

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

**DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE SISTEMA ESPECIALISTA
PARA ESCOLHA DO TIPO DE FUNDAÇÕES**

Sérgio Lund Azevedo

Tese apresentada ao corpo docente do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para a obtenção do título de DOUTOR EM ENGENHARIA.

Porto Alegre

Março de 1999

**ESCOLA DE ENGENHARIA
BIBLIOTECA**

Esta tese foi julgada adequada para a obtenção do título de DOUTOR EM ENGENHARIA e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pelo Curso de Pós-Graduação.

Orientadores:



Prof. Jarbas Milititsky



Prof. Carlos Torres Formoso



Prof. Francisco de Paula Simões Lopes Gastal

Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil

Banca Examinadora:

Prof. Beatriz de Faria Leão, Ph. D. – USP (Pós-doutorado – Erasmus Universitet Rotterdam)

Prof. Cláudio Renato Rodrigues Dias, D. Sc. - COPPE/UFRJ

Prof. Fernando Schnaid, Ph. D. - Oxford University

À Carmen, Marina, Juliana e Harry Lima Caetano (*in memoriam*) por tudo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à todos as pessoas que contribuíram para a realização deste trabalho, em particular, ao engenheiro Sérgio Kaminsky, aos professores Fernando Schnaid e Nei Ferdandes Lopes, ao arquiteto Cláudio Soares e aos colegas Diego Cosme Nacci e Adriano Costa.

Agradeço, também, à CAPES - Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela ajuda financeira dada a este trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	x
LISTA DE TABELAS.....	xii
RESUMO.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Justificativa da pesquisa.....	2
1.2 Objetivos da pesquisa.....	4
1.3 Estrutura da tese.....	5
2. SISTEMAS ESPECIALISTAS.....	8
2.1 Introdução.....	8
2.2 Sistemas Especialistas e Sistemas Baseados em Conhecimento.....	8
2.3 Os Sistemas Especialistas e os sistemas computacionais convencionais.....	11
2.4 Engenharia do conhecimento.....	13
2.5 Componentes de um Sistema Especialista.....	15
2.5.1 Base de conhecimento.....	16
2.5.2 Mecanismo de inferência.....	17
2.5.3 Interface com o engenheiro do conhecimento e usuário.....	17
2.6 Quando desenvolver um Sistema Especialista.....	20
2.7 Etapas do desenvolvimento de um Sistema Especialista.....	22
2.8 Aquisição do conhecimento.....	25
2.8.1 O enfoque humanístico e o enfoque de modelos.....	25
2.8.2 A eliciação do conhecimento.....	26
2.8.3 Técnicas de eliciação do conhecimento.....	27
2.8.3.1 Abordagem direta.....	29

2.8.3.3 Abordagem indireta.....	33
2.8.3.4 Abordagem de máquina.....	34
2.9 Representação do conhecimento.....	38
2.9.1 Representação intermediária.....	38
2.9.2 Paradigmas ou formalismos de representação.....	40
2.9.2.1 Regras de produção.....	40
2.9.2.2 Redes semânticas.....	42
2.9.2.3 Predicados lógicos.....	42
2.9.2.4 Enquadramentos (ou <i>frames</i>).....	43
2.9.3 Programação orientada a objeto.....	45
2.10 Avaliação de um Sistema Especialista.....	46
2.10.1 Quando avaliar um sistema.....	47
2.10.2 A importância do usuário na avaliação do sistema.....	48
2.10.3 Como avaliar um sistema.....	49
2.10.3.1 A verificação.....	49
2.10.3.2 A validação.....	51
2.10.3.3 A “usabilidade”.....	53
2.11 Novas tecnologias e tendências no desenvolvimento de Sistemas Especialistas.....	55
2.12 Resumo e conclusões.....	57
3. SISTEMAS ESPECIALISTAS APLICADOS NA ÁREA DE GEOTECNIA..	62
3.1 Introdução.....	62
3.2 Aplicações de Sistemas Especialistas na área de engenharia geotécnica.....	65
3.2.1 Caracterização do subsolo.....	65
3.2.2 Fundações.....	69
3.2.3 Estruturas de contenção de terra.....	73
3.2.4 Taludes.....	74
3.2.5 Túneis.....	75
3.2.6 Melhoramento do solo.....	77
3.2.7 Geotêxteis.....	77
3.2.8 Lençol freático.....	78

3.2.8 Lençol freático.....	78
3.2.9 Pavimentação.....	78
3.2.10 Barragens.....	80
3.2.11 Outras áreas da engenharia geotécnica.....	80
3.3 Resumo e conclusões.....	81
4. O MÉTODO DE DESENVOLVIMENTO DA APLICAÇÃO.....	85
4.1 Introdução.....	85
4.2 A fase inicial.....	85
4.2.1 Análise da viabilidade de aplicar a tecnologia de Sistemas Especialistas.....	86
4.2.2 A tarefa da aplicação.....	87
4.2.3 A função do sistema.....	88
4.2.4 Os usuários do sistema.....	89
4.2.5 Número de especialistas participantes do projeto.....	89
4.3 A fase de eliciação do conhecimento e representação intermediária.....	90
4.3.1 O processo de eliciação do conhecimento.....	91
4.3.2 A representação intermediária do conhecimento.....	92
4.4 A fase de implementação do protótipo no ambiente computacional.....	97
4.5 A fase de avaliação do protótipo.....	98
4.6 Resumo e conclusões.....	98
5. O PROBLEMA DA ESCOLHA DO TIPO DE FUNDAÇÃO.....	101
5.1 Introdução.....	101
5.2 A solução de um problema de fundações.....	101
5.3 Definição de fundações.....	102
5.4 Tipos de fundações existentes.....	102
5.4.1 Tipos de fundação superficial.....	103
5.4.2 Tipos de fundação profunda.....	104
5.5 Caracterização da estrutura que será suportada pela fundação.....	112
5.6 Determinação do carregamento.....	113
5.7 Determinação da ocorrência e do comportamento do solo (investigação do	

subsolo).....	113
5.8 A tarefa de escolha do tipo de fundação.....	119
5.9 A tarefa do sistema.....	121
5.10 Estratégias utilizadas pelo especialista para a resolução do problema	122
5.10.1 Fundações diretas.....	122
5.10.2 Fundações profundas.....	125
5.10.2.1 Tubulões.....	125
5.10.2.2 Estacas.....	126
5.10.3 A escolha dos tipos de fundações tecnicamente viáveis.....	129
5.11 Resumo e conclusões.....	129
6. DESCRIÇÃO DA APLICAÇÃO.....	131
6.1 Introdução.....	131
6.2 A estrutura interna do sistema.....	132
6.3 Os dados de entrada da aplicação.....	138
6.3.1 Informações genéricas do subsolo.....	143
6.3.1.1 Informações genéricas da camada superficial do subsolo.....	143
6.3.1.2 Informações genéricas das camadas superficial e subsuperficial do subsolo.....	144
6.3.2 Informações da sondagem de simples reconhecimento.....	145
6.4 A resposta do sistema ao ser consultado.....	147
6.5 Resumo e conclusões.....	152
7. A AVALIAÇÃO DO PROTÓTIPO.....	153
7.1 Introdução.....	153
7.2 A verificação do protótipo.....	153
7.2.1 A análise da sensibilidade do sistema.....	154
7.2.2 Testes de robustez.....	171
7.3 A validação do protótipo.....	176
7.4 A avaliação da “usabilidade” do protótipo.....	183
7.5 Resumo e conclusões.....	185

8. CONCLUSÕES E SUGESTÕES	188
8.1 Introdução.....	188
8.2 Conclusões.....	188
8.3 Lições para o futuro.....	192
8.3.1 A fase inicial.....	192
8.3.2 A fase de eliciação e representação intermediária do conhecimento.....	193
8.3.3 A fase de implementação do protótipo.....	193
8.3.4 A fase de avaliação do protótipo.....	194
8.4 Sugestões para futuras pesquisas.....	195
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	197
ANEXO A - DEMONSTRAÇÃO DO PROTÓTIPO	209
ANEXO B - MODELO DE RELATORIO	233
ANEXO C - MODELO DE QUESTIONÁRIO	237
ANEXO D - REPRESENTAÇÃO INTERMEDIÁRIA DO CONHECIMENTO (TABELAS)	240
ANEXO E - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS APRESENTADAS NO SISTEMA	298

LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1 - Exemplos de regras em linguagem natural.....	94
Figura 5.1 - Classificação das estacas incluindo todas as referidas na NBR 6122 e prática regional.....	105
Figura 5.2 - Modelo de subsolo (definição de camadas) adotado no sistema.....	115
Figura 5.3 - O processo da escolha do tipo de fundação.....	120
Figura 5.4 - Esquema da tarefa do sistema.....	121
Figura 6.1 - Arquitetura do sistema.....	133
Figura 6.2 - Estrutura interna simplificada do sistema.....	134
Figura 6.3 - Tela de apresentação do sistema.....	139
Figura 6.4 - Tela na qual o usuário seleciona o nível de carregamento do problema..	140
Figura 6.5 - Tela na qual o usuário seleciona o tipo de estrutura do problema.....	141
Figura 6.6 - Tela na qual o usuário seleciona qual a informação disponível do subsolo.....	141
Figura 6.7 - Tela apresentada pelo sistema com a resposta à uma consulta.....	142
Figura 6.8 - Tela apresentada pelo sistema quando o usuário solicita o comentário de uma resposta.....	143
Figura 6.9 - Tela de apresentação das referências bibliográficas.....	150
Figura 6.10 - Tela de apresentação dos dados do usuário utilizado numa consulta ao sistema.....	151
Figura 7.1 - Percentuais correspondentes aos casos empregados para a validação, considerando-se os tipos de estruturas utilizados pelo sistema (especialistas A e B) ..	178

Figura 7.2 - Percentuais correspondentes aos casos empregados para a validação, considerando-se os níveis de carregamento utilizados pelo sistema (especialistas A e B).....	178
Figura 7.3 - Percentuais correspondentes aos casos empregados para a validação, considerando-se os tipos de estruturas utilizados pelo sistema (especialistas A).....	179
Figura 7.4 - Percentuais correspondentes aos casos empregados para a validação, considerando-se os níveis de carregamento utilizados pelo sistema (especialistas A).	179
Figura 7.5 - Percentuais correspondentes aos casos empregados para a validação, considerando-se os tipos de estruturas utilizados pelo sistema (especialistas B).....	181
Figura 7.6 - Percentuais correspondentes aos casos empregados para a validação, considerando-se os níveis de carregamento utilizados pelo sistema (especialistas B)..	182
Figura 7.7 - Percentuais correspondentes a avaliação dos usuários quanto à necessidade de apresentação do sistema pelo Manual.....	184
Figura 7.8 - Percentuais correspondentes a avaliação dos usuários quanto à clareza e objetividade dos comentários apresentados pelo sistema.....	185

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Exemplo de tabela obtida na representação intermediária do Conhecimento.....	95
Tabela 2 - Exemplo de tabela obtida na representação intermediária do conhecimento.....	96
Tabela 3 - Classificação do nível de carregamento.....	113
Tabela 4 - Definição da classe em função do tipo de estrutura e nível de carregamento.....	123
....	
Tabela 5 - Análise da sensibilidade do sistema em relação às informações genéricas da camada superficial, fixados o nível de carregamento: médio, presença de água: não e o tipo de estrutura: tipo 1.....	155
Tabela 6 - Análise da sensibilidade do sistema em relação às informações genéricas da camada superficial, fixados o nível de carregamento: médio, o tipo de estrutura: tipo 1 e a resistência da camada superficial: picareta.....	155
Tabela 7 - Análise da sensibilidade do sistema em relação às informações genéricas da camada superficial, fixados o nível de carregamento: médio, presença de água: não e o resistência da camada superficial: pá de corte.....	156
Tabela 8 - Análise da sensibilidade do sistema em relação às informações genéricas da camada superficial, fixados o nível de carregamento: médio, o tipo de estrutura: tipo 2 e a resistência da camada superficial: picareta.....	156
Tabela 9 - Análise da sensibilidade do sistema em relação às informações genéricas da camada superficial, fixados a resistência da camada superficial: pá de corte, presença de água: não e o tipo de estrutura: tipo 2.....	157
Tabela 10 - Análise da sensibilidade do sistema em relação às informações genéricas da camada superficial, fixados o nível de carregamento: baixo, o tipo de estrutura: tipo 2 e a resistência da camada superficial: pá de corte.....	158
Tabela 11 - Análise da sensibilidade do sistema em relação às informações genéricas da camada superficial e subsuperficial, fixados o nível de carregamento: médio, presença de água: não, o tipo de estrutura: tipo 1 e a resistência da camada superficial: pá de corte.....	159

Tabela 12 - Análise da sensibilidade do sistema em relação às informações genéricas da camada superficial e subsuperficial, fixados o nível de carregamento: médio, o tipo de estrutura: tipo 1, a resistência da camada superficial: pá de corte e resistência da camada subsuperficial: pá de corte.....	160
Tabela 13 - Análise da sensibilidade do sistema em relação às informações genéricas da camada superficial e subsuperficial, fixados o nível de carregamento: médio, presença de água: não, a resistência da camada superficial e da camada subsuperficial: pá de corte.....	161
Tabela 14 - Análise da sensibilidade do sistema em relação às informações genéricas da camada superficial e subsuperficial, fixados o nível de carregamento: médio, o tipo de estrutura: tipo 2, a resistência da camada superficial: pá de corte e resistência da camada subsuperficial: pá de corte.....	161
Tabela 15 - Análise da sensibilidade do sistema em relação às informações genéricas da camada superficial e subsuperficial, fixados a presença de água: não, o tipo de estrutura: tipo 1 e a resistência da camada superficial e subsuperficial: pá de corte.....	162
.....	
Tabela 16 - Análise da sensibilidade do sistema em relação às informações genéricas da camada superficial e subsuperficial, fixados o nível de carregamento: baixo, o tipo de estrutura: tipo 1, a resistência da camada superficial: pá de corte e resistência da camada subsuperficial: pá de corte.....	162
Tabela 17 - Análise da sensibilidade do sistema em relação às informações da sondagem de simples reconhecimento, fixados o nível de carregamento: muito baixo e o tipo de estrutura: tipo 1.....	164
Tabela 18 - Análise da sensibilidade do sistema em relação às informações da sondagem de simples reconhecimento, fixados o nível de carregamento: muito baixo e o tipo de estrutura: tipo 2.....	165
Tabela 19 - Análise da sensibilidade do sistema em relação às informações da sondagem de simples reconhecimento, fixados o nível de carregamento: muito baixo e o tipo de estrutura: tipo 3.....	165
Tabela 20 - Análise da sensibilidade do sistema em relação às informações da sondagem de simples reconhecimento, fixados o nível de carregamento: muito baixo e o tipo de estrutura: tipo 4.....	166
Tabela 21 - Análise da sensibilidade do sistema em relação às informações da sondagem de simples reconhecimento, fixados o nível de carregamento: muito baixo e o tipo de estrutura: tipo 2.....	166
Tabela 22 - Análise da sensibilidade do sistema em relação às informações da sondagem de simples reconhecimento, fixados o nível de carregamento: baixo e o tipo de estrutura: tipo 2.....	167

Tabela 23 - Análise da sensibilidade do sistema em relação às informações da sondagem de simples reconhecimento, fixados o nível de carregamento: médio e o tipo de estrutura: tipo 2.....	168
Tabela 24 - Análise da sensibilidade do sistema em relação às informações da sondagem de simples reconhecimento, fixados o nível de carregamento: alto e o tipo de estrutura: tipo 2.....	169
Tabela 25 - Análise da sensibilidade do sistema em relação às informações da sondagem de simples reconhecimento, fixados o nível de carregamento: excepcional e o tipo de estrutura: tipo 2.....	170
Tabela 26 - Resultados do teste de robustez referentes as informações genéricas relativas a camada superficial.....	172
Tabela 27 - Resultados do teste de robustez referentes as informações genéricas relativas as camadas superficial e subsuperficial.....	172
Tabela 28 - Resultados do teste de robustez referentes as informações de sondagem de simples reconhecimento com profundidade superficial.....	173
Tabela 29 - Resultados do teste de robustez referentes as informações de sondagem de simples reconhecimento com profundidade subsuperficial.....	174
Tabela 30 - Resultados do teste de robustez referentes as informações de sondagem de simples reconhecimento com profundidade intermediária.....	175

RESUMO

A área de geotecnia, em particular a engenharia de fundações, é uma área do conhecimento que envolve além dos fundamentos teóricos muita intuição e experiência para encaminhar soluções de grande parte dos problemas que enfrenta. Na tarefa de escolher os tipos de fundações tecnicamente adequados às condições impostas, freqüentemente o engenheiro de fundações trabalha com dados incompletos e/ou imprecisos quando, muitas vezes, uma análise qualitativa é mais importante do que uma análise quantitativa das informações. Essas características favorecem a utilização da tecnologia de Sistemas Especialistas.

Por outro lado, como um Sistema Especialista é um programa computacional que modela o conhecimento heurístico de um ou mais especialistas, o qual, geralmente, não está disponível na literatura técnica, o sistema é especialmente útil para torná-lo disponível na instrução e treinamento de alunos, como material pedagógico complementar à fundamentação teórica de uma disciplina ou curso de extensão na área do domínio do conhecimento em que o sistema foi desenvolvido.

O presente trabalho desenvolve uma aplicação da tecnologia de Sistemas Especialistas, para auxiliar na escolha dos tipos de fundações tecnicamente adequados às condições impostas pelo usuário do sistema considerando as cargas, tipo de estrutura e informações do subsolo e ser utilizada na instrução e treinamento de alunos na disciplina ou em Cursos de Fundações.

O sistema computacional aqui apresentado, contém aproximadamente 1500 regras eliciadas de um especialista, e tem condições de responder a 20900 situações impostas pelos usuários.

ABSTRACT

The geotechnical area, which foundation engineering belongs to, is a field of learning involving apart from theoretical fundamental a great deal of intuition and experience, in order to provide solutions for a major part of their related problems. The foundation engineer, frequently, deals with incomplete and/or inaccurate data, performing the task of choosing the foundation types technically adequate to the imposed conditions. These characteristics favour the application of the Expert Systems technology.

An Expert System is a computational program that models one or more experts' heuristic knowledge. Such knowledge is, generally, not available in technical literature. Therefore, the Expert System is especially useful to make this knowledge available for instructing and training students, as a complementary pedagogical material related to the theoretical foundation of a discipline, within the domain in which the system has been developed.

This research work is concerned with the development of an application of the Expert Systems technology to foundation engineering. It can be used for helping the selection of the foundation types which are technically adequate to the conditions imposed by the system user considering loads, type of structure and soil information, and to instruct and training student in a engineering foundation course.

The computational system presented contains around 1500 rules elicited from an expert and is able to respond to 20900 user imposed situations.

1. INTRODUÇÃO

A tecnologia de Sistemas Especialistas é o ramo da Inteligência Artificial que mais se destaca por apresentar resultados práticos de sucesso, em diversas áreas do conhecimento. O professor Edward A. Feigenbaum, na abertura do IV Congresso Mundial em Sistema Especialista, ocorrido em março de 1998, na Cidade do México, fez um relato de sua experiência como chefe dos cientistas da Força Aérea dos Estados Unidos, no período de 1994 a 1997. Destacou que todos os três serviços do Departamento de Defesa norte-americano (Forças Armadas, Aérea e Naval) utilizam tecnologias oriundas da Inteligência Artificial, particularmente, a tecnologia de Sistemas Especialistas.

A tecnologia de Sistemas Especialistas possui um alto potencial para resolver problemas nos quais a experiência tem uma importante função, porque soluções algorítmicas não existem ou não são adequadas. A engenharia do conhecimento, disciplina que suporta o desenvolvimento desses sistemas, permite modelar a perícia dos especialistas humanos e armazená-la em sistemas computacionais não convencionais, os quais são denominados Sistemas Especialistas.

No Núcleo de Orientação à Inovação na Edificação (NORIE) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, foram desenvolvidas três dissertações de mestrado (Oliveira, 1994; Silva, 1996; Boudinova, 1997), que se constituem na experiência, até então desenvolvida no Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, em Sistemas Especialistas.

O presente trabalho trata dessa tecnologia, apresentando o desenvolvimento de um Sistema Especialista na área de geotecnia. Especificamente, a aplicação auxilia na tarefa de escolha dos tipos de fundações tecnicamente adequados, conhecidas as condições de carregamento, tipo de estrutura e comportamento do solo. O sistema desenvolvido tem função didática, pois foi projetado para ser utilizado na instrução e treinamento de alunos.

A solução de qualquer problema real envolvendo o solo e a consideração das diversas opções tecnológicas de solução, que atualmente têm apresentado grande crescimento no que se refere às opções, implica um nível de complexidade que favorece o uso de Sistemas Especialistas como ferramenta de auxílio na tomada de decisões na engenharia de fundações. Entretanto, o conhecimento da natureza e possibilidades de uso de Sistemas Especialistas na engenharia de fundações no Brasil, não são presentes no meio técnico.

1.1 Justificativa da pesquisa

A resolução de um problema de projeto de fundação é de natureza complexa. Envolve várias fases: determinação do carregamento ou solicitações, caracterização da estrutura que será suportada pelas fundações, determinação do comportamento do solo a partir da investigação do subsolo, escolha do tipo de fundação mais adequado e o dimensionamento dos elementos de fundação.

A escolha do tipo de fundação dentro do processo de solução do problema é, das fases, a mais crítica, por envolver avaliação e julgamento do profissional, fundamentado principalmente na experiência em casos anteriores. Esta fase envolve, portanto, conhecimento heurístico, regras práticas, atalhos e estratégias de raciocínio obtidos na observação, comparação e análise com situações semelhantes ocorridas no passado. Não existem aqui soluções determinísticas, algorítmicas. A experiência e o conhecimento ou, no caso, a perícia, são fundamentais.

Esse conhecimento heurístico é um conhecimento privado, não encontrado na literatura técnica. De acordo com Brandon & Attarwala (1983), o conhecimento disponível na literatura é deficiente para resolver problemas devido, por um lado, à carência de contexto e de estratégias na resolução de problemas e, por outro lado, à relutância de alguns em ultrapassar os limites convencionais erguidos entre diferentes domínios. Assim, segundo Attarwala & Brandon (1985), o conhecimento heurístico é uma fonte alternativa de perícia. Geralmente os textos técnicos fornecem regras gerais ou informações mas não lidam com muitos dados de contexto. O especialista pode, com seu conhecimento prático de situações passadas, complementar e, muitas vezes, modificar o que estabelece a literatura.

No ensino, dada a natureza heurística do problema da escolha do tipo de fundação, acrescida da limitação do tempo disponível de uma disciplina, da pouca experiência na solução de problemas reais por inúmeros professores e da dificuldade de explicitar o conhecimento heurístico por muito especialistas, é complexo e muitas vezes inexistente o processo de ensino-aprendizagem desse conhecimento.

Além disso, existe um “gargalo” do conhecimento na área de engenharia de fundações, devido a pouca disponibilidade ou raridade de especialistas.

Os Sistemas Especialistas apresentam várias vantagens sobre os tradicionais métodos de ensino expositivo. Além de tornar a aprendizagem institucional mais realística e aumentar a motivação dos estudantes, permitem que o aluno, através da comunicação interativa com o sistema, torne-se um participante mais ativo no processo de aprendizagem, ao contrário dos ambientes tradicionais de sala de aula, onde o mesmo é um ser passivo.

A tecnologia dos Sistemas Especialistas pode ser empregada para a conservação, organização e manutenção do conhecimento, particularmente do conhecimento heurístico. Ela possibilita o emprego de computadores para auxiliar na tomada de decisões em situações nas quais, até alguns anos atrás, não era possível a utilização de modelos computacionais. Além disso, essa tecnologia permite formalizar a sistematização do conhecimento prático existente em um domínio específico do conhecimento.

A engenharia de fundações, por resolver problemas complexos que não são bem estruturados e que exigem, para sua solução, conhecimentos oriundos fundamentalmente da experiência de especialistas, como no caso da escolha do tipo de fundações, é uma área do conhecimento especialmente apta para utilizar a tecnologia dos Sistemas Especialistas.

A instrução e treinamento são considerados por alguns autores as funções de maior potencial de utilização da tecnologia dos Sistemas Especialistas (Toll, 1990; Harris 1996; Buen, Morales & Vadera, 1998). Nos Estados Unidos são estimados em 47 bilhões de dólares o que está sendo gasto anualmente em treinamento nas corporações (Ragusa, 1998). Esses sistemas possuem a característica de reduzir o tempo de instrução e gerar estudantes melhor treinados. Como apontam Basden (1983) e Formoso (1991), o processo de formação de um estudante pode levar um longo tempo e ser dispendioso, se a experiência for adquirida através

da repetição de erros em situações reais. Tornar acessível aos estudantes modelos de conhecimento de especialistas pode reduzir a duração necessária para a aprendizagem dos mesmos, como também reduzir riscos.

Entretanto, no Brasil, na área de geotecnia, poucas aplicações em Sistemas Especialistas são apresentadas na literatura. Conforme é discutido no Capítulo 3, apenas dois sistemas são descritos: um para diagnóstico de problemas e defeitos em pavimentos flexíveis e outro para monitoramento e detecção de zonas instáveis em cavidades subterrâneas.

Por outro lado, em relação à engenharia de fundações, no Brasil, não foi observada na literatura, nenhuma descrição relativa à aplicação da tecnologia de Sistemas Especialistas, embora seja amplamente reconhecida a potencialidade desse domínio do conhecimento, para o desenvolvimento de aplicações em Sistemas Especialistas e, conseqüentemente, o seu significativo impacto no estado da prática nessa área.

No entanto, fora do Brasil, diversos Sistemas Baseados em Conhecimento e alguns Sistemas Especialistas estão sendo desenvolvidos nas mais diversas especialidades da geotecnia. No Capítulo 3 é apresentado um levantamento dos sistemas existentes ou em fase de desenvolvimento relatados na literatura.

Como os Sistemas Especialistas são sistemas que armazenam a perícia humana, geralmente não disponível na literatura técnica, a construção de um sistema para instrução e treinamento de alunos contribui, de modo significativo, para a formação profissional dos mesmos e, de modo mais amplo, para melhoria da qualidade do ensino.

1.2 Objetivos da pesquisa

O objetivo central do presente trabalho é verificar a possibilidade de desenvolver um modelo de conhecimento e implementá-lo num ambiente computacional, baseado nos princípios da engenharia do conhecimento, aplicados à área da engenharia de fundações, com a função de auxiliar na instrução e treinamento de alunos na tarefa de escolher os tipos de fundações tecnicamente adequados às condições impostas em problemas reais.

A implementação do Sistema Especialista, na área da engenharia de fundações, visa:

- introduzir e incentivar a utilização dessa tecnologia na engenharia brasileira de fundações em particular e geotecnia, em geral;
- contribuir na instrução e treinamento de alunos;
- armazenar a perícia de um especialista na tarefa de escolha dos tipos de fundações tecnicamente adequados para um dado problema;
- auxiliar o usuário na tarefa de escolha dos tipos de fundações tecnicamente adequados às condições fornecidas pelo mesmo.

Na engenharia de fundações existem muitas possibilidades de uso da tecnologia de Sistemas Especialistas, em qualquer problema que envolva interpretação, previsão, diagnóstico, análise, projeto, planejamento, monitoramento, reparo, instrução ou controle, e que a experiência seja fundamental para sua solução. A tecnologia de Sistemas Especialistas pode ser utilizada, por exemplo: em barragens, túneis, estruturas de contenção de terra, caracterização do subsolo, fundações, taludes, melhoramento do solo, pavimentação; mais especificamente, no diagnóstico de problemas em fundações, na análise de ensaios de campo, na análise de ensaios de laboratório, na elaboração de programas de ensaios, na previsão de recalques de fundações diretas, na previsão de recalques de fundações profundas, na escolha do tipo de fundação baseado no ensaio de cone ou outros tipos de ensaios.

1.3 Estrutura da tese

O presente trabalho é constituído de oito capítulos, os quais são resumidos a seguir:

Capítulo 1 - Introdução: É apresentada a tecnologia dos Sistemas Especialistas, sua importância e seu alto potencial para resolver problemas nos quais a experiência tem uma importante função, porque soluções algorítmicas não existem ou não são adequadas.

Caracteriza a engenharia do conhecimento, justifica a realização dessa pesquisa e apresenta a estrutura da tese.

Capítulo 2 - Sistemas Especialistas: Apresenta uma revisão bibliográfica introdutória à tecnologia dos Sistemas Especialistas. Inicialmente são definidos Sistemas Especialistas e Sistemas baseados em Conhecimento, e são salientadas algumas diferenças básicas entre os mesmos. A seguir, são discutidas distinções entre os sistemas computacionais convencionais e os Sistemas Especialistas. A engenharia do conhecimento é definida, seus objetivos e funções são discutidos. A seguir são apresentados os aspectos básicos da tecnologia de Sistemas Especialistas, quando desenvolver um sistema, etapas do desenvolvimento de um Sistema Especialista, destacando a aquisição do conhecimento, enfoques de abordagem, representação do conhecimento e o processo de avaliação de um sistema.

Capítulo 3 - Sistemas Especialistas aplicados na área de geotecnia: Discute a engenharia como área do conhecimento apta para utilizar a tecnologia dos Sistemas Especialistas. Em particular, salienta as características da engenharia geotécnica que favorecem a aplicação dessa tecnologia. A seguir apresenta um levantamento das aplicações dessa tecnologia na área de geotecnia descritas na literatura.

Capítulo 4 - O método de desenvolvimento da aplicação: Apresenta o método utilizado para o desenvolvimento da aplicação, tomando como embasamento a discussão realizada no Capítulo 2. Descreve a fase inicial do desenvolvimento da aplicação, a eliciação do conhecimento, a representação intermediária utilizada e a implementação do protótipo no ambiente computacional.

Capítulo 5 - O problema da escolha do tipo de fundação: Neste capítulo é feita uma descrição de como o especialista aborda o problema da escolha do tipo de fundação. Os principais aspectos do problema, as informações necessárias, a tarefa de escolha dos tipos de fundações tecnicamente viáveis e as estratégias empregada pelo especialista na resolução de problemas de projetos de fundação são apresentadas. A abordagem descrita neste capítulo é a base para o desenvolvimento da aplicação apresentada nesta tese. São também justificadas algumas restrições a proposta inicial do projeto desse trabalho.

Capítulo 6 - Descrição da aplicação: Descreve a estrutura interna do sistema implementado e de como se processa a interação do usuário com o sistema, quando é realizada uma consulta ao mesmo.

Capítulo 7 - A avaliação do protótipo: Descreve o processo de avaliação do protótipo resultante no final da fase de implementação do sistema. A avaliação do protótipo realizada nesse trabalho, contempla as três dimensões do processo: a verificação, a validação e a análise de “usabilidade” do sistema. Na verificação é descrita a análise de sensibilidade e o teste de robustez efetuados no protótipo, bem como são apresentados os resultados obtidos. A validação realizada no protótipo é descrita. Ela foi desenvolvida independentemente por dois especialistas externos que não participaram da construção do sistema, os quais utilizaram 61 casos reais para validar o sistema. Os resultados obtidos são apresentados. A análise de “usabilidade” do protótipo é descrita. Ela foi realizada por dois observadores que não participaram do desenvolvimento do sistema e com a participação de treze usuários (alunos bolsistas de iniciação científica da graduação, mestrado e doutorado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFRGS) e 15 alunos da graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Pelotas. Seus resultados são apresentados.

Capítulo 8 - Conclusões e sugestões: Apresentação das conclusões relativas ao trabalho de pesquisa desenvolvido nessa tese. Além disso, a partir da experiência adquirida, são apontadas sugestões para futuros trabalhos que utilizem a engenharia do conhecimento para desenvolver aplicações em Sistemas Especialistas, bem como sugestões para futuras pesquisas.

2 - SISTEMAS ESPECIALISTAS

2.1 Introdução

Neste capítulo é apresentada uma revisão bibliográfica introdutória à tecnologia dos Sistemas Especialistas.

Inicialmente, são definidos Sistemas Especialistas e Sistemas Baseados em Conhecimento, e salientadas algumas diferenças básicas entre os mesmos. A seguir, são apresentadas distinções entre os sistemas computacionais convencionais e os Sistemas Especialistas.

A engenharia do conhecimento é definida como disciplina que fornece suporte ao desenvolvimento de Sistemas Especialistas, e seus objetivos e funções são discutidos.

A seguir são discutidos aspectos básicos da tecnologia de Sistemas Especialistas, tais como: componentes de um sistema (base de conhecimento, mecanismo de inferência, interfaces com engenheiro do conhecimento e usuários), quando desenvolver um sistema, etapas do desenvolvimento de um Sistema Especialista destacando a aquisição do conhecimento, enfoques da abordagem humanística e a baseada em modelos, representação do conhecimento e o processo de avaliação.

2.2 Sistemas Especialistas e Sistemas Baseados em Conhecimento

Segundo Rabuske (1995), a Inteligência Artificial é resultado da aplicação de técnicas e recursos, especialmente de natureza não numérica, que viabilizam a solução de problemas que exigiriam dos seres humanos um certo grau de raciocínio, conhecimento e de perícia (de acordo com Giarratano e Riley (1989), perícia é um tipo especializado de conhecimento que os especialistas possuem, não encontrado comumente em fontes públicas de informação como os livros e periódicos). A tentativa de solucionar estes problemas com

recursos tipicamente numéricos é muito difícil. Por isso, a Inteligência Artificial caracteriza uma nova era da computação, a era do processamento simbólico.

Uma das grandes áreas de estudo da Inteligência Artificial é o processamento do conhecimento, através do seu armazenamento e manipulação pelo computador a fim de poder ser empregado na resolução de problemas, como no caso dos Sistemas Especialistas e Sistemas Baseados em Conhecimento (Abel, 1993). Mora-Tavarez & Diaz (1998) salientam que esses sistemas constituem o campo de aplicação da Inteligência Artificial de maior sucesso.

Conceitualmente os Sistemas Especialistas são diferentes dos Sistemas Baseados em Conhecimento.

De acordo com Damski et al. (1993) os Sistemas Especialistas podem ser compreendidos como programas computacionais que contêm alguma perícia humana particular baseada exclusivamente em conhecimento heurístico ou regras práticas (conhecimento superficial). Entretanto os Sistemas Baseados em Conhecimento incluem, além do conhecimento superficial, o conhecimento profundo disponível na literatura técnica e científica.

Segundo Damski et al. (1993), os Sistemas Especialistas constituem um subconjunto dos Sistemas Baseados em Conhecimento. Esses sistemas armazenam o conhecimento empírico de um ou de vários especialistas em algum domínio do conhecimento, o qual geralmente não está escrito ou expresso em manuais e livros. A origem desse conhecimento é a experiência que o profissional adquire durante a resolução de problemas específicos da sua área de atuação. A experiência adquirida acaba constituindo-se em um conjunto de conhecimentos que fazem dele um especialista, um profissional que se destaca entre os demais por aplicar com eficiência esse conhecimento consolidado durante vários anos.

Para Moula et al. (1995) os Sistemas Baseados em Conhecimento são programas de computador que contêm conhecimento específico de um domínio (fatos e/ou heurística), e empregam um procedimento de inferência independente para manipular esse conhecimento a fim de resolver problemas do mundo real. Somente se os sistemas operarem em nível de um perito são denominados Sistemas Especialistas.

Fonseca et al. (1997) considera que, se o nível de conhecimento incorporado no sistema, é o mesmo de um perito, muitos sistemas chamados especialistas possuem pouco desse objetivo, sendo então mais adequado o termo “Sistema Baseado em Conhecimento”.

Entretanto, as denominações “Sistemas Especialistas” e “Sistemas baseados em Conhecimento” são freqüentemente usados como sinônimos na literatura. Embora, Moula et al., (1995) considerem que o termo “Sistema Baseado em Conhecimento” representa melhor os sistemas atuais.

Numa visão abrangente, Toll (1990) considera tanto os Sistema Especialistas como os Sistemas Baseados em Conhecimento, programas computacionais que incorporam o conhecimento e habilidades que os permitem operar em nível de perícia.

O protótipo desenvolvido no presente trabalho foi centrado no conhecimento exclusivo de um especialista, portanto, conforme o apresentado acima, o termo “Sistema Especialista”, por ser mais adequado, será o adotado nesta tese.

Fundamentalmente, os Sistemas Especialistas são programas computacionais que armazenam conhecimento humano e utilizam-no para resolver problemas normalmente resolvidos por seres humanos. O sistema emula a interação do usuário com um perito humano para resolver um dado problema (Brown, 1998).

As tarefas que este tipo de sistema realiza são, essencialmente, de natureza simbólica, as quais são inviáveis de serem resolvidas por procedimentos algorítmicos da computação convencional. Podem lidar com complexidades e incertezas possíveis de serem resolvidas somente com a utilização de regras de “bom senso” e com a elaboração de raciocínios similares aos seres humanos (Abel, 1993).

Hayes-Roth et al. (1983) e Yeh (1991) consideram os Sistemas Especialistas como um sistema computacional que contém uma ampla base de conhecimento heurístico para resolver problemas num domínio específico. O sistema utiliza o conhecimento para tirar conclusões e emular o desempenho de um especialista.

Uma limitação na tecnologia dos Sistemas Especialistas, segundo Damski et al. (1993), é quando a perícia depende dos sentidos físicos (tato, paladar, visão, audição ou olfato), os quais dificilmente podem ser implementados no sistema.

2.3 Os Sistemas Especialistas e os sistemas computacionais convencionais

Os Sistemas Especialistas apresentam duas diferenças fundamentais em relação aos sistemas computacionais convencionais (Moula et al., 1995; Toll, 1995):

- os Sistemas Especialistas trabalham com processamento simbólico enquanto os programas convencionais são eficientes em processamento numérico;
- nos Sistemas Especialistas o conhecimento (base de conhecimento) é separado dos procedimentos de inferência (mecanismo de inferência), ao contrário dos programas tradicionais onde conhecimento e controle são integrados.

Segundo Moula et al. (1995), enquanto os programas convencionais processam dados através de algoritmos, os Sistemas Especialistas processam conhecimento através de inferência.

A independência da base de conhecimento em relação ao mecanismo de inferência dos Sistemas Especialistas permite uma maior transparência de programação e facilita a manutenção da mesma (adicionar, retirar ou modificar seu conteúdo) sem afetar significativamente a estrutura do programa (Moula et al., 1995).

De acordo com Ortolano & Perman (1987), a transparência da base de conhecimento possibilita ao sistema fornecer explicações que justifiquem ao usuário o raciocínio utilizado para chegar às conclusões.

Em termos gerais, segundo Hayes-Roth et al. (1983), os Sistemas Especialistas diferem dos sistemas convencionais nos seguintes aspectos:

- realizam tarefas difíceis em nível de desempenho de um perito;
- fazem uso de estratégias de resolução de problemas em domínios específicos;

- empregam o próprio conhecimento para raciocinar através de inferências e gerar explicações ou justificativas para chegar a uma resposta;

- resolvem problemas que geralmente caem em uma das seguintes categorias: interpretação, predição, diagnóstico, análise, projeto, planejamento, monitoramento, reparo, instrução e controle.

Uma outra distinção é apontada por Damski et al. (1993). Um sistema convencional, para chegar à solução de um problema, emprega técnicas que envolvem buscas exaustivas em todo o conjunto de possíveis soluções do problema. Num Sistema Especialista, por trabalhar com processamento simbólico e com critérios oriundos da experiência (conhecimento heurístico), o conjunto de soluções do problema pode ser reduzido, e com isso, chegar com mais eficiência à solução do problema.

Face às diferenças apresentadas, os Sistemas Especialistas apresentam várias vantagens em relação aos sistemas computacionais convencionais. As principais são:

- facilidade de manutenção do conhecimento presente na base do sistema sem, necessariamente, alterar outras partes do programa (Ortolano & Perman, 1987);

- o usuário pode interromper o processamento durante uma consulta para saber o motivo pelo qual certas questões são colocadas ou, ao obter uma resposta do sistema, verificar as razões utilizadas para obtê-la (Ortolano & Perman, 1987);

- são mais facilmente aceitos pelos usuários, por serem considerados mais próximos da vida real (Basden & Attarwala, 1983);

- possuem facilidades de expressão, tornando-os simples, atrativos e fáceis de serem utilizados.

Rabuske (1995) considera a possibilidade de explanação dos Sistemas Especialistas, sua principal característica distintiva em relação aos sistemas convencionais. Essa característica torna os Sistemas Especialistas uma poderosa ferramenta de treinamento, especialmente útil para instrução.

Os Sistemas Especialistas, a longo prazo, podem tornar-se um depósito de conhecimento num domínio específico (Formoso, 1991).

2.4 Engenharia do conhecimento

A engenharia do conhecimento surgiu com os Sistemas Especialistas (Ganascia, 1993; Damski et al., 1993). É o processo de encapsular conhecimento em um sistema computacional para resolver problemas que normalmente requerem atenção e inteligência humana, utilizando representação do conhecimento e técnicas de processamento do campo da Inteligência Artificial (Sagalowicz, 1984). O processo envolve todo o ciclo de vida dos Sistemas Especialistas, desde as especificações iniciais do sistema até sua validação e teste (Damski et al., 1993).

De acordo com Cheng (1998), a engenharia do conhecimento constitui-se numa disciplina que trata da construção e manutenção de bases de conhecimentos em vários domínios do mundo real, e utiliza esses conhecimentos em técnicas automatizadas de raciocínio, para resolver problemas nos domínios que ordinariamente requerem raciocínio humano lógico.

A engenharia do conhecimento surgiu da necessidade de obtenção de conhecimento dos especialistas, de natureza empírica, às vezes difícil e complexo, como também de representá-lo e processá-lo. Segundo Damski et al. (1993), a essas novas técnicas de obtenção, representação e processamento do conhecimento dos especialistas, denominou-se engenharia do conhecimento.

Alguns autores, como Hayes-Roth et al. (1983), Kidd & Welbank (1984) e Formoso (1991), consideram que a principal função da engenharia do conhecimento é antes formalizar, estruturar e tornar público o conhecimento do especialista, e só depois produzir programas computacionais.

Kellet & Marshall (1991) consideram a complexidade do processo da engenharia do conhecimento amplamente dependente do problema a ser resolvido.

É função do engenheiro do conhecimento, capturar e transformar o conhecimento, tornando-o representável. É quem trabalha com o conhecimento e os processos envolvidos (Aguillen, 1998). O engenheiro do conhecimento deve possuir um certo conhecimento em computação, psicologia, estatística e lógica (Kidd & Welbank, 1984). De acordo com Hart (1985), ele deve, além disso, conhecer a terminologia utilizada no domínio.

Para Hayes-Roth et al. (1983), o engenheiro do conhecimento pratica a arte de buscar os princípios e ferramentas da pesquisa em Inteligência Artificial para guiar-se em difíceis problemas de aplicação que requerem conhecimento de especialistas para sua solução. Extrair, articular e computar o conhecimento do especialista constitui sua tarefa essencial. Assim, a engenharia do conhecimento orienta o problema da construção de Sistemas Especialistas práticos, objetivando primeiro em modelar o conhecimento do perito e então, organizá-lo numa implementação efetiva.

Segundo Rabuske (1995), o engenheiro do conhecimento deve ter uma educação ampla e ser bem informado de um modo geral. Entre outras disciplinas, psicologia, lógica e lingüística podem auxiliar nas suas atividades práticas. Não deve ser totalmente ignorante na área do especialista. Nunca deve presumir que comanda a perícia do especialista (Rabuske, 1995). As inconsistências do especialista nunca devem ser apontadas; é preferível adotar uma postura mais construtiva em relação ao àquele.

Em última análise, as habilidades mais importantes que o engenheiro do conhecimento deve possuir, são de natureza social. Ser um comunicador amável, efetivo, paciente e tolerante. Conforme Rabuske (1995), um bom senso de humor pode ser um fator importante. A diplomacia é inestimável. É importante que o engenheiro do conhecimento seja sensível ao orgulho e ao prestígio dos especialistas. É necessário habilidade verbal avançada e socialmente sofisticada.

Objetivamente, o engenheiro do conhecimento é o profissional que desenvolve Sistemas Especialistas (Damski et al., 1993). É, portanto, uma figura central na construção desses sistemas.

2.5 Componentes de um Sistema Especialista

Na literatura não existe concordância quanto aos componentes que constituem um Sistema Especialista.

Segundo Damski et al. (1993) um Sistema Especialista é composto de três partes: a interface, a base de conhecimento e o mecanismo de inferência. Consideram a interface tanto na interação com o usuário quando efetua uma consulta, como com o engenheiro do conhecimento quando desenvolve o sistema.

Por outro lado, Bernardi & Sardinha (1994) consideram que um Sistema Especialista possui cinco componentes principais: o módulo de aquisição do conhecimento, a base de conhecimento, o mecanismo de inferência, o módulo de explanação e a interface com o usuário.

Chouicha & Siller (1994) também quantificam em cinco os componentes básicos de um Sistema Especialistas, a saber: a memória de trabalho, a base de Conhecimento, o mecanismo de inferência, o módulo de explanação e a interface com o usuário. Para Chouicha & Siller (1994) e Fonseca et al. (1997), a memória de trabalho (ou contexto), lida com as informações fornecidas pelo usuário durante a consulta ao sistema. A memória de trabalho muda dinamicamente, e inclui informações que definem os parâmetros do problema específico e informações derivadas pelo sistema em qualquer estágio do processo de solução.

Outros autores, como Bittencourt (1996) e Fonseca et al. (1997), consideram os Sistemas Especialistas constituídos de três partes principais: a base de conhecimento, o mecanismo de inferência e a memória de trabalho.

Chang et al (1996) preferem considerar os Sistemas Especialistas constituídos de três componentes principais e dois componentes adicionais. A base de conhecimento, o mecanismo de inferência e a memória de trabalho são apontados como as partes principais e a interface com o usuário e o módulo de explanação são os elementos adicionais, responsáveis pela transparência da base de conhecimento.

Historicamente, as duas principais partes de um Sistema Especialista são: a base de conhecimento e o mecanismo de inferência (Borgia et al., 1998). Entretanto, na prática, é necessária uma interface com o usuário.

Face a discussão apresentada acima, nesta tese serão considerados os Sistemas Especialistas como constituídos de cinco componentes principais: a interface com o engenheiro do conhecimento (para implementação do sistema), a base de conhecimento, o mecanismo de inferência, a memória de trabalho e a interface com o usuário (para utilização do sistema).

Considerando que a memória de trabalho já foi discutida acima, a seguir serão apresentados aspectos referentes à base de conhecimento, ao mecanismo de inferência, à interface com o engenheiro do conhecimento e interface com o usuário.

2.5.1 Base de conhecimento

A base de conhecimento é a principal parte de um Sistema Especialista (Damski et al., 1993). É o componente que contém toda a informação associada com o domínio no qual o sistema opera. Essas informações podem ser definições documentadas, fatos, regras práticas e heurística (Moula et al., 1995; Chang et al., 1996).

De acordo com Abel (1993), o conteúdo da base de conhecimento pode ser de dois tipos: o conhecimento factual contido em livros e outras publicações, bem como informações comprovadas e aceitas pela comunidade científica; e o conhecimento heurístico, na forma de regras de “bom senso” obtidas através da experiência de um ou mais profissionais considerados especialistas em alguma área do conhecimento.

O conhecimento armazenado na base é expresso por meio de formalismos de representação do conhecimento que serão discutidos no item 2.9.2. A potência de um Sistema Especialista deriva do conhecimento que a base contém e não dos formalismos e esquemas específicos que o Sistemas emprega (Rabuske, 1995).

2.5.2 Mecanismo de inferência

Um Sistema Especialista, através do mecanismo de inferência, raciocina a partir do conhecimento contido na sua base e gera informações para o usuário (Bogacz et al., 1998; Borgi et al., 1998). Representa a estratégia que o especialista emprega para resolver um problema específico (Chang et al., 1996). O mecanismo de inferência, de acordo com Fonseca et al. (1997), avalia o conteúdo da memória de trabalho e da base de conhecimento, resolvendo conflitos quando necessário para chegar a uma conclusão.

Segundo Moula et al. (1995), o mecanismo de inferência é responsável pela manipulação do conhecimento presente na base do sistema, determinando a ordem lógica e as questões que devem ser colocadas ao usuário para chegar à solução do problema. Ele exerce um controle sobre as regras contidas na base que devem ser aplicadas durante a consulta (Borgi et al., 1998).

O mecanismo de inferência controla a atividade do sistema. Para Bittencourt (1996), essa atividade ocorre em ciclos, cada ciclo consistindo de 3 fases: na primeira fase, é avaliada a correspondência dos dados (memória de trabalho), na qual as regras que satisfazem a descrição da situação atual são selecionadas. Na segunda fase, das regras selecionadas na fase anterior, são definidas quais as regras que serão realmente executadas. Finalmente, na terceira fase, as regras são executadas.

Existem dois mecanismos básicos para processar o conhecimento (Damski et al., 1993; Oliveira, 1994; Silva, 1996; Boudinova, 1997): o encadeamento para frente (*forward chaining*) ou progressivo e o encadeamento para trás (*backward chaining*) ou regressivo.

A forma de encadeamento utilizado pelo sistema, está intimamente ligada com a forma de como o problema é resolvido no mundo real. Os problemas de previsão, por exemplo, são típicos de solução por encadeamento para frente. Por outro lado, problemas de diagnóstico são típicos de solução por encadeamento para trás (Damski et al., 1993).

2.5.3 Interface com o engenheiro do conhecimento e usuário

A interface, de acordo com Chang et al. (1996), é o mecanismo através do qual um ser humano (engenheiro do conhecimento e/ou usuário) pode comunicar-se com o sistema.

De acordo com Damski et al. (1993), a implementação de um Sistema Especialista por meio de linguagens tradicionais (C, Fortran, Pascal e outras) é perfeitamente viável, mas implica em um grande esforço de desenvolvimento. Linguagens desenvolvidas com base nos conceitos da Inteligência Artificial como Prolog e Lisp, reduzem significativamente o tempo e o esforço de implementação do sistema. Entretanto, o desenvolvimento da aplicação pode ser acelerado pela utilização de ferramentas especialmente projetadas para engenharia do conhecimento e construção de Sistemas Especialistas.

Essas ferramentas, denominadas “shells”, facilitam tremendamente a implementação de uma aplicação, sendo consideradas um dos fatores responsáveis pela disseminação da tecnologia dos Sistemas Especialistas (Bittencourt, 1996). Elas são um conjunto completo de recursos para desenvolvimento de uma aplicação.

As “shells” são produzidas comercialmente. Existe no mercado uma grande variedade dessas ferramentas. D. H. Waterman, em 1986, já apresentava uma relação de aproximadamente uma centena de shells disponíveis (Rabuske, 1995).

Segundo Damski et al. (1993), uma das principais decisões que o engenheiro do conhecimento tem que fazer é definir qual a ferramenta computacional (*shell*) é mais adequada para implementar um sistema.

Pode ser considerado que uma “shell”, inicialmente, apresenta uma interface de comunicação com o engenheiro do conhecimento, através da qual o sistema é desenvolvido (implementação da base de conhecimento e mecanismo de inferência). Paralelamente, a interface de comunicação do usuário final com o sistema vai sendo desenvolvida.

A interface com o usuário, é um subsistema, através do qual o usuário interage com o programa e apresenta três funções básicas (Oliveira, 1994):

a) apresentar, de modo claro ao usuário, as questões referentes aos atributos iniciais do problema a ser resolvido;

b) mostrar resultados intermediários e finais da consulta;

c) apresentar comentários, justificativas ou motivos pelos quais determinada solução foi obtida.

De acordo com Formoso (1991), diversos autores consideram que uma boa interface com o usuário é um requerimento essencial para a aceitação efetiva de um Sistema Especialista.

As telas a serem apresentadas ao usuário devem ser de fácil compreensão e as explicações necessárias devem ser claras e diretas. A utilização de janelas, menus, gráficos de alta resolução, animação e cores, tornam a interface mais amigável (Bittencourt, 1996).

Formoso (1991), considerando a evidente importância da interação homem/máquina para o sucesso de uma aplicação, relaciona inúmeros critérios para o desenvolvimento da interface com o usuário. Alguns deles são apresentados abaixo:

- o usuário deve ser visualmente motivado para utilizar o sistema (Jones, 1978);

- é aconselhável desenvolver uma interface com o usuário na qual o mesmo possa ter controle na interação com o sistema, evitando uma consulta rígida; os usuários menos experientes, normalmente preferem ser conduzidos pela máquina. Entretanto, os mais experientes dão preferência a uma interação mais flexível com o sistema (Berry & Broadbent, 1986);

- o sistema deve ter algumas salvaguardas que previnam o usuário para não cometer erros (Formoso, 1991);

- a linguagem técnica usada no diálogo homem/máquina deve ser tão familiar quanto possível ao usuário, preferencialmente baseada em conceitos já utilizados pelo mesmo (Jones, 1978);

- os conceitos cujo significado variam de acordo com o contexto em que eles estão inseridos devem ser, de forma clara, explicitados ao usuário (Formoso, 1991);

- as facilidades de explanação que o sistema oferece devem ser cuidadosamente projetadas (Berry & Broadbent, 1986), já que são elas que garantem ao usuário que o conhecimento e o processo de raciocínio do sistema são apropriados.

Na literatura sobre interação homem/computador, muita atenção tem sido dada à diferenciação e classificação do nível de habilidade do usuário. A motivação para tais classificações é obter um ajuste ótimo entre o nível do usuário e o tipo de interface empregada pelo sistema (Durham & Emurian, 1998).

2.6 Quando desenvolver um Sistema Especialista

Um dos problemas centrais relacionados à aplicação da tecnologia dos Sistemas Especialistas refere-se à decisão de quando realmente é necessário e recomendável sua utilização para a solução de um problema específico (Abel, 1993).

Como regra básica, inicialmente deve-se procurar uma solução utilizando as técnicas da computação convencional; somente se as mesmas, após exaustiva análise, mostrarem-se insuficientes ou inadequadas, a utilização da tecnologia de Sistemas Especialistas pode ser considerada (Bernardo & Sardinha, 1992; Yeh et al., 1991; Abel, 1993; Damski et al., 1993).

De acordo com Hayes-Roth et al. (1983), quando o conhecimento é estabelecido, fixo e formalizado, os programas computacionais convencionais (algorítmicos) são mais apropriados.

A partir da própria definição de Sistemas Especialistas (item 2.2), um aspecto básico a ser considerado é: o conhecimento heurístico deve ser fundamental para a resolução do problema específico (sua solução envolve fatores subjetivos, experiência, julgamento, regras práticas e intuição) (Hayes-Roth et al., 1983; Yeh et al., 1991; Chouicha & Siller, 1994).

Para Sagalowicz (1994), a escolha do problema a ser resolvido deve situar-se num domínio onde o conhecimento não é disponível, é mal distribuído e de difícil manutenção (“gargalo” do conhecimento).

Outras indicações dispersas na literatura são apresentadas abaixo:

- quando o problema não é estruturado (Rashad et al., 1991);
- quando o problema é complexo (Toll, 1990; Bernardi & Sardinha, 1992);
- quando o conhecimento envolve incerteza, é incompleto, inexato (Abel, 1993);
- quando o conhecimento não está codificado (Hayes-Roth et al., 1983);
- quando é necessário conservar, consolidar e comunicar conhecimento (Damski et al., 1993);
- quando o problema envolve fatores imprevistos (Fisher et al., 1995);
- quando a solução do problema envolve informações qualitativas (Trautmann & Kulhawy, 1996);
- quando é necessário capturar, replicar e distribuir perícia (Toll, 1990);
- quando é necessário modelar o conhecimento de um perito (Toll, 1990);
- quando o conhecimento evolui constantemente (Toll, 1990);
- onde o custo da formação e escassez de profissionais com bom desempenho justifiquem a aplicação da tecnologia dos Sistemas Especialistas (Abel, 1993),
- onde a solução do problema depende de um número muito grande de variáveis (Abel, 1993);
- onde a solução do problema envolve fatores cujas interações não sejam facilmente compreendidas (Damski et al., 1993);
- onde os custos do desenvolvimento de um Sistema Especialista são cobertos pelo valor de uma solução eficiente automatizada por computador (Abel, 1993);

Conforme Slagle & Wick (1989), o processo de seleção de uma aplicação é um decisão importante para se obter sucesso com o desenvolvimento de um Sistema Especialista. O método descrito pelos autores, propõe uma análise do domínio da aplicação, objetivando encontrar atributos. Esses atributos são relacionados à tarefa que o sistema deverá realizar, aos usuários e aos profissionais envolvidos no desenvolvimento do sistema (gerência, engenheiro do conhecimento, especialistas).

Os atributos são classificados em essenciais e desejáveis. Os atributos essenciais são aqueles requeridos pela tecnologia de Sistemas Especialistas. Os atributos desejáveis são características adicionais, não necessariamente fundamentais, mas que servem para indicar se a aplicação é adequada.

O método consiste em pontuar os atributos indicados com valores que variam entre zero e dez, multiplicando esses valores por pesos preestabelecidos. Os resultados obtidos são somados, e o valor totalizado é dividido pelo somatório dos pesos. O valor encontrado define a avaliação.

Entretanto, Bernardi & Sardinha (1992) salientam que uma condição essencial para o desenvolvimento de um Sistema Especialista, é que exista concordância entre os especialistas do domínio, quanto à resolução do problema e suas possíveis soluções. Sem um consenso é impossível avaliar, no futuro, o desempenho do sistema desenvolvido.

2.7 Etapas do desenvolvimento de um Sistema Especialista

O desenvolvimento de um Sistema Especialista diferencia-se, em alguns aspectos, da forma como os sistemas convencionais são implementados, cujas etapas de desenvolvimento são enfrentadas de uma forma seqüencial e distintas (Basden et al., 1990, Rabuske, 1995).

Na literatura, geralmente, o desenvolvimento de um Sistema Especialista é considerado entre três a cinco estágios. Segundo Rabuske (1995), a prática de utilizar um protótipo inicial para desenvolver uma aplicação dificulta a separação em etapas ou fases. Outra razão apontada pelo mesmo autor, é que o processo de construção de um Sistema Especialista é, ainda, essencialmente experimental.

A seguir são apresentadas seqüencialmente as etapas que, em geral, a literatura considera formalmente no desenvolvimento de uma aplicação. Entretanto, como salientam Formoso (1991), Oliveira (1994) e Silva (1996), na prática, sobreposições podem ocorrer. Elas não são estanques, bem definidas ou mesmo independentes (Hayes-Roth et al., 1983).

A primeira etapa do desenvolvimento de um Sistema Especialista pode ser denominada de identificação ou inicial. Nessa etapa, são identificados os participantes do projeto (o engenheiro do conhecimento, um ou mais peritos, o programador), os recursos envolvidos e as características do problema: que tipo e problema o sistema deverá resolver, como ele pode ser caracterizado ou definido, quais os principais subproblemas envolvidos, quais os termos importantes e suas inter-relações, o que é uma solução do problema, que aspectos o especialista considera importantes para obter-se uma solução, que situações costumam impedir a solução (Hayes-Roth et al., 1983). Nesta fase é importante identificar o tipo de usuário a que se destina a aplicação.

É nessa etapa que, geralmente, o engenheiro do conhecimento paralelamente efetua uma pesquisa bibliográfica sobre o domínio do problema, objetivando facilitar a comunicação com o especialista (Abel, 1993).

A segunda etapa, denominada conceitual, tem como objetivo definir a função que a aplicação terá no contexto do problema, e delimitar o domínio do conhecimento necessário para projetar o sistema. Ao término dessa etapa, a estrutura básica do domínio está identificada, o que torna possível especificar mais detalhadamente o sistema e escolher uma “shell” adequada para desenvolvê-lo.

Em relação à escolha da “shell”, Rabuske (1995) salienta que essa definição deve ser cuidadosa, para evitar que as etapas subseqüentes sejam prejudicadas, impondo-se restrições em função da ferramenta computacional que será adotada.

Durante essa etapa, o perito e o engenheiro do conhecimento explicitam os conceitos básicos, suas relações e características do fluxo de informações necessárias para descrever o processo de resolução do problema em um dado domínio. Além disso, são especificadas subtarefas, estratégias e limitações relativas à atividade de resolução do problema (Hayes-Roth et al., 1983).

A terceira etapa constitui-se na formalização e implementação do sistema, envolvendo o mapeamento de conceitos chaves e suas relações numa representação formal. Durante a implementação, o engenheiro do conhecimento combina e reorganiza o conhecimento formalizado para torná-lo compatível com as características do fluxo de informação do problema. O conjunto resultante de regras associadas ao mecanismo de inferência constituem um protótipo capaz de ser executado e avaliado (Hayes-Roth et al., 1993).

É nessa etapa que a aquisição do conhecimento propriamente dita é realizada, tendo como fontes o conhecimento disponível na literatura e/ou a experiência (perícia) do especialista que o diferencia de outros profissionais, denominado conhecimento heurístico, cuja elucidação e reprodução é considerada por Hayes-Roth et al. (1983) tarefa central na construção de um Sistema Especialista.

A quarta etapa do desenvolvimento de um Sistema Especialista consiste na sua avaliação. O principal objetivo desse estágio, de acordo com Formoso (1991) é checar se o sistema atingiu um determinado nível de qualidade e identificar suas possíveis limitações. Segundo Abel (1993), grande parte da qualidade e eficácia de um sistema deve-se ao envolvimento do especialista na construção do mesmo.

A importância dessa etapa para a confiabilidade e qualidade do sistema é reconhecida por diversos autores: Bernardi & Sardinha (1994), Oliveira (1994), Silva (1996), Zlatareva (1998), Cheng & Jamieson (1998) e outros.

Rabuske (1995) considera que essa etapa recebe pouca atenção dos projetistas e pesquisadores, entretanto é a única forma de garantir o sucesso de uma aplicação.

Alguns autores como Abel (1993) e Rabuske (1995) consideram a manutenção do sistema como uma etapa final e permanente, onde novas informações são adicionadas a ele, de modo a refletir os avanços do conhecimento do domínio. De acordo com Basden et al. (1990) e Boudinova (1997), geralmente um Sistema Especialista não pode ser considerado concluído, tendo em vista que o conhecimento sofre aperfeiçoamentos e ampliações constantes.

2.8 Aquisição do conhecimento

A aquisição do conhecimento é o ponto-chave na construção de um Sistema Especialista de sucesso (Hart, 1985; Yeh et al., 1991). Entretanto, é consenso na literatura que a aquisição do conhecimento é o principal “gargalo” (estrangulamento) no desenvolvimento de um sistema (Hayes-Roth et al., 1983; Kidd & Welbank, 1984; Giorno et al., 1988; Formoso, 1991; Kellet & Marshall, 1991; Bernardi & Sardinha, 1992; Damski et al., 1993; Chouicha & Siller, 1994; Rabuske, 1995; Bittencourt, 1996; Boudinova, 1997; Durgaprasad & Appa Rao, 1997; Kushida et al., 1997; Skibniewski et al., 1997; Rafea & Rafea, 1998; Walczak & McNally, 1998).

A aquisição do conhecimento, segundo Damski et al. (1993), é o processo de coleta, eliciação, interpretação e formalização de dados sobre o funcionamento da perícia em algum domínio a fim de projetar, construir, ampliar ou modificar um Sistema Especialista.

A eliciação do conhecimento é uma parte do processo de aquisição que se refere à “extração” do conhecimento a partir de pessoas. O termo extração não é adequado, porque não reflete o que realmente acontece. O especialista, ao expor seu conhecimento, não o perde, portanto não existe “extração”. Por outro lado, o termo eliciar, que significa “fazer aparecer” é mais adequado. O termo “elicitar” não é correto.

2.8.1 O enfoque humanístico e o enfoque de modelos

Damski et al. (1993) salienta que o processo de aquisição do conhecimento pode ser apoiado por alguns métodos que facilitam a extração do conhecimento do especialista. Esses métodos podem ser baseados na interação entre o engenheiro do conhecimento e o especialista (enfoque humanístico ou naturalista) ou baseado na estrutura epistemológica do conhecimento do domínio (enfoque de modelos), o qual é mais conceitual.

O enfoque humanístico ou psicológico toma o todo (aquisição do conhecimento) pela parte (eliciação do conhecimento), considera a aquisição do conhecimento um processo de eliciação do conhecimento de um especialista e a posterior transferência do conhecimento extraído para um sistema em construção. Esse enfoque de acordo com Schreiber, citado por Damski et al. (1993), é viável somente nos casos em que o especialista e o engenheiro do

conhecimento compartilham uma visão comum do processo de solução do problema no domínio e adotam um vocabulário comum em relação ao mesmo domínio.

No enfoque de modelos, os especialistas assumem o papel de interpretador do domínio. Nesse enfoque, o processo de aquisição do conhecimento é considerado como um processo construtivo, no qual o engenheiro do conhecimento realiza um papel central na reconstrução racional do domínio. (Damski et al., 1993).

O enfoque de modelos utiliza modelos para representar conhecimento e para orientar na sua aquisição. Nessa abordagem, um Sistema Especialista é considerado como a realização computacional desses modelos. Segundo Damski et al. (1993), o modelo é uma representação estruturada e abstrata de um determinado conhecimento, onde a estrutura representa as características e conteúdos desse conhecimento, e sua principal função é reduzir a complexidade de tratamento desse conhecimento (análise, representação e aquisição) ao focar certos aspectos em detrimento de outros. Os modelos, basicamente, são modelos de comportamento, objetivando a resolução de problemas.

Damski et al. (1995) salienta que o enfoque de modelos não exclui nem tão pouco diminui a importância das técnicas de eliciação; a modelagem de conhecimento é complementar às técnicas de eliciação.

Os protótipos desenvolvidos por Formoso (1991), Oliveira (1994), Silva (1996) e Boudinova (1997), adotaram o enfoque de modelos. A aplicação desenvolvida no presente trabalho adota alternativamente o enfoque humanístico.

2.8.2 A eliciação do conhecimento

A eliciação do conhecimento é processo de obtenção e estruturação do conhecimento de peritos humanos (Aguillen, 1998). Envolve o contato direto do(s) especialista(s) com o engenheiro do conhecimento. (Bernardi & Sardinha, 1992). É uma tarefa difícil (Hayes-Roth, 1983; Durgaprasad & Appa Rao, 1997) que consome geralmente muito tempo e trabalho (Kushida et al., 1997; Fanlun & Renshou, 1998). O conhecimento eliciado dos especialistas normalmente são obtidos em pedaços (Shen & Grivas, 1996; Durgaprasad & Appa Rao, 1997).

Segundo Hayes-Roth et al. (1983), a missão do engenheiro do conhecimento é descobrir e formalizar o conhecimento do perito, através de uma série extensiva de interações, nas quais os conceitos básicos envolvidos para a resolução do problema são determinados e regras que expressam suas relações são formalizadas.

Uma dificuldade apontada por Hayes-Roth et al. (1983) na eliciação, é a verbalização do conhecimento pelo perito. Normalmente é difícil para o especialista descrever o conhecimento em termos que sejam suficientemente precisos, completos e consistentes para colocá-lo em um programa computacional. Essa dificuldade é inerente à natureza do conhecimento que constitui a perícia humana. Geralmente ela é subconsciente, e pode ser aproximada, incompleta e inconsistente. Para Kellet & Marshall (1991), além dessa dificuldade, simples conflitos de personalidade podem afetar a comunicação entre o engenheiro do conhecimento e o especialista.

O conhecimento do especialista, de acordo com Rabuske (1995), é compilado, à medida que ele se familiariza com o campo de perícia, dispensa esquemas de abordagem e adota a informalidade, fixando-se no essencial, citando o periférico apenas esporadicamente. Por outro lado, a perícia é subjetiva, cada especialista tem uma visão particular do assunto. Para ele, os resultados consagram os meios. Com freqüência, não há embasamento científico que dê suporte à forma de chegar a um resultado.

Considerando que os especialistas são normalmente muito ocupados, Formoso (1991) aponta a falta de tempo adequado disponível para o engenheiro do conhecimento, e a possível falta de entusiasmo do perito pelo projeto, como outros fatores que dificultam a eliciação do conhecimento.

2.8.3 Técnicas de eliciação do conhecimento

Existem várias técnicas para adquirir o conhecimento do perito necessário para o desenvolvimento de Sistemas Especialistas (Moula et al., 1995). Nenhuma delas pode ser considerada universalmente aceita. Algumas técnicas são mais indicadas para determinados domínios e, no entanto, podem não ser adequadas a outros casos (Hart, 1985). De acordo com Kellet & Marshall (1991), o sucesso na eliciação do conhecimento, geralmente é alcançado com a combinação de várias técnicas.

Uma decisão importante no projeto de um Sistema especialista, refere-se ao número de especialistas que irão participar. Segundo Mittal & Dym (1985), a utilização de vários especialistas pode ser vantajosa, porque uma melhor compreensão deve ser obtida conversando com um grupo diversificado de peritos. Formoso (1991) e Boudinova (1997) consideram que, em certos casos, a eliciação de conhecimento de múltiplos peritos é mais adequada.

De acordo com Mittal & Dym (1985) e Boudinova (1997), essa abordagem é mais indicada em domínios complexos e diversificados, onde a especialização é mais intensa, e o conhecimento dos peritos fica limitado a pequenas partes do domínio, nas quais eles executam muito bem determinadas sub-tarefas da tarefa principal.

Formoso (1991) salienta que a abordagem de múltiplos especialistas baseia-se na existência de um corpo comum de conhecimento no domínio, constituindo-se numa limitação da abordagem para domínios onde existe pouca concordância entre peritos.

A técnica de eliciar conhecimento de múltiplos peritos foi utilizada por Formoso (1991). Ele aponta três aspectos importantes dessa abordagem:

- 1) as sessões nas quais participaram dois peritos foram mais produtivas do que aquelas que tiveram a participação de apenas um perito;
- 2) cada perito centrou sua contribuição naqueles aspectos nos quais eram mais especializados;
- 3) os mais experientes mostraram-se mais hábeis em obter soluções para as situações mais difíceis, enquanto os menos experientes forneceram explicações de relações causais de forma mais ordenada.

Embora as técnicas de eliciação do conhecimento sejam, reconhecidamente, bem documentadas na literatura (Formoso, 1991; Boudinova, 1997), a seguir é apresentado um resumo das técnicas mais importantes.

As técnicas de eliciação do conhecimento serão agrupadas em quatro abordagens, indicadas por Kellet & Marshall (1991):

- a) Abordagem direta;
- b) Abordagem observacional;
- c) Abordagem indireta;
- d) Abordagem baseada em máquina.

Como orientação geral, Kellet & Marshall (1991), Abel (1993) e Damski et al. (1993), recomendam como primeiro passo, que o engenheiro do conhecimento deve realizar uma imersão na literatura sobre o domínio do problema. Textos introdutórios, preferencialmente indicados pelo perito, fornecem ao engenheiro do conhecimento uma compreensão básica do domínio e, paralelamente, familiarizam-no com o vocabulário utilizado. O objetivo é dar condições iniciais de o engenheiro do conhecimento comunicar-se com o especialista.

2.8.3.1 Abordagem direta

Nessa abordagem o engenheiro do conhecimento interage diretamente com o perito, objetivando obter explicações do conhecimento que o especialista aplica na solução do problema (Damski et al., 1993). O objetivo é gerar situações nas quais o perito verbalize seus pensamentos sobre o problema e como ele encontra sua solução.

A informação obtida nessa abordagem, salienta Kellet & Marshall (1991) não é, necessariamente, acurada. Pode não representar o que exatamente o especialista faz. Tudo que é produzido são dados verbais, os quais devem ser cuidadosamente interpretados pelo engenheiro do conhecimento. O perito pode não estar acostumado a dar explicações e, na tentativa de justificar suas ações, fornece explicações corretas teoricamente, porém não exatamente o que ele realmente faz. O perito pode esquecer fatos, reter informações ou não verbalizar o que ele considera conhecimento comum.

A entrevista é uma técnica de abordagem direta e é considerada a mais utilizada no processo de eliciação do conhecimento (Formoso, 1991; Oliveira, 1994; Moula et al., 1995; Rabuske, 1995; Silva, 1996). De acordo com Rabuske (1995), a entrevista geralmente é

considerada trivial, e pode ser perfeitamente equacionada com base no bom senso. Na verdade, existem diferentes métodos de entrevistas.

As entrevistas servem para muitos objetivos e podem atuar em muitos níveis de detalhamento na eliciação do conhecimento (Kellet & Marshall, 1991). Elas inicialmente podem não ser estruturadas, consistindo em conversas informais com um ou mais especialistas. Servem para familiarizar o engenheiro do conhecimento com o assunto e aproximá-lo do especialista, tornando-os mais conhecidos. Uma relação efetiva entre eles é fundamental para o sucesso da eliciação. Nesse tipo de entrevista as questões colocadas são espontâneas e, em geral, não são direcionadas (Chouicha & Siller, 1994), referindo-se a fatos, conhecimento heurístico e procedimentos comuns do domínio (Oliveira, 1994, Boudinova, 1997).

Com o andamento do processo de eliciação, as entrevistas mudam de orientação e buscam a aquisição de detalhes específicos do conhecimento, tornando-se mais estruturadas (Kellet & Marshall, 1991).

Nas entrevistas denominadas estruturadas, de acordo com Boudinova (1997), o questionamento é mais sistemático, as perguntas são previamente preparadas, direcionadas a pontos específicos, gerando informações bem definidas e menos intuitivas. As perguntas podem ser fechadas (respostas possíveis previamente colocadas), ou abertas (respostas livres). Para Damski et al. (1993), entrevistas estruturadas correspondem à aplicação oral de um questionário antecipadamente definido.

É de fundamental importância que alguma forma de registro seja mantida em cada entrevista. Os dados gerados em cada sessão formam a base de análise do engenheiro do conhecimento, o que os torna valiosos. Sem esses registros, o engenheiro do conhecimento pode forçar o perito repetir a mesma informação várias vezes, reduzindo seu interesse (Kellet & Marshall, 1991). Os métodos que podem ser usados para registrar as entrevistas incluem anotações e gravações (audio ou vídeo). A utilização de equipamentos de gravação refletem na acurácia da transcrição. Damski et al. (1993) salienta que o perito deve ser previamente avisado quando algum tipo de gravação será utilizado.

O processo de transcrição das entrevistas gravadas é longo e tedioso, apenas algumas poucas gravações devem ser transcritas para a correspondente análise de texto,

reservando as demais para consultas em caso de dúvidas, ou para o preenchimento de lacunas inevitavelmente presentes nas anotações. Segundo Damski et al. (1993), em geral, uma hora de gravação corresponde a cinco horas de transcrição.

De acordo com Damski et al. (1993), a principal desvantagem das técnicas de entrevistas é não propiciar dados de “perícia em ação”.

Uma técnica considerada por Kellet & Marshall (1991) como abordagem direta é a introspecção. Ela consiste num registro verbal do perito de como ele resolveria um problema particular imaginário (Formoso, 1991). Para Damski et al. (1993), essa técnica permite atingir uma descrição inicial das estratégias e dos processos subjacentes ao desempenho da tarefa, gerando uma descrição explícita da atividade cognitiva que ocorre entre o estado inicial de um problema e a sua solução final. Nessa técnica, três opções são possíveis:

a) descrição retrospectiva de caso: o perito é solicitado a descrever como ele resolveria casos típicos (Kellet & Marshall, 1991); essa opção permite detectar táticas, procedimentos, fatos e dados utilizados pelo especialista (Damski et al., 1993);

b) registros de incidentes críticos: o perito é solicitado a descrever como resolveria casos extraordinários (Kellet & Marshall, 1991).;

c) seguindo simulação de cenários: o perito é solicitado a descrever como resolveria casos hipotéticos. Essa técnica possibilita evidenciar incertezas do conhecimento, propondo ao perito contextos cada vez mais restritos (até que ele declare que não é possível resolver o problema). Segundo Damski et al. (1993), essas condições, obrigam o especialista a formular hipóteses e a utilizar heurística.

Uma desvantagem dessa técnica referente às opções b) e c) é que ela pode gerar desconforto ao perito (Damski et al., 1993).

2.8.3.2 Abordagem observacional

A abordagem observacional, segundo Kellet & Marshal (1991), consiste num conjunto de técnicas nas quais o engenheiro do conhecimento observa o especialista

resolvendo um problema do domínio. Duas técnicas são apresentadas: análise de protocolo verbal e diálogos.

A análise de protocolo verbal, de acordo com Abel (1993), Damki et al., (1993) Oliveira (1994), Rabuske (1995) consiste em observar o perito durante a realização da tarefa, que descreve verbalmente o modo utilizado para solucionar o problema. Essa técnica é mais natural do que as entrevistas (Formoso, 1991), e exige gravação da sessão, a qual deve ser transcrita e analisada (Damski et al., 1993), e de onde devem ser extraídas regras que o especialista utiliza (Kellet & Marshall, 1991).

As técnicas denominadas por “estudos observacionais” (Silva, 1996) e “observação do trabalho do especialista” (Boudinova, 1997), nas quais o perito é observado resolvendo casos no seu ambiente de trabalho, enquadram-se na abordagem observacional.

O objetivo é descrever o que o especialista faz, como e quando ele faz, que outros fatores ele considera e onde espera encontrá-los. Os benefícios dessa técnica, segundo Kellet & Marshall (1991), estão no fato de o perito atuar em situação natural; ele é observado atuando na sua tarefa e assim, algumas das pressões de explicar seu conhecimento são removidas. Nessa técnica é dada maior ênfase à obtenção de dados, a partir dos quais é derivado o conhecimento.

Uma desvantagem dessa técnica, apontada por Formoso (1991) e Damski et al. (1993), é que ela pode interferir no trabalho do especialista, forçando-o a adotar um enfoque mais sistemático do que o normal. O perito pode fornecer explicações verbais do processo que não ocorrem, a fim de dar alguma fundamentação a um determinado encaminhamento. Por outro lado, certos aspectos que o especialista considera do senso comum, não são articulados por ele (Kellet & Marshal, 1991).

A técnica de diálogos consiste no registro de conversas entre o futuro usuário do sistema e o perito (Kellet & Marshall, 1991). Uma análise desses diálogos revelam informações relativas aos conceitos e às estratégias que o especialista emprega no processo de resolução do problema.

2.8.3.3 Abordagem indireta

É um conjunto de técnicas, consideradas de apoio à obtenção de perícia (Damski et al., 1993), nas quais o engenheiro do conhecimento espera que o especialista revele sua perícia. Essa abordagem difere da abordagem direta porque, nela, o perito não é encorajado a verbalizar seu conhecimento cuja estrutura é derivada dos resultados das técnicas empregadas (Kellet & Marshall, 1991).

Existe uma variedade muito grande de técnicas de abordagem indireta. A seguir são apresentadas algumas delas.

A análise de grade (ou matriz) de repertório, oriunda da psicologia, é conforme Kellet & Marshall (1991), uma das melhores técnicas de eliciação de conhecimento. É adequada para abordar diferenças entre conceitos do especialista, auxiliando-o a estruturar e classificar seu conhecimento, evidenciando analogias e dependências entre os conceitos (Silva, 1996). De acordo com Damski et al. (1993) essa técnica é empregada, também, para hierarquizar conceitos do domínio e gerar regras.

A grade ou matriz de repertório é feita em duas etapas (Kellet & Marshall, 1991; Damski et al., 1993). Na primeira etapa a matriz é desenvolvida, através de um mapeamento das características do problema do domínio, definidas por elementos e atributos bipolares (rígido/flexível, lento/rápido por exemplo). Numa segunda etapa, é feita uma análise da matriz, onde o perito atribui um grau numérico (entre 0 e 5) para medir a semelhança ou diferença entre os conceitos (Abel, 1993). Kellet & Marshall (1991) apresentam uma detalhada descrição dessa técnica.

A técnica é indicada para eliciar conhecimento de um único perito, quando o conjunto de conceitos relacionados for pequeno e não ocorrer concordância no vocabulário do domínio (Damski et al., 1993).

Damski et al. (1993) apontam como vantagens da técnica de matriz de repertório a captura de distinções entre conceitos relacionados com grande aproximação e obtenção de conceitos pessoais do perito, quando não existe um vocabulário público. Como desvantagem, indicam a possibilidade de não haver consenso, entre diversos especialistas, da distinção estabelecida entre os conceitos.

Outra técnica de abordagem indireta é a classificação ou organização conceitual. Ela consiste na identificação, pelo engenheiro do conhecimento, de um conjunto de conceitos do domínio. Cada conceito é colocado em cartões individuais, os quais são apresentados ao perito que os organiza em várias formas, descrevendo o critério de organização (Formoso, 1991; Kellet & Marshal, 1991; Abel, 1993; Damski et al., 1993; Silva, 1996).

Essa técnica, de acordo com Formoso (1991), permite estabelecer uma estrutura global do conhecimento do domínio, quando informações (conceitos) são organizadas hierarquicamente. Para Damski et al. (1993), além disso, a técnica revela os princípios que regem essa organização, elucidando a estrutura subjacente à linguagem do especialista. Elas geram uma maior compreensão do domínio.

A técnica de questionários é um modo eficiente de completar entrevistas estruturadas, segundo Damski et al. (1993). Ela permite esclarecer dúvidas e obter conceitos, relações e incertezas associadas ao domínio. É um modo conveniente para esclarecimentos adicionais relativos aos dados verbais obtidos. Na realidade, é uma alternativa às entrevistas estruturadas, reduzindo o envolvimento direto do engenheiro do conhecimento com o especialista.

Essa técnica, além de rápida, fornece respostas menos sujeitas a ambigüidades. Como limitação, Damki et al. (1993) aponta a necessidade de o engenheiro do conhecimento ter de conhecer suficientemente o domínio para preparar o questionário.

Além dessas técnicas, outras são descritas na literatura: método de codificação de lista, geração de listas de fatos, reclassificação ou hipóteses terminais (Damski et al., 1993), lista de passos (Formoso, 1991), confronto de conhecimento (Boudinova, 1997).

2.8.3.4 Abordagem de máquina

Como foi discutido no item 2.8.1, a eliciação do conhecimento é um ponto crítico no desenvolvido de Sistemas Especialistas. Este fato, tem conduzido a pesquisa em Inteligência Artificial, reduzindo ao mínimo a tarefa do engenheiro do conhecimento, como intermediário no processo de desenvolvimento desses sistemas, automatizando-o através de ferramentas computacionais (Rabuske, 1995).

Segundo Skibniewski et al. (1996) e Melhem et al. (1996), a automatização da aquisição do conhecimento é uma área onde o progresso terá significativo impacto na prática e superação dos problemas associados à construção de Sistemas Especialistas.

Uma das ferramentas referenciadas com freqüência na literatura são as chamadas máquinas de indução (Formoso, 1991; Kellet & Marshall, 1991; Rabuske, 1995; Melhem et al., 1996; Skibniewski et al., 1996; Martinez-Enriquez & Escalada-Imaz, 1998)

De acordo com Skibniewski et al. (1996), quando a complexidade do problema envolvido é considerável, o perito apresenta dificuldade em articular complicadas relações entre diversas decisões e, no entanto, existe um grande número de exemplos de diferentes casos resolvidos; então estes exemplos podem ser empregados para formalizar o conhecimento, através de máquinas de indução.

Basicamente, segundo Kellet & Marshal (1991), uma máquina de indução toma um conjunto de exemplos e, a partir dele, através de um algoritmo indutivo, procura definir regras gerais. Essas regras quando aplicadas em exemplos futuros geram conclusões corretas.

A utilização de um algoritmo indutivo é necessária porque a geração de conhecimento através de casos individuais (indução) é difícil para os seres humanos. Reconhecidamente, o homem pode lidar somente com um pequeno número de casos ou atributos, devido a sua incapacidade memorizá-los ao mesmo tempo. Entretanto, o fato de a implementação de um algoritmo indutivo em um programa computacional ser relativamente fácil e a capacidade de memória do computador ser enorme, tornou viável o desenvolvimento de máquinas de indução

Na prática, o emprego dessas ferramentas apresenta limitações:

- as regras obtidas podem apresentar discordância (Formoso, 1991);
- exigem grande quantidade de casos/exemplos (Melhem et al., 1996; Skibniewski et al., 1996);
- os exemplos devem ser completos e apropriados (Hart, 1985);

- não devem ser utilizadas isoladamente, como método único de aquisição (Kellet & Marshall, 1991).

Kellet & Marshall (1991) apontam os estágios iniciais do processo de aquisição do conhecimento, como momento adequado de utilização das máquinas de indução.

Além das máquinas de indução, outras ferramentas computacionais são apresentadas na literatura (Kellet & Marshall, 1991; Damski, 1993; Rabuske, 1995; Fanlun & Renshou, 1998), resultantes da tentativa de automatização da construção de Sistemas Especialistas. A seguir são discutidas, de forma resumida, algumas tendências dessa área de pesquisa.

A utilização de interfaces gráficas em ferramentas computacionais da engenharia do conhecimento, que auxiliem no processo de aquisição do mesmo, tem sido uma preocupação constante da pesquisa em Inteligência Artificial. Seu emprego tem apresentado sucesso como meio de comunicação entre o engenheiro do conhecimento e o especialista durante a aquisição do conhecimento (El Kelly et al., 1998). Isto se prende ao fato de que modelos gráficos facilitam a comunicação e expressão de idéias, particularmente, quando diferentes terminologias são empregadas (Walczak & McNally, 1998).

De acordo com Walczak & McNally, gráficos para representar os vários aspectos do conhecimento do perito (item 2.8.4) geram diversos benefícios: limitam as translações de representação do conhecimento, reduzem as inferências cognitivas necessárias do domínio do problema no processo de eliciação, reduzem a complexidade do domínio, porque as informações são visualizadas.

Outra tendência da área de pesquisa em Inteligência Artificial, direcionada para engenharia do conhecimento, é o desenvolvimento de conjuntos de ferramentas integradas projetadas para suportar a metodologia e a implementação de Sistemas Especialistas.

Neste sentido, KADS (*Knowledge Acquisition and Document Structuring*) é um dos sistemas mais bem desenvolvido (Kellet & Marshal, 1991). O sistema pode ser visto como uma tentativa de tornar o processo de desenvolvimento de Sistemas Especialistas um *software* convencional, resultando numa detalhada documentação para ser empregada na fase de codificação de um Sistema Especialista. De acordo com Kellet e Marshall (1991), a

metodologia apoia-se num modelo de interpretação, o qual atua como uma estrutura de suporte do conhecimento, a fim de auxiliar na obtenção de “ingredientes” adequados para uma determinada aplicação. Damski et al. (1993) apresentam uma descrição dessa metodologia.

O projeto KEATS (*Knowledge Engineer's Assistant*) do Laboratório de Pesquisa da Cognição Humana da *Open University*, segue a mesma linha do KADS. Ele utiliza uma variedade de ferramentas para suportar o iterativo desenvolvimento e refinamento do sistema final. Esta metodologia concentra-se em duas fases, denominadas conceitualização do domínio e análise de dados. Uma descrição dessa metodologia é apresentada por Kellet & Marshall (1991).

KADS e KEATS são ferramentas para análise automatizada do conhecimento. Sua abordagem apresenta inúmeras limitações. Segundo Formoso (1991), cada uma das ferramentas, apresenta pelo menos um dos seguintes problemas:

- a) são limitadas como técnica de eliciação do conhecimento;
- b) não produzem implementação;
- c) impõem uma estratégia de resolução do problema no modelo;
- d) não são totalmente independentes da implementação resultante.

Segundo Watson et al. (1994), o sistema KADS também tem sido criticado por utilizar muitos jargões e ser de difícil aplicação mesmo por engenheiros de conhecimento experientes, impondo desnecessário trabalho adicional ao desenvolvimento de um Sistema Especialista específico. Os autores reconhecem a necessidade de obter-se uma metodologia prescritiva, com descrição formal de todas as etapas envolvidas no processo de desenvolvimento de Sistemas Especialistas, como KADS. Entretanto, a comunidade que trabalha com tecnologia em Sistemas Especialistas tem se afastado desta abordagem, buscando métodos menos prescritivos e mais contingentes.

2.9 Representação do conhecimento

Após o conhecimento ser adquirido é necessário representá-lo (Damski et al., 1993). A representação do conhecimento é uma combinação de estrutura de dados e de procedimentos de interpretação que, se usados de maneira correta dentro de um programa, levarão o sistema a apresentar um comportamento inteligente (Abel, 1993; Bittencourt, 1996). Ela envolve a formalização do conhecimento (Bernardi & Sardinha, 1992).

Representar o conhecimento, segundo Oliveira (1994), consiste em encontrar estruturas adequadas no ambiente computacional, que expressem os diferentes tipos de conhecimento do domínio da aplicação.

Rabuske (1995) considera que, para o conhecimento ser manipulado adequadamente, ele necessita, antes, ser representado. Para ele, a representação do conhecimento deve: explicitar os aspectos importantes, revelar restrições naturais, ser completa, ser concisa, ser coerente, ser transparente, facilitar a computação (no sentido de que a informação possa ser armazenada e recuperada rapidamente), suprir detalhes e informações raramente usadas, permitir a aplicação de mecanismos de inferência necessários, apresentar acesso fácil e rápido ao conhecimento.

De acordo com Shen & Grivas (1996), a facilidade para manter e aumentar um sistema é largamente influenciada pelas técnicas de representação que são empregadas para implementá-lo. Uniformidade de representação pode tornar o sistema simples e mais transparente.

2.9.1 Representação intermediária

É consagrada na literatura a importância da representação intermediária do conhecimento (Formoso, 1991; Oliveira, 1994; Silva, 1996; Boudinova, 1997). A representação intermediária do conhecimento consiste numa representação entre o conhecimento eliciado do perito e o conhecimento que efetivamente foi implementado no ambiente computacional (Formoso, 1991). Ela normalmente é feita no papel (Young, 1989; Boudinova, 1997).

Algumas propriedades desejadas numa representação intermediária do conhecimento são:

a) ser claras e independentes do ambiente computacional onde o conhecimento deve ser inserido (Formoso, 1991; Boudinova, 1997);

b) devem ser facilmente entendidas por especialistas do domínio, para facilitar a comunicação com o engenheiro do conhecimento (Young, 1989, Formoso, 1991; Bouninova, 1997);

c) devem conter todos os aspectos e informações relevantes sobre o conhecimento a ser implementado no sistema (Young, 1989).

Considerando que os ambientes computacionais (*shells*) evoluem constantemente, a independência que a representação intermediária apresenta em relação a eles, facilita futuras implementações. Assim, se o sistema for novamente implementado em um outro ambiente computacional, não é preciso repetir o processo de aquisição do conhecimento (Watson et al., 1989; Young, 1989; Formoso, 1991; Boudinova, 1997).

Por outro lado, a representação intermediária pode auxiliar na seleção do ambiente computacional (*shell*) mais adequado para a implementação definitiva da aplicação. Além disso, o conhecimento representado de modo intermediário pode ser utilizado para outros fins: material didático de explanação, treinamento e base de documentação do sistema (Young, 1989).

Oliveira (1994) considera que as técnicas utilizadas na representação intermediária do conhecimento, por serem independentes das técnicas de representação no ambiente computacional, permitem ao engenheiro do conhecimento grande flexibilidade. Conforme Formoso (1991), os formalismos de representação intermediária (tabelas, regras em linguagem natural, redes de inferência, listas de passos, diagramas de procedência, árvores e outros) devem ser definidos pelo engenheiro do conhecimento, de modo a torná-los o mais adequados possível aos objetivos propostos.

São documentos intermediários aqueles resultantes das anotações e transcrições das entrevistas e discussões com o especialista (Hart, 1986). Eles servem para demonstrar o produto que está sendo obtido, motivando e auxiliando no encaminhamento dos trabalhos.

2.9.2 Paradigmas ou formalismos de representação do conhecimento

Existem várias metodologias denominadas formalismo, paradigmas ou formas de representação do conhecimento num sistema computacional. As mais utilizadas são: regras, enquadramentos (*frames*), redes semânticas e predicados lógicos (Abel, 1993; Oliveira, 1994; Fonseca et al., 1997).

2.9.2.1 Regras de produção

Sistemas baseados em regras, denominados de sistemas de produção, foram concebidos pelo matemático Emil Post, em 1943, como modelo computacional geral de solução de problemas (Rabuske, 1995). Entretanto, somente em meados da década de 70, com o desenvolvimento de Sistemas Especialistas, é que as regras de produção, ou simplesmente regras, foram aproveitadas como suporte de modelo mental (Rabuske, 1995).

As regras constituem-se no mais popular formalismo de representação do conhecimento (Abel, 1993; Damski et al., 1993; Rabuske, 1995; Chang et al., 1996; Fonseca et al., 1997; Bogacz & Giraud-Carrier, 1998; Buen et al., 1998). De acordo com Rabuske (1995), aproximadamente 70 a 80 % dos sistemas atualmente em uso, de alguma forma, empregam essa forma de representação.

Várias razões são apontadas na literatura para justificar a preferência das regras de produção entre os paradigmas de representação:

- é considerada o modo natural que os seres humanos utilizam para raciocinar e tomar decisões (Rabuske, 1995 ; Fonseca et al., 1977).

