadas aos ensaios de compactação.</p> <p>Regras:</p> <ol style="list-style-type: none"> Primitivas geométricas do tipo polígono e superfície poliédrica herdadas da classe de ensaios; Precisa de um registro relacionado na classe de ensaios; e Diferentes registros não podem coexistir na mesma profundidade independente do período. <p>Atributos obrigatórios (Tabela 135):</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ c_geociu: Código Identificador Único; ✓ c_geociu_pf: Concatenação entre o código identificador único e a profundidade ensaiada; ✓ c_ident: Nome de identificação; ✓ c_peso_molde: Peso do molde; ✓ c_amostra_peso: Peso das três camadas da amostra compactadas; ✓ c_amostra_cmd: Número de camadas; ✓ c_umid_med: Teor de umidade médio da amostra; ✓ c_peso_esp_ot: Peso específico ótimo (Pontos hachurados da ilustração); ✓ c_umid_ot: Umidade ótima (Pontos hachurados da ilustração); e ✓ c_energia: Energia de compactação. <p>Relacionamentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Deve estar relacionada com a classe ensaios; ➤ O relacionamento chave primária (i_geociu) e chave estrangeira (c_geociu) garante o correto posicionamento do ensaio; e ➤ O relacionamento entre o atributo (c_geociu_pf) com o atributo (e_geociu_pf) garante o correto posicionamento do ensaio. <p>Observações:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Dependente da classe ensaios. 	 <p>Ver a classe ensaios (Tabela 111) e (Head e Epps, 2011)</p>	

Tabela 137: Dicionário de dados da classe “compactacao_medicao”.

Classe	Descrição						Código	Primitiva geométrica	
compactacao_medicao	Dados brutos relacionadas aos ensaios de compactação.						3.1.8.1	-	
Atributo	Tipo	Unidade	Tamanho	Precisão	Escala	Descrição	Exemplo	Domínio	Requisitos
cm_pk	Integer	-	-	-	-	Chave Primária	1	-	1
cm_geociu	Varchar	-	50	-	-	Código Identificador Único	COD-1	-	1
cm_geociu_pf	Varchar	-	50	-	-	Concatenação entre o código identificador único e a profundidade ensaiada	2,15	-	1
cm_ident	Varchar	-	50	-	-	Nome de identificação	COD-1_2.15	-	1
cm_umid_med	Numeric	%	-	3	0	Teor de umidade da amostra	12	-	1
cm_peso_esp	Numeric	kN/m³	-	7	4	Peso específico	21	-	1
cm_obs	Varchar	-	254	-	-	Observações	-	-	0..1
Herda da classe ensaios:									
<ul style="list-style-type: none"> • Atributos: e_geociu; e_prof; e_geociu_pf; e equip; e_tipo; e_data_ini; e_data_fim; e_operador; e_empresa; e_anexo; e_nome; e_fonte; e_altura; e_raio; e_comprimento; e_largura; e_obs • Geometria: geom, geom3d 									

Tabela 138: Especificações para aquisições de dados da classe “compactacao_medicao”.

Classe	Código	Geometria
compactacao_medicao	3.1.8.1	-
Método	Ilustração	
<p>Finalidade: Dados brutos relacionadas aos ensaios de compactação.</p> <p>Regras:</p> <ol style="list-style-type: none"> Primitivas geométricas do tipo polígono e superfície poliédrica herdadas da classe de ensaios; Precisa de um registro relacionado na classe de ensaios; e Diferentes registros não podem coexistir na mesma profundidade independente do período. <p>Atributos obrigatórios (Tabela 137):</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ cm_geociu: Código Identificador Único; ✓ cm_geociu_pf: Concatenação entre o código identificador único e a profundidade ensaiada; ✓ cm_ident: Nome de identificação; ✓ cm_umid_med: Teor de umidade da amostra relativos aos pontos utilizados para criar a curva; e ✓ cm_peso_esp: Peso específico relativos aos pontos utilizados para criar a curva. <p>Relacionamentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Deve estar relacionada com a classe compactação; ➤ O relacionamento chave primária (i_geociu) e chave estrangeira (cm_geociu) garante o correto posicionamento do ensaio; e ➤ O relacionamento entre o atributo (cm_geociu_pf) com o atributo (c_geociu_pf) garante o correto posicionamento do ensaio. <p>Observações:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Dependente da classe compactação. 	<p>Ver a classe ensaios (Tabela 111) e (Head e Epps, 2011)</p>	

Tabela 139: Dicionário de dados da classe “compressao_simples”.

Classe	Descrição						Código	Primitiva geométrica	
compressao_simples	Informações relacionadas aos ensaios de compressão simples.						3.1.9		
tributo	Tipo	Unidade	Tamanho	Precisão	Escala	Descrição	Exemplo	Domínio	Requisitos
co_pk	Integer	-	-	-	-	Chave Primária	1	-	1
co_geociu	Varchar	-	50	-	-	Código Identificador Único	COD-1	-	1
co_geociu_pf	Varchar	-	50	-	-	Concatenação entre o código identificador único e a profundidade ensaiada	2,15	-	1
co_ident	Varchar	-	-	-	-	Nome de identificação	COD-1_2.15	-	1
co_veloc	Numeric	m/s	-	13	10	Velocidade do ensaio	1	-	1
co_peso_am	Numeric	kg	-	8	4	Peso da amostra	1	-	1
co_peso_niv	Numeric	kN	-	8	4	Peso do nivelador	-	-	1
co_umidade	Numeric	%	-	3	0	Umidade	12	-	1
co_anel	Varchar	-	50	-	-	Anel dinamométrico utilizado	-	-	1
co_res_comp	Numeric	kPa	-	8	4	Resistência à Compressão	-	-	1
co_res_cis	Numeric	kPa	-	8	4	Resistência ao Cisalhamento	-	-	1
co_atrito	Numeric	°	-	6	2	Ângulo de atrito calculado com base no ângulo α que a superfície de ruptura do corpo de prova forma com a horizontal	19	-	1
co_coesao	Numeric	kPa	-	8	2	Coesão da amostra	-	-	v
Herda da classe ensaios:									
<ul style="list-style-type: none"> • Atributos: e_geociu; e_prof; e_geociu_pf; e equip; e_tipo; e_data_ini; e_data_fim; e_operador; e_empresa; e_anexo; e_nome; e_fonte; e_altura; e_raio; e_comprimento; e_largura; e_obs • Geometria: geom, geom3d 									

Tabela 140: Especificações para aquisições de dados da classe “compressao_simples”.



Classe	Código	Geometria
compressao_simples	3.1.9	 
Método	Ilustração	
<p>Finalidade: Dados brutos relacionadas aos ensaios de compactação.</p> <p>Regras:</p> <ol style="list-style-type: none"> Primitivas geométricas do tipo ponto e superfície poliédrica herdadas da classe de ensaios; Precisa de um registro relacionado na classe de ensaios; e Diferentes registros não podem coexistir na mesma profundidade independente do período. <p>Atributos obrigatórios (Tabela 139):</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ co_geociu: Código Identificador Único; ✓ co_geociu_pf: Concatenação entre o código identificador único e a profundidade ensaiada; ✓ co_ident: Nome de identificação; ✓ co_veloc: Velocidade do ensaio; ✓ co_peso_am: Peso da amostra; ✓ co_peso_niv: Peso do nivelador; ✓ co_umidade: Umidade; ✓ co_anel: Anel dinamométrico utilizado; ✓ co_res_comp: Resistência à Compressão; ✓ co_res_cis: Resistência ao Cisalhamento; ✓ co_atrito: Ângulo de atrito calculado com base no ângulo α que a superfície de ruptura do corpo de prova forma com a horizontal; e ✓ co_coesao: Coesão da amostra. <p>Relacionamentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Deve estar relacionada com a classe ensaios; ➤ O relacionamento chave primária (i_geociu) e chave estrangeira (co_geociu) garante o correto posicionamento do ensaio; e ➤ O relacionamento entre o atributo (co_geociu_pf) com o atributo (e_geociu_pf) garante o correto posicionamento do ensaio. <p>Observações:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Dependente da classe ensaios. 	Ver a classe ensaios (Tabela 111)	

Tabela 141: Dicionário de dados da classe “compressao_simples_medicao”.

Classe	Descrição						Código	Primitiva geométrica	
compressao_simples_medicao	Dados brutos relacionadas aos ensaios de compressão simples.						3.1.9.1	-	
Atributo	Tipo	Unidade	Tamanho	Precisão	Escala	Descrição	Exemplo	Domínio	Requisitos
cos_pk	Integer	-	-	-	-	Chave Primária	1	-	1
cos_geociu	Varchar	-	50	-	-	Código Identificador Único	COD-1	-	1
cos_geociu_pf	Varchar	-	50	-	-	Concatenação entre o código identificador único e a profundidade ensaiada	2,15	-	1
cos_ident	Varchar	-	50	-	-	Nome de identificação	CPM-01	-	1
cos_tempo	Numeric	s	-	6	0	Tempo da medição	120	-	1
cos_leitura_vert	Numeric	m	-	10	8	Leitura da deformação vertical	0,01	-	1
cos_leitura_anel	Numeric	m	-	10	8	Leitura da deformação do anel	0,01	-	1
cos_carga	Numeric	kN	-	8	2	Carga aplicada na amostra	1	-	1
cos_deformacao	Numeric	%	-	3	0	Deformação	5	-	1
cos_area_corr	Numeric	m ²	-	8	6	Área corrigida da amostra	0,1	-	1
cos_pressao	Numeric	kPa	-	8	4	Pressão	100	-	1
Herda da classe ensaios:									
<ul style="list-style-type: none"> • Atributos: e_geociu; e_prof; e_geociu_pf; e equip; e_tipo; e_data_ini; e_data_fim; e_operador; e_empresa; e_anexo; e_nome; e_fonte; e_altura; e_raio; e_comprimento; e_largura; e_obs • Geometria: geom, geom3d 									

Tabela 142: Especificações para aquisições de dados da classe “compressao_simples_medicao”.

Classe	Código	Geometria
compressao_simples_medicao	3.1.9.1	-
Método	Ilustração	
<p>Finalidade: Dados brutos relacionadas aos ensaios de compactação.</p> <p>Regras:</p> <ol style="list-style-type: none"> Primitivas geométricas do tipo ponto e superfície poliédrica herdadas da classe de ensaios; Precisa de um registro relacionado na classe de ensaios; e Diferentes registros não podem coexistir na mesma profundidade independente do período. <p>Atributos obrigatórios (Tabela 141):</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ cos_geociu: Código Identificador Único; ✓ cos_geociu_pf: Concatenação entre o código identificador único e a profundidade ensaiada; ✓ cos_ident: Nome de identificação; ✓ cos_tempo: Tempo da medição; ✓ cos_leitura_vert: Leitura da deformação vertical; ✓ cos_leitura_anel: Leitura da deformação do anel; ✓ cos_carga: Carga aplicada na amostra; ✓ cos_deformacao: Deformação medida durante o momento da medição; ✓ cos_area_corr: Área corrigida da amostra; e ✓ cos_pressao: Pressão. <p>Relacionamentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Deve estar relacionada com a classe “compressao_simples”; ➤ O relacionamento chave primária (i_geociu) e chave estrangeira (cos_geociu) garante o correto posicionamento do ensaio; e ➤ O relacionamento entre o atributo (com_geociu_pf) com o atributo (co_geociu_pf) garante o correto posicionamento do ensaio. <p>Observações:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Dependente da classe ensaios. 	<p>Ver as classes ensaios (Tabela 111)</p>	

Tabela 143: Dicionário de dados da classe “isc”.



Classe	Descrição						Código	Primitiva geométrica	
isc	Informações relacionadas aos ensaios do tipo Índice Suporte Califórnia.						3.1.10	 	
Atributo	Tipo	Unidade	Tamanho	Precisão	Escala	Descrição	Exemplo	Domínio	Requisitos
isc_pk	Integer	-	-	-	-	Chave Primária	1	-	1
isc_geociu	Varchar	-	50	-	-	Código Identificador Único	COD-1	-	1
isc_geociu_pf	Varchar	-	50	-	-	Concatenação entre o código identificador único e a profundidade ensaiada	2,15	-	1
isc_ident	Varchar	-	50	-	-	Nome de identificação do ensaio	COD-1_2.15	-	1
isc_energia	Varchar	-	50	-	-	Energia de compactação utilizada na preparação da amostra para o ensaio	NORMAL	-	1
isc_camadas	Numeric	-	-	1	-	Número de camadas utilizada na preparação da amostra	3	-	1
isc_umidade	Numeric	%	-	3	0	Umidade do solo	15	-	1
isc_mas_esp	Numeric	kN/m³	-	7	4	Massa específica do solo	-	-	1
isc_expansao	Numeric	%	-	3	0	Expansão do solo medida durante o ensaio	50	-	1
isc_valor	Numeric	%	-	3	0	Índice de Suporte Califórnia calculado	30	-	1
isc_obs	Varchar	-	254	-	-	Observações	-	-	0..1
Herda da classe ensaios:									
<ul style="list-style-type: none"> • Atributos: e_geociu; e_prof; e_geociu_pf; e equip; e_tipo; e_data_ini; e_data_fim; e_operador; e_empresa; e_anexo; e_nome; e_fonte; e_altura; e_raio; e_comprimento; e_largura; e_obs • Geometria: geom, geom3d 									

Tabela 144: Especificações para aquisições de dados da classe “isc”.



Classe	Código	Geometria
isc	3.1.10	 
Método	Ilustração	
<p>Finalidade: Informações relacionadas aos ensaios do tipo Índice Suporte Califórnia.</p> <p>Regras:</p> <ol style="list-style-type: none"> Primitivas geométricas do tipo polígono e superfície poliédrica herdadas da classe de ensaios; Precisa de um registro relacionado na classe de ensaios; e Diferentes registros não podem coexistir na mesma profundidade independente do período. <p>Atributos obrigatórios (Tabela 143):</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ isc_geociu: Código Identificador Único; ✓ isc_geociu_pf: Concatenação entre o código identificador único e a profundidade ensaiada; ✓ isc_ident: Nome de identificação do ensaio; ✓ isc_energia: Energia de compactação utilizada na preparação da amostra para o ensaio; ✓ isc_camadas: Número de camadas utilizada na preparação da amostra; ✓ isc_umidade: Umidade do solo; ✓ isc_mas_esp: Massa específica do solo; ✓ isc_expansao: Expansão do solo medida durante o ensaio; e ✓ isc_valor: Índice de Suporte Califórnia calculado. <p>Relacionamentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Deve estar relacionada com a classe ensaios; ➤ O relacionamento chave primária (i_geociu) e chave estrangeira (isc_geociu) garante o correto posicionamento do ensaio; e ➤ O relacionamento entre o atributo (isc_geociu_pf) com o atributo (e_geociu_pf) garante o correto posicionamento do ensaio. <p>Observações:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Dependente da classe ensaios. 	Ver as classes ensaios (Tabela 111).	

Tabela 145: Dicionário de dados da classe “isc_medicao”.

Classe	Descrição						Código	Primitiva geométrica	
isc_medicao	Dados brutos relacionadas aos ensaios do tipo isc.						3.1.10.1	-	
Atributo	Tipo	Unidade	Tamanho	Precisão	Escala	Descrição	Exemplo	Domínio	Requisitos
iscm_pk	Integer	-	-	-	-	Chave Primária	1	-	1
iscm_geociu	Varchar	-	50	-	-	Código Identificador Único	COD-1	-	1
iscm_geociu_pf	Varchar	-	50	-	-	Concatenação entre o código identificador único e a profundidade ensaiada	2,15	-	1
iscm_ident	Varchar	-	50	-	-	Nome de identificação	COD-1_2.15	-	1
iscm_tempo	Time	-	-	-	-	Tempo da medição	-	-	1
iscm_penet	Numeric	m	-	6	2	Profundidade da Penetração	-	-	1
iscm_leitura	Numeric	m	-	5	2	Leitura no anel	-	-	1
iscm_carga	Numeric	N	-	7	0	Carga aplicada	-	-	1
iscm_pressao	Numeric	KPa	-	7	4	Pressão aplicada	-	-	1
iscm_diam_pist	Numeric	m	-	8	4	Diâmetro do pistão	-	-	1
iscm_area_pist	Numeric	m ²	-	8	4	Área do pistão	-	-	0..1
iscm_obs	Varchar	-	254	-	-	Observações	-	-	0..1
Herda da classe ensaios:									
<ul style="list-style-type: none"> • Atributos: e_geociu; e_prof; e_geociu_pf; e equip; e_tipo; e_data_ini; e_data_fim; e_operador; e_empresa; e_anexo; e_nome; e_fonte; e_altura; e_raio; e_comprimento; e_largura; e_obs • Geometria: geom, geom3d 									

Tabela 146: Especificações para aquisições de dados da classe “isc_medicao”.

Classe	Código	Geometria
isc_medicao	3.1.10	-
Método	Ilustração	
<p>Finalidade: Dados brutos relacionadas aos ensaios do tipo isc.</p> <p>Regras:</p> <ol style="list-style-type: none"> Primitivas geométricas do tipo polígono e superfície poliédrica herdadas da classe de ensaios; Precisa de um registro relacionado na classe de “isc”; e Diferentes registros não podem coexistir na mesma profundidade independente do período. <p>Atributos obrigatórios (Tabela 145):</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ iscm_geociu: Código Identificador Único; ✓ iscm_geociu_am: Concatenação entre o código identificador único e a profundidade ensaiada; ✓ iscm_ident: Nome de identificação; ✓ iscm_tempo: Tempo da medição; ✓ iscm_penet: Profundidade da Penetração; ✓ iscm_leitura: Leitura no anel; ✓ iscm_carga: Carga aplicada; ✓ iscm_pressao: Pressão aplicada; ✓ iscm_diam_pist: Diâmetro do pistão; e ✓ iscm_area_pist: Área do pistão. <p>Relacionamentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Deve estar relacionada com a classe “isc”; ➤ O relacionamento chave primária (i_geociu) e chave estrangeira (iscm_geociu) garante o correto posicionamento do ensaio; e ➤ O relacionamento entre o atributo (iscm_geociu_pf) com o atributo (isc_geociu_pf) garante o correto posicionamento do ensaio. 	<p>Ver as classes ensaios (Tabela 111) e isc (Tabela 144).</p>	

Tabela 147: Dicionário de dados da classe “isc_expansao”.

Classe	Descrição						Código	Primitiva geométrica	
isc_expansao	Dados brutos relacionadas ao ensaio de expansão ensaios do tipo isc.						3.1.10.2	-	
Atributo	Tipo	Unidade	Tamanho	Precisão	Escala	Descrição	Exemplo	Domínio	Requisitos
isce_pk	Integer	-	-	-	-	Chave Primária	1	-	1
isce_geociu	Varchar	-	50	-	-	Código Identificador Único	COD-1	-	1
isce_geociu_pf	Varchar	-	50	-	-	Concatenação entre o código identificador único e a profundidade ensaiada	2,15	-	1
isce_ident	Varchar	-	-	-	-	Nome de identificação	COD-1_2.15	-	1
isce_data	Date	-	-	-	-	Data da medição	25/01/2012	-	1
isce_hora	Date	-	-	-	-	Hora da medição	12:00	-	1
isce_leitura	Numeric	m	-	5	2	Leitura do relógio	0,05	-	1
isce_altura_in	Numeric	m	-	5	2	Altura inicial	0,05	-	1
isce_mass_sob	Numeric	kg	-	7	2	Massa de sobrecarga	2	-	1
isce_obs	Varchar	-	254	-	-	Observações	-	-	1
isce_pk	Integer	-	-	-	-	Chave Primária	-	-	0..1
isce_geociu	Varchar	-	50	-	-	Código Identificador Único	-	-	0..1
Herda da classe ensaios:									
<ul style="list-style-type: none"> • Atributos: e_geociu; e_prof; e_geociu_pf; e equip; e_tipo; e_data_ini; e_data_fim; e_operador; e_empresa; e_anexo; e_nome; e_fonte; e_altura; e_raio; e_comprimento; e_largura; e_obs • Geometria: geom, geom3d 									

Tabela 148: Especificações para aquisições de dados da classe “isc_expansao”.

Classe	Código	Geometria
isc_expansao	3.1.10	-
Método	Ilustração	
<p>Finalidade: Dados brutos relacionadas ao ensaio de expansão ensaios do tipo isc.</p> <p>Regras:</p> <ul style="list-style-type: none"> d) Primitivas geométricas do tipo polígono e superfície poliédrica herdadas da classe de ensaios; e) Precisa de um registro relacionado na classe de “isc”; e f) Diferentes registros não podem coexistir na mesma profundidade independente do período. <p>Atributos obrigatórios (Tabela 147):</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ isce_geociu: Código Identificador Único; ✓ isce_geociu_pf: Concatenação entre o código identificador único e a profundidade ensaiada; ✓ isce_ident: Nome de identificação; ✓ isce_data: Data da medição; ✓ isce_hora: Hora da medição; ✓ isce_leitura: Leitura do relógio; ✓ isce_altura_in: Altura inicial; e ✓ isce_mass_sob: Massa de sobrecarga. <p>Relacionamentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ O relacionamento chave primária (i_geociu) e chave estrangeira (iscm_geociu) garante o correto posicionamento do ensaio; e ➤ O relacionamento entre o atributo (isce_geociu_pf) com o atributo (isc_geociu_pf) garante o correto posicionamento do ensaio. 	<p>Ver as classes ensaios (Tabela 111) e isc (Tabela 144).</p>	

Tabela 149: Dicionário de dados da classe “triaxial”.



Classe	Descrição						Código	Primitiva geométrica	
triaxial	Informações relacionadas aos ensaios de triaxial.						3.1.11	 	
Atributo	Tipo	Unidade	Tamanho	Precisão	Escala	Descrição	Exemplo	Domínio	Requisitos
t_pk	Integer	-	-	-	-	Chave Primária	1	-	1
t_geociu	Varchar	-	50	-	-	Código Identificador Único	COD-1	-	1
t_geociu_pf	Varchar	-	50	-	-	Concatenação entre o código identificador único e a profundidade ensaiada	2,15	-	1
t_ident	Varchar	-	50	-	-	Nome de identificação	COD-1_2.15	-	1
t_tipo_ensaio	Char	-	2	-	-	Tipo de ensaio triaxial, “CD”, “CU”, “UU” ou “UC”.			0..1
t_tipo_adens	Varchar	-	-	-	-	Indica se o adensamento é isotrópico ou anisotrópico e sua respectiva relação entre sigma3 e sigma1			0..1
t_tensao_conf	Numeric	kPa	-	10	4	Tensão Confinante	-	-	1
t_poro	Numeric	kPa	-	10	4	Poropressão	50	-	1
t_tensao_efet	Numeric	kPa	-	10	4	Tensão Efetiva no Ensaio	-	-	1
t_dreno_lat	Boolean	-	-	-	-	Dreno lateral			0..1
t_veloc_cis	Numeric	m/s	-	10	8	Velocidade de cisalhamento	0,0003	-	0..1
t_pressao_tcr	Numeric	kN/m ³	-	10	4	Pressão Total na Câmara na ruptura	-	-	0..1
t_pressao_tar	Numeric	kN/m ³	-	10	4	Pressão Total Axial na ruptura	-	-	0..1
t_pressao_ecr	Numeric	kN/m ³	-	10	4	Pressão Efetiva de câmara na ruptura	-	-	0..1
t_pressao_ear	Numeric	kN/m ³	-	10	4	Pressão Efetiva Axial na ruptura	-	-	0..1
t_pressao_dr	Numeric	%	-	10	4	Deformação na ruptura	-	-	0..1
t_af	Numeric	-	-	10	4	Af na ruptura	-	-	1
t_atrito	Numeric	°	-	10	4	Ângulo de Atrito Interno	-	-	1
t_coesao	Numeric	kPa	-	10	4	Coesão	-	-	1
t_obs	Varchar	-	254	-	-	Observações	-	-	0..1
Herda da classe ensaios:									
<ul style="list-style-type: none"> • Atributos: e_geociu; e_prof; e_geociu_pf; e equip; e_tipo; e_data_ini; e_data_fim; e_operador; e_empresa; e_anexo; e_nome; e_fonte; e_altura; e_raio; e_comprimento; e_largura; e_obs • Geometria: geom, geom3d 									

Tabela 150: Especificações para aquisições de dados da classe “triaxial”.



Classe	Código	Geometria
triaxial	3.1.11	 
Método	Ilustração	
<p>Finalidade: Informações relacionadas aos ensaios de triaxial.</p> <p>Regras:</p> <ol style="list-style-type: none"> Primitivas geométricas do tipo ponto e superfície poliédrica herdadas da classe de ensaios; Precisa de um registro relacionado na classe de ensaios; e Diferentes registros não podem coexistir na mesma profundidade independente do período. <p>Atributos obrigatórios (Tabela 149):</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ t_geociu: Código Identificador Único; ✓ t_geociu_pf: Concatenação entre o código identificador único e a profundidade ensaiada; ✓ t_ident: Nome de identificação; ✓ t_tensao_conf: Tensão Confinante; ✓ t_poro: Poropressão; ✓ t_tensao_efet: Tensão Efetiva no Ensaio; ✓ t_af: Af na ruptura; ✓ t_atrito: Ângulo de Atrito Interno; e ✓ t_coesao: Coesão. <p>Relacionamentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Deve estar relacionada com a classe ensaios; ➤ O relacionamento chave primária (i_geociu) e chave estrangeira (t_geociu) garante o correto posicionamento do ensaio; e ➤ O relacionamento entre o atributo (t_geociu_pf) com o atributo (e_geociu_pf) garante o correto posicionamento do ensaio. 	Ver as classes ensaios (Tabela 111).	

Tabela 151: Dicionário de dados da classe “triaxial_medicao”.

Classe	Descrição						Código	Primitiva geométrica	
triaxial_medicao	Dados brutos relacionadas aos ensaios de triaxial.						3.1.11.1	-	
Atributo	Tipo	Unidade	Tamanho	Precisão	Escala	Descrição	Exemplo	Domínio	Requisitos
tm_pk	Integer	-	-	-	-	Chave Primária	1	-	1
tm_geociu	Varchar	-	50	-	-	Código Identificador Único	COD-1	-	1
tm_geociu_pf	Varchar	-	50	-	-	Concatenação entre o código identificador único e a profundidade ensaiada	2,15	-	1
tm_ident	Varchar	-	50	-	-	Nome de identificação	COD-1_2.15	-	1
tm_tempo	Integer	-	-	5	0	Tempo após o início do ensaio	120	-	1
tm_defor_axial	Numeric	%	-	5	2	Deformação Axial a cada intervalo de medição	2	-	1
tm_tens_desv	Numeric	kPa	-	5	2	Tensão Desviadora a cada intervalo de medição	-	-	1
tm_varia_vol	Numeric	m ³	-	10	4	Variação de volume a cada intervalo de medição	0,1	-	1
tm_tensao_cam	Numeric	kPa	-	10	4	Pressão na câmara a cada intervalo de medição	-	-	1
tm_tens_axial	Numeric	kPa	-	10	4	Tensão axial a cada intervalo de medição	-	-	1
tm_poro	Numeric	kPa	-	10	4	Poropressão a cada intervalo de medição	-	-	1
Herda da classe ensaios:									
<ul style="list-style-type: none"> • Atributos: e_geociu; e_prof; e_geociu_pf; e equip; e_tipo; e_data_ini; e_data_fim; e_operador; e_empresa; e_anexo; e_nome; e_fonte; e_altura; e_raio; e_comprimento; e_largura; e_obs • Geometria: geom, geom3d 									

Tabela 152: Especificações para aquisições de dados da classe “triaxial_medicao”.

Classe	Código	Geometria
triaxial_medicao	3.1.11	-
Método	Ilustração	
<p>Finalidade: Dados brutos relacionados aos ensaios de triaxiais</p> <p>Regras:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Primitivas geométricas do tipo ponto e superfície poliédrica herdadas da classe de ensaios; b) Precisa de um registro relacionado na classe de ensaios; e c) Diferentes registros não podem coexistir na mesma profundidade independente do período. <p>Atributos obrigatórios (Tabela 151):</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ tm_geociu: Código Identificador Único; ✓ tm_geociu_pf: Concatenação entre o código identificador único e a profundidade ensaiada; ✓ tm_ident: Nome de identificação; ✓ tm_tempo: Tempo após o início do ensaio; ✓ tm_defor_axial: Deformação Axial a cada intervalo de medição; ✓ tm_tens_desv: Tensão Desviadora a cada intervalo de medição; ✓ tm_varia_vol: Variação de volume a cada intervalo de medição; ✓ tm_tensao_cam: Pressão na câmara a cada intervalo de medição; ✓ tm_tens_axial: Tensão axial a cada intervalo de medição; e ✓ tm_poro: Poropressão a cada intervalo de medição. <p>Relacionamentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Deve estar relacionada com a classe triaxial; ➤ O relacionamento chave primária (i_geociu) e chave estrangeira (tm_geociu) garante o correto posicionamento do ensaio; e ➤ O relacionamento entre o atributo (tm_geociu_pf) com o atributo (t_geociu_pf) garante o correto posicionamento do ensaio. 	<p>Ver as classes ensaios (Tabela 111) e triaxial (Tabela 150).</p>	

Tabela 153: Dicionário de dados da classe “índice_físico”.

Classe	Descrição						Código	Primitiva geométrica	
índice_físico	Dados brutos e informações relacionadas aos índices físicos calculados a partir dos ensaios.						3.2	-	
Atributo	Tipo	Unidade	Tamanho	Precisão	Escala	Descrição	Exemplo	Domínio	Requisitos
if_pk	Integer	-	-	-	-	Chave Primária	1	-	1
if_geociu	Varchar	-	50	-	-	Código Identificador Único	COD-1	-	1
if_geociu_pf	Varchar	-	50	-	-	Concatenação entre o código identificador único e a profundidade ensaiada	2,15	-	1
if_ident	Varchar	-	50	-	-	Nome de identificação dos índices físicos calculados	COD-1_2.15	-	1
if_me	Integer	kg/m ³	-	10	4	Massa específica	-	-	0..1
if_me_seca	Numeric	kg/m ³	-	10	4	Massa específica seca	-	-	0..1
if_me_solid	Numeric	kg/m ³	-	10	4	Massa específica dos sólidos	-	-	0..1
if_me_sub	Numeric	kg/m ³	-	10	4	Massa específica submersa	-	-	0..1
if_me_sat	Numeric	kg/m ³	-	10	4	Massa específica saturada	-	-	0..1
if_me_sub	Numeric	kg/m ³	-	10	4	Massa específica submersa	-	-	0..1
if_seca_ot	Numeric	kg/m ³	-	10	4	Massa específica seca ótima	-	-	0..1
if_e_min	Numeric	-	-	10	4	Índice de vazios mínimo	-	-	0..1
if_e_max	Numeric	-	-	10	4	Índice de vazios máximo	-	-	0..1
if_e	Numeric	-	-	10	4	Índice de vazios	-	-	0..1
if_e_inicial	Numeric	-	-	3	2	Índice de vazios inicial	-	-	0..1
if_e_critico	Numeric	-	-	3	2	Índice de vazios crítico	-	-	0..1
if_poro	Numeric	%	-	5	2	Porosidade	-	-	0..1
if_grau_sat	Numeric	%	-	5	2	Grau de saturação	-	-	0..1
if_dens_relat	Numeric	kN/m ³	-	10	4	Densidade relativa	-	-	0..1
if_pe	Numeric	kN/m ³	-	10	4	Peso específico	-	-	0..1
if_pe_solid	Numeric	kN/ m ³	-	10	4	Peso específico dos grãos	-	-	0..1
if_pe_seco	Numeric	kN/m ³	-	10	4	Peso específico seco	-	-	0..1
if_pe_sat	Numeric	kN/m ³	-	10	4	Peso específico saturado	-	-	0..1
if_pe_sub	Numeric	kN/m ³	-	10	4	Peso específico submerso	-	-	0..1
if_teor_um_vol	Numeric	%	-	5	2	Teor de umidade volumétrico	-	-	0..1
if_teor_um	Numeric	%	-	5	2	Teor de umidade	-	-	0..1
if_obs	Varchar	-	254	-	-	Observações	-	-	0..1
Herda da classe ensaios:									
<ul style="list-style-type: none"> • Atributos: e_geociu; e_prof; e_geociu_pf; e equip; e_tipo; e_data_ini; e_data_fim; e_operador; e_empresa; e_anexo; e_nome; e_fonte; e_altura; e_raio; e_comprimento; e_largura; e_obs • Geometria: geom, geom3d 									

Tabela 154: Especificações para aquisições de dados da classe “índice_físico”.

Classe	Código	Geometria
índice_físico	3.2	-
Método	Ilustração	
<p>Finalidade: Dados brutos e informações relacionadas aos índices físicos calculados a partir dos ensaios.</p> <p>Regras:</p> <ol style="list-style-type: none"> Primitivas geométricas do tipo ponto herdadas da classe de ensaios; Precisa de um registro relacionado na classe de ensaios; e Diferentes registros não podem coexistir na mesma profundidade independente do período; <p>Atributos obrigatórios (Tabela 45):</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ if_geociu: Código Identificador Único; ✓ if_geociu_pf: Concatenação entre o código identificador único e a profundidade ensaiada; e ✓ if_ident: Nome de identificação. <p>Relacionamentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Deve estar relacionada com a classe ensaios; ➤ O relacionamento chave primária (i_geociu) e chave estrangeira (if_geociu) garante o correto posicionamento do ensaio; e ➤ O relacionamento entre o atributo (if_geociu_pf) com o atributo (e_geociu_pf) garante o correto posicionamento do ensaio. 	Ver a classe ensaios (Tabela 111).	

Tabela 155: Dicionário de dados da classe “unidade_solo”.

Classe	Descrição						Código	Primitiva geométrica	
unidade_solo	Poligonal referente a zona de comportamento geotécnico homólogo de um determinado tipo de solo.						4.1		
Atributo	Tipo	Unidade	Tamanho	Precisão	Escala	Descrição	Exemplo	Domínio	Requisitos
us_pk	Integer	-	-	-	-	Chave Primária	1	-	1
us_unidade	Varchar	-	100	-	-	Nome da unidade geotécnica	COD-1	-	1
us_carta_geot	Varchar	-	100	-	-	Nome da carta geotécnica	CARTA 1	-	0..1
us_geologia	Varchar	-	150	-	-	Geologia identificada na unidade geotécnica	2,15	-	1
us_solos	Varchar	-	150	-	-	Descrição do solo identificados na unidade geotécnica	S1	-	1
us_solos_class	Varchar	-	150	-	-	Solos identificados na unidade geotécnica seguindo uma metodologia definida	LATOSSOLOS	-	0..1
us_geomorf	Varchar	-	150	-	-	Geomorfologia identificada na unidade geotécnica	REBORDO	-	0..1
us_hidrogeo	Varchar	-	150	-	-	Hidrogeologia que ocorre na unidade geotécnica	P1	-	0..1
us_fen_geod	Varchar	-	150	-	-	Fenômenos geodinâmicos observados na unidade	EROSÃO	-	0..1
us_comp_geot	Varchar	-	254	-	-	Descrição do comportamento geotécnico da unidade	(...)	-	1
us_aptidao	Varchar	-	254	-	-	Aptidões da unidade geotécnica	(...)	-	0..1
us_restricao	Varchar	-	254	-	-	Restrições da unidade geotécnica	(...)	-	0..1
us_area	Numeric	m ²	-	12	2	Área da unidade geotécnica	1000-	-	0..1
us_espessura	Numeric	m	-	12	2	Espessura da unidade geotécnica	1	-	1
us_perimetr	Numeric	m	-	12	2	Perímetro da unidade geotécnica	2500	-	0..1
us_anexo	Varchar	-	254	-	-	Caminho do arquivo com as informações adicionais	(...)	-	0..1
geom	Geometry (PolygonZ, 31983)	-	-	-	-	Geometria	-	-	1
geom3d	Geometry (PolyhedralSurface, 31983)	-	-	-	-	Geometria 3D	-	-	0..1

Tabela 156: Especificações para aquisições de dados da classe “unidade_solo”.

Classe	Código	Geometria
unidade_solo	4.1	
Método	Ilustração	
<p>Finalidade: Poligonal referente a zona de comportamento geotécnico homólogo de um determinado tipo de solo.</p> <p>Regras:</p> <ol style="list-style-type: none"> Primitivas geométricas do tipo polígono e/ou superfície poliédrica; Unidades de solo podem sobrepor unidades de rocha desde que em profundidades diferentes independente do período; Diferentes registros podem coexistir na mesma profundidade quando relacionadas a mapeamentos distintos; e Geometria tridimensional deve ser criada utilizando a função ST_UnidadeSolo3D e utiliza a projeção da geometria (geom) e o atributo “us_espessura” como referência. <p>Atributos obrigatórios (Tabela 155):</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ us_unidade: Nome da unidade geotécnica; ✓ us_geologia: Geologia identificada na unidade geotécnica; ✓ us_solos: Descrição do solo identificados na unidade geotécnica; ✓ us_solos_class: Solos identificados na unidade geotécnica seguindo uma metodologia definida; ✓ us_comp_geot: Descrição do comportamento geotécnico da unidade; e ✓ us_espessura: Espessura da unidade geotécnica. <p>Relacionamentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Deve estar relacionada com a classe “limite_cartas_geotecnicas”. 		

Tabela 157: Dicionário de dados da classe “unidade_rocha”.

Classe	Descrição						Código	Primitiva geométrica	
unidade_rocha	Poligonal referente a zona de comportamento geotécnico homólogo inserida em um litotipo ou unidade geológica.						4.2		
Atributo	Tipo	Unidade	Tamanho	Precisão	Escala	Descrição	Exemplo	Domínio	Requisitos
ur_pk	Integer	-	-	-	-	Chave Primária	1	-	1
ur_unidade	Varchar	-	100	-	-	Nome da unidade geotécnica	COD-1	-	1
ur_carta_geot	Varchar	-	100	-	-	Nome da carta geotécnica	CARTA 1	-	0..1
ur_geologia	Varchar	-	150	-	-	Geologia identificada na unidade geotécnica	2,15	-	1
ur_solos	Varchar	-	150	-	-	Descrição da rocha identificados na unidade geotécnica	S1	-	1
ur_litologia	Varchar	-	150	-	-	Descrição da litologia para fins de engenharia	-	-	0..1
ur_geomorf	Varchar	-	150	-	-	Geomorfologia identificada na unidade geotécnica	-	-	0..1
ur_hidrogeo	Varchar	-	150	-	-	Hidrogeologia que ocorre na unidade geotécnica	-	-	0..1
ur_fen_geod	Varchar	-	150	-	-	Fenômenos geodinâmicos observados na unidade	-	-	0..1
ur_comp_geot	Varchar	-	254	-	-	Descrição do comportamento geotécnico da unidade	-	-	1
ur_aptidao	Varchar	-	254	-	-	Aptidões da unidade geotécnica	-	-	0..1
ur_restricao	Varchar	-	254	-	-	Restrições da unidade geotécnica	-	-	0..1
ur_area	Numeric	m ²	-	12	2	Área da unidade geotécnica	-	-	0..1
ur_espessura	Numeric	m	-	12	2	Espessura da unidade geotécnica	-	-	1
ur_perimetr	Numeric	m	-	12	2	Perímetro da unidade geotécnica	-	-	0..1
ur_anexo	Varchar	-	254	-	-	Caminho do arquivo com as informações adicionais	-	-	0..1
geom	Geometry (PolygonZ, 31983)	-	-	-	-	Geometria do tipo polígono	-	-	1
geom3d	Geometry (PolyhedralSurface, 31983)	-	-	-	-	Geometria 3D	-	-	0..1

Tabela 158: Especificações para aquisições de dados da classe “unidade_rocha”.

Classe	Código	Geometria
unidade_rocha	4.2	
Método	Ilustração	
<p>Finalidade: Poligonal referente a zona de comportamento geotécnico homólogo inserida em um litotipo ou unidade geológica.</p> <p>Regras:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Primitivas geométricas do tipo polígono e/ou superfície poliédrica; a) Unidades de solo podem sobrepor unidades de rocha desde que em profundidades diferentes independente do período; b) Diferentes registros podem coexistir na mesma profundidade quando relacionadas a mapeamentos distintos; e c) Geometria tridimensional deve ser criada utilizando a função ST_UnidadeRocha3D e utiliza a projeção da geometria (geom) e o atributo “ur_espessura” como referência. <p>Atributos obrigatórios (Tabela 157):</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ ur_unidade: Nome da unidade geotécnica; ✓ ur_geologia: Geologia identificada na unidade geotécnica; ✓ ur_solos: Descrição do solo identificados na unidade geotécnica; ✓ ur_litologia: Descrição da litologia para fins de engenharia; ✓ ur_comp_geot: Descrição do comportamento geotécnico da unidade; e ✓ ur_espessura: Espessura da unidade geotécnica. <p>Relacionamentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Deve estar relacionada com a classe “limite_cartas_geotecnicas”. 		

Tabela 159: Dicionário de dados da classe “macico_rochoso”.


Classe	Descrição						Código	Primitiva geométrica	
macico_rochoso	Maciço rochoso que compreende, além da rocha intacta e as descontinuidades, a água e o estado de tensões.						4.3		
Atributo	Tipo	Unidade	Tamanho	Precisão	Escala	Descrição	Exemplo	Domínio	Requisitos
ur_pk	Integer	-	-	-	-	Chave Primária	1	-	1
mr_unidade	Varchar	-	100	-	-	Unidade geotécnica relacionada	UNIDADE A	-	1
mr_litologia	Varchar	-	150	-	-	Unidade de rocha	Quartzito	-	0..1
mr_desc	Varchar	-	254	-	-	Descrição do maciço rochoso	(...)	-	1
mr_gsi	Varchar	-	254	-	-	Valor de GSI	-	-	0..1
mr_carg_pont	Numeric	kPa	-	2	0	Carga pontual (RMR)	-	-	0..1
mr_rmr_rqd	Numeric	-	-	2	0	RQD (RMR) seguindo os critérios definidos no RMR	-	-	0..1
mr_esp_junt	Numeric	-	-	2	0	Espaçamento de juntas (RMR) seguindo os critérios definidos no RMR	-	-	0..1
mr_comp	Numeric	-	-	1	0	Comprimento (RMR) seguindo os critérios definidos no RMR	-	-	0..1
mr_separ	Numeric	-	-	1	0	Separação (RMR) seguindo os critérios definidos no RMR	-	-	0..1
mr_rugosi	Numeric	-	-	1	0	Rugosidade (RMR) seguindo os critérios definidos no RMR	-	-	0..1
mr_preench	Numeric	-	-	1	0	Preenchimento (RMR) seguindo os critérios definidos no RMR	-	-	0..1
mr_alter	Numeric	-	-	1	0	Alteração (RMR) seguindo os critérios definidos no RMR	-	-	0..1
mr_cond_junt	Numeric	-	-	2	0	Condição das juntas (RMR) seguindo os critérios definidos no RMR	-	-	0..1
mr_ag_sub	Numeric	-	-	2	0	Condição da água subterrânea (RMR) seguindo os critérios definidos no RMR	-	-	0..1
mr_rmr	Numeric	-	-	3	0	Rock Mass Rating (RMR)	-	-	0..1
mr_q_rqd	Numeric	-	-	4	2	RQD (Índice Q) seguindo os critérios definidos na metodologia Q	-	-	0..1
mr_jn	Numeric	-	-	4	2	Número de famílias de juntas (Índice Q) seguindo os critérios definidos na metodologia Q	-	-	0..1
mr_jr	Numeric	-	-	4	2	Rugosidade (Índice Q) seguindo os critérios definidos na metodologia Q	-	-	0..1
mr_ja	Numeric	-	-	4	2	Alteração (Índice Q) seguindo os critérios definidos na metodologia Q	-	-	0..1
mr_jw	Numeric	-	-	4	2	Fator de redução de água (Índice Q) seguindo os critérios definidos na metodologia Q	-	-	0..1
mr_srf	Numeric	-	-	5	2	Fator de redução de tensão (Índice Q) seguindo os critérios definidos na metodologia Q	-	-	0..1
mr_valor_q	Numeric	-	-	4	2	Valor do Índice Q	-	-	0..1
mr_refer	Varchar	-	200	-	-	Referências das classificações	-	-	0..1
mr_area	Numeric	km²	-	6	2	Área da unidade de solo	-	-	0..1
geom	Geometry (PolygonZ, 31983)	-	-	-	-	Geometria do tipo polígono	-	-	1
geom3d	Geometry (PolyhedralSurface, 31983)	-	-	-	-	Geometria 3D do tipo superfície poliédrica	-	-	0..1

Tabela 160: Especificações para aquisições de dados da classe “macico_rochoso”.


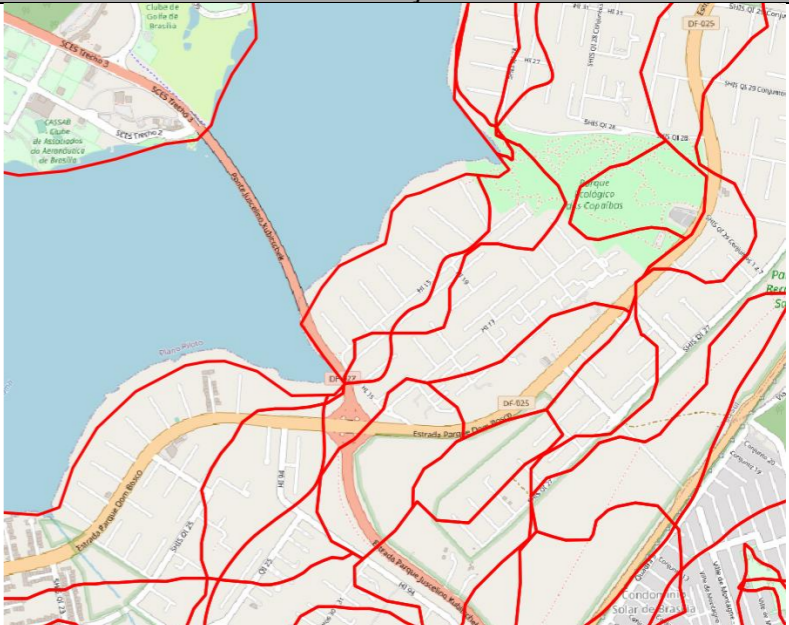
Classe	Código	Geometria
macico_rochoso	4.3	
Método	Ilustração	
<p>Finalidade: Poligonal que define uma zona de comportamento geotécnico homólogo que compreende, além da rocha intacta e as descontinuidades, a água e o estado de tensões.</p> <p>Regras:</p> <ol style="list-style-type: none"> Primitivas geométricas do tipo polígono e/ou superfície poliédrica; Maçicos rochosos podem sobrepor independente do período; e Diferentes registros podem coexistir na mesma profundidade. <p>Atributos obrigatórios (Tabela 159):</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ mr_unidade: Nome da unidade geotécnica; e ✓ mr_desc: Descrição do maciço rochoso. <p>Relacionamentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ Deve estar relacionada com a classe “unidade geotécnica de rocha”. 		

Tabela 161: Dicionário de dados da classe “secao_geotecnica”.


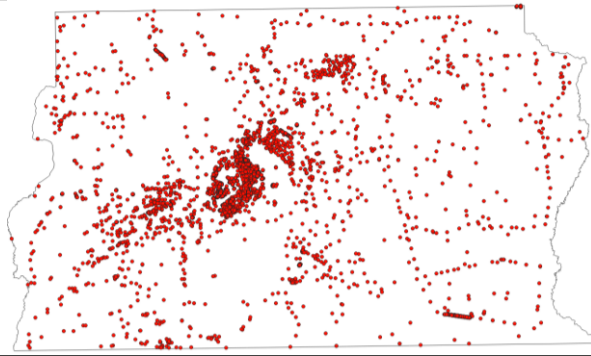
Classe	Descrição						Código	Primitiva geométrica	
secao_geotecnica	Seções geológico-geotécnicas são elaboradas a partir das prospecções realizadas em um determinado local do projeto e utiliza os dados de pelo menos dois pontos de investigações associados a dados de mapeamento e/ou de levantamento geofísico.						4.4	/ 	
Atributo	Tipo	Unidade	Tamanho	Precisão	Escala	Descrição	Exemplo	Domínio	Requisitos
ur_pk	Integer	-	-	-	-	Chave Primária	1	-	1
sg_nome	Varchar	-	100	-	-	Identificação da seção geotécnica	SG-01	-	1
sg_unid_nome	Varchar	-	100	-	-	Nome da unidade geotécnica	UNIDADE 01	-	0..1
sg_geologia	Varchar	-	150	-	-	Geologia da unidade geotécnica	CONTAGEM	-	0..1
sg_solos	Varchar	-	150	-	-	Solos da unidade geotécnica	LATOSSOLOS	-	0..1
sg_geomorf	Varchar	-	150	-	-	Geomorfologia da unidade geotécnica	PLANO INTERMEDÁRIO	-	0..1
sg_hidrogeo	Varchar	-	150	-	-	Hidrogeologia da unidade geotécnica	P1	-	0..1
sg_fen_geod	Varchar	-	150	-	-	Fenômenos geodinâmicos que ocorrem na área da unidade geotécnica	EROSÕES	-	0..1
sg_comp_geot	Varchar	-	254	-	-	Comportamento geotécnico	(..)	-	1
sg_aptidao	Varchar	-	254	-	-	Aptidão da unidade geotécnica	(..)	-	0..1
sg_restricao	Varchar	-	254	-	-	Restrição da unidade geotécnica	(..)	-	0..1
geom	Geometry (LinestringZ, 31983)	-	-	-	-	Geometria	-	-	1
geom3d	Geometry (PolygonZ, 31983)	-	-	-	-	Geometria 3D	-	-	0..1

Tabela 162: Especificações para aquisições de dados da classe “secao_geotecnica”.