- o conhecimento na forma de regras é transparente (pode ser facilmente compreendido) (Skibniewski et al., 1996);

- sua representação é simples e fácil tanto para o engenheiro do conhecimento como para o especialista (Chouicha & Siller, 1994);
- é a forma mais simples de codificar a perícia do especialista (Abel, 1993; Rabuske, 1995);
- é um modo intuitivo de representar conhecimento (Damski, 1996);
- podem ser criadas individualmente, sem haver necessidade de considerar a seqüência de encadeamento na qual serão manipuladas pelas inferências (Oliveira, 1994);
- é mais adequada para representar processos orientados por dados (Bernardi & Sardinha, 1992; Damski et al., 1993);
- o conhecimento pode ser incrementado na Base de Conhecimento do sistema com facilidade (Oliveira, 1994);
- regras relativamente simples, são capazes de resolver um amplo conjunto de problemas complexos (Abel, 1993);
- facilitam as explanações da linha de raciocínio do sistema para obter uma conclusão, aumentando sua credibilidade, desde que a lógica de cada regra seja traduzida em linguagem natural (Oliveira, 1994).

Segundo Rabuski (1995), as regras de produção apresentam algumas desvantagens:

- dificuldade de verificar se o sistema é completo;
- são ineficientes no sentido do número de regras a combinar.

As regras, de acordo com Damski et al. (1993) e Bogacz & Giraud-Carrier (1998), associam uma determinada ação a uma determinada condição, na forma : SE (condição) ENTÃO (ação). Nesta forma geral, tanto a condição (também denominada premissa ou antecedente), quanto a ação (também chamada de conseqüente ou conclusão), podem ser compostas por vários elementos relevantes do domínio do problema, unidos por conectivos lógicos E e OU. Por exemplo:

SE

(A ESTRUTURA É TIPO 4) **E** (O CARREGAMENTO É MUITO BAIXO) **E** (A INFORMAÇÃO É SONDAGEM DE SIMPLES RECONHECIMENTO) **E** (A RESISTÊNCIA DA CAMADA SUPERFICIAL É BAIXÍSSIMA **OU** MUITO BAIXA **OU** BAIXA) **E** (A RESISTÊNCIA DA CAMADA SUBSUPERFICIAL É BAIXÍSSIMA) **E** (A RESISTÊNCIA DA CAMADA INTERMEDIÁRIA É MUITO BAIXA **OU** BAIXA **OU** MÉDIA **OU** ALTA **OU** MUITO ALTA) **E** (O NÍVEL DO LENÇOL FREÁTICO É SUPERFICIAL **OU** SUBSUPERFICIAL **OU** INTERMEDIÁRIO **OU** NÃO EXISTE)

ENTÃO

A SOLUÇÃO É UTILIZAR ESTACA PRÉ-MOLDADA DE CONCRETO.

2.9.2.2 Redes semânticas

Segundo Bernardi & Sardinha (1992) e Abel (1993) as redes semânticas são indicadas estruturas de conhecimento que envolvem classificação. Originalmente utilizadas para suporte à linguagem natural (Rabuske, 1995), elas foram o primeiro esquema de representação do conhecimento utilizado pela Inteligência Artificial (Harmon & King, 1988). Elas representam relações entre elementos, considerando sua hierarquia. Os elementos são representados por nós e as relações entre eles, representadas por arcos orientados (vetores), ligando um nó a outro. Estes arcos, constituem-se em afirmações sobre um elemento em relação a outro (Oliveira, 1994). Para Abel (1993) e Oliveira (1994) as redes semânticas podem ser vistas como grafos orientados.

Como vantagem desta representação, Hamon & King (1988) consideram a flexibilidade que elas admitem. Por outro lado, Silva (1996) aponta como limitação das redes semânticas na prática, a possibilidade de elas crescerem rapidamente, tornando-se desordenada.

2.9.2.3 Predicados lógicos

Constituem-se numa espécie de lógica formal, empregada para formar generalizações sobre proposições específicas (Fonseca et al., 1997). De acordo com Abel

(1993), os predicados lógicos são recursos básicos para representar o conhecimento do mundo. Através de inferências, a partir de sentenças verdadeiras (fatos conhecidos), podem ser derivados outros fatos. Assim, conclusões são obtidas com base numa coleção de proposições lógicas.

Como vantagens desse tipo representação, Oliveira (1994) aponta: possibilita a criação de explicações a partir do conhecimento da base do sistema; como acontece com as regras, esse tipo de representação facilita incrementar o conhecimento do sistema e, codificado um conjunto de sentenças, o próprio sistema pode derivar conclusões. Além dessas vantagens, Abel (1993) considera o fato de, através da utilização dos predicados lógicos, o sistema ter sua consistência garantida automaticamente.

Muitas vezes, os predicados lógicos são inadequados para representar conhecimento, constituindo-se numa desvantagem desse formalismo. Quando o conhecimento é volumoso ou complexo, esse paradigma de representação apresenta problemas (Abel, 1993).

2.9.2.4 Enquadramentos (ou *frames*)

Os enquadramentos são a forma de representação do conhecimento mais utilizadas nas ferramentas computacionais (*shells*) de última geração empregadas na construção de Sistemas Especialistas (Abel, 1993). É um poderoso mecanismo de representação do conhecimento (Oliveira, 1994). Este paradigma foi proposto inicialmente em 1975, por Marvin Minsky, objetivando desenvolver uma estrutura de conhecimento que refletisse a nossa forma de conceituar objetos na vida real. Cada objeto, denominado quadro (*frame*), pode ser conectado a outros por relações semânticas. Cada quadro possui um nome e uma coleção de atributos (denominados *slots*). A cada atributo são associados valores e procedimentos (Damski et al., 1993).

Os enquadramentos possuem vários conceitos em comum com as redes semânticas; cada enquadramento representa uma classe de elementos, da mesma forma que um nó em uma rede semântica. Eles admitem que as propriedades sejam herdadas entre objetos de uma classe, como acontece com as redes semânticas (Abel, 1993; Bittencourt, 1996). Todos os objetos de um sistema de enquadramentos devem estar relacionados entre si, ligados direta ou indiretamente, a um objeto inicial denominado raiz (Abel, 1993).

Basicamente existem dois tipos de inferências utilizando enquadramentos (Damski et al., 1993):

- herança (quando uma subclasse herda as características de classes hierarquicamente superiores);

- “instanciação” (especificação de um caso geral para um caso particular).

O Kappa Manual (Intellicorp, 1992), considera os enquadramentos como uma forma estruturada para organizar o conhecimento, com ênfase em conhecimento com omissões (ou *default*). Conforme Oliveira (1994), uma das dificuldades desse tipo de representação é o estabelecimento de valores *default*. Em relação a alguns tipos de objetos, muitas vezes é difícil obter concordância entre especialistas quanto às características típicas (discriminatórias) desses objetos.

A representação por enquadramentos pode ser associada à representação por regras, utilizando-se nas premissas e conclusões das regras, atributos referentes à classe nos *frames* (Damski et al., 1993).

Vantagens que os enquadramentos oferecem, como paradigma de representação do conhecimento:

- facilita a representação do conhecimento (Oliveira, 1994);

- documenta de forma clara o conhecimento do domínio (Damski et al., 1993);

- auxilia na preservação da integridade da Base de Conhecimento do sistema, por possibilitar descrições parciais de valores dos atributos (Oliveira, 1994);

- permite fácil manutenção e expansão do sistema, devido à modularidade das informações (Damski, 1993);

- permite procedimentos mesmo quando a informação é incompleta (Oliveira, 1994);

- possui mecanismos alternativos de inferência (Damski et al., 1993);

- captura o modo como muitos peritos usam o conhecimento do domínio (Oliveira, 1994);
- exibe interface clara entre os enquadramentos e a representação por regra de produção (Damski et al., 1993)
- devido ao mecanismo de herança, permite que fatos não observados diretamente sejam inferidos (Oliveira, 1994);
- possibilita uma concisa estruturação de relações úteis no conhecimento representado (Oliveira, 1994);

Abel (1993) salienta que, embora cada formalismo represente uma abordagem diferente do problema da representação do conhecimento, nada indica que, *a priori*, um paradigma seja mais adequado que o outro. A prática tem demonstrado, que a forma mais adequada de representação, depende das características da aplicação que está sendo desenvolvida.

Muitas das ferramentas computacionais (*shells*) utilizadas atualmente, a fim de tornar os sistemas mais eficientes, utilizam mais de um formalismo de representação do conhecimento. São denominados sistemas híbridos. Nesses sistemas, pelo menos dois paradigmas de representação são empregados (Bittencourt, 1996).

2.9.3 Programação orientada a objeto

De acordo com Dym & Levitt (1991), uma linguagem orientada a objeto é uma linguagem de programação não procedural na qual os elementos do programa são conceituados como objetos capazes de transmitir mensagens entre si. Cada objeto tem seus próprios dados e instruções de programação, sendo internamente auto-suficientes. Numa programação orientada a objeto, os objetos tornam-se parte de um conjunto maior incorporados a uma hierarquia de camadas. Dessa forma, a programação orientada a objetos é um aprofundamento do conceito de programação modular.

Segundo Ramamoorthy (1990) citado por Silva (1996), os objetos somente podem ser acessados ou modificados através de métodos, os quais, de acordo com Dym & Levitt

(1991), consistem em uma série de procedimentos utilizados para apontar alterações de estado de objetos, constituindo-se num meio de controle em programação orientada a objeto. Além disso, segundo o Kappa Manual (Intellicorp, 1992), os métodos podem realizar uma série de ações tais como: alterar os valores dos *slots* de objetos (portanto, modificando o estado da aplicação) e, enviar mensagens entre objetos, possibilitando que os mesmos interajam a fim de atingir determinados resultados. Os métodos definidos para uma classe de objetos podem ser aplicados aos objetos de todas as suas subclasses (herança).

Boudinova (1997) aponta duas características principais da programação orientada a objeto: a capacidade de diferentes objetos responder aos mesmos protocolos (polimorfismo) e o processo de modificação de objetos genéricos para uso específico, através da herança de propriedades para suprimir informações (especialização).

A programação orientada a objeto, devido a sua estruturação e utilização de objetos, classes e heranças, permite que as informações sejam bem documentada e codificadas com eficiência, além de possibilitar acesso às informações e funções de interface de forma paralela (Bourdeau et al., 1990 citado por Silva, 1996).

2. 10 Avaliação de um Sistema Especialista

O sucesso de um Sistema Especialista depende da sua confiabilidade e qualidade. Ambas são garantidas por testes intensivos do sistema, submetendo-o à apreciação de usuários e especialistas. Durante o desenvolvimento do sistema, o mesmo é avaliado internamente pelas pessoas que trabalham no projeto. Contudo, quando o sistema é avaliado externamente, tanto os usuários como os especialistas que avaliam o sistema não devem ter participado do seu desenvolvimento (Bernardi & Sardinha, 1994). De acordo com Silva (1996) a avaliação de um sistema é um processo tão crucial quanto a aquisição do conhecimento.

A qualidade de um Sistema Especialista é uma preocupação dos responsáveis por seu desenvolvimento. Contudo, Cheng & Jamielson (1998) efetuaram uma revisão na literatura nos últimos dez anos e concluíram que ainda não existe um consenso na especificação de medições precisas de avaliação. De acordo com os autores, a medição da qualidade é identificada em termos de verificação, validação e aspectos de “usabilidade”.

A dificuldade, na prática, de estabelecer critérios rigorosos de avaliação é amplamente reconhecida na literatura (Hayes-Roth et al., 1983; O'Keefe et al., 1987; Formoso, 1991). Algumas razões são resumidas abaixo:

- Chouicha & Siller (1994) consideram que o processo de avaliação de Sistemas Especialistas é controvertido devido à especificidade de cada aplicação;

- Para O'Keefe et al. (1987) os critérios de desempenho variam com a natureza da tarefa que o sistema realiza. Sistemas que envolvem certo grau de risco para seres humanos devem ser avaliados com maior rigor. Esse fato dificulta a sistematização do processo de avaliação;

- Santamarina e Chameau (1987) apontam que as dificuldades de avaliação de um sistema variam com o tamanho do mesmo. Para os autores, avaliar pequenos sistemas é uma tarefa mais simples do que lidar com grandes sistemas;

- Cheng & Jamielson (1998) consideram que os critérios de avaliação variam de acordo com quem a realiza.

Conforme Hayes-Roth et al. (1983), o critério último do sucesso de um sistema é a sua utilização efetiva no mundo real.

A partir do início dos anos 90, o processo de avaliação de Sistemas Especialistas sofreu alterações fundamentais na sua abordagem. Até então, era bastante freqüente a avaliação ocorrer apenas nas etapas finais de desenvolvimento de uma aplicação (Hayes-Roth et al., 1983), sem a participação de futuros usuários (Berry & Hart, 1990).

2.10.1 Quando avaliar um sistema

Conforme Hayes-Roth et al. (1983), desde as etapas iniciais do desenvolvimento de uma aplicação, o sistema está sempre sendo avaliado, seja de forma consciente ou não. A avaliação permeia o processo de construção do sistema, o que é fundamental para o desempenho do mesmo. Muitas vezes uma regra da base do conhecimento é alterada, adicionada ou mesmo retirada; a codificação do raciocínio do programa é modificada; o

esquema de representação do conhecimento é refinado. Na verdade, essas ações constituem no resultado de um processo de avaliação informal.

Por isso, o processo de avaliação deve ser planejado na etapa inicial do projeto. Avaliações planejadas ajudam a fixar pontos de metas específicas e medições objetivas que podem ser utilizadas para avaliar se os objetivos propostos estão sendo atingidos. Assim, o processo de avaliação deve ser contínuo, iniciando com o projeto do sistema, estendendo-se de um modo informal através de cada etapa de desenvolvimento, e tornando-se crescentemente formal, quando o sistema atinge sua completa implementação (Hayes-Roth et al., 1983).

2.10.2 A importância do usuário na avaliação do sistema

O ingrediente chave do sucesso de um Sistema Especialista, de acordo com Hayes-Roth et al. (1983), é envolver eventuais usuários na avaliação do sistema, quando ele está sendo construído. Sem uma clara compreensão das suas necessidades e requerimentos, o sistema construído pode ter limitada utilidade.

A importância do usuário final do sistema participar do processo de avaliação do mesmo, é bem estabelecida na literatura (Berry & Broadbent, 1987; Berry & Hart, 1990; Cheng & Jamielson, 1998).

A falta de avaliação das necessidades do usuário, é apontada por Berry & Broadbent (1987) e Silva (1996), como principal causa de apenas um pequeno número de Sistemas Especialistas serem utilizados na prática. Para Berry & Broadbent (1997), um sistema só é utilizado efetivamente, se os futuros usuários considerarem o mesmo, útil e de fácil consulta, o que implica na preocupação centrada no desenvolvimento da interface com o usuário.

Portanto, a usabilidade de um sistema, discutida a seguir, é um dos principais fatores do sucesso de um sistema. Os critérios de avaliação da “usabilidade” do sistema são centrados no usuário.

2.10.3 Como avaliar um sistema

A avaliação de um Sistema Especialista pode ser considerada sob três aspectos ou componentes: verificação, validação e “usabilidade” (Cheng & Jamielson, 1998). Segundo Formoso (1991), a validação é freqüentemente confundida com a verificação.

De acordo com Cheng & Jamielson (1998), como linha básica, os fatores de qualidade apontados pela engenharia de *software* podem servir de guia aos projetistas de Sistemas Especialistas. Consideram que, sendo os Sistemas Especialistas um tipo de programa computacional, então eles, inerentemente, devem ter qualidades atribuídas aos programas computacionais convencionais (algorítmicos). Para Cheng & Jamielson (1998), pesquisas devem aprofundar-se nessa direção. Resumidamente, esses fatores de qualidade dos sistemas convencionais, são:

- Correção: concordância das especificações do projeto do sistema com um padrão;
- Confiabilidade: o sistema opera sem erro;
- Eficiência: o sistema opera com recursos mínimos e apresenta os melhores resultados;
- Manutenção: necessidades de modificação ou melhoramento do sistema são relativamente fáceis de serem conduzidas;
- Integridade: o sistema é seguro e pode ser verificado;
- “Usabilidade”: o sistema oferece uma efetiva interface com o usuário.

A verificação, a validação e a “usabilidade”, as três dimensões do processo de avaliação de um sistema, serão discutidas a seguir.

2.10.3.1 A verificação.

Chouicha & Siller (1994) consideram que o processo de verificação possui duas fases: a primeira que se concentra na verificação de cada regra separadamente, para ver não há

interferência com outras regras e, a segunda, que considera o efeito da interação das regras, seu comportamento em subtarefas ou subproblemas. O objetivo da verificação é checar o sistema quanto à redundância, consistência e como ele funciona em casos extremos.

Conforme O’Keefe et al. (1987), geralmente a verificação do sistema é realizada pelos próprios participantes de sua construção (tanto o engenheiro do conhecimento como o perito, utilizando casos fictícios ou documentos disponíveis, avaliam a consistência interna do sistema e possíveis erros de sintaxe em termos computacionais).

O’Keefe et al. (1987), Ortolano et al. (1990) e Formoso (1991), consideram que a verificação refere-se a teste para checar se a codificação do programa é completa e implementa, exclusivamente, as necessidades das especificações do projeto.

Verificar um sistema, segundo Cheng & Jamielson (1998) , é garantir que o problema formulado no ambiente computacional, seja inteira e suficientemente bem estruturado para permitir a derivação de soluções confiáveis. Para os autores, as ferramentas utilizadas na verificação necessitam ser padronizadas.

De acordo com o exposto acima, e com base nas experiências de Silva (1996) e Boudinova (1997), a verificação informal do sistema permeia a sua implementação do conhecimento no ambiente computacional (*shell*). O engenheiro do conhecimento, constantemente verifica possíveis erros de sintaxe ou lógica e inconsistências nas inferências, quando está implementando o sistema.

Formoso (1991) aponta dois testes que auxiliam na verificação formal de um sistema: a análise da sensibilidade e o teste de robustez.

A análise de sensibilidade consiste em variar os dados de entrada dentro de um intervalo de interesse, e observar se os resultados apresentados pelo sistema respondem a essas variações, ou seja, é avaliado se o sistema é sensível a pequenas variações nos dados de entrada. A análise de sensibilidade é especialmente útil, quando poucos casos são disponíveis e para avaliar sistemas que lidam com incerteza (Formoso, 1991).

O teste de robustez refere-se à robustez da base do conhecimento do sistema. Consiste em utilizar casos hipotéticos que refletem as condições extremas a que o sistema pode ser submetido, e avaliar se as repostas oferecidas pelo mesmo são adequadas.

2.10.3.2 A validação

Enquanto a verificação corresponde a uma tarefa específica, na qual a consistência interna do sistema (em termos computacionais) é checada, eventualmente detectando, se houver, erros de sintaxe e/ou lógica, a validação refere-se à exatidão do sistema. Conforme Formoso (1991) e Silva (1996), os objetivos específicos da validação são: verificar se o sistema atingiu o nível de raciocínio do perito, indicar melhorias necessárias no sistema e identificar aspectos da base do conhecimento que merecem ser aprofundados. Para Zlatareva (1998), o objetivo central da validação é garantir que o sistema não cometa erros e realize a tarefa, na qual foi projetado, num certo nível de aceitação.

A validação de um sistema, de acordo com Cheng & Jamielson (1998), é o processo para determinar se um sistema representa, acuradamente, o conhecimento que foi codificado, através das repostas que oferece aos problemas reais.

Conforme O'Keefe et al. (1987) e Silva (1996) os sistemas podem ser validados, empregando resultados conhecidos previamente de problemas do domínio da aplicação. Muitas vezes não é possível obter-se uma quantidade adequada de casos, entretanto eles devem garantir a cobertura do domínio, refletindo suas possibilidades, ou seja, é necessário assegurar que os casos testes sejam representativos das situações que são possíveis de ocorrer (Formoso, 1991).

Se casos históricos ou reais não são disponíveis, Formoso (1991) indica a possibilidade de casos hipotéticos criados pelo especialista, entretanto, ressalva que os mesmos podem não representar uma bem estruturada amostragem de casos possíveis, e consumir muito tempo e esforço do perito.

Normalmente os Sistemas Especialistas são validados através de casos documentados que são rodados no sistema e, as repostas obtidas, comparadas com as soluções fornecidas pelo perito. Assim, a exatidão do conhecimento contido na base do

sistema é avaliado. A partir do confronto entre as respostas apresentadas pelo sistema e as indicadas pelo especialista, o percentual de acertos do sistema é obtido e o engenheiro do conhecimento pode justificar os desacertos encontrados (O' Keefe et al., 1987; Silva 1996).

O método descrito, entretanto, apresenta limitações (O' Keefe et al., 1987; Silva 1996; Boudinova, 1997):

- a porcentagem obtida depende da escolha dos casos;
- a exatidão depende do número de casos utilizados para validar o sistema.

É bem estabelecido na literatura que, na validação, quando o sistema é comparado com o especialista de quem o conhecimento foi eliciado, o processo de avaliação pode ser questionado em relação a sua validade (O' Keefe et al., 1987; Silva 1996; Boudinova, 1997).

Conforme Boudinova (1997), a validação deve ser realizada por mais de um especialista que, preferivelmente, não tenham participado do desenvolvimento da aplicação, e os casos utilizados no processo de validação devem ser documentados. Por outro lado, Formoso (1991) aponta que a discordância entre diferentes peritos sobre partes (pedaços) do conhecimento encapsulado no sistema, afetam o processo de validação.

Um problema apontado por Formoso (1991) no processo de validação do sistema, refere-se ao preconceito que o especialista avaliador pode ter contra resultados produzidos por computador. Tal tipo de preconceito, pode ser controlado utilizando validação blindada, na qual os peritos não distinguem quais os resultados produzidos por computador daqueles produzidos por especialistas humanos.

Outro problema que a validação enfrenta com frequência, é quando os resultados que o sistema oferece não podem ser classificados como absolutamente corretos ou absolutamente incorretos. De acordo com Formoso (1991), nestes casos é necessário empregar um intervalo de medidas de aceitação (ideal, altamente aceitável, aceitável, inaceitável), que substitua a decisão meramente binária.

Assim como ocorre com a verificação, a validação pode ser informal ou formal. A validação informal é um processo contínuo que acompanha o desenvolvimento da aplicação.

Por outro lado, a validação formal inicia, geralmente, apenas quando o protótipo foi concluído, e baseia-se em testes objetivos aplicados segundo uma abordagem estruturada (Formoso, 1991).

O’Keefe et al. (1987) diferenciam os métodos de validação em quantitativos e qualitativos. Métodos de validação qualitativa empregam comparações subjetivas de desempenho, enquanto os métodos quantitativos utilizam técnicas estatísticas para confrontar o desempenho do sistema com um padrão de excelência.

Formoso (1991) salienta que o fato de uma validação ser qualitativa não significa que seja uma validação informal. É possível desenvolver validações qualitativas altamente formais.

Uma descrição das técnicas de validação qualitativa normalmente utilizadas, é apresentada por Formoso (1991),

2.10.3.3 A “usabilidade”

Apesar da importância dos aspectos do sistema considerados na verificação e validação, é fundamental avaliar a interação do programa com o usuário, como também a sua possibilidade de uso do sistema na prática (Berry & Hart, 1990; Boudinova, 1997).

De acordo com Cheng & Jamielson (1998), a “usabilidade” refere-se à facilidade com que o usuário utiliza o sistema. O foco está na interface do sistema com os usuários. A eficiência da interface pode afetar a aceitação do sistema, portanto a “usabilidade” está centrada na qualidade da interação homem/máquina.

A interface com o usuário é parte do sistema que permite a uma pessoa utilizá-lo e usufruir das suas facilidades. A forma pela qual o usuário comunica-se com o computador e recebe mensagem do mesmo, é base das interfaces entre o usuário e o sistema. Segundo Cheng & Jamielson (1998), os métodos de comunicação afetam a forma como o usuário interage com o sistema, através da:

- percepção da facilidade de uso do sistema;

- interpretação dos resultados apresentados pelo programa computacional;
- interesse em usar o sistema;
- percepção dos benefícios de usar o sistema como um retorno do tempo investido em aprendê-lo.

Um bom projeto de interface com o usuário requer a cooperação de duas áreas complexas do conhecimento: ciência computacional e psicologia. A pesquisa tem investigado os fatores humanos que afetam a “usabilidade” de uma particular interface com o usuário. Conforme Cheng & Jamielson (1998), alguns atributos básicos que devem ser considerados quando é projetada uma interface para o usuário de um Sistema Especialista são:

- oferecer muito controle ao usuário;
- as telas devem ser apresentadas de modo compreensível e unificado;
- a terminologia deve ser consistente, tanto em relação à tarefa como nas explicações;
- o sistema deve apresentar facilidade de uso, previsão de treinamento e redução de esforço de memorização;
- o sistema deve ser veloz, confiável, prático e efetivo na detecção e correção de erros.

Cheng & Jamielson (1998) consideram que a efetividade da interface com o usuário não é menos importante do que os outros aspectos da avaliação (verificação e validação). Uma dificuldade, apontada pelos autores, na avaliação da “usabilidade”, é que ela baseia-se em julgamento, opiniões e percepções dos usuários, os quais possuem experiências, conhecimentos e preferências diferenciadas, dificultando a determinação de um conjunto de critérios objetivos de avaliação.

Berry & Hart (1990), descrevem algumas técnicas que podem ser utilizadas para avaliar a “usabilidade”:

- entrevistas individuais ou coletivas, empregadas no início da avaliação, para obter um apanhado geral das opiniões dos usuários;
- questionários com perguntas abertas ou fechadas;
- observação do comportamento dos usuários ao consultar o sistema;
- cadernos de anotações ou agendas onde os usuários anotam as suas observações, durante um determinado período de utilização do sistema.

Concluindo, a avaliação dos Sistemas Especialistas exige ainda idéias criativas (Cheng & Jamielson, 1998) e um certo grau de pragmatismo (Formoso, 1991). As três dimensões da avaliação (verificação, validação e “usabilidade”) devem ser consideradas, embora ainda não tenha sido claramente estabelecido “o que”, “quando”, “quem” e “como” avaliar aplicações em Sistemas Especialistas (Cheng & Jamielson, 1998). Entretanto, parece que em três pontos existe consenso (Berry & Hart, 1990; Boudinova, 1997):

- a avaliação deve ocorrer ao longo da construção da aplicação e não somente na sua etapa final;
- é importante a participação de usuários finais no processo de avaliação (“usabilidade”);
- o processo de avaliação deve ser estruturado, planejado e aplicado com rigor.

2.11 Novas tecnologias e tendências no desenvolvimento de Sistemas Especialistas

Paralelamente ao desenvolvimento da tecnologia dos Sistemas Especialistas, duas outras tecnologias tem despertado crescente atenção: *Case-Based Reasoning* (CBR) e Redes Neurais Artificiais (RNA).

A tecnologia CBR trabalha com grande quantidade de casos documentados, dos quais são identificadas as características significativas que os descrevem e, através dessas

características, os casos são armazenados num banco de dados, o qual pode ser gerenciado. Os sistemas CBR podem aprender com novos casos (Watson & Marir, 1994).

Assim como para o desenvolvimento de Sistemas Especialistas existem ferramentas computacionais especiais (*shell*), outras ferramentas específicas para a implementação de sistemas CBR também são disponíveis.

De acordo com Watson & Marir (1994), os sistemas CBR apresentam as seguintes vantagens:

- não necessitam de um modelo explícito do domínio e a eliciação torna-se uma tarefa de conseguir casos históricos;
- a implementação é reduzida pela identificação de características significativas que descrevem um caso, uma tarefa mais fácil do que criar um modelo explícito;
- por aplicar técnicas de banco de dados, grande volume de informações podem ser gerenciadas;
- sistemas CBR podem aprender por aquisição de novos casos, tornando a sua manutenção fácil.

Entretanto, o desenvolvimento de sistemas CBR enfrenta algumas dificuldades, tais como (Watson & Marir, 1994):

- representação dos casos;
- escolha dos índices para organizar eficientemente a memória (banco de dados);
- estruturação das relações entre casos e partes de diferentes casos;
- necessidade de base de casos muito grande;
- necessidade de desenvolver heurísticas de adaptação geral para modificar casos prévios ou suas soluções frente a novos casos.

As Redes Neurais Artificiais (RNA), segundo Loesch & Sari (1996), são sistemas computacionais, de implementação em *hardware* ou *software*, que imitam as habilidades computacionais do sistema nervoso biológico, usando um grande número de simples neurônios artificiais interconectados. As redes neurais funcionam através de seus neurônios artificiais, que processam seus dados usando paralelismo lógico (para todos os neurônios de uma mesma camada) combinado com operações seriais (quando a informação de uma camada é transferida para neurônios de outra camada).

Diferentemente dos Sistemas Especialistas e Sistemas CBR (baseados num paradigma simbólico), os Sistemas Neurais Artificiais estão baseados em novo paradigma de programação denominado conexionista, por modelar soluções de problemas por treinamento simulado de neurônios artificiais conectados em uma rede (Giarratano & Riley, 1989).

As RNA não são programadas de forma convencional, sua arquitetura é muito diferente de uma arquitetura convencional de computador (Giarratano & Riley, 1989), muitas opções de *hardware* estão sendo desenvolvidas, incluindo uma variedade de *chips* VLSI específico para o desenvolvimento de Sistemas Neurais Artificiais (Loesch & Sari, 1996).

De acordo com Loesch & Sari (1996) as RNA estão sendo adotadas para uso em reconhecimento de padrões (caracteres, voz, face e manuscritos), controle em robótica, processamento de sinais e associação de padrões e seqüenciamento.

As RNA são também chamadas de neurocomputação, processamento paralelo distribuído, sistemas neuromórficos, computadores biológicos e neuro-computadores (Loesch & Sari, 1996).

2.12 Resumo e conclusões

Na primeira parte deste capítulo foi discutido que, conceitualmente, os Sistemas Especialistas são diferentes dos Sistemas Baseados em Conhecimento. Na realidade, os Sistemas Especialistas constituem um subconjunto dos Sistemas Baseados em Conhecimento. Ambos são programas computacionais que incorporam o conhecimento e habilidades que os permitem operar em nível de perícia, em tarefas de natureza simbólica (não numérica), as quais são inviáveis de serem resolvidas por procedimentos algorítmicos da computação

convencional. No entanto, enquanto os Sistemas Especialista armazenam conhecimento eminentemente heurístico, os Sistemas Baseados em Conhecimento incluem na sua base, além do conhecimento heurístico o conhecimento disponível na literatura.

Os sistemas computacionais desenvolvidos pela engenharia do conhecimento apresentam duas diferenças fundamentais em relação aos sistemas computacionais convencionais: trabalham com processamento simbólico e o conhecimento é separado dos procedimentos de inferência, ao contrário dos programas tradicionais onde o conhecimento e controle são integrados.

Quanto aos componentes de um Sistema especialista, observou-se que na literatura não existe concordância. Historicamente, as duas principais partes são a base de conhecimento e o mecanismo de inferência, embora na prática é necessária uma interface com o usuário. A base de conhecimento é o componente que contém toda a informação associada ao domínio do conhecimento no qual o sistema opera. O mecanismo de inferência trabalha (raciocina) a partir do conhecimento contido na base e gera informações para o usuário, representando a estratégia que o perito emprega para resolver um problema específico.

Uma questão central à aplicação da tecnologia dos Sistemas Especialistas, refere-se à decisão de quando realmente é necessário e recomendável sua utilização para a solução de um problema específico. Um aspecto básico a ser considerado é que o conhecimento heurístico deve ser fundamental para a resolução do problema específico (sua solução envolve fatores subjetivos, experiência, julgamento, regras práticas e intuição).

A aquisição do conhecimento, considerada como processo de coleta, eliciação, interpretação e formalização do conhecimento de algum domínio a fim de projetar, construir, ampliar ou modificar um Sistema Especialista, é o ponto-chave na construção de um sistema. Entretanto, é consenso na literatura que a mesma é o principal “gargalo” (estrangulamento) no desenvolvimento de um sistema.

Existem dois enfoques sobre o processo de aquisição do conhecimento: um, denominado enfoque humanístico ou naturalista que considera a aquisição do conhecimento um processo de eliciação do conhecimento de um especialista; e outro, denominado enfoque de modelos, baseado na estrutura epistemológica do conhecimento do domínio, o qual é mais

conceitual. O enfoque de modelos utiliza modelos para representar conhecimento e para orientar sua aquisição. Nessa abordagem, um Sistema Especialista é considerado como a realização computacional desses modelos.

A eliciação do conhecimento é o processo de obtenção e estruturação do conhecimento de peritos humanos. Envolve contato direto do especialista com o engenheiro do conhecimento. É uma tarefa difícil que consome geralmente muito tempo e trabalho. A missão do engenheiro do conhecimento é descobrir e formalizar o conhecimento do perito, através de uma série extensiva de interações, geralmente entrevistas, nas quais os conceitos básicos envolvidos para a resolução do problema são determinados e regras que expressam suas relações são formalizadas.

Existem várias técnicas para eliciar o conhecimento do perito. A entrevista é a técnica considerada mais utilizada no processo de eliciação do conhecimento. É fundamental que alguma forma de registro seja mantida em cada entrevista realizada.

A Inteligência Artificial tem conduzido pesquisas para a automatização da aquisição do conhecimento. O progresso dessa área de pesquisa terá significativo impacto na prática e superação dos problemas associados à construção de Sistemas Especialistas.

Após o conhecimento ser adquirido é necessário representá-lo. A representação do conhecimento envolve a formalização do conhecimento eliciado. A representação do conhecimento é uma combinação de estrutura de dados e procedimentos de interpretação que, se usados de maneira correta dentro de um programa, levarão o sistema a apresentar um comportamento inteligente.

A representação intermediária do conhecimento consiste numa representação entre o conhecimento eliciado do especialista e o conhecimento que efetivamente é implementado no ambiente computacional. Ela normalmente é feita no papel. Deve ser clara e independente do ambiente computacional, deve ser facilmente entendida por especialistas do domínio e deve conter todos os aspectos e informações relevantes sobre o conhecimento a ser implementado no sistema.

Existem vários paradigmas ou formalismos de representação do conhecimento. Os mais utilizadas são: regras de produção, enquadramentos (*frames*), redes semânticas,

predicados lógicos e programação orientada a objeto. As regras de produção constituem-se no mais popular formalismo de representação do conhecimento.

Os Sistemas Especialistas são implementados em ferramentas computacionais, denominadas *shells*, especialmente projetadas para a engenharia do conhecimento a fim de facilitar a construção dos sistemas. No mercado existe uma grande variedade de *shells*.

Após a implementação do protótipo em uma *shell*, o mesmo deve ser avaliado. Entretanto, ainda não existe um consenso na especificação de medições precisas de avaliação. A dificuldade de estabelecer critérios rigorosos de avaliação é amplamente reconhecida na literatura.

Normalmente a qualidade de um Sistema Especialista é identificada em termos de verificação, validação e aspectos de “usabilidade”.

A verificação do sistema é realizada pelos próprios participantes de sua construção. A verificação são testes para checar se a codificação do programa é completa e implementa, exclusivamente, as necessidades das especificações do projeto. A verificação informal do sistema permeia a sua implementação no ambiente computacional, já que o engenheiro do conhecimento constantemente verifica possíveis erros de sintaxe ou lógica e inconsistências nas inferências, quando está implementando o sistema.

Dois testes auxiliam na verificação formal de um sistema: a análise da sensibilidade e o teste de robustez. A análise de sensibilidade consiste em variar os dados de entrada dentro de um intervalo de interesse, e observar se os resultados apresentados pelo sistema respondem a essas variações, isto é, é avaliado se o sistema é sensível a pequenas variações nos dados de entrada. O teste de robustez refere-se à robustez da base de conhecimento do sistema. Consiste em utilizar casos hipotéticos que refletem as condições extremas a que o sistema pode ser submetido, e avaliar se as respostas oferecidas pelo sistema são adequadas.

A validação refere-se a exatidão do sistema. Consiste em verificar se o sistema atingiu o nível de raciocínio do perito, indicar melhorias necessárias no sistema e identificar aspectos da base do conhecimento que merecem ser aprofundados. Normalmente os Sistemas Especialistas são validados através de casos documentados que são rodados no sistema e, as

respostas obtidas, comparadas com as soluções fornecidas pelo especialista. A partir do confronto entre as respostas apresentadas pelo sistema e as indicadas pelo especialista, o percentual de acertos do sistema é obtido e o engenheiro do conhecimento pode justificar os desacertos encontrados.

Na validação é necessário assegurar que os casos testes sejam representativos das situações que são possíveis de ocorrer, ou seja, deve ser garantida a cobertura do domínio do sistema. A validação deve ser realizada por mais de um especialista que, preferivelmente, não tenham participado do desenvolvimento da aplicação.

A “usabilidade” avalia a interação do usuário com o programa. Ela refere-se à facilidade com que o usuário utiliza o programa. Uma dificuldade na avaliação da “usabilidade” é que ela baseia-se em julgamento, opiniões e percepções dos usuários, os quais possuem experiências, conhecimentos e preferências diferenciadas, dificultando a determinação de um conjunto de critérios objetivos de avaliação.

A “usabilidade” pode ser avaliada através de entrevistas com os usuários após utilizarem o sistema, questionários com perguntas abertas ou fechadas, observação do comportamento dos usuários ao consultar o sistema e cadernos de anotações ou agendas onde os usuários anotam as suas observações durante um determinado período de utilização do sistema.

Toda avaliação de um Sistema Especialista exige idéias criativas e um certo grau de pragmatismo para sua realização. Ela deve ser estruturada, planejada e aplicada com rigor.

Considerando que os Sistemas Especialistas envolvem altos custos para o seu desenvolvimento e a necessidade de serem atualizados, já que não aprendem sozinhos, a utilização de outras abordagens como CBR e RNA podem ser mais vantajosas.

Após concluir a revisão bibliográfica referente aos principais aspectos da tecnologia de Sistemas Especialistas, será apresentado no Capítulo 3, um levantamento das aplicações de Sistemas Especialistas na área de geotecnia descritas na literatura.

3 - SISTEMAS ESPECIALISTAS APLICADOS NA ÁREA DE GEOTECNIA

3.1 Introdução

A engenharia, embora esteja usualmente inserida no campo das Ciências exatas, é uma área do conhecimento que envolve muita intuição e experiência para encaminhar soluções de grande parte dos problemas que enfrenta. Além disso, freqüentemente, o engenheiro trabalha com dados incompletos e/ou imprecisos (Mohan, 1990), sendo muitas vezes uma análise qualitativa mais importante do que uma análise quantitativa. De acordo com Bernardi & Sardinha (1994), estas características da engenharia favorecem a utilização da tecnologia de Sistemas Especialistas.

Nesse sentido, Moula et al. (1995) salientam que, particularmente na engenharia civil, os profissionais não lidam apenas com cálculos e análises numéricas, mas também com idéias, conceitos, julgamentos e experiências que não podem ser tratados numericamente.

Mohan (1990) considera que a engenharia civil apresenta uma variedade de características, que demonstram a necessidade de empregar a tecnologia de Sistemas Especialistas. Algumas delas são apresentadas abaixo:

- as soluções algorítmicas não são sempre aplicáveis na prática, muitos problemas não são repetitivos;
- trabalha com incerteza;
- os conhecimentos práticos (heurística) não são formalizados e codificados na literatura (a engenharia civil lida com o conhecimento convencional e julgamento baseado na experiência);
- muitas decisões necessitam de uma abordagem heurística, de natureza subjetiva e qualitativa.

O potencial dos Sistemas Especialistas como ferramenta computacional de apoio à tomada de decisão na engenharia civil, tem atraído muita atenção. Entretanto, poucos sistemas estão sendo utilizados na prática, porque a maioria permanece no estágio de pesquisa (Davey-Wilson, 1994).

Até 1990, de acordo com um levantamento apresentado por Mohan (1990), 37 Sistemas Especialistas foram identificados como aplicações na área de engenharia civil. Destes, apenas sete sistemas estavam sendo utilizados de forma rotineira por outras pessoas diferentes daquelas que os desenvolveram.

Santamarina & Chameau (1987) consideram que, com a rápida absorção dessa tecnologia, é possível antecipar que a grande maioria dos futuros engenheiros, estarão usando Sistemas Especialistas num futuro próximo.

Particularmente na engenharia geotécnica, a importância da experiência é confirmada pela história. Muito antes do desenvolvimento dos estudos teóricos diversas civilizações realizaram empreendimentos geotécnicos admiráveis, como por exemplo: os maias em Yucatan construíram suas estruturas em “radier”, os romanos realizaram diversas construções cujos aspectos geotécnicos são admirados até hoje.

Somente a partir do século XVII, com os trabalhos de Galileu e Coulomb, teve início a sistematização de trabalhos teóricos, culminando com a obra de Terzaghi, no início deste século, na qual os fundamentos de uma nova ciência foram estabelecidos (Santamarina & Chameau, 1987).

Entretanto, é amplamente reconhecido na literatura que as regras de boa prática, que codificam a experiência (conhecimento heurístico), continuam a ser a base das decisões em muitos projetos de geotecnia, particularmente na engenharia de fundações.

Rashad et al. (1991) consideram que uma substancial porção do problema de projeto de fundações é de natureza não estruturada e baseada no conhecimento heurístico da experiência prévia do engenheiro.

Para Toll (1990), na geotecnia, um bom especialista é aquele em que o conhecimento adquirido com a experiência pessoal é mais importante do que o mero conhecimento de fórmulas. Projetar em geotecnia baseia-se na utilização de regras bem

estabelecidas empiricamente. Antes que métodos de cálculo baseados em teorias simplificadas possam ser aplicados, julgamento é envolvido no exame das condições locais, identificação de problemas e na obtenção de parâmetros de projeto.

A manipulação de dados incompletos e/ou imprecisos, que dependem da sensibilidade e experiência do especialista para extrapolar e inferir bons resultados, é considerado por Bernardi & Sardinha (1994), como uma característica marcante da área de geotecnia.

De acordo com Demir et al. (1994), a engenharia de fundações freqüentemente requer soluções definidas precariamente, nas quais os procedimentos de projeto são normalmente governados por regras práticas.

A engenharia geotécnica é a área da engenharia civil mais conhecida pelo uso de conhecimento especializado (Moula et al., 1995). Portanto, documentar e transferir o conhecimento heurístico de especialistas para um sistema computacional para servir de apoio na tomada de decisão, é um impacto significativo no estado da prática da geotecnia (Santamarina & Chameau, 1987).

Quando um engenheiro geotécnico decide qual o tipo de fundação empregar para uma construção particular num local específico, ele baseia sua decisão, muitas vezes, em dados incompletos e incertos sobre homogeneidade, resistência e profundidade do estrato de solo. Ele determina riscos possíveis, usa a experiência anterior de sucessos e problemas, compara alternativas e estima os prováveis custos das mesmas. Além disso, mesmo quando as informações do solo são completamente acuradas e disponíveis, o engenheiro geotécnico ainda tem de basear sua decisão em modelos teóricos que apenas fornecem uma idéia aproximada. Na prática, muitas situações no mundo real são semelhantes a esta; não apenas a informação disponível freqüentemente é incompleta e imprecisa, mas também os modelos teóricos usados no processamento dessa informação. *As informações*

A seguir é apresentado um levantamento das aplicações de Sistemas Especialistas na área de geotecnia descritas na literatura.

3.2 Aplicações de Sistemas Especialistas na área da engenharia geotécnica

Várias aplicações de Sistemas Especialistas na engenharia geotécnica são descritas na literatura. O levantamento apresentado a seguir procura descrever, de forma resumida, estas aplicações, e toma como referência a organização adotada por Moula et al. (1995): as descrições foram agrupadas de acordo com o tipo de aplicação. Em cada grupo, os sistemas estão em ordem cronológica.

3.2.1 Caracterização do subsolo

1) SITECHAR (1985), descrito por Moula et al. (1995) como um Sistema Baseado em Conhecimento para auxiliar na caracterização geotécnica de um terreno. O sistema desenvolve inferências sobre os tipos dos materiais do subsolo de um local, suas propriedades físicas para interpretar dados de campo e laboratório, e considera a experiência existente de geologia e geomorfologia do local.

2) CONE (1986), descrito por Bernardi & Sardinha (1992), Bernardi & Sardinha (1994) e Moula et al. (1995) como um Sistema Baseado em Conhecimento para auxiliar na interpretação dos dados do ensaio de cone. O sistema verifica a validade dos dados, classifica os tipos de solo, define o perfil do subsolo e infere parâmetros geotécnicos de projeto, tais como: ângulo de atrito das areias, resistência ao cisalhamento não-drenado das argilas e excesso de poro-pressão no caso de piezocone.

3) SOILCON (1986), descrito por Moula et al. (1995) como um Sistema Baseado em Conhecimento desenvolvido para auxiliar na determinação do nível de investigação geotécnica necessária para um problema específico. Baseia-se nos requisitos da estrutura proposta e o nível de informações conhecidas sobre o local. De acordo com os autores, uma das limitações do sistema é não trabalhar com descrições quantitativas da geometria do problema e do local.

4) LOGS (1987), descrito por Moula et al. (1995) como um Sistema Baseado em Conhecimento, fundamentado nas idéias introduzidas pelo SITECHAR, trabalha com informações dos registros dos furos e fornece ao usuário um perfil bidimensional do subsolo. A versão atual foi desenvolvida para a região de *Kane County, Illinois, USA*. No futuro, os

projetistas do sistema pretendem desenvolver uma versão que apresente ao usuário um perfil tridimensional.

5) Toll (1990) e Moula et al. (1995) descrevem um Sistema Baseado em conhecimento apresentado por S. Alim e J. Munro em 1987, para investigação de solo. O sistema oferece orientações para identificação do solo baseadas na observação visual e física de características do solo e gera julgamentos relativos ao tipo de fundação mais adequado, dados o solo e as condições de carregamento. Moula et al. (1995) salientam que diversos autores identificaram limitações no sistema, entre elas, o fato de o conhecimento do sistema ser muito simples e não conter conhecimento heurístico.

6) SITECLAS (1989), descrito por Moula et al. (1995) como um Sistema Baseado em Conhecimento utilizado para classificar um local de acordo com a norma AS 2870.1 de 1988 da *Standards Association of Australia*, que identifica os solos em seis grupos.

7) Moula et al. (1991) descrevem um Sistema Baseado em Conhecimento, apresentado em 1991, por R. Carpaneto e M. Cremonini, que objetiva automatizar o processo de caracterização geotécnica de um local. São informados ao sistema as profundidades e a descrição de campo das camadas, resultados de laboratório e ensaios de penetração do local, bem como um perfil simplificado do subsolo. A descrição de campo é checada com os resultados de ensaio, são verificadas se existem anomalias e a descrição de campo pode ser então utilizada pelo sistema, se for o caso. O perfil é comparado com modelos do local, e avaliações de certezas são calculadas.

8) Desenvolvido por I. E. G. Davey-Wilson em 1991, e descrito por Moula et al. (1995) como um Sistema Baseado em Conhecimento para análise da resistência ao cisalhamento do solo. O sistema utiliza descrições do solo como dados de entrada para inferir sua resistência. O usuário é questionado sobre a distribuição granulométrica do solo, dimensão do grão, densidade *in situ* e homogeneidade. Quanto mais detalhadas as respostas, mais alta será a precisão do resultado. O sistema é utilizado com objetivos educacionais, para simular a execução do ensaio de cisalhamento em laboratório.

9) CASS (1991), descrito por Moula et al. (1995) como um Sistema Baseado em Conhecimento. Auxilia na seleção de parâmetros de resistência ao cisalhamento do solo para serem utilizados na análise de estabilidade. O sistema apresenta recomendações sobre a

representação da resistência na análise, orienta sobre o comportamento do solo e fornece cuidados sobre possíveis problemas.

10) Apresentado por I. S. Halim, W. H. Tang e J. H. Garret, em 1991, e descrito por Moula et al. (1995) como um Sistema Baseado em Conhecimento. O sistema utiliza análise probabilística para assistir o engenheiro na tomada de decisão na exploração do local, e avaliação geotécnica do projeto de fundações superficiais ou estabilidade de talude. O sistema foi implementado para realizar três tarefas: inferir características anômalas do solo utilizando heurística, selecionar o mais apropriado programa de investigação do subsolo e avaliar a confiabilidade do projeto geotécnico proposto.

11) Apresentado por I. G. N. Smith e J. Oliphant, em 1991, e descrito por Moula et al. (1995) como um Sistema Baseado em Conhecimento. Primariamente o sistema atua como um conselheiro em qualquer estágio do processo de investigação, especialmente durante o estágio de planejamento. Os dados são introduzidos no sistema através de menus de múltipla escolha. O sistema oferece sugestões para a exploração do subsolo (locação dos furos, testes mais adequados). A informação obtida na exploração do subsolo é utilizada pelo sistema para criar uma representação visual bidimensional das camadas do solo. O sistema está sendo desenvolvido para fazer recomendações sobre o tipo de fundação a ser utilizada, considerando as condições do terreno.

12) CESSOL (1992), descrito por Bernardi & Sardinha (1992), Bernardi & Sardinha (1994) e Moula et al. (1995), como um Sistema baseado em Conhecimento, com o objetivo de auxiliar engenheiros na escolha de programas de investigação geotécnica. O sistema foi desenvolvido em Pascal, e contém 117 regras na Base de Conhecimento, eliciadas de especialistas. O sistema apresenta critérios técnicos e de custos para análise de programas de investigação, considerando os objetivos de projeto, o local, a construção a ser realizada e as informações já existentes do subsolo. Aconselha sobre o número de furos e quantidade de ensaios necessários. O sistema foi desenvolvido pelo *Laboratoire des Ponts et Chaussées* (França).

13) SIGMA (1992), descrito por Toll (1994), Toll (1995), Oliver & Toll (1995) e Moula et al. (1995), é um Sistema Baseado em Conhecimento, projetado para auxiliar um engenheiro geotécnico quando trabalha com dados, na definição de parâmetros de projeto e interpretação das condições do terreno. Possui acoplado um banco de dados (GeoTec), e está

sendo desenvolvido de forma modular. Utiliza conhecimento heurístico, tais como: correlações de parâmetros, conhecimento de valores esperados para um particular tipo de solo ou rocha, conhecimento de como medir os parâmetros determinados por diferentes ensaios. Um aspecto importante do sistema, é a avaliação dos dados por checagem cruzada das medições.

14) SAGITAIRE (1992), descrito por Moula et al. (1995) como um Sistema Baseado em Conhecimento para processamento de dados de investigação do subsolo. O sistema pode ser usado para manipular dados de descrição do solo, dos ensaios de laboratório e de campo. Ele possui conhecimento para identificação de tipos de solo (baseado na classificação unificada de solo) e para processar resultados do ensaio de cone. O sistema também foi desenvolvido para auxiliar na análise de fundações *offshore*.

15) Apresentado por M. G. Winter & G. D. Matheson e K. Thomas, em 1992, e descrito por Moula et al. (1995) como um Sistema Baseado em Conhecimento. É um sistema que está sendo desenvolvido para auxiliar no planejamento de investigações do subsolo. Ele contém conhecimento sobre as diferentes fases e estágios de uma investigação. O sistema é aplicado em projetos de estradas.

16) F-7 TESTS (1995), descrito por Xue & Smart (1995), é um Sistema Baseado em Conhecimento, que está sendo desenvolvido para auxiliar engenheiros recém formados na escolha de ensaios de campo e laboratório para um local e tipo de construção particular. Além de fornecer programas de ensaios, ajuda com textos e especificações de métodos. Atualmente, estão instalados 87 ensaios.

17) Descrito por Winter et al. (1995), o Sistema Baseado em Conhecimento está sendo desenvolvido para auxiliar na investigação do terreno para projetos de estradas na Escócia. O objetivo é reduzir o custo efetivo das investigações. O sistema resume o conhecimento de peritos e apresenta-o numa forma acessível. O usuário, assim, pode ser aconselhado, orientado e assistido no planejamento e implementação de investigações do terreno. A origem do conhecimento é, predominantemente, a literatura e contém experiência de especialistas. O sistema pode ser modificado e expandido; é intenção atualizar o conhecimento contido na base constantemente, incorporando a experiência de novos projetos de estradas. No futuro, o sistema avaliará dados de investigação do terreno e orientará sua utilização no projeto.

3.2.2 Fundações

1) PILE (1987), descrito por Santamarina & Chameau (1987), Toll (1994) e Moula et al. (1995), é um Sistema Baseado em Conhecimento desenvolvido para auxiliar na seleção do tipo mais apropriado de fundação em estaca. O conhecimento é oriundo da literatura e da experiência de peritos (especialistas da *Purdue University*, incluindo G. A. Leonards). A Máquina de Inferência do sistema utiliza encadeamento para frente. O usuário responde a questões, escolhendo alternativas e são apresentadas explicações (informações técnicas, justificando questões e explicando regras). O sistema considera características do solo (ambiente químico, condições do nível d'água, presença de solos moles e estratigrafia errática), carga (por pilar), condições de instalação das estacas (escavação, cravação) e contexto (problemas operacionais). Os tipo de estacas combinam características do material (madeira, aço, concreto), construção (pré-furo, cravação, moldada no local) e precauções (possibilidade ou não de recalques, redução do atrito lateral). O sistema tem sido avaliado com sucesso num amplo número de casos por seis especialistas em engenharia geotécnica.

2) FOOT (1987), descrito por Moula et al. (1995) como um Sistema Baseado em Conhecimento para auxiliar na seleção e projeto de fundações superficiais. Utiliza um banco de dados de projetos prévios para confrontar os resultados. A comparação é feita em termos de carregamento, propriedades do material da fundação (resistência do concreto, por exemplo) e capacidade de carga do solo. Seu principal objetivo é o projeto estrutural da fundação.

3) FOOTER (1988), descrito por Moula et al. (1995) como um Sistema Baseado em Conhecimento. O sistema apresenta um resumo de projeto para a construção das fundações. Os dados de entrada incluem as condições do solo, locação do nível d'água, profundidade da rocha decomposta e as condições de carregamento impostas pela estrutura. O sistema decompõe o problema em subproblemas: a seleção do tipo de fundação, a seleção do tipo de material, a seleção do tipo de cravação ou escavação (quando apropriada) e parâmetros de projeto da fundação. Como resposta, o sistema resume todos os tipos alternativos possíveis de fundações, os quais são avaliados pelo usuário.

4) BABE (1989), descrito por Moula et al. (1995) como um Sistema Baseado em Conhecimento para auxiliar nas considerações preliminares em projetos de fundações de pontes. A principal função do sistema, é ajudar na seleção do tipo mais apropriado de

fundação a partir de uma superestrutura específica e das condições locais. Além disso, o sistema faz sugestões para o projeto da superestrutura a partir do ponto de vista geotécnico. A seleção do tipo de fundação a ser usada (sapatas, estacas ou tubulões), é baseada na carga, nas condições da superestrutura, nas características geológicas, nos problemas potenciais de construção e no custo da fundação.

5) GEOTECH (1989), descrito por Moula et al. (1995) como um Sistema Baseado em Conhecimento para auxiliar no projeto de fundações em Hong Kong. O conhecimento disponível no sistema inclui fatores técnicos legais e comerciais que devem ser considerados, bem como a prática local. O primeiro módulo que está sendo desenvolvido, envolve a classificação dos solos e projeto de fundações fundamentados nas recomendações da BS 8004 (*British Standards Institution*, 1986) e Geoguide de Hong Kong (*Geotechnical Control Office*, 1982, 1985, 1988). O sistema inclui considerações sobre prazo, custo, influências sazonais, segurança e efeitos ambientais.

6) CUFAD (1989), descrito por Trautmann & Kulhawy (1996), como um Sistema Baseado em Conhecimento utilizado extensivamente nos Estados Unidos na indústria elétrica. É um sistema que auxilia no projeto de estacas escavadas e fundações superficiais, para cargas axiais de compressão e tração. Orientações são geradas para todas as informações geotécnicas importantes, relativas às propriedades dos solos. Em cada consulta, uma série de questões simples, tanto quantitativas como qualitativas, são apresentadas ao usuário (reproduzem as questões que um especialista faria). O programa inclui características específicas, tais como: condições de carregamento drenado ou não drenado, fatores parciais de segurança e considerações de carregamento e assentamento.

7) Apresentado por L. A. Stuckrath & D. A. Grivas em 1990, e descrito por Moula et al. (1995) como um Sistema Baseado em Conhecimento para auxiliar na seleção de fundações de pontes nos estágios preliminares e de planejamento do projeto. Baseado nas informações dadas pelo usuário sobre a estrutura (carga aplicada diretamente no elemento de fundação e recalque admissível) e especificações geotécnicas. O sistema apresenta opções preliminares de projeto, incluindo melhoramentos no terreno, se for o caso.

8) PCPILE (1991), descrito por Yeh et al. (1991) como um Sistema Baseado em Conhecimento para auxiliar no diagnóstico de danos em estacas de concreto protendido,

durante o processo de cravação. O conhecimento na base do sistema é constituído de material publicado (literatura), experiência de especialistas e registros de casos.

9) FUNDCON (1991), descrito por Moula et al. (1995) como um Sistema Baseado em Conhecimento, para auxiliar no projeto de fundações. O sistema é constituído de vários módulos: a) módulo de verificação preliminar dos dados de entrada e interpretação das informações referentes ao solo; b) módulo de projeto preliminar que seleciona o mais adequado sistema de fundações; c) módulo para modelar e analisar a configuração estrutural proposta, e verificar se satisfaz as condições externas; d) módulo de detalhamento do projeto que desenvolve o projeto final, garantindo que todas as condições impostas são satisfeitas.

10) GEOTECH (1991), descrito por Moula et al. (1995) como um Sistema Baseado em Conhecimento para auxiliar no projeto de fundações superficiais. Calcula a capacidade de carga, recalque e produz o projeto da fundação correspondente. Considera as informações gerais do subsolo e informações estruturais (dimensão do pilar e carregamento). O sistema apresenta como resposta, uma lista com as mais adequadas alternativas com os correspondentes fatores de segurança.

11) PILEX (1991), descrito por Moula et al. (1995) como um Sistema Baseado em Conhecimento para assistir na seleção dos possíveis tipos de estacas (concreto, aço e madeira). O sistema também considera as fundações superficiais. O conhecimento da base do sistema contém informações obtidas da literatura, combinadas com conhecimento de especialistas (práticos e acadêmicos), para levar em conta fatores geotécnicos, geológicos, estruturais e ambientais que influenciam na seleção da estaca. Os dados de entrada necessários são referentes aos parâmetros de carregamento, condições do solo e nível d'água. Futuros melhoramentos são previstos: considerar parâmetros de custo, carregamento lateral, levantamento de estacas adjacentes e estaca prancha.

12) SUPILE (1991), descrito por Moula et al. (1995) como um Sistema Baseado em Conhecimento para auxiliar na avaliação da utilização de diferentes tipos de estacas bem como estimar as dimensões da seção transversal e comprimento da estaca. A seleção do tipo de estaca é feita pelo sistema, avaliando quais os problemas que podem surgir se um tipo específico de estaca for usado. Esses problemas são quantificados na forma de índices que, computados para cada tipo de estaca, indicam o índice de problema por estaca. O índice varia de 0 a 99; quanto maior for o índice mais indicado o uso da estaca.

13) Apresentado por F. C. Hadipriono, C. f. Diaz e W.E. Wolfe em 1991, e descrito por Moula et al. (1995) como um Sistema Baseado em Conhecimento em fase de desenvolvimento. O sistema auxilia na determinação das causas de ruptura de fundações. O conhecimento da base do sistema contém informações das possíveis causas de ruptura das fundações, tais como: assentamento do solo, expansividade de solo, erosão de solo, falha da capacidade de carga, instabilidade de talude e corrosão da fundação. O sistema questiona o usuário sobre as evidências apresentadas para a ruptura da fundação (trincas, deflexão de paredes, por exemplo) e informações sobre o solo, com o objetivo de identificar a causa da ruptura.

14) DS²-DIAG (1994), descrito por Demir et al. (1994) como um Sistema Especialista em fase de desenvolvimento. O sistema assiste no diagnóstico de problemas na construção de estacas escavadas. Usa regras de produção heurísticas, do tipo SE/ENTÃO, para problemas de diagnóstico e recomenda soluções durante a construção. A aquisição do conhecimento foi feita por visitas em locais de construção, por observação coletada em vídeo de diversas operações de campo em vários locais com geologia distinta e por entrevistas com um especialista do domínio. No momento, limita-se a diagnosticar três tipos de problemas associados com o uso de estacas escavadas: aparência do fluido, sedimentação da lama e colapso das paredes do furo. É considerado uma ferramenta de campo, para orientar as decisões durante o progresso da construção da estaca. O sistema ao ser consultado inicia, formulando questões ao usuário, de acordo com as primeiras questões respondidas. É de fácil uso, mesmo que o usuário não esteja habituado a trabalhar com computador. O sistema não precisa de manual, todas as informações estão disponíveis no menu de ajuda da tela. O sistema faz parte de um “pacote” que integra outros dois Sistemas Especialistas, um banco de dados interativo e um programa simulador.

15) FES (1994), descrito por Roschke et al. (1994) como um Sistema Especialista, em fase inicial de desenvolvimento. O programa automatiza a seleção e projeto de um sistema de fundações. Trabalha com quatro Bases de Conhecimento. O raciocínio sobre classes e objetos do domínio são feitos através de regras. Utiliza dois programas acoplados, escritos em linguagem Basic: um para análise de fundações superficiais em areia, e outro, que realiza cálculos de estacas em areias, argilas e solos estratificados.

3.2.3 Estruturas de contenção de terra

1) RETWALL (1987), descrito por Bernardi & Sardinha (1994) e Moula et al. (1995) como um Sistema Baseado em Conhecimento para auxiliar na seleção e projeto preliminar de estruturas de contenção de terra. Primeiramente, o sistema avalia a necessidade de utilização de um muro de contenção, a partir de dados fornecidos pelo usuário sobre o tipo de aplicação, topografia e condições do solo. Se o muro é necessário, o sistema avalia qual dos nove tipos de muro, incluídos na Base de Conhecimento, é aplicável ao caso específico (tijolos, blocos, pranchas de madeira, gabiões, muros de gravidade, dormentes ferroviários, terra armada, concreto armado e estacas prancha). Caso mais de um tipo sejam indicados, recomendações são apresentadas para cada solução. Adicionalmente, o sistema pode realizar o projeto do muro e produzir um rascunho do projeto.

2) WADI (1987), descrito por Bernardi & Sardinha (1992) e Moula et al. (1995) como um Sistema Baseado em Conhecimento para auxiliar no diagnóstico preliminar de ruptura de muros de contenção com altura inferior a oito metros. O sistema faz uma análise da estabilidade do muro de contenção, utilizando cálculos convencionais de projeto, e compara o fator de segurança contra cada tipo de ruptura (tombamento, deslizamento e recalque). Conclusões finais sobre as causas observadas de ruptura e recomendações para decisões que devem ser tomadas, são fornecidas pelo sistema.

3) RETAIN (1989), descrito por Moula et al. (1995) como um Sistema Baseado em Conhecimento para assistir na caracterização de ruptura e reabilitação de muros de contenção de terra. O problema é dividido numa série de subproblemas: identificação do terreno, diagnóstico da ruptura, síntese do projeto e estimativa de custo. Quando a ruptura é bem diagnosticada, uma tabela de modos de ruptura do muro, associados a graus de certeza é produzida. Juntamente com cada modo de ruptura, são feitas observações com conhecimento heurístico de componentes do projeto, que podem ser usados para reabilitação. A partir da combinação desses componentes de projeto, um projeto completo é produzido pelo sistema. Cada estratégia de reabilitação, é relativa às limitações de construção e ao tipo de solo envolvido.

4) Apresentado por J. Oliphant e D. L. Blockley em 1989, e descrito por Moula et al. (1995) como um Sistema Baseado em Conhecimento que orienta na decisão da seleção da estrutura de contenção. O conhecimento da base do sistema é separado em três partes: o

processo de projeto, o processo de construção e o impacto ambiental. O sistema possui onze casos de estudo de estruturas de contenção, e gera uma narrativa da história de cada um, em termos de como ele foi selecionado ou considerado como uma alternativa, permitindo ao usuário efetuar comparações com o muro de contenção proposto.

5) Apresentado por M. Arockiasamy, N. Radhakrishnan, G. Sreenivasan e S. Lee em 1991, e descrito por Moula et al. (1995) como um Sistema Baseado em Conhecimento para assistir na seleção e projeto de muros de contenção de terra. O sistema dispõe de conhecimento para dez tipos de muros. A estrutura é selecionada a partir de critérios definidos pelo usuário: geometria do local, altura do muro, tempo de projeto, material e mão-de-obra disponíveis, acesso de equipamento, prática de construção e considerações estéticas. Um projeto detalhado da estrutura que foi selecionado é emitido pelo sistema.

3.2.4 Taludes

1) Apresentado por A. P. Wislocki e S. P. Bentley em 1989 e descrito por Moula et al. (1995) como um Sistema Baseado em Conhecimento para auxiliar no planejamento de aplicações em relação ao risco de deslizamento existente em *South Wales, UK*. O sistema contém três módulos: um contendo a distância do local dos deslizamentos documentados, outro com locais próximos onde ocorreram deslizamentos documentados e, outro, em locais de deslizamentos documentados. As opções de respostas do sistema para cada consulta são: aprovado, aprovado sob condições e reprovado.

2) XPENT (1991), descrito por Moula et al. (1995) como um Sistema Baseado em Conhecimento para auxiliar na análise da estabilidade de taludes. Ele faz diagnóstico do tipo de deslizamento com base nas informações sobre geologia, vegetação, geomorfologia (em pequena e grande escala) e hidrogeologia. O sistema pode aconselhar sobre métodos de estabilização baseados nas dimensões do talude, no material e outros aspectos. Um conjunto de métodos de cálculos de estabilidade é incluído no sistema; ele pode modelar um deslizamento em três dimensões. Informações topográficas podem ser combinadas com dados geotécnicos e hidrológicos para gerar um modelo bidimensional de análise de estabilidade. O sistema pode gerar simulações, utilizando um intervalo de parâmetros de solo e de diferentes métodos de estabilização.

3) ESDS (1991), descrito por Moula et al. (1995) como um Sistema Baseado em Conhecimento para auxiliar engenheiros geotécnicos em projetos de talude em túneis abertos em minas de carvão no Reino Unido.

4) SISYPHE (1992), descrito por Moula et al. (1995) como um Sistema Baseado em Conhecimento para assistir na investigação da instabilidade de taludes. O sistema pode ser empregado tanto no diagnóstico de um deslizamento de talude, como na possibilidade de risco de ele ocorrer. Está sendo desenvolvido em paralelo com XPEND, mas não contém conhecimento sobre métodos de estabilização. Para determinar o risco de deslizamento, o programa aciona um banco de dados contendo informações em outros taludes instáveis na vizinhança, além de informações sísmicas e dados meteorológicos. Para fins de diagnóstico, o sistema tem condições de desenvolver uma representação tridimensional da superfície do terreno, superfície piezométrica e a própria superfície inclinada. Os resultados dos dados nos furos da investigação do local, podem ser superpostos no modelo, e a combinação pode ser utilizada para produzir o início dos cálculos da estabilidade do talude tridimensional.

5) Apresentado por M. Hirokane, I. Mikami, K. Yagashira e S. Ohmori em 1993, e descrito por Moula et al. (1995) como um Sistema Baseado em Conhecimento para auxiliar na seleção da mais indicada forma de proteção do talude. O sistema contém conhecimento de 44 diferentes tipos de proteção, desde vegetação a muros de retenção. Os fatores que foram considerados pelo sistema, incluem características do talude (gradiente e altura), classificação do solo ou rocha (descomposição e descontinuidade), estética e possibilidade de construção. A viabilidade econômica das possibilidades é avaliada em custo básico por unidade de área. O sistema foi avaliado em nove construções, e em oito casos apresentou resultados que concordam bem com os métodos adotados.

3.2.5 Túneis

1) Apresentado por Z. Mi e P. Jieliang em 1989, e descrito por Moula et al. (1995) como um Sistema Baseado em Conhecimento, que está sendo desenvolvido para auxiliar na previsão do valor de recalque superficial e o grau de danos relativos às construções causados pela escavação do túnel. O conhecimento da base do sistema armazena informações sobre os fatores que influenciam a previsão de assentamento (classe de solo, razão

diâmetro/profundidade do túnel, razão de estabilidade do tipo de solo/tipo de proteção, condições do nível d'água, forma de transporte na superfície urbana do terreno e outros).

2) OSDES (1992), descrito por Moula et al. (1995) como um Sistema Baseado em Conhecimento que assiste em projetos de engenharia de túneis. O sistema considera a classificação da rocha, estrutura, descontinuidade, nível d'água, tipo travessia e tempo de operação do serviço, profundidade, propriedades dinâmicas e reológicas das rochas. O sistema sugere o tipo de suporte, e também valores quantitativos para espessura do concreto espalhado, detalhes de reforço como diâmetro, comprimento e espaçamento dos pinos. O conhecimento foi eliciado de mais de 30 peritos chineses. O sistema está sendo testado em 30 casos históricos, e o modelo sugere boa concordância com as soluções adotadas.

3) Descrito por Kochen (1994) como um Sistema Especialista para análise e projeto de túneis em rocha, tendo como base módulos empíricos atualmente em uso. O sistema trabalha com dados coletados em explorações geológicas usuais (tipo de rocha, grau de alteração, presença de água, fraturamento, aberturas, preenchimento, rugosidade das fraturas e outras propriedades de interesse). Com base nestes dados e nas características do túnel (diâmetro, função e outras informações), o sistema define o método construtivo mais adequado. O programa efetua a classificação do maciço rochoso e indica as recomendações pertinentes ao projeto de túneis e escavações subterrâneas em rocha.

4) SISMO (1996), descrito por Gama (1996) como protótipo de um Sistema Especialista que auxilia no monitoramento e previsão de colapso de cavidades subterrâneas em rochas. O sistema monitora quantitativamente indicadores diretos e sua função é detectar zonas instáveis em cavidades subterrâneas. Ele monitora dados de deformação e dados de variação de tensões, podendo ser utilizado em zonas de risco, permitindo a análise a distância, onde curvas de deformação e variação de tensões são plotadas em tempo real, par um mesmo eixo em função do tempo com ajuste de escala. O sistema foi idealizado no sentido de trabalhar com a análise em tempo real de velocidade de deformação normalizada e velocidade de variação das tensões induzidas, proporcionado uma retroanálise mais rápida e segura. SISMO foi criado com auxílio do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) e empresas particulares.

3.2.6 Melhoria do solo

1) Apresentado por J.-L. Chameau e J. C. Santamarina em 1989, e descrito por Moula et al. (1995) como um Sistema Baseado em Conhecimento para assistir na seleção de técnicas de melhoria do solo. O sistema consiste de quatro partes: um pré-processador que ajuda o usuário a decidir se há necessidade de melhoria do solo; um módulo de classificação que seleciona a melhor técnica de melhoria, que pode continuar a pesquisa para soluções menos satisfatórias; um módulo de casos históricos (inclui 50 casos) que seleciona aquele que melhor representa o problema e, um pós-processador que gera informações e sugestões finais.

2) ESPGIS (1991), descrito por Moula et al. (1995) como um Sistema Baseado em Conhecimento para orientar na seleção de métodos de melhoria do terreno e para avaliar as possibilidades de um método pré-selecionado ser adequado às características do local. O sistema permite ao usuário definir o problema por especificação (para diferentes graus de certeza), a natureza da necessidade de melhoria do terreno, condições do subsolo e outros parâmetros relevantes. O sistema questiona o usuário sobre a estratigrafia do subsolo e propriedades índices do solo e, a partir deles, determina valores típicos para parâmetros de projeto.

3.2.7 Geotêxteis

1) ED x ES (1991), descrito por Moula et al. (1995) como um Sistema Baseado em Conhecimento para assistir no projeto e especificação de componentes geotêxteis para drenagem das canaletas laterais de pavimentos de estradas. O sistema admite dados de entrada naturais (sem tratamento) do local, tais como: precipitações de chuva, características do solo nativo, consistência do material da sub-base, sistema de pavimento, informações da seção transversal do dreno lateral, e condições da construção. A resposta que o sistema oferece, consiste nas propriedades mecânicas e hidráulicas necessárias do material a ser empregado, as quais são determinadas, utilizando soluções algorítmicas típicas, e uma lista de dez produtos candidatos, em ordem ascendente. Uma limitação do sistema é não lidar com condições de solo que incluem siltes instáveis intercalados.

2) Apresentado por M. H. Maher e T. P. Williams em 1991, e descrito por Moula et al. (1995) como um Sistema Baseado em Conhecimento para auxiliar na seleção de

materiais geosintéticos e detalhamento de projetos para diferentes aplicações geotécnicas. O conhecimento incorporado ao sistema contém informações sobre cinco tipos de emprego de geotêxteis: estabilização para reduzir erosão, separação de camadas de solo, reforço para melhoramento da resistência do solo, drenagem de material para remoção de água e filtros para reduzir o fluxo de partículas de solo.

3.2.8 Lençol freático

1) DEMOTOX (1986), descrito por Bernardi & Sardinha (1994) como um Sistema Baseado em Conhecimento desenvolvido na *Utah State University*, para auxiliar na avaliação de áreas de depósitos de detritos de risco, objetiva estimar o potencial de risco de contaminação de águas subterrâneas. O sistema adota um modelo de classificação de poluente, que emprega um índice de degradação e mobilidade. Um fator de certeza, associado aos dados medidos em laboratório e as hipóteses assumidas, é utilizado para modificar o valor desse índice. O sistema incorpora vários bancos de dados, com informações sobre textura dos solos, permeabilidade e classificação em química orgânica, os quais são empregados para calcular os fatores de certeza com base na qualidade dos dados disponíveis, nas estimativas do sistema e nas possíveis intervenções do usuário.

2) GWX (1989), descrito por Davey-Wilson (1994) e Moula et al. (1995) como um Sistema Baseado em Conhecimento para auxiliar na seleção do método de controle do nível d'água numa escavação. O sistema está baseado em uma variedade de parâmetros do local da construção (não apenas no tamanho das partículas de solo), dos quais o tipo de projeto, o tipo de terreno, a dimensão da escavação e a profundidade são os mais críticos. O conhecimento da base do sistema contém 27 métodos de controle do nível d'água. O sistema roda num ambiente amigável (*Apple Macintosh*) e já foi extensivamente avaliado.

3.2.9 Pavimentação

1) Apresentado por R. Pearse, M. Rosenbaum e P. Hammond em 1986, e descrito por Moula et. Al (1995) como um Sistema Baseado em Conhecimento para auxiliar na avaliação de traçados para estradas, considerando critérios de engenharia geológica. A avaliação é feita, inicialmente, em termos financeiros e de segurança. O sistema fornece o custo de cada traçado possível e a probabilidade de ocorrer ruptura, bem como um resumo das

principais vantagens e desvantagens de cada opção. Durante a avaliação, o sistema considera aspectos relevantes da geologia, topografia, condições da água e propriedades geotécnicas do terreno, ao longo de cada rota potencial. Além disso, o sistema também considera a disponibilidade dos materiais para construção.

2) GIMP (1990), descrito por Bernardi & Sardinha (1994) como um Sistema Baseado em Conhecimento para auxiliar na previsão do momento adequado para realizar trabalhos de conservação e manutenção em pavimentos flexíveis, a fim de otimizar os recursos investidos nessa tarefa. O sistema está sendo desenvolvido no Chile com apoio do Ministério de Obras Públicas. O programa engloba um sistema de informações sobre a malha viária do país, em particular, das regiões instrumentadas, realiza uma análise do estado atual de conservação do ponto de vista estrutural e funcional, prioriza os trechos mais críticos que necessitam intervenção e estima o comportamento futuro daqueles que requerem atenção especial. Por fim, o sistema faz uma avaliação econômica das diferentes soluções de projeto, selecionando aquela considerada ótima, do ponto de vista econômico. O sistema é constituído de vários subsistemas, e utiliza diversas linguagens de programação.

3) PAVDIAG (1992), descrito por Bernardi & Sardinha (1994) como um Sistema Baseado em Conhecimento, desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), para auxiliar no diagnóstico de problemas/defeitos em pavimentos flexíveis. A partir da descrição do problema, fornecida pelo usuário através de um sistema interativo de perguntas e respostas, e de dados adicionais, também fornecidos pelo usuário, tais como volume de tráfego e idade do pavimento, o sistema infere as possíveis causas do defeito encontrado. Em futuras implementações, o domínio do problema será estendido de forma que o sistema proponha eventuais programas de investigação (ensaios de campo e/ou laboratório), necessários para obtenção de dados quantitativos e uma análise mais precisa da situação do pavimento. Adicionalmente, poderá propor medidas preventivas e corretivas a serem tomadas. O sistema utiliza uma *shell* desenvolvida no Brasil, denominada Parter.

4) Descrito por Fonseca et al. (1997) como um Sistema Especialista para assistir na determinação do potencial de áreas para aplicação de material de resíduos industriais para a construção de estradas. O sistema utiliza dados físicos, químicos, mineralógicos e ambientais do material rejeitado. Tem como fonte de conhecimento as agências governamentais e especialistas com experiência em pesquisa na reciclagem de resíduos

industriais. O conhecimento da base é constituído de conhecimento heurístico e literatura existente. O sistema procura questionar o usuário ao estritamente necessário.

3.2.10 Barragens

1) EXCEL (1988), descrito por Bernardi & Sardinha (1994) e Moula et al. (1995) como um Sistema Baseado em Conhecimento para auxiliar no diagnóstico e tratamento de problemas de percolação associados a barragens (barragens de terra, enrocamento, barragens de concreto). O usuário entra com uma descrição do problema através de uma sessão de perguntas e respostas trocadas com o sistema, a partir das quais, são fornecidas as causas prováveis do problema e recomendações de possíveis medidas a serem tomadas. O programa trabalha apenas com informações qualitativas. O sistema permite que o usuário tenha acesso a um banco de dados com casos históricos de barragens que apresentaram problemas de percolação, bem como as soluções adotadas nesses casos.

2) Apresentado por D. Sieh, D. King e F. Gientke em 1988, e descrito por Moula et al. (1995) como um Sistema Baseado em Conhecimento para assistir no diagnóstico de problemas de percolação em barragens de terra. O usuário entra com informações da localização geográfica da percolação, a localização da percolação em relação à superfície do reservatório d'água, o tipo de percolação (origem em um ponto ou não), o momento em que a percolação apareceu pela primeira vez, a monitoramento do fenômeno, o estado da percolação (crescente, decrescente), a velocidade de percolação, a redução do nível d'água. Se o sistema consegue obter uma conclusão, o tipo de problema é, então, estabelecido, a gravidade do caso é explicada e é recomendado um encaminhamento de ações.

3.2.11 Outras áreas da engenharia geotécnica

1) Apresentado por G. M. Konkoly em 1986, e descrito por Moula et al. (1995) como um Sistema Baseado em Conhecimento para auxiliar no planejamento de precauções de segurança para trincheiras com altura inferior a sete metros de profundidade, considerando as condições do solo. O programa baseia-se em dois sistemas de classificação desenvolvidos pelo *US National Bureau of Standards*, com objetivo de garantir a segurança desses tipos de escavações.

2) HEAVE (1987), descrito por Moula et al. (1995) como um Sistema Baseado em Conhecimento que lida com problemas de solos expansivos. O sistema assiste na determinação das propriedades de inchamento de solo, do perfil das tensões de sucção equivalente no equilíbrio, da distribuição de tensões na fundação, do perfil das tensões efetivas e da espessura da zona ativa, e fornece uma estimativa quantitativa do levantamento (inchamento) vertical esperado.

3) RMC (1989), descrito por Moula et al. (1995) como um Sistema Baseado em Conhecimento para auxiliar na classificação de rocha. O sistema é baseado, principalmente, no esquema de classificação geomecânica de Bieniawski.

4) SOLES (1991), descrito por Moula et al. (1995) com um Sistema Baseado em Conhecimento para auxiliar na avaliação do potencial de liquefação de solos sujeitos a excitações sísmicas. O sistema considera a excitação sísmica, as propriedades do solo, os resultados da análise e efetua uma completa avaliação.

5) LIQUEFY (1994), apresentado por Chouicha & Siller (1994) como um Sistema Especialista que auxilia na avaliação do potencial de liquefação de locais, através de métodos gerais normalmente aceitos para avaliação de liquefação. Escolhe eficientemente o melhor método para aplicar, baseado nas características locais e de projeto, e desenvolve por etapas os procedimentos de liquefação com explicações. Muitos métodos de avaliação de liquefação utilizam conhecimento empírico e julgamento, complementando ensaios e análises, para compensar a perda de dados completos e precisos. O sistema lida com incerteza de dados de entrada, a fim de determinar o potencial de liquefação. A representação do conhecimento do programa é através de regras de produção.

3. 3 Resumo e conclusões

Na primeira parte desse capítulo, a Engenharia em geral e, em especial, a área de geotecnia, embora consideradas ciências exatas, são caracterizadas como áreas do conhecimento que utilizam de muita intuição e experiência para encaminhar soluções de grande parte de seus problemas. É amplamente reconhecido na literatura que as regras de boa prática, que codificam a experiência (conhecimento heurístico), continuam a ser a base das decisões nos projetos de geotecnia, particularmente, na engenharia de fundações.

Esse fato coloca a engenharia de fundações numa situação bastante favorável para utilizar a tecnologia de Sistemas Especialistas.

O levantamento das aplicações da tecnologia de Sistemas Especialistas na área de engenharia geotécnica, permite concluir, em concordância com Moula et al. (1995), que a referida tecnologia tem sido utilizada para encaminhar uma grande variedade de problemas geotécnicos. O subdomínio mais explorado é o de caracterização do subsolo.

Considerando o estágio de desenvolvimento das aplicações encontradas na literatura, muitos dos sistemas desenvolvidos são protótipos demonstrativos na classificação de Brandon (1993) citado por Oliveira (1994). Poucos tem atingido o estágio de serem explorados comercialmente. Particularmente as aplicações em fundações encontradas, quatro são sistemas demonstrativos (2, 3, 12 e 15), duas são sistemas produzindo resultados (1 e 14), uma é considerada um sistema comercial (11) e uma aplicação pode ser considerada um sistema produzindo benefícios regulares comprovados (6). Quanto as demais aplicações (4, 5, 7, 8, 9, 10 e 13) não foram encontradas informações quanto ao seu estágio de desenvolvimento.

Em relação as fundações, das quinze aplicações encontradas três referem-se a problemas de diagnóstico (8, 13 e 14), duas são específicas para fundações de pontes (4 e 7), uma é específica para projetos de fundações em Hong Kong (5), uma é específica para indústria elétrica (6), duas são para auxiliar no projeto de fundações superficiais (2 e 10), duas são para auxiliar no projeto de fundações em estacas (1 e 12), uma automatiza a seleção e o projeto de fundações (15), uma auxilia no projeto de fundações em geral (9), uma apresenta um resumo de projeto para a construção das fundações (3) e uma auxilia na seleção dos possíveis tipos de estacas e fundações superficiais (11).

Somente o sistema FES (15) é caracterizado como um Sistema Especialista, os outros são considerados Sistemas Baseados no Conhecimento.

Uma análise das aplicações em fundações encontradas na literatura, é dificultada considerando a falta de padronização na descrição dos sistemas. Entretanto, a partir das informações disponíveis, observa-se que o formalismo de representação do conhecimento mais utilizado são as regras de produção. Algumas aplicações como os sistemas PILE, FUNDCON e SUPILE foram desenvolvidos utilizando linguagem de alto nível (LISP ou

TURBO PROLOG), no entanto a grande maioria das aplicações são implementadas em *shells* ou ambientes especiais de programação. De acordo com Ortolano e Perman (1987), se por um lado a implementação de Sistemas Especialistas através de *shells* ou ambientes especiais de programação restringem a flexibilidade dos mesmos, por outro lado, permitem redução do tempo de desenvolvimento das aplicações.

Poucas descrições das aplicações em fundações encontradas na literatura fazem referência ao mecanismo de inferência utilizado, entretanto considerando aquelas que apresentam referência sobre o mesmo, tanto o encadeamento para frente como o encadeamento para trás são usados, não sendo possível observar uma predominância de um sobre o outro na construção dos sistemas. Entretanto, uma tendência observada, refere-se ao método de aquisição do conhecimento utilizado no desenvolvimento das aplicações em fundações, que geralmente toma como fonte de conhecimento a literatura técnica e o conhecimento heurístico de especialistas obtidos, predominantemente, através de entrevistas.

Algumas aplicações em fundações suportam incerteza quanto as informações apresentadas pelos usuários, como por exemplo os sistemas PILE, PCPILE e DS²-DIAG, e apenas um Sistema Especialista (PILE) foi desenvolvido com o objetivo de ser utilizado na instrução de alunos.

Predominantemente, as aplicações desenvolvidas em fundações e descritas na literatura visam servir de apoio à tomada de decisão em situações correntes, não objetivam substituir especialistas, mas facilitar o seu trabalho, liberando-os para dedicar mais tempo em casos estimulantes que exijam sua criatividade. Além disso, buscam encapsular o conhecimento heurístico e privado dos especialistas em domínios específicos da engenharia de fundações, a fim de preservá-lo, sistematizá-lo e torná-lo disponível.

No Brasil, observa-se na literatura consultada, apenas duas aplicações na área da engenharia geotécnica: o Sistema Especialista PAVDIAG para diagnóstico de problemas e defeitos de pavimentos flexíveis (Bernardi & Sardinha, 1994), e o Sistema Especialista SISMO para monitoramento e detecção de zonas instáveis em cavidades subterrâneas (Gama, 1996).

Na engenharia de fundações, no Brasil, não foi observado na literatura, nenhuma descrição relativa à aplicação da tecnologia de Sistemas Especialistas. É um dos objetivos do

presente trabalho, desenvolver uma aplicação nessa área, especificamente, um Sistema Especialista para auxiliar na escolha do tipo mais adequado de fundação. Com isso, pretende-se iniciar o preenchimento dessa lacuna na engenharia brasileira de fundações.

Conforme Bernardi e Sardinha (1992), no Brasil o desenvolvimento de Sistemas Especialistas enfrenta uma série de dificuldades por duas razões: insuficiência de recursos humanos especializados e falta de investimentos iniciais necessários para a formação de equipes de trabalho e aquisição de ferramentas computacionais. Entretanto, para os mesmos autores, experiências bem sucedidas são encontradas nas áreas bancária e industrial.

Em relação as aplicações em fundações descritas acima, o sistema desenvolvido no presente trabalho, assemelha-se a aplicação denominada PILEX (11) quanto aos dados de entrada e resposta oferecida ao usuário. Entretanto, uma diferença básica é que o PILEX é um Sistema Baseado em Conhecimento, pois contém informações obtidas da literatura, combinadas com conhecimento de especialistas, enquanto o sistema apresentado nesta tese é um Sistema Especialista, por conter exclusivamente o conhecimento de um especialista.

Outra diferença básica entre os dois sistemas é quanto a função dos mesmos; o PILEX é um sistema cuja função é auxiliar engenheiros civis em geral na seleção dos possíveis tipos de fundações, enquanto o sistema apresentado nesta tese, tem função instrutiva.

Estas duas diferenças básicas entre os dois sistemas, a fonte de conhecimento e função, implicam em considerações distintas quanto ao projeto das aplicações. Além disso, o sistema desenvolvido baseia-se na prática corrente de um especialista no Brasil. Portanto, o sistema descrito no presente trabalho, não utilizou o sistema PILEX (nem qualquer outra aplicação encontrada na literatura) como referência.

No Capítulo 2, a fundamentação teórica do presente trabalho foi desenvolvida e, no presente capítulo, complementando o anterior, um levantamento das aplicações da tecnologia dos Sistemas Especialistas na área da engenharia geotécnicas é apresentado.

No Capítulo 4, a seguir, é descrito como o protótipo do Sistema Especialista, para auxiliar na escolha do tipo de fundação, foi desenvolvido. O método empregado toma como base o apresentado no Capítulo 2.

4. O MÉTODO DE DESENVOLVIMENTO DA APLICAÇÃO

4.1 Introdução

Neste capítulo é apresentado o método utilizado para o desenvolvimento da aplicação, tomando como embasamento a discussão realizada no Capítulo 2.

O processo de desenvolvimento do sistema pode ser considerado em quatro fases ou etapas:

- Fase inicial;
- Fase de eliciação do conhecimento e representação intermediária;
- Fase de implementação do protótipo no ambiente computacional;
- Fase de avaliação do protótipo.

A seguir o método de desenvolvimento é descrito, tendo como referência as fases acima denominadas.

4.2 A fase inicial

Na fase denominada inicial que, na verdade, antecede o desenvolvimento do sistema propriamente dito, após a análise da viabilidade da produção da aplicação, foram definidos a tarefa da aplicação, sua função, quais os futuros usuários do sistema e número de peritos participantes do projeto.

Paralelamente a esta fase, sob a orientação do especialista, o autor realizou uma imersão na literatura sobre o domínio do problema. Textos introdutórios e básicos foram indicados pelo perito, que permitiu uma melhor compreensão do domínio, facilitando a comunicação com o especialista. Essa imersão resultou na confecção de um resumo escrito

sobre estacas: vantagens, desvantagens, prescrições da norma de projeto e execução de fundações (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1996) e indicações preliminares referentes ao uso em projetos correntes, o qual não foi utilizado para modelar o conhecimento empregado na aplicação.

4.2.1 Análise da viabilidade de aplicar a tecnologia dos Sistemas Especialistas

Conforme discutido no item 3.1, a área da geotecnia, em particular, a engenharia de fundações, caracteriza-se por incorporar a experiência (heurística) como parcela fundamental do conhecimento necessário nas tomadas de decisões.

Especificamente, no projeto de fundações, a escolha do tipo de fundação que satisfaz às necessidades do problema, é uma tarefa que lida com informações qualitativas, às vezes incompletas, e requer conhecimento heurístico e julgamento de quem a realiza.

Decidiu-se desenvolver um sistema computacional que armazena a experiência de um especialista para auxiliar na tomada de decisão sobre qual o tipo de fundação mais adequado, conhecidas as condições do subsolo, nível de carregamento e tipo de estrutura. Esta tarefa não é possível de ser realizada por uma solução computacional algorítmica, repetitiva e convencional.

Optou-se então, pelo desenvolvimento de um Sistema Especialista que, conforme discutido no item 2.3, satisfaz aos objetivos do sistema pretendido.

O sistema apresentado nesta tese, de acordo com o discutido no item 2.2, pode ser considerado um Sistema Especialista, por encapsular exclusivamente o conhecimento de um perito. O conhecimento disponível na literatura não foi incluído na base de conhecimento da aplicação.

As razões que nortearam tal decisão são as seguintes:

- O especialista do qual o conhecimento foi eliciado, é um profissional com formação acadêmica de alto nível (doutorado);
- O especialista possui larga e reconhecida experiência em consultoria e projeto de fundações;

- O especialista é professor da disciplina Fundações, no Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, tanto na graduação, como no pós-graduação;

- O sistema terá a função de auxiliar no treinamento de alunos, e em eventuais cursos de aperfeiçoamento. Complementará o embasamento teórico (público, disponível na literatura) apresentado pelo professor. Portanto, o sistema deve ser centrado no conhecimento privado, heurístico, fruto da experiência de um especialista do domínio.

Normalmente, um sistema baseado no conhecimento exclusivo de um perito eminentemente prático, pode ser criticado por encapsular um conhecimento superficial, pouco fundamentado e pouco articulado.

Algumas das razões apontadas acima, excluem estas possíveis críticas. O fato de o especialista possuir formação acadêmica de alto nível, garante a obtenção de um conhecimento profundo do domínio, por outro lado, considerando que o especialista é professor, implica em que o mesmo tenha facilidade de verbalizar seu raciocínio e conhecimento, possibilitando a eliciação de um conhecimento igualmente bem articulado e fundamentado.

4.2.2 A tarefa da aplicação

Na fase inicial, foi definido que o sistema deveria escolher os tipos de fundações que satisfizessem as condições do problema impostas pelo usuário ao estabelecer as condições do subsolo, nível de carregamento e tipo de estrutura (análise das soluções viáveis). A partir destes tipos, e considerando as condições de contexto introduzidas pelo usuário, o sistema estabeleceria a solução final (ver Figura 5.3).

Durante a fase de eliciação do conhecimento e representação intermediária (item 4.3) concluiu-se que esta proposta inicial era inviável, considerando o tempo disponível para desenvolver o sistema. Foi decidido, que o sistema deveria escolher os tipos de fundações adequados às condições fixadas pelo usuário (análise das soluções viáveis), deixando de considerar o contexto que atua como um redutor de possibilidades e, portanto, de estabelecer a solução final. Esta seria desenvolvida em outro trabalho, complementando o sistema atual. No item 5.9 é apresentada a tarefa do sistema que foi efetivamente implementado.

4.2.3 A função do sistema

A aplicação foi desenvolvida para cumprir uma função instrutiva, como elemento complementar à formação teórica transmitida pelo professor aos alunos na sala de aula, ou em curso de treinamento.

A utilização de Sistemas Especialistas com função educativa e de treinamento, é amplamente reconhecido na literatura como uma das mais importantes potencialidades dessa tecnologia (Basden, 1983; Toll, 1990; Formoso, 1991; Harris, 1996; Buen et al., 1998; Mabrouk & Rafea, 1998; Ragusa, 1998).

Segundo Ragusa (1998), foi estimado em 47 bilhões de dólares o que está sendo gasto, anualmente, em treinamento nas corporações nos Estados Unidos. De acordo com Formoso (1991) e Ragusa (1998), os especialistas, geralmente, adquirem seu conhecimento através da experiência e de longos períodos de treinamento, aprendizagem e observação. O processo de aprendizagem requer muitos anos e pode ter um custo elevado, no caso da experiência ser adquirida em situações reais. Os Sistemas Especialistas possuem potencial justamente para reduzir o tempo de instrução, e formar estudantes mais educados e treinados.

Toll (1990) aponta que a principal tarefa de um Sistema Especialista deve ser no treinamento de futuros peritos, que não possuem a experiência prática da engenharia. Interagindo com o sistema, o jovem engenheiro pode aprender com o conhecimento do especialista encapsulado dentro do mesmo.

A utilização de sistemas inteligentes na instrução e treinamento apresentam várias vantagens sobre muitos ambientes tradicionais de sala de aula. Através da comunicação interativa entre o estudante e o sistema computacional, o estudante torna-se um participante mais ativo no processo de aprendizagem, abandonando a posição de um observador passivo.

Outra importante vantagem dos sistemas de tutoria sobre a instrução tradicional, é que o estudante pode aprender em seu próprio ritmo, acelerando a instrução recebida em certos casos e, em outros, utilizando mais tempo. Além dessas vantagens, Ragusa (1998) aponta outras, tais como: a consistência da instrução, possibilidade dos sistemas serem reproduzidos e amplamente distribuídos para vários locais de instrução.

A principal limitação da utilização de sistemas inteligentes em tutoria de estudantes, segundo Ragusa (1998), é que eles tratam igualmente todos os usuários, como se todos tivessem o mesmo perfil. É uma suposição básica desses sistemas, a de que todos os estudantes possuem as mesmas necessidades e habilidades.

Os sistemas inteligentes para tutoria estão sendo usados em diferentes áreas do conhecimento e apresentam grande potencial como ferramenta para treinamento continuado de profissionais (Buen et al., 1998). Segundo Mabrouk & Rafea (1998), no Egito, eles estão sendo utilizados com sucesso no treinamento de agricultores, com o objetivo de aumentar a perícia dos profissionais.

A aplicação desenvolvida no presente trabalho, no domínio da engenharia de fundações, incorpora o conhecimento heurístico de um especialista e justifica a resposta apresentada quando o sistema é consultado. O conhecimento contido no sistema refere-se à tarefa da escolha do tipos de fundações tecnicamente viáveis para um dado problema real. Sua função é auxiliar na instrução e treinamento dos alunos da disciplina de Fundações, e nos eventuais cursos de extensão promovidos. O presente estudo não aprofunda questões cognitivas de aprendizagem e nem métodos de ensino envolvidos no processo de ensino/aprendizagem.

4.2.4 Os usuários do sistema

Conforme apresentado no item anterior, a aplicação tem a função de auxiliar na instrução e treinamento dos alunos da disciplina de Fundações e cursos de aperfeiçoamento profissional na área.

O sistema pressupõe que o usuário, ao efetuar uma consulta, conheça os fundamentos básicos teóricos de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações. A aplicação, por encapsular conhecimento prático, usualmente não disponível na literatura, é um elemento complementar à formação teórica do aluno.

4.2.5 Número de especialistas participantes do projeto

De acordo com o discutido no item 2.8.3, a utilização de múltiplos peritos na eliciação do conhecimento pode ser vantajosa. Entretanto, devido ao número reduzido de

peritos no domínio da aplicação, sua pouca disponibilidade de tempo, e o prazo de realização do presente trabalho, optou-se por eliciar o conhecimento de apenas um especialista.

Esta decisão foi possível, considerando que o especialista, por ser o orientador e proponente desta tese, dispunha do tempo requerido para o processo de eliciação do conhecimento, além de motivação e interesse no desenvolvimento da aplicação.

Por outro lado, como foi apontado no item 4.2.1, o especialista é um profissional com formação acadêmica de alto nível (doutorado), possui larga e reconhecida experiência em consultoria e projeto de fundações, e é professor da disciplina Fundações há muitos anos, no Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, tanto na graduação, como no pós-graduação. Esses fatos garantiram a eliciação de um conhecimento profundo, articulado e bem fundamentado.

4.3 A fase de eliciação do conhecimento e representação intermediária

Conforme discutido no item 2.8.1, o enfoque adotado para o desenvolvimento da aplicação foi o enfoque humanístico. Neste enfoque a aquisição do conhecimento confunde-se com a eliciação, e é centrado na interação entre o especialista e o engenheiro do conhecimento.

O enfoque humanístico é uma abordagem prática e adequada para o desenvolvimento de Sistemas Especialistas em cursos de pós-graduação, onde a figura do especialista e orientador coincidem, já que as condições apontadas por Schreiber (item 2.8.1 do Capítulo 2), na relação orientando/orientador são, geralmente, satisfeitas.

As razões para optar por este enfoque, e não o enfoque em modelos, são as seguintes:

- foi definido, na fase inicial do desenvolvimento do sistema (item 4.2.3), que o mesmo seria utilizado no treinamento dos alunos do Curso de Engenharia Civil e em eventuais cursos de aperfeiçoamento realizados pela Instituição, como elemento complementar, ao embasamento teórico (público, disponível na literatura) apresentado pelo professor. Portanto, o sistema é centrado no conhecimento privado, heurístico, fruto das experiências de um especialista do domínio;

- o especialista, fonte do conhecimento que constitui o sistema é, também, professor e orientador desta tese. Esta coincidência possibilita a eliciação de um conhecimento bem fundamentado e articulado, e admite, portanto, a utilização do enfoque humanístico;

- o autor dessa tese que, no desenvolvimento da aplicação, constitui-se no engenheiro do conhecimento, possui formação na área de engenharia de fundações, o que facilita a comunicação com o especialista, no processo de eliciação do conhecimento, e a adoção do enfoque humanístico;

- o enfoque humanístico, é uma experiência alternativa ao enfoque em modelos para desenvolver Sistemas Especialistas, no Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

4.3.1 O processo de eliciação do conhecimento

O processo de eliciação do conhecimento para sua formalização, foi realizado exclusivamente através de entrevistas com o especialista. Foram realizadas 42 entrevistas, com duração aproximada de duas a três horas cada uma.

Inicialmente, as entrevistas não foram estruturadas. Nessas entrevistas, aspectos gerais do problema da escolha do tipo de fundações foram apresentados pelo especialista e discutidos com o engenheiro do conhecimento (autor deste trabalho). As informações necessárias para a tomada de decisão, como elas são tratadas pelo especialista e qual a estratégia utilizada para chegar a solução do problema foram estabelecidas.

A partir dessas entrevistas, a estrutura geral dos procedimentos e considerações que o especialista adota para resolver o problema da escolha dos tipos tecnicamente viáveis de fundações, foi definida e constitui-se no conteúdo do Capítulo 5.

As entrevistas, após a análise dos aspectos gerais do problema, foram se tornando estruturadas. Em cada entrevista focalizavam-se aspectos específicos do problema, que eram discutidos com especialista. Em cada entrevista, eram feitas anotações para posterior análise do engenheiro do conhecimento, e os pontos que merecessem esclarecimento, eram retomados na entrevista seguinte.

Todas as entrevistas, estruturadas ou não, foram registradas em fichas individualizadas. Em cada ficha, foram anotadas as principais questões discutidas, conclusões obtidas, aspectos que deveriam ser discutidos na próxima reunião e tempo de duração da entrevista.

4.3.2 A representação intermediária do conhecimento

Simultaneamente com a realização das entrevistas, o conhecimento eliciado era representado e organizado no papel, de forma independente do ambiente computacional, onde a aplicação foi efetivamente implementada.

Durante a representação intermediária do conhecimento, o material parcial obtido, era apresentado ao especialista para sua verificação e comentários ou reparos que se julgasse necessários. Dessa forma, refinamentos na representação intermediária eram realizados, tornando o produto final mais adequado.

O número de variáveis envolvidos, a complexidade das ponderações necessárias e a estrutura do processo decisório para chegar à solução do problema da escolha dos tipos de fundações tecnicamente viáveis, inviabilizaram representar graficamente o conhecimento, conduzindo à técnica de representação intermediária em tabelas (Anexo D) e, posteriormente, à transformação destas tabelas em regras escritas em linguagem natural (português).

As Tabelas 1 e 2 são alguns exemplos das tabelas obtidas na representação intermediária do conhecimento. As regras escritas em linguagem natural tiradas a partir destas tabelas totalizaram em, aproximadamente, 1500 regras, das quais dois exemplos são apresentados na figura 4.2 .

Na representação intermediária do conhecimento, foi utilizada uma linguagem simbólica, na qual o significado de cada símbolo está definido na legenda apresentada no início do Anexo D. Além disso, como as soluções (linhas das tabelas), muitas vezes, dependem do nível de carregamento, foram utilizados chaves e colchetes sobrescritas com as letras MB, B, M, A ou E (simbolizando os níveis de carregamento muito baixo, baixo, médio, alto ou excepcional, respectivamente) para caracterizar o nível de carregamento correspondente à solução. Assim, por exemplo, a oitava linha da Tabela 1 (resistência da

camada superficial baixíssima, muito baixa, baixa ou média; resistência da camada subsuperficial muito baixa e resistência da camada intermediária muito baixa), significa:

- para o carregamento baixo (estrutura Tipo 4) a solução é (ver legenda do Anexo D): estaca tipo Strauss se a resistência da camada superficial é muito baixa ou baixa OU estaca tipo Strauss com revestimento se a resistência da camada superficial é baixíssimas OU estaca pré-moldada de concreto armado se a resistência da camada superficial é baixíssima, muito baixa ou baixa OU estaca pré-moldada de concreto armado com pré-furo se a resistência da camada superficial é média OU estaca escavada de pequeno diâmetro sem revestimento se a resistência da camada superficial é muito baixa, baixa ou média OU estaca escavada de pequeno diâmetro com revestimento se a resistência da camada superficial é baixíssima Ou estaca pré-moldada de concreto protendido se a resistência da camada superficial é baixíssima, muito baixa ou baixa OU estaca pré-moldada de concreto protendido com pré-furo se a resistência da camada superficial é média OU estaca escavada com injeção (raiz);

- para o carregamento médio (estruturas Tipo 3 ou Tipo 4) a solução é (ver legenda do Anexo D): estaca tipo Strauss se a resistência da camada superficial é muito baixa ou baixa OU estaca tipo Strauss com revestimento se a resistência da camada superficial é baixíssimas OU estaca pré-moldada de concreto armado se a resistência da camada superficial é baixíssima, muito baixa ou baixa OU estaca pré-moldada de concreto armado com pré-furo se a resistência da camada superficial é média OU estaca escavada de pequeno diâmetro sem revestimento se a resistência da camada superficial é muito baixa, baixa ou média OU estaca escavada de pequeno diâmetro com revestimento se a resistência da camada superficial é baixíssima Ou estaca pré-moldada de concreto protendido se a resistência da camada superficial é baixíssima, muito baixa ou baixa OU estaca pré-moldada de concreto protendido com pré-furo se a resistência da camada superficial é média OU estaca escavada com injeção (raiz) OU estaca tipo Franki (standard) se a resistência da camada superficial é baixíssima, muito baixa ou baixa OU estaca tipo Franki (standard) com pré-furo se a resistência da camada superficial é média OU estaca escavada de grande diâmetro sem revestimento se a resistência da camada superficial é muito baixa, baixa ou média OU estaca escavada de grande diâmetro com revestimento se a resistência da camada superficial é baixíssima.

REGRA 144:**SE**

[ESTRUTURA #= TIPO 1 OU TIPO 2 OU TIPO 3 OU TIPO 4] E
 [CARGA #= MUITO BAIXO OU BAIXO OU MEDIO OU ALTO OU EXCEPCIONAL] E
 [INFORMACAO #= SPT] E
 [PROFUNDIDADE SPT #= SUBSUPERFICIAL] E
 [RESISTENCIA / SUPERFICIAL #= BAIXISSIMA OU MUITO BAIXA OU BAIXA OU MEDIA OU ALTA OU MUITO ALTA] E
 [RESISTENCIA / SUBSUPERFICIAL #= BAIXISSIMA]

ENTÃO**NÃO USAR FUNDAÇÃO DIRETA**

REGRA 255:**SE**

[ESTRUTURA #= TIPO 1 OU TIPO 2] E
 [CARGA #= BAIXO] E
 [INFORMACAO #= SPT] E
 [PROFUNDIDADE SPT #= INTERMEDIARIA] E
 [RESISTENCIA / SUPERFICIAL #= BAIXISSIMA OU MUITO BAIXA] E
 [RESISTENCIA / SUBSUPERFICIAL #= BAIXISSIMA] E
 [RESISTENCIA / INTERMEDIARIA #= ALTA] E
 [AGUA #= SUPERFICIAL]

ENTÃO**USAR ESTACA DE MADEIRA OU ESTACA PRÉ-MOLDADA DE CONCRETO ARMADO OU ESTACA PRÉ-MOLDADA DE CONCRETO PROTENDIDO OU ESTACA RAIZ OU ESTACA METÁLICA**

Figura 4.1 - Exemplos de regras em linguagem natural.

TABELA 1 - Exemplo de tabela obtida na representação do conhecimento

ESTRUTURA TIPO 3 OU TIPO 4 E CARREGAMENTO MÉDIO

ESTRUTURA TIPO 4 E CARREGAMENTO BAIXO

Informações disponíveis: SPT

Término da sondagem: INTERMEDIÁRIA (6 A 20 m)

Condição especial do subsolo: NÃO

cam.superf.	cam.subsup	cam.interm.	PRESEÇA DE ÁGUA
resistência	resistência	resistência	NÃO
Baixíssima Muito Baixa Baixa Média	Baixíssima	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	{{B(2)12ouB(2)10;B(3)12ouB(3)10;E(5)} ^B ;E(4)} ^M
		Baixa	{{B(2)12ouB(2)10;B(3)12ouB(3)10;E(5)} ^B ;E(2)ouE(3);E(4)} ^M
		Média	{{B(2)12ouB(2)10;B(3)12ouB(3)10;E(5)} ^B ;E(2)ouE(3);E(4)} ^M
		Alta	{{B(2)12ouB(2)10;B(3)12ouB(3)10;D(1);E(5)} ^B ;E(2)ouE(3);E(4)} ^M
		Muito Alta	{{B(2)12ouB(2)10;B(3)12ouB(3)10;D(1)} ^B ;E(2)ouE(3);E(4)} ^M
	Muito Baixa	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	{{A(3)2ouA(3)*4;B(2)12ouB(2)10;A(4)11ouA(5)4;B(3)12ouB(3)10;E(5)} ^B ;C(1)12ouC(1)10;E(1)11ouE(2)4;E(4)} ^M
		Baixa	{{A(3)2ouA(3)*4;B(2)12ouB(2)10;A(4)11ouA(5)4;B(3)12ouB(3)10;E(5)} ^B ;C(1)12ouC(1)10;E(1)11ouE(2)4;E(4)} ^M
		Média	{{A(3)2ouA(3)*4;B(2)12ouB(2)10;A(4)11ouA(5)4;B(3)12ouB(3)10;E(5)} ^B ;C(1)12ouC(1)10;E(1)11ouE(2)4;E(4)} ^M
		Alta	{{T(1) ap.na cam.intermed.;A(3)2ouA(3)*4;B(2)12ouB(2)10;A(4)11ouA(5)4;B(3)12ouB(3)10;D(1);E(5)} ^B ;C(1)12ouC(1)10;E(1)11ouE(2)4;E(4)} ^M
		Muito Alta	{{T(1) ap.na cam.intermed.;A(3)2ouA(3)*4;B(2)12ouB(2)10;A(4)11ouA(5)4;B(3)12ouB(3)10;D(1)} ^B ;C(1)12ouC(1)10;E(1)11ouE(2)4;E(4)} ^M
	Baixa	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	{{A(3d)2ouA(3d)*4;B(2d)12ouB(2d)10;A(4)11ouA(5)4;B(3)12ouB(3)10;E(5)} ^B ;C(1d)12ouC(1d)10;E(1)11ouE(2)4;E(4)} ^M
		Baixa	{{A(3)2ouA(3)*4;B(2)12ouB(2)10;A(4)11ouA(5)4;B(3)12ouB(3)10;E(5)} ^B ;C(1)12ouC(1)10;E(1)11ouE(2)4;E(4)} ^M
		Média	{{A(3)2ouA(3)*4;B(2)12ouB(2)10;A(4)11ouA(5)4;B(3)12ouB(3)10;E(5)} ^B ;C(1)12ouC(1)10;E(1)11ouE(2)4;E(4)} ^M
		Alta	{{T(1) ap.na cam.intermed.;A(3)2ouA(3)*4;B(2)12ouB(2)10;A(4)11ouA(5)4;B(3)12ouB(3)10;D(1);E(5)} ^B ;C(1)12ouC(1)10;E(1)11ouE(2)4;E(4)} ^M
		Muito Alta	{{T(1) ap.na cam.intermed.;A(3)2ouA(3)*4;B(2)12ouB(2)10;A(4)11ouA(5)4;B(3)12ouB(3)10;D(1)} ^B ;C(1)12ouC(1)10;E(1)11ouE(2)4;E(4)} ^M
	Média	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	{{B(2)12,3ouB(2)10,3;A(4)11ouA(5)4;B(3)12,3ouB(3)10,3;E(5)} ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3;E(1)11ouE(2)4;E(4)} ^M
		Baixa	{{B(2)12,3ouB(2)10,3;A(4)11ouA(5)4;B(3)12,3ouB(3)10,3;E(5)} ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3;E(1)11ouE(2)4;E(4)} ^M
		Média	{{B(2)12,3ouB(2)10,3;A(4)11ouA(5)4;B(3)12,3ouB(3)10,3;E(5)} ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3;E(1)11ouE(2)4;E(4)} ^M
		Alta	{{T(1) ap.na cam.intermed.;B(2)12,3ouB(2)10,3;A(4)11ouA(5)4;B(3)12,3ouB(3)10,3;D(1);E(5)} ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3;E(1)11ouE(2)4;E(4)} ^M
		Muito Alta	{{T(1) ap.na cam.intermed.;B(2)12,3ouB(2)10,3;A(4)11ouA(5)4;B(3)12,3ouB(3)10,3;D(1)} ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3;E(1)11ouE(2)4;E(4)} ^M
Alta	Baixíssima	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a)	
	Muito Baixa	{{FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a);B(2)12,3ouB(2)10,3;B(3)12,3ouB(3)10,3} ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3} ^M	
	Baixa	{{FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a);B(2)12,3ouB(2)10,3;B(3)12,3ouB(3)10,3} ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3} ^M	
	Média	{{FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a);B(2)12,3ouB(2)10,3;B(3)12,3ouB(3)10,3} ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3} ^M	
	Alta	{{FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial ;B(2)12,3ouB(2)10,3;B(3)12,3ouB(3)10,3;D(1)} ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3} ^M	
	Muito Alta	{{FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial ;B(2)12,3ouB(2)10,3;B(3)12,3ouB(3)10,3;D(1)} ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3} ^M	
Muito Alta	Baixíssima	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a)	
	Muito Baixa	{{FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a);B(2)12,3ouB(2)10,3;B(3)12,3ouB(3)10,3} ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3} ^M	
	Baixa	{{FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a);B(2)12,3ouB(2)10,3;B(3)12,3ouB(3)10,3} ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3} ^M	
	Média	{{FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a);B(2)12,3ouB(2)10,3;B(3)12,3ouB(3)10,3} ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3} ^M	
	Alta	{{FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial ;B(2)12,3ouB(2)10,3;B(3)12,3ouB(3)10,3;D(1)} ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3} ^M	
	Muito Alta	{{FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial ;B(2)12,3ouB(2)10,3;B(3)12,3ouB(3)10,3;D(1)} ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3} ^M	

TABELA 2 - Exemplo de tabela obtida na representação do conhecimento
ESTRUTURA TIPO 3 OU TIPO 4 E CARREGAMENTO MÉDIO
ESTRUTURA TIPO 4 E CARREGAMENTO BAIXO

cam.superf. resistência	cam.subsup. resistência	cam.interm. resistência	PRESEÇA DE ÁGUA INTERMEDIÁRIA
Baixíssima Muito Baixa Baixa Média	Baixíssima	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	{{B(2)12ouB(2)10;B(3)12ouB(3)10;E(5)} ^B ;E(4)} ^M
		Baixa	{{B(2)12ouB(2)10;B(3)12ouB(3)10;E(5)} ^B ;E(2)ouE(3);E(4)} ^M
		Média	{{B(2)12ouB(2)10;B(3)12ouB(3)10;E(5)} ^B ;E(2)ouE(3);E(4)} ^M
		Alta	{{B(2)12ouB(2)10;B(3)12ouB(3)10;D(1);E(5)} ^B ;E(2)ouE(3);E(4)} ^M
		Muito Alta	{{B(2)12ouB(2)10;B(3)12ouB(3)10;D(1)} ^B ;E(2)ouE(3);E(4)} ^M
	Muito Baixa	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	{{A(3)2,6ouA(3)*7ouA(3)*4;B(2)12ouB(2)10;A(4)11,6ouA(5)4ouA(6)7;B(3)12ouB(3)10;E(5)} ^B ;C(1)12ouC(1)10;E(1)11,6ouE(2)4ouE(3)7;E(4)} ^M
		Baixa	{{A(3)2,6ouA(3)*7ouA(3)*4;B(2)12ouB(2)10;A(4)11,6ouA(5)4ouA(6)7;B(3)12ouB(3)10;E(5)} ^B ;C(1)12ouC(1)10;E(1)11,6ouE(2)4ouE(3)7;E(4)} ^M
		Média	{{A(3)2,6ouA(3)*7ouA(3)*4;B(2)12ouB(2)10;A(4)11,6ouA(5)4ouA(6)7;B(3)12ouB(3)10;E(5)} ^B ;C(1)12ouC(1)10;E(1)11,6ouE(2)4ouE(3)7;E(4)} ^M
		Alta	{{A(3)2,6ouA(3)*7ouA(3)*4;B(2)12ouB(2)10;A(4)11,6ouA(5)4ouA(6)7;B(3)12ouB(3)10;D(1);E(5)} ^B ;C(1)12ouC(1)10;E(1)11,6ouE(2)4ouE(3)7;E(4)} ^M
		Muito Alta	{{A(3)2,6ouA(3)*7ouA(3)*4;B(2)12ouB(2)10;A(4)11,6ouA(5)4ouA(6)7;B(3)12ouB(3)10;D(1)} ^B ;C(1)12ouC(1)10;E(1)11,6ouE(2)4ouE(3)7;E(4)} ^M
	Baixa	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	{{A(3d)2,6ouA(3d)*7ouA(3d)*4;B(2d)12ouB(2d)10;A(4)11,6ouA(5)4ouA(6)7;B(3)12ouB(3)10;E(5)} ^B ;C(1d)12ouC(1d)10;E(1)11,6ouE(2)4ouE(3)7;E(4)} ^M
		Baixa	{{A(3)2,6ouA(3)*7ouA(3)*4;B(2)12ouB(2)10;A(4)11,6ouA(5)4ouA(6)7;B(3)12ouB(3)10;E(5)} ^B ;C(1)12ouC(1)10;E(1)11,6ouE(2)4ouE(3)7;E(4)} ^M
		Média	{{A(3)2,6ouA(3)*7ouA(3)*4;B(2)12ouB(2)10;A(4)11,6ouA(5)4ouA(6)7;B(3)12ouB(3)10;E(5)} ^B ;C(1)12ouC(1)10;E(1)11,6ouE(2)4ouE(3)7;E(4)} ^M
		Alta	{{A(3)2,6ouA(3)*7ouA(3)*4;B(2)12ouB(2)10;A(4)11,6ouA(5)4ouA(6)7;B(3)12ouB(3)10;D(1);E(5)} ^B ;C(1)12ouC(1)10;E(1)11,6ouE(2)4ouE(3)7;E(4)} ^M
		Muito Alta	{{A(3)2,6ouA(3)*7ouA(3)*4;B(2)12ouB(2)10;A(4)11,6ouA(5)4ouA(6)7;B(3)12ouB(3)10;D(1)} ^B ;C(1)12ouC(1)10;E(1)11,6ouE(2)4ouE(3)7;E(4)} ^M
	Média	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	{{B(2)12,3ouB(2)10,3;A(4)11,6ouA(5)4ouA(6)7;B(3)12,3ouB(3)10,3;E(5)} ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3;E(1)11,6ouE(2)4ouE(3)7;E(4)} ^M
		Baixa	{{B(2)12,3ouB(2)10,3;A(4)11,6ouA(5)4ouA(6)7;B(3)12,3ouB(3)10,3;E(5)} ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3;E(1)11,6ouE(2)4ouE(3)7;E(4)} ^M
		Média	{{B(2)12,3ouB(2)10,3;A(4)11,6ouA(5)4ouA(6)7;B(3)12,3ouB(3)10,3;E(5)} ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3;E(1)11,6ouE(2)4ouE(3)7;E(4)} ^M
		Alta	{{B(2)12,3ouB(2)10,3;A(4)11,6ouA(5)4ouA(6)7;B(3)12,3ouB(3)10,3;D(1);E(5)} ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3;E(1)11,6ouE(2)4ouE(3)7;E(4)} ^M
		Muito Alta	{{B(2)12,3ouB(2)10,3;A(4)11,6ouA(5)4ouA(6)7;B(3)12,3ouB(3)10,3;D(1)} ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3;E(1)11,6ouE(2)4ouE(3)7;E(4)} ^M
	Alta	Baixíssima	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a)
		Muito Baixa	{{FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a);B(2)12,3ouB(2)10,3;B(3)12,3ouB(3)10,3} ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3} ^M
		Baixa	{{FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a);B(2)12,3ouB(2)10,3;B(3)12,3ouB(3)10,3} ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3} ^M
		Média	{{FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a);B(2)12,3ouB(2)10,3;B(3)12,3ouB(3)10,3} ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3} ^M
		Alta	{{FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial ;B(2)12,3ouB(2)10,3;B(3)12,3ouB(3)10,3;D(1)} ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3} ^M
		Muito Alta	{{FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial ;B(2)12,3ouB(2)10,3;B(3)12,3ouB(3)10,3;D(1)} ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3} ^M
Muito Alta	Baixíssima	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a)	
	Muito Baixa	{{FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a);B(2)12,3ouB(2)10,3;B(3)12,3ouB(3)10,3} ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3} ^M	
	Baixa	{{FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a);B(2)12,3ouB(2)10,3;B(3)12,3ouB(3)10,3} ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3} ^M	
	Média	{{FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a);B(2)12,3ouB(2)10,3;B(3)12,3ouB(3)10,3} ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3} ^M	
	Alta	{{FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial ;B(2)12,3ouB(2)10,3;B(3)12,3ouB(3)10,3;D(1)} ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3} ^M	
	Muito Alta	{{FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial ;B(2)12,3ouB(2)10,3;B(3)12,3ouB(3)10,3;D(1)} ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3} ^M	

Além de facilitar a comunicação com o especialista, a representação intermediária do conhecimento serviu para documentar o conhecimento eliciado e foi extremamente útil na fase de implementação do sistema.

Concluída a fase de eliciação e representação intermediária do conhecimento, foi iniciada a implementação do sistema no ambiente computacional. O item a seguir descreve esta fase.

4.4 A fase de implementação do protótipo no ambiente computacional

A implementação do conhecimento no ambiente computacional foi realizada utilizando a *shell* KAPPA - PC, versão 2.1, por estar disponível no NORIE (Núcleo de Orientação e Inovação das Edificações) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Além disso, este ambiente também foi empregado com sucesso na construção dos sistemas desenvolvidos por Oliveira (1994), Silva (1996) e Boudinova (1997).

A *shell* KAPPA - PC, de acordo com Oliveira (1994), é um ambiente computacional desenvolvido em linguagem "C" e roda em ambiente Windows, podendo ser considerado um sistema orientado a objetos. É comercializada pela empresa norte-americana Intellicorp. Os objetos são representados por *frames* (enquadramentos), que se caracterizam por admitirem a herança de propriedades. Além disso, permitem programação em linguagem própria, inferências baseadas em regras e acesso à biblioteca em "C". Possui todo o potencial de interfaces e multitarefas disponíveis no ambiente Windows. Possui encadeamento para frente (*Backward Chaining*) e encadeamento para trás (*Foward Chaining*). Não trabalha com incertezas, o que se constitui em uma de suas principais limitações.

O sistema desenvolvido pode ser considerado um sistema misto, porque utiliza na representação do conhecimento no ambiente computacional, *frames* (enquadramentos) e regras de produção. O mecanismo de inferência utilizado é o encadeamento para trás (*Backward Chaining*).

A fase de implementação do protótipo consumiu muito tempo, devido ao elevado número de regras implementadas. O especialista, nesta fase, foi consultado em diversas oportunidades, quando eventuais dúvidas surgiam, em relação a algum ponto específico do conhecimento representado no papel (representação intermediária).

Inicialmente, foi desenvolvido um pequeno protótipo com parte do conhecimento eliciado, a fim de demonstrar ao especialista como o sistema final deveria funcionar. Com o sistema funcionando parcialmente, alguns aspectos da interface com o usuário foram estabelecidos.

Por tratar-se de um sistema para ser utilizado na instrução e treinamento de alunos, a interface com usuário deveria ser simples e objetiva. As telas apresentadas aos usuários deveriam ser de fácil compreensão e as explicações necessárias, claras e diretas. As questões relativas aos atributos iniciais do problema a ser resolvido, deveriam ser apresentadas numa seqüência coerente, de forma objetiva e questões desnecessárias não deveriam ser apresentadas (em função das repostas dadas pelo usuário, o sistema segue caminhos diferentes). A linguagem técnica utilizada deveria ser a mais familiar possível ao usuário.

Ao fim da interação homem/máquina, o sistema deveria apresentar os motivos pelos quais uma solução foi obtida, demonstrando ao usuário como o conhecimento do sistema e processo de raciocínio utilizados são apropriados, incentivando o usuário a explorar o conhecimento disponível na aplicação, através de consultas sucessivas.

4.5 A fase de avaliação do protótipo

De acordo com discutido no item 2.10, a fase de avaliação do protótipo engloba a verificação, validação e análise da “usabilidade” do sistema. O Capítulo 7 apresenta o processo de avaliação que foi aplicado ao sistema de que trata este trabalho.

4.6 Resumo e conclusões

Inicialmente, é caracterizada a aplicação desenvolvida nesse trabalho como um Sistema Especialista, por encapsular exclusivamente o conhecimento de um perito, não incluindo na base de conhecimento da aplicação, o conhecimento disponível na literatura técnica existente. São apontadas as razões que nortearam essa decisão.

Nesse capítulo é apresentado o método utilizado para o desenvolvimento do sistema, resumido em quatro fases ou etapas: fase inicial, fase de eliciação do conhecimento e representação intermediária e fase de avaliação do protótipo.

Na fase inicial, foi definido que o sistema deveria escolher os tipos de fundações que satisfizessem as condições do problema impostas pelo usuário ao estabelecer as condições do subsolo, nível de carregamento e tipo de estrutura (análise das soluções viáveis). A partir destas soluções, e considerando as condições de contexto introduzidas pelo usuário como redutor de possibilidades, o sistema estabeleceria a solução final (ver figura 5.3, Capítulo 5).

Em função do tempo disponível para a realização da presente tese, algumas limitações foram impostas a tarefa da aplicação. Foi decidido, que o sistema deveria escolher os tipos de fundações adequados às condições impostas pelo usuário (análise das soluções viáveis), deixando de considerar o contexto como redutor de possibilidades e, portanto, de estabelecer a solução final.

Considerando a natureza heurística do problema da escolha do tipo de fundação, acrescida da limitação do tempo disponível de uma disciplina, é complexo o processo de ensino-aprendizagem desse conhecimento.

O ensino tradicional coloca o problema diretamente: projetar uma determinada solução, omitindo o problema de escolher a melhor solução entre as soluções possíveis. No ensino tradicional a solução já é dada, basta projetá-la. Os problemas reais não são resolvidos sem antes passar por um processo de seleção entre a grande variedade de tipos de fundações disponíveis, escolhendo aquelas mais adequadas. É este o ponto crítico na solução de um problema de fundações: escolher as soluções, entre muitas, aquelas mais indicadas ao caso.

O Sistema Especialista desenvolvido nessa tese auxilia o usuário na escolha do tipo de fundação, armazenando a perícia de um especialista nessa tarefa. Esse conhecimento, geralmente não disponível na literatura técnica, será utilizado na instrução e treinamento de alunos contribuindo, de modo significativo, para a formação profissional dos mesmos e, de modo mais amplo, para melhoria da qualidade do ensino.

A aplicação terá função instrutiva, como elemento complementar à formação teórica transmitida pelo professor aos alunos na sala de aula , ou em curso de treinamento. Portanto, os usuários do sistema serão alunos da disciplina de Fundações e de cursos de aperfeiçoamento profissional promovidos nessa área de conhecimento. O sistema pressupõe que o usuário, ao efetuar uma consulta, conheça os fundamentos básicos teóricos de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações.

Devido ao número reduzido de peritos no domínio da aplicação, sua pouca disponibilidade de tempo, e o prazo de realização do presente trabalho, optou-se por eliciar o conhecimento de apenas um especialista. O processo de eliciação do conhecimento foi realizado exclusivamente através de entrevistas com o especialista. Foram realizadas 42 entrevistas, com duração média de duas a três horas cada uma.

É justificado a adoção do enfoque humanístico centrado no especialista para o desenvolvimento da aplicação apresentada nessa tese.

A representação intermediária do conhecimento eliciado foi feita através de tabelas, a partir das quais foram escritas as regras em linguagem natural, totalizando em, aproximadamente, 1500 regras. A implementação do conhecimento no ambiente computacional foi realizada utilizando a *shell* KAPPA - PC, versão 2.1.

No próximo capítulo, é feita uma descrição do problema da escolha do tipo de fundação, baseada nas transcrições de entrevistas realizadas com um especialista em engenharia de fundações. Além disso, são apresentadas algumas limitações da aplicação desenvolvida nesta tese.

5. O PROBLEMA DA ESCOLHA DO TIPO DE FUNDAÇÃO

5.1 Introdução

Neste capítulo é feita uma descrição de como o especialista aborda o problema da escolha do tipo de fundação. Os principais aspectos do problema, as informações necessárias, a tarefa da aplicação e as estratégias empregadas pelo especialista no projeto de fundações são apresentados.

A abordagem da elaboração do Sistema Especialista para a solução do problema da escolha do tipo de fundação, que a seguir é apresentada, é o resultado de uma série de entrevistas e discussões realizadas pelo autor desta tese com o especialista em engenharia de fundações, do qual o conhecimento foi eliciado (item 4.3.1).

5.2 A solução de um problema de fundações

A solução de um problema de fundações envolve várias fases, nas quais a escolha do tipo de fundação é a mais crítica, por envolver além de conhecimento de mecânica dos solos, avaliação e julgamento do profissional, fundamentado na experiência em casos anteriores. Esta fase envolve, portanto, conhecimento heurístico, regras práticas, atalhos e estratégias de raciocínio obtidos na observação e análise de situações semelhantes ocorridas no passado com o projetista ou de seu conhecimento, de casos de problemas e dificuldades construtivas.

A escolha do tipo de fundação pode ser considerada um subproblema central, na solução do projeto de fundações por centrar-se na experiência anterior, onde o acúmulo de conhecimento: características e condições construtivas, bom ou mau comportamento de certo tipo de solução adotada para a condição específica, problemas executivos enfrentados com o solo ou perfil em questão, comprovação de sucesso ou insucesso de determinados procedimentos, etc. constitui-se em elemento valioso na solução do problema.

De um modo geral, a solução de um problema de fundações a partir do projeto pode ser considerado como constituído das seguintes fases:

- caracterização da estrutura que será suportada pelas fundações;
- determinação do carregamento (solicitações);
- determinação da ocorrência e do comportamento do solo (investigação do subsolo);
- escolha do tipo de fundação;
- projeto propriamente dito, ou dimensionamento.

5.3 Definição de fundações

As fundações podem ser definidas como elementos estruturais de transição entre a estrutura de uma construção e o solo sobre o qual ela se apoia, a fim de transmitir com segurança, as solicitações oriundas da construção. São incluídas nas solicitações que atuam numa fundação, além de seu peso próprio, o peso próprio da construção e todas aquelas que podem atuar ao longo de sua vida útil.

O mecanismo de interação que ocorre entre o solo e a estrutura de fundações para transmitir as solicitações, é considerado seguro, quando:

- é garantido que o solo não sofrerá ruptura;
- é garantido que as deformações no solo serão compatíveis com as deformações que a construção admite;
- é garantido que os elementos estruturais das fundações não sofrerão colapso.

5.4 Tipos de fundações existentes

De um modo geral, os diferentes tipos de fundações são classificados em dois grandes grupos, de acordo com a forma de transferência da carga ao solo:

- Fundações superficiais ou diretas são elementos de fundação que transmitem a carga ao terreno, predominantemente através de sua base. As fundações superficiais incluem os seguintes tipos de fundação: sapatas (isoladas, associadas e corridas), blocos, radier e vigas de fundação.

- Fundações profundas ou indiretas são elementos de fundação que transferem a carga ao terreno ao longo de sua superfície lateral (resistência de fuste) e/ou pela base (resistência de ponta). As fundações profundas incluem as estacas e os tubulões.

A seguir são definidos os diferentes elementos de fundações superficiais e profundas, que se constituem nas opções de que um especialista dispõe para utilizar como solução num projeto de fundações.

5.4.1 Tipos de fundação superficial

Os elementos ou tipos de fundação superficial são assentados numa profundidade inferior a duas vezes a menor dimensão da fundação, medida em relação à superfície do terreno adjacente, denominada cota de assentamento da fundação.

A profundidade da cota de assentamento de uma fundação direta, deve ser tal que garanta que o solo de apoio, onde a base da fundação é assentada, não sofra a ação de fluxo d'água e de agentes atmosféricos (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1996). Entretanto, nas divisas com terrenos vizinhos, tal profundidade não deve ser inferior a 1,5 metros. Somente quando a fundação é assente em rocha, admite-se profundidade menor.

Os tipos correntes de fundação superficial são:

- A sapata é um elemento de fundação direta constituído de concreto armado. Tensões de tração no elemento, se ocorrerem, devem ser totalmente absorvidas pela armadura. A forma da base em planta normalmente é quadrada, retangular ou trapezoidal. Sua espessura pode ser constante ou variável. A sapata associada é uma sapata comum a vários pilares com centros não alinhados em planta; por outro lado, a sapata corrida é uma sapata sujeita a um carregamento distribuído linearmente.

- O bloco, diferentemente das sapatas, é um elemento de fundação superficial constituído somente de concreto; as tensões de tração, se ocorrerem, devem ser absorvidas pelo concreto. A forma de sua seção em planta é, normalmente, quadrada ou retangular, e suas faces laterais podem ser verticais, inclinadas ou escalonadas.

- O radier é um elemento de fundação direta, constituído de concreto simples ou armado, que abrange todo o carregamento da obra, sejam pilares ou carregamentos distribuídos.

5.4.2 Tipos de fundação profunda

Os elementos que constituem as fundações profundas são as estacas e os tubulões. Tanto as estacas como os tubulões podem ser utilizados individualmente ou em grupo.

O tubulão é um elemento de fundação profunda, cilíndrico, que exige a descida de operário na sua execução, pelo menos na sua etapa final. Pode ter ou não base alargada, e ser executado a céu aberto ou sob ar comprimido (pneumático). É executado com ou sem revestimento (aço ou concreto). No caso do emprego de revestimento de aço (denominado camisa metálica), o mesmo poderá ser perdido ou recuperado.

As estacas são elementos de fundação profunda executados completamente por equipamentos ou ferramentas, sem que haja descida de operário em qualquer fase de sua execução. Existe grande variedade de tipos de estaca. Elas podem ser colocadas ou moldadas no solo por cravação ou perfuração. Os materiais empregados podem ser: madeira, aço, concreto pré-moldado, concreto moldado no local, ou mistos.

Os tipos de estacas disponíveis, podem ser classificados segundo diversos critérios, tais como: material, função, processo construtivo, entre outros. Uma das possíveis formas de classificação (Figura 5.1) é definida pelo efeito de execução nas condições do solo: com deslocamento lateral e sem deslocamento lateral, e os vários processos construtivos ou materiais como subdivisões.

Tomando como referência a classificação apresentada na Figura 5.1, abaixo são caracterizados, resumidamente, cada tipo de estaca (com exceção da estaca metálica tubular, ponta aberta ou fechada, por ser raramente considerada como solução na prática brasileira):

A - ESTACAS COM DESLOCAMENTO

A-1: ESTACAS PRÉ-MOLDADAS

- Estaca de madeira
- Estaca pré-moldada de concreto armado
- Estaca pré-moldada de concreto protendido
- Estaca metálica tubular de ponta fechada

A-2: ESTACAS TUBADAS

A-2.1 COM REVESTIMENTO RECUPERADO

- Estaca tipo Franki standard

A-2.2 COM REVESTIMENTO PERDIDO

- Estaca tipo Franki especial

B - ESTACAS SEM DESLOCAMENTO

B-1 ESTACAS METÁLICAS

- Estaca trilho ou perfil
- Estaca tubular de ponta aberta

B-2 ESTACAS MOLDADAS NO LOCAL

B-2.1 ESTACAS ESCAVADAS COM PEQUENO DIÂMETRO

- Estaca broca
- Estaca apiloada
- Estaca tipo Strauss
- Estaca escavada com trado mecânico ($\phi \leq 50$ cm)

B-2.2 ESTACAS ESCAVADAS COM GRANDE DIÂMETRO

- Estaca escavada sem revestimento
- Estaca escavada com revestimento
- Estaca (ou barrete) escavada com uso de lama bentonítica

B-2.3 ESTACAS ESCAVADAS ESPECIAIS

- Estaca hélice contínua
- Estaca escavada com injeção (raiz ou presso-ancoragem)

Figura 5.1 - Classificação das estacas incluindo todas as referidas na NBR 6122 e prática regional

- **Estacas de madeira**, como o nome indica, são estacas constituídas de madeira natural ou tratadas com proteção química para aumentar sua durabilidade. As estacas que não sofrem tratamento (naturais), são indicadas somente para estaqueamento temporário. As estacas tratadas podem ser utilizadas para estaqueamento semitemporário.

O emprego de estaca de madeira em estaqueamentos permanentes somente é admissível, se todo o comprimento da estaca ficar localizado abaixo do nível d'água do solo. Durante a sua cravação, danos podem ocorrer na ponta ou no topo da estaca. Para evitá-los, proteções metálicas devem ser usadas. Este risco pode ser reduzido pelo aumento do peso do martelo e pela redução da altura de queda e número de golpes. Devido à possibilidade desses danos, raramente as estacas de madeira são usadas em areias densas, pedregulhos ou solo com a presença de matacões.

As vantagens que as estacas de madeira oferecem, são: preço relativamente baixo, facilidade de emenda e corte, leves (peso) se comparadas a outros materiais e duráveis, quando permanentemente submersas.

Por outro lado, as estacas de madeira apresentam as seguintes desvantagens: dificuldade de obtenção em certas regiões, suscetibilidade a ataques de microrganismos, aplicabilidade somente em solos nos quais o nível do lençol freático é próximo à superfície, vulnerabilidade à deterioração quando não tratadas e, em situação de submersão intermitente, não admitem cargas elevadas e sujeitas a danos em cravação difícil

- **Estacas pré-moldadas de concreto armado**, como o nome indica, são estacas moldadas externamente ao solo e constituídas de concreto armado. São cravadas no solo por percussão, prensagem e/ou vibração.

As estacas pré-moldadas de concreto armado oferecem as seguintes vantagens: garantia de qualidade do material da estaca, admitem cargas elevadas, oferecem possibilidade de emenda, nos solos não coesivos, aumentam sua densidade durante a cravação, elevando sua capacidade de carga e reduzindo os possíveis recalques.

As desvantagens que as estacas pré-moldadas de concreto armado apresentam são: têm custo elevado, necessitam de armadura adicional para transporte e suspensão, seu transporte apresenta custos elevados, a seção transversal e o comprimento devem ser limitados

devido ao peso próprio, oferecem dificuldade de cravação, geram vibração quando cravadas, apresentam dificuldade de cortes e emendas, podem sofrer deterioração se a água do lençol freático estiver contaminada (contém sulfatos ou valor do pH é baixo) e apresentam dificuldade de cravação em grupo nos solos não coesivos (por aumentar a compacidade dos mesmos durante a cravação).

- **Estacas pré-moldadas de concreto protendido** são estacas moldadas externamente ao solo, constituídas de concreto protendido e cravadas por percussão, prensagem e/ou vibração. Assim como as estacas pré-moldadas de concreto armado, devem ser curadas adequadamente, para que obtenham resistência compatível com os esforços decorrentes do transporte, manuseio, instalação e de possível agressividade de solos contaminados.

As vantagens que as estacas pré-moldadas de concreto protendido oferecem, são: admitem cargas elevadas, permitem cravação enérgica e resistem bem à corrosão.

Como desvantagens, este tipo de estaca apresenta dificuldade de corte, sofre danos quando encontra obstruções no solo e seu custo é elevado.

- **Estacas tipo Franki** são caracterizadas por terem uma base alargada, obtida por introdução no terreno de uma certa quantidade de material granular, concreto ou peça pré-fabricada (aço ou concreto) por meio de golpes de um pilão. O fuste pode ser moldado no terreno com revestimento perdido (estaca tipo Franki especial) ou não (estaca tipo Franki standard), ou alternativamente, o fuste pode ser constituído por um elemento pré-moldado.

As estacas tipo Franki oferecem as seguintes vantagens: admitem carregamento elevado, permitem controle na execução, o dimensionamento não é governado pelo transporte, manuseio e instalação, aumentam a capacidade de carga dos solos não coesivos por compactação durante a cravação do revestimento com a ponta fechada, o comprimento pode ser facilmente ajustado de acordo com a variação do nível da camada resistente, a cravação do tubo com extremidade fechada exclui a influência do nível d'água do subsolo, permitem o alargamento da base sem reduzir o atrito lateral ao longo do fuste, apresentam energia elevada para vencer obstruções e resistem ao arrancamento se devidamente armadas.

As desvantagens deste tipo de estaca são: têm comprimento limitado (comprimento máximo usual de 16 metros), não admitem grande diâmetro (máximo 60 cm), o

equipamento apresenta pouca eficiência, causam vibração durante a cravação, exigem cuidados durante a cravação do revestimento para que as estacas adjacentes não sejam danificadas, em certas condições a execução de uma estaca provoca o levantamento das adjacentes, exigem atenção no processo construtivo para evitar o estrangulamento da estaca, o concreto não pode ser inspecionado após a instalação e o alargamento da base é de limitada dimensão em solos densos e duros.

- **Estacas metálicas (perfil ou trilho)** são estacas pré-moldadas constituídas de aço, indicadas para transmitir cargas a horizontes muito resistentes, cujas principais vantagens são: apresentam facilidade de emenda e corte, absorvem cargas de compressão, tração e esforços horizontais, resistem à cravação enérgica, causam pouca vibração (penetração fácil), possuem eficiência para vencer obstruções, são adequadas para penetrar em rochas brandas ou através de materiais duros com esforço e tempo mínimo, não necessitam de procedimentos auxiliares de cravação, podem ser cravadas em locais que oferecem restrição de altura, podem ser cravadas próximas a estruturas existentes, transmitem cargas elevadas, requerem menor espaço de armazenamento, apresentam facilidade de transporte e manuseio e provocam pequeno deslocamento de solo.

As desvantagens das estacas metálicas são: têm alto custo, são atacáveis por águas agressivas, solos corrosivos (pântanos e solos contaminados) e podem sofrer corrosão por bactérias e, por serem muito esbeltas, durante a cravação são difíceis de conservar a verticalidade ou não sofrerem flambagem (em argilas moles com pedregulho ou seixo graúdo).

- **Estacas brocas** são estacas moldadas no local (solo), executadas com perfuração a trado manual ou mecânico, sem utilização de revestimento e posterior concretagem. Estas estacas oferecem as seguintes vantagens: eliminam a necessidade de transporte, o comprimento pode ser ajustado sem corte ou emenda, têm baixo custo e possibilitam a verificação dos dados de sondagem.

A estaca broca apresenta as seguintes desvantagens: há dificuldade de controle na execução, não é adequada quando atinge camada de solo de baixíssima resistência (argila mole, por exemplo) devido à possibilidade de desalinhar o fuste, não é resistente a substâncias

agressivas, transmite somente carga de baixa intensidade e não é adequada quando executada abaixo do nível do lençol freático.

- **Estacas apiloadas** são estacas moldadas no local, executadas por conformação do solo, por apiloamento do mesmo com um soquete e posterior concretagem. As vantagens que este tipo de estaca oferecem são: têm baixo custo, eliminam a necessidade de transporte e o comprimento pode ser ajustado sem corte ou emenda.

As desvantagens que as estacas apiloadas apresentam são: transmitem somente carga de baixa intensidade, dificultam o controle de execução, não são adequadas quando atingem camada de solo de baixíssima resistência (argila mole, por exemplo) devido à possibilidade de desalinhar o fuste e a instabilidade, não são resistentes a substâncias agressivas, não são adequadas quando executadas abaixo do nível do lençol freático e não possibilitam a verificação dos dados de sondagem.

- **Estacas tipo Strauss** são estacas moldadas no local, executadas por perfuração do solo através de balde sonda (piteira), revestidas parcial ou totalmente por camisa metálica recuperável e posterior concretagem. Imediatamente antes da concretagem, o fundo da perfuração deve ser limpo, com total remoção da lama e da água, eventualmente acumulada durante a perfuração.

As vantagens que as estacas tipo Strauss oferecem são: têm baixo custo, admitem cargas de média intensidade, eliminam o transporte, o comprimento pode ser ajustado sem corte ou emenda, provocam baixa ou nenhuma vibração, não causam danos às construções vizinhas quando bem executadas e possibilitam verificação dos dados de sondagem.

Por outro lado, este tipo de estaca apresenta as seguintes desvantagens: o controle de execução é inadequado, a recuperação do revestimento pode provocar descontinuidade do fuste, não é resistente a substâncias agressivas e pode apresentar problemas na concretagem submersa, especialmente em solos arenosos de reduzida resistência e argilas moles.

- **Estacas escavadas com trado mecânico de pequeno diâmetro ($\phi \leq 50$ cm)** são estacas moldadas no local, executadas por escavação mecânica, com uso ou não de lama bentonítica, revestidas total ou parcialmente, e posterior concretagem.

As estacas escavadas com trado mecânico de pequeno diâmetro oferecem as seguintes vantagens: apresentam alta eficiência, são executadas rapidamente, transmitem carga de intensidade baixa, média e alta, não apresentam problema de levantamento da estaca, não produzem deslocamento de solo, não provocam ruído e vibração, permitem que o solo seja inspecionado visualmente, o comprimento pode variar de acordo com o nível da camada resistente, podem vencer obstruções, o material que constitui a estaca não é governado por tensões de manuseio, transporte ou instalação e admitem grande comprimento.

As desvantagens deste tipo de estaca são: necessita de bom controle, em especial quando lama bentonítica é utilizada, necessita de central de concreto para elementos de grande comprimento, apresenta problemas quando da presença de água do solo (fluxo de água no interior do furo durante e após a perfuração e durante a concretagem), pode apresentar problema de alinhamento quando o solo oferecer obstáculos e pode ocorrer problema com a remoção do revestimento quando presente.

- **Estacas escavadas de grande diâmetro** são estacas moldadas no local após a escavação do solo, através de perfuratrizes rotativas. O diâmetro desses tipos de estacas pode atingir até 200 cm. Podem ser executadas sem revestimento, com revestimento e/ou com lama bentonítica.

As estacas escavadas de grande diâmetro oferecem as seguintes vantagens: apresentam grande variedade de diâmetros, apresentam boa mobilidade do equipamento, apresentam boa eficiência, transmitem cargas elevadas, eliminam a necessidade de bloco de coroamento, atingem grandes profundidades (profundidade máxima usual: 30 metros), o comprimento pode variar de acordo com a profundidade da camada resistente, não provocam levantamento de estacas próximas, não produzem ruído e vibração, permitem a inspeção do solo visualmente, podem vencer obstruções, o material que constitui a estaca não é governado por tensões de manuseio, transporte ou execução, não provocam deslocamento de solo e em argilas sobreadensadas e solos estáveis, podem ter a base alargada a fim de aumentar a capacidade da carga de ponta.

As desvantagens que as estacas escavadas de grande diâmetro apresentam são: consomem grande quantidade de concreto, exigindo central de concreto (grande volume de concreto em curto prazo), exigem cuidados e controle apurado de execução, especialmente

quando é utilizada lama bentonítica, problemas de execução são de correção difícil, têm custo de transporte e instalação do equipamento elevados, emprego limitado próximo a estruturas existentes, podem apresentar problema de alinhamento, quando o solo oferecer obstáculos, podem ocorrer problemas na remoção do eventual revestimento e apresentam problemas quando da presença de água do solo (fluxo de água no interior do furo durante e após a perfuração e durante a concretagem).

- **Estaca hélice contínua** é uma estaca escavada especial, moldada no local, executada por meio de trado contínuo e injeção de concreto com traço especial através da haste central do trado, ao mesmo tempo que a sua retirada do terreno é processada.

A estaca hélice contínua oferece as seguintes vantagens: evita a necessidade de revestimento e problemas associados, não provoca ruído nem vibração, é executada com rapidez (elevada produtividade), transmite cargas elevadas, é adaptável à maioria dos tipos de terreno, pode ser executada em centros urbanos, próxima a estruturas existentes, inibe a relaxação da parede do furo e desenvolve elevado atrito lateral.

As desvantagens que este tipo de estaca apresenta são: exigem, para sua execução, mão-de-obra especializada, devido à grande produtividade exigem central de concreto nas proximidades do local de trabalho, as áreas de trabalho devem ser planas e de fácil movimentação (necessária ao porte do equipamento), têm equipamento com custo elevado, não são indicadas para solos compressíveis (pequeno diâmetro) ou na presença de matacões, dificuldade de colocação da armadura (pós concretagem) e têm comprimento limitado.

- **Estaca injetada (raiz)** é uma estaca escavada especial, moldada no local, através de injeção de produto aglutinante (geralmente calda de cimento ou argamassa de cimento e areia) sobre pressão (ar comprimido), para garantir a integridade do fuste ou aumentar a resistência de atrito lateral, de ponta ou ambas.

As estacas injetadas (raiz) oferecem as seguintes vantagens: transmitem cargas elevadas, são de fácil acesso devido ao equipamento pouco volumoso, os diâmetros das perfurações são pequenos, vencem eventuais obstruções existentes no subsolo, podem ser utilizadas em reforço de fundações, utilizam volumes relativamente pequenos de materiais e não produzem vibração ou choque na execução.

As desvantagens que este tipo de estaca apresenta são: exigem equipamento especial, pessoal especializado e necessitam de controle executivo apurado.

5.5 Caracterização da estrutura que será suportada pela fundação

As estruturas apresentam uma grande variedade de tipos: residências unifamiliares (térreas ou assobradadas), edifícios residenciais, comerciais, prédios industriais, depósitos, armazéns, pavilhões, coberturas, viadutos, pontes, silos, bases de obras provisórias, bases para radar, equipamentos de precisão, estações elevatórias de água ou esgoto, linhas de transmissão de energia elétrica, e outras.

Nesta tese as estruturas foram classificadas, para fins de projeto de fundações, em 4 grupos, por necessidade de desenvolvimento do sistema:

- TIPO 1: são aquelas estruturas cuja segurança e função para a qual se destinam não é afetada pela ocorrência de eventuais recalques, como por exemplo: armazéns, depósitos, pavilhões e coberturas em geral.

- TIPO 2: são estruturas de obras correntes residenciais ou comerciais, tais como: prédios de apartamentos, prédios de escritório ou mistos.

- TIPO 3: são aquelas estruturas cuja segurança ou função para a qual se destinam é afetada pela ocorrência de eventuais recalques; são também chamadas de estruturas sensíveis a recalques. São exemplos deste tipo de estrutura: equipamentos e instalações industriais, tais como impressoras modernas, equipamentos com necessidade de manutenção de horizontalidade e/ou verticalidade rigorosa (balanças de precisão e base de radar), pontes rolantes.

- TIPO 4: são estruturas únicas e especiais, com características de solicitações e desempenho que não se enquadram nos tipos anteriores e que podem ser submetidas a situações de carga muito elevadas.

5.6 Determinação do carregamento:

A solução de qualquer projeto de fundação requer, inicialmente, a caracterização do nível de carregamento (grandeza), tipo (compressão, tração, horizontal, vertical, inclinada) e atuação das cargas (permanente, acidental) que devem ser transmitidas ao solo através das fundações.

As informações necessárias sobre o carregamento são, geralmente, oriundas do projeto estrutural da construção. As solicitações sobre as fundações devem considerar todas as características específicas do problema, tais como: cargas permanentes, acidentais, peso próprio, ação de água (subpressão e empuxo), vento e outras solicitações geradas nas etapas construtivas e vida útil da obra.

Na tese, entretanto, o tipo de carregamento que o sistema trabalha foi limitado à carga vertical, axial, e centrada de compressão. O sistema utiliza para a escolha dos tipos de fundações a carga média aplicadas nos pilares.

Conhecido o valor médio da carga de compressão nos pilares, o mesmo pode ser classificado em cinco níveis, de acordo com a Tabela 3:

TABELA 3 - Classificação do nível de carregamento no sistema

VALOR MÉDIO DA CARGA (P) (em toneladas)	CLASSIFICAÇÃO DO CARREGAMENTO
$P \leq 10$	MUITO BAIXO
$10 < P \leq 50$	BAIXO
$50 < P \leq 100$	MÉDIO
$100 < P \leq 300$	ALTO
$P > 300$	EXCEPCIONAL

5.7 Determinação da ocorrência e do comportamento do solo (Investigação do subsolo)

As cargas oriundas da estrutura são transmitidas ao solo através das fundações, portanto, conhecer o subsolo em termos de suas características de resistência e

compressibilidade é fundamental para escolher o tipo de fundação e projetá-lo adequadamente. É a partir dessas informações que o engenheiro de fundações avalia as condições de comportamento do solo, sob carga.

As informações sobre o subsolo são obtidas através de investigação do mesmo. O nível da investigação é função da complexidade do problema, tipo da obra e avaliação do risco que uma investigação deficiente das condições do subsolo terá sobre o custo da solução.

Nesta tese, com o objetivo de facilitar a análise das condições do subsolo, considera-se o mesmo como constituído de cinco camadas de referência (superficial, subsuperficial, intermediária, profunda e muito profunda) nas quais as informações disponíveis do subsolo são resumidas.

A Figura 5.2 apresenta o modelo do subsolo adotado pelo especialista. Este modelo é adotado como referência nesta tese, a fim de facilitar e simplificar as futuras considerações que serão feitas sobre o subsolo.

Às vezes, na prática da engenharia, são disponíveis somente informações genéricas sobre o terreno. Estas informações, quando existem, geralmente referem-se à camada superficial (0 a 2 metros) ou também incluem a camada subsuperficial (2 a 6 metros).

As informações genéricas são aquelas observações visuais (qualitativas) que se referem à presença de água do solo, e à resistência da camada, geralmente definidas em relação à ferramenta necessária para a escavação da camada. Em termos gerais, a resistência da camada em função da ferramenta capaz de escavá-la, é definida a seguir:

- Pá comum instável: caracteriza a resistência daquele solo que pode ser escavado com pá comum e as paredes da escavação são instáveis (rompem);

- Pá comum estável: caracteriza a resistência daquele solo que pode ser escavado com pá comum e as paredes da escavação permanecem estáveis;

- Pá de corte: caracteriza a resistência daquele solo que não pode ser escavado com pá comum, necessitando para sua escavação, de pá de corte;

- Picareta: caracteriza a resistência daquele solo que não pode ser escavado com pá de corte, necessitando para sua escavação, de picareta;

- Martelete: caracteriza a resistência daquele solo que não pode ser escavado com picareta, necessitando para sua escavação, de martelete pneumático;

- Rocha aflorando: caracteriza a presença de rocha na camada superficial;

- Rocha confirmada: caracteriza a presença de rocha na camada subsuperficial.

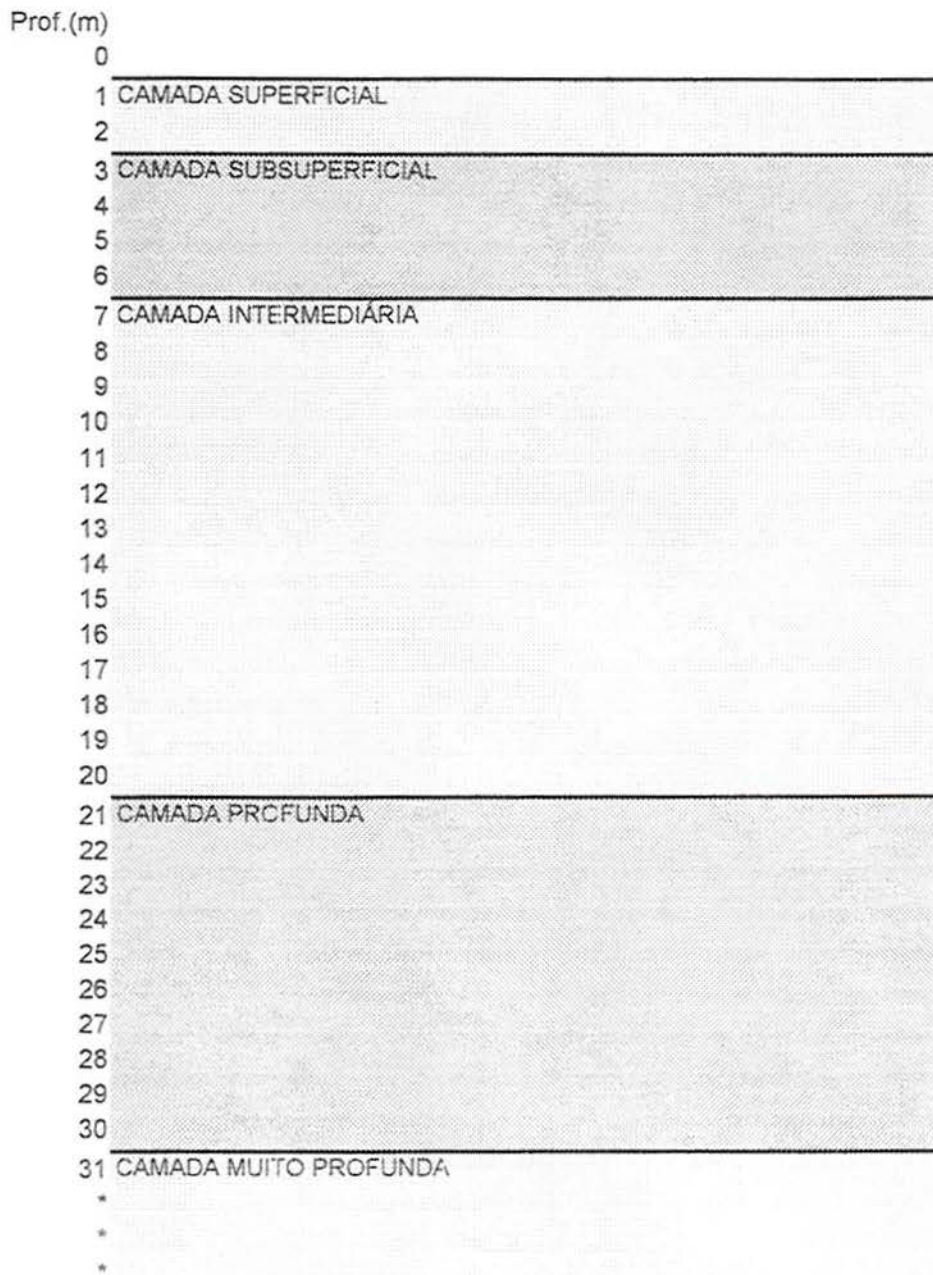


FIGURA 5.2 - Modelo do subsolo (definição de camadas) adotado no sistema.

As informações genéricas não são recomendáveis, mas em certos casos, constituem-se nas únicas informações disponíveis sobre o subsolo. Nestes casos, dependendo do nível de carregamento e do tipo de estrutura, algumas orientações gerais para a solução do projeto de fundações podem ser obtidas.

Em relação as informações genéricas do subsolo, o especialista adota algumas estratégias, baseadas em sua experiência, que são reproduzidas pela aplicação desenvolvida nessa tese, quando a mesma solicita ao usuário, durante uma consulta, dados referentes a esta modalidade de informação (ver item 6.3).

A ferramenta necessária para escavação de um solo, é indicadora, para o especialista, de outras informações implícitas nesta caracterização da resistência do mesmo. A partir, por exemplo, da informação fornecida por um cliente que só é possível escavar uma camada de solo através de picareta, marteleto ou se no local a rocha aflora na superfície, o especialista conclui que não existe água livre nos vazios do solo. Somente em solos escaváveis com pá comum e pá de corte, admitem água nos seus vazios.

Inversamente, baseado nesse raciocínio, se o cliente informa que o nível do lençol freático é subsuperficial, o especialista deduz que a camada subsuperficial do subsolo é constituída de solo cuja ferramenta necessária para sua escavação é pá comum ou pá de corte.

A sondagem de simples reconhecimento do subsolo é o tipo de investigação mais empregada no Brasil (Milititsky & Consoli, 1989). As informações obtidas na sondagem referem-se à identificação das camadas do subsolo, profundidade do lençol freático e ao índice de resistência à penetração (N_{spt}) para a determinação qualitativa das condições de compacidade e consistência dos solos.

A partir dos valores do índice de resistência à penetração (N_{spt}), geralmente medidos a cada metro de avanço da sondagem, pode ser inferida, empiricamente, a resistência de cada camada de solo.

Para definir a resistência de cada camada do subsolo (ver modelo, Figura 5.2), são considerados os valores do índice de resistência à penetração pertencentes à camada e, a partir deles, é definido um valor do índice (N_{spt}) representativo da camada.

Em relação ao índice de resistência à penetração representativo da camada são indicadas as seguintes considerações:

- a princípio o usuário pode adotar critério próprio para definir o índice de resistência à penetração representativo de cada camada (valor mínimo observado, valor médio no intervalo ou outro), entretanto, deve considerar que o sistema trabalha com um modelo definido de camadas do subsolo (Figura 5.2), e os valores de N_{spt} podem apresentar uma variabilidade interseqüencial elevada, portanto a solução apresentada deve ser analisada criticamente com os dados reais contidos no relatório de sondagem;

- como recomendação para a definição do índice de resistência à penetração representativo de uma camada, o usuário deve transformar cada valor do N_{spt} da camada em valores de resistência qualitativos, de acordo com a classificação apresentada abaixo e adotar para toda a camada a resistência que apresentar maior frequência;

- em caso de dúvida (por exemplo, duas resistências apresentarem a mesma frequência), consultar o sistema usando separadamente cada um dos valores, e analisar criticamente as soluções apresentadas, confrontando-as com as informações contidas no relatório de sondagem;

- cuidado especial deve ser adotado no caso de valores baixos de N_{spt} nas camadas superficial e subsuperficial, quando devem ser verificados os valores mínimos para comparação.

Os valores individuais do índice de resistência à penetração devem ser transformados em valores de resistência qualitativos de acordo com a seguinte classificação:

- A resistência é considerada BAIXÍSSIMA, se o valor do índice de resistência à penetração for inferior a 3 (três);

- A resistência é considerada MUITO BAIXA, se o valor do índice de resistência à penetração for igual ou superior a 3 (três) e inferior a 6 (seis);

- A resistência é considerada BAIXA, se o valor do índice de resistência à penetração for igual ou superior a 6 (seis) e inferior a 19 (dezenove);

- A resistência é considerada MÉDIA, se o valor do índice de resistência à penetração for igual ou superior a 19 (dezenove) e inferior a 37 (trinta e sete);

- A resistência é considerada ALTA, se o valor do índice de resistência à penetração for igual ou superior a 37 (trinta e sete) e inferior a 58 (cinquenta e oito);

- A resistência é considerada MUITO ALTA, se o valor do índice de resistência à penetração for igual ou superior a 58 (cinquenta e oito).

Eventualmente, com base nas informações da sondagem de simples reconhecimento do subsolo, o engenheiro de fundações pode julgar necessárias investigações complementares, a fim de conhecer melhor o comportamento do solo. As investigações complementares podem ser feitas através de amostras indeformadas ou parcialmente deformadas para ensaios de laboratório, ou através de ensaios de campo, tais como: prova de carga direta no terreno, ensaio de palheta (*Vane Test*), penetração estática (Cone) ou ensaios pressiométricos.

Em relação à sondagem de simples reconhecimento, optou-se por limitar o sistema a trabalhar com informações até 20 metros de profundidade (camadas superficial, subsuperficial e intermediária). Dois motivos levaram a esta decisão:

- usualmente, a profundidade das sondagens realizadas na prática não ultrapassa 20 metros;

- a quantidade de regras necessárias para representar o conhecimento que incluisse informações sobre as camadas profunda e muito profunda (Figura 5.2) era muito grande.

Além dessas considerações, o sistema trabalha com três possibilidades de informações sobre o subsolo: nenhuma, genéricas e sondagem de simples reconhecimento.

A inclusão da possibilidade do usuário não possuir informações sobre o subsolo, só foi considerada por razões didáticas, já que o sistema tem como função a instrução e o treinamento de alunos.

5.8 A tarefa de escolha do tipo de fundação

Conhecidos o nível de carregamento, o tipo de estrutura e as condições do subsolo, o engenheiro de fundações faz uma análise crítica do caso, buscando encontrar uma solução que contemple os critérios de comportamento adequados, custos mínimos e viabilidade de execução.

Nesta análise são utilizados pelo engenheiro de fundações seus conhecimentos teóricos da Mecânica dos Solos (segurança à ruptura e recalques), conhecimento sobre execução e comportamento dos diferentes tipos de fundações, normas e códigos específicos referentes às fundações, sua experiência de casos anteriores semelhantes, regras empíricas, práticas (conhecimento heurístico), casos de obras com problemas, fatores econômicos e condições de contexto, tais como:

- condições da vizinhança: se existem ou não edificações; caso existam edificações, é necessário considerar: se apresentam trincas, sensibilidade a vibrações, qual o nível de carregamento, tipo e geometria de fundação, afastamento da divisa, presença de equipamentos sensíveis, etc.;

- disponibilidade de equipamentos e pessoal experiente na região ou proximidades para execução da fundação, bem como condições de acesso, espaço disponível para a utilização do equipamento, disponibilidade de energia elétrica, presença de fios de alta tensão que possam afetar o equipamento, etc.;

- disponibilidade de materiais na região para executar as fundações, como água, materiais para concreto moldado no local, pedras de alicerce, presença de usina de concreto, fornecedores de pré-moldados protendidos, elementos metálicos, etc.;

- prática regional: avaliar qual a solução consagrada na região e considerá-la, criticamente, como primeira opção de solução;

- prazo necessário de execução;

- volume de serviços, com implicações da instalação de equipamentos especiais no canteiro.

A escolha do tipo de fundação pode ser considerada em duas etapas denominadas:

- a) análise das soluções tecnicamente viáveis;
- b) solução final.

Na análise das soluções tecnicamente viáveis o especialista seleciona todos os tipos de fundações (superficiais ou profundas) que satisfazem as condições de carregamento, comportamento da estrutura e do solo, que caracterizam o problema. A partir desta seleção é, então, definida a solução final de projeto.

Na solução final de projeto, o especialista faz uma análise do contexto do problema, para escolher aquele tipo de fundação, dentre as soluções tecnicamente viáveis selecionadas na etapa anterior, que melhor responde às condições do problema, em termos de comportamento, custo e execução. A Figura 5.3 esquematiza o processo de escolha do tipo de fundação descrito neste capítulo, empregado pelo especialista na solução de problemas reais.

Escolhido o tipo de fundação, são feitos o dimensionamento e o detalhamento da solução final de projeto, o qual não será descrito, por não incluir-se nos objetivos deste trabalho.

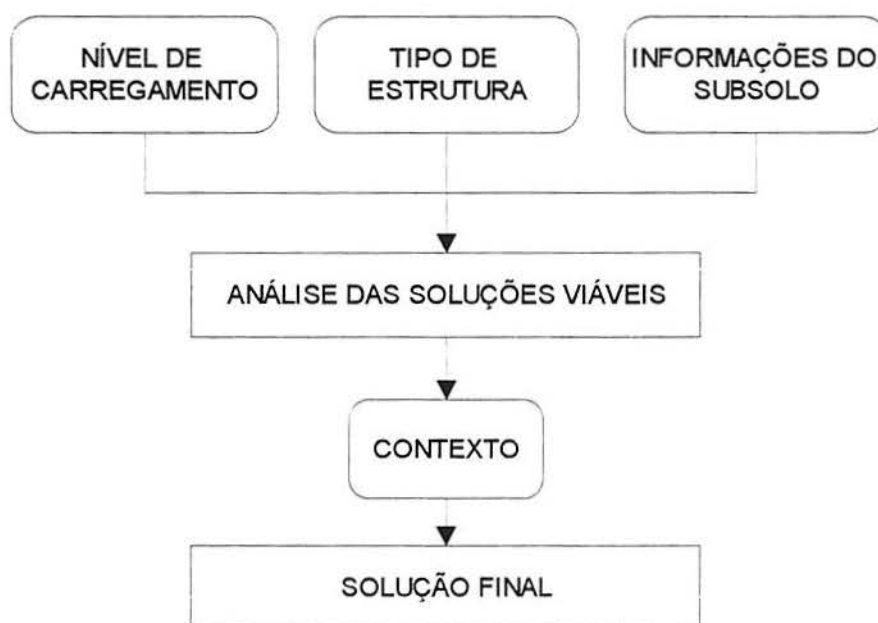


FIGURA 5.3- O processo de escolha do tipo de fundação

5.9 A tarefa do sistema

Conforme foi apresentado no item 4.2.2, na fase inicial ficou estabelecido que o sistema teria como tarefa reproduzir a realidade vivenciada pelo especialista na escolha do tipo de fundação em problemas reais, de acordo com o que foi apresentado no item anterior.

Entretanto, durante a fase de eliciação do conhecimento e representação intermediária (item 4.3) concluiu-se que esta proposta inicial era inviável. A inclusão do contexto (Figura 5.3) na aplicação para obter a solução final é muito complexa e exigiria uma quantidade de regras muito grande para representá-lo.

Considerando o tempo disponível para desenvolver o sistema, ficou estabelecido que o mesmo deveria escolher os tipos de fundações tecnicamente adequados às condições do subsolo, nível de carregamento e tipo de estrutura (análise das soluções viáveis), deixando de considerar o contexto que atua como um redutor de possibilidades e, portanto, de estabelecer a solução final. Esta seria desenvolvida em outro trabalho, complementando o sistema atual. A Figura 5.4 esquematiza a tarefa da aplicação.

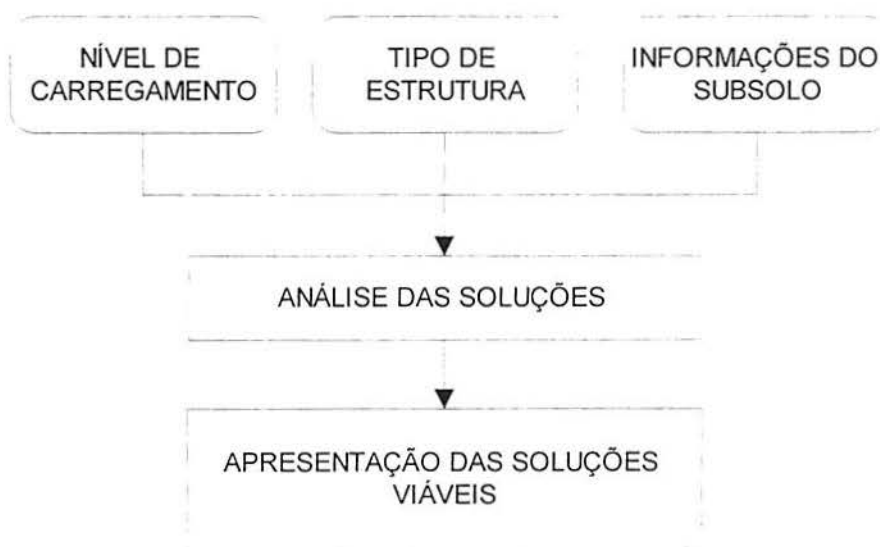


FIGURA 5.4 - Esquema da tarefa do sistema

Portanto, de acordo com o item 5.8, o sistema procura reproduzir a realidade vivenciada pelo especialista ao realizar a tarefa de escolher as soluções tecnicamente viáveis (primeira etapa da escolha do tipo de fundação). Na análise das soluções tecnicamente viáveis

o especialista seleciona os tipos de fundações tecnicamente adequados (superficiais e/ou profundas) a partir das condições de carregamento (item 5.6), comportamento da estrutura (item 5.5) e do solo (item 5.7), os quais são as informações que o especialista utiliza na solução de problemas reais de fundações.

Para realizar esta tarefa, o especialista utiliza de uma variedade de estratégias, as quais são descritas no próximo item.

5.10 Estratégias utilizadas para a resolução do problema

Como estratégia geral, o especialista para solucionar um problema de escolha dos tipos de fundações tecnicamente viáveis, inicialmente verifica a possibilidade de utilização das fundações superficiais e, posteriormente, considera as opções de fundações profundas, procurando estabelecer um conjunto de soluções tecnicamente adequadas ao problema. A solução final de projeto é obtida através de uma análise do contexto do problema, para escolher aquele tipo de fundação, dentre as soluções tecnicamente viáveis selecionadas anteriormente, que melhor responde às condições do problema, em termos de comportamento, custo e execução.

5.10.1 Fundações diretas

Em relação às fundações superficiais, o especialista verifica, a partir do nível de carregamento e tipo de estrutura, qual a camada do subsolo que tem condições de suportar a construção com segurança (em termos de ruptura e recalque).

A Tabela 4 classifica as combinações possíveis do tipo de estrutura e nível de carregamento, com a finalidade de reproduzir a estratégia utilizada pelo especialista na definição da camada do subsolo que pode suportar a construção com segurança.

De acordo com o especialista, se as informações disponíveis do subsolo são genéricas, a resistência mínima da camada que serve de apoio para as fundações superficiais, considerando as classes estabelecidas na Tabela 4, é:

- Pá comum estável, para as Classes I e II;

- Pá de corte, para a Classe III;
- Picareta, para a Classe IV;
- Martetele, para a Classe V.

TABELA 4 - Definição da classe em função do tipo de estrutura e nível de carregamento

CLASSE	TIPO DE ESTRUTURA E NÍVEL DE CARREGAMENTO
CLASSE I	ESTRUTURA TIPO 1 OU TIPO 2 E CARREGAMENTO MUITO BAIXO
CLASSE II	ESTRUTURA TIPO 1 OU TIPO 2 E CARREGAMENTO BAIXO ESTRUTURA TIPO 3 E CARREGAMENTO MUITO BAIXO
CLASSE III	ESTRUTURA TIPO 1 OU TIPO 2 E CARREGAMENTO MÉDIO ESTRUTURA TIPO 3 E CARREGAMENTO BAIXO ESTRUTURA TIPO 4 E CARREGAMENTO MUITO BAIXO
CLASSE IV	ESTRUTURA TIPO 1 OU TIPO 2 E CARREGAMENTO ALTO ESTRUTURA TIPO 1 E CARREGAMENTO EXCEPCIONAL ESTRUTURA TIPO 3 E CARREGAMENTO MÉDIO ESTRUTURA TIPO 4 E CARREGAMENTO BAIXO
CLASSE V	ESTRUTURA TIPO 2 E CARREGAMENTO EXCEPCIONAL ESTRUTURA TIPO 3 OU TIPO 4 E CARREGAMENTO ALTO ESTRUTURA TIPO 3 OU TIPO 4 E CARREGAMENTO EXCEPCIONAL

Em relação às informações da sondagem de simples reconhecimento, a resistência mínima da camada que serve de apoio para as fundações superficiais, de acordo com o especialista, é:

- Muito baixa, para a Classe I;
- Baixa, para a Classe II;
- Média para a Classe III;
- Alta, para a Classe IV;
- Muito alta, para a Classe V.

Para utilizar fundações diretas como uma das soluções do problema, o especialista observa se o subsolo apresenta uma camada superficial ou subsuperficial que tenha condições de suporte. Além disso, considerando a reduzida espessura da camada superficial, caso a mesma apresente condições de suporte para a construção, o especialista verifica se a camada subsuperficial tem no mínimo resistência igual ou superior à camada superficial.

Esta condição não é exigida em relação à camada subsuperficial. Se a mesma tem condições de suporte para as fundações diretas, a camada intermediária não precisa ter resistência igual ou superior à camada subsuperficial. Entretanto, se a resistência da camada intermediária for inferior à resistência da camada subsuperficial, os recalques são avaliados pelo especialista.

Pode ocorrer que o subsolo não apresente uma camada superficial e/ou subsuperficial com condições de suportar fundações diretas. Neste caso, as fundações diretas são descartadas pelo especialista como opção para solução do problema.

Caso o subsolo apresente condições para a utilização de fundações diretas como uma das opções de solução do problema, de acordo com a estratégia descrita acima, outro aspecto observado pelo especialista é a posição do nível do lençol freático em relação a cota de assentamento das fundações diretas. A inexistência de água no subsolo ou se a cota do nível do lençol freático for inferior à cota de assentamento das fundações diretas, nenhuma medida

especial é tomada pelo perito. Por outro lado, se a cota do nível do lençol freático for superior a cota de assentamento das fundações diretas, o especialista indica medidas adequadas a sua execução, tais como: rebaixamento do nível do lençol freático, esgotamento d'água ou escoamento da mesma.

Após analisar a viabilidade de utilizar as fundações diretas como opção para a solução do problema, o especialista procura entre as fundações profundas (tubulão e estacas) outras opções de solução para o problema com a finalidade de criar alternativas tecnicamente adequadas às condições do subsolo, nível de carregamento e tipo de estrutura.

A seguir são apresentadas as estratégias utilizadas pelo especialista para selecionar as alternativas de solução do problema entre as fundações profundas.

5.10.2 Fundações profundas

5.10.2.1 Tubulões

Quanto aos tubulões, a mesma estratégia utilizada pelo especialista para as fundações diretas, é empregada em relação à verificação da camada do subsolo que apresente condições de suportar a construção com segurança (Tabela 4 e definição da resistência mínima apresentadas no item anterior). Entretanto, como o tubulão é uma fundação profunda, a camada superficial não é considerada nessa verificação. Somente as camadas subsuperficial e intermediária são analisadas pelo especialista, já que o mesmo admite como comprimento máximo dos tubulões, 15 metros (interior da camada intermediária).

O especialista não considera o tubulão como opção para resolver o problema, caso o subsolo apresente a camada subsuperficial com resistência baixíssima. Além disso, o especialista adota a seguinte estratégia para a definição do comprimento máximo do tubulão, a partir do nível de carregamento do problema: 6 metros para carregamento muito baixo e baixo (topo da camada intermediária) e 15 metros para carregamento médio, alto e excepcional.

Quando a camada subsuperficial apresenta condições de suporte para a construção, o especialista observa a resistência da camada intermediária; caso a resistência da mesma seja inferior a resistência da camada subsuperficial, os recalques são avaliados pelo especialista.

Outra estratégia adotada pelo especialista ao avaliar o tubulão como opção para solucionar um problema de fundação, refere-se à posição do nível do lençol freático em relação à cota de assentamento do mesmo. Caso a cota do nível do lençol freático seja superior à cota de assentamento do tubulão, o especialista somente o adota como uma das soluções para o problema, se o nível de carregamento for alto ou excepcional. Segundo o especialista, a utilização de rebaixamento d'água ou de campânula a ar comprimido na execução de tubulões só se justifica para esses níveis de carregamento.

Quanto às outras duas possibilidades em relação ao nível do lençol freático (inexistência do mesmo ou com cota inferior à cota de assentamento do tubulão), os tubulões são executados a céu aberto, não havendo qualquer restrição do especialista quanto a sua utilização.

5.10.2.2 Estacas

Na avaliação dos diferentes tipos de estacas que possam servir de opções de solução para um problema real de fundações, o especialista considera as estacas apresentadas na Figura 5.1 com exceção das estacas metálicas tubulares de ponta aberta e da estaca Tipo Franki especial (estaca tubada com revestimento perdido), por não serem de uso corrente no Brasil. Além disso, as características, vantagens e desvantagens das estacas (item 5.4.2) também são consideradas pelo especialista.

Quanto às estacas, o especialista, como estratégia geral, inicialmente seleciona um grupo de estacas com carga de trabalho compatível com o valor médio das cargas nos pilares (nível de carregamento). Essa estratégia procura evitar soluções que resultem em blocos com muitas estacas, afetando a eficiência das mesmas, ter problema geométrico em regiões com muitos pilares, demora na execução, entre muitos.

A partir do grupo de estacas selecionado pela estratégia descrita acima, o especialista considera as condições do subsolo, porque essas influenciam nas possibilidades construtivas e definem o comportamento final das estacas, a fim de refinar a seleção inicial, escolhendo aquelas que são também adequadas às condições do subsolo em termos de execução e comportamento.

Considerando as duas estratégias utilizadas pelo especialista na seleção dos tipos de estacas que possam servir de opções na solução de um problema real de fundações, descritas acima, são apresentadas a seguir as características específicas da cada tipo de estaca, apontadas pelo especialista.

As estacas broca e apiloada são indicadas para carregamento muito baixo e estruturas do Tipo 1 e 2. Não são utilizadas quando interceptam o nível d'água do solo e/ou camada de solo (superficial, subsuperficial ou intermediária) com resistência baixíssima. Não penetram em camada de solo de resistência média ou superior. Seu comprimento mínimo é de 3 metros e máximo de 8 metros.

A estaca tipo Strauss é indicada para carregamentos muito baixo, baixo ou médio. Quando intercepta o nível d'água do solo deve ser revestida temporariamente. Não é indicada para solos cujas camadas subsuperficial ou intermediária tenham resistência baixíssima. Não penetra em camada de solo de resistência média ou superior. Seu comprimento mínimo é de 6 metros e máximo de 16 metros.

A estaca escavada com trado mecânico de pequeno diâmetro, é indicada para carregamento baixo, médio ou alto. Quando intercepta o nível d'água deve ser revestida temporariamente e/ou utilizada lama bentonítica se o diâmetro for igual ou superior a 45 centímetros. Não deve ser empregada quando a resistência da camada subsuperficial e/ou intermediária for baixíssima. Não penetra em camada de solo de resistência muito alta. Seu comprimento mínimo é de 6 metros e máximo de 20 metros.

A estaca de madeira é indicada para carregamento muito baixo, baixo e médio. Somente é utilizada se o nível d'água do solo localizar-se na camada superficial. Não penetra em camada de solo de resistência média ou superior. Se a camada superficial apresentar resistência média ou superior, pode ser executado pré-furo da camada para sua penetração. Seu comprimento mínimo é de 5 metros e máximo de 15 metros.

A estaca pré-moldada de concreto armado é indicada para carregamento muito baixo, baixo, médio ou alto. Não penetra em camada de solo de resistência média ou superior. Se a camada superficial e/ou subsuperficial apresentar resistência média ou superior, pode ser

executado pré-furo da(s) camada(s) para sua penetração. Seu comprimento mínimo é de 6 metros e máximo de 30 metros.

A estaca pré-moldada de concreto protendido é indicada para carregamento baixo, médio, alto ou excepcional. Não penetra em camada de solo de resistência média ou superior. Se a camada superficial e/ou subsuperficial apresentarem resistência média ou superior, pode ser executado pré-furo da(s) camada(s) para sua penetração. Seu comprimento mínimo é de 6 metros.

A estaca tipo Franki (*standard*) é indicada para carregamento médio, alto ou excepcional. Não é utilizada quando o solo apresenta camada com resistência baixíssima (com exceção da camada superficial). Não penetra em camada de solo de resistência média ou superior. Se a camada superficial e/ou subsuperficial apresentarem resistência média ou superior, pode ser executado pré-furo da(s) camada(s) para sua penetração. Seu comprimento mínimo é de 5 metros e máximo de 16 metros.

A estaca metálica (trilho ou perfil) é indicada para carregamento baixo, médio, alto ou excepcional. É utilizada quando a camada subsuperficial e/ou intermediária apresentar resistência alta ou muito alta. Seu comprimento mínimo é de 4 metros.

A estaca escavada de grande diâmetro é indicada para carregamento médio, alto ou excepcional. Se intercepta o nível de água do solo ou camada de solo com resistência baixíssima, deve ser executada com revestimento temporário e/ou com utilização de lama bentonítica. Não penetra em camada de solo com resistência muito alta. Seu comprimento mínimo é de 6 metros e o máximo de 30 metros.

A estaca hélice contínua é indicada para carregamento médio, alto ou excepcional. Não penetra em camada de solo com resistência muito alta. Seu comprimento mínimo é de 6 metros e máximo de 25 metros.

A estaca escavada com injeção (raiz) é indicada para carregamento baixo, médio, alto ou excepcional. Não penetra em camada de solo com resistência muito alta. Seu comprimento mínimo é de 8 metros e máximo de 40 metros.

Considerando as características específicas das estacas apresentadas acima e as estratégias utilizadas pelo especialista descritas no início desse item, o mesmo seleciona os tipos de estacas tecnicamente adequados às condições do subsolo, nível de carregamento e tipo de estrutura, como opções de solução para o problema real.

5.10.3 A escolha dos tipos de fundações tecnicamente viáveis

A partir dos resultados obtidos através das estratégias descritas em relação às fundações superficiais (item 5.10.1), tubulões (item 5.10.2.1) e estacas (item 5.10.2.2), considerando as condições do subsolo, nível de carregamento e tipo de estrutura, o especialista define os tipos de fundações tecnicamente viáveis. Esta é a tarefa do sistema desenvolvido nesta tese, conforme descrito no item 5.9, e as estratégias descritas acima são utilizadas na modelagem da base do conhecimento do sistema.

5.11 Resumo e conclusões

Inicialmente, é apresentada descrição da abordagem do especialista para resolver o problema da escolha do tipo de fundação, considerada entre as diversas fases da solução de um problema de fundações a mais crítica, devido a sua natureza complexa, por envolver avaliação e julgamento do especialista, fundamentada na experiência em casos anteriores. A escolha do tipo de fundação, portanto, envolve conhecimento heurístico, regras práticas, atalhos e estratégias de raciocínio obtidos na observação e análise de situações semelhantes ocorridas no passado. Não existem aqui soluções determinísticas, algorítmicas. A experiência e o conhecimento ou, no caso, a perícia, são fundamentais para, frente uma variedade de tipos de fundações disponíveis, selecionar aquelas que são mais adequadas a um caso específico.

A natureza do problema da escolha do tipo de fundação descritas nesse capítulo, tornam essa tarefa apta para ser aplicada a tecnologia dos Sistemas Especialistas.

Em função do tempo disponível para realização da presente tese, algumas limitações foram impostas. O tipo de carregamento que o sistema trabalha foi limitado à carga vertical, axial e centrada de compressão. O sistema utiliza para a escolha dos tipos de fundações a carga média nos pilares.

Em relação à sondagem de simples reconhecimento, optou-se por limitar o sistema a trabalhar com informações até 20 metros de profundidade (camadas superficial, subsuperficial e intermediária), já que, usualmente, a profundidade das sondagens realizadas na prática não ultrapassam 20 metros e a quantidade de regras necessárias para representar o conhecimento que incluísse informações sobre as camadas profunda e muito profunda (Figura 5.2) era muito grande.

Ficou estabelecido que o sistema trabalhará com três possibilidades de informações sobre o subsolo: nenhuma, genérica e sondagem de simples reconhecimento. A inclusão da possibilidade de o usuário não possuir informações sobre o subsolo, foi considerada por razões didáticas, já que o sistema tem como função a instrução e o treinamento de alunos.

Em relação a tarefa do sistema, são apresentadas as razões que conduziram a revisão da proposta inicial de considerar o contexto e chegar à solução final do problema (item 4.2.2). É apresentada a redefinição da tarefa do sistema que efetivamente foi implementado.

Finalmente, são apresentadas as estratégias utilizadas pelo especialista na escolha dos tipos de fundações tecnicamente viáveis em problemas reais. As estratégias, fruto da experiência do perito, são utilizadas na modelagem da base do conhecimento do sistema.

No próximo capítulo é apresentada uma descrição da aplicação desenvolvida neste trabalho.