Classe	Código	Geometria
secao_geotecnica	4.4	/ <input type="checkbox"/>
Método	Ilustração	
<p>Finalidade: Seções geológico-geotécnicas são elaboradas a partir das prospecções realizadas em um determinado local do projeto e utiliza os dados de pelo menos dois pontos de investigações associados a dados de mapeamento e/ou de levantamento geofísico.</p> <p>Regras:</p> <ol style="list-style-type: none"> Primitivas geométricas do tipo polígono e/ou linha; Seções podem sobrepor independente do período; Necessário pelo menos duas investigações; e Diferentes registros podem coexistir na mesma profundidade. <p>Atributos obrigatórios (Tabela 159):</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ sg_nome: Identificação da seção geotécnica; e ✓ sg_comp_geot: Comportamento geotécnico. <p>Relacionamentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Deve estar relacionada com a classe “unidade geotécnica”. 	<p style="text-align: center;">Perfil esquemático</p> <p style="text-align: right;"> - - - - - Contato estimado - - - - - Contato indicativo - - - - - Profundidade no impenetrável (Mediana e média) [Hachura] Faixa de 50% dos valores de profundidade no impenetrável </p>	

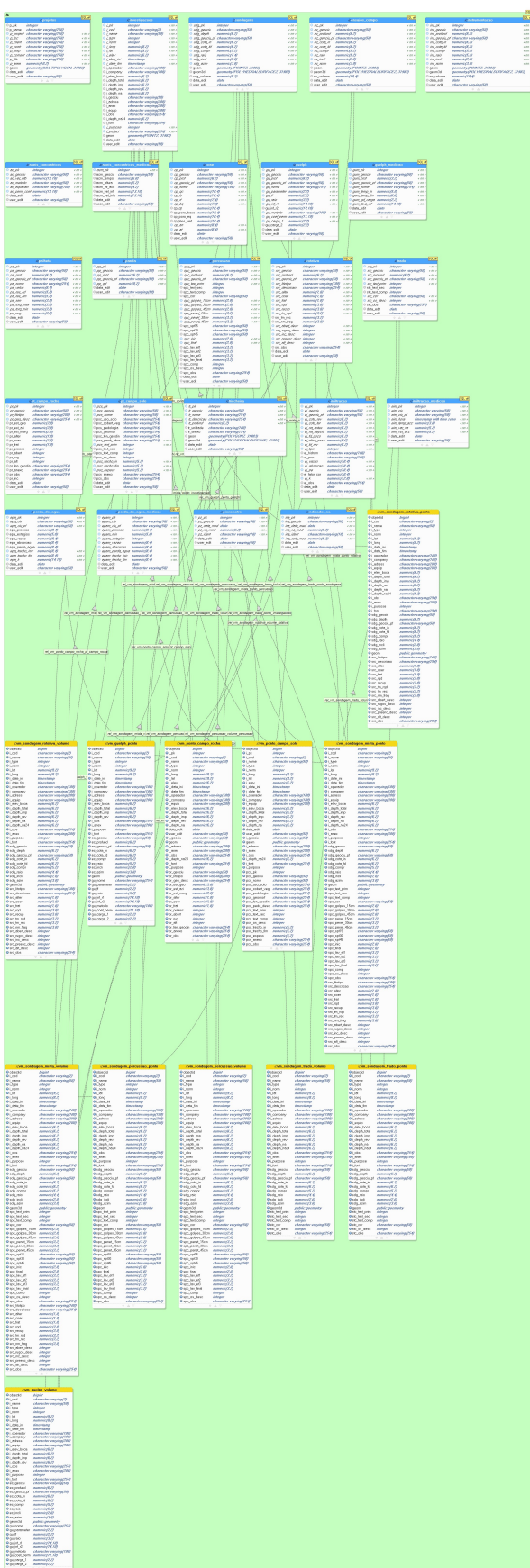
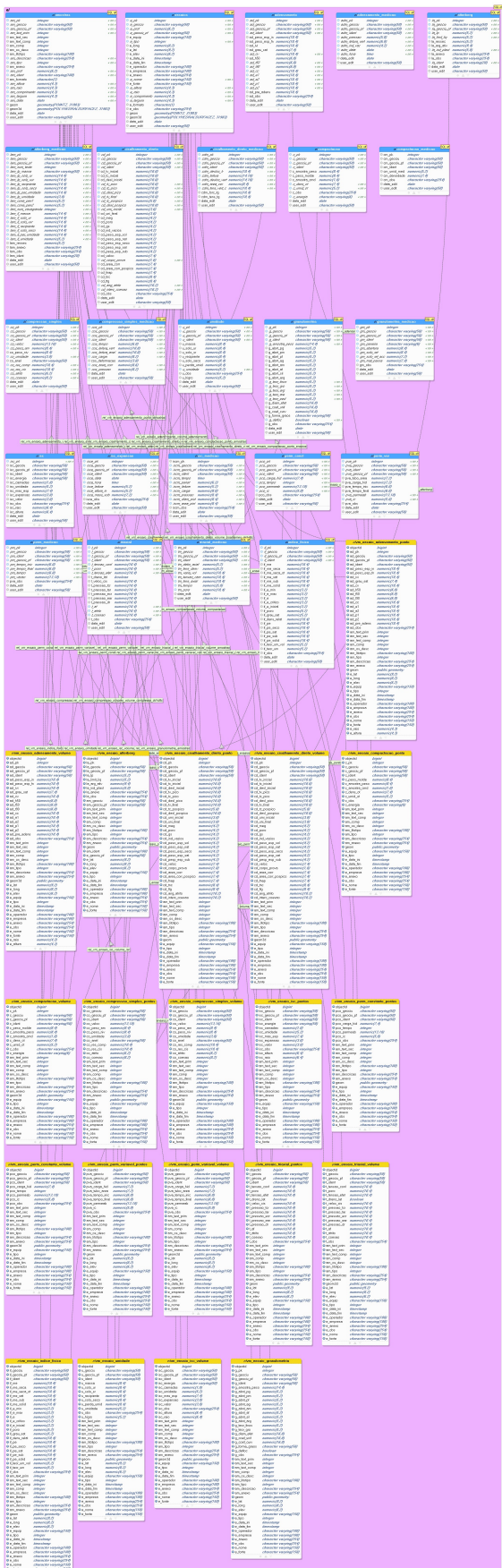
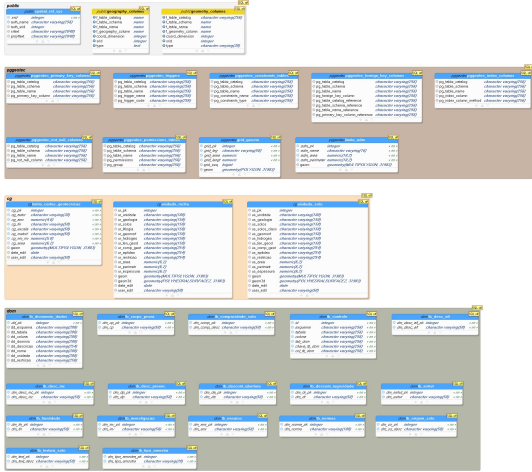
APÊNDICE C: METADADOS

Tabela 163: Metadados dos dados comilados nessa pesquisa.

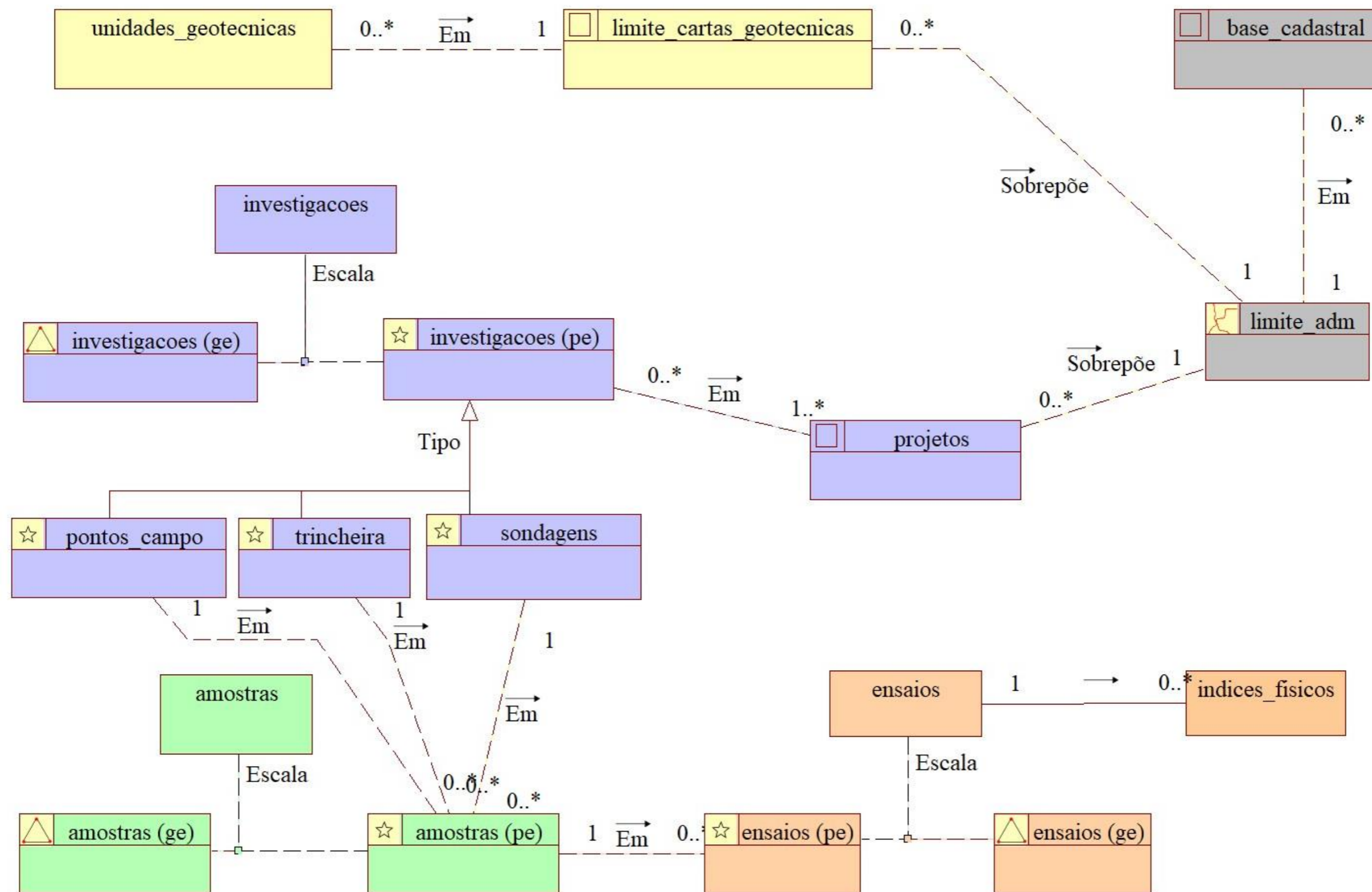
INFORMAÇÃO DE IDENTIFICAÇÃO	
Título	Investigações e ensaios de campo
Nome da camada do banco	Esquema ic
	Camada investigacoes
Pré-visualização gráfica	
Palavra-chave	Palavra-chave Investigações
	Palavra-chave Ensaios de Campo
	Palavra-chave Geotecnia
	Palavra-chave Engenharia Civil
Data	Valor da data 2022-04-24
	Tipo da data Criação
Resumo	Distribuição espacial e informações gerais como endereço, coordenadas geográficas e finalidade das investigações e ensaios de campo realizadas no território do Distrito Federal compiladas de diversas fontes. Nas investigações que possuem amostras, consultar os registros relacionados na tabela de amostras. Para as amostras com ensaios, consultar os registros relacionados na tabela de ensaios.
Propósito	Apresentar a distribuição espacial das investigações e ensaios de campo realizadas no Distrito Federal.
Créditos	Programa de Pós-graduação em Geotecnia (PPG) – Compilação e padronização Companhia Imobiliária de Brasília (Terracap) – Produção de dados Companhia Urbanizadora da Nova Capital do Brasil (Novacap) – Produção de dados Departamento de Estrada e Rodagem (DER) – Produção de dados Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento do Distrito Federal (ADASA) – Produção de dados Instituto Brasília Ambiental (IBRAM) – Produção de dados
Status	Em andamento
Responsável pelo recurso	Nome Bruno Rodrigues de Oliveira
	Papel desempenhado Autor do metadado
	Endereço -
	Cidade -
	Região administrativa -
	Endereço de e-mail brunorodriguesoli@gmail.com
Tipo de representação espacial	Vetorial
Resolução espacial	1:1000
Categoria temática	Informação geocientífica
Extensão geográfica	Longitude limítrofe oeste 148010,00
	Longitude limítrofe leste 253027,00
	Latitude limítrofe sul 284851,00
	Latitude limítrofe norte 8222744,00
Localidade padrão	Idioma Português
	Código de caracteres UTF-8
INFORMAÇÃO DE LINHAGEM	
Declaração	Compilação e conversão de formatos (.pdf) e (.xls) para arquivos em formato vetorial para inclusão no banco de dados. Todas as informações omitidas passíveis de complementação foram inseridas no arquivo vetorial. Informações com sistema de referência distintos do adotado para esse dado foram convertidos para o sistema atual.
Escopo	Nível do escopo Conjunto de dados não geográfico
Etapa de produção	Descrição Compilação e conversão de formatos (.pdf) e (.xls) para arquivos em formato vetorial.
Escopo	Nível do escopo Conjunto de dados
Etapa de produção	Descrição Todas as informações omitidas passíveis de complementação foram inseridas no arquivo vetorial. Informações com sistema de referência distintos do adotado para esse dado foram convertidos para o sistema atual.
INFORMAÇÃO DO SISTEMA DE REFERÊNCIA	
Identificador do sistema de referência	Código 31983
	codeSpace EPSG
INFORMAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO	
Formato de distribuição	Título Vetorial
	Data 2022-04-24
	Tipo data Criação
	Identificador SHP
METAMETADADOS	
Identificador do metadado	Gerado pelo gerenciador do banco de dados
Localidade padrão	Idioma Português
	Código de caracteres UTF-8
Responsável pelo metadado	Nome Bruno Rodrigues de Oliveira
	Papel desempenhado Autor do metadado
	Endereço -
	Cidade -
	Região administrativa -
	Endereço de e-mail brunorodriguesoli@gmail.com
Data do metadado	Valor da data 2022-04-24
	Tipo da data Criação
Padrão de metadados	ISO 19115-1:2014
Perfil de metadados	Perfil MGB 2.0

APÊNDICE D: ESQUEMA LÓGICO

Figura 91: Esquema lógico proposto com base no diagrama de classes.



APÊNDICE E: DIAGRAMA DE CLASSES



APÊNDICE E: DIAGRAMA DE CLASSES

Figura 92: Diagrama de classes geral proposto para o banco de dados em que as classes roxas pertencem ao grupo de investigações, as classes laranjas pertencem ao grupo de ensaios, as verdes ao grupo de amostras, classes amarelas ao grupo de cartografia geotécnica e cinzas ao grupo de cartografia cadastral.

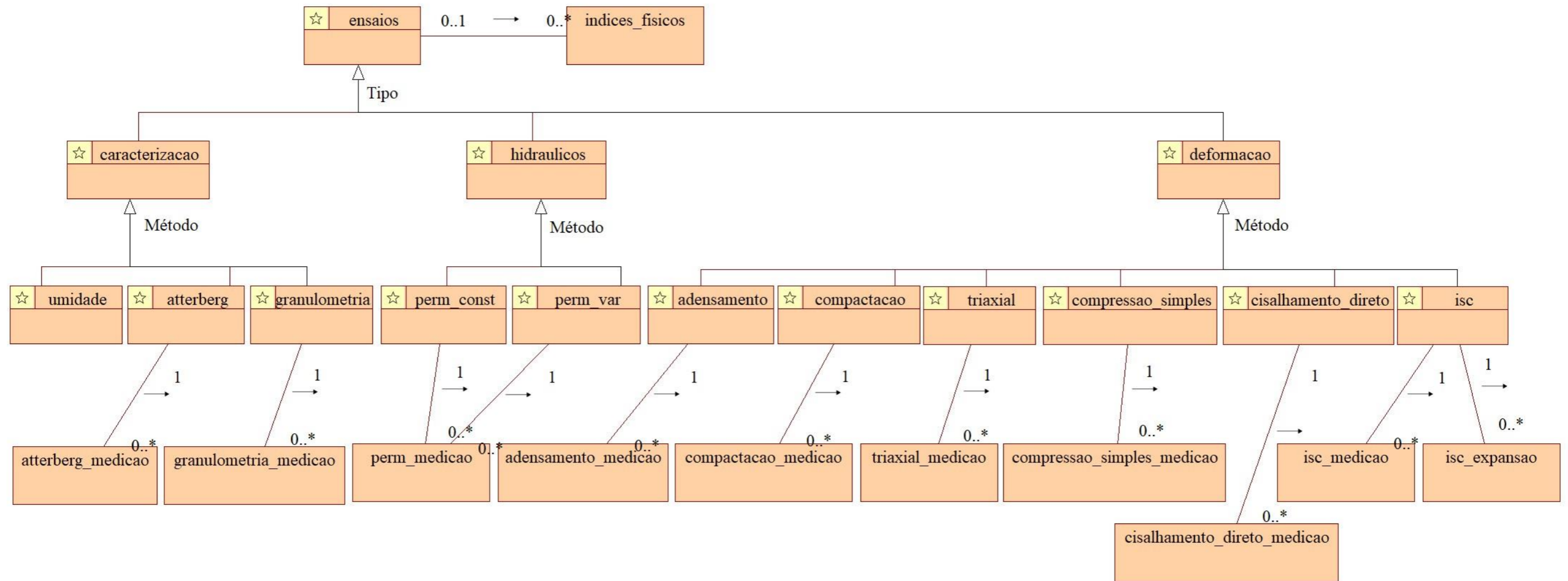


Figura 93: Detalhamento da superclasse ensaios do diagrama de classes geral proposto para o banco de dados.

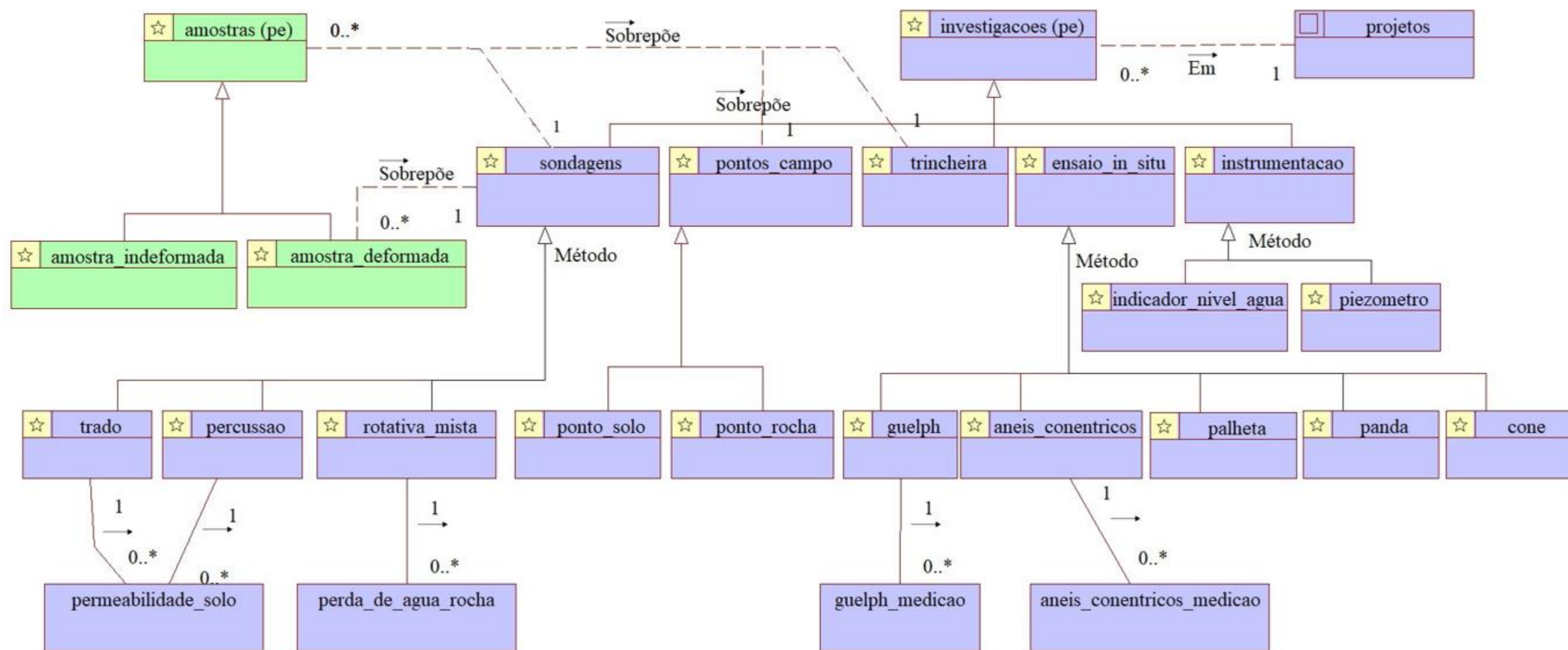


Figura 94: Detalhamento da superclasse investigações do diagrama de classes geral proposto para o banco de dados.

APÊNDICE F: DIAGRAMA DE TRANSFORMAÇÃO

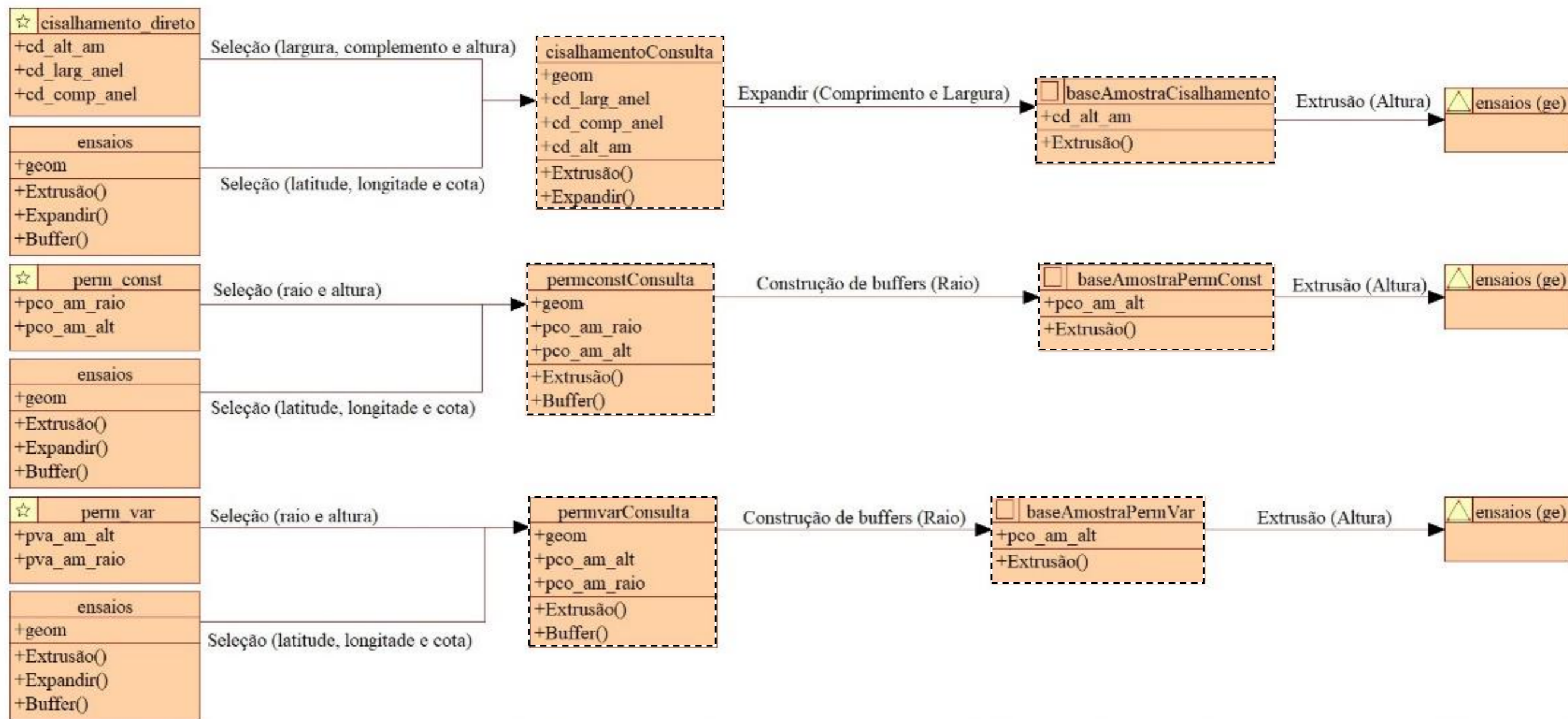


Figura 96: Diagrama de transformação proposto para o banco de dados.