6. DESCRIÇÃO DA APLICAÇÃO

6.1 Introdução

Nesse capítulo é apresentada uma descrição do sistema desenvolvido. Inicialmente é feita uma descrição da estrutura interna do sistema e, a seguir, como se processa a interação do usuário com o sistema, quando é realizada uma consulta.

O sistema, basicamente, ao ser consultado pelo usuário, faz uma série de perguntas sobre as condições do problema: nível de carregamento, tipo de estrutura e condições do subsolo. As perguntas apresentadas ao usuário não seguem uma seqüência rígida. Em função de cada resposta (opção escolhida) dada pelo usuário, o sistema apresenta a pergunta subsequente de forma coerente, buscando recolher os dados necessários para a escolha dos tipos de fundações tecnicamente adequados para as condições fixadas.

A solução que o sistema oferece apresenta uma série de opções complementares de consulta ao usuário, tais como:

- comentário que justifica as razões que levaram a aplicação a adotar a resposta apresentada, em detrimento de outras;
- resumo de referências bibliográficas sobre fundações, que o usuário pode futuramente consultar se achar necessário;
- resumo dos dados fornecidos pelo o usuário durante a consulta que conduziram o encaminhamento da solução apresentada pelo sistema;
- relatório, que pode ser impresso, contendo todas as informações referentes à consulta: dados fornecidos pelo usuário, resposta fornecida pelo sistema, comentário sobre a solução apresentada, referências bibliográficas e alguns comentários adicionais, se for o caso.

A interface com usuário apresenta as perguntas na mesma seqüência lógica de como o problema real é resolvido. A aplicação contém dispositivos que orientam o usuário durante a consulta.

A seguir é feita uma descrição da estrutura interna do sistema, dos dados de entrada da aplicação e da resposta que o sistema apresenta ao ser consultado.

6.2 A estrutura interna do sistema

A *shell* KAPPA-PC, versão 2.1, utilizada para a implementação do sistema, oferece dois formalismos para a representação do conhecimento: *frames* (enquadramentos) e regras. Os dois formalismos foram utilizados na representação do conhecimento da aplicação, caracterizando-a como um sistema híbrido. Os enquadramentos são utilizados para representar objetos que podem ser relacionados por regras.

A arquitetura do sistema desenvolvido nesta tese é apresentada na Figura 6.1, adotando como referência a arquitetura apresentada por Silva (1996).

A estrutura do sistema é constituída pela base de conhecimento, mecanismo de inferência e dispositivo de interface.

A base de conhecimento pode ser considerada composta de cinco módulos de regras: MUITO BAIXO, BAIXO, MÉDIO, ALTO e EXCEPCIONAL, nos quais está representado o conhecimento modelado a partir da etapa de eliciação.

Os níveis de carregamento MUITO BAIXO, BAIXO, MÉDIO, ALTO e EXCEPCIONAL, são apresentados ao usuário, durante uma consulta, através de uma tela (ver Figura 6.4 ou Anexo A, Tela 2), contendo cinco botões que acionam, cada um deles, quando escolhido, uma função, a qual dispara o mecanismo de inferência (encadeamento para trás) que manipula as regras específicas para o nível de carregamento selecionado (Figura 6.2).

O mecanismo de inferência que manipula as regras, atua independente da base de conhecimento, reproduzindo o raciocínio do especialista na resolução do problema. No KAPPA-PC existem dois mecanismos de inferência para manipular as regras (item 4.4): um denominado *forward chainer* que realiza a inferência utilizando o encadeamento para frente e

o outro, denominado *backward chainer*, o qual realiza a inferência através do encadeamento para trás. O mecanismo de inferência empregado para manipular as regras contidas na base de conhecimento do sistema desenvolvido no presente trabalho, é o encadeamento para trás, por melhor representar o raciocínio utilizado na resolução do problema.

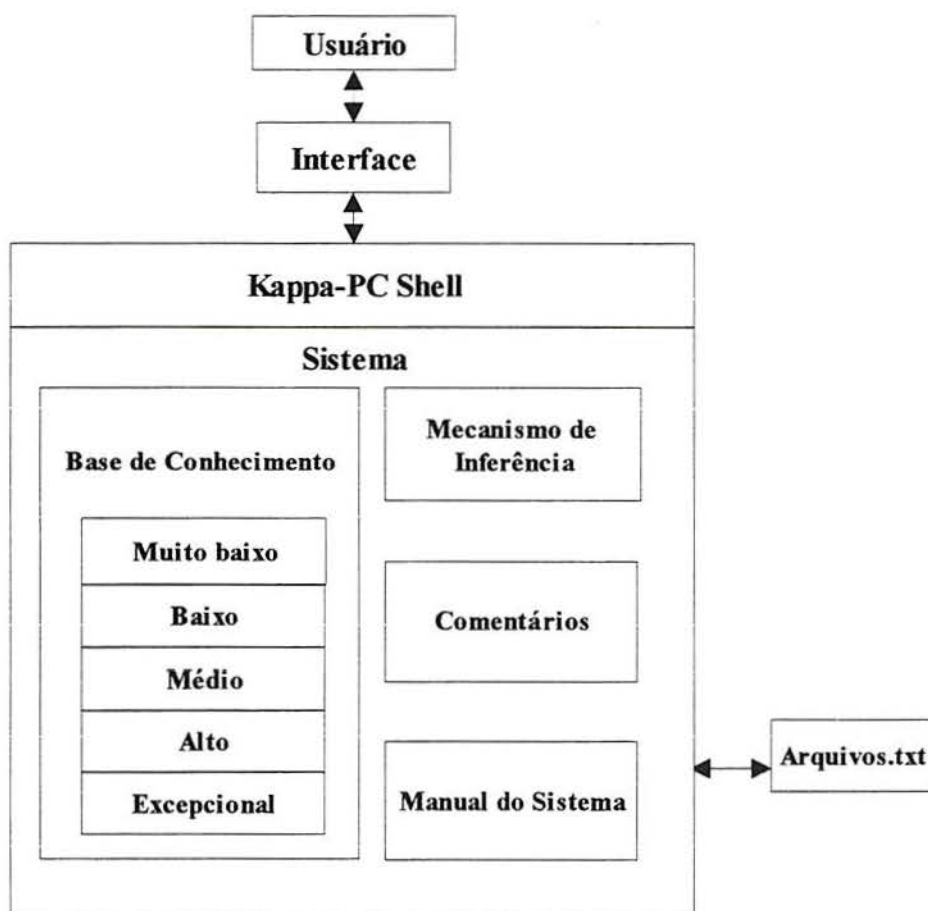


Figura 6.1 - Arquitetura do sistema

O dispositivo de interface permite a interação do usuário com o sistema ao realizar uma consulta, o qual é apresentado nos itens 6.3 e 6.4.

As fundações foram consideradas em uma classe (FUNDAÇÃO), a qual possui um objeto (FUNDAÇÃO) constituído de uma série de *slots*, que descrevem o objeto, através de suas propriedades. A princípio, um objeto deve possuir o número de *slots* necessários para caracterizar o que se deseja representar. Os *slots* podem assumir valores numéricos, caracteres (ambos capazes de assumir um único valor ou uma lista de valores), ou do tipo booleano (verdadeiro ou falso). Os valores dos *slots* permitem descrever as propriedades assumidas pelo objeto.

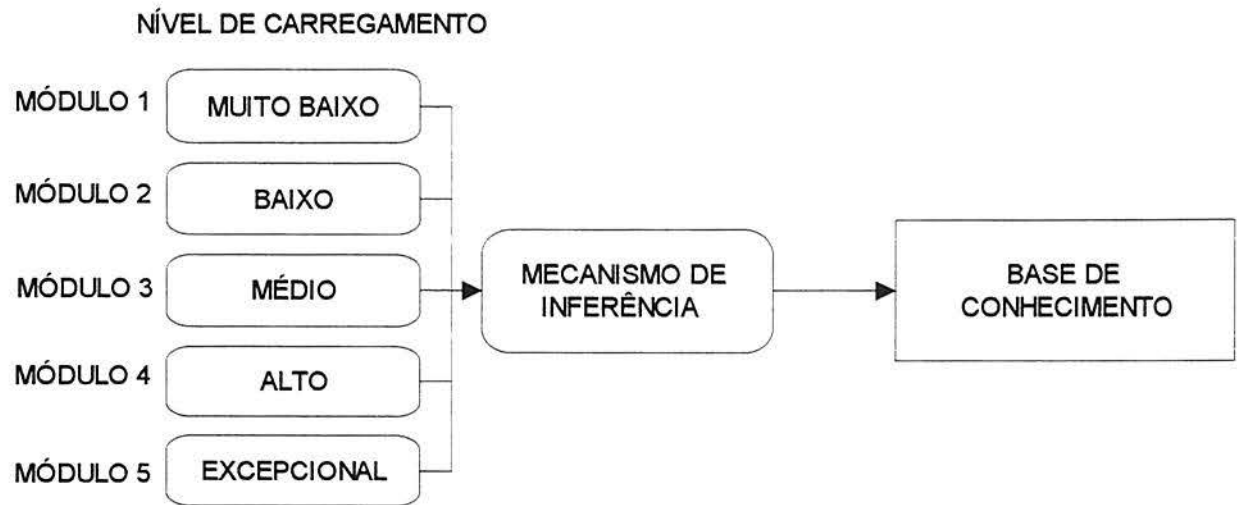


FIGURA 6.2 - Estrutura interna simplificada do sistema.

No caso da presente aplicação, o objeto (FUNDAÇÃO), contém 17 *slots*, os quais são descritos a seguir:

NOME DO SLOT: ESTRUTURA

DESCRIÇÃO: refere-se ao tipo de estrutura.

VALORES: Tipo 1, Tipo 2, Tipo 3 e Tipo 4.

OBSERVAÇÃO: A informação a que se refere este *slot* é sempre solicitada ao usuário.

NOME DO SLOT: INFORMACAO

DESCRIÇÃO: refere-se ao tipo de informação disponível.

VALORES: nenhuma, genérica e sondagem de simples reconhecimento.

OBSERVAÇÃO: A informação a que se refere este *slot* é sempre solicitada ao usuário.

NOME DO SLOT: CAMADAGEN

DESCRIÇÃO: refere-se às camadas das quais são disponíveis as informações genéricas sobre o subsolo.

VALORES: superficial e superficial/subsuperficial.

OBSERVAÇÃO: A informação a que se refere este *slot* só é solicitada ao usuário, se o valor do *slot* INFORMACAO for genérica

NOME DO SLOT: AGUAGENSUP

DESCRIÇÃO: refere-se à presença de água do solo observada a partir das informações genéricas do subsolo.

VALORES: sim e não.

OBSERVAÇÃO: A informação a que se refere este *slot* só é solicitada ao usuário se o valor do *slot* CAMADAGEN for superficial.

NOME DO SLOT: RESISTGENSUP

DESCRIÇÃO: refere-se à resistência da camada superficial a partir das informações genéricas sobre o subsolo.

VALORES: pá comum instável, pá comum estável, pá de corte, picareta, martetele ou rocha aflorando.

OBSERVAÇÃO: A informação a que se refere este *slot* só é solicitada ao usuário se o valor do *slot* INFORMACAO for genérica.

NOME DO SLOT: AGUAGENSUB

DESCRIÇÃO: refere-se à presença de água do solo observada a partir das informações genéricas do subsolo.

VALORES: não, superficial e subsuperficial.

OBSERVAÇÃO: A informação a que se refere este *slot* só é solicitada ao usuário se o valor do *slot* CAMADAGEN for superficial/subsuperficial e o valor do *slot* RESISTGENSUP for pá comum instável, pá comum estável ou picareta.

NOME DO SLOT: RESISTGENSUB1

DESCRIÇÃO: refere-se à resistência da camada subsuperficial a partir das informações genéricas do subsolo.

VALORES: martetele e rocha confirmada.

OBSERVAÇÃO: A informação a que se refere este *slot* só é solicitada ao usuário se o valor do *slot* CAMADAGEN for superficial/subsuperficial e o valor do *slot* RESISTGENSUP for martelete.

NOME DO SLOT: RESISTGENSUB2

DESCRIÇÃO: refere-se à resistência da camada subsuperficial a partir das informações genéricas do subsolo.

VALORES: picareta, martelete ou rocha confirmada.

OBSERVAÇÃO: A informação a que se refere este *slot* só é solicitada ao usuário se o valor do *slot* CAMADAGEN for superficial/subsuperficial e o valor do *slot* RESISTGENSUP for picareta.

NOME DO SLOT: RESISTGENSUB3

DESCRIÇÃO: refere-se à resistência da camada subsuperficial a partir das informações genéricas do subsolo.

VALORES: pá comum instável, pá comum estável, pá de corte, picareta, martelete ou rocha confirmada.

OBSERVAÇÃO: A informação a que se refere este *slot* só é solicitada ao usuário se o valor do *slot* CAMADAGEN for superficial/subsuperficial, o valor do *slot* RESISTGENSUP for pá comum instável, pá comum estável ou pá de corte e, o valor do *slot* AGUAGENSUB for não ou superficial.

NOME DO SLOT: RESISTGENSUB4

DESCRIÇÃO: refere-se à resistência da camada subsuperficial a partir das informações genéricas do subsolo.

VALORES: pá comum instável, pá comum estável e pá de corte.

OBSERVAÇÃO: A informação a que se refere este *slot* só é solicitada ao usuário se o valor do *slot* CAMADAGEN for superficial/subsuperficial, o valor do *slot* RESISTGENSUP for pá comum instável, pá comum estável ou pá de corte e o valor do *slot* AGUAGENSUB for subsuperficial.

NOME DO SLOT: PROFSPT

DESCRIÇÃO: refere-se à profundidade da sondagem de simples reconhecimento.

VALORES: superficial, subsuperficial e intermediária.

OBSERVAÇÃO: A informação a que se refere este *slot* só é solicitada ao usuário se o valor do *slot* INFORMACAO for sondagem de simples reconhecimento.

NOME DO SLOT: AGUASPTSUP

DESCRIÇÃO: refere-se à presença de água no solo na camada superficial, a partir das informações da sondagem de simples reconhecimento.

VALORES: sim e não.

OBSERVAÇÃO: A informação a que se refere este *slot* só é solicitada ao usuário se o valor do *slot* PROFSPT for superficial.

NOME DO SLOT: AGUASPTSUB

DESCRIÇÃO: refere-se à presença de água no solo, a partir das informações da sondagem de simples reconhecimento.

VALORES: não, superficial e subsuperficial.

OBSERVAÇÃO: A informação a que se refere este *slot* só é solicitada ao usuário se o valor do *slot* PROFSPT for subsuperficial.

NOME DO SLOT: AGUASPTINTER

DESCRIÇÃO: refere-se à presença de água no solo, a partir das informações da sondagem de simples reconhecimento.

VALORES: não, superficial, subsuperficial e intermediária.

OBSERVAÇÃO: A informação a que se refere este *slot* só é solicitada ao usuário se o valor do *slot* PROFSPT for intermediária.

NOME DO SLOT: RESPTSUP

DESCRIÇÃO: refere-se à resistência da camada superficial, a partir das informações da sondagem de simples reconhecimento.

VALORES: baixíssima, muito baixa, baixa, média, alta ou muito alta.

OBSERVAÇÃO: A informação a que se refere este *slot* só é solicitada ao usuário se o valor do *slot* PROFSPT for superficial, subsuperficial ou intermediária.

NOME DO SLOT: RESPTSUB

DESCRIÇÃO: refere-se à resistência da camada subsuperficial, a partir das informações da sondagem de simples reconhecimento.

VALORES: baixíssima, muito baixa, baixa, média, alta ou muito alta.

OBSERVAÇÃO: A informação a que se refere este *slot* só é solicitada ao usuário se o valor do *slot* PROFSPT for subsuperficial ou intermediária.

NOME DO SLOT: RESPTINTER

DESCRIÇÃO: refere-se à resistência da camada intermediária, a partir das informações da sondagem de simples reconhecimento.

VALORES: baixíssima, muito baixa, baixa, média, alta ou muito alta.

OBSERVAÇÃO: A informação a que se refere este *slot* só é solicitada ao usuário se o valor do *slot* PROFSPT for intermediária.

A seguir é apresentado como o sistema interage com o usuário durante uma consulta. Para uma melhor compreensão do funcionamento interno da aplicação, são indicados os *slots* que são acionados durante a consulta. Além disso, quando for o caso, são apresentadas algumas justificativas às opções apresentadas pelo sistema, já que o mesmo emula as estratégias utilizadas pelo especialista tanto na obtenção das informações (conforme apresentado no item 5.7) como na resolução do problema (de acordo com o item 5.10).

6.3 Os dados de entrada da aplicação

O sistema, quando consultado, apresenta uma série de perguntas seguidas de opções de resposta, para o usuário escolher uma delas. Estas perguntas referem-se às informações necessárias para definir o problema e, a partir delas, possibilitar que o sistema chegue a uma solução (ver Anexo A, Demonstração do protótipo).

A Figura 6.3 (Tela 1 do Anexo A) reproduz a tela de apresentação do sistema.

Inicialmente, é perguntado ao usuário qual o nível de carregamento que a estrutura suporta. As opções que o sistema apresenta, de acordo com o item 5.6, são mostradas na Figura 6.4 ou Tela 2 do Anexo A .

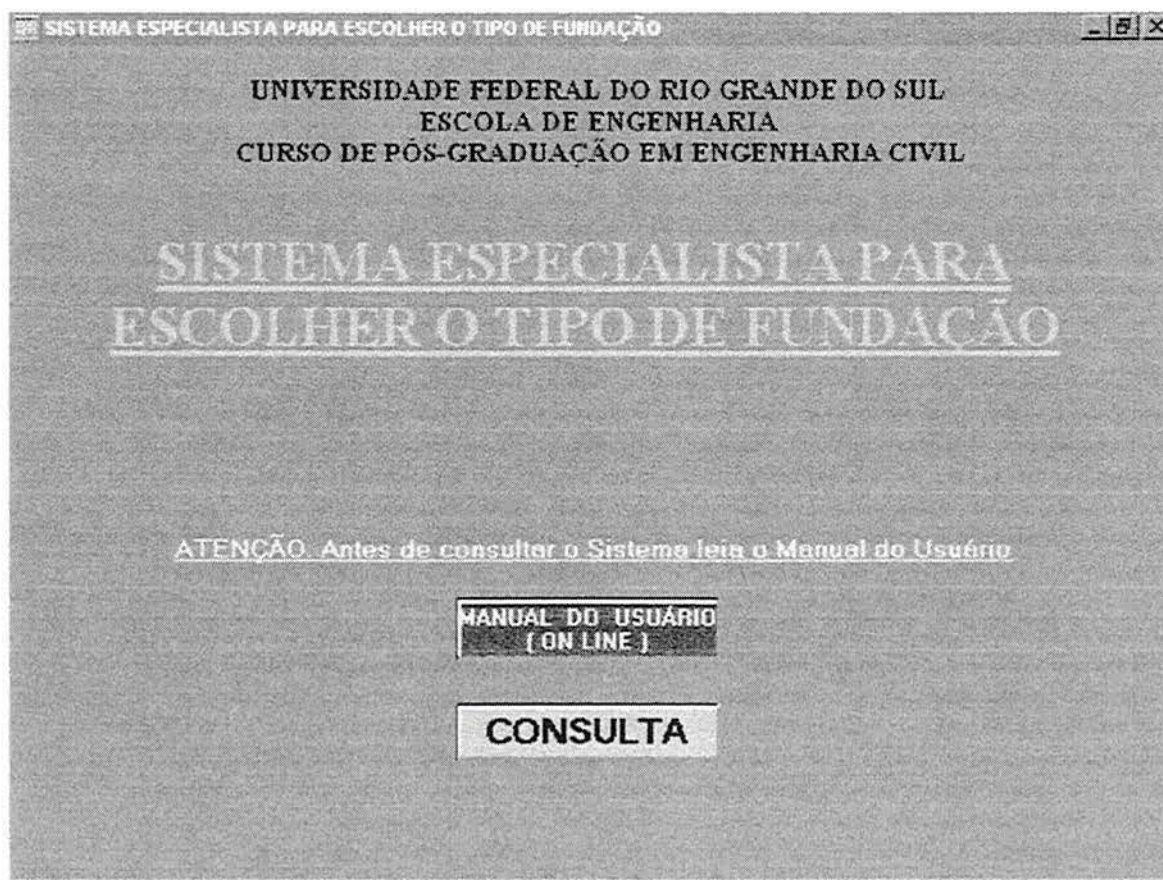


Figura 6.3 - Tela de apresentação do sistema.

Definida a opção pelo usuário, o sistema pergunta qual o tipo de estrutura a ser suportada pelas fundações (Figura 6.5 ou Tela 3 no Anexo A). Conforme o item 5.5, são apresentadas as opções, das quais o usuário deve escolher uma (*slot* ESTRUTURA).

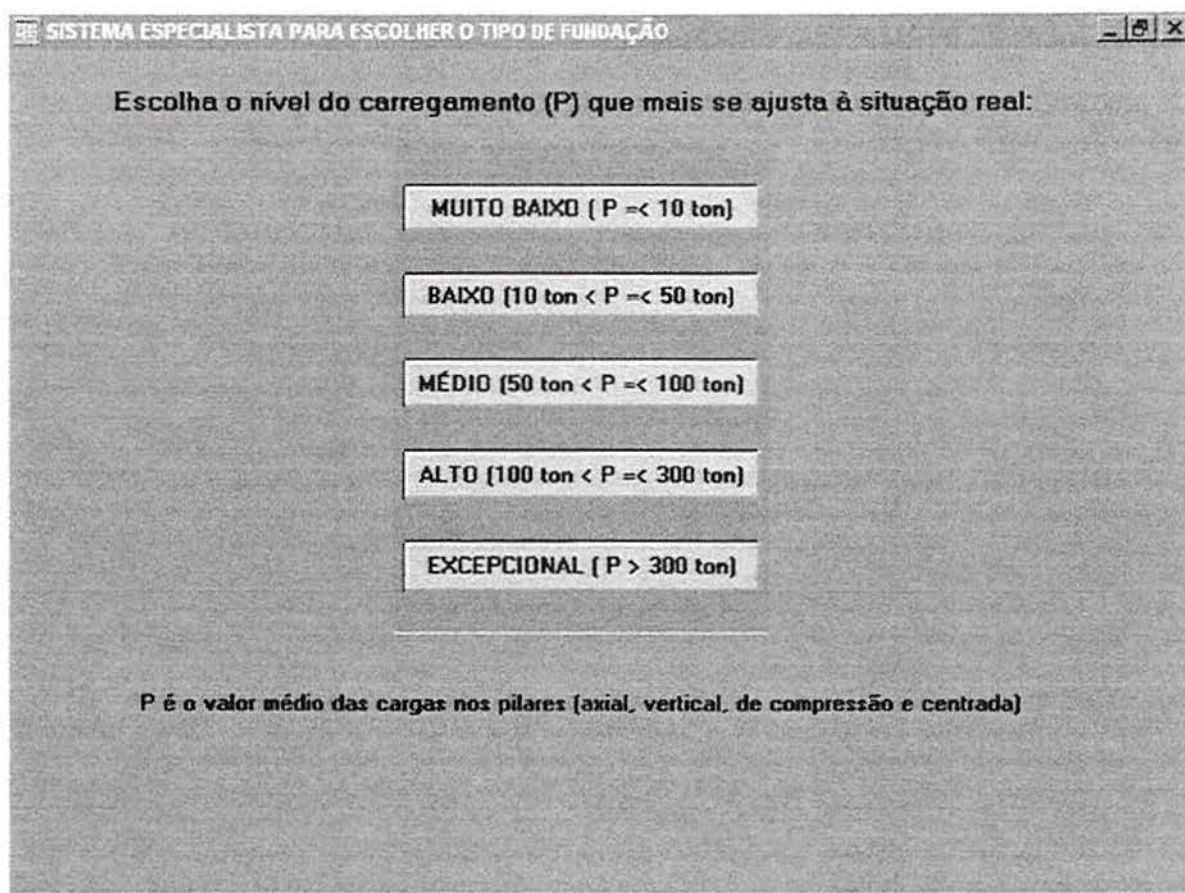


Figura 6.4 - Tela na qual o usuário seleciona o nível de carregamento do problema.

Feita a opção pelo usuário, o sistema pergunta qual a informação disponível sobre o subsolo (Figura 6.6 ou Anexo A, Tela 4), conforme o discutido no item 5.7 (*slot INFORMACAO*).

As três perguntas iniciais constituem-se nas informações básicas do sistema. A partir da resposta dada pelo usuário à última questão, o sistema continua fazendo perguntas, a fim de detalhar as informações disponíveis do subsolo (genéricas ou sondagem de simples reconhecimento). Cada pergunta agora, é dependente da resposta dada à questão que a antecede; elas não são apresentadas pelo sistema numa sequência fixa.

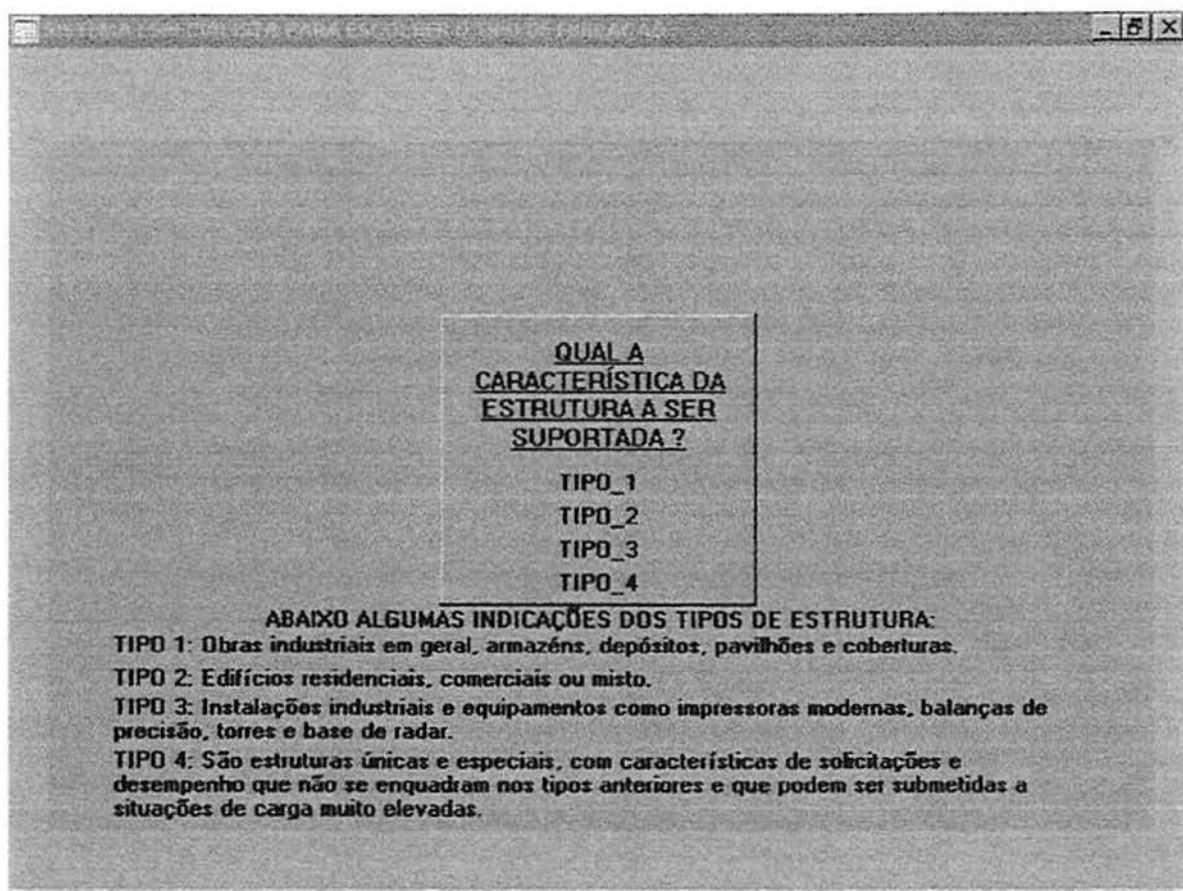


Figura 6.5 - Tela na qual o usuário seleciona o tipo de estrutura do problema.

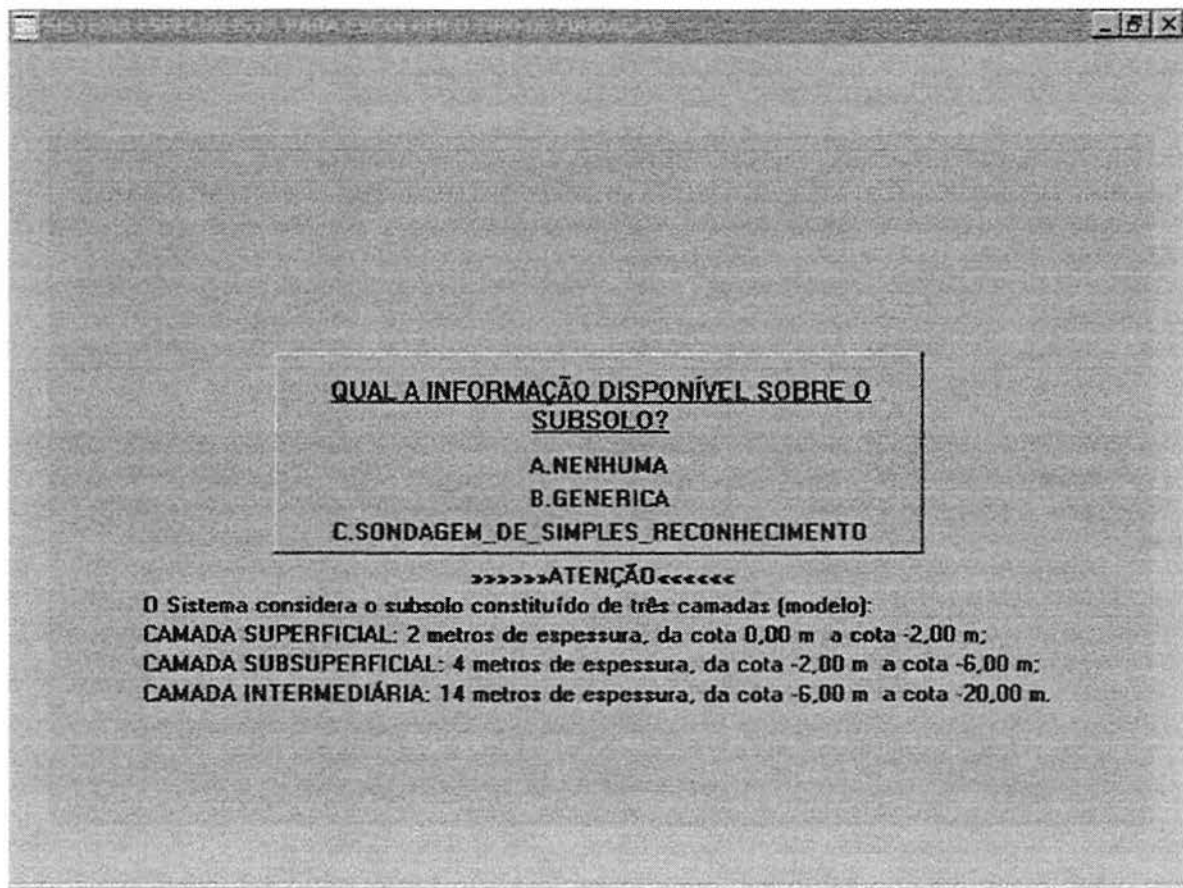


Figura 6.6 - Tela na qual o usuário seleciona qual a informação disponível do subsolo.

Por exemplo, se o usuário responde que as informações disponíveis sobre o subsolo são genéricas, o sistema pergunta, então, se elas se referem a camada superficial ou às camadas superficial e subsuperficial (ver item 5.7 e Anexo A, Tela 5). Por outro lado, se o usuário responde que as informações disponíveis sobre o subsolo são oriundas da sondagem de simples reconhecimento, o sistema pergunta sobre qual é a profundidade da sondagem, ou seja, se ela atinge a camada superficial, subsuperficial ou intermediária (ver item 5.7 e Anexo A, Tela 13).

Caso o usuário não possua informações do subsolo (opção NENHUMA), o sistema apresenta a resposta da consulta (Figura 6.7) e se o usuário acionar o botão COMENTÁRIO, o sistema apresenta a tela reproduzida na Figura 6.8.

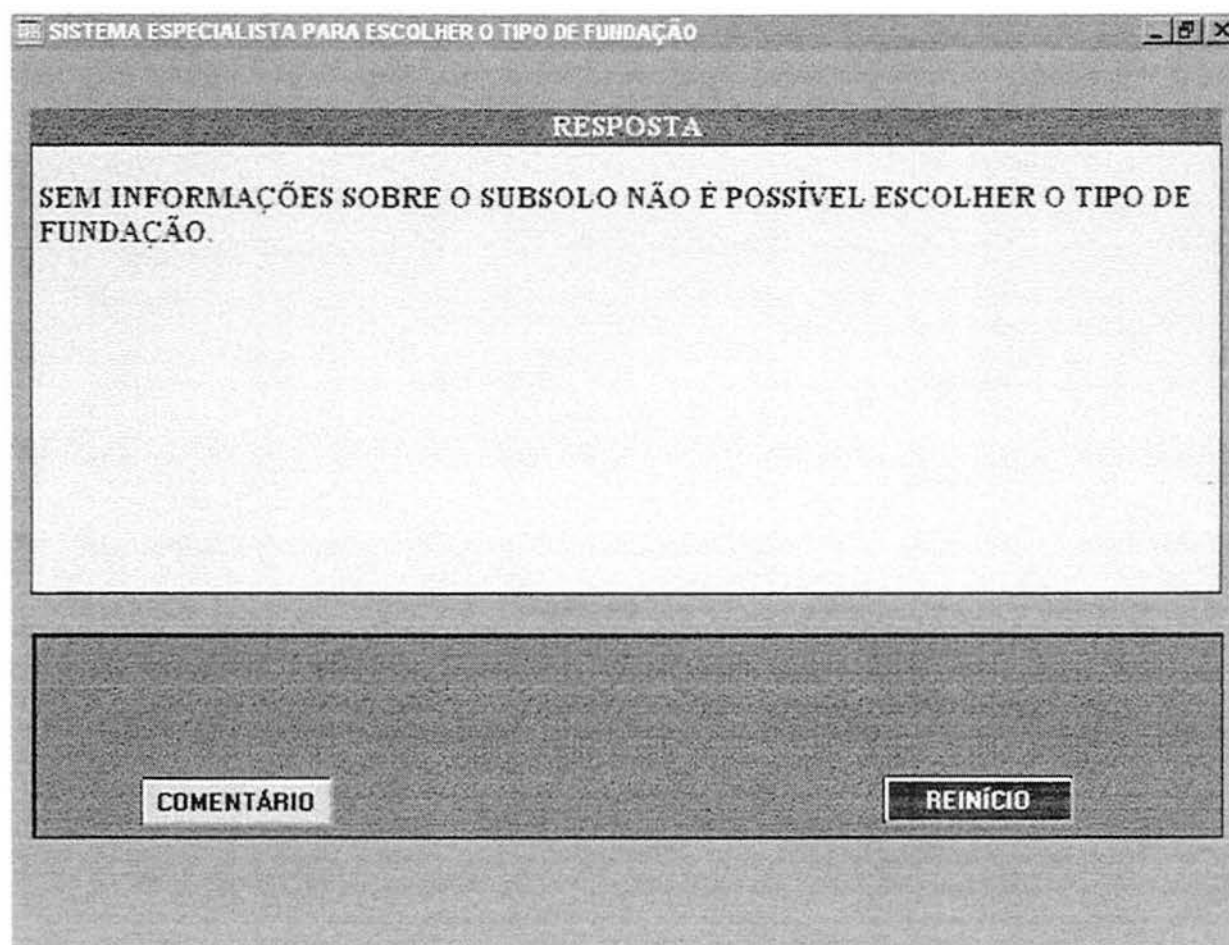


Figura 6.7 - Tela apresentada pelo sistema com a resposta à uma consulta.

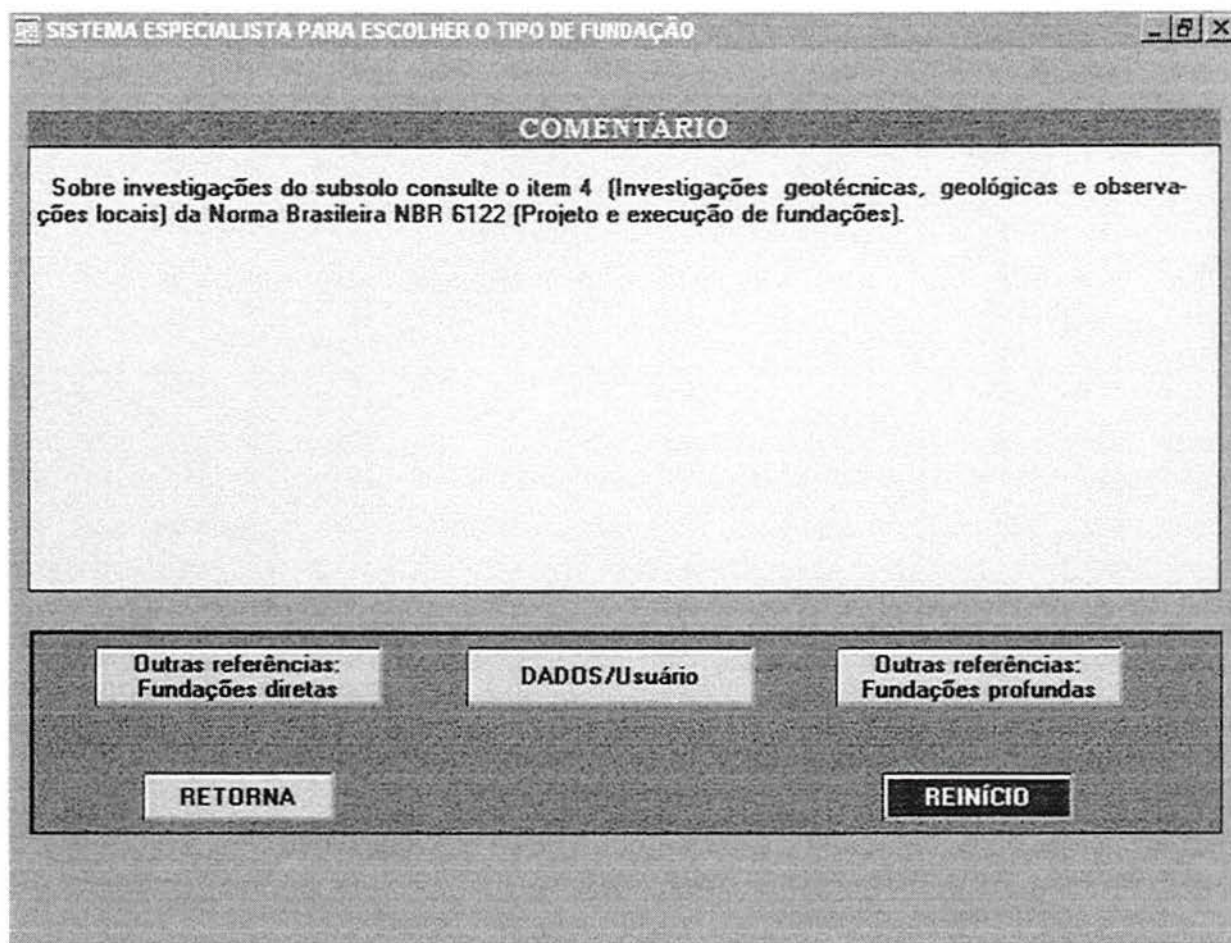


Figura 6.8 - Tela apresentada pelo sistema quando o usuário solicita o comentário de uma resposta.

6.3.1 Informações genéricas do subsolo

Quando o usuário define que as informações disponíveis sobre o subsolo são genéricas, imediatamente o sistema pergunta a quais camadas elas se referem: superficial ou superficial e subsuperficial (*slot* CAMADAGEN). Ver Anexo A, Tela 5.

6.3.1.1 Informações genéricas da camada superficial do subsolo

Neste caso o sistema pergunta sobre qual a ferramenta necessária para a escavação da camada como definidora da sua resistência (Ver Anexo A, Tela 6). Como opções, de acordo com o item 5.7, o sistema apresenta (*slot* RESISTGENSUP): **PÁ COMUM INSTÁVEL**, **PÁ COMUM ESTÁVEL**, **PÁ DE CORTE**, **PICARETA**, **MARTELETE** ou **ROCHA AFLORANDO**.

Se a resposta for pá comum instável, pá comum estável ou pá de corte, o sistema pergunta se o nível de água do solo é localizado (*slot* AGUAGENSUP). Ver Anexo A, Tela 7. Entretanto, se a resposta for picareta, martetele ou rocha aflorando, considerando que solos com esta resistência não possuem água livre nos seus vazios, o sistema não questiona o usuário sobre a posição do nível d'água. O sistema, aqui, reproduz a estratégia utilizada pelo especialista nesta modalidade de informação sobre o subsolo (item 5.7).

6.3.1.2 Informações genéricas das camadas superficial e subsuperficial do subsolo

Nessa situação o sistema faz, inicialmente, a mesma pergunta feita anteriormente (*slot* RESISTGENSUP). Porém, as questões subseqüentes e as opções que a aplicação apresenta são, por sua vez, dependentes das respostas dadas pelo usuário. Como foi apresentado no item 5.7, e salientado ao término do item 6.2, a aplicação emula as estratégias adotadas pelo especialista tanto na obtenção de informações, como também na resolução de um problema de fundações.

O sistema toma como base que somente solos escaváveis a pá comum instável, pá comum estável ou pá de corte podem apresentar água livre quando escavados, e solos escaváveis a picareta, martetele ou rocha aflorando, quando identificados, não apresentam resistência menor em camada inferior a ela. Assim, quatro possibilidades são possíveis:

1) Se a resposta do usuário for pá comum instável, pá comum estável ou pá de corte, o sistema pergunta então, se o nível d'água é localizado (ver Anexo A, Tela 8), apresentando ao usuário as seguintes opções (*slot* AGUAGENSUB): **NÃO, SUPERFICIAL** ou **SUBSUPERFICIAL**.

A partir da resposta dada pelo usuário, o sistema pergunta sobre qual a ferramenta necessária para a escavação da camada subsuperficial do solo como definidora da sua resistência; entretanto, se a opção escolhida anteriormente for “não” ou “superficial”, as opções apresentadas a essa questão são (*slot* RESISTGENSUB3). Ver Anexo A, Tela 9 : **PÁ COMUM INSTÁVEL, PÁ COMUM ESTÁVEL, PÁ DE CORTE, PICARETA, MARTELETE** ou **ROCHA CONFIRMADA**.

Por outro lado, se a opção escolhida na resposta sobre a localização do nível d'água do solo for “subsuperficial”, as opções sobre qual a ferramenta necessária para a escavação da camada subsuperficial do solo como definidora da sua resistência, serão (slot RESISTGENSUB4). Ver Anexo A, Tela 10: **PÁ COMUM INSTÁVEL, PÁ COMUM ESTÁVEL** ou **PÁ DE CORTE**.

2) Se a resposta do usuário quanto à resistência da camada superficial for picareta, o sistema não pergunta se o nível d'água é localizado, apresentando ao usuário as seguintes opções (slot RESISTGENSUB2) à pergunta sobre qual a ferramenta necessária para a escavação da camada subsuperficial do solo como definidora da sua resistência (ver Anexo A, Tela 11): **PICARETA, MARTELETE** ou **ROCHA CONFIRMADA**.

3) Se a resposta do usuário quanto à resistência da camada superficial for martetele, o sistema não pergunta se o nível d'água é localizado, apresentando ao usuário as seguintes opções (slot RESISTGENSUB1) à pergunta sobre qual a ferramenta necessária para a escavação da camada subsuperficial do solo como definidora da sua resistência (ver Anexo A, Tela 12): **MARTELETE** ou **ROCHA CONFIRMADA**.

4) Se a resposta do usuário quanto à resistência da camada superficial for rocha aflorando, o sistema não pergunta se o nível d'água é localizado, apresentando ao usuário a resposta da consulta.

Essa estratégia que o sistema emprega, evita que perguntas ou opções desnecessárias sejam apresentadas ao usuário, eliminando a possibilidade da aplicação induzir o usuário, durante a consulta, a cometer erros.

6.3.2 Informações da sondagem de simples reconhecimento

Se as informações que o usuário dispõe sobre o subsolo são oriundas da sondagem de simples reconhecimento do local o sistema, ao ser informado dessa disponibilidade, pergunta qual a profundidade da sondagem, apresentando as seguintes opções (slot PROFSPT, ver Anexo A, Tela 13): **SUPERFICIAL, SUBSUPERFICIAL** ou **INTERMEDIÁRIA**.

Em função da resposta, o sistema pergunta sobre a resistência da(s) camada(s) individualmente, e sobre a presença de água do solo, da seguinte forma:

1) Se a resposta sobre a profundidade da sondagem for “superficial”, o sistema pergunta sobre a resistência da camada superficial, apresentando as seguintes opções (slot RESPTSUP, ver Anexo A, Tela 14): **BAIXÍSSIMA, MUITO BAIXA, BAIXA, MÉDIA, ALTA** ou **MUITO ALTA**

A seguir, o sistema pergunta ao usuário sobre a presença de água do solo, apresentando as seguintes opções (slot AGUASPTSUP, ver Anexo A, Tela 15): **SIM** ou **NÃO**.

2) Se a resposta sobre a profundidade da sondagem for “subsuperficial”, o sistema pergunta sobre a resistência da camada superficial e, logo a seguir, sobre a resistência da camada subsuperficial (ver Anexo A, Tela 16), apresentando as seguintes opções para cada pergunta (slots RESPTSUP e RESPTSUB): **BAIXÍSSIMA, MUITO BAIXA, BAIXA, MÉDIA, ALTA** ou **MUITO ALTA**

A seguir, o sistema pergunta ao usuário sobre a presença de água do solo (ver Anexo A, Tela 17), apresentando as seguintes opções (slot AGUASPTSUB): **NÃO, SUPERFICIAL** ou **SUBSUPERFICIAL**.

3) Se a resposta sobre a profundidade da sondagem for “intermediária”, o sistema pergunta de modo seqüencial sobre a resistência das camada superficial , subsuperficial e intermediária (ver Anexo A, Tela 14, Tela 16 e Tela 18), apresentando as seguintes opções para cada pergunta (slots RESPTSUP , RESPTSUB e RESPTINTER): **BAIXÍSSIMA, MUITO BAIXA, BAIXA, MÉDIA, ALTA** ou **MUITO ALTA**.

A seguir, o sistema pergunta ao usuário sobre a presença de água do solo (ver Anexo A, Tela 19), apresentando as seguintes opções (slot AGUASPTINTER): **NÃO, SUPERFICIAL, SUBSUPERFICIAL** ou **INTERMEDIÁRIA**.

Respondidas pelo usuário as questões que o sistema apresenta, conforme descrito acima, o mesmo apresenta uma resposta à consulta (Figura 6.7 por exemplo). A seguir é descrito como o sistema responde ao ser consultado pelo usuário. (Ver Anexo A: Demonstração do protótipo, onde são apresentadas o conjunto de telas do sistema).

6.4 A resposta do sistema ao ser consultado

A aplicação responde a 20900 situações diferentes de consulta, considerando as combinações possíveis dos dados fornecidos pelo usuário, conforme é demonstrado abaixo:

O sistema trabalha com 5 (*opções de carregamento*) x 4 (*opções de tipos de estrutura*) = **20 situações (fator multiplicador comum)**;

O sistema trabalha com 3 opções de informação:

- **NENHUMA: 1 (*opção única*)**;

- **GENÉRICA:**

a) Camada superficial:

- 3 (opções de resistência, pá comum instável, pá comum estável ou pá de corte que admitem a presença de água) x 2 (opções de presença de água: sim ou não) = **6 (*opções*)**;

- 3 (opções de resistência, picareta, martetele ou rocha aflorando que não admitem a presença de água) = **3 (*opções*)**.

b) Camada superficial e subsuperficial:

- 3 (opções de resistência da camada superficial, pá comum instável, pá comum estável ou pá de corte que admitem a presença de água) x 2 (opções de presença de água, não ou superficial) x 6 (opções de resistência da camada subsuperficial: pá comum instável, pá comum estável, pá de corte, picareta, martetele ou rocha confirmada) = **36 (*opções*)**;

- 3 (opções de resistência da camada superficial, pá comum instável, pá comum estável ou pá de corte que admitem a presença de água) x 1 (opção de presença de água: subsuperficial) x 3 (opções de resistência da camada subsuperficial: pá comum instável, pá comum estável ou pá de corte) = **9 (opções)**;

- 1 (opção de resistência da camada superficial: picareta) x 3 (opções de resistência da camada subsuperficial: picareta, marteleto ou rocha confirmada) = **3 (opções)**;

- 1 (opção de resistência da camada superficial: marteleto) x 2 (opções de resistência da camada subsuperficial: marteleto ou rocha confirmada) = **2 (opções)**;

- 1 (opção de resistência da camada superficial: rocha aflorando) = **1 (opção única)**.

- SONDAGEM DE SIMPLES RECONHECIMENTO:

a) Profundidade da sondagem superficial:

- 6 (opções de resistência da camada superficial: baixíssima, muito baixa, baixa, média, alta ou muito alta) x 2 (opções de presença de água: sim ou não) = **12 (opções)**.

b) Profundidade da sondagem subsuperficial:

- 6 (opções de resistência da camada superficial: baixíssima, muito baixa, baixa, média, alta ou muito alta) x 6 (opções de resistência da camada subsuperficial: baixíssima, muito baixa, baixa, média, alta ou muito alta) x 3 (opções de presença de água: não, superficial ou subsuperficial) = **108 (opções)**.

c) Profundidade da sondagem intermediária:

- 6 (opções de resistência da camada superficial: baixíssima, muito baixa, baixa, média, alta ou muito alta) x 6 (opções de resistência da camada subsuperficial: baixíssima, muito baixa, baixa, média, alta ou muito alta) x 6 (opções de resistência da camada intermediária: baixíssima, muito baixa, baixa, média, alta ou muito alta) x 4 (opções de presença de água: não, superficial, subsuperficial ou intermediária) = **864 (opções)**.

Somando todas as opções referentes as três modalidades de informação que o sistema trabalha, obtém-se 1045 opções ($1 + 6 + 3 + 36 + 9 + 3 + 2 + 1 + 12 + 108 + 864$).

Considerando as 20 situações que o sistema admite de combinações de nível de carregamento (5) e tipo de estrutura (4), definidas inicialmente (fator multiplicador comum), obtém-se 20900 situações diferentes de consulta (20×1045).

Considerando, separadamente, as três opções de informações, o sistema responde:

- a) Informação **NENHUMA**: 20 situações;
- b) Informações **GENÉRICAS**: 1200 situações;
- c) Informações da **SONDAGEM DE SISMPLES RECONHECIMENTO**:
19680 situações.

Na resposta a uma consulta (ver Figura 6.6 por exemplo ou Anexo A, Tela 20), é apresentada ao usuário uma tela ao usuário que contém, além de um quadro com a resposta propriamente dita, dois botões: um (**REINÍCIO**) que faz o sistema iniciar uma nova consulta (Figura 6.3 ou Anexo A, Tela 1) e outro (**COMENTÁRIO**) que apresenta uma nova tela com um comentário sobre a resposta apresentada (ver Figura 6.8 por exemplo ou Anexo A, Tela 21).

Ao solicitar o comentário sobre a resposta dada pelo sistema, acionando o botão **COMENTÁRIO**, uma nova tela é apresentada ao usuário (Figura 6.8 por exemplo ou Anexo A, Tela 21), com o comentário justificando a resposta. Na mesma tela há cinco botões opcionais que podem ser acionados pelo usuário, dos quais três contêm informações complementares ao comentário e dois encaminham a consulta. Os cinco botões são:

- **OUTRAS REFERÊNCIAS (FUNDAÇÕES DIRETAS)**: botão que, ao ser acionado, apresenta uma tela contendo referências bibliográficas básicas sobre fundações diretas (ver Anexo A, Tela 23);

- **OUTRAS REFERÊNCIAS (FUNDAÇÕES PROFUNDAS)**: botão que, ao ser acionado, apresenta uma tela contendo referências bibliográficas básicas sobre fundações profundas (ver Anexo A, Tela 23);

- **DADOS / USUÁRIO**: botão que, ao ser acionado, apresenta uma tela contendo os dados fornecidos pelo usuário ao sistema durante a consulta (ver Figura 6.10 por exemplo ou Anexo A, Tela 22);

- **RETORNA**: botão que, ao ser acionado, retorna à tela que contém a resposta inicialmente apresentada (ver Figura 6.7 por exemplo ou Anexo A, Tela 21);

- **REINÍCIO**: botão que, ao ser acionado, apresenta a tela inicial, para uma nova consulta (ver Figura 6.3 ou Anexo A, Tela 1).

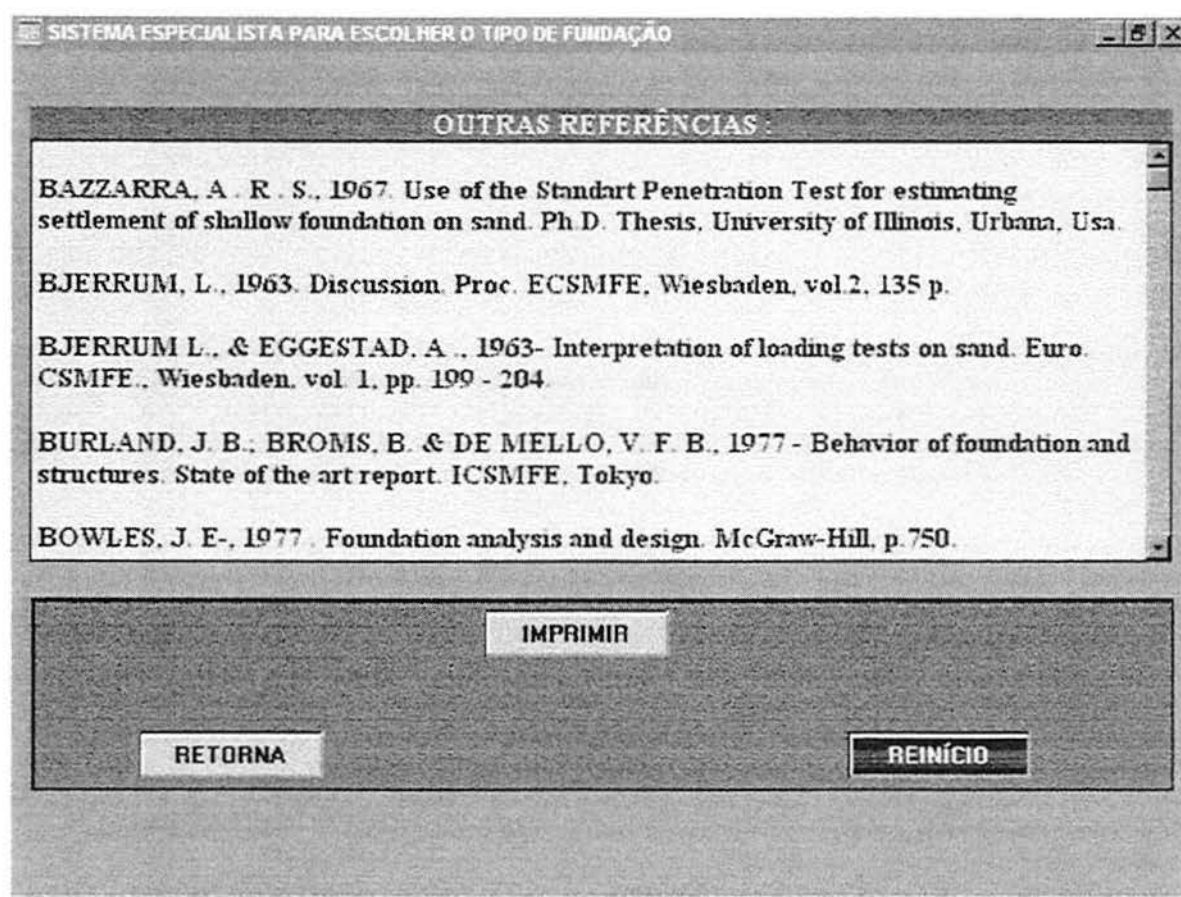


Figura 6.9 - Tela de apresentação das referências bibliográficas.

Quando o botão **OUTRAS REFERÊNCIAS (FUNDAÇÕES DIRETAS)** ou o botão **OUTRAS REFERÊNCIAS (FUNDAÇÕES PROFUNDAS)** é acionado, a tela apresentada ao usuário contém, além das referências bibliográficas, três botões: **RETORNA** e **REINÍCIO** já descritos anteriormente, e o botão **IMPRIMIR** (Figura 6.9 ou Anexo A, Tela 23).

O botão **IMPRIMIR**, ao ser acionado pelo usuário, viabiliza a impressão de um relatório da consulta. Esse relatório apresenta todas as informações referentes à consulta (um exemplo é apresentado no Anexo B):

- As informações que o usuário forneceu ao sistema;
- A resposta apresentada pela aplicação, a partir das informações fornecidas pelo usuário;
- O comentário relativo à resposta apresentada pelo sistema;
- As referências bibliográficas básicas selecionadas pelo usuário (sobre fundações diretas ou fundações profundas);
- Algumas orientações gerais sobre o sistema.

DADOS DO USUÁRIO	
CARREGAMENTO:	B BAIXO
ESTRUTURA:	TIP0_2
INFORMAÇÃO:	C SONDAGEM_DE_SIMPLES_RECONHECIMENTO
PROFUNDIDADE:	C INTERMEDIARIA
PRESENÇA DE ÁGUA:	B SUPERFICIAL
RESISTÊNCIA DA CAMADA SUPERFICIAL:	B MUITO_BAIXA
RESISTÊNCIA DA CAMADA SUBSUPERFICIAL:	B MUITO_BAIXA
RESISTÊNCIA DA CAMADA INTERMEDIÁRIA:	E ALTA

RETORNA REINÍCIO

Figura 6.10 - Tela de apresentação dos dados do usuário utilizados numa consulta ao sistema.

No Anexo B é apresentado um exemplo de relatório emitido pelo sistema após uma consulta.

6.5 Resumo e conclusões

Inicialmente, é apresentada uma descrição da estrutura interna do sistema, a qual é constituída de cinco módulos (Figura 6.1 e Figura 6.2) que, através do mecanismo de inferência (encadeamento para trás), manipulam as regras contidas na base de conhecimento do sistema, emulando o raciocínio utilizado pelo especialista.

A estrutura interna adotada para o sistema, demonstrou ser muito rígida, impossibilitando uma série de facilidades que poderiam ser oferecidas ao usuário, tais como: a criação de um menu de ajuda ao usuário disponível a qualquer momento da consulta e botões de esclarecimento em cada tela apresentada. Infelizmente esse fato só foi observado após a implementação do sistema no ambiente computacional, e o tempo disponível então, não permitiu uma nova implementação do sistema, com uma estrutura mais flexível.

O sistema, quando consultado, emula as estratégias utilizadas pelo especialista tanto na obtenção de informações como na resolução do problema, apresentando uma série de perguntas seguidas de opções de respostas, para o usuário escolher uma delas. Essas perguntas referem-se às informações necessárias para definir o problema e, a partir delas, possibilitar que o sistema chegue a uma solução. É apresentada uma descrição completa da interação do usuário com o sistema, quando é realizada uma consulta. O Anexo A (Demonstração do protótipo) apresenta a seqüência de telas que o sistema apresenta ao usuário.

A aplicação desenvolvida responde a 20900 situações diferentes de consulta, considerando as combinações possíveis dos dados fornecidos pelo usuário.

O Capítulo 7, a seguir, apresenta a avaliação a que a aplicação foi submetida. Inicialmente é descrita a **verificação** efetuada no sistema, seguida da **validação e análise da “usabilidade”** realizadas na aplicação.

7. A AVALIAÇÃO DO PROTÓTIPO

7.1 Introdução

Nesse capítulo é apresentada a avaliação do protótipo resultante no final da fase de implementação do sistema. De acordo com o apresentado na Capítulo 4, é a última fase do desenvolvimento da aplicação.

Como foi discutido no item 2.10, embora o sucesso de uma aplicação dependa da sua confiabilidade e qualidade, as quais são medidas através da avaliação do sistema, essa ainda não apresenta consenso quanto às especificações de suas medições.

A avaliação desenvolvida neste trabalho contempla as três dimensões do processo: a verificação, a validação e a análise da “usabilidade” do sistema, discutidos no item 2.10.

A seguir é descrito o método de avaliação aplicado ao protótipo do sistema desenvolvido neste trabalho, bem como os resultados obtidos.

7.2 A verificação do protótipo

O processo de verificação do protótipo teve início, de modo informal, desde a fase de implementação do sistema. Ao introduzir as regras codificadas na linguagem de programação, elas eram checadas, individualmente, quanto à sintaxe e a possíveis conflitos com outras regras já implementadas. Cada regra, após colocada na base de conhecimento do sistema, era testada, efetuando uma consulta ao sistema com as variáveis contidas na regra e, com isso, fazendo o programa rodar, utilizando aquela regra recém implementada.

O protótipo também foi submetido à verificação formal. A verificação formal do protótipo constituiu-se de dois testes: a análise da sensibilidade e o teste de robustez, os quais foram realizados pelo autor desse trabalho.

7.2.1 A análise de sensibilidade do protótipo

Na análise de sensibilidade procura-se avaliar se o sistema é sensível a pequenas variações nos dados de entrada. Essa análise foi conduzida em duas partes conforme o nível de informação disponível sobre o subsolo: uma relativa às informações genéricas e a outra, relativa à sondagem de simples reconhecimento.

A) INFORMAÇÕES GENÉRICAS: Para analisar a sensibilidade do sistema com relação às informações genéricas, foi adotado o seguinte método:

A .1) INFORMAÇÕES GENÉRICAS SOBRE A CAMADA SUPERFICIAL:

- foram fixados um nível de carregamento, presença de água no solo e um tipo de estrutura; e variou-se a resistência da camada superficial, registrando as respostas fornecidas pelo sistema (Tabela 5);

- foram fixados um nível de carregamento, presença de água no solo e a resistência da camada superficial; e variou-se o tipo de estrutura, registrando as respostas fornecidas pelo sistema (Tabela 7);

- foram fixados um tipo de estrutura, presença de água no solo e a resistência da camada superficial; e variou-se o nível de carregamento, registrando as respostas fornecidas pelo sistema (Tabela 9).

Os resultados obtidos são apresentados a seguir:

Tabela 5 - Análise da sensibilidade do sistema em relação às informações genéricas da camada superficial, fixados o nível de carregamento: médio, presença de água: não e o tipo de estrutura: tipo 1.

Resistência da camada superficial	Resposta do sistema
Pá comum instável	Não usar fundação direta
Pá comum estável	Não usar fundação direta
Pá de corte	Usar fundação direta (bloco ou sapata) apoiada na camada superficial
Picareta	Usar fundação direta (bloco ou sapata) apoiada na camada superficial
Martelete	Usar fundação direta (bloco ou sapata) apoiada na camada superficial
Rocha aflorando	Usar fundação direta (bloco ou sapata) apoiada na camada superficial

A fim de avaliar a sensibilidade do sistema quanto à presença de água do solo nesta situação, foi fixada a resistência da camada superficial (o caso, resistência da camada superficial: PICARETA) e variaram-se as possibilidades de dados fornecidos pelo usuário quanto à presença de água do solo, obtendo-se as respostas apresentadas na Tabela 6:

Tabela 6 - Análise da sensibilidade do sistema em relação às informações genéricas da camada superficial, fixados o nível de carregamento: médio, o tipo de estrutura: tipo 1 e a resistência da camada superficial: picareta.

Presença de água	Resposta do sistema
Não	Usar fundação direta (bloco ou sapata) apoiada na camada superficial
Sim	Usar fundação direta (bloco ou sapata) apoiada na camada superficial com medidas especiais (rebaixamento do nível d'água, esgotamento d'água, escoamento, etc.) se a cota de assentamento da fundação for inferior à cota do nível d'água.

COMENTÁRIO: As possibilidades de resposta do sistema quando a informação é GENÉRICA e refere-se a camada superficial são muito limitadas (fundações diretas), o que

limita a análise da sensibilidade do sistema. Entretanto as respostas apresentadas são coerentes: para o nível de carregamento e tipo de estrutura fixados (MÉDIO e TIPO 1), as resistências da camada superficial definida pela pá comum instável e pá comum estável não admitem a utilização de fundação direta. Somente quando a resistência da camada superficial é pá de corte, picareta, martetele ou rocha aflorando, é possível utilizar as fundações diretas para as condições fixadas. Por outro lado, quanto a presença de água do solo, o sistema apresentou-se sensível, conforme pode ser observado na Tabela 6.

Tabela 7 - Análise da sensibilidade do sistema em relação às informações genéricas da camada superficial, fixados o nível de carregamento: médio, presença de água: não e o resistência da camada superficial: pá de corte.

Tipo de estrutura	Resposta do sistema
Tipo 1	Usar fundação direta (bloco ou sapata) apoiada na camada superficial
Tipo 2	Usar fundação direta (bloco ou sapata) apoiada na camada superficial
Tipo 3	Não usar fundação direta
Tipo 4	Não usar fundação direta

A fim de avaliar a sensibilidade do sistema quanto a presença de água do solo nesta situação, foi fixado também o tipo de estrutura (no caso, tipo de estrutura: TIPO 2) e variaram-se as possibilidades de dados fornecidos pelo usuário quanto à presença de água do solo, obtendo-se as respostas apresentadas na Tabela 8:

Tabela 8 - Análise da sensibilidade do sistema em relação às informações genéricas da camada superficial, fixados o nível de carregamento: médio, o tipo de estrutura: tipo 2 e a resistência da camada superficial: picareta.

Presença de água	Resposta do sistema
Não	Usar fundação direta (bloco ou sapata) apoiada na camada superficial
Sim	Usar fundação direta (bloco ou sapata) apoiada na camada superficial com medidas especiais (rebaixamento do nível d'água, esgotamento d'água, escoamento, etc.) se a cota de assentamento da fundação for inferior à cota do nível d'água.

COMENTÁRIO: Como foi salientado no comentário anterior, as possibilidades de resposta do sistema quando a informação é GENÉRICA e refere-se a camada superficial são muito limitadas (fundações diretas), o que dificulta a análise da sensibilidade do sistema. Entretanto as respostas apresentadas são coerentes: para o nível de carregamento e resistência da camada superficial (MÉDIO e PÁ DE CORTE), os tipos de estruturas 3 e 4 não admitem a utilização de fundação direta. Somente quando o tipo de estrutura é do tipo 1 e 2, é possível utilizar as fundações diretas para as condições fixadas. Por outro lado, quanto à presença de água do solo, o sistema apresentou-se sensível, conforme pode ser observado na Tabela 8.

Tabela 9 - Análise da sensibilidade do sistema em relação às informações genéricas da camada superficial, fixados a resistência da camada superficial: pá de corte, presença de água: não e o tipo de estrutura: tipo 2.

Nível de carregamento	Resposta do sistema
Muito baixo	Usar fundação direta (bloco ou sapata) apoiada na camada superficial.
Baixo	Usar fundação direta (bloco ou sapata) apoiada na camada superficial
Médio	Usar fundação direta (bloco ou sapata) apoiada na camada superficial
Alto	Não usar fundação direta
Excepcional	Não usar fundação direta

A fim de avaliar a sensibilidade do sistema quanto à presença de água do solo nesta situação, foi fixado também o nível de carregamento (no caso, nível de carregamento: BAIXO) e variaram-se as possibilidades de dados fornecidos pelo usuário quanto à presença de água do solo, obtendo-se as respostas apresentadas na Tabela 10:

Tabela 10 - Análise da sensibilidade do sistema em relação às informações genéricas da camada superficial, fixados o nível de carregamento: baixo, o tipo de estrutura: tipo 2 e a resistência da camada superficial: pá de corte.

Presença de água	Resposta do sistema
Não	Usar fundação direta (bloco ou sapata) apoiada na camada superficial
Sim	Usar fundação direta (bloco ou sapata apoiada na camada superficial com medidas especiais (rebaixamento do nível d'água, esgotamento d'água, escoamento, etc.) se a cota de assentamento da fundação for inferior à cota do nível d'água.

COMENTÁRIO: Considerando a dificuldade de análise da sensibilidade do sistema salientada anteriormente, as respostas apresentadas são coerentes: para o tipo de estrutura e resistência da camada superficial (TIPO 2 e PÁ DE CORTE), o nível de carregamento alto e excepcional não admitem a utilização de fundação direta. Somente quando o nível de carregamento é muito baixo, baixo ou médio, é possível utilizar as fundações diretas para as condições fixadas. Por outro lado, quanto à presença de água do solo, o sistema apresentou-se sensível, conforme pode ser observado na Tabela 10.

A.2) INFORMAÇÕES GENÉRICAS SOBRE A CAMADA SUPERFICIAL E SUBSUPERFICIAL:

- foram fixados um nível de carregamento, um tipo de estrutura, a presença de água do solo e a resistência da camada superficial; e variou-se a resistência da camada subsuperficial, registrando as respostas fornecidas pelo sistema (Tabela 11);

- foram fixados um nível de carregamento, a presença de água do solo, a resistência da camada superficial e a resistência da camada subsuperficial; e variou-se o tipo de estrutura, registrando as respostas fornecidas pelo sistema (Tabela 13);

- foram fixados um tipo de estrutura, a presença de água do solo, a resistência da camada superficial, a resistência da camada subsuperficial; e variou-se o nível de carregamento, registrando as respostas fornecidas pelo sistema (Tabela 15).

Os resultados obtidos são apresentados a seguir:

Tabela 11 - Análise da sensibilidade do sistema em relação às informações genéricas da camada superficial e subsuperficial, fixados o nível de carregamento: médio, presença de água: não, o tipo de estrutura: tipo 1 e a resistência da camada superficial: pá de corte.

Resistência da camada subsuperficial	Resposta do sistema
Pá comum instável	Não usar fundação direta
Pá comum estável	Não usar fundação direta
Pá de corte	Usar fundação direta (bloco ou sapata) apoiada na camada superficial
Picareta	Usar fundação direta (bloco ou sapata) apoiada na camada superficial
Martelete	Usar fundação direta (bloco ou sapata) apoiada na camada superficial
Rocha confirmada	Usar fundação direta (bloco ou sapata) apoiada na camada superficial

A fim de avaliar a sensibilidade do sistema quanto à presença de água do solo nesta situação, foi fixado também a resistência da camada subsuperficial (no caso, resistência da camada subsuperficial: PÁ DE CORTE) e variaram-se as possibilidades de dados fornecidos pelo usuário quanto à presença de água do solo, obtendo-se as respostas apresentadas na Tabela 12:

Tabela 12 - Análise da sensibilidade do sistema em relação às informações genéricas da camada superficial e subsuperficial, fixados o nível de carregamento: médio, o tipo de estrutura: tipo 1, a resistência da camada superficial: pá de corte e resistência da camada subsuperficial: pá de corte.

Presença de água	Resposta do sistema
Não	Usar fundação direta (bloco ou sapata) apoiada na camada superficial
Superficial	Usar fundação direta (bloco ou sapata) apoiada na camada superficial com medidas especiais (rebaixamento do nível d'água, esgotamento d'água, escoamento, etc.) se a cota de assentamento da fundação for inferior à cota do nível d'água
Subsuperficial	Usar fundação direta (bloco ou sapata) apoiada na camada superficial

COMENTÁRIO: As possibilidades de resposta do sistema quando a informação é GENÉRICA e refere-se a camada superficial e subsuperficial são também limitadas (fundações diretas e tubulão), o que dificulta a análise da sensibilidade do sistema. Entretanto as respostas apresentadas são coerentes: para o nível de carregamento, o tipo de estrutura e resistência da camada superficial (MÉDIO, TIPO 1 e PÁ DE CORTE), a resistência da camada subsuperficial definida por pá comum instável e pá comum estável não admitem a utilização de fundação direta. Somente quando a resistência da camada subsuperficial definida por pá de corte, picareta, martetele ou rocha confirmada, é possível utilizar as fundações diretas para as condições fixadas. Por outro lado, quanto à presença de água do solo, o sistema apresentou-se sensível, conforme pode ser observado na Tabela 12.

Tabela 13 - Análise da sensibilidade do sistema em relação às informações genéricas da camada superficial e subsuperficial, fixados o nível de carregamento: médio, presença de água: não, a resistência da camada superficial e da camada subsuperficial: pá de corte.

Tipo de estrutura	Resposta do sistema
Tipo 1	Usar fundação direta (bloco ou sapata) apoiada na camada superficial
Tipo 2	Usar fundação direta (bloco ou sapata) apoiada na camada superficial
Tipo 3	Não usar fundação direta
Tipo 4	Não usar fundação direta

A fim de avaliar a sensibilidade do sistema quanto à presença de água do solo nesta situação, foi fixado também a tipo de estrutura (no caso, tipo de estrutura: TIPO 2) e variaram-se as possibilidades de dados fornecidos pelo usuário quanto à presença de água do solo, obtendo-se as respostas apresentadas na Tabela 14:

Tabela 14 - Análise da sensibilidade do sistema em relação às informações genéricas da camada superficial e subsuperficial, fixados o nível de carregamento: médio, o tipo de estrutura: tipo 2, a resistência da camada superficial: pá de corte e resistência da camada subsuperficial: pá de corte.

Presença de água	Resposta do sistema
Não	Usar fundação direta (bloco ou sapata) apoiada na camada superficial
Superficial	Usar fundação direta (bloco ou sapata) apoiada na camada superficial com medidas especiais (rebaixamento do nível d'água, esgotamento d'água, escoamento, etc.) se a cota de assentamento da fundação for inferior à cota do nível d'água
Subsuperficial	Usar fundação direta (bloco ou sapata) apoiada na camada superficial

COMENTÁRIO: As respostas apresentadas são coerentes: para o nível de carregamento, resistência da camada superficial e resistência da camada subsuperficial (MÉDIO, PÁ DE CORTE e PÁ DE CORTE), o tipo de estrutura 3 e 4 não admitem a utilização de fundação direta. Somente quando o tipo de estrutura é 1 e 2, é possível utilizar as fundações diretas para

as condições fixadas. Quanto à presença de água do solo, o sistema apresentou-se sensível, conforme pode ser observado na Tabela 14.

Tabela 15 - Análise da sensibilidade do sistema em relação às informações genéricas da camada superficial e subsuperficial, fixados a presença de água: não, o tipo de estrutura: tipo 1 e a resistência da camada superficial e subsuperficial: pá de corte.

Nível de carregamento	Resposta do sistema
Muito baixo	Usar fundação direta (bloco ou sapata) apoiada na camada superficial
Baixo	Usar fundação direta (bloco ou sapata) apoiada na camada superficial
Médio	Usar fundação direta (bloco ou sapata) apoiada na camada superficial
Alto	Não usar fundação direta
Excepcional	Não usar fundação direta

A fim de avaliar a sensibilidade do sistema quanto à presença de água do solo nesta situação, foi fixado também o nível de carregamento (no caso, nível de carregamento: BAIXO) e variaram-se as possibilidades de dados fornecidos pelo usuário quanto à presença de água no solo, obtendo-se as respostas apresentadas na Tabela 16:

Tabela 16 - Análise da sensibilidade do sistema em relação às informações genéricas da camada superficial e subsuperficial, fixados o nível de carregamento: baixo, o tipo de estrutura: tipo 1, a resistência da camada superficial: pá de corte e resistência da camada subsuperficial: pá de corte.

Presença de água	Resposta do sistema
Não	Usar fundação direta (bloco ou sapata) apoiada na camada superficial
Superficial	Usar fundação direta (bloco ou sapata) apoiada na camada superficial com medidas especiais (rebaixamento do nível d'água, esgotamento d'água, escoamento, etc.) se a cota de assentamento da fundação for inferior à cota do nível d'água
Subsuperficial	Usar fundação direta (bloco ou sapata) apoiada na camada superficial

COMENTÁRIO: Para o tipo de estrutura, resistência da camada superficial e resistência da camada subsuperficial (TIPO 1, PÁ DE CORTE e PÁ DE CORTE), o nível de carregamento alto e excepcional não admitem a utilização de fundação direta. Somente quando o nível de carregamento é muito baixo, baixo e médio, é possível utilizar as fundações diretas para as condições fixadas, demonstrando a coerência das respostas apresentadas pelo sistema. Por outro lado, quanto à presença de água do solo, o sistema apresentou-se sensível, conforme pode ser observado na Tabela 16.

CONCLUSÃO: No caso de informações genéricas, o sistema responde também de forma genérica, já que esse tipo de informação não permite uma resposta mais detalhada, prejudicando a análise da sensibilidade das respostas em relação à variação da entrada de dados.

B) INFORMAÇÕES DA SONDAGEM DE SIMPLES RECONHECIMENTO: Para analisar a sensibilidade do sistema com relação às informações oriundas da sondagem de simples reconhecimento, consideraram-se as sondagens com profundidade até a camada intermediária e foi adotado o seguinte procedimento:

- considerando o grande número de combinações possíveis em relação à resistência das camadas (três camadas e cinco níveis de resistência), foi fixado um perfil único do subsolo, a saber: camada superficial: MUITO BAIXA, camada subsuperficial: BAIXA e camada intermediária: ALTA;

- com relação ao perfil único do subsolo, foi fixado o nível de carregamento e variou-se o tipo de estrutura, sendo registradas as respostas fornecidas pelo sistema para as diferentes possibilidades do nível d'água;

- com relação ao mesmo perfil do subsolo, foi fixado o tipo de estrutura e variou-se o nível de carregamento, sendo registradas as respostas fornecidas pelo sistema para as diferentes possibilidades do nível d' água.

Tendo em vista o grande volume de resultados obtidos na análise de sensibilidade em relação às informações oriundas da sondagem de simples reconhecimento, abaixo são apresentados dois grupos de resultados: um referente à variação do tipo de estrutura

mantendo-se o nível de carregamento fixo (Tabelas 17, 18, 19 e 20) e outro, referente à variação do nível de carregamento mantendo-se fixo o tipo de estrutura (Tabelas 21, 22, 23, 24 e 25). As Tabelas 18 e 21 referem-se a perfis de solos diferentes.

Tabela 17 - Análise da sensibilidade do sistema em relação às informações da sondagem de simples reconhecimento, fixados o nível de carregamento: muito baixo e o tipo de estrutura: tipo 1.

Presença de água	Resposta do sistema
Não	Usar fundação direta (bloco ou sapata) apoiada na camada superficial, ou estaca broca, ou estaca apiloada, ou estaca tipo Strauss, ou estaca pré-moldada de concreto armado
Superficial	Usar fundação direta (bloco ou sapata) apoiada na camada superficial com medidas especiais (rebaixamento do nível d'água, esgotamento d'água, escoamento, etc.) se a cota de assentamento da fundação for inferior à cota do nível d'água, ou estaca tipo Strauss revestida, ou estaca de madeira, ou estaca pré-moldada de concreto armado.
Subsuperficial	Usar fundação direta (bloco ou sapata) apoiada na camada superficial, ou estaca tipo Strauss revestida, ou estaca pré-moldada de concreto armado.
Intermediária	Usar fundação direta (bloco ou sapata) apoiada na camada superficial, ou estaca broca, ou estaca apiloada, ou estaca tipo Strauss, ou estaca pré-moldada de concreto armado

Tabela 18 - Análise da sensibilidade do sistema em relação às informações da sondagem de simples reconhecimento, fixados o nível de carregamento: muito baixo e o tipo de estrutura: tipo 2.

Presença de água	Resposta do sistema
Não	Usar fundação direta (bloco ou sapata) apoiada na camada superficial, ou estaca broca, ou estaca apiloadas, ou estaca tipo Strauss, ou estaca pré-moldada de concreto armado
Superficial	Usar fundação direta (bloco ou sapata) apoiada na camada superficial com medidas especiais (rebaixamento do nível d'água, esgotamento d'água, escoamento, etc.) se a cota de assentamento da fundação for inferior à cota do nível d'água, ou estaca tipo Strauss revestida, ou estaca de madeira, ou estaca pré-moldada de concreto armado.
Subsuperficial	Usar fundação direta (bloco ou sapata) apoiada na camada superficial, ou estaca tipo Strauss revestida, ou estaca pré-moldada de concreto armado.
Intermediária	Usar fundação direta (bloco ou sapata) apoiada na camada superficial, ou estaca broca, ou estaca apiloadas, ou estaca tipo Strauss, ou estaca pré-moldada de concreto armado

Tabela 19 - Análise da sensibilidade do sistema em relação às informações da sondagem de simples reconhecimento, fixados o nível de carregamento: muito baixo e o tipo de estrutura: tipo 3.

Presença de água	Resposta do sistema
Não	Usar fundação direta (bloco ou sapata) ou tubulão apoiado na camada subsuperficial, ou estaca tipo Strauss, ou estaca pré-moldada de concreto armado
Superficial	Usar fundação direta (bloco ou sapata) apoiada na camada subsuperficial com medidas especiais (rebaixamento do nível d'água, esgotamento d'água, escoamento, etc.), ou estaca tipo Strauss revestida, ou estaca de madeira, ou estaca pré-moldada de concreto armado.
Subsuperficial	Usar fundação direta (bloco ou sapata) apoiada na camada subsuperficial com medidas especiais (rebaixamento do nível d'água, esgotamento d'água, escoamento, etc.) se a cota de assentamento da fundação for inferior à cota do nível d'água, ou estaca tipo Strauss revestida, ou estaca pré-moldada de concreto armado.
Intermediária	Usar fundação direta (bloco ou sapata) ou tubulão apoiado na camada subsuperficial, ou estaca tipo Strauss (revestida se a cota da ponta da estaca for inferior à cota do nível d'água), ou estaca pré-moldada de concreto armado

Tabela 20 - Análise da sensibilidade do sistema em relação às informações da sondagem de simples reconhecimento, fixados o nível de carregamento: muito baixo e o tipo de estrutura: tipo 4.

Presença de água	Resposta do sistema
Não	Usar tubulão apoiado na camada intermediária, ou estaca tipo Strauss, ou estaca pré-moldada de concreto armado
Superficial	Usar estaca tipo Strauss revestida, ou estaca de madeira, ou estaca pré-moldada de concreto armado.
Subsuperficial	Usar estaca tipo Strauss revestida, ou estaca pré-moldada de concreto armado.
Intermediária	Usar estaca tipo Strauss (revestida se a cota da ponta da estaca for inferior à cota do nível d'água), ou estaca pré-moldada de concreto armado

Tabela 21 - Análise da sensibilidade do sistema em relação às informações da sondagem de simples reconhecimento, fixados o nível de carregamento: muito baixo e o tipo de estrutura: tipo 2.

Presença de água	Resposta do sistema
Não	Usar fundação direta (bloco ou sapata) apoiada na camada superficial, ou estaca broca, ou estaca apiloada, ou estaca tipo Strauss, ou estaca pré-moldada de concreto armado
Superficial	Usar fundação direta (bloco ou sapata) apoiada na camada superficial com medidas especiais (rebaixamento do nível d'água, esgotamento d'água, escoamento, etc.) se a cota de assentamento da fundação for inferior à cota do nível d'água, ou estaca tipo Strauss revestida, ou estaca de madeira, ou estaca pré-moldada de concreto armado.
Subsuperficial	Usar fundação direta (bloco ou sapata) apoiada na camada superficial, ou estaca tipo Strauss revestida, ou estaca pré-moldada de concreto armado.
Intermediária	Usar fundação direta (bloco ou sapata) apoiada na camada superficial, ou estaca broca, ou estaca apiloada, ou estaca tipo Strauss (revestida se a cota da ponta da estaca for inferior à cota do nível d'água), ou estaca pré-moldada de concreto armado

Tabela 22 - Análise da sensibilidade do sistema em relação às informações da sondagem de simples reconhecimento, fixados o nível de carregamento: baixo e o tipo de estrutura: tipo 2.

Presença de água	Resposta do sistema
Não	Usar fundação direta (bloco ou sapata) ou tubulão apoiado na camada subsuperficial, ou estaca tipo Strauss, ou estaca escavada de pequeno diâmetro, ou estaca raiz, ou estaca pré-moldada de concreto armado ou protendido, ou estaca metálica.
Superficial	Usar fundação direta (bloco ou sapata) apoiada na camada subsuperficial com medidas especiais (rebaixamento do nível d'água, esgotamento d'água, escoamento, etc.), ou estaca tipo Strauss revestida, ou estaca escavada de pequeno diâmetro revestida e/ou com lama bentonítica, ou estaca raiz, ou estaca de madeira, ou estaca pré-moldada de concreto armado ou protendido, ou estaca metálica.
Subsuperficial	Usar fundação direta (bloco ou sapata) apoiada na camada subsuperficial com medidas especiais (rebaixamento do nível d'água, esgotamento d'água, escoamento, etc.) se a cota de assentamento da fundação for inferior à cota do nível d'água, ou estaca tipo Strauss revestida, ou estaca escavada de pequeno diâmetro revestida e/ou com lama bentonítica, ou estaca raiz, ou estaca pré-moldada de concreto armado ou protendido, ou estaca metálica.
Intermediária	Usar fundação direta (bloco ou sapata) ou tubulão apoiado na camada subsuperficial, ou estaca tipo Strauss (revestida se a cota da ponta da estaca for inferior à cota do nível d'água), ou estaca escavada de pequeno diâmetro (revestida e/ou com lama bentonítica se a cota da ponta da estaca for inferior à cota do nível d'água), ou estaca raiz, ou estaca pré-moldada de concreto armado ou protendido, ou estaca metálica.

Tabela 23 - Análise da sensibilidade do sistema em relação às informações da sondagem de simples reconhecimento, fixados o nível de carregamento: médio e o tipo de estrutura: tipo 2.

Presença de água	Resposta do sistema
Não	Usar tubulão apoiado na camada intermediária, ou estaca tipo Strauss, ou estaca escavada de pequeno diâmetro ou grande diâmetro, ou estaca raiz, ou estaca hélice contínua, ou estaca pré-moldada de concreto armado ou protendido, ou estaca metálica, ou estaca tipo Franki (standard).
Superficial	Usar estaca tipo Strauss revestida, ou estaca escavada de pequeno ou grande diâmetro revestida e/ou com lama bentonítica, ou estaca raiz, ou estaca hélice contínua, ou estaca de madeira, ou estaca pré-moldada de concreto armado ou protendido, ou estaca metálica, ou estaca Franki (standard).
Subsuperficial	Usar estaca tipo Strauss revestida, ou estaca escavada de pequeno ou grande diâmetro revestida e/ou com lama bentonítica, ou estaca raiz, ou estaca hélice contínua, ou estaca pré-moldada de concreto armado ou protendido, ou estaca metálica, ou estaca tipo Franki (standard).
Intermediária	Usar tubulão apoiado na camada intermediária se a cota de assentamento da fundação for superior a cota do nível d'água, ou estaca tipo Strauss (revestida se a cota da ponta da estaca for inferior à cota do nível d'água), ou estaca escavada de pequeno ou grande diâmetro (revestida e/ou com lama bentonítica se a cota da ponta da estaca for inferior à cota do nível d'água), ou estaca raiz, ou estaca hélice contínua, ou estaca pré-moldada de concreto armado ou protendido, ou estaca metálica, ou estaca tipo Franki (standard).

Tabela 24 - Análise da sensibilidade do sistema em relação às informações da sondagem de simples reconhecimento, fixados o nível de carregamento: alto e o tipo de estrutura: tipo 2.

Presença de água	Resposta do sistema
Não	Usar tubulão apoiado na camada intermediária, ou estaca escavada de pequeno ou grande diâmetro, ou estaca raiz, ou estaca hélice contínua, ou estaca pré-moldada de concreto armado ou protendido, ou estaca metálica, ou estaca tipo Franki (standard).
Superficial	Usar tubulão apoiado na camada intermediária (com rebaixamento do nível d'água ou ar comprimido), ou estaca escavada de pequeno ou grande diâmetro revestida e/ou com lama bentonítica, ou estaca raiz, ou estaca hélice contínua, ou estaca de madeira, ou estaca pré-moldada de concreto armado ou protendido, ou estaca metálica, ou estaca Franki (standard).
Subsuperficial	Usar tubulão apoiado na camada intermediária (com rebaixamento do nível d'água ou ar comprimido), ou estaca escavada de pequeno ou grande diâmetro revestida e/ou com lama bentonítica, ou estaca raiz, ou estaca hélice contínua, ou estaca pré-moldada de concreto armado ou protendido, ou estaca metálica, ou estaca tipo Franki (standard).
Intermediária	Usar tubulão apoiado na camada intermediária (com rebaixamento do nível d'água ou ar comprimido se a cota de assentamento da fundação for inferior a cota do nível d'água), ou estaca escavada de pequeno ou grande diâmetro (revestida e/ou com lama bentonítica se a cota da ponta da estaca for inferior à cota do nível d'água), ou estaca raiz, ou estaca hélice contínua, ou estaca pré-moldada de concreto armado ou protendido, ou estaca metálica, ou estaca tipo Franki (standard).

Tabela 25 - Análise da sensibilidade do sistema em relação às informações da sondagem de simples reconhecimento, fixados o nível de carregamento: excepcional e o tipo de estrutura: tipo 2.

Presença de água	Resposta do sistema
Não	Usar estaca escavada de grande diâmetro, ou estaca raiz, ou estaca hélice contínua, ou estaca pré-moldada de concreto protendido, ou estaca metálica, ou estaca tipo Franki (standard).
Superficial	Usar estaca escavada de grande diâmetro revestida e/ou com lama bentonítica, ou estaca raiz, ou estaca hélice contínua, ou estaca de madeira, ou estaca pré-moldada de concreto protendido, ou estaca metálica, ou estaca Franki (standard).
Subsuperficial	Usar estaca escavada de grande diâmetro revestida e/ou com lama bentonítica, ou estaca raiz, ou estaca hélice contínua, ou estaca pré-moldada de concreto protendido, ou estaca metálica, ou estaca tipo Franki (standard).
Intermediária	Usar estaca escavada de grande diâmetro (revestida e/ou com lama bentonítica se a cota da ponta da estaca for inferior à cota do nível d'água), ou estaca raiz, ou estaca hélice contínua, ou estaca pré-moldada de concreto protendido, ou estaca metálica, ou estaca tipo Franki (standard).

COMENTÁRIO: Como pode ser observado nos dois grupos de resultados apresentados acima, o sistema mostrou-se sensível em relação às variações dos dados de entrada.

Quando o nível de carregamento MUITO BAIXO é mantido constante (primeiro grupo de resultados), ao variar o tipo estrutura, observa-se uma variação coerente na camada de apoio das fundações diretas e tubulão, quando for caso. Nessas condições, ao variar o nível d'água, as respostas apresentam, também variações coerente com a posição do nível d'água: conforme o caso, eliminando alguns tipos de estacas que não são indicadas quando existe água no subsolo, ou acrescentando, como no caso da estaca de madeira quando o nível d'água é superficial. Cuidados especiais em relação as fundações diretas também são apresentados coerentemente de acordo com a posição do nível d'água.

Quando o tipo de estrutura TIPO 2 é mantido constante (segundo grupo de resultados), ao variar o nível de carregamento, observa-se que sistema, coerentemente, apresenta nas respostas variações tanto em relação a camada de apoio para as fundações diretas e tubulões, como em relação ao tipos de estacas mais adequados para cada nível de

carregamento. Para cada nível de carregamento, observa-se em relação a variação da posição do nível d'água, que o sistema é sensível e responde com coerência de acordo com cada posição do nível d'água: alguns tipos de estacas são eliminadas quando da presença de água no subsolo, outras são acrescentadas, como no caso da estaca de madeira, quando o nível d'água é superficial. Além disso, conforme a posição do nível d'água no subsolo, cuidados especiais são apresentados tanto para alguns tipos de estacas que os exigem, como para as fundações diretas, quando for o caso.

7.2.2 Testes de robustez

Os testes de robustez avaliam se o sistema, quando submetido a situações extremas, apresenta respostas adequadas. Para realizar esses testes foram utilizados casos hipotéticos, onde níveis de carregamentos extremos (MUITO BAIXO e EXCEPCIONAL) foram combinados com resistência das camadas do subsolo reduzidas e elevadas. As combinações do nível de carregamento e resistência das camadas, foram testadas para os três níveis de informação que o sistema trabalha: nenhuma, genérica e sondagem de simples reconhecimento. Alguns resultados são apresentados a seguir (nesses resultados, o tipo de estrutura, TIPO 2, foi mantido constante):

A) INFORMAÇÃO: NENHUMA

Essa possibilidade, como já foi salientado anteriormente, foi incluída no sistema por razões didáticas, tendo em visto tratar-se de uma aplicação direcionada à instrução e ao treinamento. Evidentemente, que sem qualquer informação do subsolo, não é possível efetuar a escolha dos tipos de fundações tecnicamente adequados para qualquer combinação do nível de carregamento e tipo estrutural. Entretanto, foram efetuados testes em todas as situações possíveis, para verificar a coerência das respostas apresentadas pela aplicação.

Em todos os testes em que não era disponível informação sobre o subsolo, as respostas foram coerentes. Nesses casos, o sistema apresentou a seguinte resposta:

SEM INFORMAÇÕES SOBRE O SUBSOLO NÃO É POSSÍVEL ESCOLHER O TIPO DE FUNDAÇÃO

B) INFORMAÇÃO: GENÉRICA

Nas informações genéricas sobre o subsolo, foram consideradas as duas possibilidades desse tipo de informação: em relação à camada superficial e em relação às camadas superficial e subsuperficial. Abaixo estão resumidos nas Tabelas 26 e 27 os resultados dos testes:

Tabela 26 - Resultados do teste de robustez referentes as informações genéricas relativas a camada superficial.

Nível de carregamento	Resistência da camada superficial	Resposta do sistema
Muito baixo	Pá comum instável	Não usar fundação direta
Muito baixo	Rocha aflorando	Usar fundação direta (bloco ou sapata) apoiada na camada superficial
Excepcional	Pá comum instável	Não usar fundação direta
Excepcional	Rocha aflorando	Usar fundação direta (bloco ou sapata) apoiada na camada superficial

Tabela 27 - Resultados do teste de robustez referentes as informações genéricas relativas as camadas superficial e subsuperficial.

Nível de carregamento	Resistência da camada superficial	Resistência da camada subsuperficial	Resposta do sistema
Muito baixo	Pá comum instável	Pá comum instável	Não usar fundação direta
Muito baixo	Martelete	Rocha confirmada	Usar fundação direta (bloco ou sapata) apoiada na camada superficial
Excepcional	Pá comum instável	Pá comum instável	Não usar fundação direta
Excepcional	Martelete	Rocha confirmada	Usar fundação direta (bloco ou sapata) apoiada na camada superficial

COMENTÁRIO: Como pode ser observado nos oito casos apresentados acima, o sistema apresenta resposta coerente, quando levado à condição extrema, para as informações genéricas. O sistema foi consultado para níveis de carregamentos de pouca intensidade e resistência das camadas reduzidas (primeira linha das Tabelas 26 e 27) e elevadas (segunda linha das Tabelas 26 e 27), bem como, para níveis de carregamentos elevados e resistências das camadas reduzidas (terceira linha das Tabelas 26 e 27) e elevadas (quarta linha das Tabelas 26 e 27), apresentando em todos os casos respostas coerentes.

C) INFORMAÇÃO: SONDAGEM DE SIMPLES RECONHECIMENTO

Em relação à sondagem de simples reconhecimento, foram consideradas nos testes as três possibilidades da profundidade da sondagem: superficial, subsuperficial e intermediária. Abaixo, nas Tabelas 28, 29 e 30, estão apresentados os resultados:

Tabela 28 - Resultados do teste de robustez referentes as informações de sondagem de simples reconhecimento com profundidade superficial.

Nível de carregamento	Resistência da camada superficial	Resposta do sistema
Muito baixo	Baixíssima	Não usar fundação direta
Muito baixo	Muito alta	Usar fundação direta (bloco ou sapata) apoiada na camada superficial.
Excepcional	Baixíssima	Não usar fundação direta
Excepcional	Muito alta	Usar fundação direta (bloco ou sapata) apoiada na camada superficial

Tabela 29 - Resultados do teste de robustez referentes as informações de sondagem de simples reconhecimento com profundidade subsuperficial.

Nível de carregamento	Resistência da camada superficial	Resistência da camada subsuperficial	Resposta do sistema
Muito baixo	Baixíssima	Baixíssima	Não usar fundação direta
Muito baixo	Muito alta	Muito alta	Usar fundação direta (bloco ou sapata) apoiada na camada superficial)
Excepcional	Baixíssima	Baixíssima	Não usar fundação direta
Excepcional	Muito alta	Muito alta	Usar fundação direta (bloco ou sapata) apoiada na camada superficial)

Tabela 30 - Resultados do teste de robustez referentes as informações de sondagem de simples reconhecimento com profundidade intermediária.

Nível de carregamento	Resistência da camada superficial	Resistência da camada subsuperficial	Resistência da camada intermediária	Resposta do sistema
Muito baixo	Baixíssima	Baixíssima	Baixíssima	Não usar fundação direta
Muito baixo	Baixíssima	Baixíssima	Muito alta	Usar estaca pré-moldada de concreto armado
Muito baixo	Muito alta	Muito alta	Baixíssima	Usar fundação direta (bloco ou sapata) apoiada na camada superficial com avaliação de recalque
Muito baixo	Muito alta	Muito alta	Muito alta	Usar fundação direta (bloco ou sapata) apoiada na camada superficial
Excepcional	Baixíssima	Baixíssima	Baixíssima	Não usar fundação direta
Excepcional	Baixíssima	Baixíssima	Muito alta	Usar estaca escavada de grande diâmetro revestida e/ou com lama bentonítica, ou estaca hélice contínua, ou estaca pré-moldada de concreto protendido, ou estaca metálica
Excepcional	Muito alta	Muito alta	Baixíssima	Usar fundação direta (bloco ou sapata) apoiada na camada superficial com avaliação de recalque
Excepcional	Muito alta	Muito alta	Muito alta	Usar fundação direta (bloco ou sapata) apoiada na camada superficial

COMENTÁRIO: Os resultados apresentados acima (16 casos), com respostas coerentes do sistema, demonstram a robustez do mesmo em relação às informações oriundas da sondagem de simples reconhecimento. Assim como foi realizado nas informações genéricas, o sistema foi consultado para níveis de carregamentos de pouca intensidade e resistência das camadas reduzidas e elevadas, bem como, para níveis de carregamentos elevados e resistências das camadas reduzidas e elevadas. Como as informações oriundas da sondagem de simples reconhecimento admitem até três camadas do subsolo, em alguns casos, tanto para níveis de carregamento reduzido como para elevado, o sistema foi avaliado para resistências de camadas reduzidas e elevadas alternadas.

7.3 A validação do protótipo

Validar um sistema, é determinar se ele representa, acuradamente, o conhecimento que foi codificado, através das respostas que oferece aos problemas reais (Cheng & Jamielson, 1998). O objetivo central da validação é garantir que o sistema não cometa erros e realize a tarefa para a qual foi projetado, num certo nível de aceitação.

De acordo com o que foi discutido no item 2.10.3.2, a validação do sistema desenvolvido nessa tese seguiu os seguintes critérios:

- Trabalhou com especialistas externos, que não participaram do projeto de construção do sistema;
- Utilizou casos reais e documentados para validar o sistema;
- Usou casos representativos das situações que são possíveis de ocorrer (cobrir todas as possibilidades);
- Realizou uma validação formal e estruturada.

A seguir é descrito o processo de validação aplicado ao sistema desenvolvido nessa tese.

Para validar o sistema foram utilizados dois especialistas externos, que não participaram da construção do sistema. Para cada um deles, em seu local de trabalho, o programa foi instalado, e foi realizada uma apresentação do funcionamento do sistema.

O especialista A é engenheiro civil, com 30 anos de experiência em projeto e execução de fundações e obras de terra, foi integrante do grupo de engenheiros da Estacas Franki Ltda. no período 1971/1984, realizou mais de 4000 obras de fundações com responsabilidade pelo projeto e/ou execução. Atualmente é diretor de empresa de fundações, atuando no mercado há mais de 14 anos.

O especialista B é engenheiro civil, com formação de Ph.D. no exterior, projetista de fundações desde 1983, com experiência no Brasil e na Inglaterra, com área de concentração em ensaios de campo e argilas moles. É professor universitário na Graduação e no Pós-Graduação.

Aos especialistas externos (aqui denominados A e B) foi solicitado que utilizassem casos reais, dos quais possuíssem documentação, e que os casos escolhidos deveriam cobrir, dentro do possível, todas as combinações de nível de carregamento e tipo de estrutura que o sistema utiliza.

Como, na prática, dificilmente um especialista em fundações é procurado para resolver problemas com nível de carregamento MUITO BAIXO, essa condição de carga ficou prejudicada. Também, correntemente, a informação disponível sobre o subsolo é a sondagem de simples reconhecimento, prejudicando a utilização de casos documentados com informações genéricas.

Foram utilizados pelos especialistas A e B um total de 61 casos reais para validar o sistema. Os casos utilizados para a validação estão distribuídos de acordo com a Figura 7.1 e 7.2.

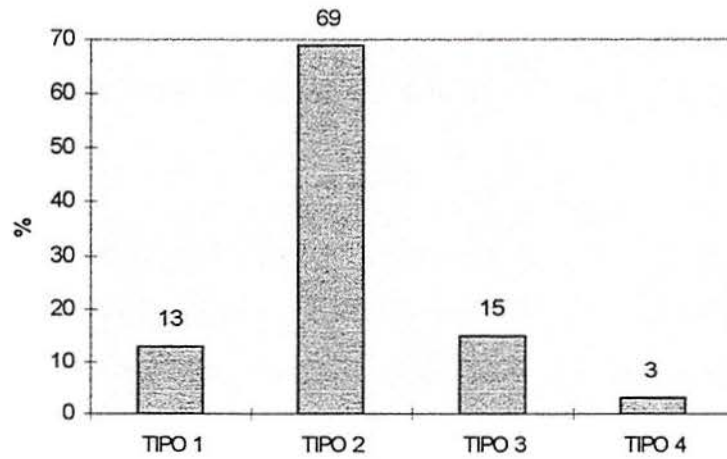


FIGURA 7.1 - Percentuais correspondentes aos casos empregados para a validação, considerando-se os tipos de estruturas utilizados pelo sistema (especialistas A e B)

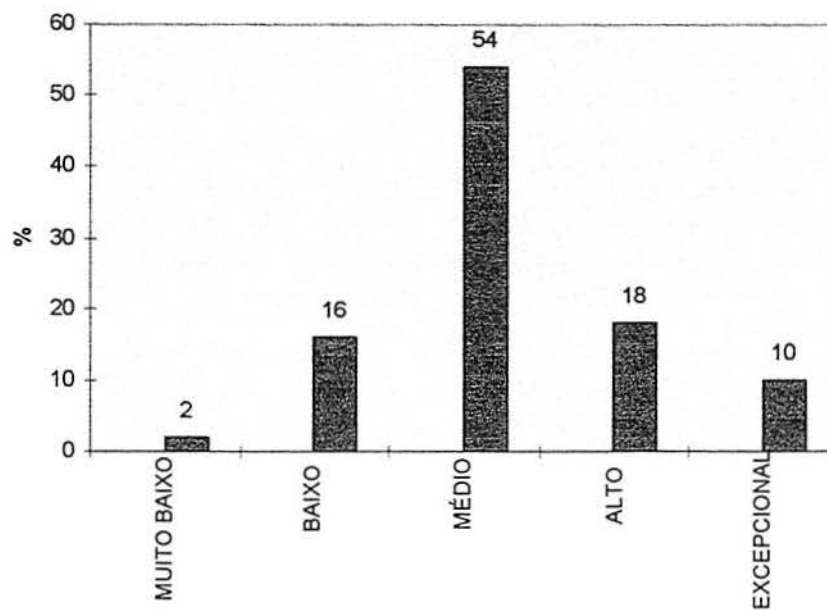


FIGURA 7.2 - Percentuais correspondentes aos casos empregados para a validação, considerando-se os níveis de carregamento utilizados pelo sistema (especialistas A e B)

Foi considerada a resposta correta apresentada pelo sistema, aquela em que a solução adotada pelo especialista no caso real estivesse contemplada entre as alternativas de projeto proposta pelo programa. Assim, o sistema respondeu corretamente em 59 casos dos 61 utilizados na validação, correspondendo a um percentual de acerto igual a 96,72 %.

O especialista A, utilizou dezenove casos reais para validar o sistema. Em todos os casos a informação disponível sobre o subsolo era a sondagem de simples reconhecimento. Os casos utilizados para a validação estão distribuídos de acordo com a Figura 7.3 e Figura 7.4.

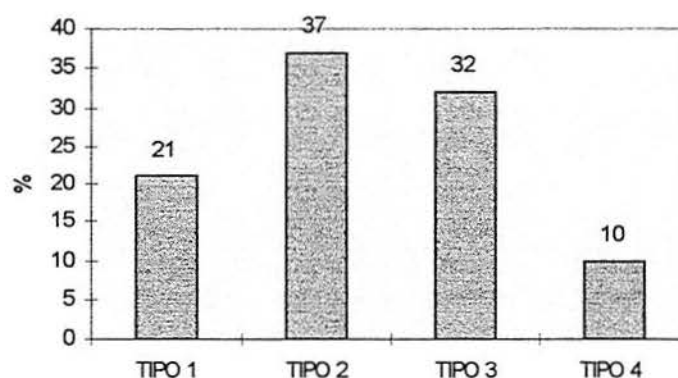


FIGURA 7.3 - Percentuais correspondentes aos casos empregados para a validação, considerando-se os tipos de estruturas utilizados pelo sistema (especialista A)

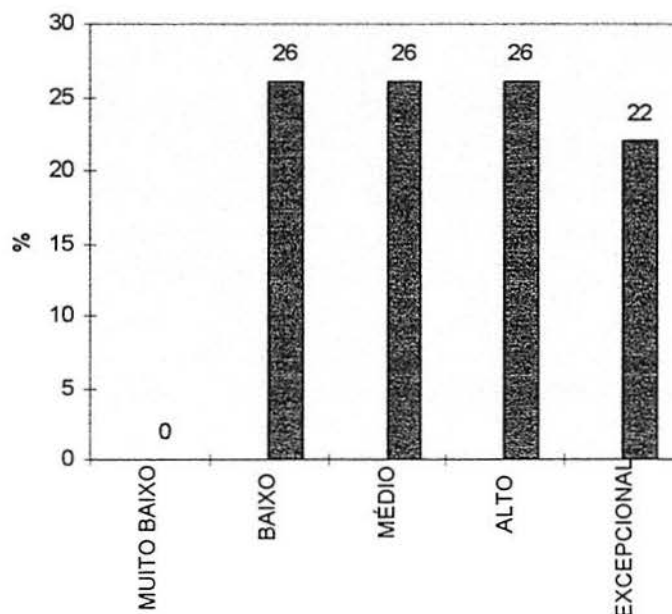


FIGURA 7.4 - Percentuais correspondentes aos casos empregados para a validação, considerando-se os níveis de carregamento utilizados pelo sistema (especialista A)

O sistema respondeu corretamente em 17 casos dos 19 utilizados na validação, correspondendo a um percentual de acerto igual a 89,47 %.

Os dois casos que as soluções não coincidiram foram devidos a critérios de seleção distintos entre o especialista avaliador (A) e o especialista do qual o conhecimento foi modelado. Num caso o especialista A indicou estaca metálica como solução para o problema num perfil do subsolo cuja camada intermediária era de resistência média. O sistema não contemplou esta alternativa de solução porque, de acordo com o modelo de conhecimento utilizado, somente em subsolos com camada intermediária de resistência alta ou muito alta as estacas metálicas são indicadas. No outro caso, o especialista A indicou como solução para o problema tubulão a céu aberto apoiado na camada subsuperficial de resistência baixa, para um carregamento médio, enquanto o sistema, considerando o nível de carregamento, apresenta a mesma solução, porém indicando a camada intermediária de resistência média, como suporte para o tubulão.

No primeiro caso, quando o conhecimento foi eliciado, o especialista justificou a regra utilizada na modelagem do conhecimento do sistema, e que condicionou a resposta apresentada pelo mesmo, através do seguinte raciocínio: as estacas metálicas (trilho), devido a sua reduzida seção transversal, não apresentam eficiência adequada (transferem pouca carga ao solo) e são de fácil penetração em solos de resistência baixíssima, muito baixa, baixa ou média, dificultando o controle de execução. Nestas condições, se a camada intermediária não apresentar resistência alta ou muito alta, o comprimento da estaca metálica durante a sua instalação pode ser muito elevado, resultando numa solução inviável em termos de custo.

Este caso, demonstra um aspecto interessante do contraste entre teoria e prática. Teoricamente, qualquer solução na engenharia em geral, e portanto na engenharia de fundações, deve satisfazer a critérios técnicos e econômicos, os quais, ainda no campo teórico, são apresentados separadamente. No entanto, na prática, um especialista, ao raciocinar emprega atalhos para chegar as possíveis soluções de um problema, não faz, com nitidez, esta separação entre critérios técnicos e econômicos. Existe uma interação entre eles, ou uma recíproca influência, inconsciente, que torna difícil, para o especialista considerar uma solução de um problema real estritamente técnica. O viés econômico apresenta-se frequentemente, e expressar-se, puramente, em termos técnico é, para o especialista, um exercício difícil. No caso em questão, observa-se esta influência recíproca entre os critérios na regra estabelecida pelo especialista, modelada no conhecimento implementado na aplicação.

No segundo caso, a diferença entre a solução apresentada pelo especialista A e a resposta apresentada pelo sistema, está na camada de assentamento da fundação. Quanto ao tipo de fundação existe concordância. Aqui, dois aspectos podem ter influenciado: um, referente aos critérios de definição da resistência das camadas serem diferentes entre os especialistas, e o outro, supondo que o anterior não ocorra, referente a experiência passada distinta dos mesmos, responsável pela formação de critérios de projeto diferenciados. Nos dois aspectos considerados, a origem pode estar no contexto da formação prática profissional de cada um. Embora ambos são profissionais de larga experiência passada, porém ocorridas em condições diferentes.

O especialista A apresentou algumas sugestões para melhorar o sistema, das quais destaca-se a importância da visita ao local da obra (observação das condições de contexto), para a definição da solução do problema. Como já foi comentado no item 4.2.2, na versão atual o contexto não foi considerado por necessitar de um tempo de implementação incompatível com o prazo disponível para realização dessa tese; entretanto, fica a sugestão para futuros trabalhos complementares à versão atual do sistema.

O especialista B, utilizou 42 casos reais para validar o sistema. Em todos os casos a informação disponível sobre o subsolo era a sondagem de simples reconhecimento. Os casos utilizados para a validação estão distribuídos de acordo com a Figura 7.5 e Figura 7.6.

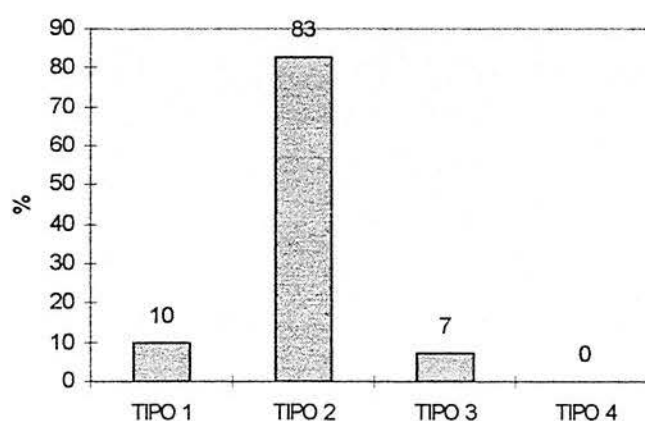


FIGURA 7.5 - Percentuais correspondentes aos casos empregados para a validação, considerando-se os tipos de estruturas utilizados pelo sistema (especialista B)

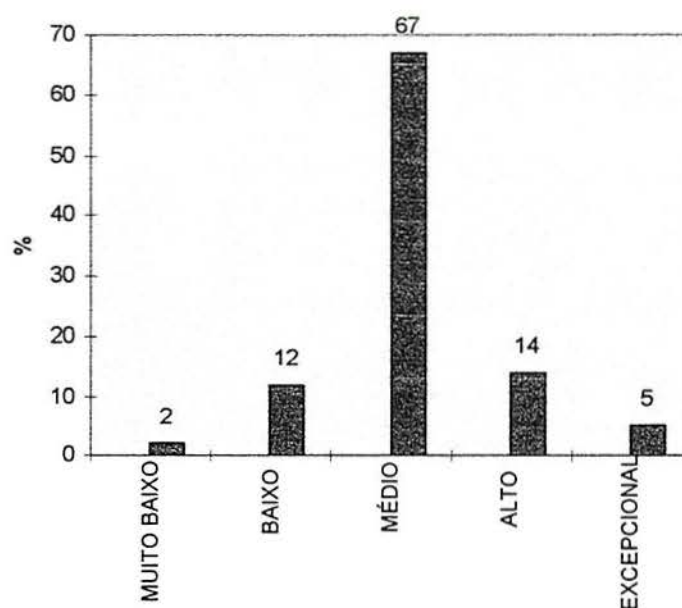


FIGURA 7.6 - Percentuais correspondentes aos casos empregados para a validação, considerando-se os níveis de carregamento utilizados pelo sistema (especialista B)

O sistema respondeu corretamente em todos os 42 casos utilizados na validação, correspondendo a um percentual de acerto igual a 100%.

No entanto, o especialista B observou que, considerando a sua experiência, em seis casos (14,28 %), algumas das alternativas apresentadas pelo sistema não eram aplicadas às condições do problema. Mais especificamente, nos seis casos, a estaca raiz foi apresentada como opção de solução pelo sistema, enquanto o especialista B, considerando o alto custo das mesmas, não as indicava como solução do problema.

Nestes casos, semelhantemente ao primeiro caso discutido anteriormente em relação ao especialista A, ocorre a influência recíproca, inconsciente, dos critérios técnicos e econômicos no raciocínio do especialista. Entretanto, aqui, diferentemente do que ocorreu no primeiro caso analisado, ela aparece no raciocínio do especialista avaliador do sistema, e não, no do especialista fonte do conhecimento modelado no sistema.

Os oito casos que apresentaram discordância, enfatizam por um lado a importância de utilizar diferentes especialistas na fase de eliciação do conhecimento no desenvolvimento de um sistema ou, por outro lado, de trabalhar com especialistas externos na validação do protótipo, durante o processo de avaliação, porque tanto num como no outro caso, permitem o surgimento de conflitos, gerados pela experiência passada de cada especialista em contextos,

geralmente diferenciados, enriquecendo a modelagem do conhecimento, já que a perícia é, de acordo com Attarwala & Brandon (1985), uma fonte alternativa de conhecimento em relação ao conhecimento público disponível na literatura.

O especialista B apresentou algumas sugestões para melhorar o sistema, das quais destaca-se a definição de uma ordem de prioridade das soluções possíveis de serem adotadas, considerando que o programa fornece, para cada caso, uma variedade abrangente de alternativas de projeto. Fica a sugestão para futuros trabalhos complementares à versão atual do sistema.

7.4 A avaliação da “usabilidade” do protótipo

De acordo com o discutido no item 2.10.3.3, a “usabilidade” refere-se à facilidade com que o usuário utiliza o sistema. O foco está na interface do sistema com os usuários.

A “usabilidade” do sistema desenvolvido nessa tese foi testada colocando os usuários frente ao computador para que consultassem o sistema. Além de serem observados durante as consultas, foi solicitado que os mesmos respondessem a um questionário, especialmente elaborado para avaliar a “usabilidade” do sistema (ver Anexo C).

O observador das sessões de consulta não foi o autor dessa tese. Para maior isenção, utilizou-se dois observadores externos ao projeto. Um observou as sessões realizadas na Universidade Federal de Pelotas e o outro observou as sessões realizadas na Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Participaram dessa avaliação 15 alunos da graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Pelotas e 13 alunos do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul: três doutorandos, sete mestrandos e três alunos bolsistas de iniciação científica.

Na avaliação dos observadores, através de manifestações espontâneas dos alunos durante as sessões, o programa foi considerado pelos alunos interessante e fácil de ser consultado.

De acordo com as respostas ao questionário apresentado, todos os alunos possuem computador e utilizam-no como ferramenta de trabalho. Quanto ao Manual do Usuário

disponível no sistema todos o leram antes de consultar o programa e acharam que o mesmo orienta satisfatoriamente o usuário.

Em relação ao Manual, os alunos também foram questionados quanto à necessidade do mesmo, considerando as orientações que o sistema oferece ao usuário diretamente na tela do monitor: 9 alunos (32,14%) responderam que o Manual é dispensável e 19 alunos (67,86%) responderam que o Manual é indispensável (Figura 7.7).

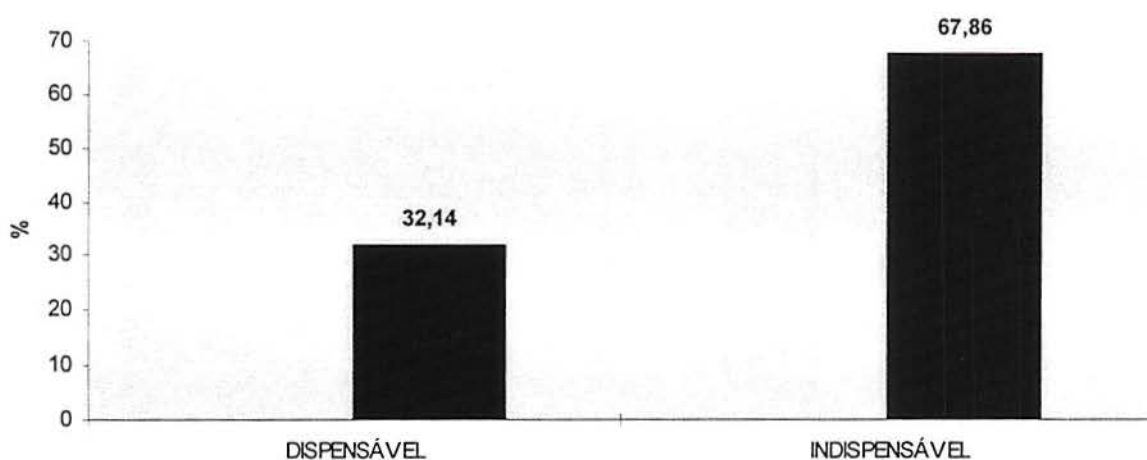


Figura 7.7 - Percentuais correspondentes a avaliação dos usuários quanto à necessidade de apresentação do sistema pelo Manual.

Todos os usuários que participaram da avaliação da “usabilidade” do sistema acharam-no fácil de consultar. Quanto à resposta e ao comentário que o sistema oferece ao término da consulta, os alunos foram questionados sobre se os achavam satisfatórios em termos de objetividade e clareza: 26 alunos (92,86%) consideraram satisfatório e 2 alunos (7,14%) consideraram mais ou menos satisfatório (Figura 7.8).

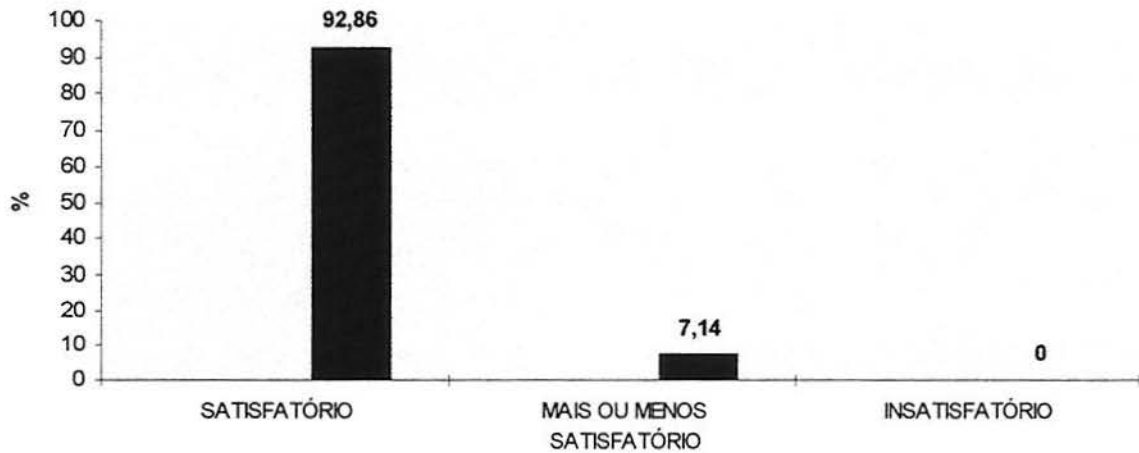


Figura 7.8 - Percentuais correspondentes a avaliação dos usuários quanto à clareza e objetividade dos comentários apresentados pelo sistema.

Atualmente, o sistema está sendo utilizado na disciplina de Mestrado de Fundações do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Um trabalho orientado foi proposto, sob supervisão, constando da análise de perfis típicos de sondagem e propostas de alternativas de projeto. Segundo o professor responsável, a maior dificuldade refere-se à interpretação dos dados de sondagem em três camadas, dentro do modelo proposto no programa.

Considerando a avaliação dos observadores das sessões de consultas realizadas pelos usuários e as respostas registradas nos questionários, o desempenho do sistema foi satisfatório quanto a sua “usabilidade”.

7.5 Resumo e conclusões

Nesse capítulo são apresentados os resultados do processo de avaliação que o protótipo desenvolvido no presente trabalho foi submetido após sua implementação.

O processo de avaliação aplicado ao protótipo contempla as suas três dimensões: a verificação, a validação e a análise da “usabilidade” do sistema.

O processo de verificação do protótipo teve início, de modo informal, na fase de implementação do sistema, quando as regras codificadas na linguagem de programação eram checadas, individualmente, quanto à sintaxe e os possíveis conflitos com outras regras já

implementadas. A verificação formal do protótipo foi realizada através de dois testes: a análise da sensibilidade e o teste de robustez, realizados pelo autor desse trabalho e, cujos resultados são apresentados nesse capítulo.

A análise da sensibilidade realizada no protótipo, em relação as informações genéricas, foi um pouco prejudicada, porque para este tipo de informação o sistema responde também de forma genérica, não fornecendo respostas detalhada, e dificultando a análise da sensibilidade das respostas em relação à variação da entrada de dados. Entretanto, as respostas apresentadas pelo sistema são coerentes.

Em relação as informações oriundas da sondagem de simples reconhecimento, a análise sensibilidade realizada no protótipo permitiu observar-se que o mesmo é sensível à variação da entrada de dados, apresentando resultados coerentes e, portanto, um comportamento satisfatório quanto a sua sensibilidade.

O teste de robustez realizado no protótipo, demonstraram que o mesmo apresenta respostas coerentes quando levado à situações extremas. O comportamento do sistema, portanto, quanto ao teste de robustez foi considerado satisfatório.

O processo de validação formal e estruturado realizado no protótipo, foi conduzido individualmente por dois especialistas externos que não participaram da construção do sistema, portanto não familiarizados com a base do conhecimento do mesmo. Foram utilizados um total de 61 casos reais para validar o protótipo, todos com informações oriundas da sondagem de simples reconhecimento.

Em relação as informações genéricas, a validação do sistema não foi realizada externamente, devido a ausência de casos reais, já que correntemente, a informação disponível pelo especialista é a sondagem de simples reconhecimento.

Em relação as informações oriundas da sondagem de simples reconhecimento, foi considerado satisfatória a representatividade dos casos utilizados, já que cobriram praticamente todas as possibilidades de nível de carregamento e tipos estruturais que o sistema trabalha (ver Figuras 7.1 e 7.2).

Na validação do protótipo, foi considerada a resposta correta apresentada pelo mesmo, aquela em que a solução adotada pelo especialista no caso real estivesse contemplada entre as alternativas de projeto propostas pelo protótipo. O sistema respondeu corretamente em 59 casos dos 61 casos utilizados, correspondendo a um percentual de acerto igual a 96,72%, o que foi considerado satisfatório.

Oito casos que apresentaram discordância são discutidos e analisados criticamente. Revelam a influência recíproca dos critérios técnicos e econômicos no raciocínio dos especialistas na solução de problemas reais, eliminando limites convencionais. De acordo com Brandon & Attawala (1983), uma das razões da deficiência do conhecimento disponível na literatura técnica para resolver problemas é devido a essa relutância em ultrapassar limites convencionais erguidos entre domínios. Além disso, os casos mostram a influência do contexto de formação prática dos peritos (experiência passada) no desenvolvimento do conhecimento heurístico dos mesmos.

Os dois especialistas que participaram do processo de validação do protótipo, sugeriram alguns melhoramentos no protótipo, os quais serão considerados em futuras pesquisas (ver item 8.4), face ao tempo disponível para conclusão dessa tese.

O processo de avaliação da “usabilidade” do protótipo foi conduzido colocando os futuros usuários frente ao computador para consultarem o sistema. Além de serem observados durante a consulta por um observador externo, que não participou da construção do sistema, foi solicitado que os usuários respondessem a um questionário, especialmente elaborado para avaliar a “usabilidade” do protótipo. Participaram dessa avaliação 28 alunos; 15 alunos da graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UFPel e 13 alunos do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFRGS: três doutorandos, sete mestrandos e três alunos bolsistas de iniciação científica.

Face ao exposto nesse capítulo, considerando as três dimensões do processo de avaliação de um Sistema Especialista (verificação, validação e “usabilidade”), considera-se satisfatório os resultados obtidos.

8. CONCLUSÕES E SUGESTÕES

8.1 Introdução

Neste capítulo são apresentadas as conclusões relativas ao trabalho de pesquisa desenvolvido nesta tese. Além disso, a partir da experiência adquirida, são apontadas algumas lições para o futuro, bem como sugestões para futuras pesquisas.

8.2 Conclusões

O objetivo central do presente trabalho, foi verificar a possibilidade de desenvolver e implementar um Sistema Especialista, baseado nos princípios da engenharia do conhecimento, aplicado à área da engenharia de fundações, com a função de auxiliar na instrução e treinamento de alunos na tarefa de escolher os tipos de fundações tecnicamente adequados às condições impostas em problemas reais, o qual foi atingido.

A maior contribuição do presente trabalho foi a sistematização e organização do conhecimento e experiência em área inédita.

O sistema desenvolvido é inédito no Brasil. Na área de geotecnia do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul ele tem atraído a atenção dos pesquisadores, e alguns estudam a viabilidade de desenvolver outras aplicações em suas respectivas especialidades. Esse fato demonstra que o objetivo do presente trabalho em constituir-se num fator introdutório da tecnologia de Sistemas Especialistas na área de geotecnia foi atingido. Como foi discutido na Capítulo 1, até então, no referido Curso, essa tecnologia estava concentrada na área de construção.

A aplicação desenvolvida nesse trabalho responde a 20900 situações diferentes de consulta, considerando as combinações possíveis dos dados fornecidos pelo usuário. Em cada consulta, além da resposta, o sistema apresenta comentários justificando-a e/ou orientando o usuário quando for o caso, indica bibliografia básica para consulta e mantém disponível as

informações apresentadas pelo usuário durante a mesma. O sistema possibilita a impressão de um relatório sobre a consulta contendo todas estas informações.

A aplicação prática resultante pode ser considerada um Sistema Especialista, no sentido exato do termo, porque a sua base contém somente conhecimento de um especialista, não incluindo conhecimento disponível na literatura técnica. Isso foi possível porque o especialista, fonte do conhecimento do sistema, possui uma formação acadêmica de alto nível, é professor universitário e profissional de larga e reconhecida experiência no domínio do problema, além de ser o orientador desse trabalho.

A larga e reconhecida experiência do especialista garante que o conhecimento eliciado no desenvolvimento do sistema incorpora a heurística empregada na solução de problemas do domínio e que, por não ser disponível na literatura, é considerada a parcela mais importante do conhecimento que uma aplicação deve conter.

O fato de o especialista possuir uma formação acadêmica de alto nível é importante, porque garante que as justificativas de sua prática profissional, estão fundamentadas em princípios teóricos do domínio. Assim, não utilizar como fonte de conhecimento a literatura técnica, não implica que o conhecimento encapsulado no sistema seja superficial.

Por outro lado, como o especialista é professor universitário, a comunicação do raciocínio utilizado para resolver um problema, bem como a fundamentação teórica de sua decisão e as razões práticas que o conduziram à solução, foram articuladas e fáceis de serem compreendidas pelo engenheiro do conhecimento.

A abordagem humanística adotada na aquisição do conhecimento para desenvolver a presente aplicação mostrou-se satisfatória. O fato de o engenheiro do conhecimento ter formação na área do domínio do problema, e o especialista ser, ao mesmo tempo, o orientador do trabalho, viabilizou a adoção de tal abordagem.

A representação intermediária do conhecimento eliciado foi feita através de tabelas, a partir das quais foram escritas regras em linguagem natural, totalizando em, aproximadamente 1500 regras. A implementação do conhecimento no ambiente computacional

computacional foi realizada utilizando a *shell* KAPPA-PC, versão 2.1. A *shell* utilizada para desenvolver a atual aplicação apresentou um desempenho satisfatório.

A análise do conhecimento eliciado para resolução de problemas de fundação demonstra que sua natureza é complexa e que o mesmo apresenta certa estabilidade.

Um problema geralmente apontado como restritivo ao desenvolvimento de Sistemas Especialistas é a falta de tempo dos peritos para colaborarem na construção de uma aplicação. No presente trabalho, o fato de o especialista ser também o orientador da tese, eliminou, praticamente, essa restrição. Tal limitação somente foi sentida na validação do sistema, onde especialistas externos foram convidados a participar do projeto.

O processo de avaliação aplicado ao protótipo contemplou as suas três dimensões: a verificação, a validação e a análise da “usabilidade” do sistema.

O processo de verificação do protótipo foi realizado pelo autor dessa tese, informalmente, na fase de implementação do sistema, e formalmente, através de dois testes: análise da sensibilidade e o teste de robustez.

A análise da sensibilidade, em relação as informações genéricas, foi um pouco prejudicada, porque para este tipo de informação o sistema responde também de forma genérica, não fornecendo respostas detalhada, no entanto, as respostas apresentadas pelo sistema foram coerentes. Por outro lado, em relação as informações oriundas da sondagem de simples reconhecimento, a análise sensibilidade realizada no protótipo permitiu observar-se que o mesmo é sensível à variação da entrada de dados, apresentando resultados coerentes.

Os testes de robustez realizados no protótipo, demonstraram que o mesmo apresenta respostas coerentes quando levado à situações extremas.

O processo de validação formal e estruturado realizado no protótipo, foi conduzido individualmente por dois especialistas externos que não participaram da construção do sistema. Foram utilizados um total de 61 casos reais para validar o protótipo, todos com informações oriundas da sondagem de simples reconhecimento. Destes, o sistema respondeu

corretamente em 59 casos, correspondendo a um percentual de acerto igual a 96,72%, o que foi considerado satisfatório.

Em relação as informações genéricas, a validação do sistema não foi realizada externamente, devido à falta de casos reais. Correntemente, a informação disponível pelos especialistas é a sondagem de simples reconhecimento. Entretanto, o especialista, fonte do conhecimento modelado no sistema, validou o sistema internamente.

Quanto às informações oriundas da sondagem de simples reconhecimento, foi considerado satisfatória a representatividade dos casos utilizados, já que cobriram praticamente todas as possibilidades de nível de carregamento e tipos estruturais que o sistema trabalha.

No processo de avaliação da “usabilidade” do protótipo, participaram 28 alunos: 15 alunos da graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UFPel e 13 alunos do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFRGS: três doutorandos, sete mestrands e três alunos bolsistas de iniciação científica, sob a observação de dois observadores externos. Considerando a avaliação dos mesmos, e as respostas registradas nos questionários pelos usuários, o desempenho do sistema foi satisfatório quanto a sua “usabilidade”.

Tomando como base as três dimensões do processo de avaliação que o sistema foi submetido (verificação, validação e “usabilidade”), considerou-se satisfatório os resultados obtidos.

As restrições encontradas na realização dessa pesquisa, foram causadas pela falta de recursos e de tempo disponíveis. O prazo de realização de uma tese mostrou-se insuficiente para os objetivos iniciais do projeto, obrigando reconsiderações sobre algumas características da aplicação:

a) o sistema escolhe os tipos de fundações adequados às condições impostas pelo usuário (nível de carregamento, tipo de estrutura e condições do subsolo), não considera o contexto como redutor de possibilidades, portanto, o sistema apresenta as soluções viáveis sem estabelecer a solução final;

b) o tipo de carregamento que o sistema trabalha, também foi limitado à carga vertical, axial e centrada de compressão. O sistema utiliza para a escolha dos tipos de fundações a carga média aplicadas nos pilares;

c) o sistema trabalha com três possibilidades de informações sobre o subsolo: nenhuma, genérica e sondagem de simples reconhecimento. A inclusão da possibilidade de o usuário não possuir informações sobre o subsolo, foi considerada por razões didáticas, já que o sistema tem como função a instrução e treinamento de alunos;

d) em relação a sondagem de simples reconhecimento, o sistema foi limitado a trabalhar com informações até 20 metros (camada superficial, subsuperficial e intermediária), já que, usualmente, a profundidade das sondagens realizadas na prática não ultrapassam 20 metros, e considerando que a quantidade de regras necessárias para representar o conhecimento que incluisse informações sobre as camadas profunda e muito profunda é muito grande.

8.3 Lições para o futuro

A experiência adquirida no desenvolvimento da aplicação do presente trabalho, permite enfatizar algumas sugestões gerais, muitas das quais já estabelecidas na literatura, que devem ser consideradas no projeto de novos sistemas:

8.3.1 A fase inicial

- a tarefa projetada para que o sistema realize, deve ser bem localizada no domínio do problema. Tarefas muito abrangentes podem inviabilizar o desenvolvimento da aplicação. Neste trabalho, a tarefa projetada para o sistema, na fase inicial, por envolver um amplo domínio do conhecimento para sua realização, teve de sofrer uma série de restrições, obrigando a revisão do escopo inicial do trabalho, considerando o tempo disponível para o desenvolvimento de uma tese;

- a função do sistema que será desenvolvido deve ser identificado claramente, desde a fase inicial do projeto. Esse procedimento auxilia nas futuras decisões de projeto do sistema, como por exemplo; no presente trabalho, a opção de o usuário não possuir

informações do subsolo, foi considerada por razões didáticas, já que a função planejada desde a fase inicial de projeto do sistema era de instrução. Esta opção poderia ser desnecessária se a aplicação tivesse outra função;

8.3.2 A fase de eliciação e representação intermediária do conhecimento

- a entrevista estruturada demonstrou ser uma técnica de eliciação do conhecimento bastante eficiente. A documentação gerada em cada entrevista: anotações, gravações e transcrições é um material precioso para a estruturação do conhecimento do domínio. No presente trabalho, a técnica de entrevista foi a única técnica utilizada na eliciação do conhecimento ;

- a representação intermediária do conhecimento constituiu-se numa técnica indispensável para facilitar o diálogo com o perito, elucidar dúvidas, estruturar eficientemente o conhecimento eliciado, localizar lacunas ou incoerências e fornecer material para novas entrevistas. Além disso, fornece farta documentação do conhecimento do domínio que pode ser utilizado para outros fins, como por exemplo, material didático para ser utilizado em cursos, palestras e na sala de aula. Na aplicação desenvolvida nesta tese, a transformação das tabelas utilizadas na representação intermediária do conhecimento, em regras em linguagem natural, foi fundamental para localizar lacunas, incoerências, orientar as entrevistas e, principalmente, controlar a implementação do sistema. A implementação de um sistema geralmente consome muito tempo e uma detalhada representação intermediária do conhecimento pode reduzir significativamente esse tempo de implementação.

3.8.3 A fase de implementação do protótipo

- na fase inicial de implementação do protótipo no ambiente computacional, deve ser avaliada a flexibilidade da estrutura interna do programa, a fim de facilitar, o desenvolvimento da interface com o usuário. No presente trabalho, esta avaliação não foi realizada, gerando dificuldades e inviabilizando certas facilidades que poderiam ajudar o usuário ao consultar o sistema. A estrutura interna adotada para o programa, demonstrou ser rígida, impossibilitando facilidades que poderiam ser oferecidas ao usuário, tais como: a criação de um menu de ajuda ao usuário disponível a qualquer momento da consulta e botões de esclarecimento em cada tela apresentada pelo sistema. A observação desta característica foi

identificada após a implementação do protótipo, e o tempo disponível para a conclusão do presente trabalho não permitiu uma nova implementação do sistema, com uma estrutura mais flexível.

3.8.4 A fase de avaliação do protótipo

- a verificação do sistema é importante e deve ser realizada para detectar erros de lógica, sintaxe e possíveis incoerências na estrutura interna do sistema. Além disso, permite avaliar a robustez e a sensibilidade da aplicação. Particularmente, a verificação informal, conduzida exaustivamente durante a implementação da atual aplicação, permitiu detectar algumas regras conflitantes, geradas durante a transformação das tabelas em regras expressas em linguagem natural (representação intermediária), que inviabilizavam o funcionamento do sistema;

- a validação do sistema deve ser o mais estruturada possível e envolver especialistas que não participaram da construção da aplicação. No presente trabalho, a discussão de oito casos que apresentaram discordância, revelou alguns aspectos interessantes: a influência recíproca dos critérios técnicos e econômicos no raciocínio dos especialistas na solução de problemas reais, quando somente os critérios estritamente técnicos são solicitados para justificar uma solução e a influência do contexto da formação profissional prática de cada especialista (experiência passada), no estabelecimento de regras práticas e atalhos (heurística) para solucionar problemas reais;

- nos oito casos que apresentaram discordância, enfatizam por um lado a importância de utilizar diferentes especialistas na fase de eliciação do conhecimento no desenvolvimento de um sistema ou, por outro lado, de trabalhar com especialistas externos na validação do protótipo, durante o processo de avaliação, porque tanto num como no outro caso, permitem o surgimento de conflitos, gerados pela experiência passada de cada especialista em contextos geralmente diferenciados, enriquecendo a modelagem do conhecimento;

- a avaliação do sistema deve ser considerada como um processo que se desenvolve ao longo da construção do mesmo. A participação de futuros usuários nesse processo é fundamental para garantir que o sistema seja efetivamente utilizado o que, em

última análise, garante o sucesso da aplicação. A análise da “usabilidade” do presente sistema foi realizada, envolvendo o maior número de usuários possível, por ser o meio mais eficaz de garantir que a aplicação será efetivamente utilizada pelos mesmos. Antes de realizar esta análise, já que os usuários não haviam participado durante o desenvolvimento do sistema, alguns aspectos da interface do sistema eram questionados (como, por exemplo, a necessidade de o sistema ter disponível o Manual do usuário ou não). Após a análise da “usabilidade”, foi possível garantir sua necessidade, a partir das avaliações dos próprios usuários.

8.4 Sugestões para futuras pesquisas

A engenharia geotécnica é a área da engenharia civil que mais se destaca pelo uso de conhecimento especializado (Tomlinson, 1981); na verdade, ela pode ser considerada como constituída de vários subdomínios de especialização. Além disso, em cada subdomínio, dada a heterogeneidade dos solos, a experiência regional é decisiva na solução dos problemas práticos. Essas características sugerem um enorme potencial na utilização da engenharia do conhecimento para desenvolver Sistemas Especialistas que sirvam de “depósito” dessa prática (experiência) regional.

O levantamento das aplicações da engenharia do conhecimento, apresentado no Capítulo 3, demonstra esse potencial. Sistemas que armazenem a prática regional na caracterização de solos, no projeto de fundações, projeto de taludes, muros de contenção, túneis, melhoramento do solo, etc. são exemplos de novas aplicações que podem ser desenvolvidas.

Por outro lado, a aplicação desenvolvida nesta tese sofreu uma série de restrições quanto a sua abrangência. A principal razão destas restrições foi o prazo disponível para a conclusão da tese não ser suficiente para realizar o trabalho necessário a sua implementação completa. Portanto, objetivando eliminar essas limitações, algumas sugestões para futuras pesquisas são apresentadas a seguir:

- o sistema atual trabalha com informações de sondagem de simples reconhecimento, inclusive até a camada intermediária; as informações sobre a camada profunda poderiam ser incluídas numa nova pesquisa;

- o desenvolvimento de um sistema que escolha o tipo de fundação a partir de resultados do ensaio de cone;

- o sistema atual considera apenas cargas axiais centradas de compressão; outros tipos de solicitações podem ser contemplados em futuras pesquisas;

- o sistema atual não define uma ordem de prioridade das soluções possíveis de serem adotadas. Considerando que o programa fornece, para cada caso, uma variedade abrangente de alternativas de projeto, um novo trabalho de pesquisa poderia definir a prioridade das soluções possíveis de serem adotadas, através da utilização de pesos referentes a relevância apontada pelo especialista ou uso mais corrente na prática regional em problemas usuais;

- o sistema atual escolhe os tipos de fundações tecnicamente adequados para um problema específico. As condições de contexto, normalmente definidoras da solução final do problema de escolha do tipo de fundação, não são consideradas pela atual aplicação. Uma nova pesquisa poderia incluir estas condições de contexto (condições de vizinhança, disponibilidade de equipamentos e pessoal experiente na região, disponibilidade de materiais na região para executar as fundações, prática regional, prazo necessário de execução, condições de acesso, espaço disponível para a utilização do equipamento, disponibilidade de energia elétrica e presença de fios de alta tensão) e definir a solução final do problema;

- novas abordagens podem ser utilizadas em futuros trabalhos de pesquisa, tais como CBR (*Case Based Reasoning*) e RNA (Redes Neurais Artificiais).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABEL, M. **Introdução aos sistemas especialistas**. Porto Alegre: Instituto de Informática da UFRGS, 1993. 89 p.
- ABEL, M.; CAMPBELL, J. A. ; DE CASTILHO, J. M. V. Analysis of expertise for Implementing geological expert systems. In: WORLD CONGRESS ON EXPERT SYSTEMS, 4., 1998, Mexico City. **Application of advanced information technologies**. New York: Cognizant Communication Offices, 1998. 2v. v.1, p. 170-177.
- AGUILLEN, C. C. Making expertise: a “nature inspired” approach for the expert mind paradigm, or , how an expert thinks. In: WORLD CONGRESS ON EXPERT SYSTEMS, 4., 1998, Mexico City. **Application of advanced information technologies**. New York: Cognizant Communication Offices, 1998. 2v. v.1, p. 511-517.
- AKOKA, J.; COMYN-WATTIAU, I. MeRCI: an expert system for software reverse engineering. In: WORLD CONGRESS ON EXPERT SYSTEMS, 4., 1998, Mexico City. **Application of advanced information technologies**. New York: Cognizant Communication Offices, 1998. 2v. v.1, p. 209-217.
- ALEXANDER, J. H. et al. Knowledge level engineering: ontological analysis. In: NATIONAL CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE, 5., 1986, Philadelphia. **Proceedings...** Philadelphia: AAAI, 1986. v.2, p.963-968.
- ARONS, H. S.; WAALEWIJN, P. Strategic analysis modeled by heuristic knowledge. In: WORLD CONGRESS ON EXPERT SYSTEMS, 4., 1998, Mexico City. **Application of advanced information technologies**. New York: Cognizant Communication Offices, 1998. 2v. v.1, p. 399-406.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto e execução de fundações**; NBR 6122. Rio de Janeiro, 1996. 33p.
- ATTARWALA, F. T. ; BASDEN, A. A methodology for constructing expert systems. **R & D Management**, v.15, n.2, p. 141-149, 1985.
- BASDEN, A. . On the application of expert systems. **International Journal of Man Machine Studies**, London, n.19. p. 461-477, 1983.

- BASDEN, A .; ATTARWALA, F. T. **Elements for a methodology for building expert systems**. Salford: University of Salford, Department of Surveying, 1983. 15p. Documento datilografado.
- BASDEN, A .; WATSON, I. D.; BRANDON, P. S. The evolutionary development of expert systems. In: RESEARCH AND DEVELOPMENT IN EXPERT SYSTEMS, 7., 1990, Cambridge. **Proceedings...** Cambridge: Cambridge University Press, 1990. p. 67-81.
- BAZARRA, A . R. S. **Use of the Standard Penetration Test for estimating settlement of shallow foundation on sand**. Urbana, Ill.: University of Illinois, 1967. Ph.D. Thesis.
- BERNARDI, E.; SARDINHA, P. Sistemas especialistas; conceitos e prática. In: CONGRESSO IBERO LATINO AMERICANO SOBRE MÉTODOS COMPUTACIONAIS PARA ENGENHARIA, 13., 1992, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: UFRGS - CPGEC, 1992. 2 v. v.2, p. 421-431.
- BERNARDI, E.; SARDINHA, P. Sistemas baseados em conhecimento na engenharia geotécnica. In: SIMPÓSIO DE INFORMÁTICA EM GEOTECNIA, 1994, São Paulo. **Anais ...** São Paulo: ABMS, 1994, p. 95-102.
- BERRY, D. C.; BROADBENT, D. E. Expert systems and man-machine interface. Part one. **Expert Systems**, v.3, n.4, p.228-231, Oct. 1986.
- BERRY, D. C.; BROADBENT, D. E. Expert systems and man-machine interface. Part two: The user interface. **Expert Systems**, v.4, n.1, p.18-27, Feb. 1987.
- BERRY, D.C.; HART, A . Evaluating expert systems. **Expert Systems**, v.7, n.4, p.199-207, Nov. 1990.
- BITTENCOURT, G. **Inteligência artificial**; ferramentas e teorias. Campinas: Instituto de Computação, Unicamp, 1996. 240 p.
- BJERRUM, L. **Discussion**. In: EUROPEAN CONFERENCE ON SOIL MECHANICS AND FOUNDATION ENGINEERING, 1963, Wiesbaden.
- BJERRUM, L.; EGGESTAD, A . **Interpretation of loading tests on sand**. In: EUROPEAN CONFERENCE ON SOIL MECHANICS AND FOUNDATION ENGINEERING, 1963, Wiesbaden.

- BOGACZ, R.; GIRAUD-CARRIER, C. Learning meta-rules of selection in expert systems. In: WORLD CONGRESS ON EXPERT SYSTEMS, 4., 1998, Mexico City. **Application of advanced information technologies**. New York: Cognizant Communication Offices, 1998. 2v. v.2, p. 576-581.
- BORGI, A. ; BAZIN, J-M.; AKDAG, H. Supervised classification by automatic rules generation. In: WORLD CONGRESS ON EXPERT SYSTEMS, 4., 1998, Mexico City. **Application of advanced information technologies**. New York: Cognizant Communication Offices, 1998. 2v. v.2, p. 561-568.
- BOUDINOVA, M. P. **Desenvolvimento de EQUIPES - um protótipo de sistema especialista para a seleção de equipamentos para a construção de edifícios de múltiplos pavimentos**. Porto Alegre: Escola de Engenharia, 1997. 149p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS.
- BROWN, O . Experts vs expert system. In: WORLD CONGRESS ON EXPERT SYSTEMS, 4., 1998, Mexico City. **Application of advanced information technologies**. New York: Cognizant Communication Offices, 1998. 2v. v.2, p. 780-788.
- BUEN, P. R. de; MORALES E. F.; VADERA, S. A multi-functional knowledge based system to learn, apply and consult procedures. In: WORLD CONGRESS ON EXPERT SYSTEMS, 4., 1998, Mexico City. **Application of advanced information technologies**. New York: Cognizant Communication Offices, 1998. 2v. v.1, p. 466-473.
- BYRD, T. A . Implementation and use of expert systems in organizations: perceptions of knowledge engineering. **Journal of Management of Information Systems**. v.8, n.4, p. 97-116, Spring 1992.
- CADOVAN, J. V.; MILES, J. C.; MOORE, C. J. Decision support for bridge foundation design and costing. **Ground Engineering**, London, v.29, n.6, p. 40-41, July/Aug. 1996.
- CHANG, T. J. et al. Development of an expert system for daily drought monitoring. **Journal of Computing in Civil Engineering**, New York, ASCE, v. 10, n.1, p.20-24, Jan. 1996.
- CHENG, B.; JAMIELSON, R. Knowledge based systems management: evaluation issues. In: WORLD CONGRESS ON EXPERT SYSTEMS, 4., 1998, Mexico City. **Application of advanced information technologies**. New York: Cognizant Communication Offices, 1998. 2v. v.1, p. 487-492.
- CHENG, J. Relevant reasoning as the logical basis of knowledge engineering. In: WORLD CONGRESS ON EXPERT SYSTEMS, 4., 1998, Mexico City. **Application of advanced**

- information technologies.** New York: Cognizant Communication Offices, 1998. 2v. v.1, p. 449-457.
- CHOUICHA, M.; SILLER, T. J. An expert system approach to liquefaction analysis. Part 1: development and implementation. **Computers and Geotechnics**, Oxford, v.16, n. 1, p.1-35, 1994.
- CLARK, J.; SOLIMAN, F. A method in the valuation of expert systems-MEVES. In: WORLD CONGRESS ON EXPERT SYSTEMS, 4., 1998, Mexico City. **Application of advanced information technologies.** New York: Cognizant Communication Offices, 1998. 2v. v.1, p.428-433.
- DAMSKI, J. C. B. et al. **Sistemas especialistas no Brasil: um enfoque pragmático.** Brasília: [S.n.], 1993. 118 p.
- DAVEY-WILSON, L. E. A knowledge-based system for selecting excavation groundwater control methods. **Ground Engineering**, London, v.27, n.4, p. 42-46, May 1994.
- DEMIR, S.; FISHER, D.; O'NEILL, M. W.; Diagnostic expert system for drilled shaft foundation construction. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON DESIGN AND CONSTRUCTION OF DEEP FOUNDATIONS, 1994, Orlando. **Proceedings ...** Washington: Department of Transportation Federal Highway Administration, 1994. v.2, p. 454-468.
- DURGAPRASAD, J.; APPA RAO, T. V. S. R. Parameter interdependencies for development of KBS for risk analyses. **Journal of Computing in Civil Engineering**, New York, ASCE, v. 11, n. 4, p. 224-230, Oct. 1997.
- DURHAM, A. G.; EMURIAN, H. H. Factors affecting skill acquisition and retentions to an intelligent tutoring system. In: WORLD CONGRESS ON EXPERT SYSTEMS, 4., 1998, Mexico City. **Application of advanced information technologies.** New York: Cognizant Communication Offices, 1998. 2v. v.2, p. 756-763.
- DYM, C. I.; LEVITT, R. E. **Knowledge-based systems in engineering.** New York: McGraw-Hill, 1991.
- EL HELLY, M.; BAHGAT, R.; RAFAA, A. An inference mechanism for graphical knowledge base representation. In: WORLD CONGRESS ON EXPERT SYSTEMS, 4., 1998, Mexico City. **Application of advanced information technologies.** New York: Cognizant Communication Offices, 1998. 2v. v.2, p. 613-620.

- FANLUN, X.; YUNFEI, X.; RENSHOU, T. A platform for intelligent system based on the heuristic leading mechanism. In: WORLD CONGRESS ON EXPERT SYSTEMS, 4., 1998, Mexico City. **Application of advanced information technologies**. New York: Cognizant Communication Offices, 1998. 2v. v.1, p. 363-366.
- FERNANDEZ-NODARSE, F.; LIMA-MONTENEGRO, S. From the hypertext to the experttext applications to an intelligent tutoring system. In: WORLD CONGRESS ON EXPERT SYSTEMS, 4., 1998, Mexico City. **Application of advanced information technologies**. New York: Cognizant Communication Offices, 1998. 2v. v.2, p. 745-748.
- FISHER, D. J.; O'NEILL, M. W.; CONTRERAS, J. C. DS²: drilled shaft decision support system. **Journal of Construction Engineering and Management**, New York, ASCE, v.121, n.1, p. 86 -94, Mar. 1995.
- FONSECA, D. J. et al. Expert system for industrial residuals application assessment. **Journal of Computing in Civil Engineering**, New York, ASCE, v.11, n. 3, p. 201-205, July 1997.
- FORMOSO, C. T. **A knowledge based framework for planning house building projects**. Salford, 1991. 327p. Tese (Doutorado) - Department of Quantity and Building Surveying, University of Salford.
- GAMA, E. M. da. Sistema especialista de monitoramento de escavações subterrâneas em rochas - SISMO. In: SIMPÓSIO DE INFORMÁTICA EM GEOTECNIA, 1996. **Anais ...** São Paulo: ABMS, 1996. v. 1, p. 71-79.
- GANASCIA, J.-G. **A inteligência artificial**. Lisboa: Instituto Piaget, 1993. 143p. (Col. Biblioteca Básica de Ciência e Cultura).
- GIARRATANO, J. C.; RILEY, G. **Expert systems: principles and programming**. Boston: PWS-KENT, 1989. 632 p.
- GIORNO, F. A. de C. et al. **Methods and techniques for knowledge elicitation**. Rio de Janeiro: IBM Brasil, 1988. 11p. (Technical Report).
- GONZÁLEZ, H. S. A symbolic representation of transcendental logic using Z language and its role in knowledge base systems. In: WORLD CONGRESS ON EXPERT SYSTEMS, 4., 1998, Mexico City. **Application of advanced information technologies**. New York: Cognizant Communication Offices, 1998. 2v. v.1, p. 383-387.
- HARMON, P.; KING, D. **Sistemas especialistas: a inteligência artificial chega ao mercado**. Rio de Janeiro: Campus, 1988. 304p.

- HARRIS, A. J. Screen talents. **Ground Engineering**, London, v.29, n.2, p. 27-28, Mar. 1996.
- HART, A. Knowledge elicitation: issues and methods. **Computer Aided-Design**, Guilford, v. 17, n. 9, 1995, p. 455-462.
- HART, A. **Knowledge acquisition for expert systems**. London: Kogan Page, 1986. Cap. 5-10.
- HAYES-ROTH, F.; WATERMAN, D. A. ; LENAT, D. B. **Building expert systems**. Reading: Addison-Wesley, 1983. 444p.
- HUANG, Y.-T.; SILLER, T. J. Fuzzy representation and reasoning in geotechnical site characterization. **Computers and Geotechnics**, v. 21, n. 1, p. 65-86. 1997.
- INTELLICORP. **Kappa reference manual**: version 2.0. [S.l.], 1992. 371p.
- INTERNATIONAL CONFERENCE ON DESIGN AND CONSTRUCTION OF DEEP FOUNDATIONS, 1., 1994, Orlando. **Proceedings...** Washington: Department of Transportation Federal Highway Administration, 1994.
- JONES, P. F. Four principles of man-computer dialogue. **Computer Aided Design**, Guildford, IPC, v.10, n.3, p. 197- 202, 1978.
- KELLET, J. M.; MARSHALL, G. Knowledge engineering: tools and techniques. In: WINSTANLEY, G. (Ed.) **Artificial intelligence in engineering**. New York: John Wiley, 1991. Cap. 4, p. 119-149.
- KIDD, A. ; WELBANK, M. Knowledge acquisition. In: FOX, J. **Expert system**. Berkshire: Pergamon Infotech, 1984, p. 71-80. (State of the art report, 7).
- KOCHEN, R. Expert systems no projeto de túneis em rocha. In: SIMPOSIO DE INFORMÁTICA EM GEOTECNIA (INFOGEO), 1994, São Paulo. **Anais ...** São Paulo: ABMS, 1994. p. 167-176.
- KOSKELA, L. et al. Expert systems in construction: initial experiences. In: PHAM, D.T. (Ed.) **Expert systems in engineering**. Berlin: Springer, 1988. Cap. 3, p. 175-188.

- KUSHIDA, M.; MIYAMOTO, A .; KINOSHITA, K. Development of concrete bridge rating prototype expert system with machine learning. **Journal of Computing in Civil Engineering**, New York, ASCE, v. 11, n.4, p. 238- 247, Oct. 1997.
- LARA, F. Expert systems applications in Mexico: problems and opportunities. In: WORLD CONGRESS ON EXPERT SYSTEMS, 4., 1998, Mexico City. **Application of advanced information technologies**. New York: Cognizant Communication Offices, 1998. 2v. v.1, p. 10.
- LEVINE, R. I.; DRANG, D. E.; EDELSON, B. **Inteligência artificial e sistemas especialistas: aplicações e exemplos práticos**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1988. 264p.
- LOESCH, C.; SARI, S. T. **Rede neurais artificiais: Fundamentos e modelos**. Blumenau: Ed. da FURB, 1996. 166 p.
- MABROUK, S.; RAFAA, A . Cross-training using multiple-task expert system. In: WORLD CONGRESS ON EXPERT SYSTEMS, 4., 1998, Mexico City. **Application of advanced information technologies**. New York: Cognizant Communication Offices, 1998. 2v. v.2, p. 723-730.
- MARTINEZ-ENRIQUEZ, A . M.; ESCALADA-IMAZ, G. Integrating heuristics for the revision of inductive learning theory. In: WORLD CONGRESS ON EXPERT SYSTEMS, 4., 1998, Mexico City. **Application of advanced information technologies**. New York: Cognizant Communication Offices, 1998. 2v. v.2, p. 582-589.
- MELHEM, H. G. et al. Knowledge acquisition and engineering for steel bridge fabrication. **Journal of Computing in Civil Engineering**, New York, ASCE, v. 10, n.3, p. 248-261, July 1996.
- MISZALSKI, W. Decision systems engineering - are expert systems one of its tools – dilemmas and perspectives at close XX-th century. In: WORLD CONGRESS ON EXPERT SYSTEMS, 4., 1998, Mexico City. **Application of advanced information technologies**. New York: Cognizant Communication Offices, 1998. 2v. v.1, p. 442-448.
- MITTAL, S.; DYM, C. L. Knowledge acquisition from multiple experts. **The AI Magazine**, v. 6, n. 2, p. 32-36, Summer 1985.
- MOHAN, S. Expert systems applications in construction management and engineering. **Journal of Construction Engineering and Management**, New York, ASCE, v. 116, n. 1, p. 87-99, Mar. 1990.

- MORA-TAVAREZ, J. M.; DIAZ, F. P. Intelligent information engineering: a management and technical method to build expert systems projects in the context of information systems departments. In: **WORLD CONGRESS ON EXPERT SYSTEMS**, 4., 1998, Mexico City. **Application of advanced information technologies**. New York: Cognizant Communication Offices, 1998. 2v. v.1, p. 423-427.
- MOTTA, E.; RAJAN, T.; EISENSTADT, M. **Knowledge acquisition as a process of model refinement**. Milton Keynes: The Open University, 1989. 30p. (HCRL Technical Report, n. 40).
- MOULA, M.; TOLL, D. G.; VAPTISMAS, N. Knowledge-based systems in geotechnical engineering. **Géotechnique**, London, v. 45, n. 2, p. 209-221, 1995.
- MURLIDHARAN, T. L. et al. Expert sewer analysis and design system. Part I and II. **Journal of Computing in Civil Engineering**, New York, ASCE, v. 5, n. 2, p. 175-210, 1991.
- MINSKY, M. A framework for representing knowledge. In: WINSTON, P.H. (Ed.) **The psychology of computer vision**. McGraw-Hill, 1975. Cap. 6, p. 211-277.
- O'KEEFE, R. M.; BALCI, O. ; SMITH, E. Validating expert system performance. **IEEE Expert: Intelligent Systems and their Applications**, Los Alamos, p. 81-90, Winter 1987.
- OLIVEIRA, L. R. de **Desenvolvimento de um protótipo de sistema especialista aplicado ao planejamento da construção de edifícios de vários pavimentos**. Porto Alegre: Escola de Engenharia, 1994. 115p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS.
- OLIVER, A. J.; TOLL, D. G. A computer system for site investigation data management and interpretation. In: **INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCES IN SITE INVESTIGATION PRACTICE**, 1995, London, Institution of Civil Engineers. 12p.
- ORTOLANO, L.; PERMAN, C. Software for expert systems development. **Journal of Computing in Civil Engineering**, New York, ASCE, v. 1, n. 4, p. 225-240, Oct. 1987.
- ORTOLANO, L. et al. Expert system for sewer network maintenance: validation issues. **Journal of Computing in Civil Engineering**, New York, ASCE, v. 4, n. 1, p. 37-54, Jan. 1990.

PRERAU, D. S. Selection of an appropriate domain for an expert system. **The AI Magazine**, v.6, n. 2, p. 26-30, Summer 1985.

RABUSKE, R. A . **Inteligência artificial**. Florianópolis: UFSC. 1995. 240p.

RAFEA, M.; RAFEA, A . Expert system development tool based on hierarchical classification generic task. In: **WORLD CONGRESS ON EXPERT SYSTEMS**, 4., 1998, Mexico City. **Application of advanced information technologies**. New York: Cognizant Communication Offices, 1998. 2v. v.2, p. 886-892.

RAGUSA, J. M. The promise and reality of intelligent computer-aided instructional systems. In: **WORLD CONGRESS ON EXPERT SYSTEMS**, 4., 1998, Mexico City. **Application of advanced information technologies**. New York: Cognizant Communication Offices, 1998. 2v. v.2 , p. 738-744.

RIGAUD, R. Health expert system. In: **WORLD CONGRESS ON EXPERT SYSTEMS**, 4., 1998, Mexico City. **Application of advanced information technologies**. New York: Cognizant Communication Offices, 1998. 2v. v.2, p. 802-806.

ROSCHKE, P. N.; BRIAUD, J.-L.; FUNEGARD, G. A prototype expert system for foundation design. In: **INTERNATIONAL CONFERENCE ON DESIGN AND CONSTRUCTION OF DEEP FOUNDATIONS**, 1994, Orlando. **Proceedings ...** Washington: Department of Transportation Federal Highway Administration , 1994. v.2, p. 469-483.

ROTH, E. M.; WOODS, D. D. Cognitive task analysis: an approach to knowledge acquisition for intelligent system design. In: GUIDA, G.; TASSO, C. (Ed.). **Topics in expert system design**. Amsterdam: North Holland, 1989. p. 233 - 264.

SAGALOWICZ, D. Development of an expert system. **Expert Systems**, v. 1, n. 2, p. 137-141, 1984.

SANTAMARINA, J. C.; CHAMEAU, J. L. Expert systems for geotechnical engineers. **Journal of Computing in Civil Engineering**, New York, ASCE, v. 1, n. 4, p. 241-252 , 1987.

SCHULTZE, E. ; SHERIF, G. Prediction of settlement from evaluated settlement observations of sand. In: **INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOIL MECHANICS AND FOUNDATION ENGINEERS**, 8. , Moscow. p.225-230.

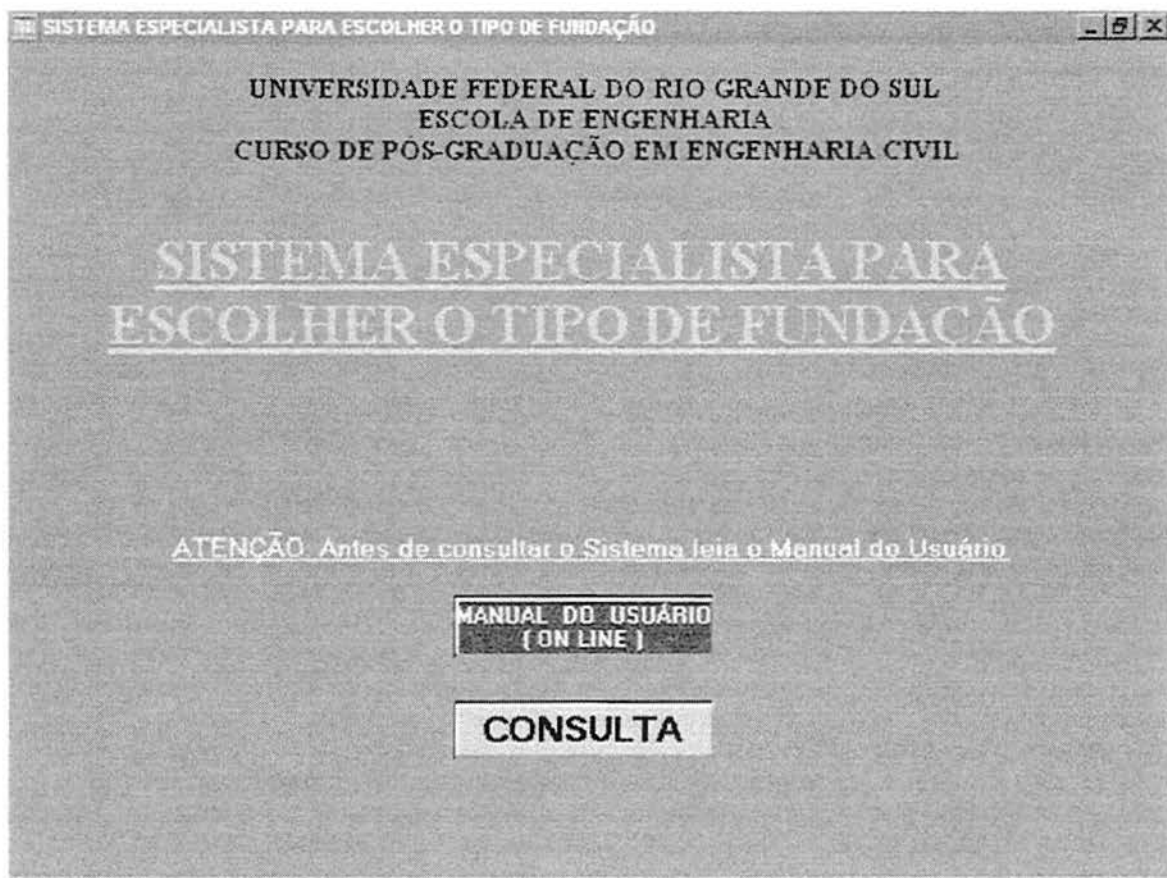
- SHEN, Y.-C.; GRIVAS, D. A. Decision-support system for infrastructure preservation. **Journal of Computing in Civil Engineering**, New York, ASCE, v. 10, n. 1, p. 40-49, 1996.
- SILVA, F. S. C. da; VASCONCELOS, W. W.; ROBERTSON, D. S. Cooperation between knowledge based systems. In: WORLD CONGRESS ON EXPERT SYSTEMS, 4., 1998, Mexico City. **Application of advanced information technologies**. New York: Cognizant Communication Offices, 1998. 2v. v.2, p. 819- 825.
- SILVA, L. M. B. da. **Desenvolvimento de um sistema especialista para diagnóstico de fissuras em concreto armado**. Porto Alegre: Escola de Engenharia, 1996. 150p. Dissertação (Mestrado em Engenharia)-Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS.
- SKIBNIEWSKI, M.; ARCISZEWSKI, T.; LUEPRASERT, K. Constructability analysis: machine learning approach. **Journal of Computing in Civil Engineering**, New York, ASCE, v. 11, n. 1, p. 8-16, 1996.
- SLAGLE, J. R.; WICK, M. R. A method for evaluating candidate: expert system applications. **The AI Magazine**, p. 44-53, Winter 1988.
- SMITH, P.; MCGONIGAL, D.; CHAO, K.-M.; HILLS, W. A practical approach to achieve knowledge sharing and reuse. In: WORLD CONGRESS ON EXPERT SYSTEMS, 4., 1998, Mexico City. **Application of advanced information technologies**. New York: Cognizant Communication Offices, 1998. 2v. v.1, p. 434-441.
- STEFIK, M.; BORROW, D.G. Object-oriented programming: themes and variations. **The AI Magazine**, v. 6, n. 4, p. 40-62, 1986.
- TEJA, J. A. I.; HACKBARTH, K. D. A LAN expert design intelligent system. In: WORLD CONGRESS ON EXPERT SYSTEMS, 4., 1998, Mexico City. **Application of advanced information technologies**. New York: Cognizant Communication Offices, 1998. 2v. v.1, p. 243-247.
- TOLL, D. G. Do geotechnical engineers need expert systems? **Ground Engineering**, London, p. 32-36, Apr. 1990.
- TOLL, D. G. Interpreting site investigation data using a knowledge based system. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOIL MECHANICS AND FOUNDATION ENGINEERING, 13., 1994. New Delhi, India. **Proceedings...** Rotterdam: A .A . Balkema, 1994. v. 4, p. 1437-1440.

- TOLL, D. G. The role of a knowledge-based system in interpreting geotechnical information. **Géotechnique**, London, v. 45, n. 3, p. 525-531, 1995.
- TOMLINSON, M. J. **Pile design and construction practice**. London: Wiewpoint Publications, 1981. 415p.
- TRAUTMANN, C. H.; KULHAWY, F. H. Knowledge-based systems in geotechnical engineering (Discussion). **Géotechnique**, London, v. 46, n. 3, p. 573, 1996.
- VAMOS, T. et al. Visual knowledge. In: WORLD CONGRESS ON EXPERT SYSTEMS, 4., 1998, Mexico City. **Application of advanced information technologies**. New York: Cognizant Communication Offices, 1998. 2v. v.1, p. 388-390.
- VANTHIENEN, J. et al. A tool-supported approach to inter-tabular verification. In: WORLD CONGRESS ON EXPERT SYSTEMS, 4., 1998, Mexico City. **Application of advanced information technologies**. New York: Cognizant Communication Offices, 1998. 2v. v.1, p. 347- 354.
- WALCZAK, S.; MCNALLY, K. An object-oriented approach to graphical knowledge acquisition. In: WORLD CONGRESS ON EXPERT SYSTEMS, 4., 1998, Mexico City. **Application of advanced information technologies**. New York: Cognizant Communication Offices, 1998. 2v. v.1, p. 495-499.
- WANG, J. Selecting low-cost questions in propositional knowledge-based systems. In: WORLD CONGRESS ON EXPERT SYSTEMS, 4., 1998, Mexico City. **Application of advanced information technologies**. New York: Cognizant Communication Offices, 1998. 2v. v.1, p. 415-422.
- WATERMAN, D. A . How do expert systems differ from conventional programs? **Expert Systems**, v.3, n.1, p. 16-19, 1986.
- WATSON, I et al. **The client-centred approach: developing expert s ystems for the construction industry**. Final report of the research project supported by The Royal Institution of Chartered Surveyors, the Department of Trade and Industry and Science and Engineering Research Council.. Salford: University of Salford, 1994.
- WATSON, I.; MARIR, F. Case-based reasoning: A review. **The Knowledge Engineering Review**, v.9, n.4, p. 327-254, 1994.
- WATSON, I. D.; SHAVE, M. J. R.; MORALEE, S. A knowledge analysis methodology

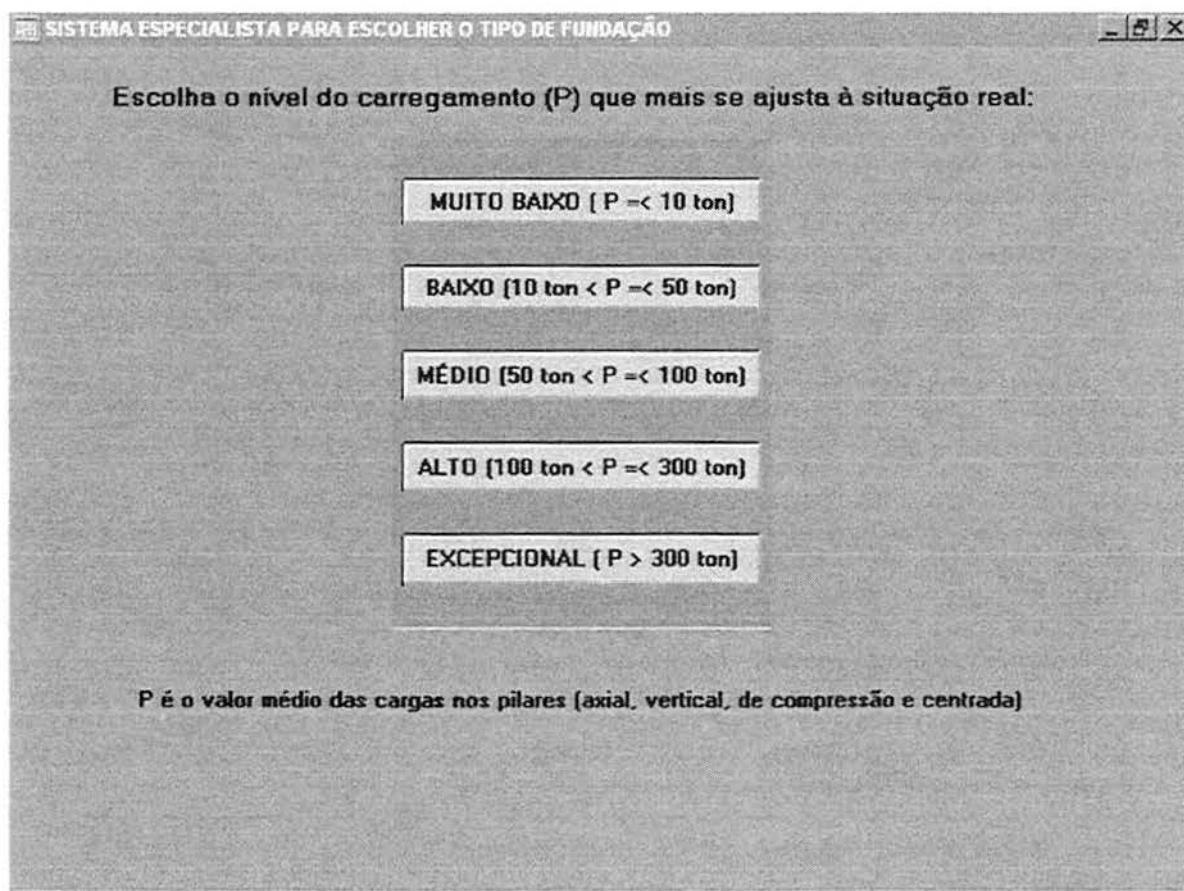
- using an intermediate knowledge representation based on conceptual graphs. In: WORLD INTERNATIONAL WORKSHOP ON EXPERT SYSTEMS AND THEIR APPLICATIONS, 9., 1989, Avignon. **Proceedings ...** New York: Cognizant Communication Offices, 1989. v.1, p. 183-198.
- WEISS, S. M.; KULIKOWSKI, C. A. **Guia prático para projetar sistemas especialistas.** Rio de Janeiro: LTC, 1988. 163p.
- WIELINGA, B.; SCHREIBER, G. Future directions in knowledge acquisition. In: SHADBOLT, N. (Ed.) **Research and development in expert systems VI.** Cambridge: Cambridge University Press, 1989. p. 288-301.
- WINTER, M. G.; MATHESON, G. D.; MCMILLAN, P. Development of a knowledge-based system for ground investigation in soil and rock. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCES IN SITE INVESTIGATION PRACTICE, 1995. London, Institution of Civil Engineers, 1995. 12p.
- XUE, X.; SMART, P. Expert system for geotechnical testing. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCES IN SITE INVESTIGATION PRACTICE, 1995. London, Institution of Civil Engineers, 1995. 12p.
- YEH, Y.-C.; HSU, D.-S.; KUO, Y.-H. Expert system for diagnosing damage of prestressed concrete pile. **Journal of Construction Engineering and Management**, New York, ASCE, v. 117, n. 1, p. 13-26, 1991.
- YOUNG, R. Role of intermediate representations in knowledge elicitation. In: MORALLE, D. S. (Ed.), **Research and development in expert systems IV.** Cambridge: Cambridge University Press, 1989. p. 287-289.
- ZLATAREVA, N. P. A refinement framework to support validation and maintenance of knowledge-based systems. In: WORLD CONGRESS ON EXPERT SYSTEMS, 4., 1998, Mexico City. **Application of advanced information technologies.** New York: Cognizant Communication Offices, 1998. 2v. v.1, p. 367-374.

ANEXO A

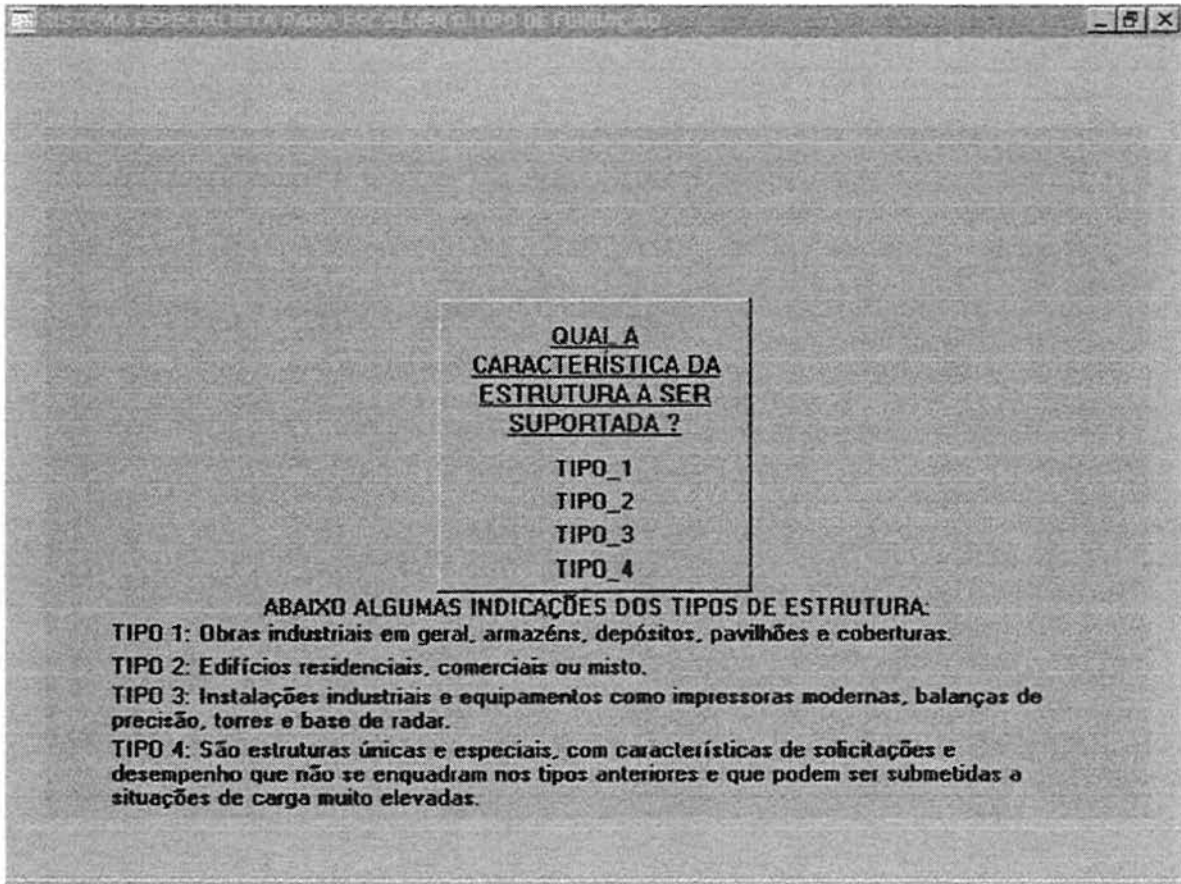
DEMONSTRAÇÃO DO PROTÓTIPO



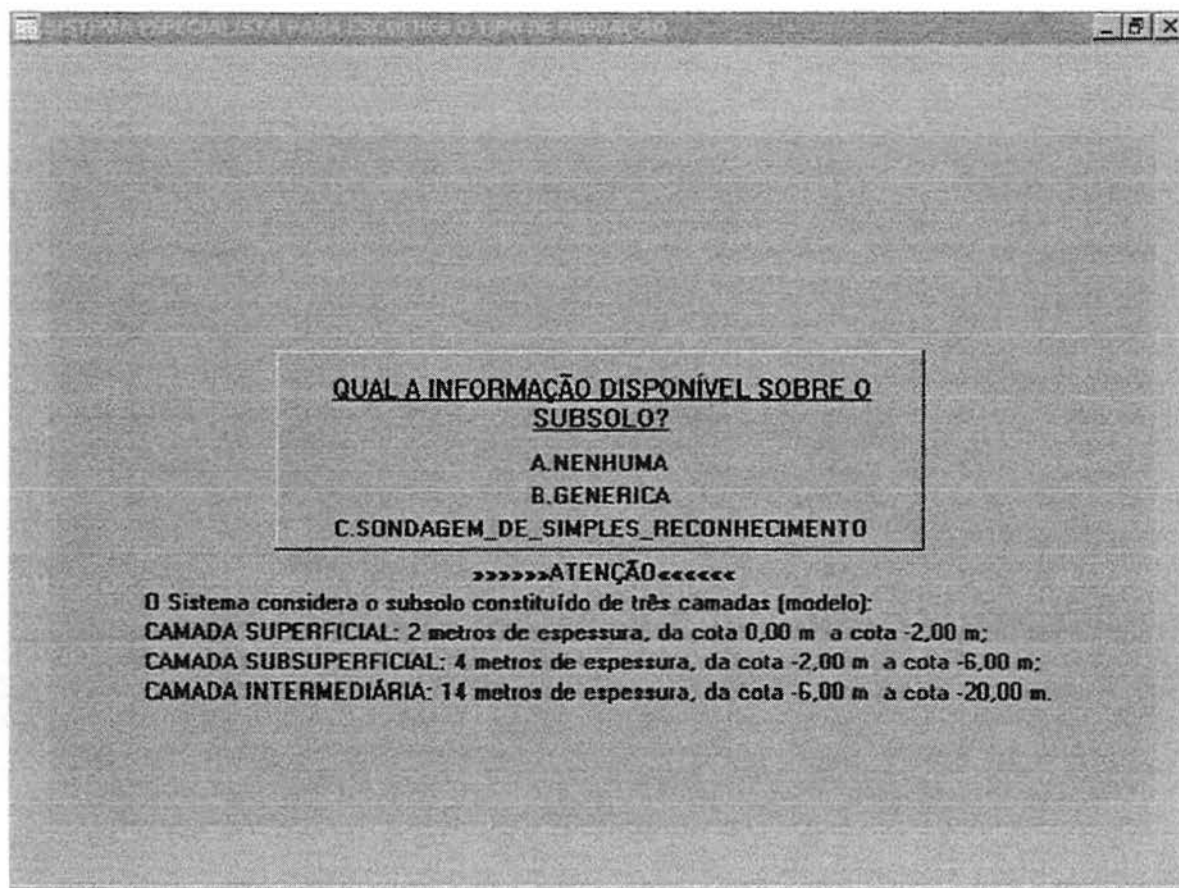
Tela 1 - Tela de apresentação do Sistema. O sistema entra em ação quando o botão CONSULTA é acionado pelo ícone do mouse.



Tela 2 - Quando o usuário aciona o botão CONSULTA, o Sistema apresenta esta tela para que seja definido o nível de carregamento. Basta o usuário acionar com o ícone do mouse um dos botões correspondente ao nível de carregamento do problema.

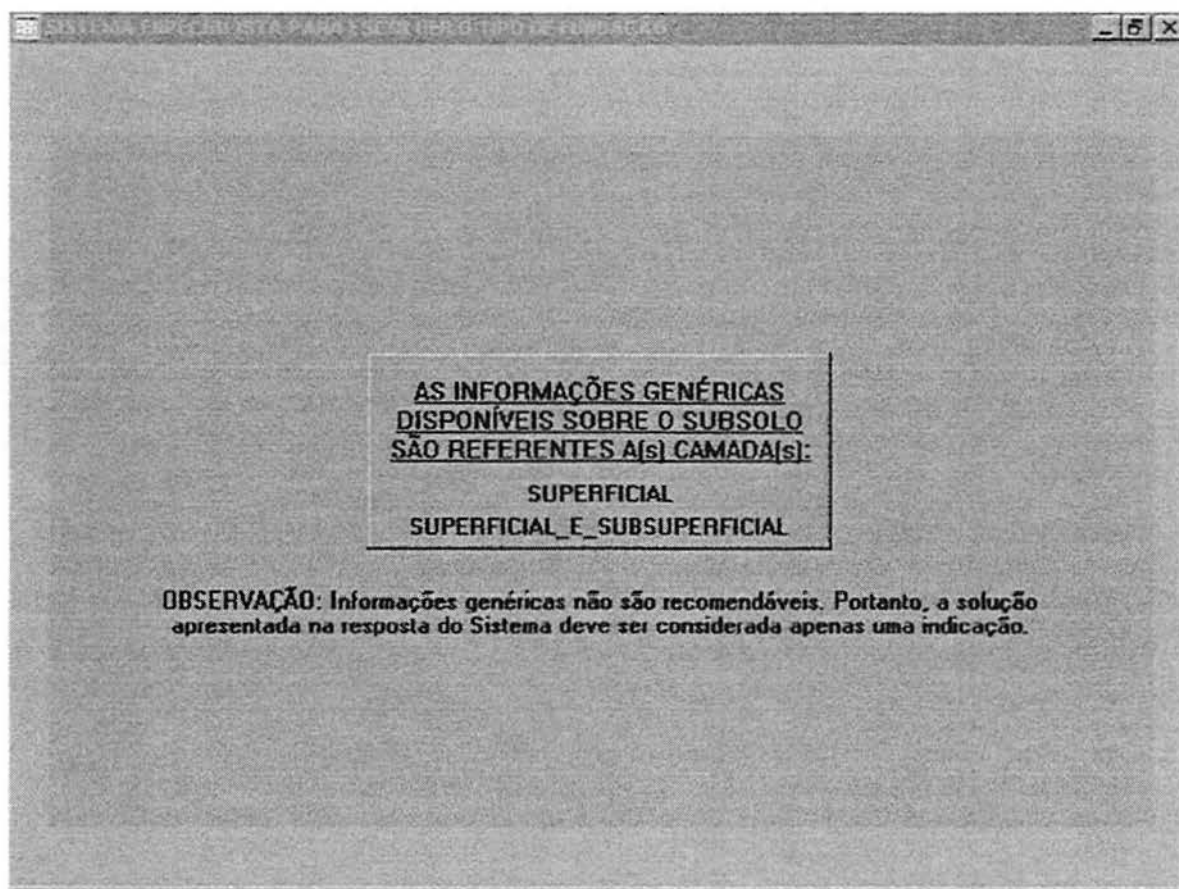


Tela 3 - Quando o usuário aciona o botão correspondente ao nível de carregamento do problema, o Sistema apresenta esta tela para que seja definido o tipo de estrutura. Basta o usuário acionar com o ícone do mouse uma das opções apresentadas de acordo com o tipo de estrutura do problema.