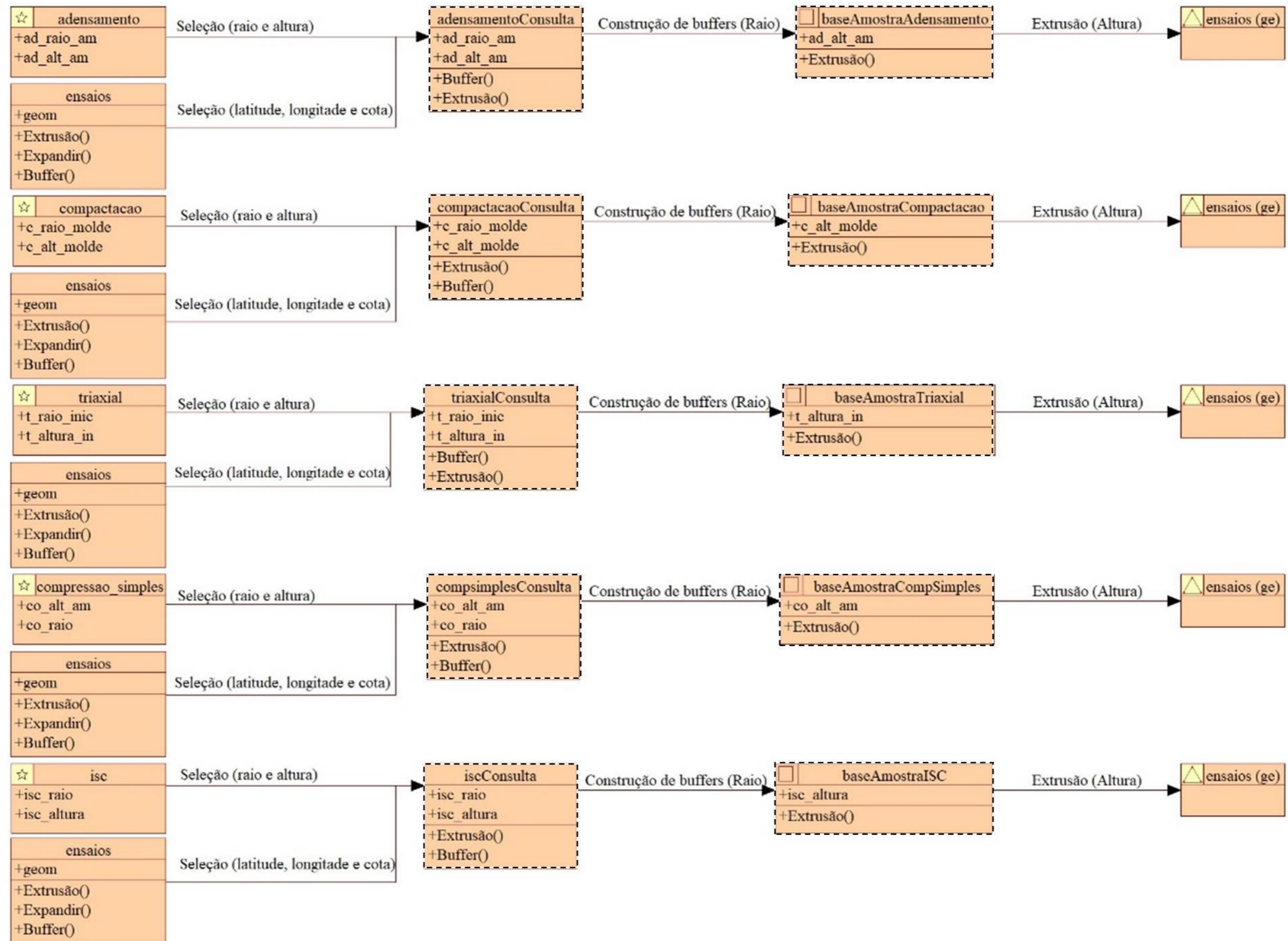


Figura 88: Diagrama de transformação proposto para o banco de dados (continuação).

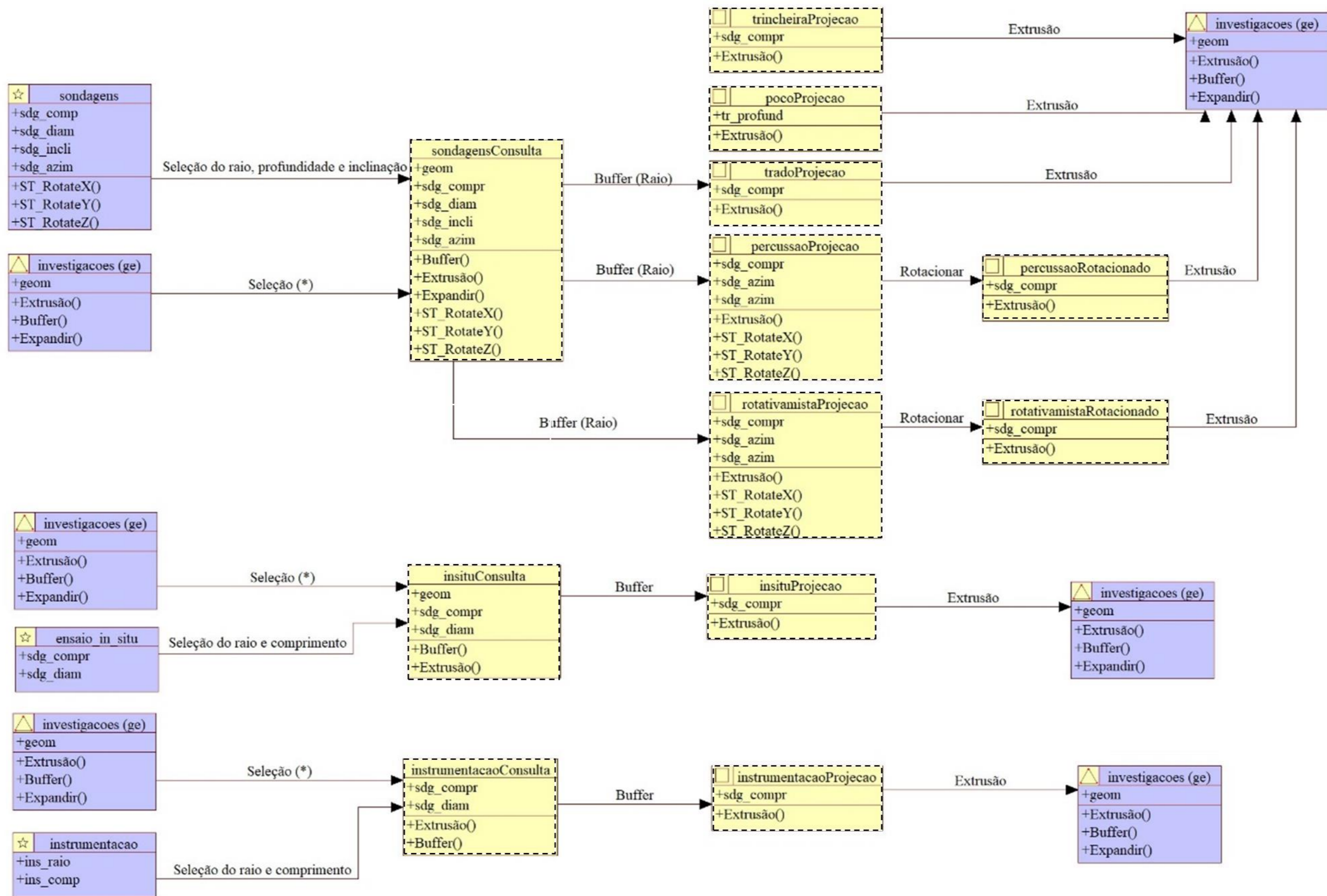


Figura 88: Diagrama de transformação proposto para o banco de dados (continuação).

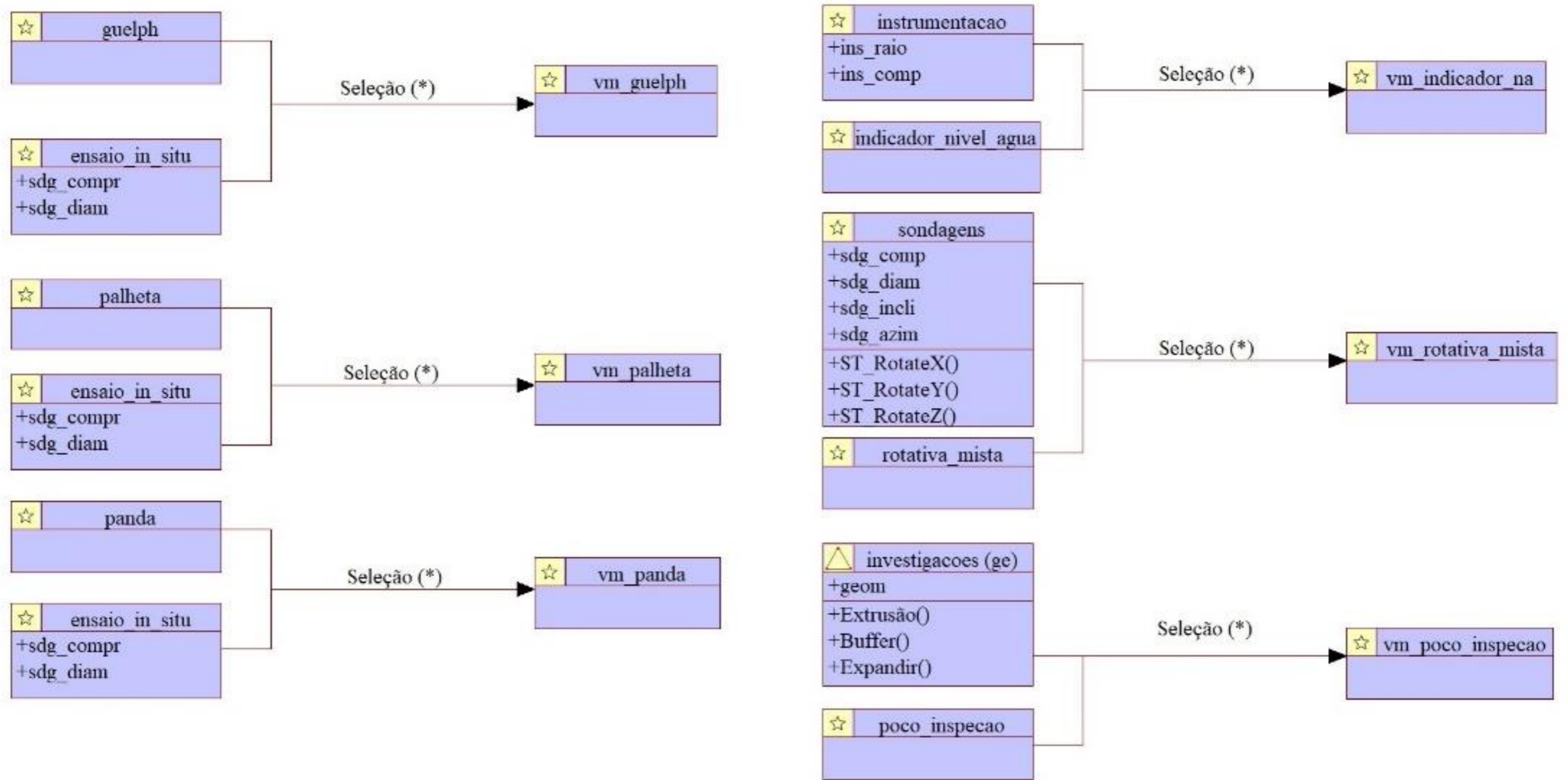


Figura 88: Diagrama de transformação proposto para o banco de dados (continuação).

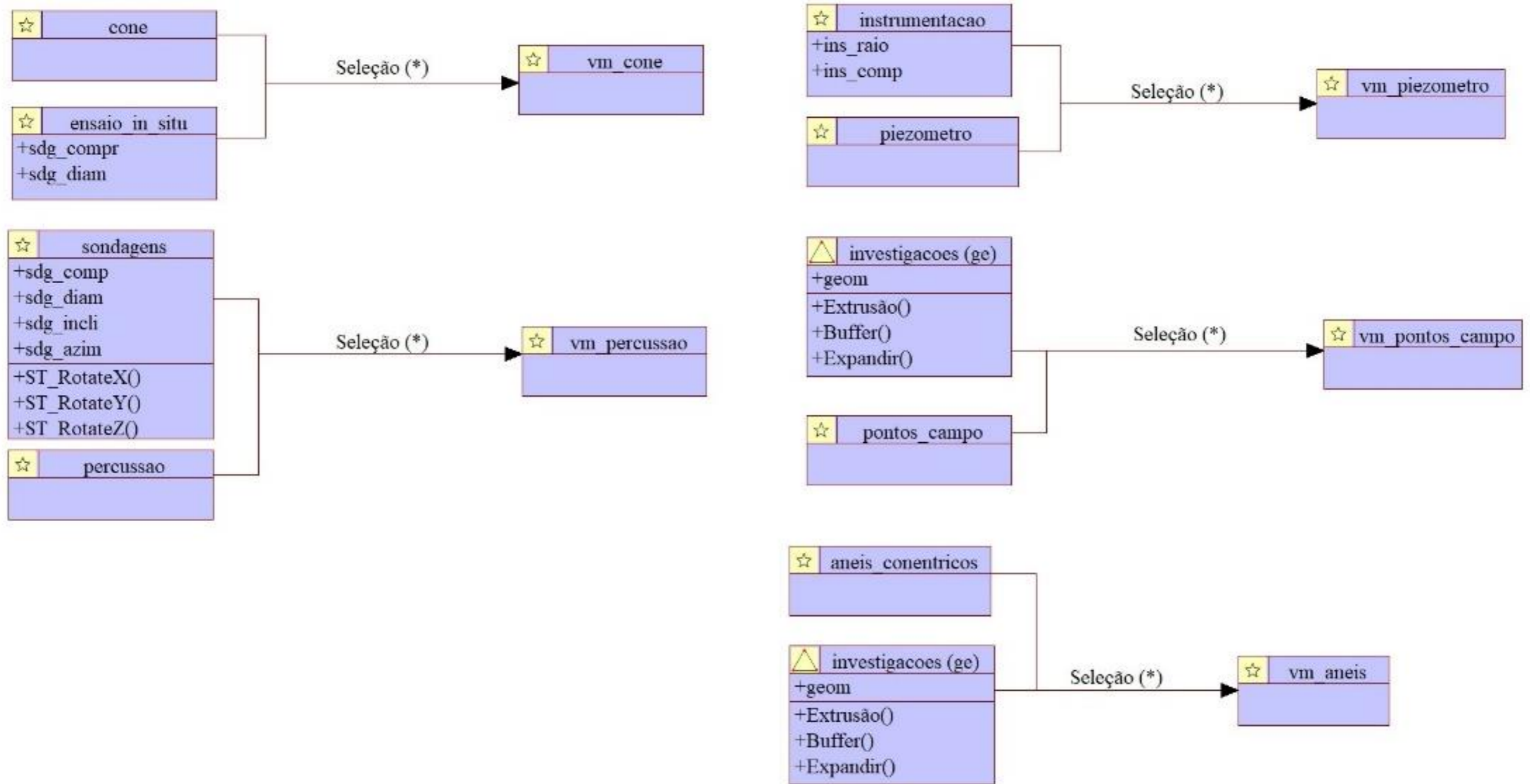


Figura 88: Diagrama de transformação proposto para o banco de dados (continuação).

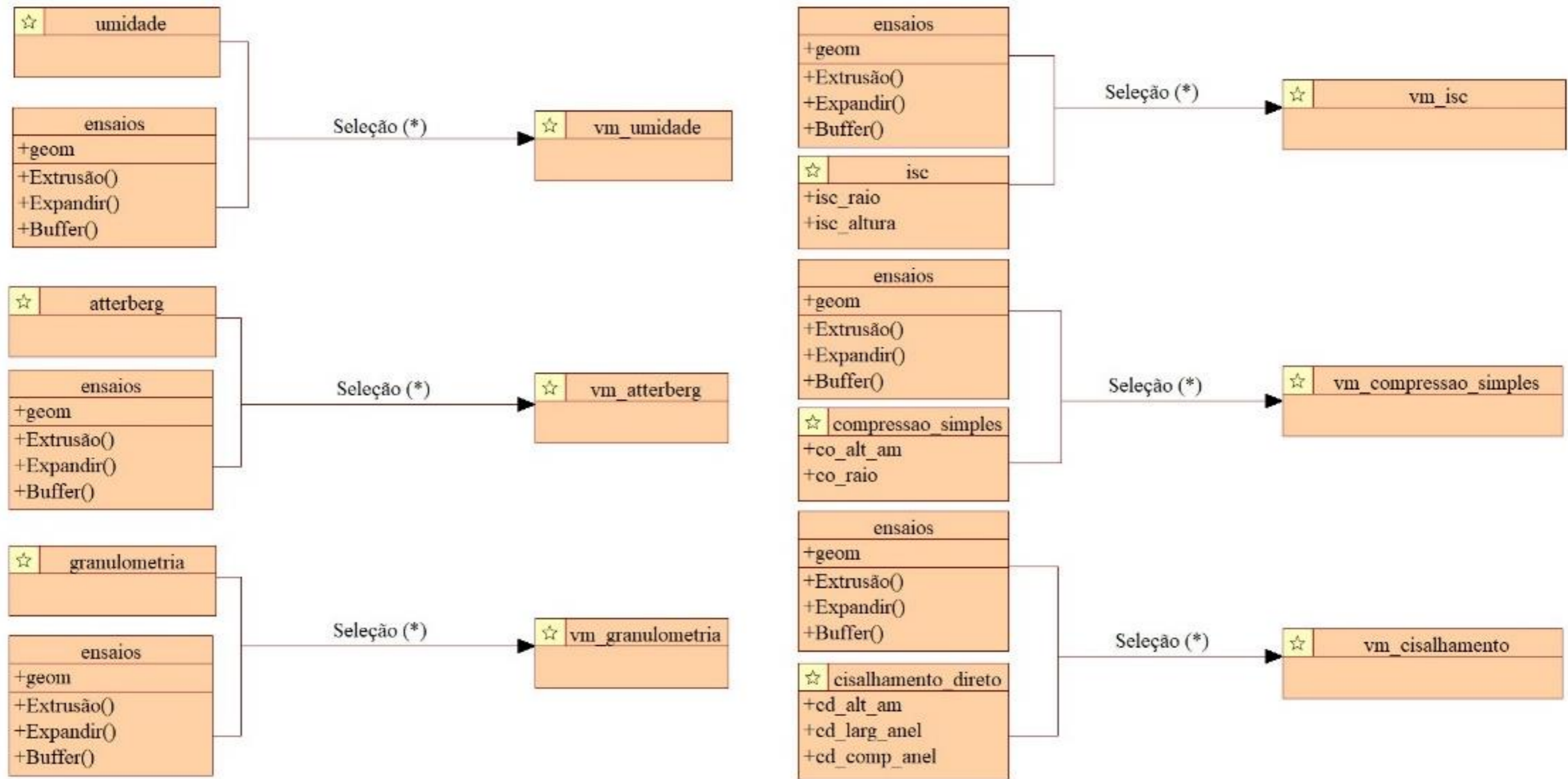


Figura 88: Diagrama de transformação proposto para o banco de dados (continuação).

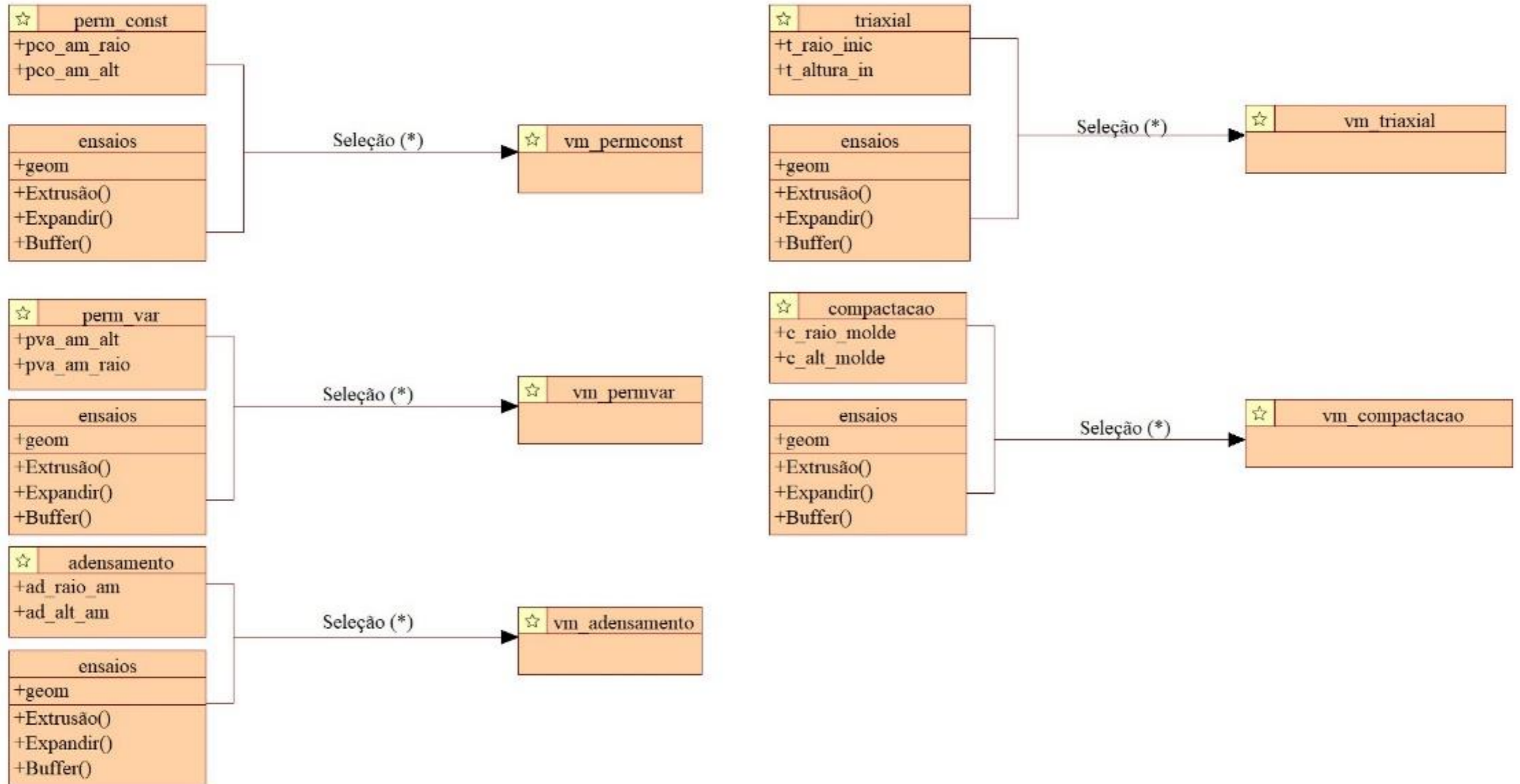


Figura 88: Diagrama de transformação proposto para o banco de dados (continuação).