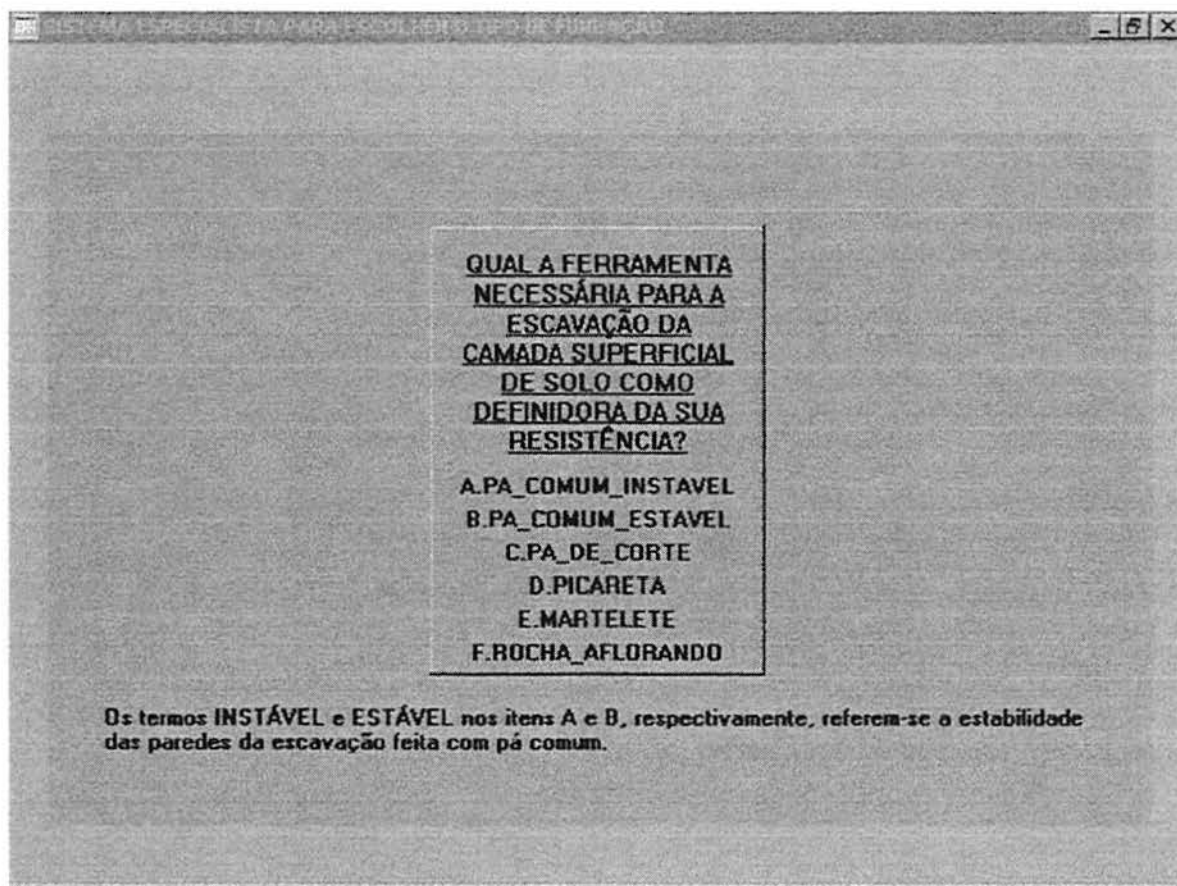


Tela 4 - Quando o usuário aciona o botão correspondente ao tipo de estrutura do problema, o Sistema apresenta esta tela para que seja definida qual a informação disponível sobre o subsolo. Basta o usuário acionar com o ícone do mouse uma das opções apresentadas de acordo com a informação do subsolo que ele dispõe.

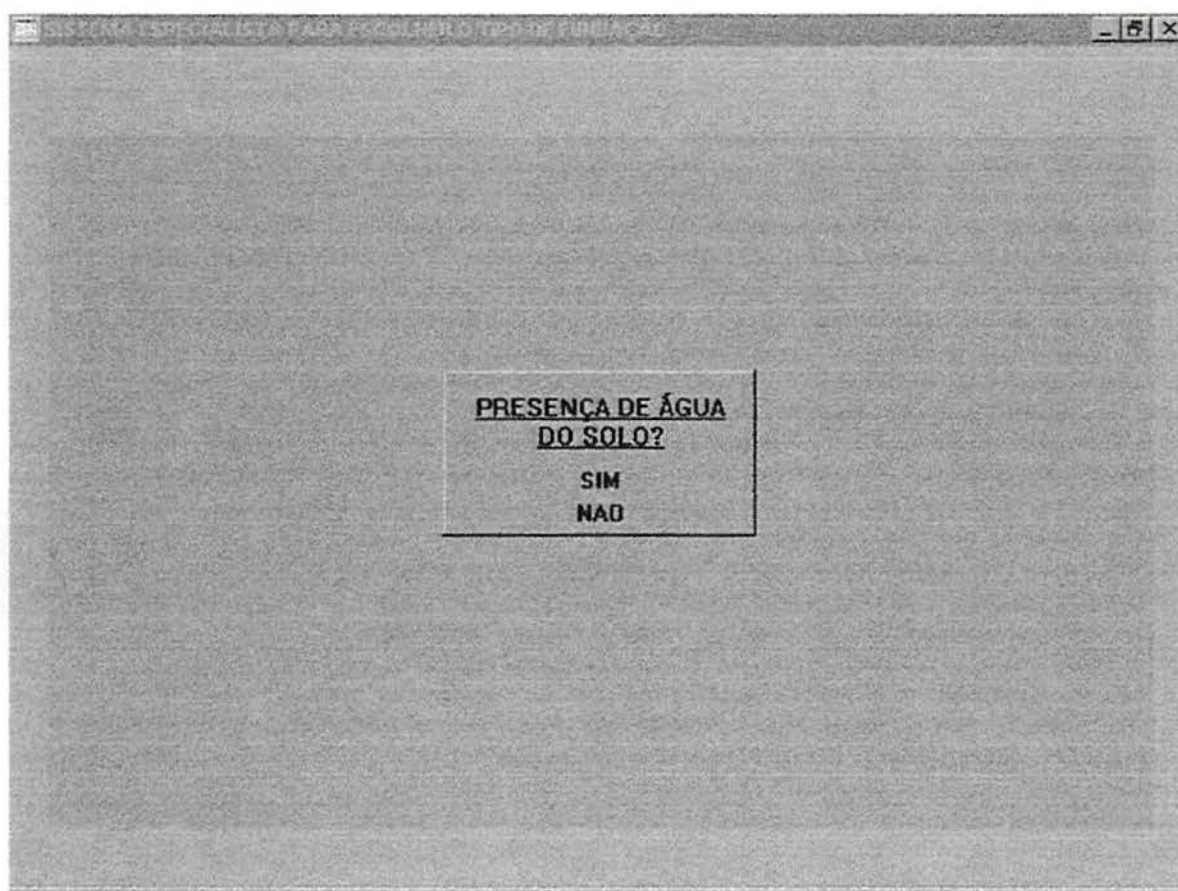
OBSERVAÇÃO: As telas 1, 2, 3 e 4 sempre são apresentadas ao usuário quando o Sistema é consultado. As telas a seguir são apresentadas conforme a opção escolhida pelo usuário quanto a informação disponível sobre o subsolo.



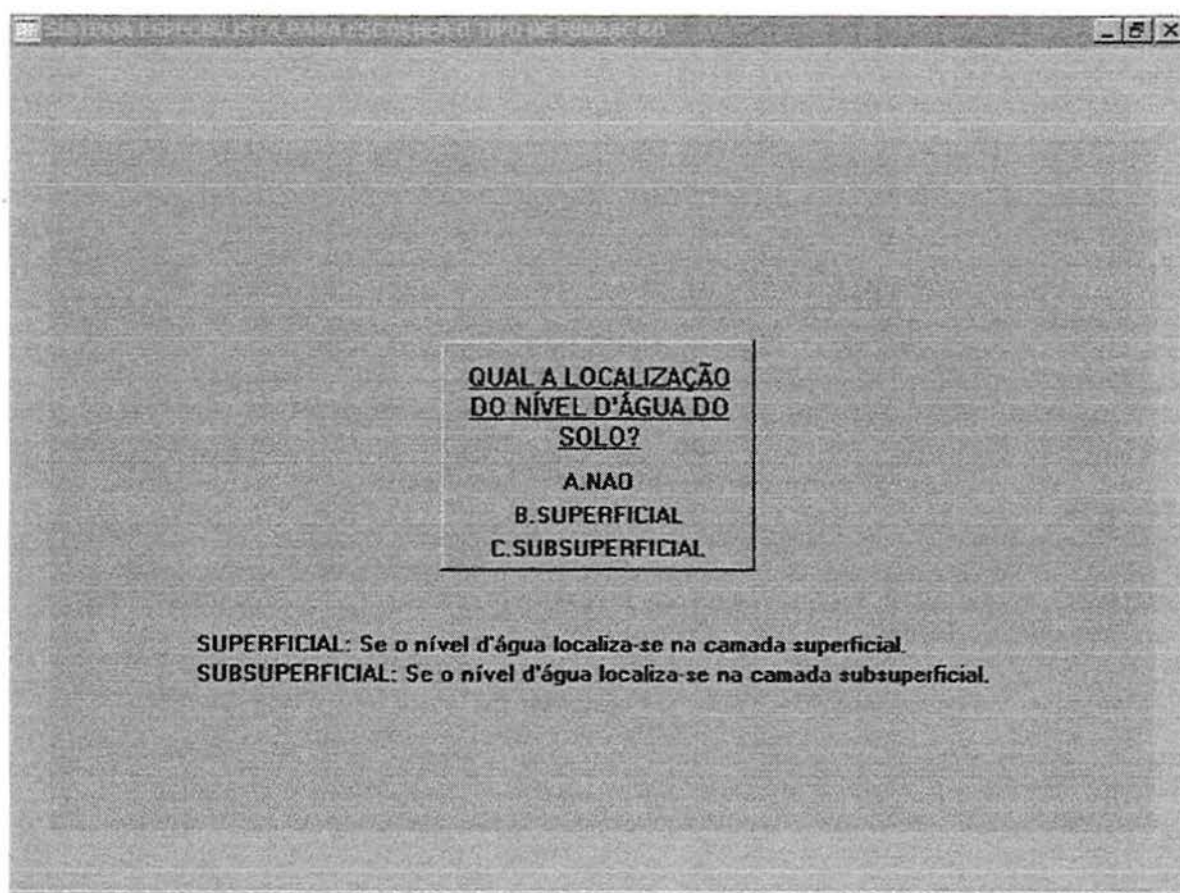
Tela 5 - Esta tela é apresentada ao usuário se ele escolheu a opção GENÉRICA na tela anterior. Nesta tela o usuário deve informar ao Sistema se as informações genéricas disponíveis sobre o subsolo referem-se a camada superficial ou as camadas superficial e subsuperficial do subsolo. Para isso, basta o usuário acionar com o ícone do mouse uma das opções apresentadas.



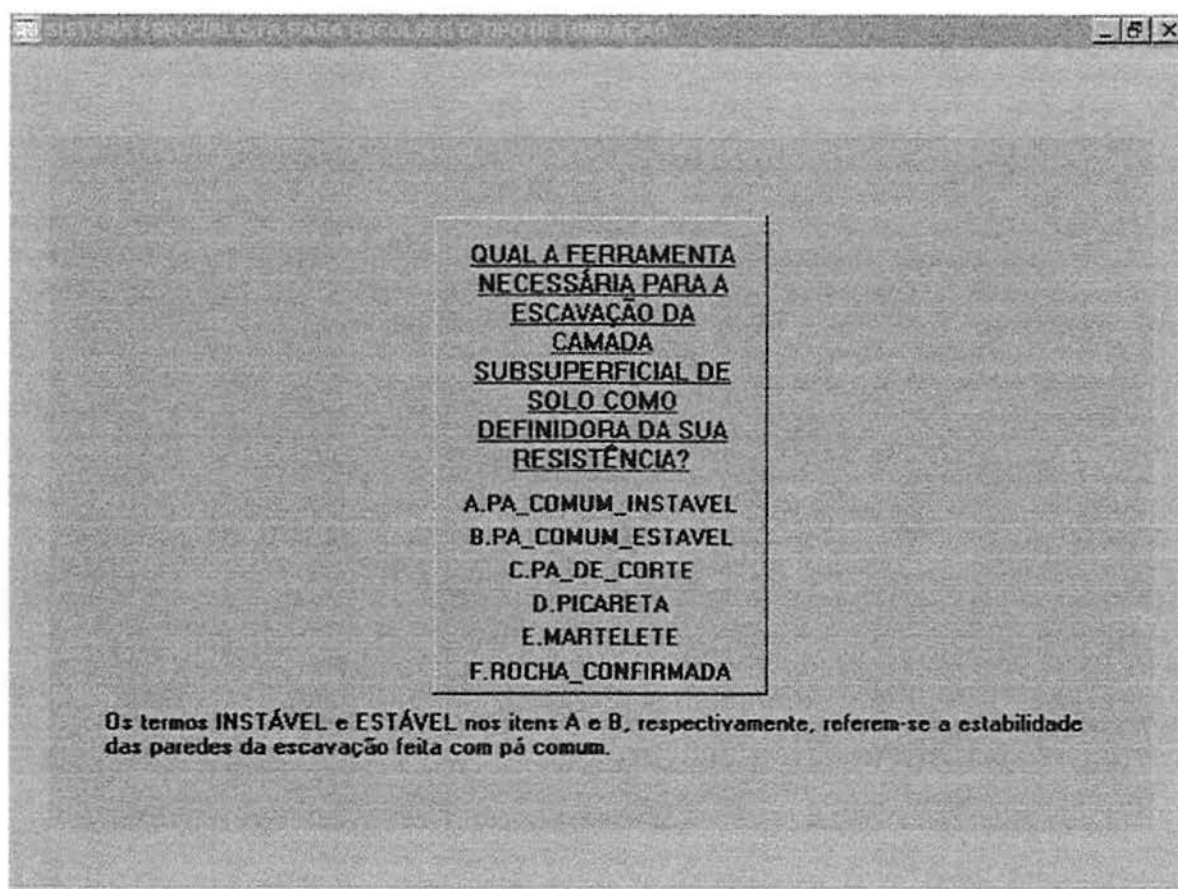
Tela 6 - Esta tela é apresentada ao usuário se ele escolheu a opção GENÉRICA na tela 4 e qualquer uma das opções da tela 5. Nesta tela o usuário deve informar ao Sistema qual a resistência da camada superficial em relação a ferramenta necessária para sua escavação. Para isso, basta o usuário acionar com o ícone do mouse uma das opções apresentadas.



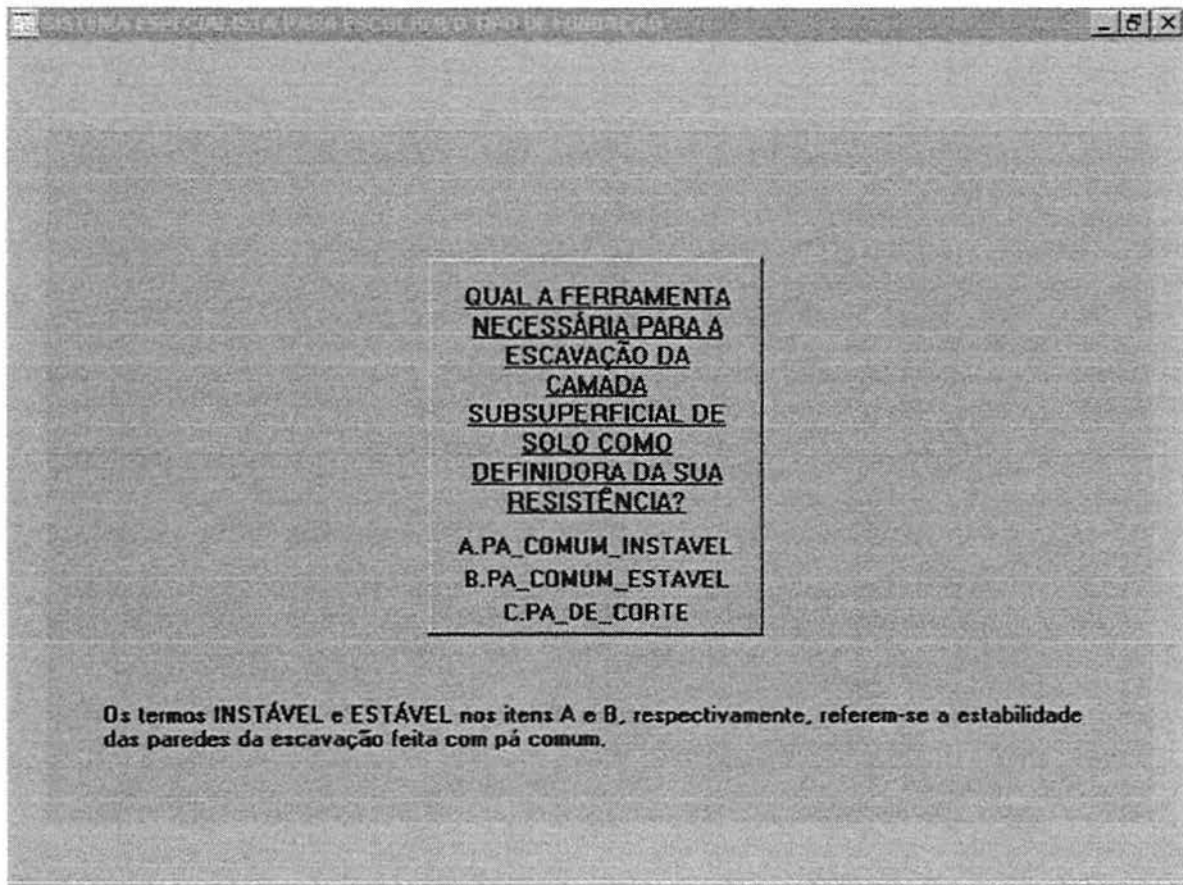
Tela 7 - Esta tela é apresentada ao usuário se ele escolheu a opção GENÉRICA na tela 4 e a opção SUPERFICIAL na tela 5. Nesta tela o usuário deve informar ao Sistema sobre a presença de água do solo. Para isso, basta o usuário acionar com o ícone do mouse uma das opções apresentadas. Após o Sistema ser informado, é apresentada a resposta da consulta.



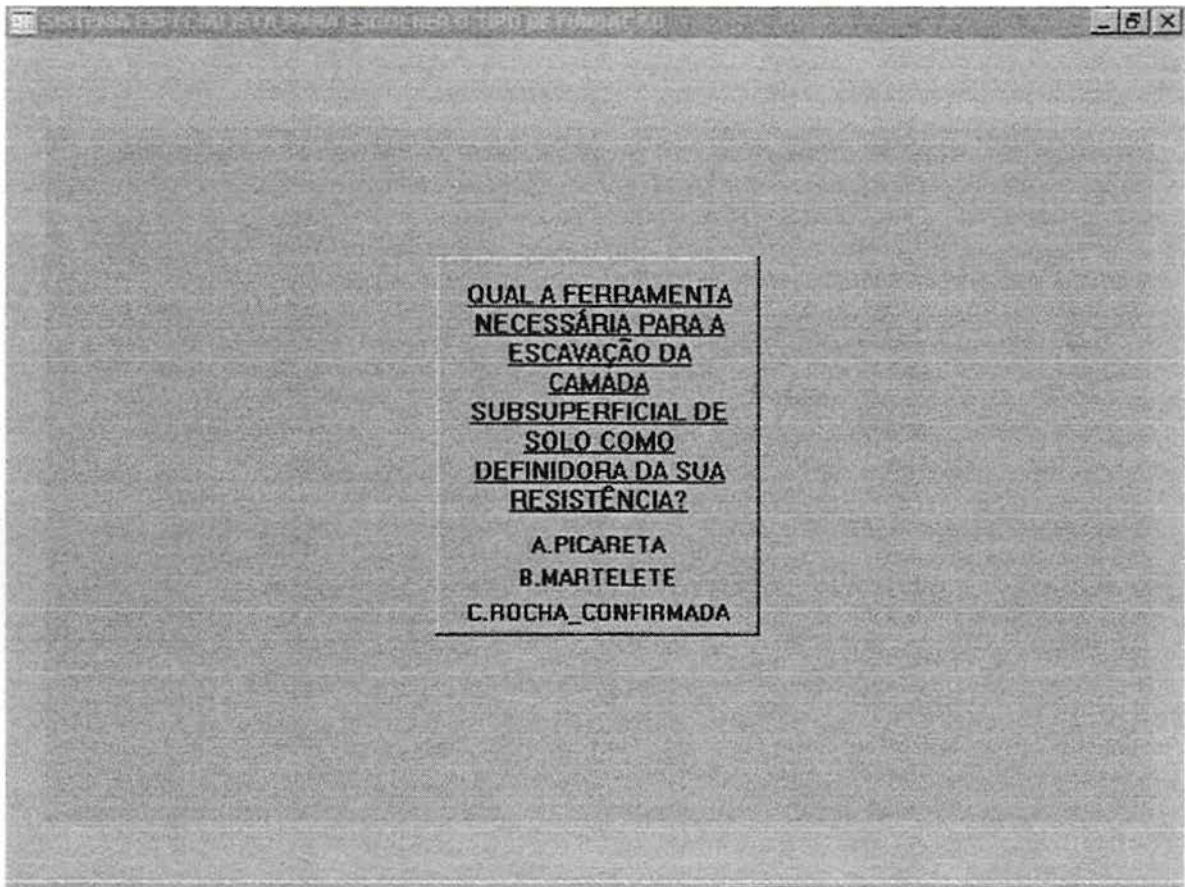
Tela 8 - Esta tela é apresentada ao usuário se ele escolheu a opção GENÉRICA na tela 4, a opção SUBSUPERFICIAL na tela 5 e uma das seguintes opções na tela 6: PÁ COMUM INSTÁVEL, PÁ COMUM ESTÁVEL OU PÁ DE CORTE. Nesta tela o usuário deve informar ao Sistema sobre a presença de água do solo. Para isso, basta o usuário acionar com o ícone do mouse uma das opções apresentadas.



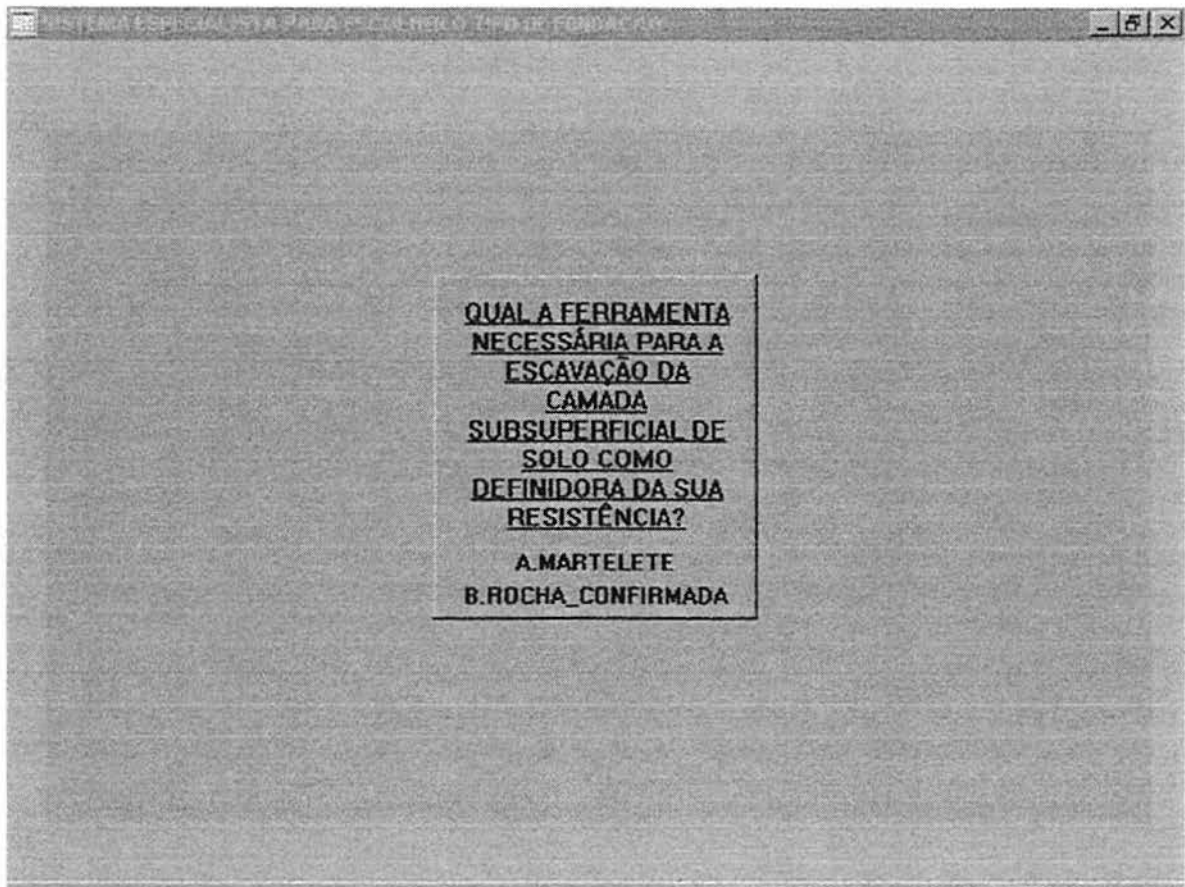
Tela 9 - Esta tela é apresentada ao usuário se ele escolheu a opção GENÉRICA na tela 4, a opção SUBSUPERFICIAL na tela 5, uma das seguintes opções na tela 6: PÁ COMUM INSTÁVEL, PÁ COMUM ESTÁVEL OU PÁ DE CORTE e uma das seguintes opções na tela 8: NÃO OU SUPERFICIAL. Nesta tela o usuário deve informar ao Sistema sobre a resistência da camada subsuperficial em relação a ferramenta necessária para sua escavação. Para isso, basta o usuário acionar com o ícone do mouse uma das opções apresentadas. Após o Sistema ser informado, é apresentada a resposta da consulta.



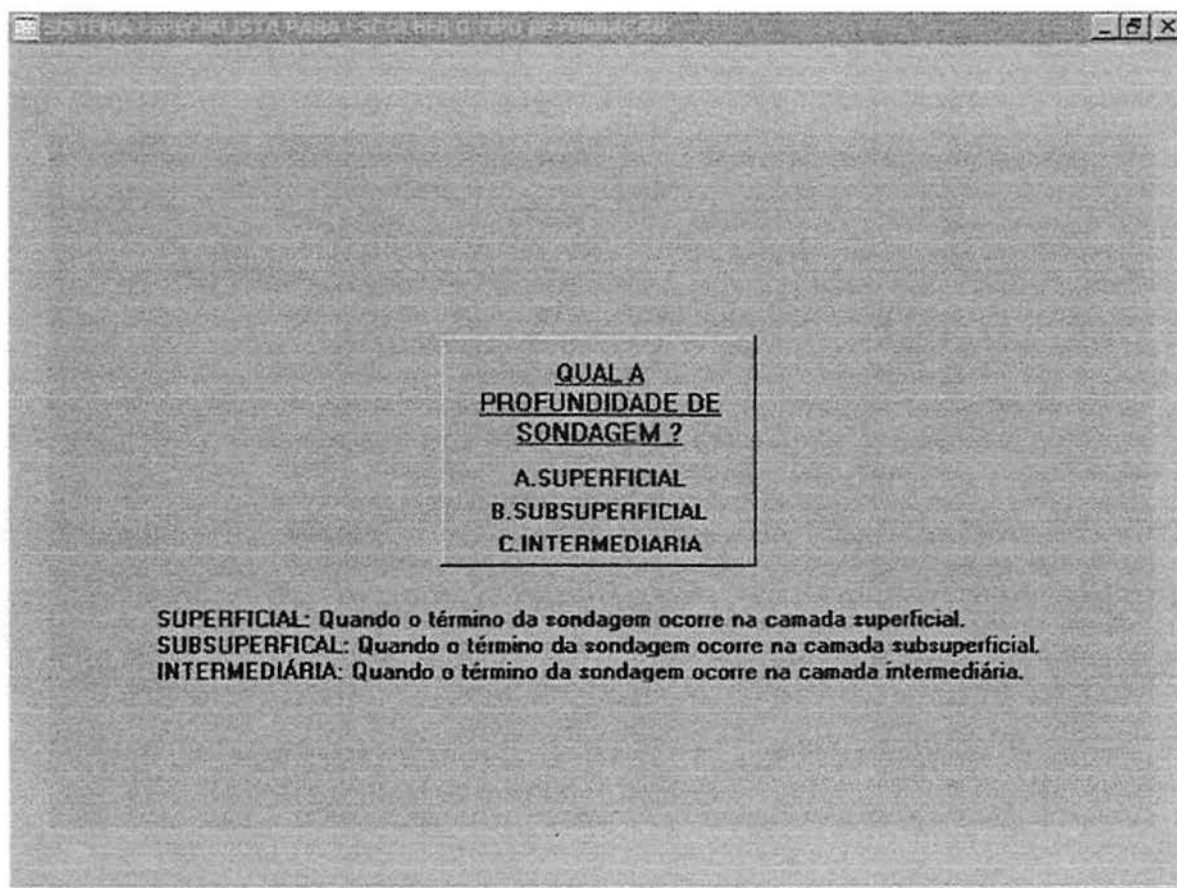
Tela 10 - Esta tela é apresentada ao usuário se ele escolheu a opção GENÉRICA na tela 4, a opção SUBSUPERFICIAL na tela 5, uma das seguintes opções na tela 6: PÁ COMUM INSTÁVEL, PÁ COMUM ESTÁVEL OU PÁ DE CORTE e a opção SUBSUPERFICIAL na tela 8. Nesta tela o usuário deve informar ao Sistema sobre a resistência da camada subsuperficial em relação a ferramenta necessária para sua escavação. Para isso, basta o usuário acionar com o ícone do mouse uma das opções apresentadas. Após o Sistema ser informado, é apresentada a resposta da consulta.



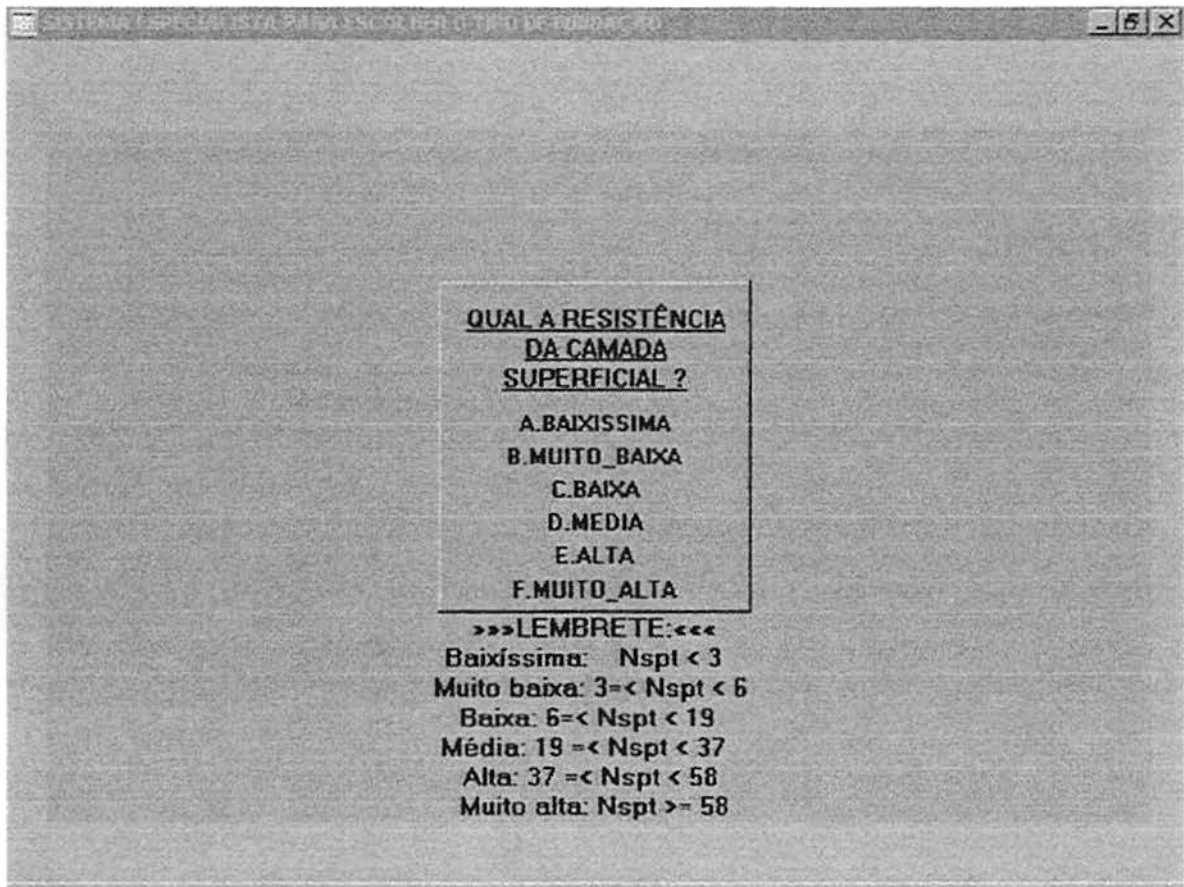
Tela 11 - Esta tela é apresentada ao usuário se ele escolheu a opção GENÉRICA na tela 4, a opção SUBSUPERFICIAL na tela 5 e a opção PICARETA na tela 6. Nesta tela o usuário deve informar ao Sistema sobre a resistência da camada subsuperficial em relação a ferramenta necessária para sua escavação. Para isso, basta o usuário acionar com o ícone do mouse uma das opções apresentadas. Após o Sistema ser informado, é apresentada a resposta da consulta.



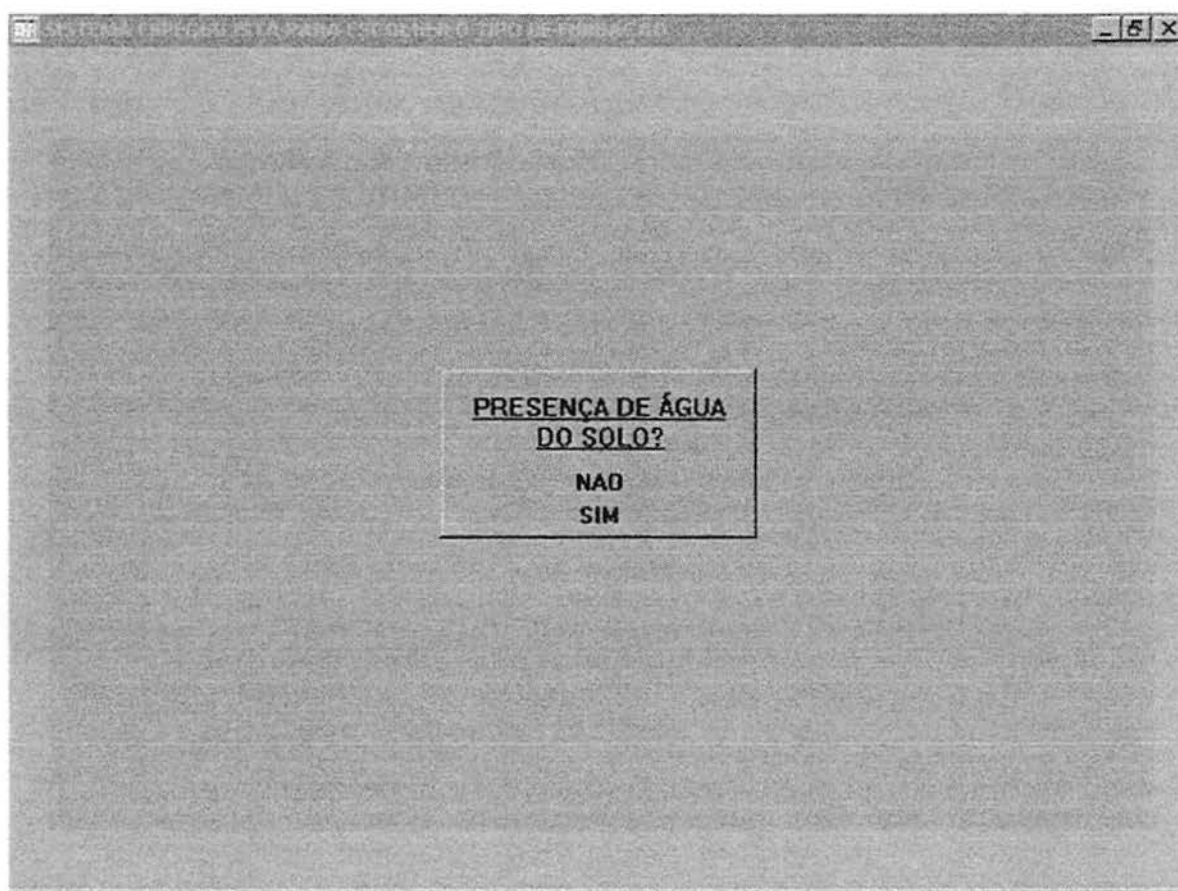
Tela 12 - Esta tela é apresentada ao usuário se ele escolheu a opção GENÉRICA na tela 4, a opção SUBSUPERFICIAL na tela 5 e a opção MARTELETE na tela 6. Nesta tela o usuário deve informar ao Sistema sobre a resistência da camada subsuperficial em relação a ferramenta necessária para sua escavação. Para isso, basta o usuário acionar com o ícone do mouse uma das opções apresentadas. Após o Sistema ser informado, é apresentada a resposta da consulta.



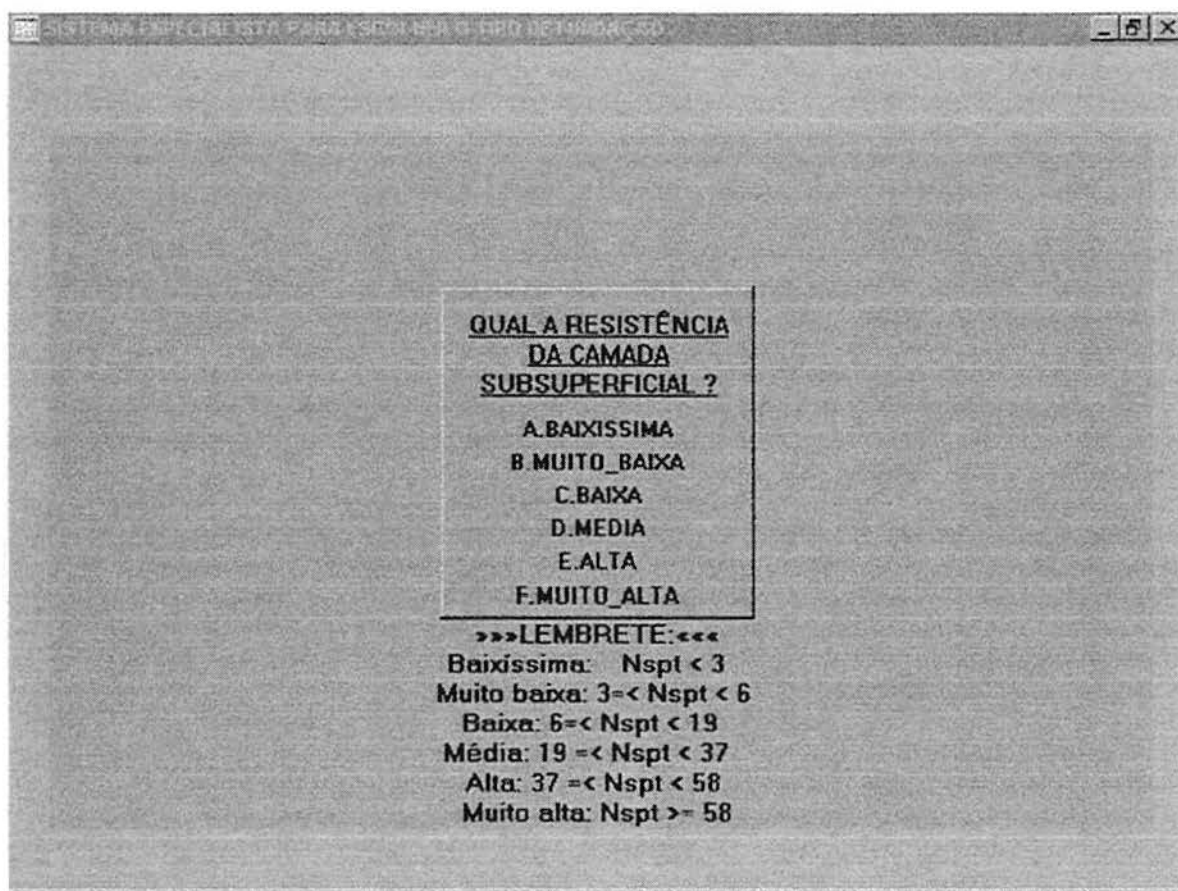
Tela 13 - Esta tela é apresentada ao usuário se ele escolheu a opção SONDAÇÃO DE SIMPLES RECONHECIMENTO na tela 4. Nesta tela o usuário deve informar ao Sistema sobre a profundidade da sondagem. Para isso, basta o usuário acionar com o ícone do mouse uma das opções apresentadas.



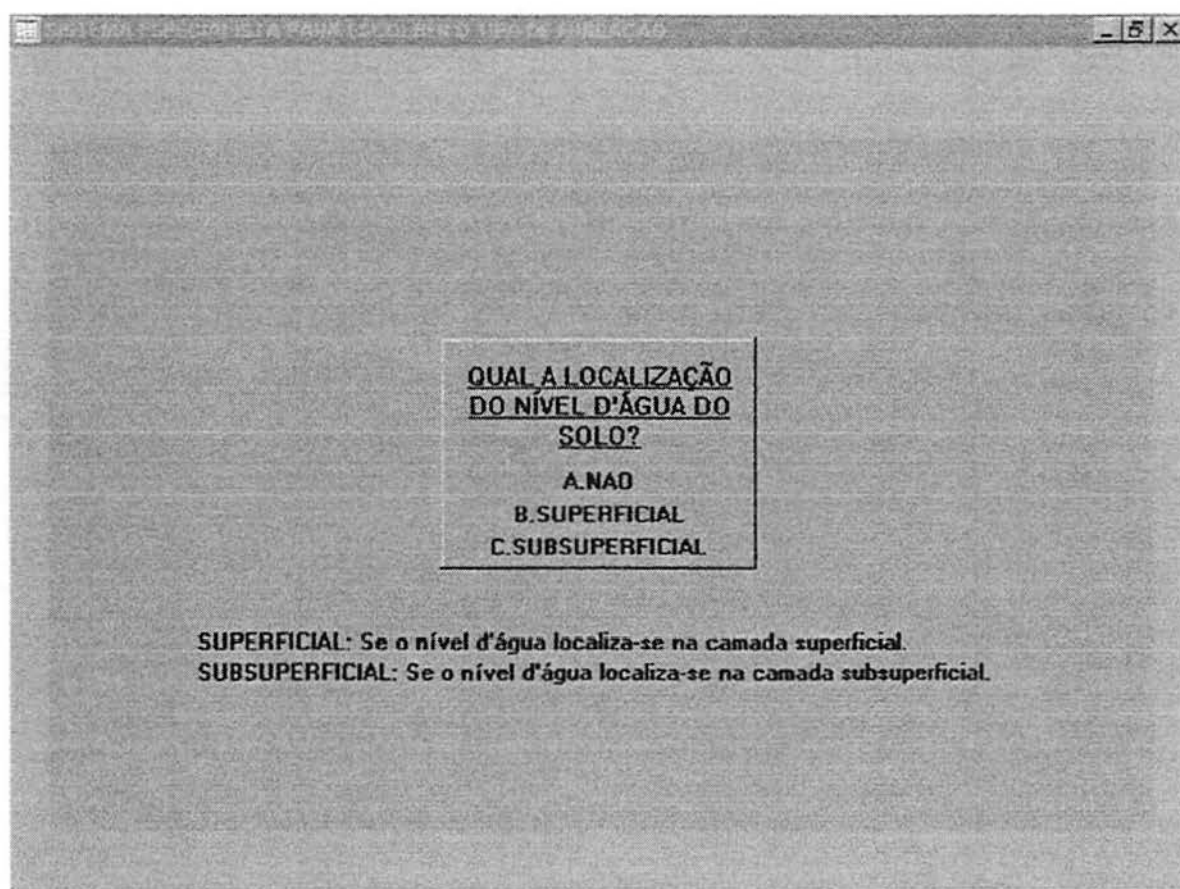
Tela 14 - Esta tela é apresentada ao usuário se ele escolheu a opção SONDAÇÃO DE SIMPLES RECONHECIMENTO na tela 4 e qualquer uma das opções da tela 13. Nesta tela o usuário deve informar ao Sistema sobre a resistência da camada superficial a partir do valor representativo do Nspt. Para isso, basta o usuário acionar com o ícone do mouse uma das opções apresentadas.



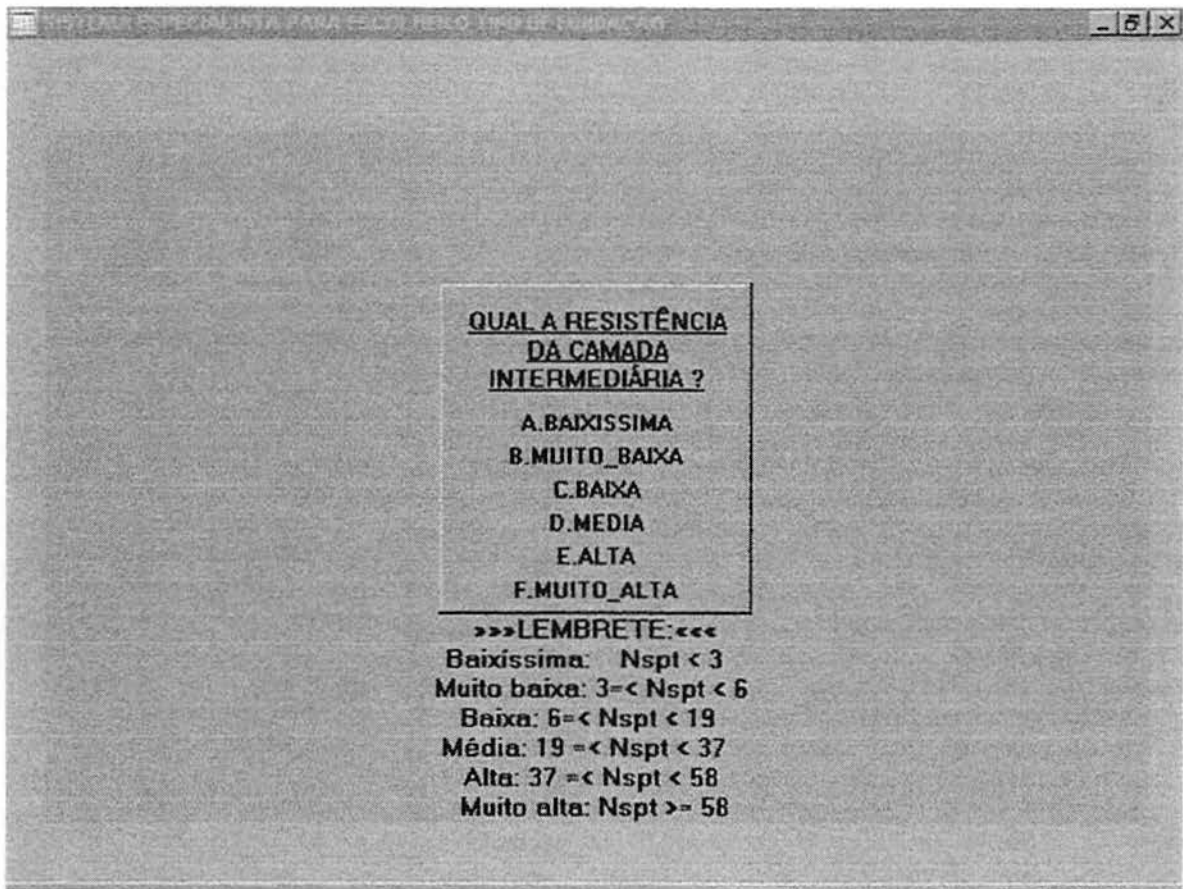
Tela 15 - Esta tela é apresentada ao usuário após a tela 14, se ele escolheu a opção **SONDAGEM DE SIMPLES RECONHECIMENTO** na tela 4 e a opção **SUPERFICIAL** na tela 13. Nesta tela o usuário deve informar ao Sistema sobre a presença de água do solo. Para isso, basta o usuário acionar com o ícone do mouse uma das opções apresentadas. Após o Sistema ser informado, é apresentada a resposta da consulta.



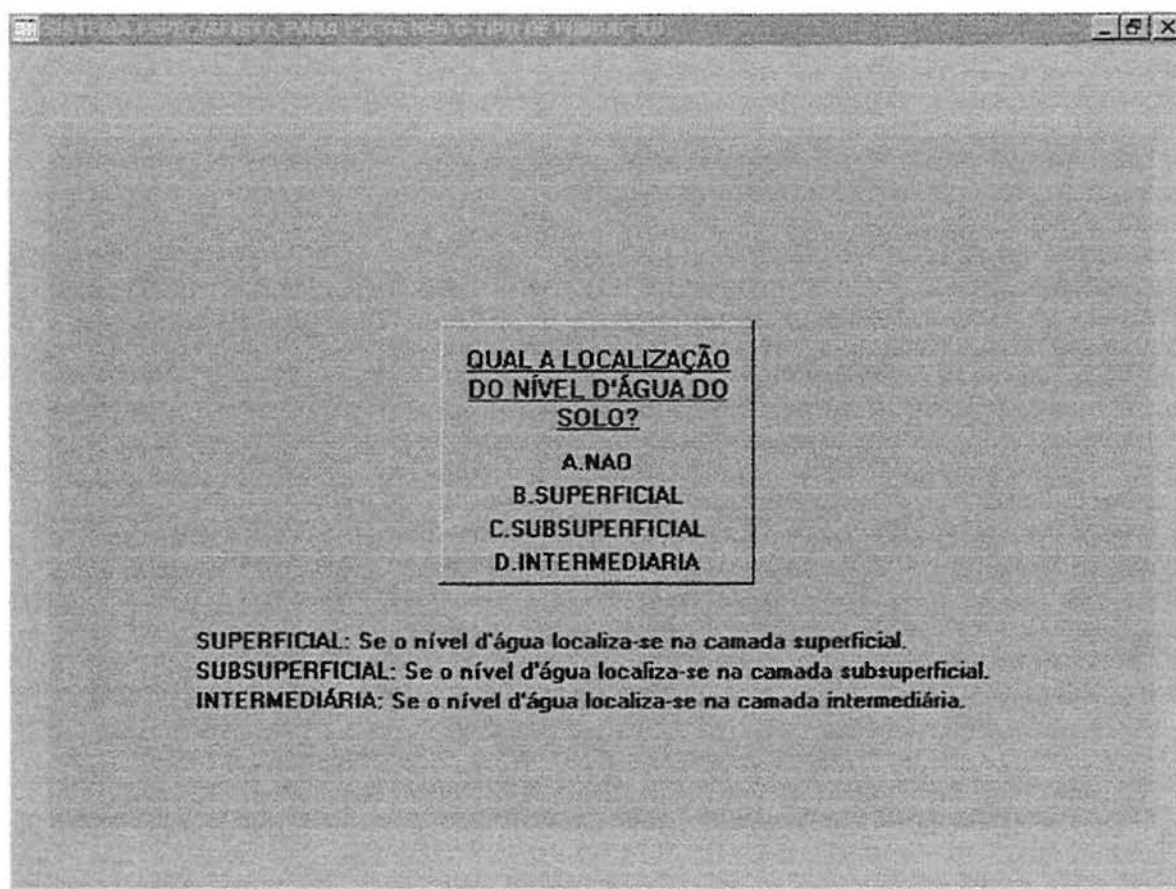
Tela 16 - Esta tela é apresentada ao usuário após a tela 14, se ele escolheu a opção SONDA GEM DE SIMPLES RECONHECIMENTO na tela 4 e a opção SUBSUPERFICIAL ou INTERMEDIÁRIA na tela 13. Nesta tela o usuário deve informar ao Sistema sobre a resistência da camada subsuperficial a partir do valor representativo do Nspt. Para isso, basta o usuário acionar com o ícone do mouse uma das opções apresentadas.



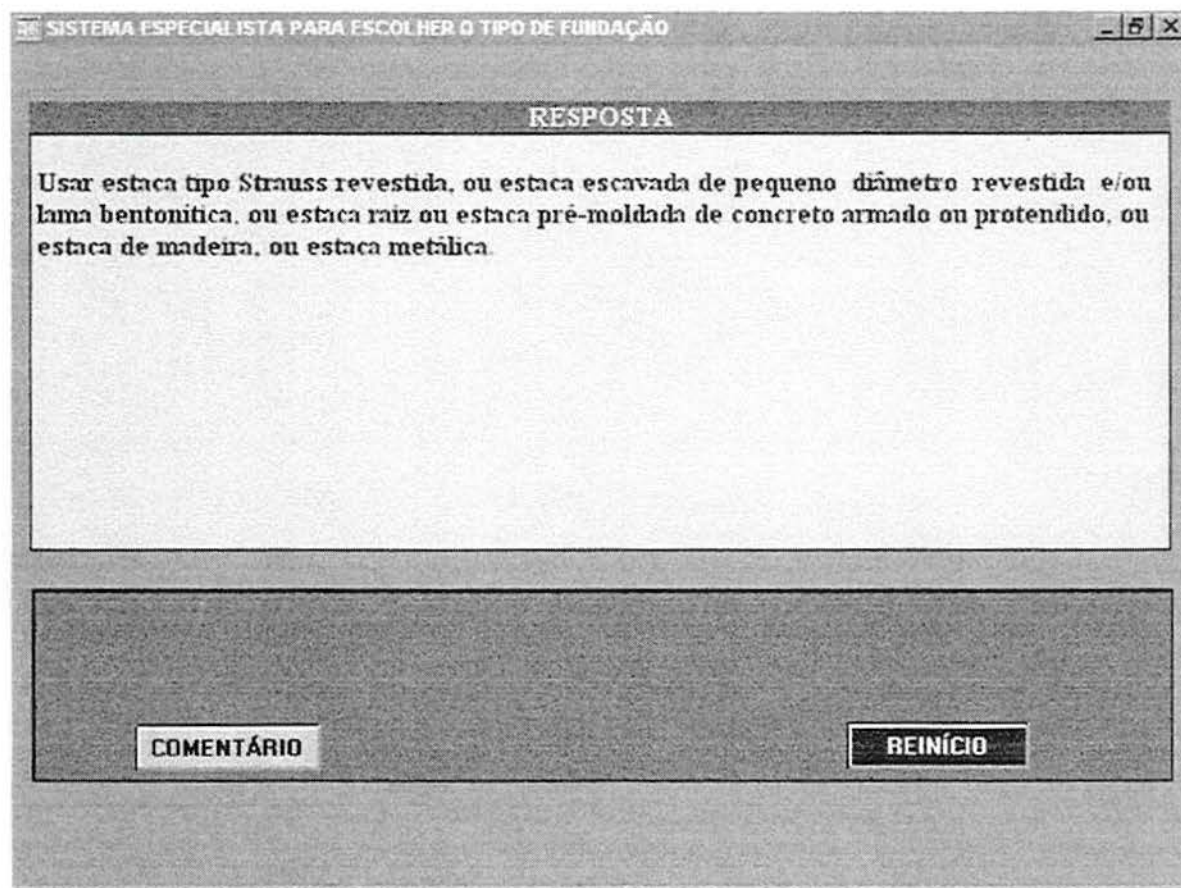
Tela 17 - Esta tela é apresentada ao usuário após a tela 16, se ele escolheu a opção SONDAÇÃO DE SIMPLES RECONHECIMENTO na tela 4 e a opção SUBSUPERFICIAL na tela 13. Nesta tela o usuário deve informar ao Sistema sobre a presença de água no subsolo. Para isso, basta o usuário acionar com o ícone do mouse uma das opções apresentadas. Após o Sistema ser informado, é apresentada a resposta da consulta.



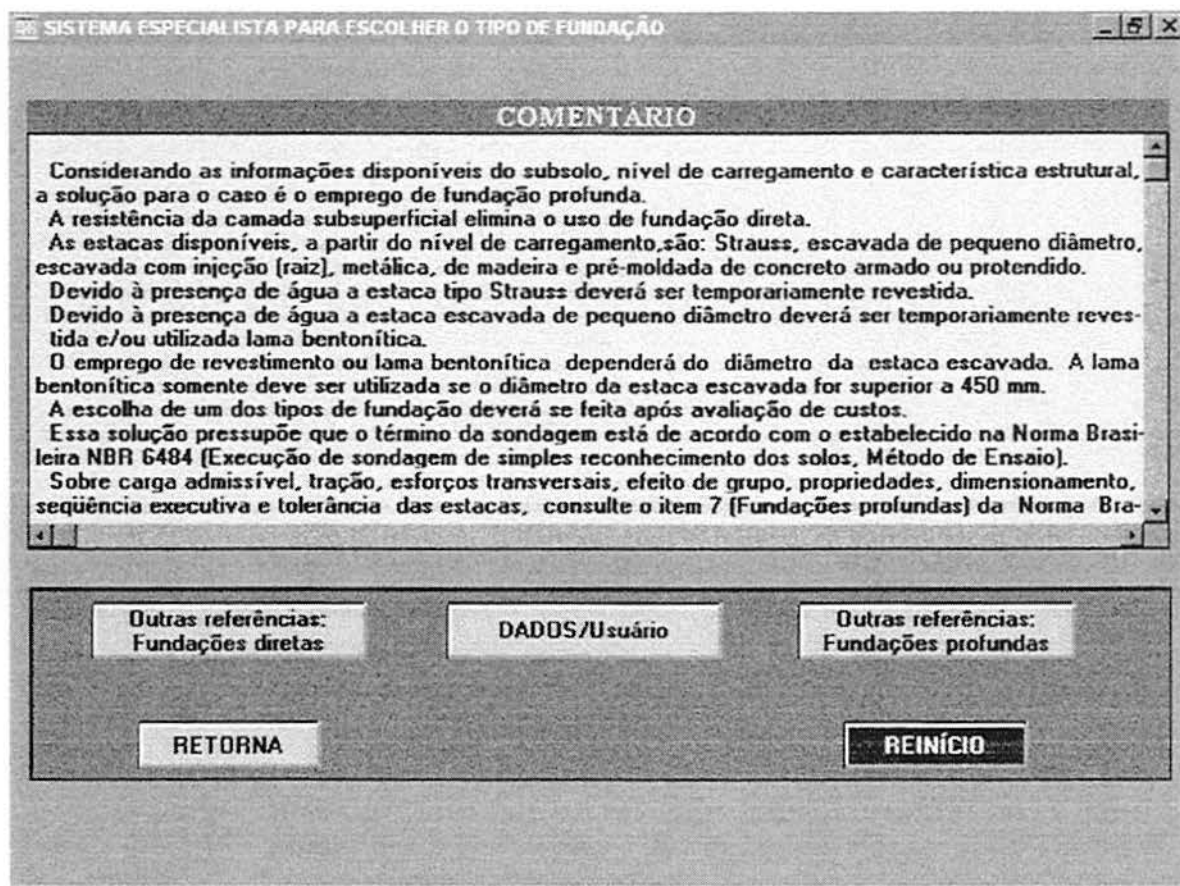
Tela 18 - Esta tela é apresentada ao usuário após a tela 16, se ele escolheu a opção SONDAÇÃO DE SIMPLES RECONHECIMENTO na tela 4 e a opção INTERMEDIÁRIA na tela 13. Nesta tela o usuário deve informar ao Sistema sobre a resistência da camada intermediária a partir do valor representativo do Nspt. Para isso, basta o usuário acionar com o ícone do mouse uma das opções apresentadas.



Tela 19 - Esta tela é apresentada ao usuário após a tela 18, se ele escolheu a opção SONDAÇÃO DE SIMPLES RECONHECIMENTO na tela 4 e a opção INTERMEDIARIA na tela 13. Nesta tela o usuário deve informar ao Sistema sobre a presença de água no subsolo. Para isso, basta o usuário acionar com o ícone do mouse uma das opções apresentadas. Após o Sistema ser informado, é apresentada a resposta da consulta.



Tela 20 - Tela de apresentação da resposta da consulta. Se o usuário acionar o botão REÍNÍCIO, a Tela 1 é apresentada; se acionar o botão COMENTÁRIO, a Tela 21 é apresentada.



Tela 21 - Tela de apresentação do comentário . Se o usuário acionar o botão REINÍCIO, a Tela 1 é apresentada; se acionar o botão RETORNA, a Tela 20 é apresentada; se o botão DADOS/USUÁRIO for acionado, a Tela 22 é apresentada; se o botão OUTRAS REFERÊNCIAS for acionado a Tela 23 é apresentada.

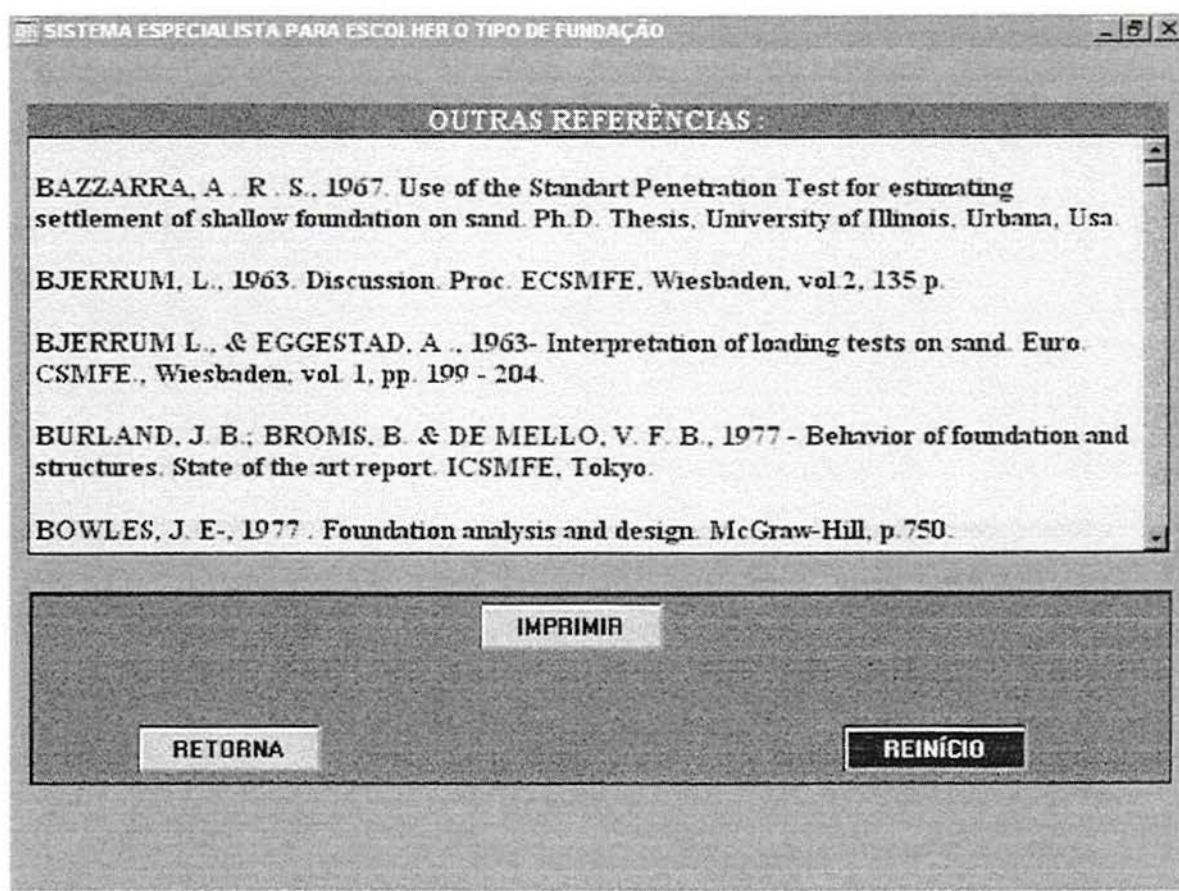
SISTEMA ESPECIALISTA PARA ESCOLHER O TIPO DE FUNDAÇÃO

DADOS DO USUÁRIO

CARREGAMENTO:	B BAIXO
ESTRUTURA:	TIP0_2
INFORMAÇÃO:	C SONDAGEM_DE_SIMPLES_RECONHECIMENTO
PROFUNDIDADE:	C INTERMEDIARIA
PRESENÇA DE ÁGUA:	B SUPERFICIAL
RESISTÊNCIA DA CAMADA SUPERFICIAL:	B MUITO_BAIXA
RESISTÊNCIA DA CAMADA SUBSUPERFICIAL:	B MUITO_BAIXA
RESISTÊNCIA DA CAMADA INTERMEDIÁRIA:	E ALTA

RETORNA **REINÍCIO**

Tela 22 - Tela de apresentação do dados do usuário utilizados na consulta ao Sistema . Se o usuário acionar o botão REINÍCIO, a Tela 1 é apresentada; se acionar o botão RETORNA, a Tela 20 é apresentada.



Tela 23 - Tela de apresentação das referências bibliográficas. Se o usuário acionar o botão REINÍCIO, a Tela 1 é apresentada; se acionar o botão RETORNA, a Tela 20 é apresentada; se o botão IMPRIMIR for acionado é apresentado um relatório da consulta que poderá ser impresso se o usuário assim desejar.

ANEXO B

MODELO DE RELATÓRIO

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
SISTEMA ESPECIALISTA PARA ESCOLHER O TIPO DE FUNDAÇÃO**

RELATÓRIO DA CONSULTA:

DADOS DO USUÁRIO:

CARREGAMENTO: C.MEDIO
 ESTRUTURA: TIPO_1
 INFORMAÇÃO: C.SONDAGEM_DE_SIMPLES_RECONHECIMENTO
 PROFUNDIDADE: C.INTERMEDIARIA
 PRESENÇA DE ÁGUA: C.SUBSUPERFICIAL
 RESISTÊNCIA DA CAMADA SUPERFICIAL: B.MUITO_BAIXA
 RESISTÊNCIA DA CAMADA SUBSUPERFICIAL: C.BAIXA
 RESISTÊNCIA DA CAMADA INTERMEDIÁRIA: E.ALTA

RESPOSTA:

Usar estaca pré-moldada de concreto armado ou protendido, ou estaca metálica, ou estaca tipo Strauss revestida, ou estaca escavada de pequeno ou grande diâmetro revestida e/ou com lama bentonítica, ou estaca raiz, ou estaca hélice contínua, ou estaca tipo Franki (standard).

COMENTÁRIO:

Considerando as informações disponíveis do subsolo, nível de carregamento e característica estrutural, a solução para o caso é o emprego de fundação profunda (estacas).

A resistência da camada subsuperficial elimina o uso de fundação direta.

As estacas disponíveis, a partir do nível de carregamento, são: Strauss, escavada de pequeno diâmetro, escavada de grande diâmetro, escavada com injeção (raiz), hélice contínua, Franki (standard), metálica, de madeira e pré-moldada de concreto armado ou protendido.

A estaca de madeira não deve ser empregada porque o nível d'água não é superficial.

Portanto, entre os tipos de estacas disponíveis, a estaca tipo Strauss, ou estaca injetada (raiz), ou estaca hélice contínua, ou estaca escavada de pequeno ou grande diâmetro, ou estaca pré-moldada de concreto armado ou protendido, ou estaca tipo Franki (standard), ou estaca metálica é solução para o caso.

Devido à presença de água a estaca tipo Strauss deverá ser temporariamente revestida.

Devido à presença de água, as estacas escavadas de pequeno ou grande diâmetro deverão ser temporariamente revestidas e/ou executadas com auxílio de lama bentonítica.

O emprego de revestimento ou lama bentonítica dependerá do diâmetro da estaca escavada. A lama bentonítica somente deve ser utilizada se o diâmetro da estaca escavada for superior a 450 mm.

A escolha de um dos tipos de fundação deverá se feita após avaliação de custos.

Essa solução pressupõe que o término da sondagem está de acordo com o estabelecido na Norma Brasileira NBR 6484 (Execução de sondagem de simples reconhecimento dos solos, Método de Ensaio).

Sobre carga admissível, tração, esforços transversais, efeito de grupo, propriedades, dimensionamento, seqüência executiva e tolerância das estacas, consulte o item 7 (Fundações profundas) da Norma Brasileira NBR 6122 (Projeto e execução de fundações).

ATENÇÃO:

1-CONSIDERAR QUE O SISTEMA TRABALHA COM UM MODELO DO SUBSOLO E QUE OS VALORES DE N_{spt} PODEM APRESENTAR UMA VARIABILIDADE INTERSEQUÊNCIAL ELEVADA, PORTANTO A RESPOSTA APRESENTADA DEVE SER ANALISADA COM OS DADOS REAIS CONTIDOS NO RELATÓRIO DE SONDAJEM.

2-NO CASO DE DÚVIDA SOBRE O VALOR DO N_{spt} REPRESENTATIVO QUE DEFINE A RESISTÊNCIA DA CAMADA, CONSULTAR O SISTEMA COM OS VALORES CONSIDERADOS, E ANALISAR CRITICAMENTE AS RESPOSTAS CONFRONTANDO-AS COM AS INFORMAÇÕES CONTIDAS NO RELATÓRIO DE SONDAJEM.

3-A RESPOSTA GERALMENTE APRESENTA MAIS DE UMA SOLUÇÃO TECNICAMENTE VIÁVEL. SE FOR O CASO, CONDIÇÕES DE CONTEXTO, TAIS COMO: PRAZOS, DISPONIBILIDADE DE MATERIAIS E/OU EQUIPAMENTOS, NECESSIDADE DE PESSOAL TREINADO, ACESSO DE EQUIPAMENTO AO LOCAL, DISPONIBILIDADE DE ÁGUA E ENERGIA, DESNÍVEIS EXISTENTES NO TERRENO, PROXIMIDADE DE CENTRAL DE CONCRETO, EXISTÊNCIA E SENSIBILIDADE DE CONSTRUÇÕES VIZINHAS, PRÁTICA REGIONAL, ENTRE OUTROS, DEVERÃO SER CONSIDERADOS AO ESCOLHER A SOLUÇÃO MAIS ADEQUADA.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ALONSO, U.R. **Exercícios de fundações**. São Paulo: Edgard Blucher, 1983. 201p.

BOWLES, J. E. **Foundation, analysis and design**, 3.ed. New York: McGraw-Hill, 1982. 816p.

BROMS, B. B. **Precast piling practice**, London: Thomas Telford, 1981. 126p.

ESTADOS UNIDOS. Department of the Navy. Naval Facilities Engineering Command. **Soil mechanics, foundations, and earth structures**. Alexandria, Va., 1971. (NAVFAC. Design manual, 7)

FLEMING, W.G.K. et al. **Piling engineering**. Surrey: Surrey University Press, 1985. 380p.

INTERNATIONAL CONFERENCE ON DESIGN AND CONSTRUCTION OF DEEP FOUNDATIONS, 1., 1994, Orlando. **Proceedings...** Washington: Department of Transportation Federal Highway Administration, 1994.

LEONARDS, G.A. . **Foundation engineering.** New York: McGraw Hill, 1962. 1136p.

THORBURN, S.; THORBURN, J. **Review of problems associated with the construction of cast-in-place concrete piles.** London: Department of the Environment and Construction Industry Research and Information. 1977. 42p.

TOMLINSON, M. J. **Pile design and construction practice.** London: Wiewpoint Publications, 1981. 415p.

WINTERKORN, H. F. ; FANG, H-Y. **Foundation engineering handbook.** New York: Van Nostrand Reinhold, 1975. 751p.

ANEXO C

MODELO DE QUESTIONÁRIO

QUESTIONÁRIO

1 - USUÁRIO POSSUI COMPUTADOR?

- SIM
- NÃO

2 - O USUÁRIO UTILIZA O COMPUTADOR COMO FERRAMENTA DE TRABALHO?

- SIM
- NÃO

3 - O USUÁRIO LEU O MANUAL ANTES DE CONSULTAR O SISTEMA?

- SIM
- NÃO

4 - O MANUAL ORIENTA SATISFATORIAMENTE O USUÁRIO PARA CONSULTAR O SISTEMA?

- SIM
- NÃO

5 - CONSIDERANDO AS ORIENTAÇÕES QUE O SISTEMA OFERECE AO USUÁRIO DIRETAMENTE NA TELA DO MONITOR, O MANUAL É DISPENSÁVEL?

- SIM
- NÃO

6 - NA SUA OPINIÃO O SISTEMA É FÁCIL DE SER CONSULTADO?

- A) NÃO
- B) MAIS OU MENOS
- C) SIM

SE A) OU B) QUAIS AS DIFICULDADES ENCONTRADAS? SUGESTÕES?

ANEXO D

REPRESENTAÇÃO INTERMEDIÁRIA DO CONHECIMENTO (TABELAS)

LEGENDA DAS TABELAS (SIMBOLOGIA)¹

- A(1) - Estaca broca
- A(2) - Estaca apiloada
- A(3) - Estaca tipo Strauss
- A(4) - Estaca escavada de pequeno diâmetro ($\phi \leq 50$ cm) sem revestimento
- A(5) - Estaca escavada de pequeno diâmetro ($\phi \leq 50$ cm) com revestimento
- A(6) - Estaca escavada de pequeno diâmetro ($\phi \leq 50$ cm) com revestimento e/ou lama bentonítica
-
- B(1) - Estaca de madeira
- B(2) - Estaca pré-moldada de concreto armado
- B(3) - Estaca pré-moldada de concreto protendido
- C(1) - Estaca tipo Franki (standard)
- D(1) - Estaca metálica (trilho)
- E(1) - Estaca escavada de grande diâmetro ($\phi > 50$ cm) sem revestimento
- E(2) - Estaca escavada de grande diâmetro ($\phi > 50$ cm) com revestimento
- E(3) - Estaca escavada de grande diâmetro ($\phi > 50$ cm) com lama bentonítica
- E(4) - Estaca hélice contínua
- E(5) - Estaca escavada com injeção (raiz)
- FD - Fundação direta (bloco ou sapata)
- T(1) - Tubulão executado a céu aberto
- T(2) - Tubulão executado com rebaixamento do nível do lençol freático
- T(3) - Tubulão executado com ar comprimido (campânula)
- (a) - com avaliação de recalque
- (b) - com medidas especiais (rebaixamento do nível d' água, esgotamento d' água, escoamento, etc.)

¹ As legendas apresentadas, referem-se as tabelas cuja a informação é sondagem de simples reconhecimento com profundidade subsuperficial ou intermediária utilizadas na representação intermediária do conhecimento. As demais, apresentam a legenda na própria tabela.

- (c) - com medidas especiais (rebaixamento do nível d' água, esgotamento d' água, escoamento, etc.) se a cota de assentamento da fundação for inferior à cota do nível d' água.
- d) - com avaliação de recalque da estaca
- * - com revestimento
- 1 - se a resistência da camada superficial é muito baixa
- 2 - se a resistência da camada superficial é muito baixa ou baixa
- 3 - com pré-furo da camada subsuperficial
- 4 - se a resistência da camada superficial for baixíssima
- 5 - com pré-furo se a resistência da camada superficial for média, alta ou muito alta
- 6 - com revestimento se a cota da ponta da estaca for inferior a cota do nível d' água
- 7 - se a cota da ponta da estaca for inferior a cota do nível d' água
- 8 - se a resistência da camada superficial for baixa
- 9 - com pré-furo da camada superficial
- 10 - com pré-furo se a resistência da camada superficial for média
- 11 - se a resistência da camada superficial for muito baixa, baixa ou média
- 12 - se a resistência da camada superficial for baixíssima, muito baixa ou baixa
- 13 - com pré-furo se a resistência da camada superficial for média ou alta
- 14 - se a resistência da camada superficial for muito baixa, baixa, média ou alta

Sobrescritos:

- MB** - Carregamento muito baixo
- B** - Carregamento baixo
- M** - Carregamento médio
- A** - Carregamento alto
- E** - Carregamento excepcional

CONDIÇÃO ESPECIAL DO SUBSOLO: NÃO INFORMAÇÃO: GENÉRICA/CAMADA SUPERFICIAL
 ESTRUTURA TIPO 1 OU TIPO 2 E CARREGAMENTO MUITO BAIXO OU BAIXO
 ESTRUTURA TIPO 3 E CARREMENTO MUITO BAIXO

Resistência a escavação	Presença de água	
	NAO	SIM
ROCHA AFLORANDO	FUNDAÇÃO DIRETA *	
MARTELETE	FUNDAÇÃO DIRETA *	
PICARETA	FUNDAÇÃO DIRETA *	FUNDAÇÃO DIRETA *
PÁ DE CORTE	FUNDAÇÃO DIRETA *	FUNDAÇÃO DIRETA (1)
PÁ COMUM ESTÁVEL	FUNDAÇÃO DIRETA *	FUNDAÇÃO DIRETA (1)
PÁ COMUM INSTÁVEL	NAO USAR FUNDAÇÃO DIRETA	NAO USAR FUNDAÇÃO DIRETA

ESTRUTURA TIPO 1 OU TIPO 2 E CARREGAMENTO MÉDIO
 ESTRUTURA TIPO 3 E CARREGAMENTO BAIXO
 ESTRUTURA TIPO 4 E CARREGAMENTO MUITO BAIXO

Resistência a escavação	Presença de água	
	NAO	SIM
ROCHA AFLORANDO	FUNDAÇÃO DIRETA *	
MARTELETE	FUNDAÇÃO DIRETA *	
PICARETA	FUNDAÇÃO DIRETA *	FUNDAÇÃO DIRETA *
PÁ DE CORTE	FUNDAÇÃO DIRETA *	FUNDAÇÃO DIRETA (1)
PÁ COMUM ESTÁVEL	NAO USAR FUNDAÇÃO DIRETA	NAO USAR FUNDAÇÃO DIRETA
PÁ COMUM INSTÁVEL	NAO USAR FUNDAÇÃO DIRETA	NAO USAR FUNDAÇÃO DIRETA

ESTRUTURA TIPO 1 E CARREGAMENTO ALTO OU EXCEPCIONAL
 ESTRUTURA TIPO 2 E CARREGAMENTO ALTO
 ESTRUTURA TIPO 3 OU TIPO 4 E CARREGAMENTO MÉDIO
 ESTRUTURA TIPO 4 E CARREGAMENTO BAIXO

Resistência a escavação	Presença de água	
	NAO	SIM
ROCHA AFLORANDO	FUNDAÇÃO DIRETA *	
MARTELETE	FUNDAÇÃO DIRETA *	
PICARETA	FUNDAÇÃO DIRETA *	FUNDAÇÃO DIRETA *
PÁ DE CORTE	NAO USAR FUNDAÇÃO DIRETA	NAO USAR FUNDAÇÃO DIRETA
PÁ COMUM ESTÁVEL	NAO USAR FUNDAÇÃO DIRETA	NAO USAR FUNDAÇÃO DIRETA
PÁ COMUM INSTÁVEL	NAO USAR FUNDAÇÃO DIRETA	NAO USAR FUNDAÇÃO DIRETA

ESTRUTURA TIPO 2 OU TIPO 3 OU TIPO 4 E CARREGAMENTO EXCEPCIONAL
 ESTRUTURA TIPO 3 OU TIPO 4 E CARREGAMENTO ALTO

Resistência a escavação	Presença de água	
	NAO	SIM
ROCHA AFLORANDO	FUNDAÇÃO DIRETA *	
MARTELETE	FUNDAÇÃO DIRETA *	
PICARETA	NAO USAR FUNDAÇÃO DIRETA	NAO USAR FUNDAÇÃO DIRETA
PÁ DE CORTE	NAO USAR FUNDAÇÃO DIRETA	NAO USAR FUNDAÇÃO DIRETA
PÁ COMUM ESTÁVEL	NAO USAR FUNDAÇÃO DIRETA	NAO USAR FUNDAÇÃO DIRETA
PÁ COMUM INSTÁVEL	NAO USAR FUNDAÇÃO DIRETA	NAO USAR FUNDAÇÃO DIRETA

FUNDAÇÃO DIRETA * - BLOCO OU SAPATA

FUNDAÇÃO DIRETA (1)- BLOCO OU SAPATA COM MEDIDAS ESPECIAIS (REBAIXAMENTO DO NA, ESGOTAMENTO D'AGUA, ESCORAMENTO, ETC) SE A COTA DE ASSENTAMENTO DA FUNDAÇÃO FOR INFERIOR A COTA DO NA.

OBSERVAÇÃO: SE O CARREGAMENTO FOR DISTRIBUIDO SUPERFICIALMENTE ACRESCENTAR RADIERES.

ESTRUTURA TIPO 1 E CARREGAMENTO MUITO BAIXO OU BAIXO
 ESTRUTURA TIPO 2 E CARREGAMENTO MUITO BAIXO OU BAIXO
 ESTRUTURA TIPO 3 E CARREGAMENTO MUITO BAIXO

Condição especial do subsolo: NÃO

Informações disponíveis: Genéricas/camadas superficial e subsuperficial (0 - 2 m e 2 m a 6 m)

Camada superficial	Camada subsuperficial	Presença de água		
		Não	Superficial	Subsuperficial
rocha aflorando		FD apoiada na cam.superficial		
martelete	rocha confirmada martelete	FD apoiada na cam.superficial FD apoiada na cam.superficial		
picareta	rocha confirmada martelete picareta	FD apoiada na cam.superficial FD apoiada na cam.superficial FD apoiada na cam.superficial	FD apoiada na cam.superficial FD apoiada na cam.superficial FD apoiada na cam.superficial	FD apoiada na cam.superficial FD apoiada na cam.superficial FD apoiada na cam.superficial
pá de corte	rocha confirmada	FD apoiada na cam.superficial	FD apoiada na cam.superficial (1)	FD apoiada na cam.superficial
	martelete	FD apoiada na cam.superficial	FD apoiada na cam.superficial (1)	FD apoiada na cam.superficial
	picareta	FD apoiada na cam.superficial	FD apoiada na cam.superficial (1)	FD apoiada na cam.superficial
	pá de corte	FD apoiada na cam.superficial	FD apoiada na cam.superficial (1)	FD apoiada na cam.superficial
	pá comum estável	FD apoiada na cam.superficial	FD apoiada na cam.superficial (1)	FD apoiada na cam.superficial
	pá comum instável	NÃO usar fundação direta	NÃO usar fundação direta	NÃO usar fundação direta
pá comum estável	rocha confirmada	FD apoiada na cam.superficial	FD apoiada na cam.superficial (1)	FD apoiada na cam.superficial
	martelete	FD apoiada na cam.superficial	FD apoiada na cam.superficial (1)	FD apoiada na cam.superficial
	picareta	FD apoiada na cam.superficial	FD apoiada na cam.superficial (1)	FD apoiada na cam.superficial
	pá de corte	FD apoiada na cam.superficial	FD apoiada na cam.superficial (1)	FD apoiada na cam.superficial
	pá comum estável	FD apoiada na cam.superficial	FD apoiada na cam.superficial (1)	FD apoiada na cam.superficial
	pá comum instável	NÃO usar fundação direta	NÃO usar fundação direta	NÃO usar fundação direta
pá comum instável	rocha confirmada	FD* apoiada na cam.subsuperf.	FD* apoiada na cam.subsuperficial (2)	FD* apoiada na cam.subsuperf.
	martelete	FD* apoiada na cam.subsuperf.	FD* apoiada na cam.subsuperficial (2)	FD* apoiada na cam.subsuperf.
	picareta	FD* apoiada na cam.subsuperf.	FD* apoiada na cam.subsuperficial (2)	FD* apoiada na cam.subsuperf.
	pá de corte	FD* apoiada na cam.subsuperf.	FD* apoiada na cam.subsuperficial (2)	FD* apoiada na cam.subsuperf(1)
	pá comum estável	FD* apoiada na cam.subsuperf.	FD* apoiada na cam.subsuperficial (2)	FD* apoiada na cam.subsuperf(1)
	pá comum instável	NÃO usar fundação direta	NÃO usar fundação direta	NÃO usar fundação direta

FD - Fundação direta (bloco ou sapata)

FD* -Fundação direta (bloco, sapata ou tubulão)

(1) - com medidas especiais (rebaixamento do nível d'agua, esgotamento d'agua, escoramento, etc) se a cota da fundação for inferior a cota do nível d'agua

(2) - com medidas especiais (rebaixamento do nível d'agua, esgotamento d'agua, escoramento, etc).

OBSERVAÇÃO:

se o carregamento for distribuído superficialmente acrescentar RADIERS em FD.

ESTRUTURA TIPO 2 E CARREGAMENTO EXCEPCIONAL
 ESTRUTURA TIPO 3 E CARREGAMENTO ALTO OU EXCEPCIONAL
 ESTRUTURA TIPO 4 E CARREGAMENTO ALTO OU EXCEPCIONAL

Condição especial do subsolo:

NÃO

Informações disponíveis: Genéricas/camadas superficial e subsuperficial (0 - 2 m e 2 m a 6 m)

Camada superficial	Camada subsuperficial	Presença de água		
		Não	Superficial	Subsuperficial
rocha aflorando		FD apoiada na cam.superficial		
martelete	rocha confirmada martelete	FD apoiada na cam.superficial		
		FD apoiada na cam.superficial		
picareta	rocha confirmada martelete picareta	FD* apoiada na cam.subsuperf.	FD* apoiada na cam.subsuperf.	FD* apoiada na cam.subsuperf.
		FD* apoiada na cam.subsuperf.	FD* apoiada na cam.subsuperf.	FD* apoiada na cam.subsuperf.
		NÃO usar fundação direta	NÃO usar fundação direta	NÃO usar fundação direta
pá de corte	rocha confirmada martelete picareta pá de corte pá comum estável pá comum instável	FD* apoiada na cam.subsuperf.	FD* apoiada na cam.subsuperf.(2)	FD* apoiada na cam.subsuperf.
		FD* apoiada na cam.subsuperf.	FD* apoiada na cam.subsuperf.(2)	FD* apoiada na cam.subsuperf.
		NÃO usar fundação direta	NÃO usar fundação direta	NÃO usar fundação direta
		NÃO usar fundação direta	NÃO usar fundação direta	NÃO usar fundação direta
		NÃO usar fundação direta	NÃO usar fundação direta	NÃO usar fundação direta
		NÃO usar fundação direta	NÃO usar fundação direta	NÃO usar fundação direta
pá comum estável	rocha confirmada martelete picareta pá de corte pá comum estável pá comum instável	FD* apoiada na cam.subsuperf.	FD* apoiada na cam.subsuperficial (2)	FD* apoiada na cam.subsuperf
		FD* apoiada na cam.subsuperf.	FD* apoiada na cam.subsuperficial (2)	FD* apoiada na cam.subsuperf
		NÃO usar fundação direta	NÃO usar fundação direta	NÃO usar fundação direta
		NÃO usar fundação direta	NÃO usar fundação direta	NÃO usar fundação direta
		NÃO usar fundação direta	NÃO usar fundação direta	NÃO usar fundação direta
		NÃO usar fundação direta	NÃO usar fundação direta	NÃO usar fundação direta
pá comum instável	rocha confirmada martelete picareta pá de corte pá comum estável pá comum instável	FD* apoiada na cam.subsuperf.	FD* apoiada na cam.subsuperficial (2)	FD* apoiada na cam.subsuperf
		FD* apoiada na cam.subsuperf.	FD* apoiada na cam.subsuperficial (2)	FD* apoiada na cam.subsuperf
		NÃO usar fundação direta	NÃO usar fundação direta	NÃO usar fundação direta
		NÃO usar fundação direta	NÃO usar fundação direta	NÃO usar fundação direta
		NÃO usar fundação direta	NÃO usar fundação direta	NÃO usar fundação direta
		NÃO usar fundação direta	NÃO usar fundação direta	NÃO usar fundação direta

FD - Fundação direta (bloco ou sapata)

FD* -Fundação direta (bloco, sapata ou tubulão)

(1) - com medidas especiais (rebaixamento do nível d'água, esgotamento d'água, escoramento, etc) se a cota da fundação for inferior a cota do nível d'água

(2) - com medidas especiais (rebaixamento do nível d'água, esgotamento d'água, escoramento, etc).

OBSERVAÇÃO: se o carregamento for distribuído superficialmente acrescentar RADIERS em FD.

ESTRUTURA TIPO 1 E CARREGAMENTO MÉDIO
 ESTRUTURA TIPO 2 E CARREGAMENTO MÉDIO
 ESTRUTURA TIPO 3 E CARREGAMENTO BAIXO
 ESTRUTURA TIPO 4 E CARREGAMENTO MUITO BAIXO

Condição especial do subsolo: NÃO

Informações disponíveis: Genéricas/camadas superficial e subsuperficial (0 - 2 m e 2 m a 6 m)

Camada superficial	Camada subsuperficial	Presença de água		
		Não	Superficial	Subsuperficial
rocha aflorando		FD apoiada na cam.superficial		
martelete	rocha confirmada martelete	FD apoiada na cam.superficial FD apoiada na cam.superficial		
picareta	rocha confirmada martelete picareta	FD apoiada na cam.superficial FD apoiada na cam.superficial FD apoiada na cam.superficial	FD apoiada na cam.superficial FD apoiada na cam.superficial FD apoiada na cam.superficial	FD apoiada na cam.superficial FD apoiada na cam.superficial FD apoiada na cam.superficial
pá de corte	rocha confirmada	FD apoiada na cam.superficial	FD apoiada na cam.superficial (1)	FD apoiada na cam.superficial
	martelete	FD apoiada na cam.superficial	FD apoiada na cam.superficial (1)	FD apoiada na cam.superficial
	picareta	FD apoiada na cam.superficial	FD apoiada na cam.superficial (1)	FD apoiada na cam.superficial
	pá de corte	FD apoiada na cam.superficial	FD apoiada na cam.superficial (1)	FD apoiada na cam.superficial
	pá comum estável	NÃO usar fundação direta	NÃO usar fundação direta	NÃO usar fundação direta
	pá comum instável	NÃO usar fundação direta	NÃO usar fundação direta	NÃO usar fundação direta
pá comum estável	rocha confirmada	FD* apoiada na cam.subsuperf.	FD* apoiada na cam.subsuperficial (2)	FD* apoiada na cam.subsuperf
	martelete	FD* apoiada na cam.subsuperf.	FD* apoiada na cam.subsuperficial (2)	FD* apoiada na cam.subsuperf
	picareta	FD* apoiada na cam.subsuperf.	FD* apoiada na cam.subsuperficial (2)	FD* apoiada na cam.subsuperf
	pá de corte	FD* apoiada na cam.subsuperf.	FD* apoiada na cam.subsuperficial (2)	FD* apoiada na cam.subsuperf(1)
	pá comum estável	NÃO usar fundação direta	NÃO usar fundação direta	NÃO usar fundação direta
	pá comum instável	NÃO usar fundação direta	NÃO usar fundação direta	NÃO usar fundação direta
pá comum instável	rocha confirmada	FD* apoiada na cam.subsuperf.	FD* apoiada na cam.subsuperficial (2)	FD* apoiada na cam.subsuperf
	martelete	FD* apoiada na cam.subsuperf.	FD* apoiada na cam.subsuperficial (2)	FD* apoiada na cam.subsuperf
	picareta	FD* apoiada na cam.subsuperf.	FD* apoiada na cam.subsuperficial (2)	FD* apoiada na cam.subsuperf
	pá de corte	FD* apoiada na cam.subsuperf.	FD* apoiada na cam.subsuperficial (2)	FD* apoiada na cam.subsuperf(1)
	pá comum estável	NÃO usar fundação direta	NÃO usar fundação direta	NÃO usar fundação direta
	pá comum instável	NÃO usar fundação direta	NÃO usar fundação direta	NÃO usar fundação direta

FD - Fundação direta (bloco ou sapata)

FD* -Fundação direta (bloco, sapata ou tubulão)

(1) - com medidas especiais (rebaixamento do nível d'água, esgotamento d'água, escoramento, etc) se a cota da fundação for inferior a cota do nível d'água

(2) - com medidas especiais (rebaixamento do nível d'água, esgotamento d'água, escoramento, etc).

OBSERVAÇÃO: se o carregamento for distribuído superficialmente acrescentar RADIERS em FD.