APÊNDICE G: DIAGRAMA DE APRESENTAÇÃO

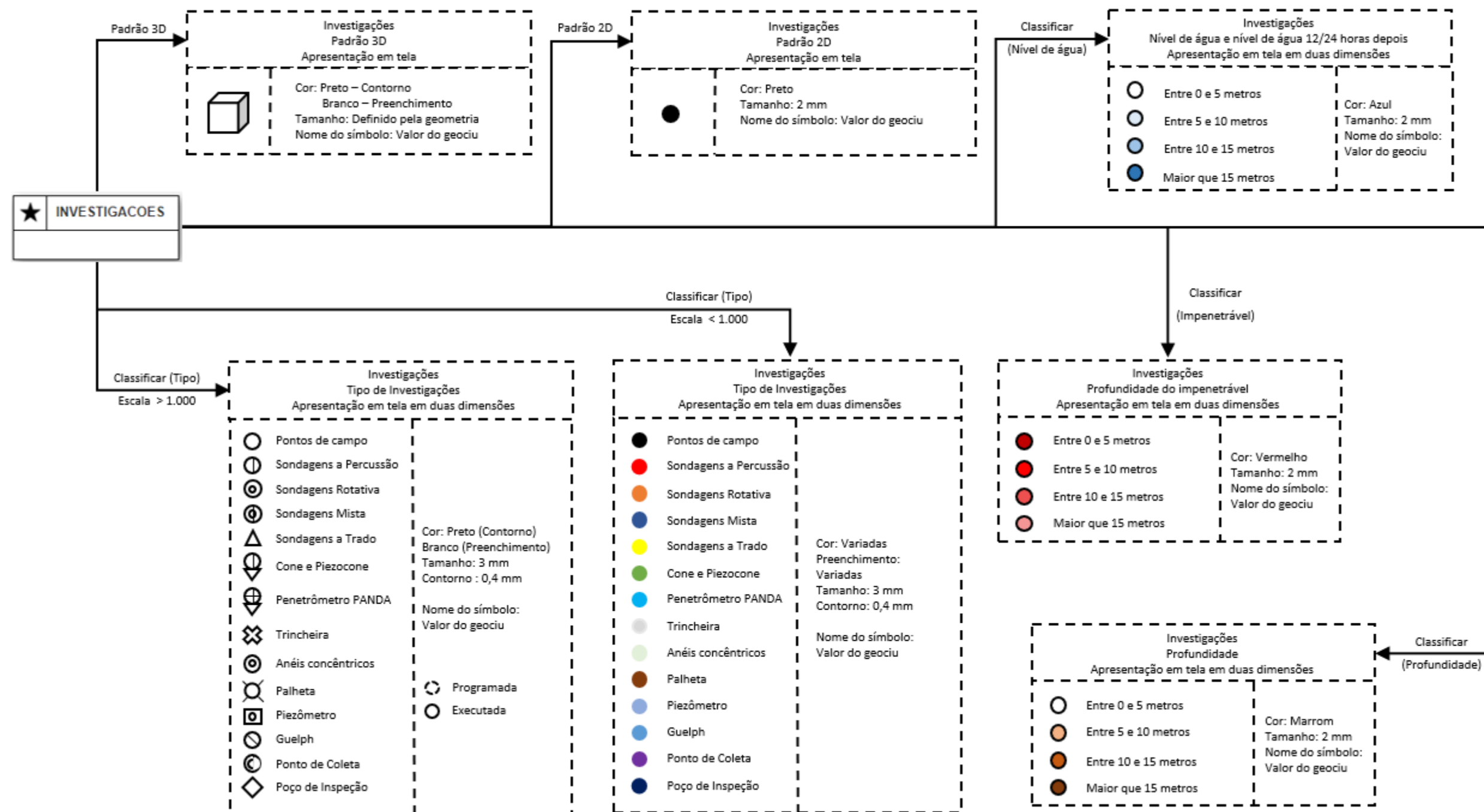


Figura 97: Diagrama de apresentação para algumas classes do diagrama de classes.

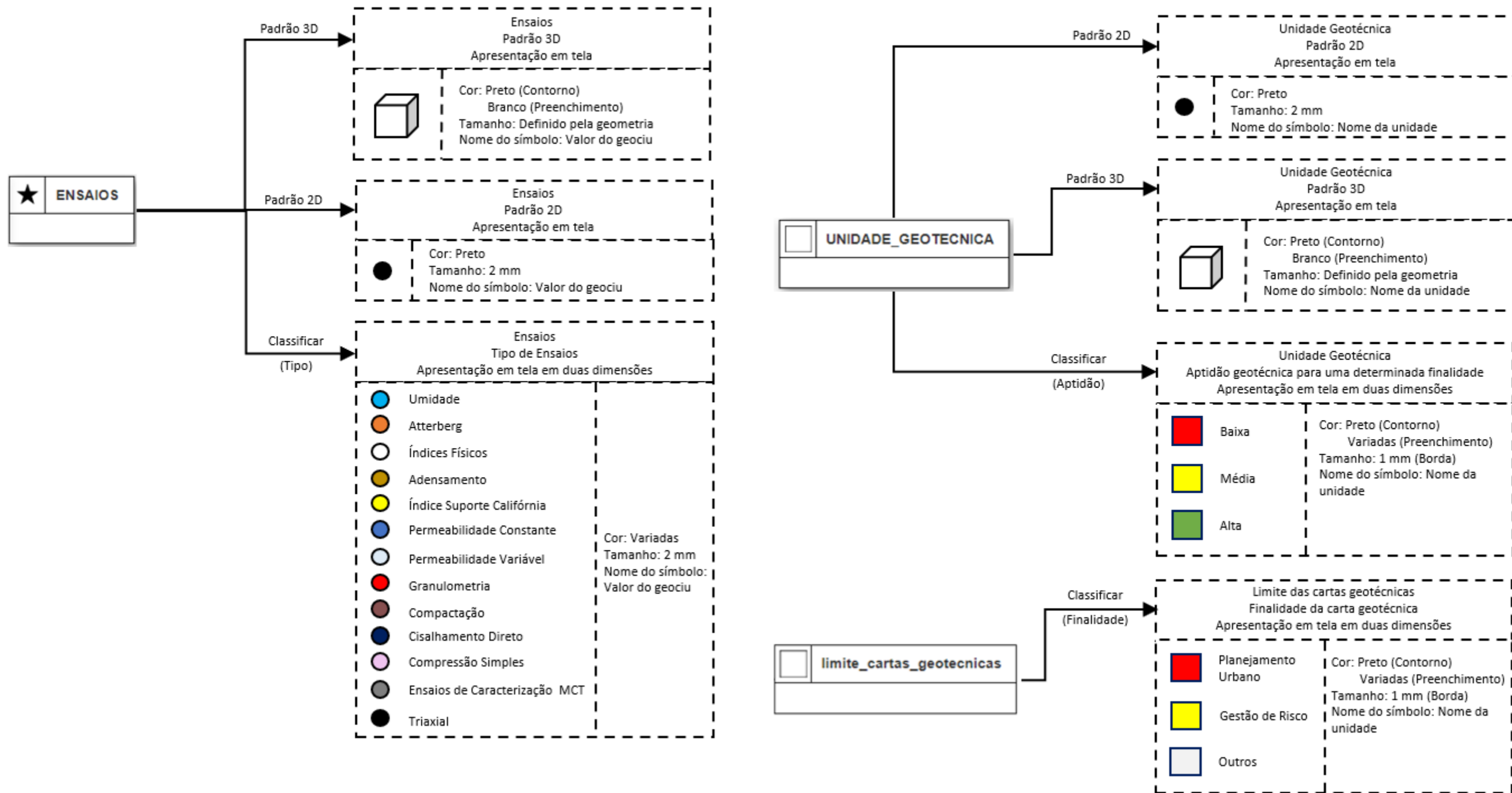


Figura 89: Diagrama de apresentação para algumas classes do diagrama de classes (Continuação).

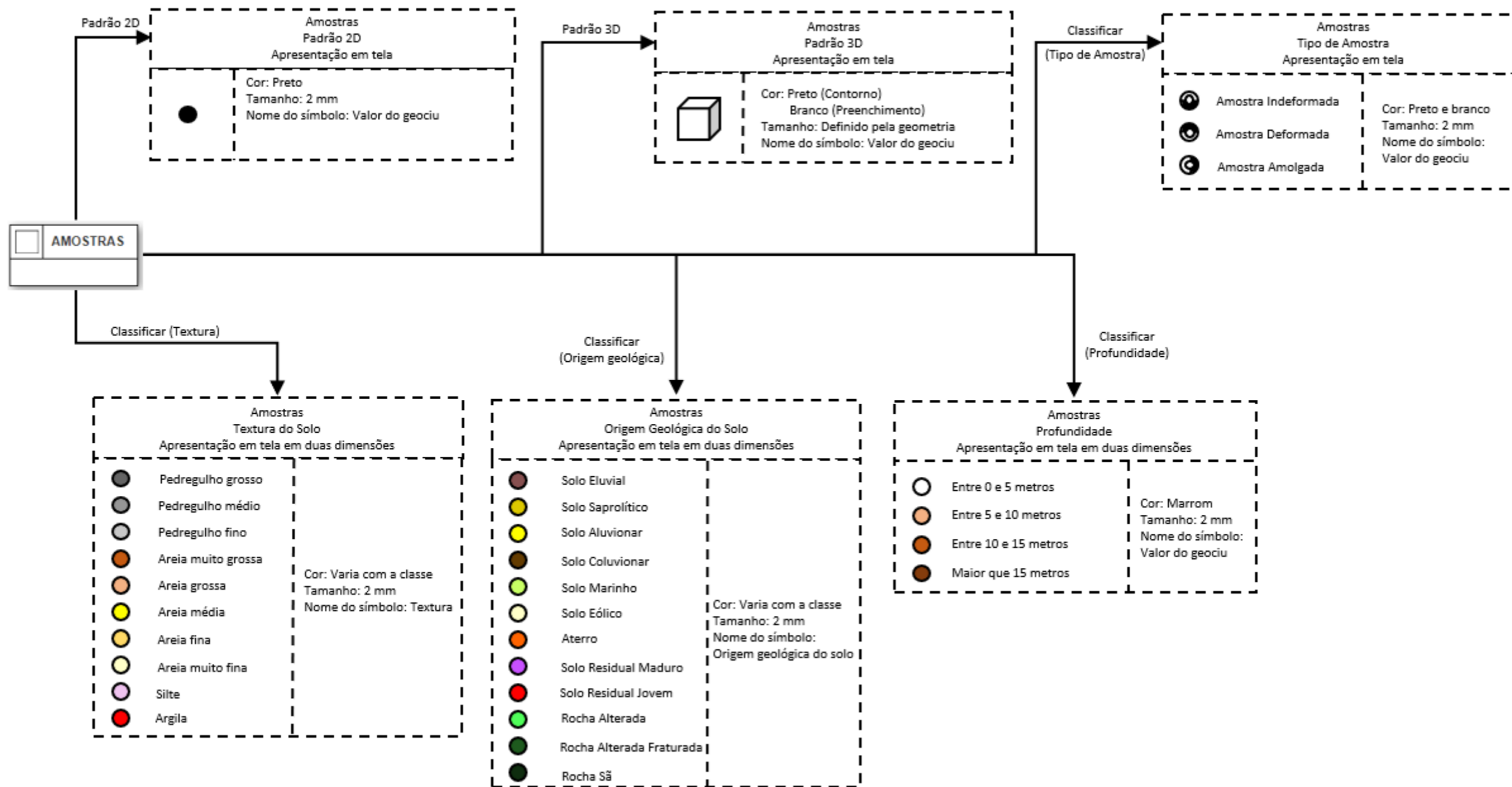


Figura 89: Diagrama de apresentação para algumas classes do diagrama de classes (Continuação).

APÊNDICE H: MANUAL DE UTILIZAÇÃO

Manual da extensão “pggeotec” para PostgreSQL

Elaborado por: Bruno Rodrigues de Oliveira

Distrito Federal

2023

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	3
2.	PRÉ-REQUISITOS DA EXTENSÃO POSTGRESQL PGGEOTEC.....	4
3.	INSTALAÇÃO DO BANCO DE DADOS TRIDIMENSIONAL.....	5
4.	UTILIZANDO O PGADMIN.....	6
4.1.	CRIAR UM GRUPO DE USUÁRIOS.....	6
4.2.	CRIAR USUÁRIO.....	8
4.3.	CRIAR UM ESQUEMA	11
4.4.	ATRIBUIR OU REMOVER PERMISSÕES DE USUÁRIOS.....	14
4.5.	LIBERAR O IP DE UMA MÁQUINA	15
4.6.	REALIZAR UM BACKUP DO BANCO	16
4.7.	REALIZAR A MANUTENÇÃO DO BANCO DE DADOS.....	17
4.8.	RECUPERAR UM BACKUP DO BANCO	18
5.	LEITURA OBRIGATÓRIA ANTES DE CADASTRAR DADOS	19
5.1.	CADASTRAR UM PROJETO	19
5.2.	CADASTRAR UMA INVESTIGAÇÃO	20
5.3.	CADASTRAR UMA AMOSTRA	21
6.	APLICATIVO NO QGIS.....	25
6.1.	REQUISITOS DO PLUGIN GEOTECHNICAL DATA EXPLORER (GDE).....	27
6.2.	INCLUIR DADOS EXTERNO NO BANCO UTILIZANDO O QGIS	28

1. INTRODUÇÃO

Esse manual auxilia na utilização da extensão “pggeotec” para o Sistema Gerenciador do Banco de Dados PostgreSQL responsável pela implementação física de um Banco de Dados Geotécnico Tridimensional modelado na Técnica de Modelagem de Objetos para Aplicações Geográficas (OMT-G).

Os itens 2 e 3 deste manual estão relacionados a instalação do banco de dados relacional e criação da extensão necessária e são etapas obrigatórias. O item 4 deste manual está relacionado com a manutenção do banco de dados e é uma etapa recomendada. O item 5 deste manual resume o básico para se cadastrar novos dados no banco de dados, sendo sua leitura obrigatória. O item 6 deste manual resume os procedimentos a serem adotados para o cadastro de dados no banco de dados, sendo sua leitura obrigatória.

Um banco de dados de amostras está disponível em um formato (.custom) que pode ser restaurado o banco de dados no banco de dados PostgreSQL. A base de dados faz parte da tese apresentada no Programa de Pós-graduação Geotécnica na UnB com o título: "Modelagem Conceitual e Implementação de Banco de Dados Geotécnicos Tridimensionais (BDGeo3D)".

2. PRÉ-REQUISITOS DA EXTENSÃO POSTGRESQL PGGEOTEC

Para acessar todas as funcionalidades do aplicativo é necessário cumprir os requisitos apresentados abaixo:

- PostgreSQL na versão 10 ou maior;
- Postgis 3.0.0 ou maior;
- Arquivos obrigatórios da extensão para PostgreSQL: "pggeotec.control" and "pggeotec--1.0.sql"; e
- Arquivos opcionais da extensão para PostgreSQL: "pggeotec_matviews.control" and "pggeotec_matviews--1.0.sql."

Para mais informações sobre a instalação do PostgreSQL acesse a página [PostgreSQL: Windows installers](#). Para baixar os arquivos da extensão do banco de dados acesse <https://github.com/bro-geo/pggeotec/>

3. INSTALAÇÃO DO BANCO DE DADOS TRIDIMENSIONAL

Após a instalação do PostgreSQL, baixe os arquivos **pggeotec--1.0.sql** e **pggeotec.control** do Github¹. Copie os arquivos para a pasta “C:\Program Files\PostgreSQL\[VERSION]\share\extension” ou pasta equivalente no seu sistema operacional.

Acesse o pgAdmin e crie um banco de dados utilizando o usuário postgres. Crie um banco de dados e execute o comando "**CREATE EXTENSION postgis**" sem as aspas. No mesmo banco de dados, execute o comando "**CREATE EXTENSION postgis_sfcgal**" sem as aspas e por fim, execute o comando "**CREATE EXTENSION pggeotec**" sem as aspas. Agora você pode usar todas as funções disponíveis na extensão².

Restaure seu banco de dados com arquivo “custom” disponível no GitHub³ usando o pgAdmin. Também está disponível um backup no formato “plain” caso seja necessário alterar o código fonte do backup.

Caso deseje instalar a extensão das visualizações materializadas, certifique-se que a extensão pggeotec já esteja instalada. Para ser capaz de executar o **CREATE EXTENSION pggeotec_matviews** comando em seu banco de dados, você precisa baixar estes dois arquivos: **pggeotec_matviews--1.0.sql** e **pggeotec_matviews.control** e colar em C:\Program Files\PostgreSQL\[VERSION]\share\extension. Acesse seu banco de dados e execute o comando "**CREATE EXTENSION pggeotec_matviews**"

¹ Para baixar os arquivos, acesse <https://github.com/bro-geo/pggeotec/>

² Mais informações sobre as funções, acessar o site <https://github.com/bro-geo/pggeotec/>

³ Para baixar os backups, acesse <https://github.com/bro-geo/pggeotec/backup>

4. UTILIZANDO O PGADMIN

Neste tópico vão ser detalhados as principais atividades no pgAdmin.

4.1. CRIAR UM GRUPO DE USUÁRIOS

Abrir o Sistema Gerenciador de Banco de Dados e conectar com o usuário dono do banco. Em seguida, execute o código abaixo substituindo os trechos em vermelho.

```
CREATE ROLE grupo WITH NOLOGIN NOSUPERUSER NOINHERIT NOCREATEDB
NOCREATEROLE NOREPLICATION;
GRANT USAGE ON SCHEMA esquema TO grupo;
```

Outra opção é utilizar o sistema gerenciador de banco de dados clicando com botão direito em Login/Group Roles > Create > Login/Group Role (Figura 1).

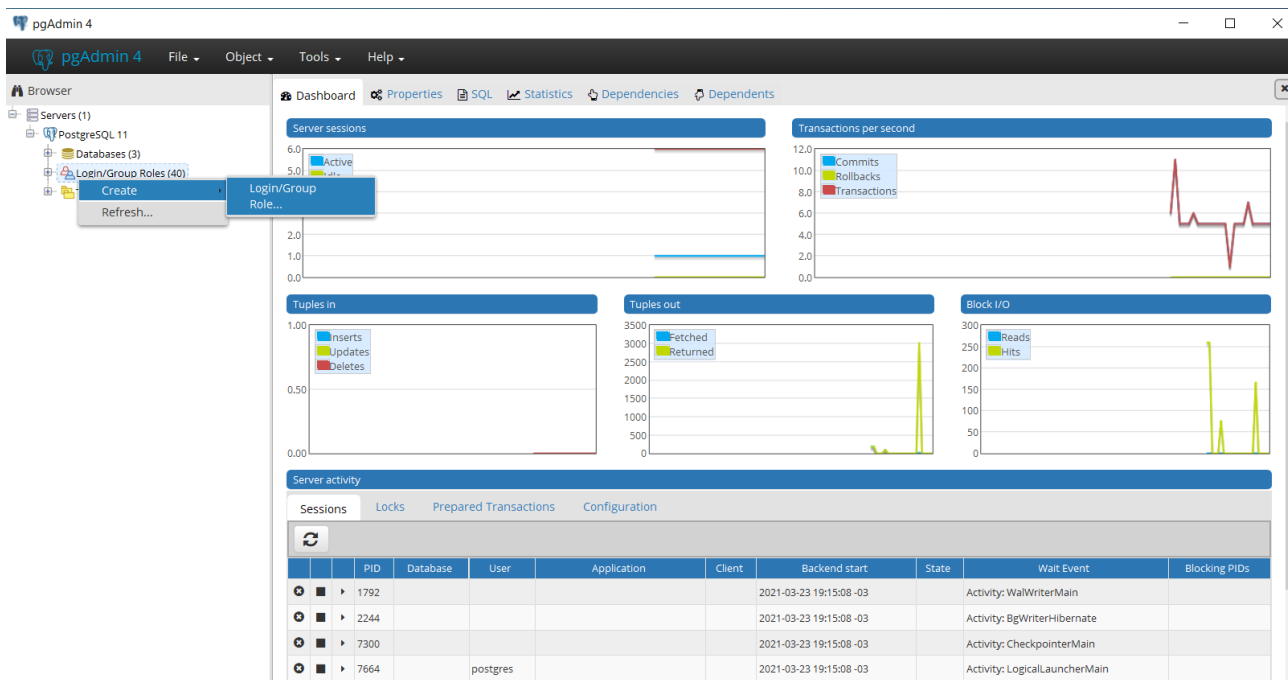


Figura 1: Ilustração mostrando a opção de criação de grupos no banco de dados.

Para criar um grupo de usuários é só fornecer um nome e não inserir senha (Figura 2).

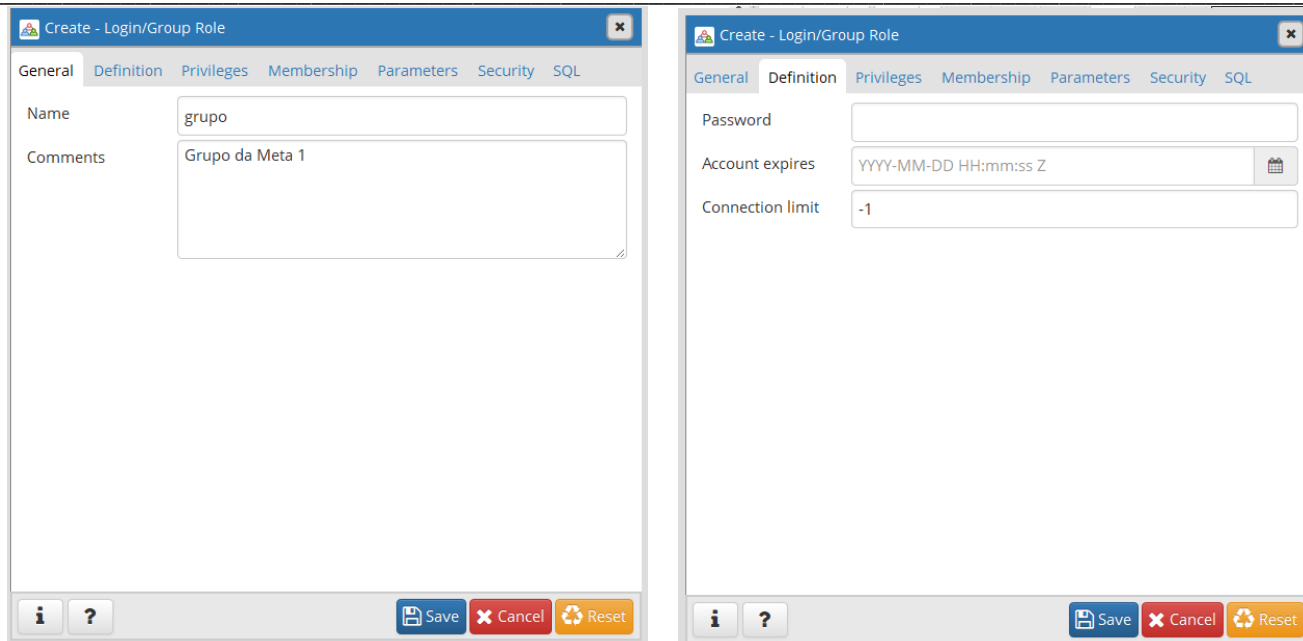


Figura 2: Configurações utilizadas para a criação de grupos de usuários.

Seguir as regras definidas abaixo (Figura 3).

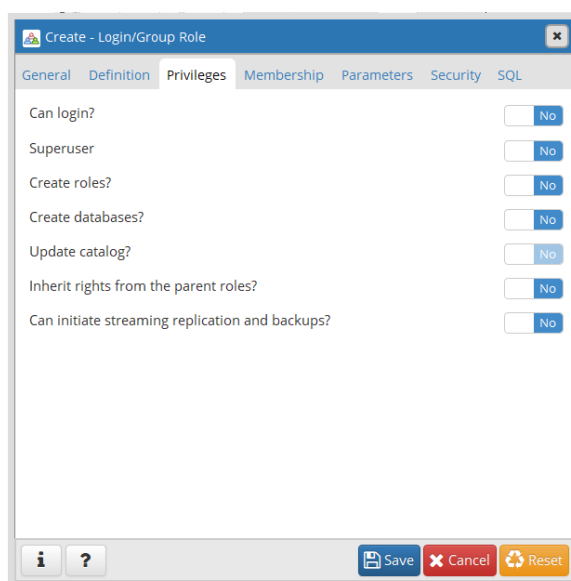


Figura 3: Configurações utilizadas para a criação de grupos de usuários.

NOTA: Os grupos recebem as permissões que os usuários irão ter acesso. É necessário atribuir⁴, remover⁵ ou definir privilégios padrão para os grupos⁶. De a permissão de utilização do esquema para o grupo que foi criado “GRANT USAGE ON SCHEMA nome_do_esquema TO grupo;”

⁴ [PostgreSQL: Documentation: 11: GRANT /](#)

⁵ [PostgreSQL: Documentation: 11: REVOKE](#)

⁶ [PostgreSQL: Documentation: 11: ALTER DEFAULT PRIVILEGES](#)

4.2. CRIAR USUÁRIO

Abrir o Sistema Gerenciador de Banco de Dados e conectar com o usuário dono do banco. Executar o código abaixo substituindo os trechos em vermelho.

```
CREATE ROLE usuario WITH LOGIN NOSUPERUSER NOINHERIT NOCREATEDB  
NOCREATEROLE NOREPLICATION ENCRYPTED PASSWORD 'senha';  
GRANT grupo TO usuario;  
COMMENT ON ROLE usuario IS 'Descrição';
```

Outra opção é utilizar o sistema gerenciador de banco de dados. Para criar um usuário é só fornecer um nome e inserir senha (Figura 4).