ESTRUTURA TIPO 1 E CARREGAMENTO ALTO OU EXCEPCIONAL
 ESTRUTURA TIPO 2 E CARREGAMENTO ALTO
 ESTRUTURA TIPO 3 E CARREGAMENTO MÉDIO
 ESTRUTURA TIPO 4 E CARREGAMENTO BAIXO OU MÉDIO

Condição especial do subsolo:

NÃO

Informações disponíveis: Genéricas/camadas superficial e subsuperficial (0 - 2 m e 2 m a 6 m)

Camada superficial	Camada subsuperficial	Presença de água		
		Não	Superficial	Subsuperficial
rocha aflorando		FD apoiada na cam.superficial		
martelete	rocha confirmada martelete	FD apoiada na cam.superficial		
picareta	rocha confirmada	FD apoiada na cam.superficial	FD apoiada na cam.superficial	FD apoiada na cam.superficial
	martelete	FD apoiada na cam.superficial	FD apoiada na cam.superficial	FD apoiada na cam.superficial
	picareta	FD apoiada na cam.superficial	FD apoiada na cam.superficial	FD apoiada na cam.superficial
pá de corte	rocha confirmada	FD* apoiada na cam.subsuperf.	FD* apoiada na cam.subsuperf.(2)	FD* apoiada na cam.subsuperf.
	martelete	FD* apoiada na cam.subsuperf.	FD* apoiada na cam.subsuperf.(2)	FD* apoiada na cam.subsuperf.
	picareta	FD* apoiada na cam.subsuperf.	FD* apoiada na cam.subsuperf.(2)	FD* apoiada na cam.subsuperf.
	pá de corte	NÃO usar fundação direta	NÃO usar fundação direta	NÃO usar fundação direta
	pá comum estável	NÃO usar fundação direta	NÃO usar fundação direta	NÃO usar fundação direta
	pá comum instável	NÃO usar fundação direta	NÃO usar fundação direta	NÃO usar fundação direta
pá comum estável	rocha confirmada	FD* apoiada na cam.subsuperf.	FD* apoiada na cam.subsuperficial (2)	FD* apoiada na cam.subsuperf
	martelete	FD* apoiada na cam.subsuperf.	FD* apoiada na cam.subsuperficial (2)	FD* apoiada na cam.subsuperf
	picareta	FD* apoiada na cam.subsuperf.	FD* apoiada na cam.subsuperficial (2)	FD* apoiada na cam.subsuperf
	pá de corte	NÃO usar fundação direta	NÃO usar fundação direta	NÃO usar fundação direta
	pá comum estável	NÃO usar fundação direta	NÃO usar fundação direta	NÃO usar fundação direta
	pá comum instável	NÃO usar fundação direta	NÃO usar fundação direta	NÃO usar fundação direta
pá comum instável	rocha confirmada	FD* apoiada na cam.subsuperf.	FD* apoiada na cam.subsuperficial (2)	FD* apoiada na cam.subsuperf
	martelete	FD* apoiada na cam.subsuperf.	FD* apoiada na cam.subsuperficial (2)	FD* apoiada na cam.subsuperf
	picareta	FD* apoiada na cam.subsuperf.	FD* apoiada na cam.subsuperficial (2)	FD* apoiada na cam.subsuperf
	pá de corte	NÃO usar fundação direta	NÃO usar fundação direta	NÃO usar fundação direta
	pá comum estável	NÃO usar fundação direta	NÃO usar fundação direta	NÃO usar fundação direta
	pá comum instável	NÃO usar fundação direta	NÃO usar fundação direta	NÃO usar fundação direta

FD - Fundação direta (bloco ou sapata)

FD* -Fundação direta (bloco, sapata ou tubulão)

(1) - com medidas especiais (rebaixamento do nível d'água, esgotamento d'água, escoramento, etc) se a cota da fundação for inferior a cota do nível d'água

(2) - com medidas especiais (rebaixamento do nível d'água, esgotamento d'água, escoramento, etc).

OBSERVAÇÃO: se o carregamento for distribuído superficialmente acrescentar RADIERS em FD.

CONDIÇÃO ESPECIAL DO SUBSOLO: NÃO

INFORMAÇÃO: SPT

TÉRMINO DA SONDAÇÃO: SUPERFICIAL

ESTRUTURA TIPO 1 OU TIPO 2 E CARREGAMENTO MUITO BAIXO

Resistência	Presença de água	
	NAO	SIM
baixíssima	Não usar fundação direta	Não usar fundação direta
muito baixa	FUNDAÇÃO DIRETA*	FUNDAÇÃO DIRETA (1)
baixa	FUNDAÇÃO DIRETA*	FUNDAÇÃO DIRETA (1)
média	FUNDAÇÃO DIRETA*	FUNDAÇÃO DIRETA (1)
alta	FUNDAÇÃO DIRETA*	FUNDAÇÃO DIRETA (1)
muito alta	FUNDAÇÃO DIRETA*	FUNDAÇÃO DIRETA (1)
argila org.	Não usar fundação direta	Não usar fundação direta

*Bloco ou sapata

(1) com medidas especiais (rebaixamento d'água, escoramento, etc) se a cota da fundação for inferior a cota do nível d'água.

ESTRUTURA TIPO 1 OU TIPO 2 E CARREGAMENTO BAIXO

ESTRUTURA TIPO 3 E CARREGAMENTO MUITO BAIXO

Resistência	Presença de água	
	NAO	SIM
baixíssima	Não usar fundação direta	Não usar fundação direta
muito baixa	Não usar fundação direta	Não usar fundação direta
baixa	FUNDAÇÃO DIRETA*	FUNDAÇÃO DIRETA (1)
média	FUNDAÇÃO DIRETA*	FUNDAÇÃO DIRETA (1)
alta	FUNDAÇÃO DIRETA*	FUNDAÇÃO DIRETA (1)
muito alta	FUNDAÇÃO DIRETA*	FUNDAÇÃO DIRETA (1)
argila org.	Não usar fundação direta	Não usar fundação direta

ESTRUTURA TIPO 1 OU TIPO 2 E CARREGAMENTO MÉDIO

ESTRUTURA TIPO 3 E CARREGAMENTO BAIXO

ESTRUTURA TIPO 4 E CARREGAMENTO MUITO BAIXO

Resistência	Presença de água	
	NAO	SIM
baixíssima	Não usar fundação direta	Não usar fundação direta
muito baixa	Não usar fundação direta	Não usar fundação direta
baixa	Não usar fundação direta	Não usar fundação direta
média	FUNDAÇÃO DIRETA*	FUNDAÇÃO DIRETA (1)
alta	FUNDAÇÃO DIRETA*	FUNDAÇÃO DIRETA (1)
muito alta	FUNDAÇÃO DIRETA*	FUNDAÇÃO DIRETA (1)
argila org.	Não usar fundação direta	Não usar fundação direta

ESTRUTURA TIPO 1 OU TIPO 2 E CARREGAMENTO ALTO

ESTRUTURA TIPO 1 E CARREGAMENTO EXCEPCIONAL

ESTRUTURA TIPO 3 OU TIPO 4 E CARREGAMENTO MÉDIO

ESTRUTURA TIPO 4 E CARREGAMENTO BAIXO

Resistência	Presença de água	
	NAO	SIM
baixíssima	Não usar fundação direta	Não usar fundação direta
muito baixa	Não usar fundação direta	Não usar fundação direta
baixa	Não usar fundação direta	Não usar fundação direta
média	Não usar fundação direta	Não usar fundação direta
alta	FUNDAÇÃO DIRETA*	FUNDAÇÃO DIRETA (1)
muito alta	FUNDAÇÃO DIRETA*	FUNDAÇÃO DIRETA (1)
argila org.	Não usar fundação direta	Não usar fundação direta

ESTRUTURA TIPO 2 OU TIPO 3 OU TIPO 4 E CARREGAMENTO EXCEPCIONAL

ESTRUTURA TIPO 3 OU TIPO 4 E CARREGAMENTO ALTO

Resistência	Presença de água	
	NAO	SIM
baixíssima	Não usar fundação direta	Não usar fundação direta
muito baixa	Não usar fundação direta	Não usar fundação direta
baixa	Não usar fundação direta	Não usar fundação direta
média	Não usar fundação direta	Não usar fundação direta
alta	Não usar fundação direta	Não usar fundação direta
muito alta	FUNDAÇÃO DIRETA*	FUNDAÇÃO DIRETA (1)
argila org.	Não usar fundação direta	Não usar fundação direta

OBSERVAÇÃO: se o carregamento for distribuído superficialmente acrescentar radiers.

ESTRUTURA TIPO 1 OU TIPO 2 E CARREGAMENTO MUITO BAIXO

Informações disponíveis: SPT		Término da sondagem : SUBSUPERFICIAL (2m - 6m)		Condições especiais do subsolo: NÃO	
Cam.superf. resistência	Cam.subsup. resistência	PRESENÇA DE ÁGUA			
		NÃO	SUPERFICIAL (0 - 2 m)	SUBSUPERFICIAL (2m - 6m)	
Baixíssima	Baixíssima	NÃO usar fundação direta/Caracterizar melhor o subsolo	NÃO usar fundação direta/Caracterizar melhor o subsolo	NÃO usar fundação direta/Caracterizar melhor o subsolo	
	Muito Baixa	FD ou T(1) ap.no topo da camada subsuperficial	FD ap.no topo da cam. subsuperficial (b)	FD ou T(1) ap.no topo da cam. subsuperficial (c)	
	Baixa	FD ou T(1) ap.no topo da camada subsuperficial	FD ap.no topo da cam. subsuperficial (b)	FD ou T(1) ap.no topo da cam. subsuperficial (c)	
	Média	FD ou T(1) ap.no topo da camada subsuperficial	FD ap.no topo da cam. subsuperficial (b)	FD ou T(1) ap.no topo da cam. subsuperficial (c)	
	Alta	FD ou T(1) ap.no topo da camada subsuperficial	FD ap.no topo da cam. subsuperficial (b)	FD ou T(1) ap.no topo da cam. subsuperficial (c)	
Muito Baixa	Muito Baixa	NÃO usar fundação direta/Caracterizar melhor o subsolo	NÃO usar fundação direta/Caracterizar melhor o subsolo	NÃO usar fundação direta/Caracterizar melhor o subsolo	
	Baixa	FD apoiada na camada superficial	FD apoiada na camada superficial (c)	FD apoiada na camada superficial	
	Média	FD apoiada na camada superficial	FD apoiada na camada superficial (c)	FD apoiada na camada superficial	
	Alta	FD apoiada na camada superficial	FD apoiada na camada superficial (c)	FD apoiada na camada superficial	
	Muito Alta	FD apoiada na camada superficial	FD apoiada na camada superficial (c)	FD apoiada na camada superficial	
Baixa	Baixíssima	NÃO usar fundação direta/Caracterizar melhor o subsolo	NÃO usar fundação direta/Caracterizar melhor o subsolo	NÃO usar fundação direta/Caracterizar melhor o subsolo	
	Muito Baixa	FD apoiada na camada superficial	FD apoiada na camada superficial (c)	FD apoiada na camada superficial	
	Baixa	FD apoiada na camada superficial	FD apoiada na camada superficial (c)	FD apoiada na camada superficial	
	Média	FD apoiada na camada superficial	FD apoiada na camada superficial (c)	FD apoiada na camada superficial	
	Muito Alta	FD apoiada na camada superficial	FD apoiada na camada superficial (c)	FD apoiada na camada superficial	
Média	Baixíssima	NÃO usar fundação direta/Caracterizar melhor o subsolo	NÃO usar fundação direta/Caracterizar melhor o subsolo	NÃO usar fundação direta/Caracterizar melhor o subsolo	
	Muito Baixa	FD apoiada na camada superficial	FD apoiada na camada superficial (c)	FD apoiada na camada superficial	
	Baixa	FD apoiada na camada superficial	FD apoiada na camada superficial (c)	FD apoiada na camada superficial	
	Média	FD apoiada na camada superficial	FD apoiada na camada superficial (c)	FD apoiada na camada superficial	
	Muito Alta	FD apoiada na camada superficial	FD apoiada na camada superficial (c)	FD apoiada na camada superficial	
Alta	Baixíssima	NÃO usar fundação direta/Caracterizar melhor o subsolo	NÃO usar fundação direta/Caracterizar melhor o subsolo	NÃO usar fundação direta/Caracterizar melhor o subsolo	
	Muito Baixa	FD apoiada na camada superficial	FD apoiada na camada superficial (c)	FD apoiada na camada superficial	
	Baixa	FD apoiada na camada superficial	FD apoiada na camada superficial (c)	FD apoiada na camada superficial	
	Média	FD apoiada na camada superficial	FD apoiada na camada superficial (c)	FD apoiada na camada superficial	
	Muito Alta	FD apoiada na camada superficial	FD apoiada na camada superficial (c)	FD apoiada na camada superficial	
Muito Alta	Baixíssima	NÃO usar fundação direta/Caracterizar melhor o subsolo	NÃO usar fundação direta/Caracterizar melhor o subsolo	NÃO usar fundação direta/Caracterizar melhor o subsolo	
	Muito Baixa	FD apoiada na camada superficial	FD apoiada na camada superficial (c)	FD apoiada na camada superficial	
	Baixa	FD apoiada na camada superficial	FD apoiada na camada superficial (c)	FD apoiada na camada superficial	
	Média	FD apoiada na camada superficial	FD apoiada na camada superficial (c)	FD apoiada na camada superficial	
	Muito Alta	FD apoiada na camada superficial	FD apoiada na camada superficial (c)	FD apoiada na camada superficial	

ESTRUTURA TIPO 1 OU TIPO2 E CARREGAMENTO MUITO BAIXO

Informações disponíveis: **SPT**

Término da sondagem: **INTERMEDIÁRIA (6 A 20 m)**

Condição especial do subsolo: **NÃO**

cam.superf.	cam.subsup.	cam.interm.	PRESENÇA DE ÁGUA	
resistência	resistência	resistência	NÃO	SUPERFICIAL
Baixíssima	Baixíssima	Baixíssima	NÃO usar FD / Caracterizar melhor o subsolo	NÃO usar FD / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	B(2)	B(1);B(2)
		Baixa	B(2)	B(1);B(2)
		Média	B(2)	B(1);B(2)
		Alta	B(2)	B(1);B(2)
		Muito Alta	B(2)	B(1);B(2)
	Muito Baixa	Baixíssima	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a)	FD ap.na cam.subsuperficial (a/b)
		Muito Baixa	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial;A(3)*;B(2)	FD ap.na cam.subsuperficial (b);A(3)*;B(1);B(2)
		Baixa	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial;A(3)*;B(2)	FD ap.na cam.subsuperficial (b);A(3)*;B(1);B(2)
		Média	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial;A(3)*;B(2)	FD ap.na cam.subsuperficial (b);A(3)*;B(1);B(2)
		Alta	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial;A(3)*;B(2)	FD ap.na cam.subsuperficial (b);A(3)*;B(1);B(2)
		Muito Alta	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial;A(3)*;B(2)	FD ap.na cam.subsuperficial (b);A(3)*;B(1);B(2)
	Baixa	Baixíssima	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a)	FD ap.na cam.subsuperficial (a/b)
		Muito Baixa	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial;A(3)*;B(2)	FD ap.na cam.subsuperficial (b);A(3)*;B(1);B(2)
		Baixa	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial;A(3)*;B(2)	FD ap.na cam.subsuperficial (b);A(3)*;B(1);B(2)
		Média	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial;A(3)*;B(2)	FD ap.na cam.subsuperficial (b);A(3)*;B(1);B(2)
		Alta	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial;A(3)*;B(2)	FD ap.na cam.subsuperficial (b);A(3)*;B(1);B(2)
		Muito Alta	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial;A(3)*;B(2)	FD ap.na cam.subsuperficial (b);A(3)*;B(1);B(2)
	Média	Baixíssima	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a)	FD ap.na cam.subsuperficial (a/b)
		Muito Baixa	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial;B(2)3	FD ap.na cam.subsuperficial (b);B(2)3
		Baixa	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial;B(2)3	FD ap.na cam.subsuperficial (b);B(2)3
		Média	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial;B(2)3	FD ap.na cam.subsuperficial (b);B(2)3
		Alta	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial;B(2)3	FD ap.na cam.subsuperficial (b);B(2)3
		Muito Alta	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial;B(2)3	FD ap.na cam.subsuperficial (b);B(2)3
	Alta	Baixíssima	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a)	FD ap.na cam.subsuperficial (a/b)
		Muito Baixa	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial;B(2)3	FD ap.na cam.subsuperficial (b);B(2)3
		Baixa	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial;B(2)3	FD ap.na cam.subsuperficial (b);B(2)3
		Média	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial;B(2)3	FD ap.na cam.subsuperficial (b);B(2)3
		Alta	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial;B(2)3	FD ap.na cam.subsuperficial (b);B(2)3
		Muito Alta	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial;B(2)3	FD ap.na cam.subsuperficial (b);B(2)3
	Muito Alta	Baixíssima	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a)	FD ap.na cam.subsuperficial (a/b)
		Muito Baixa	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial;B(2)3	FD ap.na cam.subsuperficial (b);B(2)3
		Baixa	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial;B(2)3	FD ap.na cam.subsuperficial (b);B(2)3
Média		FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial;B(2)3	FD ap.na cam.subsuperficial (b);B(2)3	
Alta		FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial;B(2)3	FD ap.na cam.subsuperficial (b);B(2)3	
Muito Alta		FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial;B(2)3	FD ap.na cam.subsuperficial (b);B(2)3	

ESTRUTURA TIPO 1 OU TIPO 2 E CARREGAMENTO MUITO BAIXO

cam.superf.	cam.subsup.	cam.interm.	PRESENÇA DE ÁGUA	
resistência	resistência	resistência	SUBSUPERFICIAL	INTERMEDIÁRIA
Baixíssima	Baixíssima	Baixíssima	NÃO usar FD / Caracterizar melhor o subsolo	NÃO usar FD / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	B(2)	B(2)
		Baixa	B(2)	B(2)
		Média	B(2)	B(2)
		Alta	B(2)	B(2)
		Muito Alta	B(2)	B(2)
	Muito Baixa	Baixíssima	FD ap.na cam.subsuperficial (a/c)	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a)
		Muito Baixa	FD ap.na cam.subsuperficial (c);A(3)*;B(2)	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial;A(3)*;B(2)
		Baixa	FD ap.na cam.subsuperficial (c);A(3)*;B(2)	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial;A(3)*;B(2)
		Média	FD ap.na cam.subsuperficial (c);A(3)*;B(2)	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial;A(3)*;B(2)
		Alta	FD ap.na cam.subsuperficial (c);A(3)*;B(2)	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial;A(3)*;B(2)
		Muito Alta	FD ap.na cam.subsuperficial (c);A(3)*;B(2)	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial;A(3)*;B(2)
	Baixa	Baixíssima	FD ap.na cam.subsuperficial (a/c)	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a)
		Muito Baixa	FD ap.na cam.subsuperficial (c);A(3)*;B(2)	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial;A(3)*;B(2)
		Baixa	FD ap.na cam.subsuperficial (c);A(3)*;B(2)	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial;A(3)*;B(2)
		Média	FD ap.na cam.subsuperficial (c);A(3)*;B(2)	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial;A(3)*;B(2)
		Alta	FD ap.na cam.subsuperficial (c);A(3)*;B(2)	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial;A(3)*;B(2)
		Muito Alta	FD ap.na cam.subsuperficial (c);A(3)*;B(2)	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial;A(3)*;B(2)
	Média	Baixíssima	FD ap.na cam.subsuperficial (a/c)	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a)
		Muito Baixa	FD ap.na cam.subsuperficial (c);B(2)3	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial;B(2)3
		Baixa	FD ap.na cam.subsuperficial (c);B(2)3	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial;B(2)3
		Média	FD ap.na cam.subsuperficial (c);B(2)3	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial;B(2)3
		Alta	FD ap.na cam.subsuperficial (c);B(2)3	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial;B(2)3
		Muito Alta	FD ap.na cam.subsuperficial (c);B(2)3	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial;B(2)3
	Alta	Baixíssima	FD ap.na cam.subsuperficial (a/c)	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a)
		Muito Baixa	FD ap.na cam.subsuperficial (c);B(2)3	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial;B(2)3
		Baixa	FD ap.na cam.subsuperficial (c);B(2)3	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial;B(2)3
		Média	FD ap.na cam.subsuperficial (c);B(2)3	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial;B(2)3
		Alta	FD ap.na cam.subsuperficial (c);B(2)3	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial;B(2)3
		Muito Alta	FD ap.na cam.subsuperficial (c);B(2)3	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial;B(2)3
	Muito Alta	Baixíssima	FD ap.na cam.subsuperficial (a/c)	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a)
		Muito Baixa	FD ap.na cam.subsuperficial (c);B(2)3	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial;B(2)3
		Baixa	FD ap.na cam.subsuperficial (c);B(2)3	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial;B(2)3
		Média	FD ap.na cam.subsuperficial (c);B(2)3	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial;B(2)3
		Alta	FD ap.na cam.subsuperficial (c);B(2)3	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial;B(2)3
		Muito Alta	FD ap.na cam.subsuperficial (c);B(2)3	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial;B(2)3

ESTRUTURA TIPO 1 OU TIPO 2 E CARREGAMENTO MUITO BAIXO

Informações disponíveis: **SPT** Término da sondagem: **INTERMEDIÁRIA (6 A 20 m)** Condição especial do subsolo: **NÃO**

cam.superf.	cam.subsup.	cam.interm.	PRESENÇA DE ÁGUA	
resistência	resistência	resistência	NÃO	SUPERFICIAL
Muito Baixa Baixa Média Alta Muito Alta	Baixíssima	Baixíssima	NÃO usar FD / Caracterizar melhor o subsolo	NÃO usar FD / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	B(2)2ouB(2)5	B(1)2ouB(1)5;B(2)2ouB(2)5
		Baixa	B(2)2ouB(2)5	B(1)2ouB(1)5;B(2)2ouB(2)5
		Média	B(2)2ouB(2)5	B(1)2ouB(1)5;B(2)2ouB(2)5
		Alta	B(2)2ouB(2)5	B(1)2ouB(1)5;B(2)2ouB(2)5
		Muito Alta	B(2)2ouB(2)5	B(1)2ouB(1)5;B(2)2ouB(2)5
	Muito Baixa	Baixíssima	FD apoiada na cam.superficial (a)	FD apoiada na cam.superficial (a/c)
		Muito Baixa	FD apoiada na cam.superficial;A(1)1;A(2)1;A(3)2;B(2)2ouB(2)5	FD apoiada na cam.superf.(c);A(3)*2;B(1)2ouB(1)5;B(2)2ouB(2)5
		Baixa	FD apoiada na cam.superficial;A(1)1;A(2)1;A(3)2;B(2)2ouB(2)5	FD apoiada na cam.superf.(c);A(3)*2;B(1)2ouB(1)5;B(2)2ouB(2)5
		Média	FD apoiada na cam.superficial;A(1)1;A(2)1;A(3)2;B(2)2ouB(2)5	FD apoiada na cam.superf.(c);A(3)*2;B(1)2ouB(1)5;B(2)2ouB(2)5
		Alta	FD apoiada na cam.superficial;A(1)1;A(2)1;A(3)2;B(2)2ouB(2)5	FD apoiada na cam.superf.(c);A(3)*2;B(1)2ouB(1)5;B(2)2ouB(2)5
		Muito Alta	FD apoiada na cam.superficial;A(1)1;A(2)1;A(3)2;B(2)2ouB(2)5	FD apoiada na cam.superf.(c);A(3)*2;B(1)2ouB(1)5;B(2)2ouB(2)5
	Baixa	Baixíssima	FD apoiada na cam.superficial (a)	FD apoiada na cam.superficial (a/c)
		Muito Baixa	FD apoiada na cam.superficial;A(1)1;A(2)1;A(3)2;B(2)2ouB(2)5	FD apoiada na cam.superf.(c);A(3)*2;B(1)2ouB(1)5;B(2)2ouB(2)5
		Baixa	FD apoiada na cam.superficial;A(1)1;A(2)1;A(3)2;B(2)2ouB(2)5	FD apoiada na cam.superf.(c);A(3)*2;B(1)2ouB(1)5;B(2)2ouB(2)5
		Média	FD apoiada na cam.superficial;A(1)1;A(2)1;A(3)2;B(2)2ouB(2)5	FD apoiada na cam.superf.(c);A(3)*2;B(1)2ouB(1)5;B(2)2ouB(2)5
		Alta	FD apoiada na cam.superficial;A(1)1;A(2)1;A(3)2;B(2)2ouB(2)5	FD apoiada na cam.superf.(c);A(3)*2;B(1)2ouB(1)5;B(2)2ouB(2)5
		Muito Alta	FD apoiada na cam.superficial;A(1)1;A(2)1;A(3)2;B(2)2ouB(2)5	FD apoiada na cam.superf.(c);A(3)*2;B(1)2ouB(1)5;B(2)2ouB(2)5
	Média	Baixíssima	FD apoiada na cam.superficial (a)	FD apoiada na cam.superficial (a/c)
		Muito Baixa	FD apoiada na cam.superficial;B(2)2,3ouB(2)3,5	FD apoiada na cam.superficial (c);B(2)2,3ouB(2)5,3
		Baixa	FD apoiada na cam.superficial;B(2)2,3ouB(2)3,5	FD apoiada na cam.superficial (c);B(2)2,3ouB(2)5,3
		Média	FD apoiada na cam.superficial;B(2)2,3ouB(2)3,5	FD apoiada na cam.superficial (c);B(2)2,3ouB(2)5,3
		Alta	FD apoiada na cam.superficial;B(2)2,3ouB(2)3,5	FD apoiada na cam.superficial (c);B(2)2,3ouB(2)5,3
		Muito Alta	FD apoiada na cam.superficial;B(2)2,3ouB(2)3,5	FD apoiada na cam.superficial (c);B(2)2,3ouB(2)5,3
	Alta	Baixíssima	FD apoiada na cam.superficial (a)	FD apoiada na cam.superficial (a/c)
		Muito Baixa	FD apoiada na cam.superficial;B(2)2,3ouB(2)3,5	FD apoiada na cam.superficial (c);B(2)2,3ouB(2)5,3
		Baixa	FD apoiada na cam.superficial;B(2)2,3ouB(2)3,5	FD apoiada na cam.superficial (c);B(2)2,3ouB(2)5,3
		Média	FD apoiada na cam.superficial;B(2)2,3ouB(2)3,5	FD apoiada na cam.superficial (c);B(2)2,3ouB(2)5,3
Alta		FD apoiada na cam.superficial;B(2)2,3ouB(2)3,5	FD apoiada na cam.superficial (c);B(2)2,3ouB(2)5,3	
Muito Alta		FD apoiada na cam.superficial;B(2)2,3ouB(2)3,5	FD apoiada na cam.superficial (c);B(2)2,3ouB(2)5,3	
Muito Alta	Baixíssima	FD apoiada na cam.superficial (a)	FD apoiada na cam.superficial (a/c)	
	Muito Baixa	FD apoiada na cam.superficial;B(2)2,3ouB(2)3,5	FD apoiada na cam.superficial (c);B(2)2,3ouB(2)5,3	
	Baixa	FD apoiada na cam.superficial;B(2)2,3ouB(2)3,5	FD apoiada na cam.superficial (c);B(2)2,3ouB(2)5,3	
	Média	FD apoiada na cam.superficial;B(2)2,3ouB(2)3,5	FD apoiada na cam.superficial (c);B(2)2,3ouB(2)5,3	
	Alta	FD apoiada na cam.superficial;B(2)2,3ouB(2)3,5	FD apoiada na cam.superficial (c);B(2)2,3ouB(2)5,3	
	Muito Alta	FD apoiada na cam.superficial;B(2)2,3ouB(2)3,5	FD apoiada na cam.superficial (c);B(2)2,3ouB(2)5,3	

ESTRUTURA TIPO 1 OU TIPO 2 E CARREGAMENTO MUITO BAIXO

cam.superf.	cam.subsup.	cam.interm.	PRESENÇA DE ÁGUA	
resistência	resistência	resistência	SUBSUPERFICIAL	INTERMEDIÁRIA
Muito Baixa Baixa Média Alta Muito Alta	Baixíssima	Baixíssima	NÃO usar FD / Caracterizar melhor o subsolo	NÃO usar FD / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	B(2)2ouB(2)5	B(2)2ouB(2)5
		Baixa	B(2)2ouB(2)5	B(2)2ouB(2)5
		Média	B(2)2ouB(2)5	B(2)2ouB(2)5
		Alta	B(2)2ouB(2)5	B(2)2ouB(2)5
		Muito Alta	B(2)2ouB(2)5	B(2)2ouB(2)5
	Muito Baixa	Baixíssima	FD apoiada na cam.superficial (a)	FD apoiada na cam.superficial (a)
		Muito Baixa	FD apoiada na cam.superficial;A(3)*2;B(2)2ouB(2)5	FD apoiada na cam.superficial;A(3)*2;B(2)2ouB(2)5
		Baixa	FD apoiada na cam.superficial;A(3)*2;B(2)2ouB(2)5	FD apoiada na cam.superficial;A(3)*2;B(2)2ouB(2)5
		Média	FD apoiada na cam.superficial;A(3)*2;B(2)2ouB(2)5	FD apoiada na cam.superficial;A(1)1;A(2)1;A(3)2;B(2)2ouB(2)5
		Alta	FD apoiada na cam.superficial;A(3)*2;B(2)2ouB(2)5	FD apoiada na cam.superficial;A(1)1;A(2)1;A(3)2;B(2)2ouB(2)5
		Muito Alta	FD apoiada na cam.superficial;A(3)*2;B(2)2ouB(2)5	FD apoiada na cam.superficial;A(1)1;A(2)1;A(3)2;B(2)2ouB(2)5
	Baixa	Baixíssima	FD apoiada na cam.superficial (a)	FD apoiada na cam.superficial (a)
		Muito Baixa	FD apoiada na cam.superficial;A(3)*2;B(2)2ouB(2)5	FD apoiada na cam.superficial;A(1)1;A(2)1;A(3)2;B(2)2ouB(2)5
		Baixa	FD apoiada na cam.superficial;A(3)*2;B(2)2ouB(2)5	FD apoiada na cam.superficial;A(1)1;A(2)1;A(3)2;B(2)2ouB(2)5
		Média	FD apoiada na cam.superficial;A(3)*2;B(2)2ouB(2)5	FD apoiada na cam.superficial;A(1)1;A(2)1;A(3)2;B(2)2ouB(2)5
		Alta	FD apoiada na cam.superficial;A(3)*2;B(2)2ouB(2)5	FD apoiada na cam.superficial;A(1)1;A(2)1;A(3)2;B(2)2ouB(2)5
		Muito Alta	FD apoiada na cam.superficial;A(3)*2;B(2)2ouB(2)5	FD apoiada na cam.superficial;A(1)1;A(2)1;A(3)2;B(2)2ouB(2)5
	Média	Baixíssima	FD apoiada na cam.superficial (a)	FD apoiada na cam.superficial (a)
		Muito Baixa	FD apoiada na cam.superficial;B(2)2,3ouB(2)5,3	FD apoiada na cam.superficial;B(2)2,3ouB(2)3,5
		Baixa	FD apoiada na cam.superficial;B(2)2,3ouB(2)5,3	FD apoiada na cam.superficial;B(2)2,3ouB(2)3,5
		Média	FD apoiada na cam.superficial;B(2)2,3ouB(2)5,3	FD apoiada na cam.superficial;B(2)2,3ouB(2)3,5
		Alta	FD apoiada na cam.superficial;B(2)2,3ouB(2)5,3	FD apoiada na cam.superficial;B(2)2,3ouB(2)3,5
		Muito Alta	FD apoiada na cam.superficial;B(2)2,3ouB(2)5,3	FD apoiada na cam.superficial;B(2)2,3ouB(2)3,5
	Alta	Baixíssima	FD apoiada na cam.superficial (a)	FD apoiada na cam.superficial (a)
		Muito Baixa	FD apoiada na cam.superficial;B(2)2,3ouB(2)5,3	FD apoiada na cam.superficial;B(2)2,3ouB(2)3,5
		Baixa	FD apoiada na cam.superficial;B(2)2,3ouB(2)5,3	FD apoiada na cam.superficial;B(2)2,3ouB(2)3,5
		Média	FD apoiada na cam.superficial;B(2)2,3ouB(2)5,3	FD apoiada na cam.superficial;B(2)2,3ouB(2)3,5
		Alta	FD apoiada na cam.superficial;B(2)2,3ouB(2)5,3	FD apoiada na cam.superficial;B(2)2,3ouB(2)3,5
		Muito Alta	FD apoiada na cam.superficial;B(2)2,3ouB(2)5,3	FD apoiada na cam.superficial;B(2)2,3ouB(2)3,5
Muito Alta	Baixíssima	FD apoiada na cam.superficial (a)	FD apoiada na cam.superficial (a)	
	Muito Baixa	FD apoiada na cam.superficial;B(2)2,3ouB(2)5,3	FD apoiada na cam.superficial;B(2)2,3ouB(2)3,5	
	Baixa	FD apoiada na cam.superficial;B(2)2,3ouB(2)5,3	FD apoiada na cam.superficial;B(2)2,3ouB(2)3,5	
	Média	FD apoiada na cam.superficial;B(2)2,3ouB(2)5,3	FD apoiada na cam.superficial;B(2)2,3ouB(2)3,5	
	Alta	FD apoiada na cam.superficial;B(2)2,3ouB(2)5,3	FD apoiada na cam.superficial;B(2)2,3ouB(2)3,5	
	Muito Alta	FD apoiada na cam.superficial;B(2)2,3ouB(2)5,3	FD apoiada na cam.superficial;B(2)2,3ouB(2)3,5	

ESTRUTURA TIPO 1 OU TIPO 2 E CARREGAMENTO BAIXO

ESTRUTURA TIPO 3 E CARREGAMENTO MUITO BAIXO

Informações disponíveis: SPT

Término da sondagem: INTERMEDIÁRIA (6 A 20 m)

Condição especial do subsolo: NÃO

cam.superf.	cam.subsup.	cam.interm.	PRESENÇA DE ÁGUA
resistência	resistência	resistência	NÃO
Baixíssima Muito Baixa	Baixíssima	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	{{B(2)} ^{MB} ;B(3);E(5)} ^B
		Baixa	{{B(2)} ^{MB} ;B(3);E(5)} ^B
		Média	{{B(2)} ^{MB} ;B(3);E(5)} ^B
		Alta	{{B(2)} ^{MB} ;B(3);D(1);E(5)} ^B
		Muito Alta	{{B(2)} ^{MB} ;B(3);D(1)} ^B
	Muito Baixa	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	{{A(3)1ouA(3)*4;B(2)} ^{MB} ;A(4)1ouA(5)4;B(3);E(5)} ^B
		Baixa	{{T(1) ap.na.cam.intermediária;A(3)1ouA(3)*4;B(2)} ^{MB} ;A(4)1ouA(5)4;B(3);E(5)} ^B
		Média	{{T(1) ap.na.cam.intermediária;A(3)1ouA(3)*4;B(2)} ^{MB} ;A(4)1ouA(5)4;B(3);E(5)} ^B
		Alta	{{T(1) ap.na.cam.intermediária;A(3)1ouA(3)*4;B(2)} ^{MB} ;A(4)1ouA(5)4;B(3);D(1);E(5)} ^B
		Muito Alta	{{T(1) ap.na.cam.intermediária;A(3)1ouA(3)*4;B(2)} ^{MB} ;A(4)1ouA(5)4;B(3);D(1)} ^B
	Baixa	Baixíssima	FD ou T(1) ap.na.cam.subsuperficial (a)
		Muito Baixa	{{FD ouT(1) ap.na.cam.subsuperficial (a);A(3)1ouA(3)*4;B(2)} ^{MB} ;A(4)1ouA(5)4;B(3);E(5)} ^B
		Baixa	{{FD ouT(1) ap.na.cam.subsuperficial;A(3)1ouA(3)*4;B(2)} ^{MB} ;A(4)1ouA(5)4;B(3);E(5)} ^B
		Média	{{FD ouT(1) ap.na.cam.subsuperficial;A(3)1ouA(3)*4;B(2)} ^{MB} ;A(4)1ouA(5)4;B(3);E(5)} ^B
		Alta	{{FD ouT(1) ap.na.cam.subsuperficial;A(3)1ouA(3)*4;B(2)} ^{MB} ;A(4)1ouA(5)4;B(3);D(1);E(5)} ^B
		Muito Alta	{{FD ouT(1) ap.na.cam.subsuperficial;A(3)1ouA(3)*4;B(2)} ^{MB} ;A(4)1ouA(5)4;B(3);D(1)} ^B
	Média	Baixíssima	FD ou T(1) ap.na.cam.subsuperficial (a)
		Muito Baixa	{{FD ouT(1) ap.na.cam.subsuperficial (a);B(2)3} ^{MB} ;A(4)1ouA(5)4;B(3)3;E(5)} ^B
		Baixa	{{FD ouT(1) ap.na.cam.subsuperficial;B(2)3} ^{MB} ;A(4)1ouA(5)4;B(3)3;E(5)} ^B
		Média	{{FD ouT(1) ap.na.cam.subsuperficial;B(2)3} ^{MB} ;A(4)1ouA(5)4;B(3)3;E(5)} ^B
		Alta	{{FD ouT(1) ap.na.cam.subsuperficial;B(2)3} ^{MB} ;A(4)1ouA(5)4;B(3)3;D(1);E(5)} ^B
		Muito Alta	{{FD ouT(1) ap.na.cam.subsuperficial;B(2)3} ^{MB} ;A(4)1ouA(5)4;B(3)3;D(1)} ^B
Alta	Baixíssima	FD ou T(1) ap.na.cam.subsuperficial (a)	
	Muito Baixa	{{FD ou T(1) ap.na.cam.subsuperficial (a);B(2)3} ^{MB} ;B(3)3} ^B	
	Baixa	{{FD ou T(1) ap.na.cam.subsuperficial;B(2)3} ^{MB} ;B(3)3} ^B	
	Média	{{FD ou T(1) ap.na.cam.subsuperficial;B(2)3} ^{MB} ;B(3)3} ^B	
	Alta	{{FD ou T(1) ap.na.cam.subsuperficial;B(2)3} ^{MB} ;B(3)3;D(1)} ^B	
	Muito Alta	{{FD ou T(1) ap.na.cam.subsuperficial;B(2)3} ^{MB} ;B(3)3;D(1)} ^B	
Muito Alta	Baixíssima	FD ou T(1) ap.na.cam.subsuperficial (a)	
	Muito Baixa	{{FD ou T(1) ap.na.cam.subsuperficial (a);B(2)3} ^{MB} ;B(3)3} ^B	
	Baixa	{{FD ou T(1) ap.na.cam.subsuperficial;B(2)3} ^{MB} ;B(3)3} ^B	
	Média	{{FD ou T(1) ap.na.cam.subsuperficial;B(2)3} ^{MB} ;B(3)3} ^B	
	Alta	{{FD ou T(1) ap.na.cam.subsuperficial;B(2)3} ^{MB} ;B(3)3;D(1)} ^B	
	Muito Alta	{{FD ou T(1) ap.na.cam.subsuperficial;B(2)3} ^{MB} ;B(3)3;D(1)} ^B	

ESTRUTURA TIPO 1 OU TIPO 2 E CARREGAMENTO BAIXO

ESTRUTURA TIPO 3 E CARREGAMENTO MUITO BAIXO

Informações disponíveis: SPT

Término da sondagem: INTERMEDIÁRIA (6 A 20 m)

Condição especial do subsolo: NÃO

cam.superf. resistência	cam.subsup. resistência	cam.interm. resistência	PRESENÇA DE ÁGUA SUPERFICIAL
Baixíssima Muito Baixa	Baixíssima	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	$\{(B(1);B(2))^{MB},B(3);E(5)\}^B$
		Baixa	$\{(B(1);B(2))^{MB},B(3);E(5)\}^B$
		Média	$\{(B(1);B(2))^{MB},B(3);E(5)\}^B$
		Alta	$\{(B(1);B(2))^{MB},B(3);D(1);E(5)\}^B$
		Muito Alta	$\{(B(1);B(2))^{MB},B(3);D(1)\}^B$
	Muito Baixa	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	$\{(A(3)^*;B(1);B(2))^{MB},A(5)ouA(6);B(3);E(5)\}^B$
		Baixa	$\{(A(3)^*;B(1);B(2))^{MB},A(5)ouA(6);B(3);E(5)\}^B$
		Média	$\{(A(3)^*;B(1);B(2))^{MB},A(5)ouA(6);B(3);E(5)\}^B$
		Alta	$\{(A(3)^*;B(1);B(2))^{MB},A(5)ouA(6);B(3);D(1);E(5)\}^B$
		Muito Alta	$\{(A(3)^*;B(1);B(2))^{MB},A(5)ouA(6);D(1)\}^B$
	Baixa	Baixíssima	FD ap.na cam.subsuperficial (a/b)
		Muito Baixa	$\{(FD\ ap.na\ cam.subsuperficial\ (a/b);A(3)^*;B(1);B(2))^{MB},A(5)ouA(6);B(3);E(5)\}^B$
		Baixa	$\{(FD\ ap.na\ cam.subsuperficial\ (b);A(3)^*;B(1);B(2))^{MB},A(5)ouA(6);B(3);E(5)\}^B$
		Média	$\{(FD\ ap.na\ cam.subsuperficial\ (b);A(3)^*;B(1);B(2))^{MB},A(5)ouA(6);B(3);E(5)\}^B$
		Alta	$\{(FD\ ap.na\ cam.subsuperficial\ (b);A(3)^*;B(1);B(2))^{MB},A(5)ouA(6);B(3);D(1);E(5)\}^B$
		Muito Alta	$\{(FD\ ap.na\ cam.subsuperficial\ (b);A(3)^*;B(1);B(2))^{MB},A(5)ouA(6);B(3);D(1)\}^B$
	Média	Baixíssima	FD ap.na cam.subsuperficial (a/b)
		Muito Baixa	$\{(FD\ ap.na\ cam.subsuperficial\ (a/b);B(2)3^{MB},A(5)ouA(6);B(3)3;E(5)\}^B$
		Baixa	$\{(FD\ ap.na\ cam.subsuperficial\ (b);B(2)3^{MB},A(5)ouA(6);B(3)3;E(5)\}^B$
		Média	$\{(FD\ ap.na\ cam.subsuperficial\ (b);B(2)3^{MB},A(5)ouA(6);B(3)3;E(5)\}^B$
		Alta	$\{(FD\ ap.no\ topo\ da\ cam.subsuperficial\ (b);B(2)3^{MB},A(5)ouA(6);B(3)3;D(1);E(5)\}^B$
		Muito Alta	$\{(FD\ ap.no\ topo\ da\ cam.subsuperficial\ (b);B(2)3^{MB},A(5)ouA(6);B(3)3;D(1)\}^B$
Alta	Baixíssima	FD ap.no topo da cam.subsuperficial (a/b)	
	Muito Baixa	$\{(FD\ ap.na\ cam.subsuperficial\ (a/b);B(2)3^{MB},B(3)3\}^B$	
	Baixa	$\{(FD\ ap.na\ cam.subsuperficial\ (b);B(2)3^{MB},B(3)3\}^B$	
	Média	$\{(FD\ ap.na\ cam.subsuperficial\ (b);B(2)3^{MB},B(3)3\}^B$	
	Alta	$\{(FD\ ap.na\ cam.subsuperficial\ (b);B(2)3^{MB},B(3)3;D(1)\}^B$	
	Muito Alta	$\{(FD\ ap.na\ da\ cam.subsuperficial\ (b);B(2)3^{MB},B(3)3;D(1)\}^B$	
Muito Alta	Baixíssima	FD ap.na cam.subsuperficial (a/b)	
	Muito Baixa	$\{(FD\ ap.na\ cam.subsuperficial\ (a/b);B(2)3^{MB},B(3)3\}^B$	
	Baixa	$\{(FD\ ap.na\ cam.subsuperficial\ (b);B(2)3^{MB},B(3)3\}^B$	
	Média	$\{(FD\ ap.na\ cam.subsuperficial\ (b);B(2)3^{MB},B(3)3\}^B$	
	Alta	$\{(FD\ ap.na\ cam.subsuperficial\ (b);B(2)3^{MB},B(3)3;D(1)\}^B$	
	Muito Alta	$\{(FD\ ap.na\ cam.subsuperficial\ (b);B(2)3^{MB},B(3)3;D(1)\}^B$	

ESTRUTURA TIPO 1 OU TIPO 2 E CARREGAMENTO BAIXO

ESTRUTURA TIPO 3 E CARREGAMENTO MUITO BAIXO

Informações disponíveis: SPT

Término da sondagem: INTERMEDIÁRIA (6 A 20 m)

Condição especial do subsolo: NÃO

cam.superf.	cam.subsup.	cam.interm.	PRESEÇA DE ÁGUA
resistência	resistência	resistência	SUBSUPERFICIAL
Baixíssima Muito Baixa	Baixíssima	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	{{B(2)} ^{MB} ;B(3);E(5)} ^B
		Baixa	{{B(2)} ^{MB} ;B(3);E(5)} ^B
		Média	{{B(2)} ^{MB} ;B(3);E(5)} ^B
		Alta	{{B(2)} ^{MB} ;B(3);D(1);E(5)} ^B
		Muito Alta	{B(2)} ^{MB} ;B(3);D(1)} ^B
	Muito Baixa	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	{{A(3)*;B(2)} ^{MB} ;A(5)ouA(6);B(3);E(5)} ^B
		Baixa	{{A(3)*;B(2)} ^{MB} ;A(5)ouA(6);B(3);E(5)} ^B
		Média	{{A(3)*;B(2)} ^{MB} ;A(5)ouA(6);B(3);E(5)} ^B
		Alta	{{A(3)*;B(2)} ^{MB} ;A(5)ouA(6);B(3);D(1);E(5)} ^B
		Muito Alta	{{A(3)*;B(2)} ^{MB} ;A(5)ouA(6);B(3)D(1)} ^B
	Baixa	Baixíssima	FD ap.no topo da cam.subsuperficial (a/c)
		Muito Baixa	{{FD ap.na cam.subsuperficial (a/c);A(3)*;B(2)} ^{MB} ;A(5)ouA(6);B(3);E(5)} ^B
		Baixa	{{FD ap.na cam.subsuperficial (c);A(3)*;B(2)} ^{MB} ;A(5)ouA(6);B(3);E(5)} ^B
		Média	{{FD ap.na cam.subsuperficial (c);A(3)*;B(2)} ^{MB} ;A(5)ouA(6);B(3);E(5)} ^B
		Alta	{{FD ap.na cam.subsuperficial (c);A(3)*;B(2)} ^{MB} ;A(5)ouA(6);B(3);D(1);E(5)} ^B
		Muito Alta	{{FD ap.na cam.subsuperficial(c);A(3)*;B(2)} ^{MB} ;A(5)ouA(6);B(3);D(1)} ^B
	Média	Baixíssima	FD ap.na cam.subsuperficial (a/c)
		Muito Baixa	{{FD ap.na cam.subsuperficial (a/c);B(2)3 ^{MB} ;A(5)ouA(6);B(3)3;E(5)} ^B
		Baixa	{{FD ap.na cam.subsuperficial (c);B(2)3 ^{MB} ;A(5)ouA(6);B(3)3;E(5)} ^B
		Média	{{FD ap.na cam.subsuperficial (c);B(2)3 ^{MB} ;A(5)ouA(6);B(3)3;E(5)} ^B
		Alta	{{FD ap.na cam.subsuperficial (c);B(2)3 ^{MB} ;A(5)ouA(6);B(3)3;D(1);E(5)} ^B
		Muito Alta	{{FD ap.na cam.subsuperficial (c);B(2)3 ^{MB} ;A(5)ouA(6);B(3)3;D(1)} ^B
	Alta	Baixíssima	FD ap.na cam.subsuperficial (a/c)
		Muito Baixa	{{FD ap.na cam.subsuperficial (a/c);B(2)3 ^{MB} ;B(3)3 ^B
		Baixa	{{FD ap.na cam.subsuperficial (c);B(2)3 ^{MB} ;B(3)3 ^B
		Média	{{FD ap.na cam.subsuperficial (c);B(2)3 ^{MB} ;B(3)3 ^B
Alta		{{FD ap.na cam.subsuperficial (c);B(2)3 ^{MB} ;B(3)3;D(1)} ^B	
Muito Alta		{{FD ap.na cam.subsuperficial (c);B(2)3 ^{MB} ;B(3)3;D(1)} ^B	
Muito Alta	Baixíssima	FD ap.na cam.subsuperficial (a/c)	
	Muito Baixa	{{FD ap.na cam.subsuperficial (a/c);B(2)3 ^{MB} ;B(3)3 ^B	
	Baixa	{{FD ap.na cam.subsuperficial (c);B(2)3 ^{MB} ;B(3)3 ^B	
	Média	{{FD ap.na cam.subsuperficial (c);B(2)3 ^{MB} ;B(3)3 ^B	
	Alta	{{FD ap.na cam.subsuperficial (c);B(2)3 ^{MB} ;B(3)3;D(1)} ^B	
	Muito Alta	{{FD ap.na cam.subsuperficial (c);B(2)3 ^{MB} ;B(3)3;D(1)} ^B	

ESTRUTURA TIPO 1 OU TIPO 2 E CARREGAMENTO BAIXO

ESTRUTURA TIPO 3 E CARREGAMENTO MUITO BAIXO

Informações disponíveis: SPT

Término da sondagem: INTERMEDIÁRIA (6 A 20 m)

Condição especial do subsolo: NÃO

cam.superf.	cam.subsup.	cam.interm.	PRESENÇA DE ÁGUA
resistência	resistência	resistência	INTERMEDIÁRIA
Baixíssima Muito Baixa	Baixíssima	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	{{B(2)} ^{MB} ;B(3);E(5)} ^B
		Baixa	{{B(2)} ^{MB} ;B(3);E(5)} ^B
		Média	{{B(2)} ^{MB} ;B(3);E(5)} ^B
		Alta	{{B(2)} ^{MB} ;B(3);D(1);E(5)} ^B
		Muito Alta	{{B(2)} ^{MB} ;B(3);D(1)} ^B
	Muito Baixa	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	{{A(3)1,6ouA(3)*4ouA(3)*7;B(2)} ^{MB} ;A(4)1,6ouA(5)4ouA(6)7;B(3);E(5)} ^B
		Baixa	{{A(3)1,6ouA(3)*4ouA(3)*7;B(2)} ^{MB} ;A(4)1,6ouA(5)4ouA(6)7;B(3);E(5)} ^B
		Média	{{A(3)1,6ouA(3)*4ouA(3)*7;B(2)} ^{MB} ;A(4)1,6ouA(5)4ouA(6)7;B(3);E(5)} ^B
		Alta	{{A(3)1,6ouA(3)*4ouA(3)*7;B(2)} ^{MB} ;A(4)1,6ouA(5)4ouA(6)7;B(3);D(1);E(5)} ^B
		Muito Alta	{{A(3)1,6ouA(3)*4ouA(3)*7;B(2)} ^{MB} ;A(4)1,6ouA(5)4ouA(6)7;B(3);D(1)} ^B
	Baixa	Baixíssima	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a)
		Muito Baixa	{{FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a);A(3)1,6ouA(3)*4ouA(3)*7;B(2)} ^{MB} ;A(4)1,6ouA(5)4ouA(6)7;B(3);E(5)} ^B
		Baixa	{{FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial ;A(3)1,6ouA(3)*4ouA(3)*7;B(2)} ^{MB} ;A(4)1,6ouA(5)4ouA(6)7;B(3);E(5)} ^B
		Média	{{FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial ;A(3)1,6ouA(3)*4ouA(3)*7;B(2)} ^{MB} ;A(4)1,6ouA(5)4ouA(6)7;B(3);E(5)} ^B
		Alta	{{FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial ;A(3)1,6ouA(3)*4ouA(3)*7;B(2)} ^{MB} ;A(4)1,6ouA(5)4ouA(6)7;B(3);D(1);E(5)} ^B
		Muito Alta	{{FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial ;A(3)1,6ouA(3)*4ouA(3)*7;B(2)} ^{MB} ;A(4)1,6ouA(5)4ouA(6)7;B(3);D(1)} ^B
	Média	Baixíssima	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a)
		Muito Baixa	{{FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a);B(2)3 ^{MB} ;A(4)1ouA(5)4ouA(6)7;B(3)3;E(5)} ^B
		Baixa	{{FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial ;B(2)3 ^{MB} ;A(4)1ouA(5)4ouA(6)7;B(3)3;E(5)} ^B
		Média	{{FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial ;B(2)3 ^{MB} ;A(4)1ouA(5)4ouA(6)7;B(3)3;E(5)} ^B
		Alta	{{FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial ;B(2)3 ^{MB} ;A(4)1ouA(5)4ouA(6)7;B(3)3;D(1);E(5)} ^B
		Muito Alta	{{FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial ;B(2)3 ^{MB} ;A(4)1,6ouA(5)4ouA(6)7;B(3)3;D(1)} ^B
Alta	Baixíssima	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a)	
	Muito Baixa	{{FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a);B(2)3 ^{MB} ;B(3)3 ^B	
	Baixa	{{FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial ;B(2)3 ^{MB} ;B(3)3 ^B	
	Média	{{FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial ;B(2)3 ^{MB} ;B(3)3 ^B	
	Alta	{{FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial ;B(2)3 ^{MB} ;B(3)3;D(1)} ^B	
	Muito Alta	{{FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial ;B(2)3 ^{MB} ;B(3)3;D(1)} ^B	
Muito Alta	Baixíssima	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a)	
	Muito Baixa	{{FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a);B(2)3 ^{MB} ;B(3)3 ^B	
	Baixa	{{FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial ;B(2)3 ^{MB} ;B(3)3 ^B	
	Média	{{FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial ;B(2)3 ^{MB} ;B(3)3 ^B	
	Alta	{{FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial ;B(2)3 ^{MB} ;B(3)3;D(1)} ^B	
	Muito Alta	{{FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial ;B(2)3 ^{MB} ;B(3)3;D(1)} ^B	

ESTRUTURA TIPO 1 OU TIPO 2 E CARREGAMENTO BAIXO

ESTRUTURA TIPO 3 E CARREGAMENTO MUITO BAIXO

Informações disponíveis: SPT

Término da sondagem: INTERMEDIÁRIA (6 A 20 m)

Condição especial do subsolo: NÃO

cam.superf.	cam.subsup	cam.interm.	PRESENÇA DE ÁGUA
resistência	resistência	resistência	NÃO
Baixa Média Alta Muito Alta	Baixíssima	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	{{B(2)8ouB(2)5} ^{MB} ;B(3)8ouB(3)5;E(5)} ^B
		Baixa	{{B(2)8ouB(2)5} ^{MB} ;B(3)8ouB(3)5;E(5)} ^B
		Média	{{B(2)8ouB(2)5} ^{MB} ;B(3)8ouB(3)5;E(5)} ^B
		Alta	{{B(2)8ouB(2)5} ^{MB} ;B(3)8ouB(3)5;D(1);E(5)} ^B
		Muito Alta	{{B(2)8ouB(2)5} ^{MB} ;B(3)8ouB(3)5;D(1)} ^B
	Muito Baixa	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	{{A(3)8;B(2)8ouB(2)5} ^{MB} ;A(4);B(3)8ouB(3)5;E(5)} ^B
		Baixa	{{T(1) ap.na cam.intermediária;A(3)8;B(2)8ouB(2)5} ^{MB} ;A(4);B(3)8ouB(3)5;E(5)} ^B
		Média	{{T(1) ap.na cam.intermediária;A(3)8;B(2)8ouB(2)5} ^{MB} ;A(4);B(3)8ouB(3)5;E(5)} ^B
		Alta	{{T(1) ap.na cam.intermediária;A(3)8;B(2)8ouB(2)5} ^{MB} ;A(4);B(3)8ouB(3)5;D(1);E(5)} ^B
		Muito Alta	{{T(1) ap.na cam.intermediária;A(3)8;B(2)8ouB(2)5} ^{MB} ;A(4);B(3)8ouB(3)5;D(1)} ^B
	Baixa	Baixíssima	FD apoiada na camada superficial (a)
		Muito Baixa	{{FD ap.na cam.superficial(a);A(3)8;B(2)8ouB(2)5} ^{MB} ;A(4);B(3)8ouB(3)5;E(5)} ^B
		Baixa	{{FD ap.na cam.superficial;A(3)8;B(2)8ouB(2)5} ^{MB} ;A(4);B(3)8ouB(3)5;E(5)} ^B
		Média	{{FD ap.na cam.superficial;A(3)8;B(2)8ouB(2)5} ^{MB} ;A(4);B(3)8ouB(3)5;E(5)} ^B
		Alta	{{FD ap.na cam.superficial;A(3)8;B(2)8ouB(2)5} ^{MB} ;A(4);B(3)8ouB(3)5;D(1);E(5)} ^B
		Muito Alta	{{FD ap.na cam.superficial;A(3)8;B(2)8ouB(2)5} ^{MB} ;A(4);B(3)8ouB(3)5;D(1)} ^B
	Média	Baixíssima	FD apoiada na camada superficial (a)
		Muito Baixa	{{FD ap.na cam.superficial(a);B(2)8,3ouB(2)5,3} ^{MB} ;A(4);B(3)8,3ouB(3)5,3;E(5)} ^B
		Baixa	{{FD ap.na cam.superficial;B(2)8,3ouB(2)5,3} ^{MB} ;A(4);B(3)8,3ouB(3)5,3;E(5)} ^B
		Média	{{FD ap.na cam.superficial;B(2)8,3ouB(2)5,3} ^{MB} ;A(4);B(3)8,3ouB(3)5,3;E(5)} ^B
		Alta	{{FD ap.na cam.superficial;B(2)8,3ouB(2)5,3} ^{MB} ;A(4);B(3)8,3ouB(3)5,3;D(1);E(5)} ^B
		Muito Alta	{{FD ap.na cam.superficial;B(2)8,3ouB(2)5,3} ^{MB} ;A(4);B(3)8,3ouB(3)5,3;D(1)} ^B
	Alta	Baixíssima	FD apoiada na camada superficial (a)
		Muito Baixa	{{FD ap.na cam.superficial(a);B(2)8,3ouB(2)5,3} ^{MB} ;B(3)8,3ouB(3)5,3} ^B
		Baixa	{{FD ap.na cam.superficial;B(2)8,3ouB(2)5,3} ^{MB} ;B(3)8,3ouB(3)5,3} ^B
		Média	{{FD ap.na cam.superficial;B(2)8,3ouB(2)5,3} ^{MB} ;B(3)8,3ouB(3)5,3} ^B
Alta		{{FD ap.na cam.superficial;B(2)8,3ouB(2)5,3} ^{MB} ;B(3)8,3ouB(3)5,3;D(1)} ^B	
Muito Alta		{{FD ap.na cam.superficial;B(2)8,3ouB(2)5,3} ^{MB} ;B(3)8,3ouB(3)5,3;D(1)} ^B	
Muito Alta	Baixíssima	FD apoiada na camada superficial (a)	
	Muito Baixa	{{FD ap.na cam.superficial(a);B(2)8,3ouB(2)5,3} ^{MB} ;B(3)8,3ouB(3)5,3} ^B	
	Baixa	{{FD ap.na cam.superficial;B(2)8,3ouB(2)5,3} ^{MB} ;B(3)8,3ouB(3)5,3} ^B	
	Média	{{FD ap.na cam.superficial;B(2)8,3ouB(2)5,3} ^{MB} ;B(3)8,3ouB(3)5,3} ^B	
	alta	{{FD ap.na cam.superficial;B(2)8,3ouB(2)5,3} ^{MB} ;B(3)8,3ouB(3)5,3;D(1)} ^B	
	muito alta	{{FD ap.na cam.superficial;B(2)8,3ouB(2)5,3} ^{MB} ;B(3)8,3ouB(3)5,3;D(1)} ^B	

ESTRUTURA TIPO 1 OU TIPO 2 E CARREGAMENTO BAIXO
ESTRUTURA TIPO 3 E CARREGAMENTO MUITO BAIXO

cam.superf. resistência	cam.subsup resistência	cam.interm. resistência	PRESEÇA DE ÁGUA
			SUPERFICIAL
Baixa Média Alta Muito Alta	Baixíssima	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	{{B(1)8ouB(1)5;B(2)8ouB(2)5}^MB;B(3)8ouB(3)5;E(5)}^B
		Baixa	{{B(1)8ouB(1)5;B(2)8ouB(2)5}^MB;B(3)8ouB(3)5;E(5)}^B
		Média	{{B(1)8ouB(1)5;B(2)8ouB(2)5}^MB;B(3)8ouB(3)5;E(5)}^B
		Alta	{{B(1)8ouB(1)5;B(2)8ouB(2)5}^MB;B(3)8ouB(3)5;D(1);E(5)}^B
		Muito Alta	{{B(1)8ouB(1)5;B(2)8ouB(2)5}^MB;B(3)8ouB(3)5;D(1)}^B
	Muito Baixa	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	{{A(3)*8;B(1)8ouB(1)5;B(2)8ouB(2)5}^MB;A(5)ouA(6);B(3)8ouB(3)5;E(5)}^B
		Baixa	{{A(3)*8;B(1)8ouB(1)5;B(2)8ouB(2)5}^MB;A(5)ouA(6);B(3)8ouB(3)5;E(5)}^B
		Média	{{A(3)*8;B(1)8ouB(1)5;B(2)8ouB(2)5}^MB;A(5)ouA(6);B(3)8ouB(3)5;E(5)}^B
		Alta	{{A(3)*8;B(1)8ouB(1)5;B(2)8ouB(2)5}^MB;A(5)ouA(6);B(3)8ouB(3)5;D(1);E(5)}^B
		Muito Alta	{{A(3)*8;B(1)8ouB(1)5;B(2)8ouB(2)5}^MB;A(5)ouA(6);B(3)8ouB(3)5;D(1)}^B
	Baixa	Baixíssima	FD apoiada na camada superficial (a/c)
		Muito Baixa	{{FD ap.na cam.superficial(a/c);A(3)*8;B(1)8ouB(1)5;B(2)8ouB(2)5}^MB;A(5)ouA(6);B(3)8ouB(3)5;E(5)}^B
		Baixa	{{FD ap.na cam.superficial(c);A(3)*8;B(1)8ouB(1)5;B(2)8ouB(2)5}^MB;A(5)ouA(6);B(3)8ouB(3)5;E(5)}^B
		Média	{{FD ap.na cam.superficial(c);A(3)*8;B(1)8ouB(1)5;B(2)8ouB(2)5}^MB;A(5)ouA(6);B(3)8ouB(3)5;E(5)}^B
		Alta	{{FD ap.na cam.superficial(c);A(3)*8;B(1)8ouB(1)5;B(2)8ouB(2)5}^MB;A(5)ouA(6);B(3)8ouB(3)5;D(1);E(5)}^B
		Muito Alta	{{FD ap.na cam.superficial(c);A(3)*8;B(1)8ouB(1)5;B(2)8ouB(2)5}^MB;A(5)ouA(6);B(3)8ouB(3)5;D(1)}^B
	Média	Baixíssima	FD apoiada na camada superficial (a/c)
		Muito Baixa	{{FD ap.na cam.superficial(a/c);B(2)8,3ouB(2)5,3}^MB;A(5)ouA(6);B(3)8,3ouB(3)5,3;E(5)}^B
		Baixa	{{FD ap.na cam.superficial(c);B(2)8,3ouB(2)5,3}^MB;A(5)ouA(6);B(3)8,3ouB(3)5,3;E(5)}^B
		Média	{{FD ap.na cam.superficial(c);B(2)8,3ouB(2)5,3}^MB;A(5)ouA(6);B(3)8,3ouB(3)5,3;E(5)}^B
		Alta	{{FD ap.na cam.superficial(c);B(2)8,3ouB(2)5,3}^MB;A(5)ouA(6);B(3)8,3ouB(3)5,3;D(1);E(5)}^B
		Muito Alta	{{FD ap.na cam.superficial(c);B(2)8,3ouB(2)5,3}^MB;A(5)ouA(6);B(3)8,3ouB(3)5,3;D(1)}^B
	Alta	Baixíssima	FD apoiada na camada superficial (a/c)
		Muito Baixa	{{FD ap.na cam.superficial(a/c);B(2)8,3ouB(2)5,3}^MB;B(3)8,3ouB(3)5,3}^B
		Baixa	{{FD ap.na cam.superficial(c);B(2)8,3ouB(2)5,3}^MB;B(3)8,3ouB(3)5,3}^B
Média		{{FD ap.na cam.superficial(c);B(2)8,3ouB(2)5,3}^MB;B(3)8,3ouB(3)5,3}^B	
Alta		{{FD ap.na cam.superficial(c);B(2)8,3ouB(2)5,3}^MB;B(3)8,3ouB(3)5,3;D(1)}^B	
Muito Alta		{{FD ap.na cam.superficial(c);B(2)8,3ouB(2)5,3}^MB;B(3)8,3ouB(3)5,3;D(1)}^B	
Muito Alta	Baixíssima	FD apoiada na camada superficial (a/c)	
	Muito Baixa	{{FD ap.na cam.superficial(a/c);B(2)8,3ouB(2)5,3}^MB;B(3)8,3ouB(3)5,3}^B	
	Baixa	{{FD ap.na cam.superficial(c);B(2)8,3ouB(2)5,3}^MB;B(3)8,3ouB(3)5,3}^B	
	Média	{{FD ap.na cam.superficial(c);B(2)8,3ouB(2)5,3}^MB;B(3)8,3ouB(3)5,3}^B	
	alta	{{FD ap.na cam.superficial(c);B(2)8,3ouB(2)5,3}^MB;B(3)8,3ouB(3)5,3;D(1)}^B	
	muito alta	{{FD ap.na cam.superficial(c);B(2)8,3ouB(2)5,3}^MB;B(3)8,3ouB(3)5,3D(1)}^B	

ESTRUTURA TIPO 1 OU TIPO 2 E CARREGAMENTO BAIXO

ESTRUTURA TIPO 3 E CARREGAMENTO MUITO BAIXO

cam.superf. resistência	cam.subsup resistência	cam.interm. resistência	PRESENÇA DE ÁGUA
			SUBSUPERFICIAL
Baixa Média Alta Muito Alta	Baixíssima	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	{{B(2)8ouB(2)5 ^{MB} ;B(3)8ouB(3)5;E(5)} ^B
		Baixa	{{B(2)8ouB(2)5 ^{MB} ;B(3)8ouB(3)5;E(5)} ^B
		Média	{{B(2)8ouB(2)5 ^{MB} ;B(3)8ouB(3)5;E(5)} ^B
		Alta	{{B(2)8ouB(2)5 ^{MB} ;B(3)8ouB(3)5;D(1);E(5)} ^B
		Muito Alta	{{B(2)8ouB(2)5 ^{MB} ;B(3)8ouB(3)5;D(1)} ^B
	Muito Baixa	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	{{A(3)*8;B(2)8ouB(2)5 ^{MB} ;A(5)ouA(6);B(3)8ouB(3)5;E(5)} ^B
		Baixa	{{A(3)*8;B(2)8ouB(2)5 ^{MB} ;A(5)ouA(6);B(3)8ouB(3)5;E(5)} ^B
		Média	{{A(3)*8;B(2)8ouB(2)5 ^{MB} ;A(5)ouA(6);B(3)8ouB(3)5;E(5)} ^B
		Alta	{{A(3)*8;B(2)8ouB(2)5 ^{MB} ;A(5)ouA(6);B(3)8ouB(3)5;D(1);E(5)} ^B
		Muito Alta	{{A(3)*8;B(2)8ouB(2)5 ^{MB} ;A(5)ouA(6);B(3)8ouB(3)5;D(1)} ^B
	Baixa	Baixíssima	FD apoiada na camada superficial (a)
		Muito Baixa	{{FD ap.na cam.superficial(a);A(3)*8;B(2)8ouB(2)5 ^{MB} ;A(5)ouA(6);B(3)8ouB(3)5;E(5)} ^B
		Baixa	{{FD ap.na cam.superficial(a);A(3)*8;B(2)8ouB(2)5 ^{MB} ;A(5)ouA(6);B(3)8ouB(3)5;E(5)} ^B
		Média	{{FD ap.na cam.superficial(a);A(3)*8;B(2)8ouB(2)5 ^{MB} ;A(5)ouA(6);B(3)8ouB(3)5;E(5)} ^B
		Alta	{{FD ap.na cam.superficial(a);A(3)*8;B(2)8ouB(2)5 ^{MB} ;A(5)ouA(6);B(3)8ouB(3)5;D(1);E(5)} ^B
		Muito Alta	{{FD ap.na cam.superficial(a);A(3)*8;B(2)8ouB(2)5 ^{MB} ;A(5)ouA(6);B(3)8ouB(3)5;D(1)} ^B
	Média	Baixíssima	FD apoiada na camada superficial (a)
		Muito Baixa	{{FD ap.na cam.superficial(a);B(2)8,3ouB(2)5,3 ^{MB} ;A(5)ouA(6);B(3)8,3ouB(3)5,3;E(5)} ^B
		Baixa	{{FD ap.na cam.superficial(a);B(2)8,3ouB(2)5,3 ^{MB} ;A(5)ouA(6);B(3)8,3ouB(3)5,3;E(5)} ^B
		Média	{{FD ap.na cam.superficial(a);B(2)8,3ouB(2)5,3 ^{MB} ;A(5)ouA(6);B(3)8,3ouB(3)5,3;E(5)} ^B
		Alta	{{FD ap.na cam.superficial(a);B(2)8,3ouB(2)5,3 ^{MB} ;A(5)ouA(6);B(3)8,3ouB(3)5,3;D(1);E(5)} ^B
		Muito Alta	{{FD ap.na cam.superficial(a);B(2)8,3ouB(2)5,3 ^{MB} ;A(5)ouA(6);B(3)8,3ouB(3)5,3;D(1)} ^B
Alta	Baixíssima	FD apoiada na camada superficial (a)	
	Muito Baixa	{{FD ap.na cam.superficial(a);B(2)8,3ouB(2)5,3 ^{MB} ;B(3)8,3ouB(3)5,3} ^B	
	Baixa	{{FD ap.na cam.superficial(a);B(2)8,3ouB(2)5,3 ^{MB} ;B(3)8,3ouB(3)5,3} ^B	
	Média	{{FD ap.na cam.superficial(a);B(2)8,3ouB(2)5,3 ^{MB} ;B(3)8,3ouB(3)5,3} ^B	
	Alta	{{FD ap.na cam.superficial(a);B(2)8,3ouB(2)5,3 ^{MB} ;B(3)8,3ouB(3)5,3;D(1)} ^B	
	Muito Alta	{{FD ap.na cam.superficial(a);B(2)8,3ouB(2)5,3 ^{MB} ;B(3)8,3ouB(3)5,3;D(1)} ^B	
Muito Alta	Baixíssima	FD apoiada na camada superficial (a)	
	Muito Baixa	{{FD ap.na cam.superficial(a);B(2)8,3ouB(2)5,3 ^{MB} ;B(3)8,3ouB(3)5,3} ^B	
	Baixa	{{FD ap.na cam.superficial(a);B(2)8,3ouB(2)5,3 ^{MB} ;B(3)8,3ouB(3)5,3} ^B	
	Média	{{FD ap.na cam.superficial(a);B(2)8,3ouB(2)5,3 ^{MB} ;B(3)8,3ouB(3)5,3} ^B	
	alta	{{FD ap.na cam.superficial(a);B(2)8,3ouB(2)5,3 ^{MB} ;B(3)8,3ouB(3)5,3;D(1)} ^B	
	muito alta	{{FD ap.na cam.superficial(a);B(2)8,3ouB(2)5,3 ^{MB} ;B(3)8,3ouB(3)5,3;D(1)} ^B	

ESTRUTURA TIPO 1 OU TIPO 2 E CARREGAMENTO BAIXO
ESTRUTURA TIPO 3 E CARREGAMENTO MUITO BAIXO

cam.superf. resistência	cam.subsup. resistência	cam.interm. resistência	PRESENÇA DE ÁGUA INTERMEDIÁRIA
Baixa Média Alta Muito Alta	Baixíssima	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	{{B(2)8ouB(2)5 ^{MB} ;B(3)8ouB(3)5;E(5)} ^B
		Baixa	{{B(2)8ouB(2)5 ^{MB} ;B(3)8ouB(3)5;E(5)} ^B
		Média	{{B(2)8ouB(2)5 ^{MB} ;B(3)8ouB(3)5;E(5)} ^B
		Alta	{{B(2)8ouB(2)5 ^{MB} ;B(3)8ouB(3)5;D(1);E(5)} ^B
		Muito Alta	{{B(2)8ouB(2)5 ^{MB} ;B(3)8ouB(3)5;D(1)} ^B
	Muito Baixa	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	{{A(3)8,6ouA(3)*8,7;B(2)8ouB(2)5 ^{MB} ;A(4)6ouA(5)7ouA(6)7;B(3)8ouB(3)5;E(5)} ^B
		Baixa	{{A(3)8,6ouA(3)*8,7;B(2)8ouB(2)5 ^{MB} ;A(4)6ouA(5)7ouA(6)7;B(3)8ouB(3)5;E(5)} ^B
		Média	{{A(3)8,6ouA(3)*8,7;B(2)8ouB(2)5 ^{MB} ;A(4)6ouA(5)7ouA(6)7;B(3)8ouB(3)5;E(5)} ^B
		Alta	{{A(3)8,6ouA(3)*8,7;B(2)8ouB(2)5 ^{MB} ;A(4)6ouA(5)7ouA(6)7;B(3)8ouB(3)5;D(1);E(5)} ^B
		Muito Alta	{{A(3)8,6ouA(3)*8,7;B(2)8ouB(2)5 ^{MB} ;A(4)6ouA(5)7ouA(6)7;B(3)8ouB(3)5;D(1)} ^B
	Baixa	Baixíssima	FD apoiada na camada superficial (a)
		Muito Baixa	{{FD ap.na cam.superficial(a);A(3)8,6ouA(3)*8,7;B(2)8ouB(2)5 ^{MB} ;A(4)6ouA(5)7ouA(6)7;B(3)8ouB(3)5;E(5)} ^B
		Baixa	{{FD ap.na cam.superficial(a);A(3)8,6ouA(3)*8,7;B(2)8ouB(2)5 ^{MB} ;A(4)6ouA(5)7ouA(6)7;B(3)8ouB(3)5;E(5)} ^B
		Média	{{FD ap.na cam.superficial(a);A(3)8,6ouA(3)*8,7;B(2)8ouB(2)5 ^{MB} ;A(4)6ouA(5)7ouA(6)7;B(3)8ouB(3)5;E(5)} ^B
		Alta	{{FD ap.na cam.superficial(a);A(3)8,6ouA(3)*8,7;B(2)8ouB(2)5 ^{MB} ;A(4)6ouA(5)7ouA(6)7;B(3)8ouB(3)5;D(1);E(5)} ^B
		Muito Alta	{{FD ap.na cam.superficial(a);A(3)8,6ouA(3)*8,7;B(2)8ouB(2)5 ^{MB} ;A(4)6ouA(5)7ouA(6)7;B(3)8ouB(3)5;D(1)} ^B
	Média	Baixíssima	FD apoiada na camada superficial (a)
		Muito Baixa	{{FD ap.na cam.superficial(a);B(2)8,3ouB(2)5,3 ^{MB} ;A(4)6ouA(5)7ouA(6)7;B(3)8,3ouB(3)5,3;E(5)} ^B
		Baixa	{{FD ap.na cam.superficial(a);B(2)8,3ouB(2)5,3 ^{MB} ;A(4)6ouA(5)7ouA(6)7;B(3)8,3ouB(3)5,3;E(5)} ^B
		Média	{{FD ap.na cam.superficial(a);B(2)8,3ouB(2)5,3 ^{MB} ;A(4)6ouA(5)7ouA(6)7;B(3)8,3ouB(3)5,3;E(5)} ^B
		Alta	{{FD ap.na cam.superficial(a);B(2)8,3ouB(2)5,3 ^{MB} ;A(4)6ouA(5)7ouA(6)7;B(3)8,3ouB(3)5,3;D(1);E(5)} ^B
		Muito Alta	{{FD ap.na cam.superficial(a);B(2)8,3ouB(2)5,3 ^{MB} ;A(4)6ouA(5)7ouA(6)7;B(3)8,3ouB(3)5,3;D(1)} ^B
	Alta	Baixíssima	FD apoiada na camada superficial (a)
		Muito Baixa	{{FD ap.na cam.superficial(a);B(2)8,3ouB(2)5,3 ^{MB} ;B(3)8,3ouB(3)5,3} ^B
		Baixa	{{FD ap.na cam.superficial(a);B(2)8,3ouB(2)5,3 ^{MB} ;B(3)8,3ouB(3)5,3} ^B
Média		{{FD ap.na cam.superficial(a);B(2)8,3ouB(2)5,3 ^{MB} ;B(3)8,3ouB(3)5,3} ^B	
Alta		{{FD ap.na cam.superficial(a);B(2)8,3ouB(2)5,3 ^{MB} ;B(3)8,3ouB(3)5,3;D(1)} ^B	
Muito Alta		{{FD ap.na cam.superficial(a);B(2)8,3ouB(2)5,3 ^{MB} ;B(3)8,3ouB(3)5,3;D(1)} ^B	
Muito Alta	Baixíssima	FD apoiada na camada superficial (a)	
	Muito Baixa	{{FD ap.na cam.superficial(a);B(2)8,3ouB(2)5,3 ^{MB} ;B(3)8,3ouB(3)5,3} ^B	
	Baixa	{{FD ap.na cam.superficial(a);B(2)8,3ouB(2)5,3 ^{MB} ;B(3)8,3ouB(3)5,3} ^B	
	Média	{{FD ap.na cam.superficial(a);B(2)8,3ouB(2)5,3 ^{MB} ;B(3)8,3ouB(3)5,3} ^B	
	alta	{{FD ap.na cam.superficial(a);B(2)8,3ouB(2)5,3 ^{MB} ;B(3)8,3ouB(3)5,3;D(1)} ^B	
	muito alta	{{FD ap.na cam.superficial(a);B(2)8,3ouB(2)5,3 ^{MB} ;B(3)8,3ouB(3)5,3;D(1)} ^B	

ESTRUTURA TIPO 1 OU TIPO 2 E CARREGAMENTO MÉDIO

ESTRUTURA TIPO 3 E CARREGAMENTO BAIXO

ESTRUTURA TIPO 4 E CARREGAMENTO MUITO BAIXO

Informações disponíveis: SPT

Término da sondagem: INTERMEDIÁRIA (6 A 20 m)

Condição especial do subsolo: NÃO

cam.superf.	cam.subsup	cam.interm.	PRESENÇA DE ÁGUA
resistência	resistência	resistência	NÃO
Baixíssima Muito Baixa Baixa	Baixíssima	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	$\{((B(2))^{MB}, B(3); E(5))^B, E(4)\}^M$
		Baixa	$\{((B(2))^{MB}, B(3); E(5))^B, E(2) \text{ ou } E(3); E(4)\}^M$
		Média	$\{((B(2))^{MB}, B(3); E(5))^B, E(2) \text{ ou } E(3); E(4)\}^M$
		Alta	$\{((B(2))^{MB}, B(3); D(1); E(5))^B, E(2) \text{ ou } E(3); E(4)\}^M$
		Muito Alta	$\{((B(2))^{MB}, B(3); D(1))^B, E(2) \text{ ou } E(3); E(4)\}^M$
	Muito Baixa	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	$\{((A(3)2 \text{ ou } A(3)^*4; B(2))^{MB}, A(4)2 \text{ ou } A(5)4; B(3); E(5))^B, C(1); E(1)2 \text{ ou } E(2)4; E(4)\}^M$
		Baixa	$\{((A(3)2 \text{ ou } A(3)^*4; B(2))^{MB}, A(4)2 \text{ ou } A(5)4; B(3); E(5))^B, C(1); E(1)2 \text{ ou } E(2)4; E(4)\}^M$
		Média	$\{((T(1) \text{ ap. na cam. intermediária}; A(3)2 \text{ ou } A(3)^*4; B(2))^{MB}, A(4)2 \text{ ou } A(5)4; B(3); E(5))^B, C(1); E(1)2 \text{ ou } E(2)4; E(4)\}^M$
		Alta	$\{((T(1) \text{ ap. na cam. intermediária}; A(3)2 \text{ ou } A(3)^*4; B(2))^{MB}, A(4)2 \text{ ou } A(5)4; B(3); D(1); E(5))^B, C(1); E(1)2 \text{ ou } E(2)4; E(4)\}^M$
		Muito Alta	$\{((T(1) \text{ ap. na cam. intermediária}; A(3)2 \text{ ou } A(3)^*4; B(2))^{MB}, A(4)2 \text{ ou } A(5)4; B(3); D(1))^B, C(1); E(1)2 \text{ ou } E(2)4; E(4)\}^M$
	Baixa	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	$\{((A(3)2 \text{ ou } A(3)^*4; B(2))^{MB}, A(4)2 \text{ ou } A(5)4; B(3); E(5))^B, C(1); E(1)2 \text{ ou } E(2)4; E(4)\}^M$
		Baixa	$\{((A(3)2 \text{ ou } A(3)^*4; B(2))^{MB}, A(4)2 \text{ ou } A(5)4; B(3); E(5))^B, C(1); E(1)2 \text{ ou } E(2)4; E(4)\}^M$
		Média	$\{((T(1) \text{ ap. na cam. intermediária}; A(3)2 \text{ ou } A(3)^*4; B(2))^{MB}, A(4)2 \text{ ou } A(5)4; B(3); E(5))^B, C(1); E(1)2 \text{ ou } E(2)4; E(4)\}^M$
		Alta	$\{((T(1) \text{ ap. na cam. intermediária}; A(3)2 \text{ ou } A(3)^*4; B(2))^{MB}, A(4)2 \text{ ou } A(5)4; B(3); D(1); E(5))^B, C(1); E(1)2 \text{ ou } E(2)4; E(4)\}^M$
		Muito Alta	$\{((T(1) \text{ ap. na cam. intermediária}; A(3)2 \text{ ou } A(3)^*4; B(2))^{MB}, A(4)2 \text{ ou } A(5)4; B(3); D(1))^B, C(1); E(1)2 \text{ ou } E(2)4; E(4)\}^M$
	Média	Baixíssima	FD ou T(1) ap. na cam. subsuperficial (a)
		Muito Baixa	$\{((FD \text{ ou } T(1) \text{ ap. na cam. subsuperficial}; B(2)3)^{MB}, A(4)2 \text{ ou } A(5)4; B(3)3; E(5))^B, C(1)3; E(4); E(1)2 \text{ ou } E(2)4\}^M$
		Baixa	$\{((FD \text{ ou } T(1) \text{ ap. na cam. subsuperficial}; B(2)3)^{MB}, A(4)2 \text{ ou } A(5)4; B(3)3; E(5))^B, C(1)3; E(4); E(1)2 \text{ ou } E(2)4\}^M$
		Média	$\{((FD \text{ ou } T(1) \text{ ap. na cam. subsuperficial}; B(2)3)^{MB}, A(4)2 \text{ ou } A(5)4; B(3)3; E(5))^B, C(1)3; E(1)2 \text{ ou } E(2)4; E(4)\}^M$
		Alta	$\{((FD \text{ ou } T(1) \text{ ap. na cam. subsuperficial}; B(2)3)^{MB}, A(4)2 \text{ ou } A(5)4; B(3)3; D(1); E(5))^B, C(1)3; E(1)2 \text{ ou } E(2)4; E(4)\}^M$
		Muito Alta	$\{((FD \text{ ou } T(1) \text{ ap. na cam. subsuperficial}; B(2)3)^{MB}, A(4)2 \text{ ou } A(5)4; B(3)3; D(1))^B, C(1)3; E(1)2 \text{ ou } E(2)4; E(4)\}^M$
Alta	Baixíssima	FD ou T(1) ap. na cam. subsuperficial (a)	
	Muito Baixa	$\{((FD \text{ ou } T(1) \text{ ap. na cam. subsuperficial (a)}; B(2)3)^{MB}, B(3)3)^B, C(1)3\}^M$	
	Baixa	$\{((FD \text{ ou } T(1) \text{ ap. na cam. subsuperficial (a)}; B(2)3)^{MB}, B(3)3)^B, C(1)3\}^M$	
	Média	$\{((FD \text{ ou } T(1) \text{ ap. na cam. subsuperficial (a)}; B(2)3)^{MB}, B(3)3)^B, C(1)3\}^M$	
	Alta	$\{((FD \text{ ou } T(1) \text{ ap. na cam. subsuperficial (a)}; B(2)3)^{MB}, B(3)3; D(1))^B, C(1)3\}^M$	
	Muito Alta	$\{((FD \text{ ou } T(1) \text{ ap. na cam. subsuperficial (a)}; B(2)3)^{MB}, B(3)3; D(1))^B, C(1)3\}^M$	
Muito Alta	Baixíssima	FD ou T(1) ap. na cam. subsuperficial (a)	
	Muito Baixa	$\{((FD \text{ ou } T(1) \text{ ap. na cam. subsuperficial (a)}; B(2)3)^{MB}, B(3)3)^B, C(1)3\}^M$	
	Baixa	$\{((FD \text{ ou } T(1) \text{ ap. na cam. subsuperficial (a)}; B(2)3)^{MB}, B(3)3)^B, C(1)3\}^M$	
	Média	$\{((FD \text{ ou } T(1) \text{ ap. na cam. subsuperficial (a)}; B(2)3)^{MB}, B(3)3)^B, C(1)3\}^M$	
	Alta	$\{((FD \text{ ou } T(1) \text{ ap. na cam. subsuperficial (a)}; B(2)3)^{MB}, B(3)3; D(1))^B, C(1)3\}^M$	
	Muito Alta	$\{((FD \text{ ou } T(1) \text{ ap. na cam. subsuperficial (a)}; B(2)3)^{MB}, B(3)3; D(1))^B, C(1)3\}^M$	

ESTRUTURA TIPO 1 OU TIPO 2 E CARREGAMENTO MÉDIO

ESTRUTURA TIPO 3 E CARREGAMENTO BAIXO

ESTRUTURA TIPO 4 E CARREGAMENTO MUITO BAIXO

cam.superf. resistência	cam.subsup resistência	cam.interm. resistência	PRESEÇA DE ÁGUA
			SUPERFICIAL
Baixíssima Muito Baixa Baixa	Baixíssima	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	$\{((B(1);B(2))^{MB},B(3);E(5))^B,E(4)\}^M$
		Baixa	$\{((B(1);B(2))^{MB},B(3);E(5))^B,E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
		Média	$\{((B(1);B(2))^{MB},B(3);E(5))^B,E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
		Alta	$\{((B(1);B(2))^{MB},B(3);D(1);E(5))^B,E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
		Muito Alta	$\{((B(1);B(2))^{MB},B(3);D(1))^B,E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
	Muito Baixa	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	$\{((A(3)^*;B(1);B(2))^{MB},A(5)ouA(6);B(3);E(5))^B,C(1);E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
		Baixa	$\{((A(3)^*;B(1);B(2))^{MB},A(5)ouA(6);B(3);E(5))^B,C(1);E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
		Média	$\{((A(3)^*;B(1);B(2))^{MB},A(5)ouA(6);B(3);E(5))^B,C(1);E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
		Alta	$\{((A(3)^*;B(1);B(2))^{MB},A(5)ouA(6);B(3);D(1);E(5))^B,C(1);E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
		Muito Alta	$\{((A(3)^*;B(1);B(2))^{MB},A(5)ouA(6);B(3);D(1))^B,C(1);E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
	Baixa	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	$\{((A(3)^*;B(1);B(2))^{MB},A(5)ouA(6);B(3);E(5))^B,C(1);E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
		Baixa	$\{((A(3)^*;B(1);B(2))^{MB},A(5)ouA(6);B(3);E(5))^B,C(1);E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
		Média	$\{((A(3)^*;B(1);B(2))^{MB},A(5)ouA(6);B(3);E(5))^B,C(1);E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
		Alta	$\{((A(3)^*;B(1);B(2))^{MB},A(5)ouA(6);B(3);D(1);E(5))^B,C(1);E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
		Muito Alta	$\{((A(3)^*;B(1);B(2))^{MB},A(5)ouA(6);B(3);D(1))^B,C(1);E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
	Média	Baixíssima	FD ap.na cam.subsuperficial (a/b)
		Muito Baixa	$\{((FD\ ap.na\ cam.subsuperficial(a/b);B(2)3)^{MB},A(5)ouA(6);B(3)3;E(5))^B,C(1)3;E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
		Baixa	$\{((FD\ ap.na\ cam.subsuperficial(a/b);B(2)3)^{MB},A(5)ouA(6);B(3)3;E(5))^B,C(1)3;E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
		Média	$\{((FD\ ap.na\ cam.subsuperficial(b);B(2)3)^{MB},A(5)ouA(6);B(3)3;E(5))^B,C(1)3;E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
		Alta	$\{((FD\ ap.na\ cam.subsuperficial(b);B(2)3)^{MB},A(5)ouA(6);B(3)3;D(1);E(5))^B,C(1)3;E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
		Muito Alta	$\{((FD\ ap.na\ cam.subsuperficial(b);B(2)3)^{MB},A(5)ouA(6);B(3)3;D(1))^B,C(1)3;E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
Alta	Baixíssima	FD ap.na cam.subsuperficial (a/b)	
	Muito Baixa	$\{((FD\ ap.na\ cam.subsuperficial(a/b);B(2)3)^{MB},B(3)3^B,C(1)3)^M$	
	Baixa	$\{((FD\ ap.na\ cam.subsuperficial(a/b);B(2)3)^{MB},B(3)3^B,C(1)3)^M$	
	Média	$\{((FD\ ap.na\ cam.subsuperficial(b);B(2)3)^{MB},B(3)3^B,C(1)3)^M$	
	Alta	$\{((FD\ ap.na\ cam.subsuperficial(b);B(2)3)^{MB},B(3)3;D(1))^B,C(1)3)^M$	
	Muito Alta	$\{((FD\ ap.na\ cam.subsuperficial(b);B(2)3)^{MB},B(3)3;D(1))^B,C(1)3)^M$	
Muito Alta	Baixíssima	FD ap.na cam.subsuperficial (a/b)	
	Muito Baixa	$\{((FD\ ap.na\ cam.subsuperficial(a/b);B(2)3)^{MB},B(3)3^B,C(1)3)^M$	
	Baixa	$\{((FD\ ap.na\ cam.subsuperficial(a/b);B(2)3)^{MB},B(3)3^B,C(1)3)^M$	
	Média	$\{((FD\ ap.na\ cam.subsuperficial(b);B(2)3)^{MB},B(3)3^B,C(1)3)^M$	
	Alta	$\{((FD\ ap.na\ cam.subsuperficial(b);B(2)3)^{MB},B(3)3;D(1))^B,C(1)3)^M$	
	Muito Alta	$\{((FD\ ap.na\ cam.subsuperficial(b);B(2)3)^{MB},B(3)3;D(1))^B,C(1)3)^M$	