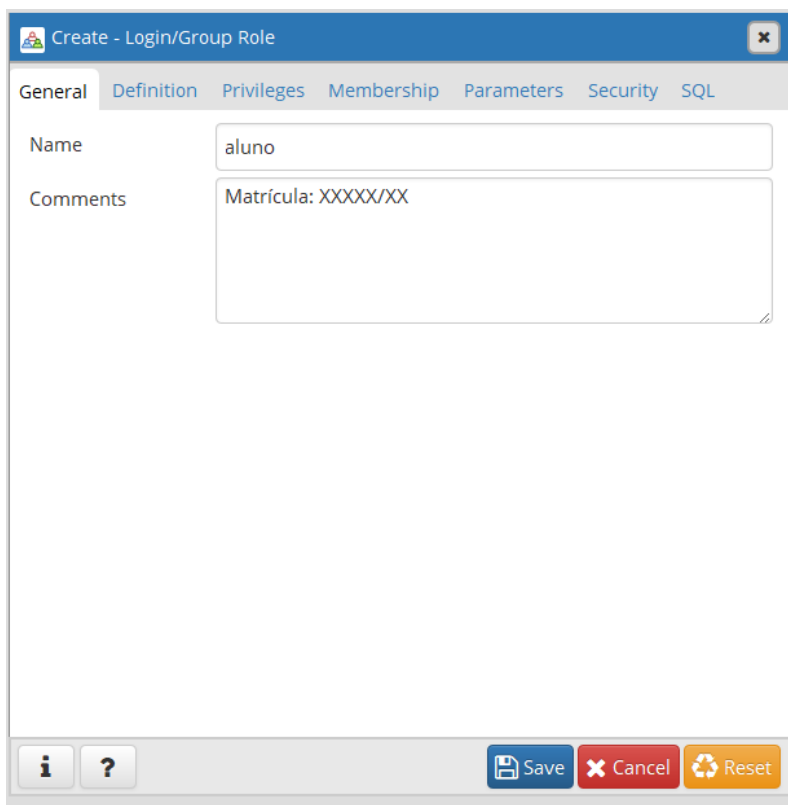


Figura 4: Configurações utilizadas para a criação de usuários.

Seguir as regras definidas abaixo (Figura 5).

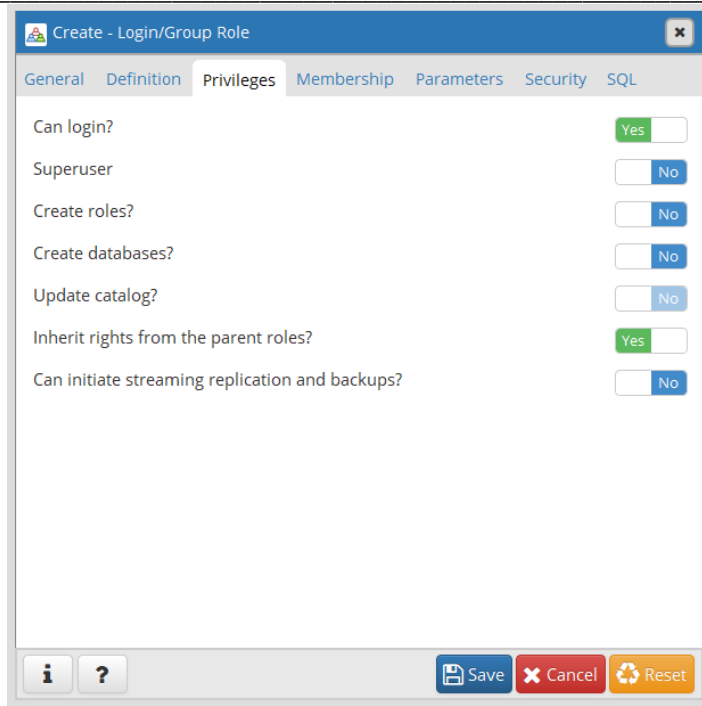


Figura 5: Configurações utilizadas para a criação de usuários.

Atribuir os grupos que o usuário pertence. Confira as permissões na tabela de usuários (Figura 6).

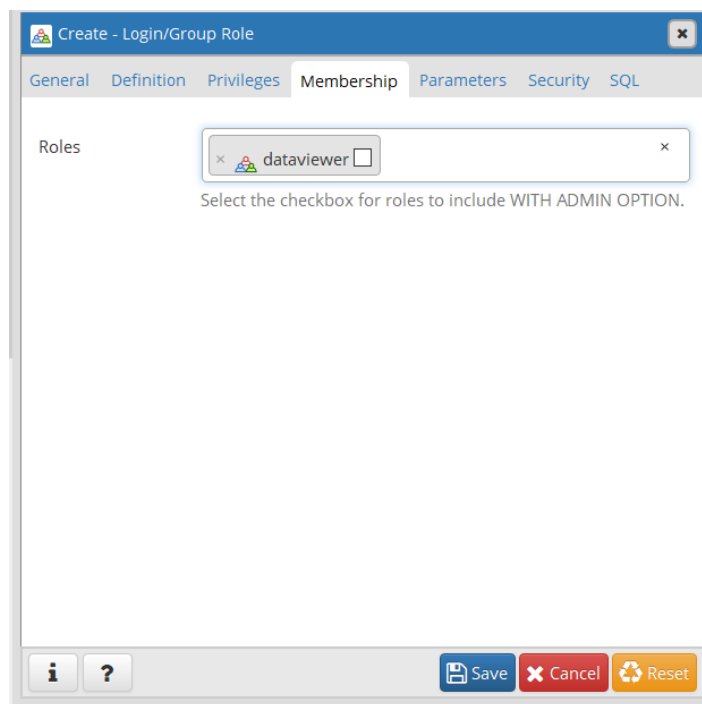
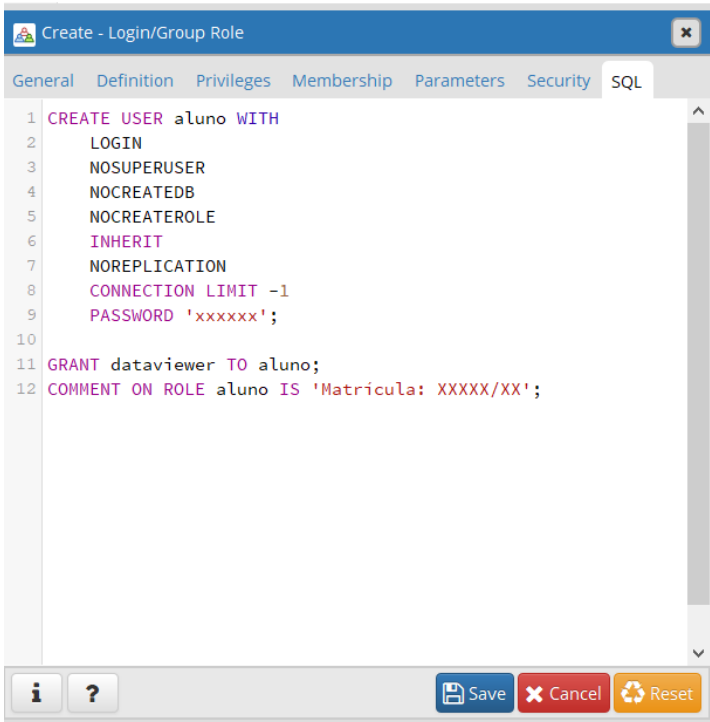


Figura 6: Configurações utilizadas para a criação de usuários.

Conferir informações preenchidas e caso alguma informação esteja incorreta, retorne para as abas anteriores e corrija a informação (Figura 7).



```
1 CREATE USER aluno WITH
2 LOGIN
3 NOSUPERUSER
4 NOCREATEDB
5 NOCREATEROLE
6 INHERIT
7 NOREPLICATION
8 CONNECTION LIMIT -1
9 PASSWORD 'xxxxxx';
10
11 GRANT dataviewer TO aluno;
12 COMMENT ON ROLE aluno IS 'Matricula: XXXXX/XX';
```

Figura 7: Configurações utilizadas para a criação de usuários.

4.3. CRIAR UM ESQUEMA

Utilizar o sistema gerenciador de banco de dados. Criar um usuário para ser dono do esquema caso ele não exista (Figura 8).

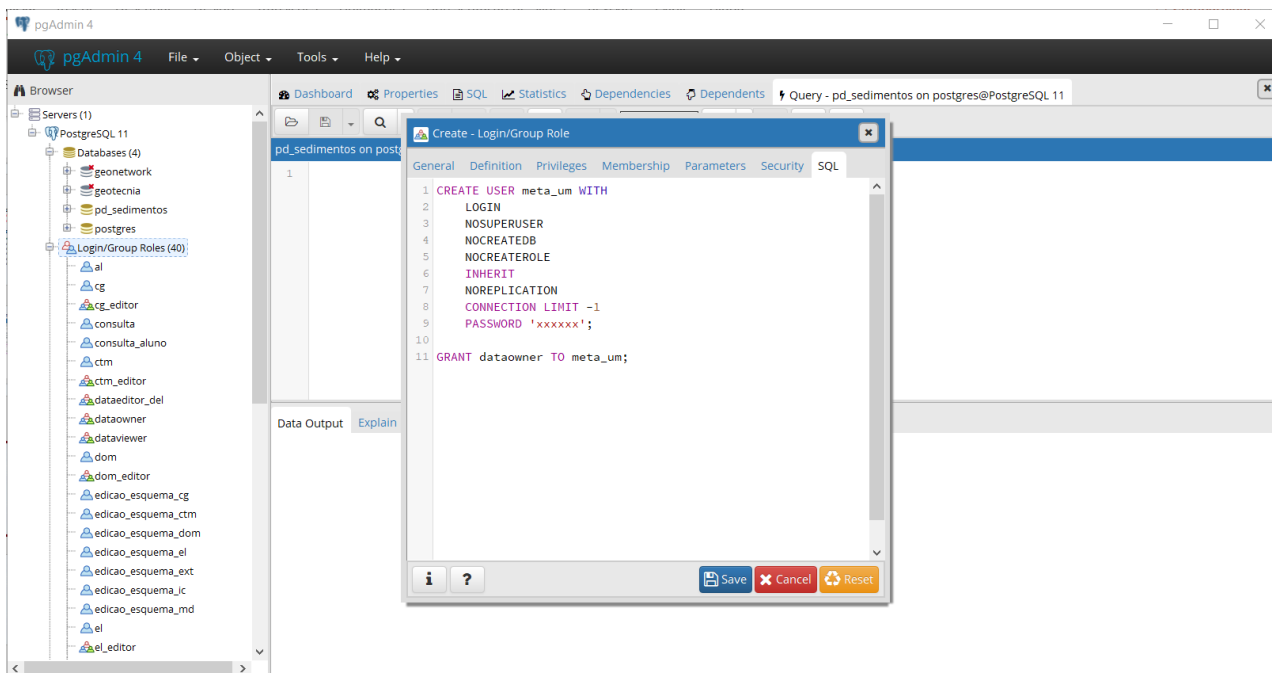


Figura 8: Configurações do usuário dono do esquema.

Clicar com botão direito em Schemas > Create > Schema (Figura 9).

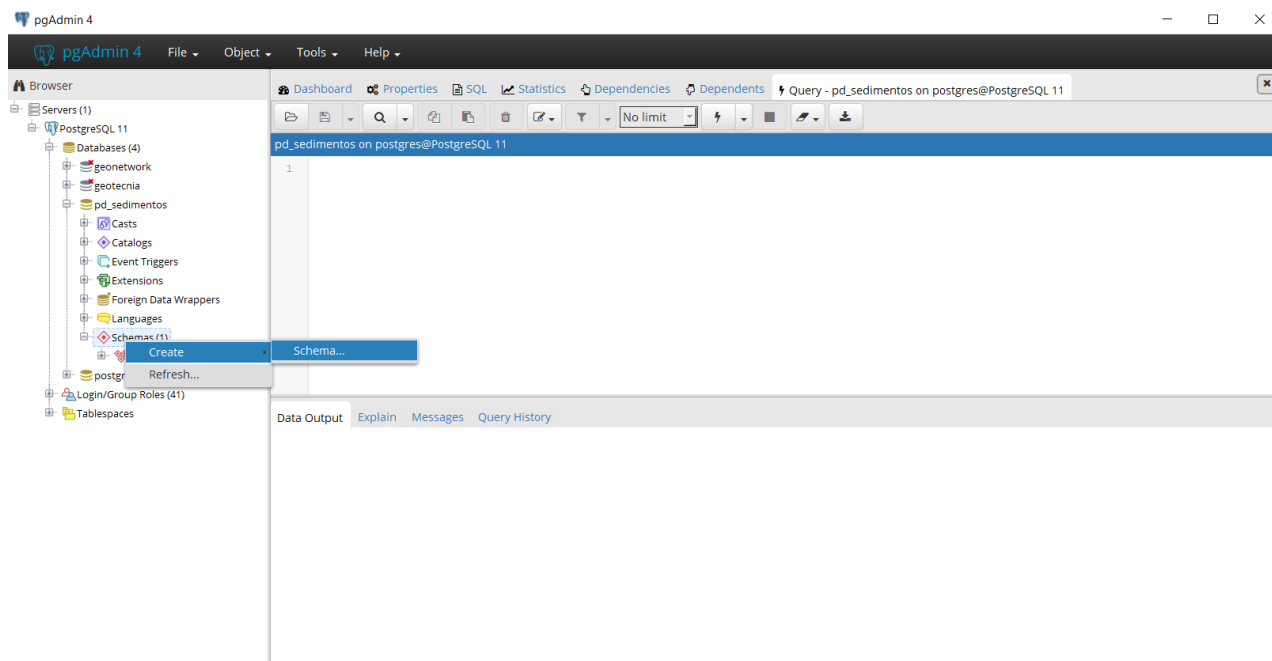


Figura 9: Processo de criação de um esquema no banco.

Identificar o nome do esquema e o usuário dono do esquema (Figura 10).

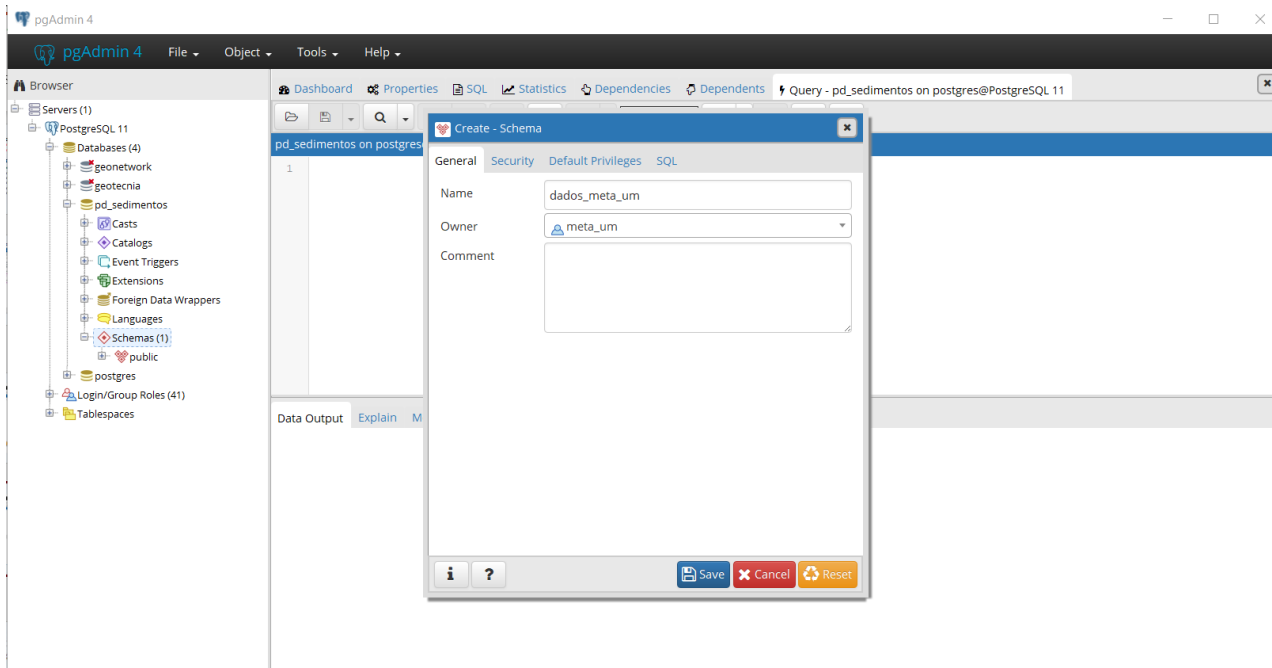


Figura 10: Configurações durante a criação um esquema no banco de dados.

Selecionar os parâmetros definidos abaixo. Essa configuração define que o usuário público só consulte (Figura 11).

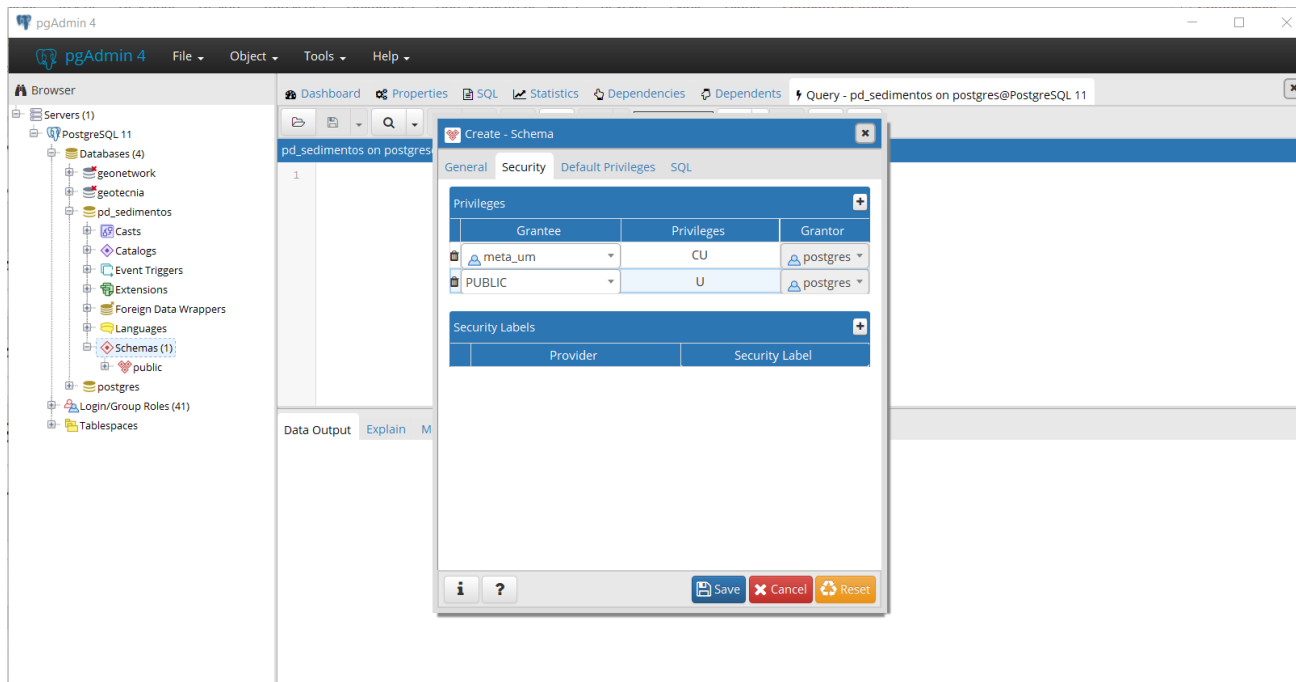


Figura 11: Configurações durante a criação um esquema no banco de dados.

Conferir as informações do esquema. Caso alguma informação esteja incorreta, retorne para as abas anteriores e corrija a informação (Figura 12). Mais informações podem ser obtidas na documentação⁷.

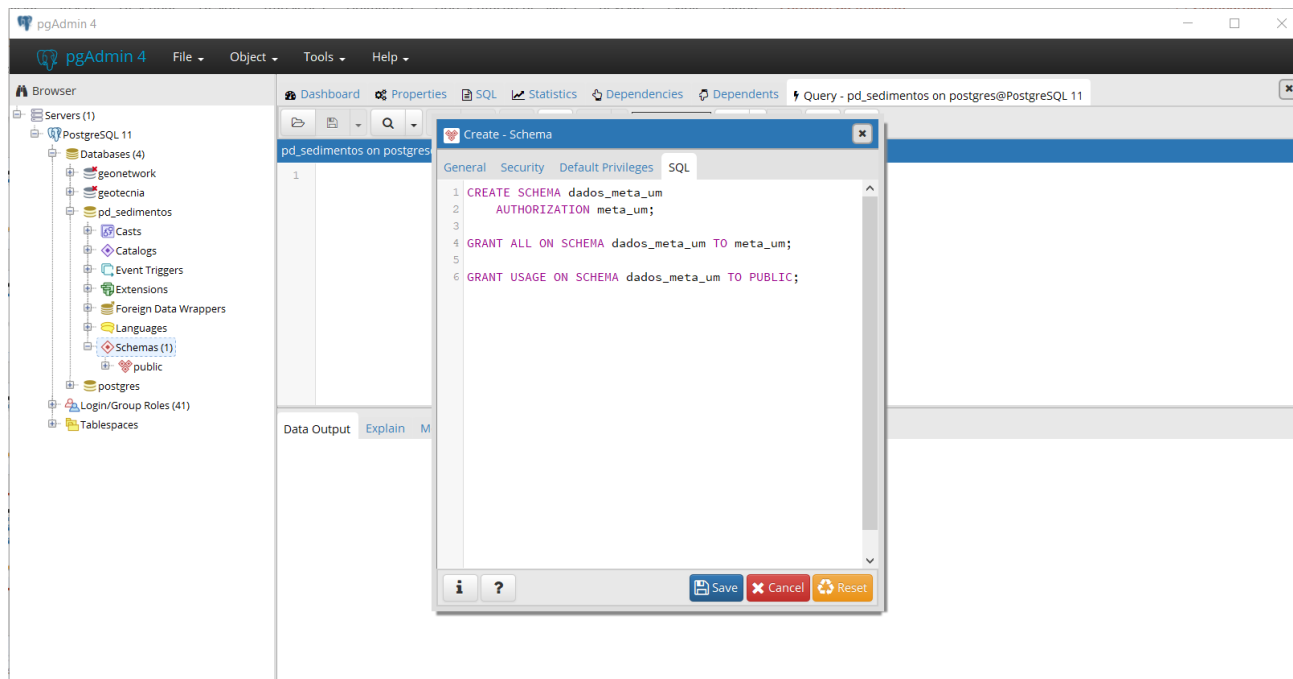


Figura 12: Configurações durante a criação um esquema no banco de dados.

⁷ [PostgreSQL: Documentation: 11: CREATE SCHEMA](#)

4.4. ATRIBUIR OU REMOVER PERMISSÕES DE USUÁRIOS

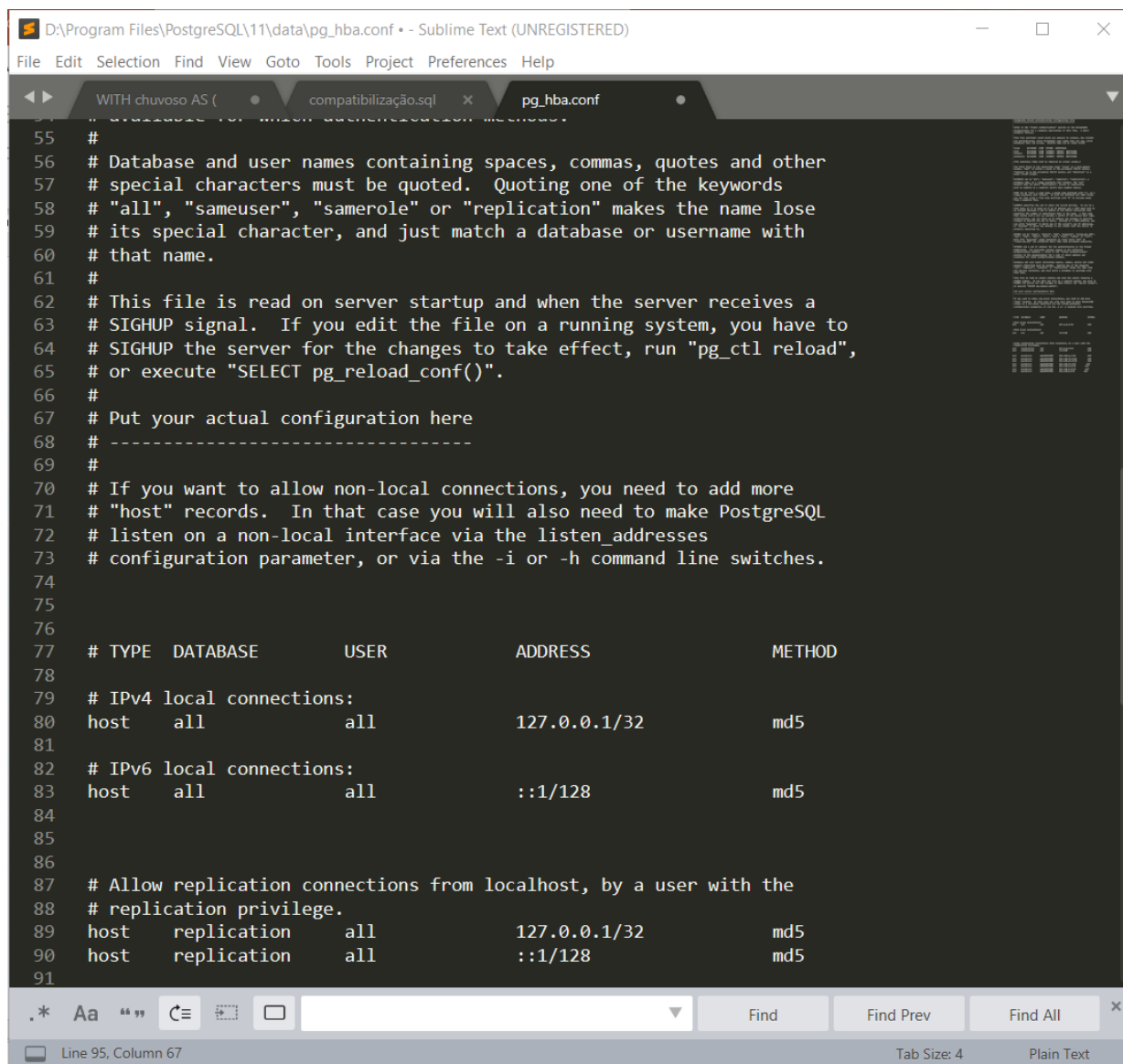
Abrir o Sistema gerenciador de banco de dados e conectar com o usuário dono do banco. Executar o código abaixo substituindo os trechos em vermelho.

```
GRANT SELECT, UPDATE, DELETE, INSERT ON esquema.tabela TO grupo;
```

4.5. LIBERAR O IP DE UMA MÁQUINA

Acessar a pasta na qual os dados do banco de dados estão armazenados. Esse diretório foi definido durante a instalação e possui o trecho “PostgreSQL/[Version]/data”. Para permitir outros computadores na mesma rede, editar o arquivo **pg_hba.conf** e inserir as informações dos hosts desejados seguindo o seguinte formato.

host	nome_do_banco	usuario	000.0.0.0/0 (IP)	md5
-------------	----------------------	----------------	-------------------------	------------



```

55 #
56 # Database and user names containing spaces, commas, quotes and other
57 # special characters must be quoted. Quoting one of the keywords
58 # "all", "sameuser", "samerole" or "replication" makes the name lose
59 # its special character, and just match a database or username with
60 # that name.
61 #
62 # This file is read on server startup and when the server receives a
63 # SIGHUP signal. If you edit the file on a running system, you have to
64 # SIGHUP the server for the changes to take effect, run "pg_ctl reload",
65 # or execute "SELECT pg_reload_conf()".
66 #
67 # Put your actual configuration here
68 # -----
69 #
70 # If you want to allow non-local connections, you need to add more
71 # "host" records. In that case you will also need to make PostgreSQL
72 # listen on a non-local interface via the listen_addresses
73 # configuration parameter, or via the -i or -h command line switches.
74
75
76
77 # TYPE      DATABASE     USER        ADDRESS            METHOD
78
79 # IPv4 local connections:
80 host       all         all         127.0.0.1/32      md5
81
82 # IPv6 local connections:
83 host       all         all         ::1/128           md5
84
85
86
87 # Allow replication connections from localhost, by a user with the
88 # replication privilege.
89 host       replication all         127.0.0.1/32      md5
90 host       replication all         ::1/128           md5
91
  
```

Figura 13: Arquivo em texto com as configurações de rede do banco de dados.

4.6. REALIZAR UM BACKUP DO BANCO

Para realizar o backup do banco de dados e preencha as informações necessárias e selecione o local em que o arquivo será salvo (Figura 14).

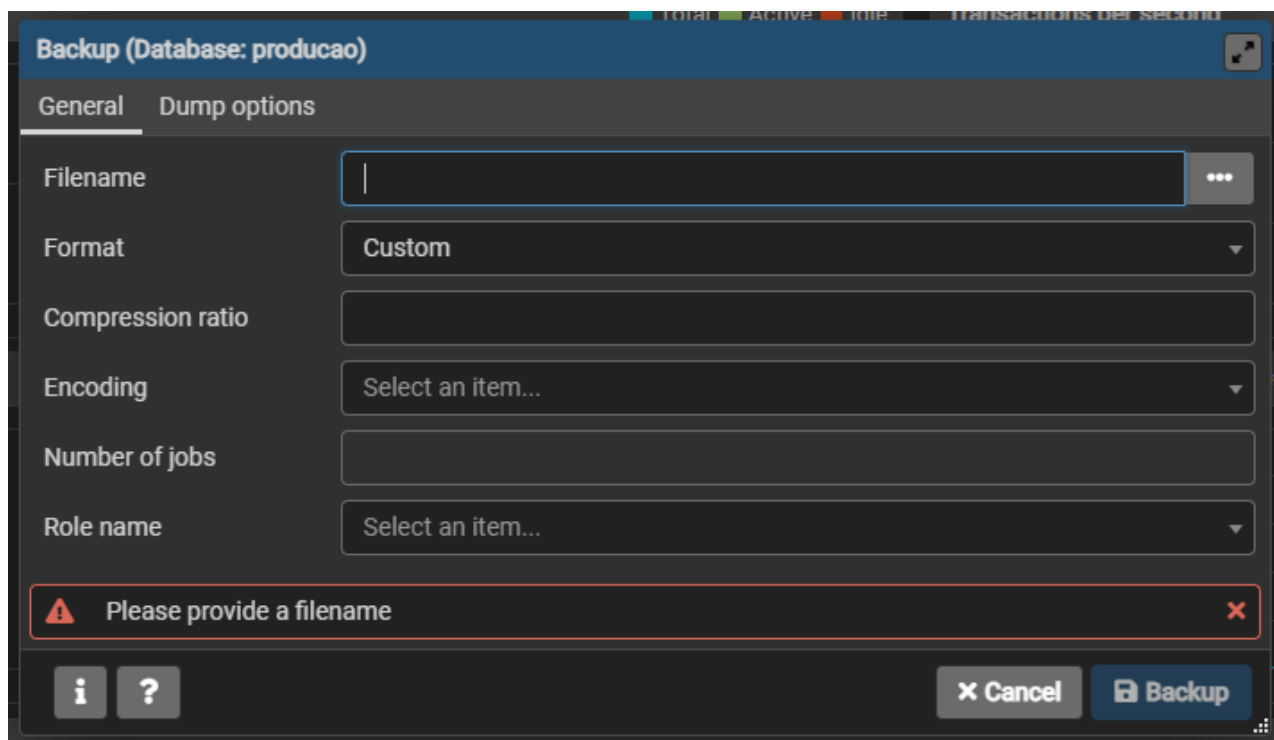


Figura 14: Configurações do backup do banco de dados.

4.7. REALIZAR A MANUTENÇÃO DO BANCO DE DADOS

Para realizar a manutenção do banco de dados e preencha as informações necessárias e selecione o local em que o arquivo será salvo (Figura 15). Recomenda-se a execução do “vacuum”, “analize” e “reindex” rotina a cada 15 dias.

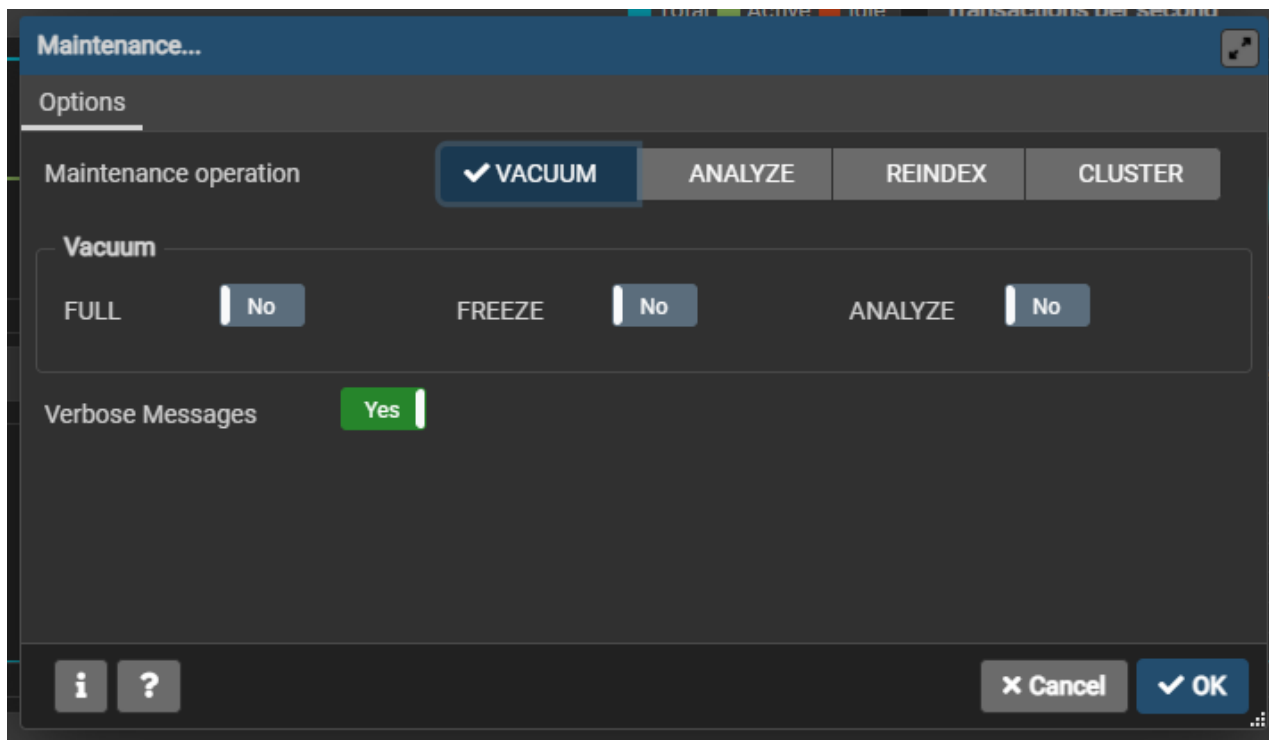


Figura 15: Configurações da rotina de manutenção do banco de dados.

4.8. RECUPERAR UM BACKUP DO BANCO

Para restaurar um backup é só seguir os procedimentos enumerados abaixo.

- Abrir o CMD como administrador
- Executar o comando "cd C:\Program Files\PostgreSQL\11\bin". É só copiar e colar no cmd e apertar enter.
- Criar o banco via pg admin que vai receber o backup. Ver **Erro! Fonte de referência não encontrada.**
- Executar o comando "pg_restore.exe --host "localhost" --port "5432" --username "postgres" --W --role "postgres" --dbname "NOME_DO_BANCO" --verbose "CAMINHO_DO_ARQUIVO"

EXEMPLO: "pg_restore.exe --host "localhost" --port "5432" --username "postgres" --W --role "postgres" --dbname "teste" --verbose "D:\Processamentos\Backup\projeto_uh_batalha_20210623.backup"

- Digitar a senha do usuário postgres

Para realizar o backup do globals, execute os seguintes comandos no cmd:

- Executar o comando: **cd C:\Program Files\PostgreSQL\11\bin**
- Executar o comando: **pg_dumpall -h localhost -p 5432 -U postgres -v --globals-only -f "D:/Processamentos/Backup/globals.sql"**
- Digitar a senha.

Para recuperar o globals, execute os seguintes comandos:

- Executar o comando: **cd C:\Program Files\PostgreSQL\11\bin**
- Executar o comando: **psql -h localhost -d postgres -U postgres -f "D:/Processamentos/Backup/globals.sql"**

5. LEITURA OBRIGATÓRIA ANTES DE CADASTRAR DADOS

A inclusão de dados pode ser realizada utilizando códigos SQL, mas demanda um conhecimento avançado em programação. A outra opção consiste na utilização do Sistema de informações geográficas (SIG) gratuito QGIS (Figura 16).

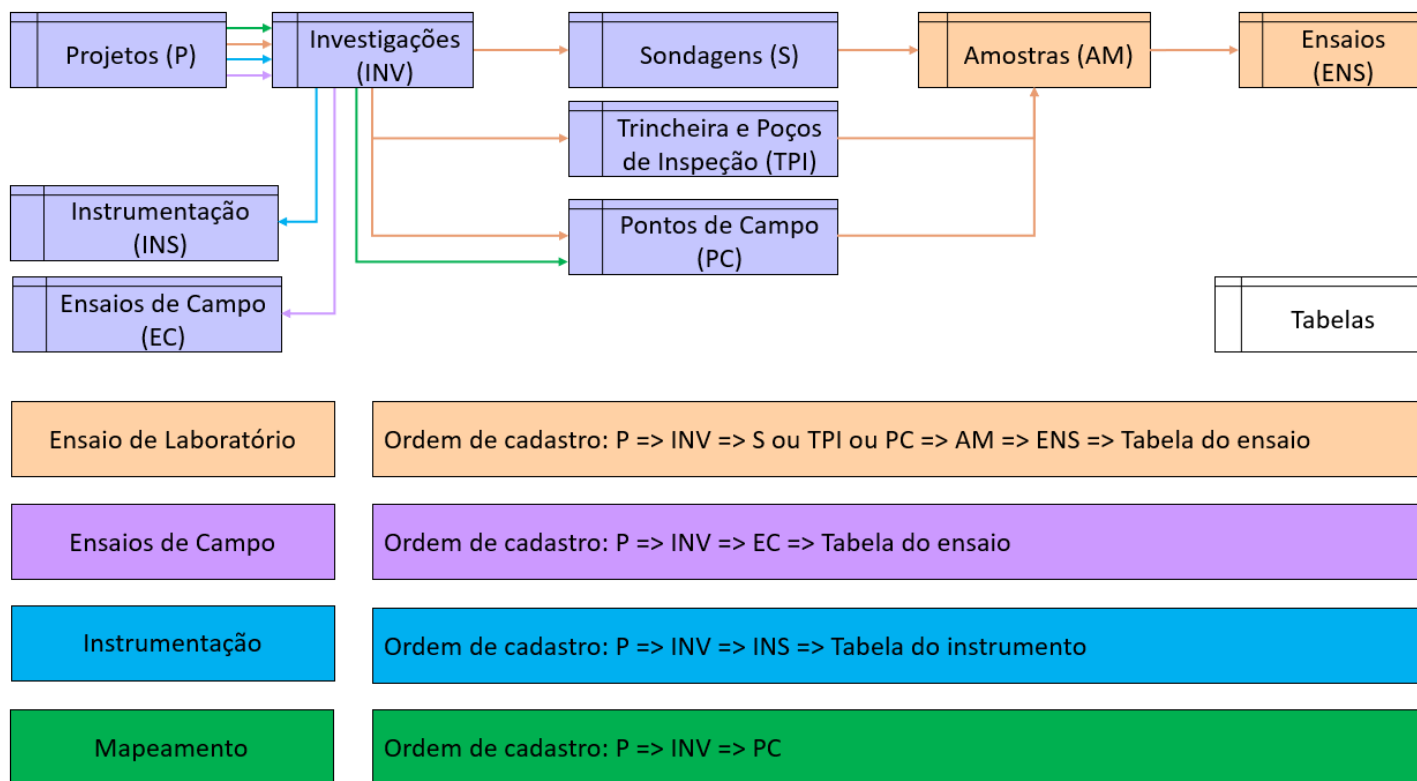



Figura 16: Esquema resumido da sequência de cadastramento de dados no banco de dados proposto.

5.1. CADASTRAR UM PROJETO

Neste tópico serão descritas as principais regras para aquisições de dados para as principais classes do modelo de dados seguindo o modelo proposto pelo Departamento de Ciência e Tecnologia do Ministério da Defesa (DCT, 2018). As regras de aquisição têm como objetivos reduzir os erros relacionados com a inclusão de dados no banco de dados e cabe ressaltar que as regras descritas estão implementadas na extensão e devem ser observadas pelo técnico responsável pelo cadastro da informação. Todas as funções mencionadas durante o texto desse tópico devem ser utilizadas no Sistema Gerenciador do Banco de Dados (SGBD) após a respectiva execução da atividade de cadastramento no SIG.

A primeira etapa consiste no cadastro da poligonal do projeto na camada “projetos” no esquema “ic”, seguindo as regras de aquisição descritas na Tabela 1, garantindo assim que as investigações sempre estejam vinculadas a um projeto facilitando a recuperação dos dados e enriquecendo os metadados.

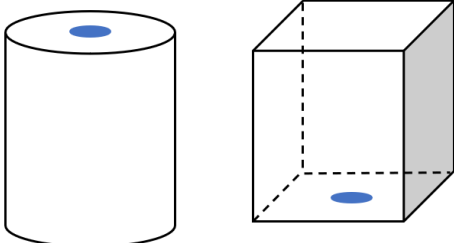
Tabela 1: Especificações para aquisições de dados da classe “projetos”.

Classe	projetos	Ilustração
Geometria	□	
Finalidade	Poligonal referente a área de abrangência do estudo e/ou projeto geotécnico.	
Relacionamentos	Pode conter zero ou mais investigações.	
Observações	Recomenda-se a utilização de um único polígono por registro para otimizar as consultas durante a inserção de dados no banco.	
Regras de aquisição		
Regras	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Primitiva geométrica do tipo multi-polígono; ✓ Geometrias dessa classe podem se sobrepor, podem possuir anéis internos e podem possuir lacunas; ✓ Classe obrigatória para cadastrar as investigações e conseqüentemente as amostras e ensaios de laboratório, ou seja, todo registro na tabela de investigações deve estar relacionado com um registro nessa classe; e ✓ A geometria dessa classe deve ser definida logo após a implementação do banco de dados e antes da inserção de dados geotécnicos. 	
Atributos obrigatórios	<ul style="list-style-type: none"> ✓ p_name: Nome do estudo e/ou projeto geotécnico; ✓ p_project: Identificador do estudo e/ou projeto geotécnico; ✓ p_loc: Endereço cartorial em áreas urbanas ou endereço aproximado em área rural; ✓ p_client: Interessado no estudo e/ou projeto geotécnico; ✓ p_contr: Empresa contratada para a elaboração do estudo e/ou projeto geotécnico; ✓ p_resp: Responsável técnico pelo estudo e/ou projeto geotécnico; ✓ p_coment: Observações sobre o estudo e/ou projeto geotécnico; e ✓ p_area: Área do projeto em metros quadrados. 	

5.2. CADASTRAR UMA INVESTIGAÇÃO

Para cadastrar investigações, independentemente do tipo, inserir a geometria na camada de investigações seguindo as regras de aquisição (Tabela 2) e incluir a elevação na hora da vetorização no SIG. Na extensão, foi disponibilizada a função “ST_Investigacoes3D” que utiliza os atributos das coordenadas latitude, longitude e elevação e reconstrói a geometria da investigação cadastrada para remover erros associados a vetorização.


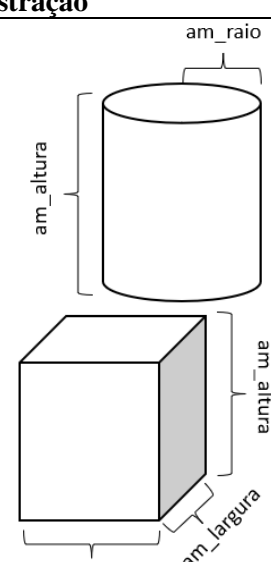
Tabela 2: Especificações para aquisições de dados da classe “investigações”.

Classe	investigações	Ilustração
Geometria	★	 <p align="center">Sondagens Ensaios de campo Instrumentação</p> <p align="center">Amostras Ensaios de laboratório</p> <p align="center">● Local de cadastro do ponto da classe investigações</p>
Finalidade	Localização e dados gerais das investigações e ensaios de campo realizadas dentro do limite administrativo e relacionado com um determinado projeto ou pesquisa.	
Relacionamentos	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Deve estar contida no limite administrativo vigente; ➤ Deve estar incluída no limite do projeto; e ➤ Pode conter zero ou mais amostras. 	
Observações	-	
Regras de aquisição		
Regras	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Primitiva geométrica do tipo ponto; ✓ Geometrias podem se sobrepor desde que não sejam executados no mesmo período; ✓ Não preencher a coluna “i_geociu”, ou seja, esse atributo precisa estar nulo no momento da inserção no banco; ✓ Classe obrigatória para cadastrar amostras e ensaios de laboratório; ✓ A geometria deve ser construída, manualmente ou utilizando a função ST_Investigacoes3D, utilizando a latitude, longitude e elevação do ponto; ✓ Precisa de um projeto cadastrado para poder incluir uma investigação; ✓ No caso de investigações para coleta de amostras indeformadas utilizar o centroide da base inferior do volume amostrado (Ver ilustração); e ✓ O ponto deve intersectar a superfície do topográfica utilizada como referência (Ver ilustração). 	
Atributos obrigatórios	<ul style="list-style-type: none"> ✓ i_cod: Código da investigação definido pelas duas primeiras letras da investigação; ✓ i_name: Nome da investigação atribuído pelo técnico responsável; ✓ i_type: Tipo de investigação seguindo o domínio associado ao atributo; ✓ i_norm: Nome da norma de base para a execução seguindo o domínio associado ao atributo; ✓ i_long: Latitude do local investigado; ✓ i_lat: Longitude do local investigado; ✓ i_elev: Cota do terreno; ✓ i_adress: Endereço, preferencialmente cartorial, da área investigada; ✓ i_date_ini: Data de início da investigação; ✓ i_date_fim: Data de fim da investigação; ✓ i_geociu : Código Identificador Único; ✓ i_purpose: Finalidade da investigação que está sendo executada seguindo o domínio associado ao atributo; e ✓ i_project: Identificador do projeto associado a investigações. 	

5.3. CADASTRAR UMA AMOSTRA



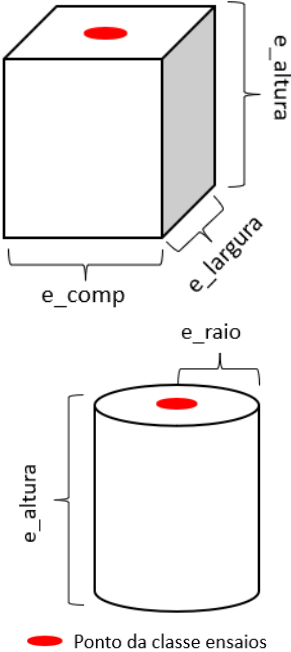
Na classe de amostras, cadastrar o ponto da amostra seguindo as regras de aquisição (Tabela 3 **Erro! Fonte de referência não encontrada.**) após cadastrar uma investigação e executar a função “ST_AmostraCilindro3D” ou “ST_AmostraParalelepipedo3D”, a depender da forma da amostra, para a construção da geometria tridimensional.

Tabela 3: Especificações para aquisições de dados da classe “amostra”.

Classe	amostras	Ilustração
Geometria	 	
Finalidade	Dados brutos relacionado as amostras de solo coletadas em campo. Amostras de rocha também podem ser armazenadas nessa classe.	
Relacionamentos	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Deve estar relacionada com a classe investigações e pode estar relacionado com a classe ensaios; e ➤ O relacionamento chave primária (i_geociu) e chave estrangeira (am_geociu) garante a unicidade do código e o posicionamento do ensaio. 	
Observações	Dependente das classes investigações e conseqüentemente da classe de projetos	
Regras de aquisição		
Regras	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Primitiva geométrica do tipo superfície geométrica criada a partir da geometria da classe investigações e dos atributos “am_altura” e “am_raio” para amostras de formato cilíndrico e “am_altura”, “am_comprimento” e “am_largura” para amostras de formato quadrada ou retangular; ✓ Diferentes registros não podem coexistir na mesma profundidade independente do período; ✓ A geometria do tipo polígono pode ser vetorizada manualmente, mas cada ponto precisa de uma trinca de coordenadas correspondentes a latitude, longitude e cota; ✓ A geometria do tipo superfície poliédrica deve ser gerada utilizando a função ST_Amostra3D; e ✓ Precisa de um registro relacionado na classe de investigações. 	
Atributos obrigatórios	<ul style="list-style-type: none"> ✓ am_geociu: Código Identificador Único ✓ am_geociu_pf: Concatenação entre o código identificador único e a profundidade ensaiada ✓ am_text_prim: Textura primária de solo ✓ am_text_sec: Textura secundária de solo ✓ am_text_comp: Textura complementar de solo ✓ am_comp: Compacidade da amostra ✓ am_os_desc: Origem geológica do solo ✓ am_litotipo: Litotipo na região em que coletada a amostra ✓ am_descricao: Descrição da amostra ✓ am_tipo: Tipo de amostra ✓ am_ident: Identificação da amostra ✓ am_formato: Utilizar o código “C” para a amostra de forma cilíndrica e “P” para amostra de forma quadrada ou retangular ✓ am_altura: Altura da amostra ✓ am_raio: Raio da amostra para amostras cilíndricas ✓ am_comprimento: Comprimento para as amostras quadradas ou retangulares ✓ am_largura: Largura para as amostras quadradas ou retangulares ✓ am_prof: Profundidade em que a amostra foi coletada ✓ am_data: Data da coleta da amostra 	

Para a inclusão de um ensaio é necessário vetorizar o ponto do ensaio, após cadastrar uma amostra, seguindo as regras de aquisição (Tabela 4).

Tabela 4: Especificações para aquisições de dados da classe “ensaios”.

Classe	ensaios	Ilustração
Geometria	 	
Finalidade	Informações gerais e brutos com informações gerais relacionado aos ensaios de laboratório.	
Relacionamentos	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Deve estar relacionada com a classe investigações e amostras; ➤ O relacionamento chave primária (i_geociu) e chave estrangeira (e_geociu) garante a unicidade do código e o posicionamento do ensaio; e ➤ O relacionamento chave primária (am_geociu_pf) e chave estrangeira (e_geociu_pf) garante a unicidade do código e o posicionamento do ensaio. 	
Observações	Dependente das classes amostras, investigações e projetos.	
Método		
Regras	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Primitiva geométrica do tipo superfície geométrica criada a partir da geometria do tipo ponto e dos atributos “e_altura” e “e_raio” para amostras de formato cilíndrico e “e_altura”, “e_comprimento” e “e_largura” para amostras de formato quadrada ou retangular; ✓ Diferentes registros não podem coexistir na mesma profundidade independente do período; ✓ A geometria do tipo ponto deve ser vetorizada manualmente, e cada ponto precisa de uma trinca de coordenadas correspondentes a latitude, longitude e cota; ✓ A geometria do tipo superfície poliédrica deve ser gerada utilizando a função ST_Ensaio3D; e ✓ Precisa de um registro relacionado na classe de amostras. 	
Atributos obrigatórios	<ul style="list-style-type: none"> ✓ e_geociu: Código Identificador Único; ✓ e_prof: Profundidade ensaiada; ✓ e_geociu_pf: Concatenação entre o código identificador único e a profundidade ensaiada; ✓ e_data_ini: Data de início do ensaio; ✓ e_data_fim: Data de fim do ensaio; ✓ e_empresa: Nome da empresa que executou o ensaio; ✓ e_nome: Nome de identificação do ensaio; ✓ e_fonte: Fonte dos dados; ✓ e_altura: Altura da amostra ensaiada; ✓ e_raio: Raio da amostra ensaiada para amostras cilíndricas; ✓ e_comprimento: Comprimento da amostra ensaiada para as amostras quadradas ou retangulares; e ✓ e_largura: Largura da amostra ensaiada para as amostras quadradas ou retangulares. 	

No caso dos ensaios, a construção da geometria tridimensional deve ser feita utilizando a função “ST_EnsaioCilindro3D” ou “ST_EnsaioParalelepipedo3D” a depender da forma da amostra ensaiada. A elevação dos ensaios e da amostra coletada devem ser incluídos na hora da vetorização.

O técnico responsável pelo cadastro da informação deve levar em consideração que o banco realiza a validação da geometria da amostra intersecta a investigação relacionada e se a geometria do ensaio está contida dentro da geometria da amostra relacionada. Para facilitar a utilização da extensão, foi disponibilizado um aplicativo no QGIS que atua como uma interface gráfica para o usuário, o qual será apresentado no tópico a seguir.

6. APLICATIVO NO QGIS

O aplicativo Geotechnical Data Explorer (GDE), disponível para o SIG QGIS versão 3.10+, se comunica diretamente ao banco de dados e funciona como uma interface gráfica permitindo ao usuário utilizar a extensão no PostgreSQL sem a necessidade do conhecimento da linguagem de programação além de permitir a visualização dos dados armazenados.

A interface do aplicativo foi gerada utilizando o Qt Designer 5.11.2 que é um aplicativo para o desenvolvimento de aplicações no QGIS cujas funcionalidades foram programadas em Python 3.7 em QGIS (PyQGIS). Todas as funções programadas em PL/pgSQL que necessitam interagir com as informações contidas no banco de dados estão disponíveis na extensão “pggeotec”. O aplicativo é dividido em três abas, a primeira contendo funções relacionadas a implementação e manutenção do banco de dados, a segunda aba reúne funcionalidades relacionadas a análise exploratória de dados e a última aba trata das análises e construção de seções tridimensionais.

As principais funcionalidades da primeira aba abordam a criação e remoção da extensão PostgreSQL, a criação dos volumes, a alteração do sistema de referência, a validação de dados cadastrados e a inclusão e remoção de restrições do banco de dados. Na segunda aba é possível utilizar dados inseridos no projeto do QGIS para calcular as estatísticas descritivas, carregar os domínios nas camadas do projeto para facilitar a utilização dos dados pelo usuário e gerar gráficos do tipo histograma, diagramas de caixa e dispersão. Na terceira aba, é possível criar malhas regulares para ser alvo de interpoladores do tipo inverso do quadrado da distância ou valor mais frequente além das etapas para a construção de seções tridimensionais.

A visualização dos dados tridimensionais é realizada utilizando o aplicativo Qgis2threejs por ser um aplicativo com uma grande comunidade atuando em seu desenvolvimento, não havendo a necessidade da inclusão dessas funcionalidades no aplicativo desenvolvido. O próprio visualizador 3D nativo do QGIS também é capaz de visualizar os dados armazenados no banco de dados. A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** mostra a tela inicial do aplicativo que está sendo desenvolvido.

Para utilizar o aplicativo, procure pelo aplicativo no repositório do QGIS e caso não encontre siga os passos a seguir. Instalar o QGIS na versão 3.10 ou maior e baixar o aplicativo em `bro-geo/geotechnical-data-explorer: A QGIS plugin for pggeotec PostgreSQL extension`.

Copiar o conteúdo do aplicativo para a pasta “C:\Users\[Usuário]\AppData\Roaming\QGIS\QGIS3\profiles\default\python\plugins\”. Caso não encontre a pasta, coloque para exibir os arquivos ocultos e caso não tenha utilizado o QGIS anteriormente, será necessário criar o diretório manualmente. Compilar as bibliotecas Python necessárias para a execução do aplicativo e reiniciar o QGIS.

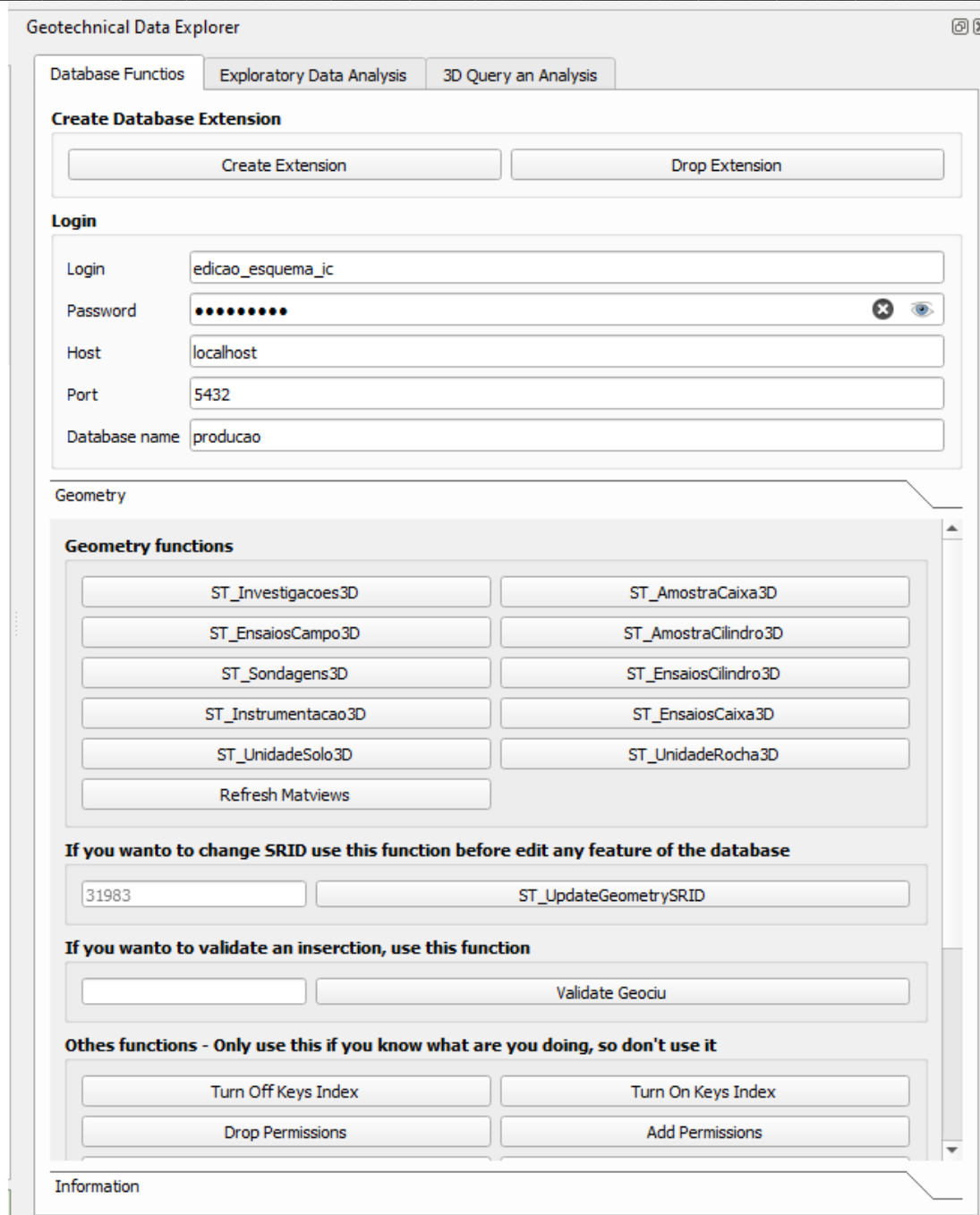


Figura 17: Visão geral do aplicativo desenvolvido no QGIS.

Abrir o QGIS e acessar e habilitar na aba de complementos. Provavelmente serão exibidos alguns erros indicando que faltam algumas bibliotecas Python.

Instalar Win64 OpenSSL v1.1.1i Light ([Win32/Win64 OpenSSL Installer for Windows - Shining Light Productions \(slproweb.com\)](http://www.shininglightproductions.com/)). Em seguida, acessar o OSGeo4W Shell e digitar os seguintes comandos na ordem abaixo.

- cd C:\Program Files\QGIS\apps\Python37\Scripts

- pip.exe install seaborn
- pip.exe install matplotlib
- pip.exe install psycopg2
- pip.exe install processing
- pip.exe install builtins
- pip.exe install scipy
- pip.exe install shutil
- pip.exe install pathlib
- pip.exe install seabon
- pip.exe install pandas
- pip.exe install matplotlib
- pip.exe uninstall numpy
- pip.exe install shutil
- pip.exe install sklearn

6.1. REQUISITOS DO PLUGIN GEOTECHNICAL DATA EXPLORER (GDE)

Para acessar todas as funcionalidades do aplicativo é necessário cumprir os requisitos apresentados na Tabela 5.

Tabela 5: Pré-requisitos do aplicativo GDE.

<i>Requisito</i>	<i>Versão</i>	<i>Tipo</i>	<i>Obrigatório</i>	<i>Observações</i>
Windows	10	Sistema operacional	Sim	O aplicativo só funciona em ambiente Windows.
PostgreSQL	11.13, compiled by Visual C++ build 1914, 64-bit"	Programa	Sim	Deve estar instalado no caminho padrão.
PostGIS	3.0.3	Extensão PostgreSQL	Sim	
PostGIS (sfcgal)	1.3.8	Extensão PostgreSQL	Sim	
gde	Versão mais recentes	Extensão PostgreSQL	Sim	
QGIS	3.10 ou maior	Sistema de Informações Geográficas	Sim	Deve estar instalado no caminho padrão.
numpy	1.17.3			
psycopg2	2.8.4			
matplotlib	3.0.0			
processing				
os				
builtins		Biblioteca Python 3.7 no ambiente do QGIS	Sim	As versões apontadas neste documento foram as utilizadas durante o desenvolvimento da aplicação. Versões mais recentes podem causar instabilidades ou não funcionamento de algumas ferramentas.
scipy	1.1.0			
seabon	0.9.1			
pathlib				
mpl_toolkits				
sys				
sklearn				

pandas
datetime
warnings
shutil

Para instalar o QGIS consulte os endereços [Instaladores QGIS](#), [Index of /downloads \(qgis.org\)](#) e [Index of /qgis/win64/ \(osgeo.org\)](#).

6.2. INCLUIR DADOS EXTERNO NO BANCO UTILIZANDO O QGIS

O acesso aos dados pode ser feito utilizando o gerenciador de banco de dados pgAdmin ou utilizando o QGIS. Para utilizar o ArcMap para realizar a conexão é necessário possuir uma licença do ArcGIS Enterprise Para acessar a informação utilizando o QGIS é só adicionar uma conexão fornecendo o nome da conexão a escolha, host, porta, o nome do banco de dados e usuário e senha. Para banco de dados locais utilizar “localhost” na opção de Host ou o IP da máquina remota.

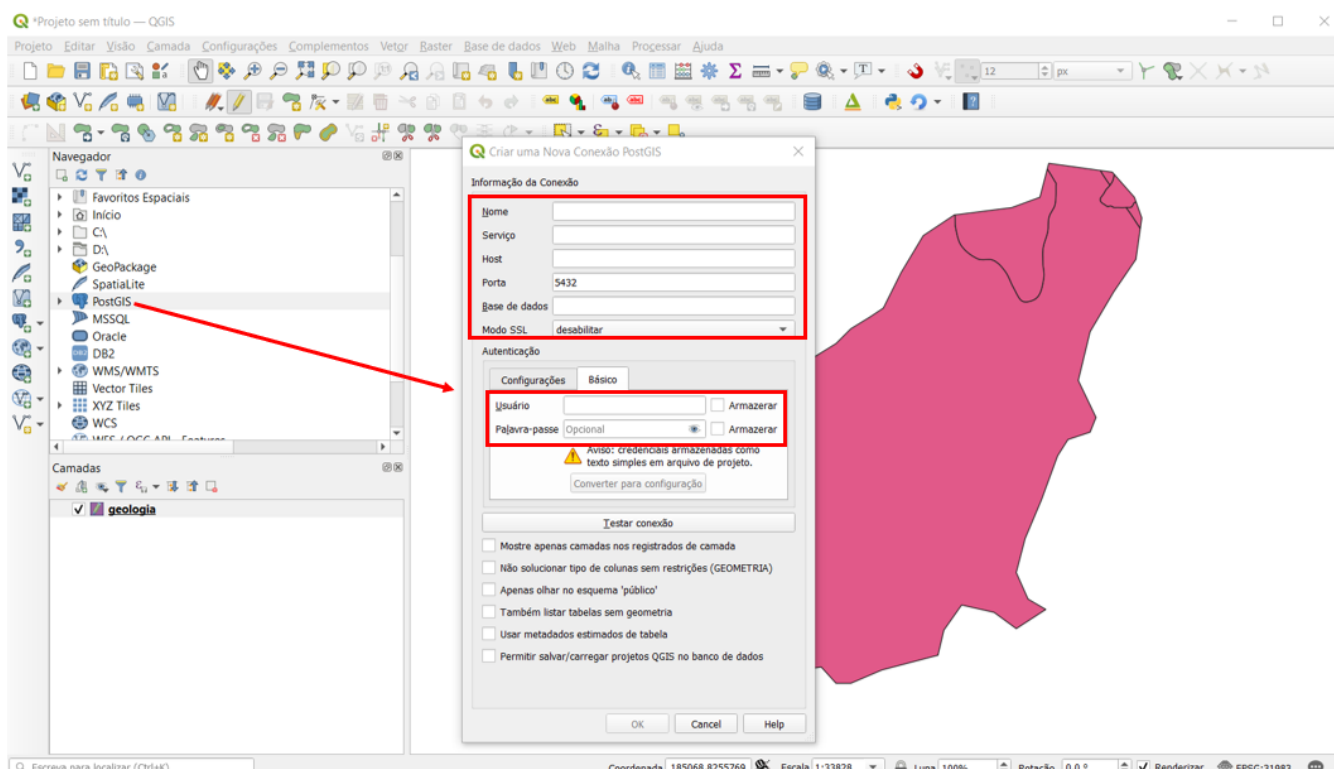


Figura 18: Exemplo de como criar uma conexão no QGIS.

Para acessar o banco de outra máquina em uma rede local colocar o ip da máquina no campo host e inserir o ip da máquina que vai acessar no arquivo **pg_hba.conf**

Existem duas formas de inserir um dado no banco de dados. A primeira dela é utilizando a aplicação *PostGIS Shapefile Import/Export Manager* que vem junto com o PostGIS. Essa ferramenta serve para importar ou exportar camadas sendo necessário fornecer usuário (*Username*), senha (*Password*), e IP da máquina e porta (**Server Host**) nome do banco de dados (*Database*) na opção **View connection details**. Em *Options* a codificação a ser utilizadas é o UTF-8 e informando o esquema, nome da tabela, coluna da geometria e SRID (Figura 19).

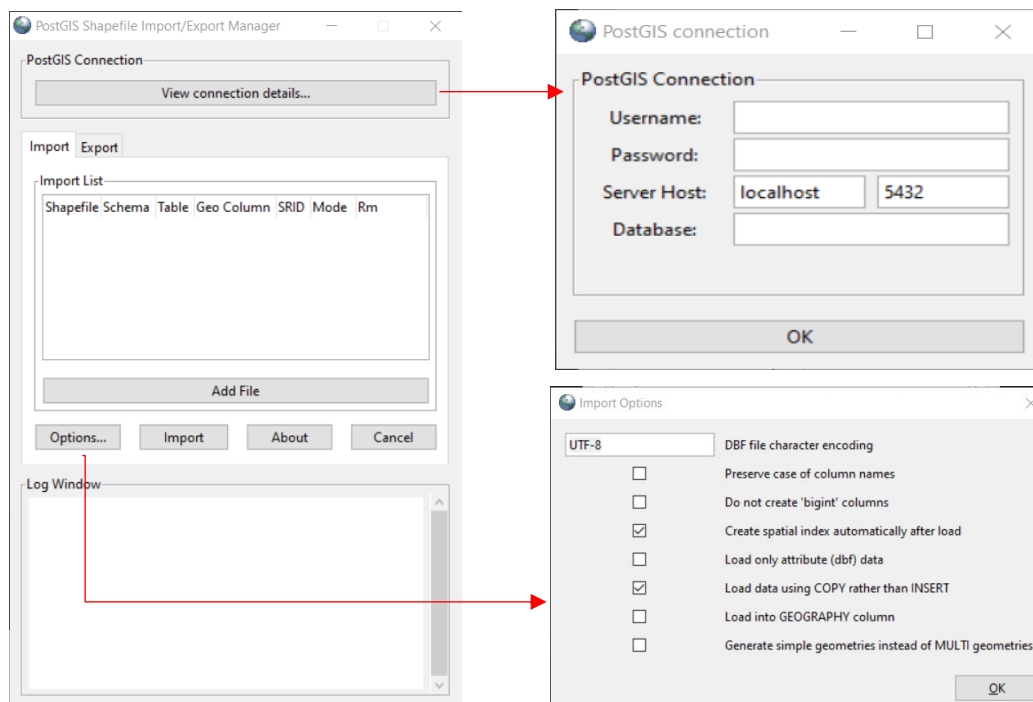


Figura 19: PostGIS Shapefile Import/Export Manager para importar e exportar dados.

A segunda forma é utilizando o QGIS utilizando uma conexão adequada. Para inserir novas camadas é possível arrastar uma camada para o esquema que o usuário é dono do esquema com um usuário do grupo *data_owner*. Para inserir novos registros é possível editar a camada usando um usuário que faça parte de um grupo de usuários que tenha o privilégio de edição (Figura 20).

Para todas as tabelas criadas e importadas via QGIS é necessário atribuir as permissões aos grupos manualmente. Para facilitar essa tarefa, a extensão possui uma função no banco de dados que será apresentada no tópico **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

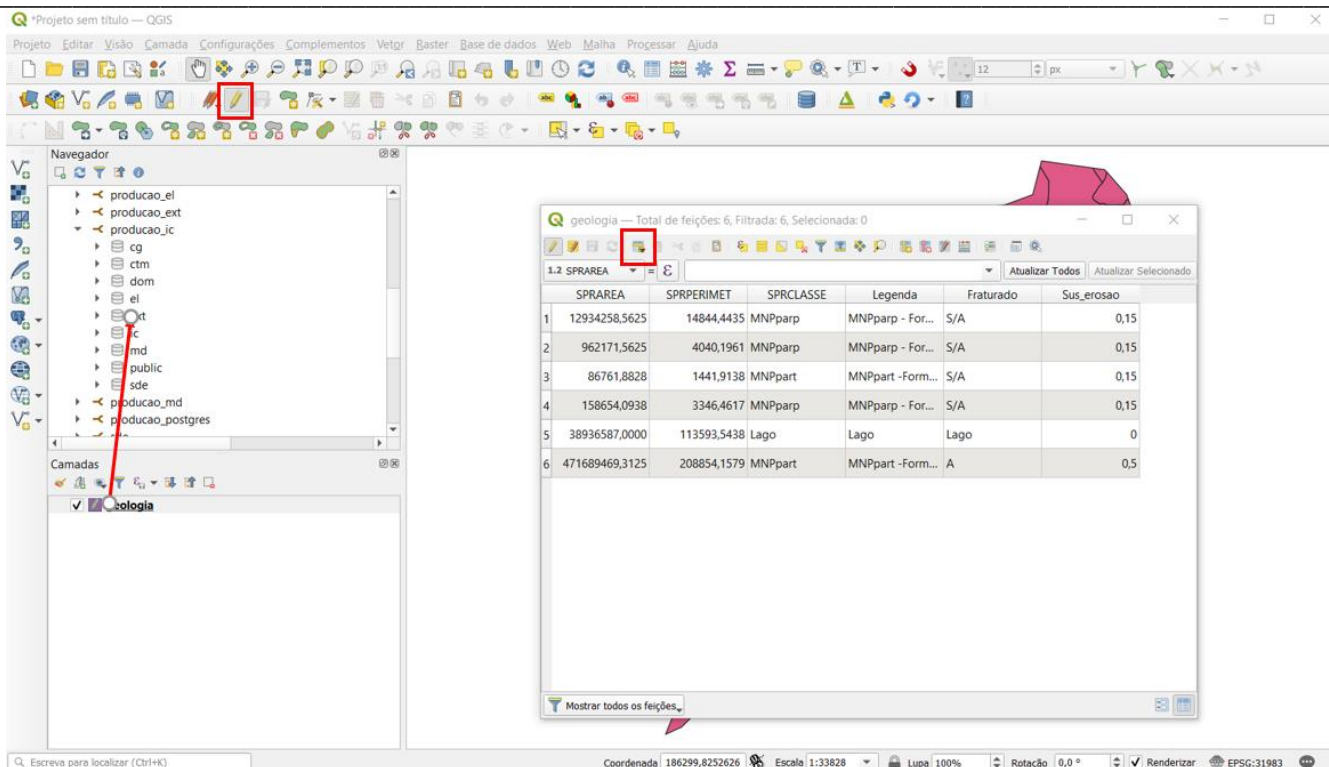


Figura 20: Exemplo de inserção de dados usando o QGIS.