ESTRUTURA TIPO 1 OU TIPO 2 E CARREGAMENTO MÉDIO

ESTRUTURA TIPO 3 E CARREGAMENTO BAIXO

ESTRUTURA TIPO 4 E CARREGAMENTO MUITO BAIXO

cam.superf.	cam.subsup	cam.interm.	PRESENÇA DE ÁGUA
resistência	resistência	resistência	SUBSUPERFICIAL
Baixíssima Muito Baixa Baixa	Baixíssima	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	$\{((B(2))^{MB}, B(3); E(5))^B, E(4)\}^M$
		Baixa	$\{((B(2))^{MB}, B(3); E(5))^B, E(2) \text{ ou } E(3); E(4)\}^M$
		Média	$\{((B(2))^{MB}, B(3); E(5))^B, E(2) \text{ ou } E(3); E(4)\}^M$
		Alta	$\{((B(2))^{MB}, B(3); D(1); E(5))^B, E(2) \text{ ou } E(3); E(4)\}^M$
		Muito Alta	$\{((B(2))^{MB}, B(3); D(1))^B, E(2) \text{ ou } E(3); E(4)\}^M$
	Muito Baixa	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	$\{((A(3)^*; B(2))^{MB}, A(5) \text{ ou } A(6); B(3); E(5))^B, C(1); E(2) \text{ ou } E(3); E(4)\}^M$
		Baixa	$\{((A(3)^*; B(2))^{MB}, A(5) \text{ ou } A(6); B(3); E(5))^B, C(1); E(2) \text{ ou } E(3); E(4)\}^M$
		Média	$\{((A(3)^*; B(2))^{MB}, A(5) \text{ ou } A(6); B(3); E(5))^B, C(1); E(2) \text{ ou } E(3); E(4)\}^M$
		Alta	$\{((A(3)^*; B(2))^{MB}, A(5) \text{ ou } A(6); B(3); D(1); E(5))^B, C(1); E(2) \text{ ou } E(3); E(4)\}^M$
		Muito Alta	$\{((A(3)^*; B(2))^{MB}, A(5) \text{ ou } A(6); B(3); D(1))^B, C(1); E(2) \text{ ou } E(3); E(4)\}^M$
	Baixa	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	$\{((A(3)^*; B(2))^{MB}, A(5) \text{ ou } A(6); B(3); E(5))^B, C(1); E(2) \text{ ou } E(3); E(4)\}^M$
		Baixa	$\{((A(3)^*; B(2))^{MB}, A(5) \text{ ou } A(6); B(3); E(5))^B, C(1); E(2) \text{ ou } E(3); E(4)\}^M$
		Média	$\{((A(3)^*; B(2))^{MB}, A(5) \text{ ou } A(6); B(3); E(5))^B, C(1); E(2) \text{ ou } E(3); E(4)\}^M$
		Alta	$\{((A(3)^*; B(2))^{MB}, A(5) \text{ ou } A(6); B(3); D(1); E(5))^B, C(1); E(2) \text{ ou } E(3); E(4)\}^M$
		Muito Alta	$\{((A(3)^*; B(2))^{MB}, A(5) \text{ ou } A(6); B(3); D(1))^B, C(1); E(2) \text{ ou } E(3); E(4)\}^M$
	Média	Baixíssima	FD ap.na cam.subsuperficial (a/c)
		Muito Baixa	$\{((FD \text{ ap.na cam.subsuperficial(a/c); B(2)3})^{MB}, A(5) \text{ ou } A(6); B(3)3; E(5))^B, C(1)3; E(2) \text{ ou } E(3); E(4)\}^M$
		Baixa	$\{((FD \text{ ap.na cam.subsuperficial(a/c); B(2)3})^{MB}, A(5) \text{ ou } A(6); B(3)3; E(5))^B, C(1)3; E(2) \text{ ou } E(3); E(4)\}^M$
		Média	$\{((FD \text{ ap.na cam.subsuperficial(c); B(2)3})^{MB}, A(5) \text{ ou } A(6); B(3)3; E(5))^B, C(1)3; E(2) \text{ ou } E(3); E(4)\}^M$
		Alta	$\{((FD \text{ ap.na cam.subsuperficial(c); B(2)3})^{MB}, A(5) \text{ ou } A(6); B(3)3; D(1); E(5))^B, C(1)3; E(2) \text{ ou } E(3); E(4)\}^M$
		Muito Alta	$\{((FD \text{ ap.na cam.subsuperficial(c); B(2)3})^{MB}, A(5) \text{ ou } A(6); B(3)3; D(1))^B, C(1)3; E(2) \text{ ou } E(3); E(4)\}^M$
	Alta	Baixíssima	FD ap.na cam.subsuperficial (a/c)
		Muito Baixa	$\{((FD \text{ ap.na cam.subsuperficial (a/c); B(2)3})^{MB}, B(3)3)^B, C(1)3\}^M$
		Baixa	$\{((FD \text{ ap.na cam.subsuperficial (a/c); B(2)3})^{MB}, B(3)3)^B, C(1)3\}^M$
		Média	$\{((FD \text{ ap.na cam.subsuperficial (c); B(2)3})^{MB}, B(3)3)^B, C(1)3\}^M$
Alta		$\{((FD \text{ ap.na cam.subsuperficial (c); B(2)3})^{MB}, B(3)3; D(1))^B, C(1)3\}^M$	
Muito Alta		$\{((FD \text{ ap.na cam.subsuperficial (c); B(2)3})^{MB}, B(3)3; D(1))^B, C(1)3\}^M$	
Muito Alta	Baixíssima	FD ap.na cam.subsuperficial (a/c)	
	Muito Baixa	$\{((FD \text{ ap.na cam.subsuperficial (a/c); B(2)3})^{MB}, B(3)3)^B, C(1)3\}^M$	
	Baixa	$\{((FD \text{ ap.na cam.subsuperficial (a/c); B(2)3})^{MB}, B(3)3)^B, C(1)3\}^M$	
	Média	$\{((FD \text{ ap.na cam.subsuperficial (c); B(2)3})^{MB}, B(3)3)^B, C(1)3\}^M$	
	Alta	$\{((FD \text{ ap.na cam.subsuperficial (c); B(2)3})^{MB}, B(3)3; D(1))^B, C(1)3\}^M$	
	Muito Alta	$\{((FD \text{ ap.na cam.subsuperficial (c); B(2)3})^{MB}, B(3)3; D(1))^B, C(1)3\}^M$	

ESTRUTURA TIPO 1 OU TIPO 2 E CARREGAMENTO MÉDIO

ESTRUTURA TIPO 3 E CARREGAMENTO BAIXO

ESTRUTURA TIPO 4 E CARREGAMENTO MUITO BAIXO

cam.superf. resistência	cam.subsup. resistência	cam.interm. resistência	PRESEÇA DE ÁGUA INTERMEDIÁRIA
Baixíssima Muito Baixa Baixa	Baixíssima	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	$\{((B(2))^{MB}, B(3); E(5))^B, E(4)\}^M$
		Baixa	$\{((B(2))^{MB}, B(3); E(5))^B, E(2)ouE(3); E(4)\}^M$
		Média	$\{((B(2))^{MB}, B(3); E(5))^B, E(2)ouE(3); E(4)\}^M$
		Alta	$\{((B(2))^{MB}, B(3); D(1); E(5))^B, E(2)ouE(3); E(4)\}^M$
		Muito Alta	$\{((B(2))^{MB}, B(3); D(1))^B, E(2)ouE(3); E(4)\}^M$
	Muito Baixa	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	$\{((A(3)2,6ouA(3)*7ouA(3)*4; B(2))^{MB}, A(4)2,6ouA(5)4ouA(6)7; B(3); E(5))^B, C(1); E(1)2ouE(2)4; E(4)\}^M$
		Baixa	$\{((A(3)2,6ouA(3)*7ouA(3)*4; B(2))^{MB}, A(4)2,6ouA(5)4ouA(6)7; B(3); E(5))^B, C(1); E(1)2ouE(2)4; E(4)\}^M$
		Média	$\{((A(3)2,6ouA(3)*7ouA(3)*4; B(2))^{MB}, A(4)2,6ouA(5)4ouA(6)7; B(3); E(5))^B, C(1); E(1)2,6ouE(2)4ouE(3)7; E(4)\}^M$
		Alta	$\{((A(3)2,6ouA(3)*7ouA(3)*4; B(2))^{MB}, A(4)2,6ouA(5)4ouA(6)7; B(3); D(1); E(5))^B, C(1); E(1)2,6ouE(2)4ouE(3)7; E(4)\}^M$
		Muito Alta	$\{((A(3)2,6ouA(3)*7ouA(3)*4; B(2))^{MB}, A(4)2,6ouA(5)4ouA(6)7; B(3); D(1))^B, C(1); E(1)2,6ouE(2)4ouE(3)7; E(4)\}^M$
	Baixa	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	$\{((A(3)2,6ouA(3)*7ouA(3)*4; B(2))^{MB}, A(4)2,6ouA(5)4ouA(6)7; B(3); E(5))^B, C(1); E(1)2,6ouE(2)4ouE(3)7; E(4)\}^M$
		Baixa	$\{((A(3)2,6ouA(3)*7ouA(3)*4; B(2))^{MB}, A(4)2,6ouA(5)4ouA(6)7; B(3); E(5))^B, C(1); E(1)2,6ouE(2)4ouE(3)7; E(4)\}^M$
		Média	$\{((A(3)2,6ouA(3)*7ouA(3)*4; B(2))^{MB}, A(4)2,6ouA(5)4ouA(6)7; B(3); E(5))^B, C(1); E(1)2,6ouE(2)4ouE(3)7; E(4)\}^M$
		Alta	$\{((A(3)2,6ouA(3)*7ouA(3)*4; B(2))^{MB}, A(4)2,6ouA(5)4ouA(6)7; B(3); D(1); E(5))^B, C(1); E(1)2ouE(2)4ouE(3)7; E(4)\}^M$
		Muito Alta	$\{((A(3)2,6ouA(3)*7ouA(3)*4; B(2))^{MB}, A(4)2,6ouA(5)4ouA(6)7; B(3); D(1))^B, C(1); E(1)2ouE(2)4ouE(3)7; E(4)\}^M$
	Média	Baixíssima	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a)
		Muito Baixa	$\{((FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial(a); B(2)3)^{MB}, A(4)2,6ouA(5)4ouA(6)7; B(3)3; E(5))^B, C(1)3; E(1)2ouE(2)4ouE(3)7; E(4)\}^M$
		Baixa	$\{((FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial(a); B(2)3)^{MB}, A(4)2,6ouA(5)4ouA(6)7; B(3)3; E(5))^B, C(1)3; E(1)2ouE(2)4ouE(3)7; E(4)\}^M$
		Média	$\{((FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial(a); B(2)3)^{MB}, A(4)2,6ouA(5)4ouA(6)7; B(3)3; E(5))^B, C(1)3; E(1)2ouE(2)4ouE(3)7; E(4)\}^M$
		Alta	$\{((FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial(a); B(2)3)^{MB}, A(4)2,6ouA(5)4ouA(6)7; B(3)3; D(1); E(5))^B, C(1)3; E(1)2ouE(2)4ouE(3)7; E(4)\}^M$
		Muito Alta	$\{((FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial(a); B(2)3)^{MB}, A(4)2,6ouA(5)4ouA(6)7; B(3)3; D(1))^B, C(1)3; E(1)2ouE(2)4ouE(3)7; E(4)\}^M$
	Alta	Baixíssima	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a)
		Muito Baixa	$\{((FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial(a); B(2)3)^{MB}, B(3)3)^B, C(1)3\}^M$
		Baixa	$\{((FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial(a); B(2)3)^{MB}, B(3)3)^B, C(1)3\}^M$
		Média	$\{((FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial(a); B(2)3)^{MB}, B(3)3)^B, C(1)3\}^M$
Alta		$\{((FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial(a); B(2)3)^{MB}, B(3)3; D(1))^B, C(1)3\}^M$	
Muito Alta		$\{((FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial(a); B(2)3)^{MB}, B(3)3; D(1))^B, C(1)3\}^M$	
Muito Alta	Baixíssima	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a)	
	Muito Baixa	$\{((FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial(a); B(2)3)^{MB}, B(3)3)^B, C(1)3\}^M$	
	Baixa	$\{((FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial(a); B(2)3)^{MB}, B(3)3)^B, C(1)3\}^M$	
	Média	$\{((FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial(a); B(2)3)^{MB}, B(3)3)^B, C(1)3\}^M$	
	Alta	$\{((FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial(a); B(2)3)^{MB}, B(3)3; D(1))^B, C(1)3\}^M$	
	Muito Alta	$\{((FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial(a); B(2)3)^{MB}, B(3)3; D(1))^B, C(1)3\}^M$	

ESTRUTURA TIPO 1 OU TIPO 2 E CARREGAMENTO MÉDIO

ESTRUTURA TIPO 3 E CARREGAMENTO BAIXO

ESTRUTURA TIPO 4 E CARREGAMENTO MUITO BAIXO

Informações disponíveis: SPT

Término da sondagem: INTERMEDIÁRIA (6 A 20 m)

Condição especial do subsolo: NÃO

cam.superf.	cam.subsup	cam.interm.	PRESEÇA DE ÁGUA
resistência	resistência	resistência	NÃO
Média Alta Muito Alta	Baixíssima	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	(((B(2)9) ^{MB} ;B(3)9;E(5)) ^B ;E(4)) ^M
		Baixa	(((B(2)9) ^{MB} ;B(3)9;E(5)) ^B ;E(2)ouE(3);E(4)) ^M
		Média	(((B(2)9) ^{MB} ;B(3)9;E(5)) ^B ;E(2)ouE(3);E(4)) ^M
		Alta	(((B(2)9) ^{MB} ;B(3)9;D(1);E(5)) ^B ;E(2)ouE(3);E(4)) ^M
		Muito Alta	(((B(2)9) ^{MB} ;B(3)9;D(1)) ^B ;E(2)ouE(3);E(4)) ^M
	Muito Baixa	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	(((B(2)9) ^{MB} ;A(4);B(3)9;E(5)) ^B ;C(1)9;E(1);E(4)) ^M
		Baixa	(((B(2)9) ^{MB} ;A(4);B(3)9;E(5)) ^B ;C(1)9;E(1);E(4)) ^M
		Média	(((T(1) ap.na cam.intermediária;B(2)9) ^{MB} ;A(4);B(3)9;E(5)) ^B ;C(1)9;E(1);E(4)) ^M
		Alta	(((T(1) ap.na cam.intermediária;B(2)9) ^{MB} ;A(4);B(3)9;D(1);E(5)) ^B ;C(1)9;E(1);E(4)) ^M
		Muito Alta	(((T(1) ap.na cam.intermediária;B(2)9) ^{MB} ;A(4);B(3)9;D(1)) ^B ;C(1)9;E(1);E(4)) ^M
	Baixa	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	(((B(2)9) ^{MB} ;A(4);B(3)9;E(5)) ^B ;C(1)9;E(1);E(4)) ^M
		Baixa	(((B(2)9) ^{MB} ;A(4);B(3)9;E(5)) ^B ;C(1)9;E(1);E(4)) ^M
		Média	(((T(1) ap.na cam.intermediária;B(2)9) ^{MB} ;A(4);B(3)9;E(5)) ^B ;C(1)9;E(1);E(4)) ^M
		Alta	(((T(1) ap.na cam.intermediária;B(2)9) ^{MB} ;A(4);B(3)9;D(1);E(5)) ^B ;C(1)9;E(1);E(4)) ^M
		Muito Alta	(((T(1) ap.na cam.intermediária;B(2)9) ^{MB} ;A(4);B(3)9;D(1)) ^B ;C(1)9;E(1);E(4)) ^M
	Média	Baixíssima	FD ap.na cam. superficial (a)
		Muito Baixa	(((FD ap.na cam.superficial(a);B(2)9,3) ^{MB} ;A(4);B(3)9,3;E(5)) ^B ;C(1)9,3;E(1);E(4)) ^M
		Baixa	(((FD ap.na cam.superficial(a);B(2)9,3) ^{MB} ;A(4);B(3)9,3;E(5)) ^B ;C(1)9,3;E(1);E(4)) ^M
		Média	(((FD ap.na cam.superficial;B(2)9,3) ^{MB} ;A(4);B(3)9,3;E(5)) ^B ;C(1)9,3;E(1);E(4)) ^M
		Alta	(((FD ap.na cam.superficial;B(2)9,3) ^{MB} ;A(4);B(3)9,3;D(1);E(5)) ^B ;C(1)9,3;E(1);E(4)) ^M
		Muito Alta	(((FD ap.na cam.superficial;B(2)9,3) ^{MB} ;A(4);B(3)9,3;D(1)) ^B ;C(1)9,3;E(1);E(4)) ^M
	Alta	Baixíssima	FD ap.na cam.superficial (a)
		Muito Baixa	(((FD ap.na cam.superficial (a);B(2)9,3) ^{MB} ;B(3)9,3) ^B ;C(1)9,3) ^M
		Baixa	(((FD ap.na cam.superficial (a);B(2)9,3) ^{MB} ;B(3)9,3) ^B ;C(1)9,3) ^M
Média		(((FD ap.na cam.superficial ;B(2)9,3) ^{MB} ;B(3)9,3) ^B ;C(1)9,3) ^M	
Alta		(((FD ap.na cam.superficial ;B(2)9,3) ^{MB} ;B(3)9,3;D(1)) ^B ;C(1)9,3) ^M	
Muito Alta		(((FD ap.na cam.superficial ;B(2)9,3) ^{MB} ;B(3)9,3;D(1)) ^B ;C(1)9,3) ^M	
Muito Alta	Baixíssima	FD ap.na cam.superficial (a)	
	Muito Baixa	(((FD ap.na cam.superficial (a);B(2)9,3) ^{MB} ;B(3)9,3) ^B ;C(1)9,3) ^M	
	Baixa	(((FD ap.na cam.superficial (a);B(2)9,3) ^{MB} ;B(3)9,3) ^B ;C(1)9,3) ^M	
	Média	(((FD ap.na cam.superficial ;B(2)9,3) ^{MB} ;B(3)9,3) ^B ;C(1)9,3) ^M	
	Alta	(((FD ap.na cam.superficial ;B(2)9,3) ^{MB} ;B(3)9,3;D(1)) ^B ;C(1)9,3) ^M	
	Muito Alta	(((FD ap.na cam.superficial ;B(2)9,3) ^{MB} ;B(3)9,3;D(1)) ^B ;C(1)9,3) ^M	

ESTRUTURA TIPO 1 OU TIPO 2 E CARREGAMENTO MÉDIO

ESTRUTURA TIPO 3 E CARREGAMENTO BAIXO

ESTRUTURA TIPO 4 E CARREGAMENTO MUITO BAIXO

cam.superf. resistência	cam.subsup resistência	cam.interm. resistência	PRESEÇA DE ÁGUA SUPERFICIAL
Média Alta Muito Alta	Baixíssima	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	$\{((B(1)9;B(2)9)^{MB},B(3)9;E(5))^B,E(4)\}^M$
		Baixa	$\{((B(1)9;B(2)9)^{MB},B(3)9;E(5))^B,E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
		Média	$\{((B(1)9;B(2)9)^{MB},B(3)9;E(5))^B,E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
		Alta	$\{((B(1)9;B(2)9)^{MB},B(3)9;D(1);E(5))^B,E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
		Muito Alta	$\{((B(1)9;B(2)9)^{MB},B(3)9;D(1))^B,E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
	Muito Baixa	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	$\{((B(1);B(2)9)^{MB},A(5)ouE(6);B(3)9;E(5))^B,C(1)9;E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
		Baixa	$\{((B(1);B(2)9)^{MB},A(5)ouE(6);B(3)9;E(5))^B,C(1)9;E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
		Média	$\{((B(1);B(2)9)^{MB},A(5)ouE(6);B(3)9;E(5))^B,C(1)9;E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
		Alta	$\{((B(1);B(2)9)^{MB},A(5)ouE(6);B(3)9;D(1);E(5))^B,C(1)9;E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
		Muito Alta	$\{((B(1);B(2)9)^{MB},A(5)ouE(6);B(3)9;D(1))^B,C(1)9;E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
	Baixa	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	$\{((B(1)9;B(2)9)^{MB},A(5)ouA(6);B(3)9;E(5))^B,C(1)9;E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
		Baixa	$\{((B(1)9;B(2)9)^{MB},A(5)ouA(6);B(3)9;E(5))^B,C(1)9;E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
		Média	$\{((B(1)9;B(2)9)^{MB},A(5)ouA(6);B(3)9;E(5))^B,C(1)9;E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
		Alta	$\{((B(1)9;B(2)9)^{MB},A(5)ouA(6);B(3)9;D(1);E(5))^B,C(1)9;E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
		Muito Alta	$\{((B(1)9;B(2)9)^{MB},A(5)ouA(6);B(3)9;D(1))^B,C(1)9;E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
	Média	Baixíssima	FD ap.na cam. superficial (a/c)
		Muito Baixa	$\{((FD\ ap.na\ cam.superficial(a/c);B(2)9,3)^{MB},A(5)ouA(6);B(3)9,3;E(5))^B,C(1)9,3;E(2)ouE(3)E(4)\}^M$
		Baixa	$\{((FD\ ap.na\ cam.superficial(a/c);B(2)9,3)^{MB},A(5)ouA(6);B(3)9,3;E(5))^B,C(1)9,3;E(2)ouE(3)E(4)\}^M$
		Média	$\{((FD\ ap.na\ cam.superficial(c);B(2)9,3)^{MB},A(5)ouA(6);B(3)9,3;E(5))^B,C(1)9,3;E(2)ouE(3)E(4)\}^M$
		Alta	$\{((FD\ ap.na\ cam.superficial(c);B(2)9,3)^{MB},A(5)ouA(6);B(3)9,3;D(1);E(5))^B,C(1)9,3;E(2)ouE(3)E(4)\}^M$
		Muito Alta	$\{((FD\ ap.na\ cam.superficial(c);B(2)9,3)^{MB},A(5)ouA(6);B(3)9,3;D(1))^B,C(1)9,3;E(2)ouE(3)E(4)\}^M$
Alta	Baixíssima	FD ap.na cam.superficial (a/c)	
	Muito Baixa	$\{((FD\ ap.na\ cam.superficial(a/c);B(2)9,3)^{MB},B(3)9,3;C(1)9,3)\}^M$	
	Baixa	$\{((FD\ ap.na\ cam.superficial(a/c);B(2)9,3)^{MB},B(3)9,3;C(1)9,3)\}^M$	
	Média	$\{((FD\ ap.na\ cam.superficial(c);B(2)9,3)^{MB},B(3)9,3;C(1)9,3)\}^M$	
	Alta	$\{((FD\ ap.na\ cam.superficial(c);B(2)9,3)^{MB},B(3)9,3;D(1))^B,C(1)9,3)\}^M$	
	Muito Alta	$\{((FD\ ap.na\ cam.superficial(c);B(2)9,3)^{MB},B(3)9,3;D(1))^B,C(1)9,3)\}^M$	
Muito Alta	Baixíssima	FD ap.na cam.superficial (a/c)	
	Muito Baixa	$\{((FD\ ap.na\ cam.superficial(a/c);B(2)9,3)^{MB},B(3)9,3;C(1)9,3)\}^M$	
	Baixa	$\{((FD\ ap.na\ cam.superficial(a/c);B(2)9,3)^{MB},B(3)9,3;C(1)9,3)\}^M$	
	Média	$\{((FD\ ap.na\ cam.superficial(c);B(2)9,3)^{MB},B(3)9,3;C(1)9,3)\}^M$	
	Alta	$\{((FD\ ap.na\ cam.superficial(c);B(2)9,3)^{MB},B(3)9,3;D(1))^B,C(1)9,3)\}^M$	
	Muito Alta	$\{((FD\ ap.na\ cam.superficial(c);B(2)9,3)^{MB},B(3)9,3;D(1))^B,C(1)9,3)\}^M$	

ESTRUTURA TIPO 1 OU TIPO 2 E CARREGAMENTO MÉDIO

ESTRUTURA TIPO 3 E CARREGAMENTO BAIXO

ESTRUTURA TIPO 4 E CARREGAMENTO MUITO BAIXO

cam.superf.	cam.subsup	cam.interm.	PRESENÇA DE ÁGUA
resistência	resistência	resistência	SUBSUPERFICIAL
Média Alta Muito Alta	Baixíssima	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	$\{(B(2)9)^{MB}, B(3)9; E(5)^B; E(4)^M\}$
		Baixa	$\{(B(2)9)^{MB}, B(3)9; E(5)^B; E(2)ouE(3); E(4)^M\}$
		Média	$\{(B(2)9)^{MB}, B(3)9; E(5)^B; E(2)ouE(3); E(4)^M\}$
		Alta	$\{(B(2)9)^{MB}, B(3)9; D(1); E(5)^B; E(2)ouE(3); E(4)^M\}$
		Muito Alta	$\{(B(2)9)^{MB}, B(3)9; D(1)^B; E(2)ouE(3); E(4)^M\}$
	Muito Baixa	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	$\{(B(2)9)^{MB}, A(5)ouE(6); B(3)9; E(5)^B; C(1)9; E(2)ouE(3); E(4)^M\}$
		Baixa	$\{(B(2)9)^{MB}, A(5)ouE(6); B(3)9; E(5)^B; C(1)9; E(2)ouE(3); E(4)^M\}$
		Média	$\{(B(2)9)^{MB}, A(5)ouE(6); B(3)9; E(5)^B; C(1)9; E(2)ouE(3); E(4)^M\}$
		Alta	$\{(B(2)9)^{MB}, A(5)ouE(6); B(3)9; D(1); E(5)^B; C(1)9; E(2)ouE(3); E(4)^M\}$
		Muito Alta	$\{(B(2)9)^{MB}, A(5)ouE(6); B(3)9; D(1)^B; C(1)9; E(2)ouE(3); E(4)^M\}$
	Baixa	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	$\{(B(2)9)^{MB}, A(5)ouE(6); B(3)9; E(5)^B; C(1)9; E(2)ouE(3); E(4)^M\}$
		Baixa	$\{(B(2)9)^{MB}, A(5)ouE(6); B(3)9; E(5)^B; C(1)9; E(2)ouE(3); E(4)^M\}$
		Média	$\{(B(2)9)^{MB}, A(5)ouE(6); B(3)9; E(5)^B; C(1)9; E(2)ouE(3); E(4)^M\}$
		Alta	$\{(B(2)9)^{MB}, A(5)ouE(6); B(3)9; D(1); E(5)^B; C(1)9; E(2)ouE(3); E(4)^M\}$
		Muito Alta	$\{(B(2)9)^{MB}, A(5)ouE(6); B(3)9; D(1)^B; C(1)9; E(2)ouE(3); E(4)^M\}$
	Média	Baixíssima	FD ap.na cam.superficial (a)
		Muito Baixa	$\{(FD\ ap.na\ cam.superficial(a); B(2)9,3)^{MB}, A(4); B(3)9,3; E(5)^B; C(1)9,3; E(1); E(4)^M\}$
		Baixa	$\{(FD\ ap.na\ cam.superficial(a); B(2)9,3)^{MB}, A(4); B(3)9,3; E(5)^B; C(1)9,3; E(1); E(4)^M\}$
		Média	$\{(FD\ ap.na\ cam.superficial(a); B(2)9,3)^{MB}, A(4); B(3)9,3; E(5)^B; C(1)9,3; E(1); E(4)^M\}$
		Alta	$\{(FD\ ap.na\ cam.superficial(a); B(2)9,3)^{MB}, A(4); B(3)9,3; D(1); E(5)^B; C(1)9,3; E(1); E(4)^M\}$
		Muito Alta	$\{(FD\ ap.na\ cam.superficial(a); B(2)9,3)^{MB}, A(4); B(3)9,3; D(1)^B; C(1)9,3; E(1); E(4)^M\}$
	Alta	Baixíssima	FD ap.na cam.superficial (a)
		Muito Baixa	$\{(FD\ ap.na\ cam.superficial(a); B(2)9,3)^{MB}, B(3)9,3^B; C(1)9,3^M\}$
		Baixa	$\{(FD\ ap.na\ cam.superficial(a); B(2)9,3)^{MB}, B(3)9,3^B; C(1)9,3^M\}$
		Média	$\{(FD\ ap.na\ cam.superficial(a); B(2)9,3)^{MB}, B(3)9,3^B; C(1)9,3^M\}$
Alta		$\{(FD\ ap.na\ cam.superficial(a); B(2)9,3)^{MB}, B(3)9,3; D(1)^B; C(1)9,3^M\}$	
Muito Alta		$\{(FD\ ap.na\ cam.superficial(a); B(2)9,3)^{MB}, B(3)9,3; D(1)^B; C(1)9,3^M\}$	
Muito Alta	Baixíssima	FD ap.na cam.superficial (a)	
	Muito Baixa	$\{(FD\ ap.na\ cam.superficial(a); B(2)9,3)^{MB}, B(3)9,3^B; C(1)9,3^M\}$	
	Baixa	$\{(FD\ ap.na\ cam.superficial(a); B(2)9,3)^{MB}, B(3)9,3^B; C(1)9,3^M\}$	
	Média	$\{(FD\ ap.na\ cam.superficial(a); B(2)9,3)^{MB}, B(3)9,3^B; C(1)9,3^M\}$	
	Alta	$\{(FD\ ap.na\ cam.superficial(a); B(2)9,3)^{MB}, B(3)9,3; D(1)^B; C(1)9,3^M\}$	
	Muito Alta	$\{(FD\ ap.na\ cam.superficial(a); B(2)9,3)^{MB}, B(3)9,3; D(1)^B; C(1)9,3^M\}$	

ESTRUTURA TIPO 1 OU TIPO 2 E CARREGAMENTO MÉDIO

ESTRUTURA TIPO 3 E CARREGAMENTO BAIXO

ESTRUTURA TIPO 4 E CARREGAMENTO MUITO BAIXO

cam.superf. resistência	cam.subsup resistência	cam.interm. resistência	PRESENÇA DE ÁGUA INTERMEDIÁRIA
Média Alta Muito Alta	Baixíssima	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	(((B(2)9) ^{MB} ;B(3)9;E(5)) ^B ;E(4)) ^M
		Baixa	(((B(2)9) ^{MB} ;B(3)9;E(5)) ^B ;E(2)ouE(3);E(4)) ^M
		Média	(((B(2)9) ^{MB} ;B(3)9;E(5)) ^B ;E(2)ouE(3);E(4)) ^M
		Alta	(((B(2)9) ^{MB} ;B(3)9;D(1);E(5)) ^B ;E(2)ouE(3);E(4)) ^M
		Muito Alta	(((B(2)9) ^{MB} ;B(3)9;D(1)) ^B ;E(2)ouE(3);E(4)) ^M
	Muito Baixa	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	(((B(2)9) ^{MB} ;A(4)6ouA(5)7ouA(6)7;B(3)9;E(5)) ^B ;C(1)9;E(1)6ouE(2)7ouE(3)7;E(4)) ^M
		Baixa	(((B(2)9) ^{MB} ;A(4)6ouA(5)7ouA(6)7;B(3)9;E(5)) ^B ;C(1)9;E(1)6ouE(2)7ouE(3)7;E(4)) ^M
		Média	(((B(2)9) ^{MB} ;A(4)6ouA(5)7ouA(6)7;B(3)9;E(5)) ^B ;C(1)9;E(1)6ouE(2)7ouE(3)7;E(4)) ^M
		Alta	(((B(2)9) ^{MB} ;A(4)6ouA(5)7ouA(6)7;B(3)9;D(1);E(5)) ^B ;C(1)9;E(1)6ouE(2)7ouE(3)7;E(4)) ^M
		Muito Alta	(((B(2)9) ^{MB} ;A(4)6ouA(5)7ouA(6)7;B(3)9;D(1)) ^B ;C(1)9;E(1)6ouE(2)7ouE(3)7;E(4)) ^M
	Baixa	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	(((B(2)9) ^{MB} ;A(4)6ouA(5)7ouA(6)7;B(3)9;E(5)) ^B ;C(1)9;E(1)6ouE(2)7ouE(3)7;E(4)) ^M
		Baixa	(((B(2)9) ^{MB} ;A(4)6ouA(5)7ouA(6)7;B(3)9;E(5)) ^B ;C(1)9;E(1)6ouE(2)7ouE(3)7;E(4)) ^M
		Média	(((B(2)9) ^{MB} ;A(4)6ouA(5)7ouA(6)7;B(3)9;E(5)) ^B ;C(1)9;E(1)6ouE(2)7ouE(3)7;E(4)) ^M
		Alta	(((B(2)9) ^{MB} ;A(4)6ouA(5)7ouA(6)7;B(3)9;D(1);E(5)) ^B ;C(1)9;E(1)6ouE(2)7ouE(3)7;E(4)) ^M
		Muito Alta	(((B(2)9) ^{MB} ;A(4)6ouA(5)7ouA(6)7;B(3)9;D(1)) ^B ;C(1)9;E(1)6ouE(2)7ouE(3)7;E(4)) ^M
	Média	Baixíssima	FD ap.na.cam.superficial (a)
		Muito Baixa	(((FD ap.na.cam.superficial(a);B(2)9,3) ^{MB} ;A(4)6ouA(5)7ouA(6)7;B(3)9,3;E(5)) ^B ;C(1)9,3;E(1)6ouE(2)7ouE(3)7;E(4)) ^M
		Baixa	(((FD ap.na.cam.superficial(a);B(2)9,3) ^{MB} ;A(4)6ouA(5)7ouA(6)7;B(3)9,3;E(5)) ^B ;C(1)9,3;E(1)6ouE(2)7ouE(3)7;E(4)) ^M
		Média	(((FD ap.na.cam.superficial(a);B(2)9,3) ^{MB} ;A(4)6ouA(5)7ouA(6)7;B(3)9,3;E(5)) ^B ;C(1)9,3;E(1)6ouE(2)7ouE(3)7;E(4)) ^M
		Alta	(((FD ap.na.cam.superficial(a);B(2)9,3) ^{MB} ;A(4)6ouA(5)7ouA(6)7;B(3)9,3;D(1);E(5)) ^B ;C(1)9,3;E(1)6ouE(2)7ouE(3)7;E(4)) ^M
		Muito Alta	(((FD ap.na.cam.superficial(a);B(2)9,3) ^{MB} ;A(4)6ouA(5)7ouA(6)7;B(3)9,3;D(1)) ^B ;C(1)9,3;E(1)6ouE(2)7ouE(3)7;E(4)) ^M
	Alta	Baixíssima	FD ap.na.cam.superficial (a)
		Muito Baixa	(((FD ap.na.cam.superficial (a);B(2)9,3) ^{MB} ;B(3)9,3) ^B ;C(1)9,3) ^M
		Baixa	(((FD ap.na.cam.superficial (a);B(2)9,3) ^{MB} ;B(3)9,3) ^B ;C(1)9,3) ^M
		Média	(((FD ap.na.cam.superficial (a);B(2)9,3) ^{MB} ;B(3)9,3) ^B ;C(1)9,3) ^M
Alta		(((FD ap.na.cam.superficial (a);B(2)9,3) ^{MB} ;B(3)9,3;D(1)) ^B ;C(1)9,3) ^M	
Muito Alta		(((FD ap.na.cam.superficial (a);B(2)9,3) ^{MB} ;B(3)9,3;D(1)) ^B ;C(1)9,3) ^M	
Muito Alta	Baixíssima	FD ap.na.cam.superficial (a)	
	Muito Baixa	(((FD ap.na.cam.superficial (a);B(2)9,3) ^{MB} ;B(3)9,3) ^B ;C(1)9,3) ^M	
	Baixa	(((FD ap.na.cam.superficial (a);B(2)9,3) ^{MB} ;B(3)9,3) ^B ;C(1)9,3) ^M	
	Média	(((FD ap.na.cam.superficial (a);B(2)9,3) ^{MB} ;B(3)9,3) ^B ;C(1)9,3) ^M	
	Alta	(((FD ap.na.cam.superficial (a);B(2)9,3) ^{MB} ;B(3)9,3;D(1)) ^B ;C(1)9,3) ^M	
	Muito Alta	(((FD ap.na.cam.superficial (a);B(2)9,3) ^{MB} ;B(3)9,3;D(1)) ^B ;C(1)9,3) ^M	

ESTRUTURA TIPO 3 OU TIPO 4 E CARREGAMENTO MÉDIO

ESTRUTURA TIPO 4 E CARREGAMENTO BAIXO

Informações disponíveis: SPT

Término da sondagem: INTERMEDIÁRIA (6 A 20 m)

Condição especial do subsolo: NÃO

cam.superf. resistência	cam.subsup resistência	cam.interm. resistência	PRESENÇA DE ÁGUA
			NÃO
Baixíssima Muito Baixa Baixa Média	Baixíssima	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	{{B(2)12ouB(2)10;B(3)12ouB(3)10;E(5)} ^B ;E(4)} ^M
		Baixa	{{B(2)12ouB(2)10;B(3)12ouB(3)10;E(5)} ^B ;E(2)ouE(3);E(4)} ^M
		Média	{{B(2)12ouB(2)10;B(3)12ouB(3)10;E(5)} ^B ;E(2)ouE(3);E(4)} ^M
		Alta	{{B(2)12ouB(2)10;B(3)12ouB(3)10;D(1);E(5)} ^B ;E(2)ouE(3);E(4)} ^M
		Muito Alta	{{B(2)12ouB(2)10;B(3)12ouB(3)10;D(1)} ^B ;E(2)ouE(3);E(4)} ^M
	Muito Baixa	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	{{A(3)2ouA(3)*4;B(2)12ouB(2)10;A(4)11ouA(5)4;B(3)12ouB(3)10;E(5)} ^B ;C(1)12ouC(1)10;E(1)11ouE(2)4;E(4)} ^M
		Baixa	{{A(3)2ouA(3)*4;B(2)12ouB(2)10;A(4)11ouA(5)4;B(3)12ouB(3)10;E(5)} ^B ;C(1)12ouC(1)10;E(1)11ouE(2)4;E(4)} ^M
		Média	{{A(3)2ouA(3)*4;B(2)12ouB(2)10;A(4)11ouA(5)4;B(3)12ouB(3)10;E(5)} ^B ;C(1)12ouC(1)10;E(1)11ouE(2)4;E(4)} ^M
		Alta	{{T(1) ap.na cam.intermed.;A(3)2ouA(3)*4;B(2)12ouB(2)10;A(4)11ouA(5)4;B(3)12ouB(3)10;D(1);E(5)} ^B ;C(1)12ouC(1)10;E(1)11ouE(2)4;E(4)} ^M
		Muito Alta	{{T(1) ap.na cam.intermed.;A(3)2ouA(3)*4;B(2)12ouB(2)10;A(4)11ouA(5)4;B(3)12ouB(3)10;D(1)} ^B ;C(1)12ouC(1)10;E(1)11ouE(2)4;E(4)} ^M
	Baixa	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	{{A(3d)2ouA(3d)*4;B(2d)12ouB(2d)10;A(4)11ouA(5)4;B(3)12ouB(3)10;E(5)} ^B ;C(1d)12ouC(1d)10;E(1)11ouE(2)4;E(4)} ^M
		Baixa	{{A(3)2ouA(3)*4;B(2)12ouB(2)10;A(4)11ouA(5)4;B(3)12ouB(3)10;E(5)} ^B ;C(1)12ouC(1)10;E(1)11ouE(2)4;E(4)} ^M
		Média	{{A(3)2ouA(3)*4;B(2)12ouB(2)10;A(4)11ouA(5)4;B(3)12ouB(3)10;E(5)} ^B ;C(1)12ouC(1)10;E(1)11ouE(2)4;E(4)} ^M
		Alta	{{T(1) ap.na cam.intermed.;A(3)2ouA(3)*4;B(2)12ouB(2)10;A(4)11ouA(5)4;B(3)12ouB(3)10;D(1);E(5)} ^B ;C(1)12ouC(1)10;E(1)11ouE(2)4;E(4)} ^M
		Muito Alta	{{T(1) ap.na cam.intermed.;A(3)2ouA(3)*4;B(2)12ouB(2)10;A(4)11ouA(5)4;B(3)12ouB(3)10;D(1)} ^B ;C(1)12ouC(1)10;E(1)11ouE(2)4;E(4)} ^M
	Média	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	{{B(2)12,3ouB(2)10,3;A(4)11ouA(5)4;B(3)12,3ouB(3)10,3;E(5)} ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3;E(1)11ouE(2)4;E(4)} ^M
		Baixa	{{B(2)12,3ouB(2)10,3;A(4)11ouA(5)4;B(3)12,3ouB(3)10,3;E(5)} ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3;E(1)11ouE(2)4;E(4)} ^M
		Média	{{B(2)12,3ouB(2)10,3;A(4)11ouA(5)4;B(3)12,3ouB(3)10,3;E(5)} ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3;E(1)11ouE(2)4;E(4)} ^M
		Alta	{{T(1) ap.na cam.intermed.;B(2)12,3ouB(2)10,3;A(4)11ouA(5)4;B(3)12,3ouB(3)10,3;D(1);E(5)} ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3;E(1)11ouE(2)4;E(4)} ^M
		Muito Alta	{{T(1) ap.na cam.intermed.;B(2)12,3ouB(2)10,3;A(4)11ouA(5)4;B(3)12,3ouB(3)10,3;D(1)} ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3;E(1)11ouE(2)4;E(4)} ^M
Alta	Baixíssima	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a)	
	Muito Baixa	{{FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a);B(2)12,3ouB(2)10,3;B(3)12,3ouB(3)10,3} ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3} ^M	
	Baixa	{{FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a);B(2)12,3ouB(2)10,3;B(3)12,3ouB(3)10,3} ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3} ^M	
	Média	{{FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a);B(2)12,3ouB(2)10,3;B(3)12,3ouB(3)10,3} ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3} ^M	
	Alta	{{FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial ;B(2)12,3ouB(2)10,3;B(3)12,3ouB(3)10,3;D(1)} ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3} ^M	
	Muito Alta	{{FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial ;B(2)12,3ouB(2)10,3;B(3)12,3ouB(3)10,3;D(1)} ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3} ^M	
Muito Alta	Baixíssima	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a)	
	Muito Baixa	{{FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a);B(2)12,3ouB(2)10,3;B(3)12,3ouB(3)10,3} ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3} ^M	
	Baixa	{{FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a);B(2)12,3ouB(2)10,3;B(3)12,3ouB(3)10,3} ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3} ^M	
	Média	{{FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a);B(2)12,3ouB(2)10,3;B(3)12,3ouB(3)10,3} ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3} ^M	
	Alta	{{FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial ;B(2)12,3ouB(2)10,3;B(3)12,3ouB(3)10,3;D(1)} ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3} ^M	
	Muito Alta	{{FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial ;B(2)12,3ouB(2)10,3;B(3)12,3ouB(3)10,3;D(1)} ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3} ^M	

ESTRUTURA TIPO 3 OU TIPO 4 E CARREGAMENTO MÉDIO
ESTRUTURA TIPO 4 E CARREGAMENTO BAIXO

cam.superf.	cam.subsup	cam.interm.	PRESEÇA DE ÁGUA
resistência	resistência	resistência	SUPERFICIAL
Baixíssima Muito Baixa Baixa Média	Baixíssima	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	$\{(B(1)12ouB(1)10;B(2)12ouB(2)10;B(3)12ouB(3)10;E(5))^B;E(4)\}^M$
		Baixa	$\{(B(1)12ouB(1)10;B(2)12ouB(2)10;B(3)12ouB(3)10;E(5))^B;E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
		Média	$\{(B(1)12ouB(1)10;B(2)12ouB(2)10;B(3)12ouB(3)10;E(5))^B;E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
		Alta	$\{(B(1)12ouB(1)10;B(2)12ouB(2)10;B(3)12ouB(3)10;D(1);E(5))^B;E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
		Muito Alta	$\{(B(1)12ouB(1)10;B(2)12ouB(2)10;B(3)12ouB(3)10;D(1))^B;E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
	Muito Baixa	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	$\{(A(3)*12;B(1)12ouB(1)10;B(2)12ouB(2)10;A(5)ouA(6);B(3)12ouB(3)10;E(5))^B;C(1)12ouC(1)10;E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
		Baixa	$\{(A(3)*12;B(1)12ouB(1)10;B(2)12ouB(2)10;A(5)ouA(6);B(3)12ouB(3)10;E(5))^B;C(1)12ouC(1)10;E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
		Média	$\{(A(3)*12;B(1)12ouB(1)10;B(2)12ouB(2)10;A(5)ouA(6);B(3)12ouB(3)10;E(5))^B;C(1)12ouC(1)10;E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
		Alta	$\{(A(3)*12;B(1)12ouB(1)10;B(2)12ouB(2)10;A(5)ouA(6);B(3)12ouB(3)10;D(1);E(5))^B;C(1)12ouC(1)10;E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
		Muito Alta	$\{(A(3)*12;B(1)12ouB(1)10;B(2)12ouB(2)10;A(5)ouA(6);B(3)12ouB(3)10;D(1))^B;C(1)12ouC(1)10;E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
	Baixa	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	$\{(A(3d)*12;B(1d)12ouB(1d)10;B(2d)12ouB(2d)10;A(5)ouA(6);B(3)12ouB(3)10;E(5))^B;C(1d)12ouC(1d)10;E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
		Baixa	$\{(A(3)*12;B(1)12ouB(1)10;B(2)12ouB(2)10;A(5)ouA(6);B(3)12ouB(3)10;E(5))^B;C(1)12ouC(1)10;E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
		Média	$\{(A(3)*12;B(1)12ouB(1)10;B(2)12ouB(2)10;A(5)ouA(6);B(3)12ouB(3)10;E(5))^B;C(1)12ouC(1)10;E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
		Alta	$\{(A(3)*12;B(1)12ouB(1)10;B(2)12ouB(2)10;A(5)ouA(6);B(3)12ouB(3)10;D(1);E(5))^B;C(1)12ouC(1)10;E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
		Muito Alta	$\{(A(3)*12;B(1)12ouB(1)10;B(2)12ouB(2)10;A(5)ouA(6);B(3)12ouB(3)10;D(1))^B;C(1)12ouC(1)10;E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
	Média	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	$\{(B(2)12,3ouB(2)10,3;A(5)ouA(6);B(3)12,3ouB(3)10,3;E(5))^B;C(1)12,3ouC(1)10,3;E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
		Baixa	$\{(B(2)12,3ouB(2)10,3;A(5)ouA(6);B(3)12,3ouB(3)10,3;E(5))^B;C(1)12,3ouC(1)10,3;E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
		Média	$\{(B(2)12,3ouB(2)10,3;A(5)ouA(6);B(3)12,3ouB(3)10,3;E(5))^B;C(1)12,3ouC(1)10,3;E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
		Alta	$\{(B(2)12,3ouB(2)10,3;A(5)ouA(6);B(3)12,3ouB(3)10,3;D(1);E(5))^B;C(1)12,3ouC(1)10,3;E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
		Muito Alta	$\{(B(2)12,3ouB(2)10,3;A(5)ouA(6);B(3)12,3ouB(3)10,3;D(1))^B;C(1)12,3ouC(1)10,3;E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
	Alta	Baixíssima	FD ap.no topo da cam.subsuperficial (a/b)
		Muito Baixa	$\{(FD\ ap.na\ cam.subsuperficial\ (a/b);B(2)12,3ouB(2)10,3;B(3)12,3ouB(3)10,3\}^B;C(1)12,3ouC(1)10,3\}^M$
		Baixa	$\{(FD\ ap.na\ cam.subsuperficial\ (a/b);B(2)12,3ouB(2)10,3;B(3)12,3ouB(3)10,3\}^B;C(1)12,3ouC(1)10,3\}^M$
Média		$\{(FD\ ap.na\ cam.subsuperficial\ (a/b);B(2)12,3ouB(2)10,3;B(3)12,3ouB(3)10,3\}^B;C(1)12,3ouC(1)10,3\}^M$	
Alta		$\{(FD\ ap.na\ cam.subsuperficial\ (b);B(2)12,3ouB(2)10,3;B(3)12,3ouB(3)10,3;D(1)\}^B;C(1)12,3ouC(1)10,3\}^M$	
Muito Alta		$\{(FD\ ap.na\ cam.subsuperficial\ (b);B(2)12,3ouB(2)10,3;B(3)12,3ouB(3)10,3;D(1)\}^B;C(1)12,3ouC(1)10,3\}^M$	
Muito Alta	Baixíssima	FD ap.no topo da cam.subsuperficial (a/b)	
	Muito Baixa	$\{(FD\ ap.na\ cam.subsuperficial\ (a/b);B(2)12,3ouB(2)10,3;B(3)12,3ouB(3)10,3\}^B;C(1)12,3ouC(1)10,3\}^M$	
	Baixa	$\{(FD\ ap.na\ cam.subsuperficial\ (a/b);B(2)12,3ouB(2)10,3;B(3)12,3ouB(3)10,3\}^B;C(1)12,3ouC(1)10,3\}^M$	
	Média	$\{(FD\ ap.na\ cam.subsuperficial\ (a/b);B(2)12,3ouB(2)10,3;B(3)12,3ouB(3)10,3\}^B;C(1)12,3ouC(1)10,3\}^M$	
	Alta	$\{(FD\ ap.na\ cam.subsuperficial\ (b);B(2)12,3ouB(2)10,3;B(3)12,3ouB(3)10,3;D(1)\}^B;C(1)12,3ouC(1)10,3\}^M$	
	Muito Alta	$\{(FD\ ap.na\ cam.subsuperficial\ (b);B(2)12,3ouB(2)10,3;B(3)12,3ouB(3)10,3;D(1)\}^B;C(1)12,3ouC(1)10,3\}^M$	

ESTRUTURA TIPO 3 OU TIPO 4 E CARREGAMENTO MÉDIO
ESTRUTURA TIPO 4 E CARREGAMENTO BAIXO

cam.superf. resistência	cam.subsup resistência	cam.interm. resistência	PRESEÇA DE ÁGUA SUBSUPERFICIAL
Baixíssima Muito Baixa Baixa Média	Baixíssima	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	{[B(2)12ouB(2)10;B(3)12ouB(3)10;E(5)] ^B ;E(4)] ^M
		Baixa	{[B(2)12ouB(2)10;B(3)12ouB(3)10;E(5)] ^B ;E(2)ouE(3);E(4)] ^M
		Média	{[B(2)12ouB(2)10;B(3)12ouB(3)10;E(5)] ^B ;E(2)ouE(3);E(4)] ^M
		Alta	{[B(2)12ouB(2)10;B(3)12ouB(3)10;D(1);E(5)] ^B ;E(2)ouE(3);E(4)] ^M
		Muito Alta	{[B(2)12ouB(2)10;B(3)12ouB(3)10;D(1)] ^B ;E(2)ouE(3);E(4)] ^M
	Muito Baixa	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	{[A(3)*12;B(2)12ouB(2)10;A(5)ouA(6);B(3)12ouB(3)10;E(5)] ^B ;C(1)12ouC(1)10;E(2)ouE(3);E(4)] ^M
		Baixa	{[A(3)*12;B(2)12ouB(2)10;A(5)ouA(6);B(3)12ouB(3)10;E(5)] ^B ;C(1)12ouC(1)10;E(2)ouE(3);E(4)] ^M
		Média	{[A(3)*12;B(2)12ouB(2)10;A(5)ouA(6);B(3)12ouB(3)10;E(5)] ^B ;C(1)12ouC(1)10;E(2)ouE(3);E(4)] ^M
		Alta	{[A(3)*12;B(2)12ouB(2)10;A(5)ouA(6);B(3)12ouB(3)10;D(1);E(5)] ^B ;C(1)12ouC(1)10;E(2)ouE(3);E(4)] ^M
		Muito Alta	{[A(3)*12;B(2)12ouB(2)10;A(5)ouA(6);B(3)12ouB(3)10;D(1)] ^B ;C(1)12ouC(1)10;E(2)ouE(3);E(4)] ^M
	Baixa	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	{[A(3d)2ouA(3d)*4;B(2d)12ouB(2d)10;A(4)11ouA(5)4;B(3)12ouB(3)10;E(5)] ^B ;C(1d)12ouC(1d)10;E(1)11ouE(2)4;E(4)] ^M
		Baixa	{[A(3)2ouA(3)*4;B(2)12ouB(2)10;A(4)11ouA(5)4;B(3)12ouB(3)10;E(5)] ^B ;C(1)12ouC(1)10;E(1)11ouE(2)4;E(4)] ^M
		Média	{[A(3)2ouA(3)*4;B(2)12ouB(2)10;A(4)11ouA(5)4;B(3)12ouB(3)10;E(5)] ^B ;C(1)12ouC(1)10;E(1)11ouE(2)4;E(4)] ^M
		Alta	{[A(3)2ouA(3)*4;B(2)12ouB(2)10;A(4)11ouA(5)4;B(3)12ouB(3)10;D(1);E(5)] ^B ;C(1)12ouC(1)10;E(1)11ouE(2)4;E(4)] ^M
		Muito Alta	{[A(3)2ouA(3)*4;B(2)12ouB(2)10;A(4)11ouA(5)4;B(3)12ouB(3)10;D(1)] ^B ;C(1)12ouC(1)10;E(1)11ouE(2)4;E(4)] ^M
	Média	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	{[B(2)12,3ouB(2)10,3;A(5)ouA(6);B(3)12,3ouB(3)10,3;E(5)] ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3;E(2)ouE(3);E(4)] ^M
		Baixa	{[B(2)12,3ouB(2)10,3;A(5)ouA(6);B(3)12,3ouB(3)10,3;E(5)] ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3;E(2)ouE(3);E(4)] ^M
		Média	{[B(2)12,3ouB(2)10,3;A(5)ouA(6);B(3)12,3ouB(3)10,3;E(5)] ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3;E(2)ouE(3);E(4)] ^M
		Alta	{[B(2)12,3ouB(2)10,3;A(5)ouA(6);B(3)12,3ouB(3)10,3;D(1);E(5)] ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3;E(2)ouE(3);E(4)] ^M
		Muito Alta	{[B(2)12,3ouB(2)10,3;A(5)ouA(6);B(3)12,3ouB(3)10,3;D(1)] ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3;E(2)ouE(3);E(4)] ^M
	Alta	Baixíssima	FD ap.na cam.subsuperficial (a/c)
		Muito Baixa	{[FD ap.na cam.subsuperficial (a/c);B(2)12,3ouB(2)10,3;B(3)12,3ouB(3)10,3] ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3] ^M
		Baixa	{[FD ap.na cam.subsuperficial (a/c);B(2)12,3ouB(2)10,3;B(3)12,3ouB(3)10,3] ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3] ^M
		Média	{[FD ap.na cam.subsuperficial (a/c);B(2)12,3ouB(2)10,3;B(3)12,3ouB(3)10,3] ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3] ^M
Alta		{[FD ap.na cam.subsuperficial (c);B(2)12,3ouB(2)10,3;B(3)12,3ouB(3)10,3;D(1)] ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3] ^M	
Muito Alta		{[FD ap.na cam.subsuperficial (c);B(2)12,3ouB(2)10,3;B(3)12,3ouB(3)10,3;D(1)] ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3] ^M	
Muito Alta	Baixíssima	FD ap.na cam.subsuperficial (a/c)	
	Muito Baixa	{[FD ap.na cam.subsuperficial (a/c);B(2)12,3ouB(2)10,3;B(3)12,3ouB(3)10,3] ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3] ^M	
	Baixa	{[FD ap.na cam.subsuperficial (a/c);B(2)12,3ouB(2)10,3;B(3)12,3ouB(3)10,3] ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3] ^M	
	Média	{[FD ap.na cam.subsuperficial (a/c);B(2)12,3ouB(2)10,3;B(3)12,3ouB(3)10,3] ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3] ^M	
	Alta	{[FD ap.na cam.subsuperficial (c);B(2)12,3ouB(2)10,3;B(3)12,3ouB(3)10,3;D(1)] ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3] ^M	
	Muito Alta	{[FD ap.na cam.subsuperficial (c);B(2)12,3ouB(2)10,3;B(3)12,3ouB(3)10,3;D(1)] ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3] ^M	

ESTRUTURA TIPO 3 OU TIPO 4 E CARREGAMENTO MÉDIO
ESTRUTURA TIPO 4 E CARREGAMENTO BAIXO

cam.superf. resistência	cam.subsuperf. resistência	cam.interm. resistência	PRESEÇA DE ÁGUA INTERMEDIÁRIA
Baixíssima Muito Baixa Baixa Média	Baixíssima	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	{(B(2)12ouB(2)10;B(3)12ouB(3)10;E(5) ^B ;E(4)) ^M }
		Baixa	{(B(2)12ouB(2)10;B(3)12ouB(3)10;E(5) ^B ;E(2)ouE(3);E(4)) ^M }
		Média	{(B(2)12ouB(2)10;B(3)12ouB(3)10;E(5) ^B ;E(2)ouE(3);E(4)) ^M }
		Alta	{(B(2)12ouB(2)10;B(3)12ouB(3)10;D(1);E(5) ^B ;E(2)ouE(3);E(4)) ^M }
	Muito Baixa	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	{(A(3)2,6ouA(3)*7ouA(3)*4;B(2)12ouB(2)10;A(4)11,6ouA(5)4ouA(6)7;B(3)12ouB(3)10;E(5) ^B ;C(1)12ouC(1)10;E(1)11,6ouE(2)4ouE(3)7;E(4)) ^M }
		Baixa	{(A(3)2,6ouA(3)*7ouA(3)*4;B(2)12ouB(2)10;A(4)11,6ouA(5)4ouA(6)7;B(3)12ouB(3)10;E(5) ^B ;C(1)12ouC(1)10;E(1)11,6ouE(2)4ouE(3)7;E(4)) ^M }
		Média	{(A(3)2,6ouA(3)*7ouA(3)*4;B(2)12ouB(2)10;A(4)11,6ouA(5)4ouA(6)7;B(3)12ouB(3)10;E(5) ^B ;C(1)12ouC(1)10;E(1)11,6ouE(2)4ouE(3)7;E(4)) ^M }
		Alta	{(A(3)2,6ouA(3)*7ouA(3)*4;B(2)12ouB(2)10;A(4)11,6ouA(5)4ouA(6)7;B(3)12ouB(3)10;D(1);E(5) ^B ;C(1)12ouC(1)10;E(1)11,6ouE(2)4ouE(3)7;E(4)) ^M }
	Baixa	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	{(A(3d)2,6ouA(3d)*7ouA(3d)*4;B(2d)12ouB(2d)10;A(4)11,6ouA(5)4ouA(6)7;B(3)12ouB(3)10;E(5) ^B ;C(1d)12ouC(1d)10;E(1)11,6ouE(2)4ouE(3)7;E(4)) ^M }
		Baixa	{(A(3)2,6ouA(3)*7ouA(3)*4;B(2)12ouB(2)10;A(4)11,6ouA(5)4ouA(6)7;B(3)12ouB(3)10;E(5) ^B ;C(1)12ouC(1)10;E(1)11,6ouE(2)4ouE(3)7;E(4)) ^M }
		Média	{(A(3)2,6ouA(3)*7ouA(3)*4;B(2)12ouB(2)10;A(4)11,6ouA(5)4ouA(6)7;B(3)12ouB(3)10;E(5) ^B ;C(1)12ouC(1)10;E(1)11,6ouE(2)4ouE(3)7;E(4)) ^M }
		Alta	{(A(3)2,6ouA(3)*7ouA(3)*4;B(2)12ouB(2)10;A(4)11,6ouA(5)4ouA(6)7;B(3)12ouB(3)10;D(1);E(5) ^B ;C(1)12ouC(1)10;E(1)11,6ouE(2)4ouE(3)7;E(4)) ^M }
	Muito Baixa	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	{(B(2)12,3ouB(2)10,3;A(4)11,6ouA(5)4ouA(6)7;B(3)12,3ouB(3)10,3;E(5) ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3;E(1)11,6ouE(2)4ouE(3)7;E(4)) ^M }
		Baixa	{(B(2)12,3ouB(2)10,3;A(4)11,6ouA(5)4ouA(6)7;B(3)12,3ouB(3)10,3;E(5) ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3;E(1)11,6ouE(2)4ouE(3)7;E(4)) ^M }
		Média	{(B(2)12,3ouB(2)10,3;A(4)11,6ouA(5)4ouA(6)7;B(3)12,3ouB(3)10,3;E(5) ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3;E(1)11,6ouE(2)4ouE(3)7;E(4)) ^M }
		Alta	{(B(2)12,3ouB(2)10,3;A(4)11,6ouA(5)4ouA(6)7;B(3)12,3ouB(3)10,3;D(1);E(5) ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3;E(1)11,6ouE(2)4ouE(3)7;E(4)) ^M }
	Alta	Baixíssima	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a)
		Muito Baixa	{(FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a);B(2)12,3ouB(2)10,3;B(3)12,3ouB(3)10,3 ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3) ^M }
		Baixa	{(FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a);B(2)12,3ouB(2)10,3;B(3)12,3ouB(3)10,3 ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3) ^M }
		Média	{(FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a);B(2)12,3ouB(2)10,3;B(3)12,3ouB(3)10,3 ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3) ^M }
		Alta	{(FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial ;B(2)12,3ouB(2)10,3;B(3)12,3ouB(3)10,3;D(1)) ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3) ^M }
	Muito Baixa	Baixíssima	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a)
		Muito Baixa	{(FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a);B(2)12,3ouB(2)10,3;B(3)12,3ouB(3)10,3 ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3) ^M }
		Baixa	{(FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a);B(2)12,3ouB(2)10,3;B(3)12,3ouB(3)10,3 ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3) ^M }
Média		{(FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a);B(2)12,3ouB(2)10,3;B(3)12,3ouB(3)10,3 ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3) ^M }	
Alta		{(FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial ;B(2)12,3ouB(2)10,3;B(3)12,3ouB(3)10,3;D(1)) ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3) ^M }	
Muito Baixa	Baixíssima	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a)	
	Muito Baixa	{(FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a);B(2)12,3ouB(2)10,3;B(3)12,3ouB(3)10,3 ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3) ^M }	
	Baixa	{(FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a);B(2)12,3ouB(2)10,3;B(3)12,3ouB(3)10,3 ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3) ^M }	
	Média	{(FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a);B(2)12,3ouB(2)10,3;B(3)12,3ouB(3)10,3 ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3) ^M }	
	Alta	{(FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial ;B(2)12,3ouB(2)10,3;B(3)12,3ouB(3)10,3;D(1)) ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3) ^M }	
Muito Baixa	Baixíssima	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a)	
	Muito Baixa	{(FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a);B(2)12,3ouB(2)10,3;B(3)12,3ouB(3)10,3 ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3) ^M }	
	Baixa	{(FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a);B(2)12,3ouB(2)10,3;B(3)12,3ouB(3)10,3 ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3) ^M }	
	Média	{(FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a);B(2)12,3ouB(2)10,3;B(3)12,3ouB(3)10,3 ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3) ^M }	
	Alta	{(FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial ;B(2)12,3ouB(2)10,3;B(3)12,3ouB(3)10,3;D(1)) ^B ;C(1)12,3ouC(1)10,3) ^M }	

ESTRUTURA TIPO 3 OU TIPO 4 E CARREGAMENTO MÉDIO

ESTRUTURA TIPO 4 E CARREGAMENTO BAIXO

Informações disponíveis: SPT

Término da sondagem: INTERMEDIÁRIA (6 A 20 m)

Condição especial do subsolo: NÃO

cam.superf.	cam.subsup	cam.interm.	PRESENÇA DE ÁGUA
resistência	resistência	resistência	NÃO
Alta Muito Alta	Baixíssima	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	{{B(2)9;B(3)9;E(5)} ^B ;E(4)} ^M
		Baixa	{{B(2)9;B(3)9;E(5)} ^B ;E(2)ouE(3);E(4)} ^M
		Média	{{B(2)9;B(3)9;E(5)} ^B ;E(2)ouE(3);E(4)} ^M
		Alta	{{B(2)9;B(3)9;D(1);E(5)} ^B ;E(2)ouE(3);E(4)} ^M
		Muito Alta	{{B(2)9;B(3)9;D(1)} ^B ;E(2)ouE(3);E(4)} ^M
	Muito Baixa	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	{{B(2)9;A(4);B(3)9;E(5)} ^B ;C(1)9;E(1);E(4)} ^M
		Baixa	{{B(2)9;A(4);B(3)9;E(5)} ^B ;C(1)9;E(1);E(4)} ^M
		Média	{{B(2)9;A(4);B(3)9;E(5)} ^B ;C(1)9;E(1);E(4)} ^M
		Alta	{{T(1) ap.na cam.intermed.;B(2)9;A(4);B(3)9;D(1);E(5)} ^B ;C(1)9;E(1);E(4)} ^M
		Muito Alta	{{T(1) ap.na cam.intermed.;B(2)9;A(4);B(3)9;D(1)} ^B ;C(1)9;E(1);E(4)} ^M
	Baixa	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	{{B(2d)9;A(4);B(3)9;E(5)} ^B ;C(1d)9;E(1);E(4)} ^M
		Baixa	{{B(2)9;A(4);B(3)9;E(5)} ^B ;C(1)9;E(1);E(4)} ^M
		Média	{{B(2)9;A(4);B(3)9;E(5)} ^B ;C(1)9;E(1);E(4)} ^M
		Alta	{{T(1) ap.na cam.intermed.;B(2)9;A(4);B(3)9;D(1);E(5)} ^B ;C(1)9;E(1);E(4)} ^M
		Muito Alta	{{T(1) ap.na cam.intermed.;B(2)9;A(4);B(3)9;D(1)} ^B ;C(1)9;E(1);E(4)} ^M
	Média	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	{{B(2)9,3;A(4);B(3)9,3;E(5)} ^B ;C(1)9,3;E(1);E(4)} ^M
		Baixa	{{B(2)9,3;A(4);B(3)9,3;E(5)} ^B ;C(1)9,3;E(1);E(4)} ^M
		Média	{{B(2)9,3;A(4);B(3)9,3;E(5)} ^B ;C(1)9,3;E(1);E(4)} ^M
		Alta	{{T(1) ap.na cam.intermed.;B(2)9,3;A(4);B(3)9,3;D(1);E(5)} ^B ;C(1)9,3;E(1);E(4)} ^M
		Muito Alta	{{T(1) ap.na cam.intermed.;B(2)9,3;A(4);B(3)9,3;D(1)} ^B ;C(1)9,3;E(1);E(4)} ^M
Alta	Baixíssima	FD ap.na cam.superficial (a)	
	Muito Baixa	{{FD ap.na cam.superficial (a);B(2)9,3;B(3)9,3} ^B ;C(1)9,3} ^M	
	Baixa	{{FD ap.na cam.superficial (a);B(2)9,3;B(3)9,3} ^B ;C(1)9,3} ^M	
	Média	{{FD ap.na cam.superficial (a);B(2)9,3;B(3)9,3} ^B ;C(1)9,3} ^M	
	Alta	{{FD ap.na cam.superficial ;B(2)9,3;B(3)9,3;D(1)} ^B ;C(1)9,3} ^M	
	Muito Alta	{{FD ap.na cam.superficial ;B(2)9,3;B(3)9,3;D(1)} ^B ;C(1)9,3} ^M	
Muito Alta	Baixíssima	FD ap.na cam.superficial (a)	
	Muito Baixa	{{FD ap.na cam.superficial (a);B(2)9,3;B(3)9,3} ^B ;C(1)9,3} ^M	
	Baixa	{{FD ap.na cam.superficial (a);B(2)9,3;B(3)9,3} ^B ;C(1)9,3} ^M	
	Média	{{FD ap.na cam.superficial (a);B(2)9,3;B(3)9,3} ^B ;C(1)9,3} ^M	
	Alta	{{FD ap.na cam.superficial ;B(2)9,3;B(3)9,3;D(1)} ^B ;C(1)9,3} ^M	
	Muito Alta	{{FD ap.na cam.superficial ;B(2)9,3;B(3)9,3;D(1)} ^B ;C(1)9,3} ^M	

ESTRUTURA TIPO 3 OU TIPO 4 E CARREGAMENTO MÉDIO
ESTRUTURA TIPO 4 E CARREGAMENTO BAIXO

cam.superf. resistência	cam.subsup resistência	cam.interm. resistência	PRESENÇA DE ÁGUA SUPERFICIAL
Alta MuitoAlta	Baixíssima	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	$\{[B(1)9;B(2)9;B(3)9;E(5)]^B;E(4)\}^M$
		Baixa	$\{[B(1)9;B(2)9;B(3)9;E(5)]^B;E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
		Média	$\{[B(1)9;B(2)9;B(3)9;E(5)]^B;E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
		Alta	$\{[B(1)9;B(2)9;B(3)9;D(1);E(5)]^B;E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
		Muito Alta	$\{[B(1)9;B(2)9;B(3)9;D(1)]^B;E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
	Muito Baixa	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	$\{[B(1)9;B(2)9;A(5)ouA(6);B(3)9;E(5)]^B;C(1)9;E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
		Baixa	$\{[B(1)9;B(2)9;A(5)ouA(6);B(3)9;E(5)]^B;C(1)9;E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
		Média	$\{[B(1)9;B(2)9;A(5)ouA(6);B(3)9;E(5)]^B;C(1)9;E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
		Alta	$\{[B(1)9;B(2)9;A(5)ouA(6);B(3)9;D(1);E(5)]^B;C(1)9;E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
		Muito Alta	$\{[B(1)9;B(2)9;A(5)ouA(6);B(3)9;D(1)]^B;C(1)9;E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
	Baixa	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	$\{[B(1d)9;B(2d)9;A(5)ouA(6);B(3)9;E(5)]^B;C(1d)9;E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
		Baixa	$\{[B(1)9;B(2)9;A(5)ouA(6);B(3)9;E(5)]^B;C(1)9;E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
		Média	$\{[B(1)9;B(2)9;A(5)ouA(6);B(3)9;E(5)]^B;C(1)9;E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
		Alta	$\{[B(1)9;B(2)9;A(5)ouA(6);B(3)9;D(1);E(5)]^B;C(1)9;E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
		Muito Alta	$\{[B(1)9;B(2)9;A(5)ouA(6);B(3)9;D(1)]^B;C(1)9;E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
	Média	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	$\{[B(2)9,3;A(5)ouA(6);B(3)9,3;E(5)]^B;C(1)9,3;E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
		Baixa	$\{[B(2)9,3;A(5)ouA(6);B(3)9,3;E(5)]^B;C(1)9,3;E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
		Média	$\{[B(2)9,3;A(5)ouA(6);B(3)9,3;E(5)]^B;C(1)9,3;E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
		Alta	$\{[B(2)9,3;A(5)ouA(6);B(3)9,3;D(1);E(5)]^B;C(1)9,3;E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
		Muito Alta	$\{[B(2)9,3;A(5)ouA(6);B(3)9,3;D(1)]^B;C(1)9,3;E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
	Alta	Baixíssima	FD ap.na cam.superficial (a/c)
		Muito Baixa	$\{[FD\ ap.na\ cam.superficial\ (a/c);B(2)9,3;B(3)9,3]^B;C(1)9,3\}^M$
		Baixa	$\{[FD\ ap.na\ cam.superficial\ (a/c);B(2)9,3;B(3)9,3]^B;C(1)9,3\}^M$
		Média	$\{[FD\ ap.na\ cam.superficial\ (a/c);B(2)9,3;B(3)9,3]^B;C(1)9,3\}^M$
Alta		$\{[FD\ ap.na\ cam.superficial\ (c);B(2)9,3;B(3)9,3;D(1)]^B;C(1)9,3\}^M$	
Muito Alta		$\{[FD\ ap.na\ cam.superficial\ (c);B(2)9,3;B(3)9,3;D(1)]^B;C(1)9,3\}^M$	
Muito Alta	Baixíssima	FD ap.na cam.superficial (a/c)	
	Muito Baixa	$\{[FD\ ap.na\ cam.superficial\ (a/c);B(2)9,3;B(3)9,3]^B;C(1)9,3\}^M$	
	Baixa	$\{[FD\ ap.na\ cam.superficial\ (a/c);B(2)9,3;B(3)9,3]^B;C(1)9,3\}^M$	
	Média	$\{[FD\ ap.na\ cam.superficial\ (a/c);B(2)9,3;B(3)9,3]^B;C(1)9,3\}^M$	
	Alta	$\{[FD\ ap.na\ cam.superficial\ (c);B(2)9,3;B(3)9,3;D(1)]^B;C(1)9,3\}^M$	
	Muito Alta	$\{[FD\ ap.na\ cam.superficial\ (c);B(2)9,3;B(3)9,3;D(1)]^B;C(1)9,3\}^M$	

ESTRUTURA TIPO 3 OU TIPO 4 E CARREGAMENTO MÉDIO
ESTRUTURA TIPO 4 E CARREGAMENTO BAIXO

cam.superf. resistência	cam.subsup. resistência	cam.interm. resistência	PRESENÇA DE ÁGUA SUBSUPERFICIAL
Alta MuitoAlta	Baixíssima	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	$\{[B(2)9;B(3)9;E(5)]^B;E(4)\}^M$
		Baixa	$\{[B(2)9;B(3)9;E(5)]^B;E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
		Média	$\{[B(2)9;B(3)9;E(5)]^B;E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
		Alta	$\{[B(2)9;B(3)9;D(1);E(5)]^B;E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
		Muito Alta	$\{[B(2)9;B(3)9;D(1)]^B;E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
	Muito Baixa	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	$\{[B(2)9;A(5)ouA(6);B(3)9;E(5)]^B;C(1)9;E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
		Baixa	$\{[B(2)9;A(5)ouA(6);B(3)9;E(5)]^B;C(1)9;E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
		Média	$\{[B(2)9;A(5)ouA(6);B(3)9;E(5)]^B;C(1)9;E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
		Alta	$\{[B(2)9;A(5)ouA(6);B(3)9;D(1);E(5)]^B;C(1)9;E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
		Muito Alta	$\{[B(2)9;A(5)ouA(6);B(3)9;D(1)]^B;C(1)9;E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
	Baixa	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	$\{[B(2d)9;A(5)ouA(6);B(3)9;E(5)]^B;C(1d)9;E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
		Baixa	$\{[B(2)9;A(5)ouA(6);B(3)9;E(5)]^B;C(1)9;E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
		Média	$\{[B(2)9;A(5)ouA(6);B(3)9;E(5)]^B;C(1)9;E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
		Alta	$\{[B(2)9;A(5)ouA(6);B(3)9;D(1);E(5)]^B;C(1)9;E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
		Muito Alta	$\{[B(2)9;A(5)ouA(6);B(3)9;D(1)]^B;C(1)9;E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
	Média	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	$\{[B(2)9,3;A(5)ouA(6);B(3)9,3;E(5)]^B;C(1)9,3;E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
		Baixa	$\{[B(2)9,3;A(5)ouA(6);B(3)9,3;E(5)]^B;C(1)9,3;E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
		Média	$\{[B(2)9,3;A(5)ouA(6);B(3)9,3;E(5)]^B;C(1)9,3;E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
		Alta	$\{[B(2)9,3;A(5)ouA(6);B(3)9,3;D(1);E(5)]^B;C(1)9,3;E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
		Muito Alta	$\{[B(2)9,3;A(5)ouA(6);B(3)9,3;D(1)]^B;C(1)9,3;E(2)ouE(3);E(4)\}^M$
Alta	Baixíssima	FD ap.na cam.superficial (a)	
	Muito Baixa	$\{[FD\ ap.na\ cam.superficial\ (a);B(2)9,3;B(3)9,3]^B;C(1)9,3\}^M$	
	Baixa	$\{[FD\ ap.na\ cam.superficial\ (a);B(2)9,3;B(3)9,3]^B;C(1)9,3\}^M$	
	Média	$\{[FD\ ap.na\ cam.superficial\ (a);B(2)9,3;B(3)9,3]^B;C(1)9,3\}^M$	
	Alta	$\{[FD\ ap.na\ cam.superficial\ ;B(2)9,3;B(3)9,3;D(1)]^B;C(1)9,3\}^M$	
	Muito Alta	$\{[FD\ ap.na\ cam.superficial\ ;B(2)9,3;B(3)9,3;D(1)]^B;C(1)9,3\}^M$	
Muito Alta	Baixíssima	FD ap.na cam.superficial (a)	
	Muito Baixa	$\{[FD\ ap.na\ cam.superficial\ (a);B(2)9,3;B(3)9,3]^B;C(1)9,3\}^M$	
	Baixa	$\{[FD\ ap.na\ cam.superficial\ (a);B(2)9,3;B(3)9,3]^B;C(1)9,3\}^M$	
	Média	$\{[FD\ ap.na\ cam.superficial\ (a);B(2)9,3;B(3)9,3]^B;C(1)9,3\}^M$	
	Alta	$\{[FD\ ap.na\ cam.superficial\ ;B(2)9,3;B(3)9,3;D(1)]^B;C(1)9,3\}^M$	
	Muito Alta	$\{[FD\ ap.na\ cam.superficial\ ;B(2)9,3;B(3)9,3;D(1)]^B;C(1)9,3\}^M$	

ESTRUTURA TIPO 3 OU TIPO 4 E CARREGAMENTO MÉDIO
ESTRUTURA TIPO 4 E CARREGAMENTO BAIXO

cam.superf. resistência	cam.subsup. resistência	cam.interm. resistência	PRESENÇA DE ÁGUA INTERMEDIÁRIA	
Alta MuitoAlta	Baixíssima	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo	
		Muito Baixa	{(B(2)9;B(3)9;E(5)) ^B ;E(4)} ^M	
		Baixa	{(B(2)9;B(3)9;E(5)) ^B ;E(2)ouE(3);E(4)} ^M	
		Média	{(B(2)9;B(3)9;E(5)) ^B ;E(2)ouE(3);E(4)} ^M	
		Alta	{(B(2)9;B(3)9;D(1);E(5)) ^B ;E(2)ouE(3);E(4)} ^M	
		Muito Alta	{(B(2)9;B(3)9;D(1)) ^B ;E(2)ouE(3);E(4)} ^M	
	Muito Baixa	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo	
		Muito Baixa	{(B(2)9;A(4)6ouA(5)7ouA(6)7;B(3)9;E(5)) ^B ;C(1)9;E(1)6ouE(2)7ouE(3)7;E(4)} ^M	
		Baixa	{(B(2)9;A(4)6ouA(5)7ouA(6)7;B(3)9;E(5)) ^B ;C(1)9;E(1)6ouE(2)7ouE(3)7;E(4)} ^M	
		Média	{(B(2)9;A(4)6ouA(5)7ouA(6)7;B(3)9;E(5)) ^B ;C(1)9;E(1)6ouE(2)7ouE(3)7;E(4)} ^M	
		Alta	{(B(2)9;A(4)6ouA(5)7ouA(6)7;B(3)9;D(1);E(5)) ^B ;C(1)9;E(1)6ouE(2)7ouE(3)7;E(4)} ^M	
		Muito Alta	{(B(2)9;A(4)6ouA(5)7ouA(6)7;B(3)9;D(1)) ^B ;C(1)9;E(1)6ouE(2)7ouE(3)7;E(4)} ^M	
	Baixa	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo	
		Muito Baixa	{(B(2)9;A(4)6ouA(5)7ouA(6)7;B(3)9;E(5)) ^B ;C(1)d)9;E(1)6ouE(2)7ouE(3)7;E(4)} ^M	
		Baixa	{(B(2)9;A(4)6ouA(5)7ouA(6)7;B(3)9;E(5)) ^B ;C(1)9;E(1)6ouE(2)7ouE(3)7;E(4)} ^M	
		Média	{(B(2)9;A(4)6ouA(5)7ouA(6)7;B(3)9;E(5)) ^B ;C(1)9;E(1)6ouE(2)7ouE(3)7;E(4)} ^M	
		Alta	{(B(2)9;A(4)6ouA(5)7ouA(6)7;B(3)9;D(1);E(5)) ^B ;C(1)9;E(1)6ouE(2)7ouE(3)7;E(4)} ^M	
		Muito Alta	{(B(2)9;A(4)6ouA(5)7ouA(6)7;B(3)9;D(1)) ^B ;C(1)9;E(1)6ouE(2)7ouE(3)7;E(4)} ^M	
	Média	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo	
		Muito Baixa	{(B(2)9,3;A(4)6ouA(5)7ouA(6)7;B(3)9,3;E(5)) ^B ;C(1)9,3;E(1)6ouE(2)7ouE(3)7;E(4)} ^M	
		Baixa	{(B(2)9,3;A(4)6ouA(5)7ouA(6)7;B(3)9,3;E(5)) ^B ;C(1)9,3;E(1)6ouE(2)7ouE(3)7;E(4)} ^M	
		Média	{(B(2)9,3;A(4)6ouA(5)7ouA(6)7;B(3)9,3;E(5)) ^B ;C(1)9,3;E(1)6ouE(2)7ouE(3)7;E(4)} ^M	
		Alta	{(B(2)9,3;A(4)6ouA(5)7ouA(6)7;B(3)9,3;D(1);E(5)) ^B ;C(1)9,3;E(1)6ouE(2)7ouE(3)7;E(4)} ^M	
		Muito Alta	{(B(2)9,3;A(4)6ouA(5)7ouA(6)7;B(3)9,3;D(1)) ^B ;C(1)9,3;E(1)6ouE(2)7ouE(3)7;E(4)} ^M	
	Alta	Baixíssima	Baixíssima	FD ap.na cam.superficial (a)
			Muito Baixa	{(FD ap.na cam.superficial (a);B(2)9,3;B(3)9,3) ^B ;C(1)9,3) ^M
			Baixa	{(FD ap.na cam.superficial (a);B(2)9,3;B(3)9,3) ^B ;C(1)9,3) ^M
			Média	{(FD ap.na cam.superficial (a);B(2)9,3;B(3)9,3) ^B ;C(1)9,3) ^M
Alta			{(FD ap.na cam.superficial ;B(2)9,3;B(3)9,3;D(1)) ^B ;C(1)9,3) ^M	
Muito Alta			{(FD ap.na cam.superficial ;B(2)9,3;B(3)9,3;D(1)) ^B ;C(1)9,3) ^M	
Muito Alta		Baixíssima	FD ap.na cam.superficial (a)	
		Muito Baixa	{(FD ap.na cam.superficial (a);B(2)9,3;B(3)9,3) ^B ;C(1)9,3) ^M	
		Baixa	{(FD ap.na cam.superficial (a);B(2)9,3;B(3)9,3) ^B ;C(1)9,3) ^M	
		Média	{(FD ap.na cam.superficial (a);B(2)9,3;B(3)9,3) ^B ;C(1)9,3) ^M	
		Alta	{(FD ap.na cam.superficial ;B(2)9,3;B(3)9,3;D(1)) ^B ;C(1)9,3) ^M	
		Muito Alta	{(FD ap.na cam.superficial ;B(2)9,3;B(3)9,3;D(1)) ^B ;C(1)9,3) ^M	

ESTRUTURA TIPO 1 OU TIPO2 E CARREGAMENTO ALTO

ESTRUTURA TIPO 1 E CARREGAMENTO EXCEPCIONAL

Informações disponíveis: SPT

Término da sondagem: INTERMEDIÁRIA (6 A 20 m)

Condição especial do subsolo: NÃO

cam.superf.	cam.subsup.	cam.interm.	PRESEÇA DE ÁGUA
resistência	resistência	resistência	NÃO
Baixíssima Muito Baixa Baixa Média	Baixíssima	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Baixa	{B(2)12ouB(2)10;[B(3)12ouB(3)10;E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
		Média	{B(2)12ouB(2)10;[B(3)12ouB(3)10;E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
		Alta	{B(2)12ouB(2)10;[B(3)12ouB(3)10;D(1);E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
		Muito Alta	{B(2)12ouB(2)10;[B(3)12ouB(3)10;D(1);E(2)ouE(3);E(4)] ^A E
	Muito Baixa	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Baixa	{B(2)12ouB(2)10;[B(3)12ouB(3)10;C(1)12ouC(1)10;E(1)11ouE(2)4;E(4);E(5)] ^A E
		Média	{A(4)11ouA(5)4;B(2)12ouB(2)10;[B(3)12ouB(3)10;C(1)12ouC(1)10;E(1)11ouE(2)4;E(4);E(5)] ^A E
		Alta	{A(4)11ouA(5)4;B(2)12ouB(2)10;[T(1) ap.na cam. intermed.;B(3)12ouB(3)10;C(1)12ouC(1)10;D(1);E(1)11ouE(2)4;E(4);E(5)] ^A E
		Muito Alta	{A(4)11ouA(5)4;B(2)12ouB(2)10;[T(1) ap.na cam. intermed.;B(3)12ouB(3)10;C(1)12ouC(1)10;D(1);E(1)11ouE(2)4;E(4)] ^A E
	Baixa	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Baixa	{B(2)12ouB(2)10;[B(3)12ouB(3)10;C(1)12ouC(1)10;E(1)11ouE(2)4;E(4);E(5)] ^A E
		Média	{A(4)11ouA(5)4;B(2)12ouB(2)10;[B(3)12ouB(3)10;C(1)12ouC(1)10;E(1)11ouE(2)4;E(4);E(5)] ^A E
		Alta	{A(4)11ouA(5)4;B(2)12ouB(2)10;[T(1) ap.na cam. intermed.;B(3)12ouB(3)10;C(1)12ouC(1)10;D(1);E(1)11ouE(2)4;E(4);E(5)] ^A E
		Muito Alta	{A(4)11ouA(5)4;B(2)12ouB(2)10;[T(1) ap.na cam. intermed.;B(3)12ouB(3)10;C(1)12ouC(1)10;D(1);E(1)11ouE(2)4;E(4)] ^A E
	Média	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Baixa	{B(2)12,3ouB(2)10,3;[B(3)12,3ouB(3)10,3;C(1)12,3ouC(1)10,3;E(1)11ouE(2)4;E(4);E(5)] ^A E
		Média	{A(4)11ouA(5)4;B(2)12,3ouB(2)10,3;[B(3)12,3ouB(3)10,3;C(1)12,3ouC(1)10,3;E(1)11ouE(2)4;E(4);E(5)] ^A E
		Alta	{A(4)11ouA(5)4;B(2)12,3ouB(2)10,3;[T(1) ap.na cam.intermed.;B(3)12,3ouB(3)10,3;C(1)12,3ouC(1)10,3;D(1);E(1)11ouE(2)4;E(4);E(5)] ^A E
		Muito Alta	{A(4)11ouA(5)4;B(2)12,3ouB(2)10,3;[T(1) ap.na cam.intermed.;B(3)12,3ouB(3)10,3;C(1)12,3ouC(1)10,3;D(1);E(1)11ouE(2)4;E(4)] ^A E
Alta	Baixíssima	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a)	
	Muito Baixa	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a)	
	Baixa	{B(2)12,3ouB(2)10,3;[FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a);B(3)12,3ouB(3)10,3;C(1)12,3ouC(1)10,3]} ^A E	
	Média	{B(2)12,3ouB(2)10,3;[FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a);B(3)12,3ouB(3)10,3;C(1)12,3ouC(1)10,3]} ^A E	
	Alta	{B(2)12,3ouB(2)10,3;[FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial ;B(3)12,3ouB(3)10,3;C(1)12,3ouC(1)10,3;D(1)]} ^A E	
	Muito Alta	{B(2)12,3ouB(2)10,3;[FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial ;B(3)12,3ouB(3)10,3;C(1)12,3ouC(1)10,3;D(1)]} ^A E	
Muito Alta	Baixíssima	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a)	
	Muito Baixa	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a)	
	Baixa	{B(2)12,3ouB(2)10,3;[FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a);B(3)12,3ouB(3)10,3;C(1)12,3ouC(1)10,3]} ^A E	
	Média	{B(2)12,3ouB(2)10,3;[FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a);B(3)12,3ouB(3)10,3;C(1)12,3ouC(1)10,3]} ^A E	
	Alta	{B(2)12,3ouB(2)10,3;[FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial ;B(3)12,3ouB(3)10,3;C(1)12,3ouC(1)10,3;D(1)]} ^A E	
	Muito Alta	{B(2)12,3ouB(2)10,3;[FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial ;B(3)12,3ouB(3)10,3;C(1)12,3ouC(1)10,3;D(1)]} ^A E	

ESTRUTURA TIPO 1 OU TIPO2 E CARREGAMENTO ALTO
ESTRUTURA TIPO 1 E CARREGAMENTO EXCEPCIONAL

cam.superf.	cam.subsup	cam.interm.	PRESEÇA DE ÁGUA
resistência	resistência	resistência	SUPERFICIAL
Baixíssima Muito Baixa Baixa Média	Baixíssima	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Baixa	{B(2)12ouB(2)10;[B(3)12ouB(3)10;E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
		Média	{B(2)12ouB(2)10;[B(3)12ouB(3)10;E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
		Alta	{B(2)12ouB(2)10;[B(3)12ouB(3)10;D(1);E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
		Muito Alta	{B(2)12ouB(2)10;[B(3)12ouB(3)10;D(1);E(2)ouE(3);E(4)] ^A E
	Muito Baixa	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Baixa	{B(2)12ouB(2)10;[B(3)12ouB(3)10;C(1)12ouC(1)10;E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
		Média	{A(5)ouA(6);B(2)12ouB(2)10;[B(3)12ouB(3)10;C(1)12ouC(1)10;E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
		Alta	{A(5)ouA(6);B(2)12ouB(2)10;[T(2)ouT(3) ap.na cam.intermed.;B(3)12ouB(3)10;C(1)12ouC(1)10;D(1);E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
		Muito Alta	{A(5)ouA(6);B(2)12ouB(2)10;[T(2)ouT(3) ap.na cam.intermed.;B(3)12ouB(3)10;C(1)12ouC(1)10;D(1);E(2)ouE(3);E(4)] ^A E
	Baixa	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Baixa	{B(2)12ouB(2)10;[B(3)12ouB(3)10;C(1)12ouC(1)10;E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
		Média	{A(5)ouA(6);B(2)12ouB(2)10;[B(3)12ouB(3)10;C(1)12ouC(1)10;E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
		Alta	{A(5)ouA(6);B(2)12ouB(2)10;[T(2)ouT(3) ap.na cam.intermed.;B(3)12ouB(3)10;C(1)12ouC(1)10;D(1);E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
		Muito Alta	{A(5)ouA(6);B(2)12ouB(2)10;[T(2)ouT(3) ap.na cam.intermed.;B(3)12ouB(3)10;C(1)12ouC(1)10;D(1);E(2)ouE(3);E(4)] ^A E
	Média	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Baixa	{B(2)12,3ouB(2)10,3;[B(3)12,3ouB(3)10,3;C(1)12,3ouC(1)10,3;E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
		Média	{A(5)ouA(6);B(2)12,3ouB(2)10,3;[B(3)12,3ouB(3)10,3;C(1)12,3ouC(1)10,3;E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
		Alta	{A(5)ouA(6);B(2)12,3ouB(2)10,3;[T(2)ouT(3) ap.na cam.intermed.;B(3)12,3ouB(3)10,3;C(1)12,3ouC(1)10,3;D(1);E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
		Muito Alta	{A(5)ouA(6);B(2)12,3ouB(2)10,3;[T(2)ouT(3) ap.na cam.intermed.;B(3)12,3ouB(3)10,3;C(1)12,3ouC(1)10,3;D(1);E(2)ouE(3);E(4)] ^A E
Alta	Baixíssima	FD ou T(2)ouT(3) ap.na cam.subsuperficial (a/b)	
	Muito Baixa	FD ou T(2)ouT(3) ap.na cam.subsuperficial (a/b)	
	Baixa	{B(2)12,3ouB(2)10,3;[FD ou T(2)ouT(3) ap.na cam.subsuperficial (a/b);B(3)12,3ouB(3)10,3;C(1)12,3ouC(1)10,3] ^A E	
	Média	{B(2)12,3ouB(2)10,3;[FD ou T(2)ouT(3) ap.na cam.subsuperficial (a/b);B(3)12,3ouB(3)10,3;C(1)12,3ouC(1)10,3] ^A E	
	Alta	{B(2)12,3ouB(2)10,3;[FD ou T(2)ouT(3) ap.na cam.subsuperficial (b);B(3)12,3ouB(3)10,3;C(1)12,3ouC(1)10,3;D(1)] ^A E	
	Muito Alta	{B(2)12,3ouB(2)10,3;[FD ou T(2)ouT(3) ap.na cam.subsuperficial (b);B(3)12,3ouB(3)10,3;C(1)12,3ouC(1)10,3;D(1)] ^A E	
Muito Alta	Baixíssima	FD ou T(2)ouT(3) ap.na cam.subsuperficial (a/b)	
	Muito Baixa	FD ou T(2)ouT(3) ap.na cam.subsuperficial (a/b)	
	Baixa	{B(2)12,3ouB(2)10,3;[FD ou T(2)ouT(3) ap.na cam.subsuperficial (a/b);B(3)12,3ouB(3)10,3;C(1)12,3ouC(1)10,3] ^A E	
	Média	{B(2)12,3ouB(2)10,3;[FD ou T(2)ouT(3) ap.na cam.subsuperficial (a/b);B(3)12,3ouB(3)10,3;C(1)12,3ouC(1)10,3] ^A E	
	Alta	{B(2)12,3ouB(2)10,3;[FD ou T(2)ouT(3) ap.na cam.subsuperficial (b);B(3)12,3ouB(3)10,3;C(1)12,3ouC(1)10,3;D(1)] ^A E	
	Muito Alta	{B(2)12,3ouB(2)10,3;[FD ou T(2)ouT(3) ap.na cam.subsuperficial (b);B(3)12,3ouB(3)10,3;C(1)12,3ouC(1)10,3;D(1)] ^A E	

ESTRUTURA TIPO 1 OU TIPO2 E CARREGAMENTO ALTO
ESTRUTURA TIPO 1 E CARREGAMENTO EXCEPCIONAL

cam.superf.	cam.subsup	cam.interm.	PRESEÇA DE ÁGUA	
resistência	resistência	resistência	SUBSUPERFICIAL	
Baixíssima Muito Baixa Baixa Média	Baixíssima	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo	
		Muito Baixa	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo	
		Baixa	{B(2)12ouB(2)10;[B(3)12ouB(3)10;E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E	
		Média	{B(2)12ouB(2)10;[B(3)12ouB(3)10;E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E	
		Alta	{B(2)12ouB(2)10;[B(3)12ouB(3)10;D(1);E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E	
		Muito Alta	{B(2)12ouB(2)10;[B(3)12ouB(3)10;D(1);E(2)ouE(3);E(4)] ^A E	
		Muito Baixa	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
			Muito Baixa	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
			Baixa	{B(2)12ouB(2)10;[B(3)12ouB(3)10;C(1)12ouC(1)10;E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
			Média	{A(5)ouA(6);B(2)12ouB(2)10;[B(3)12ouB(3)10;C(1)12ouC(1)10;E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
	Alta		{A(5)ouA(6);B(2)12ouB(2)10;[T(2)ouT(3) ap.na cam.intermed.;B(3)12ouB(3)10;C(1)12ouC(1)10;D(1);E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E	
	Baixa	Muito Alta	{A(5)ouA(6);B(2)12ouB(2)10;[T(2)ouT(3) ap.na cam.intermed.;B(3)12ouB(3)10;C(1)12ouC(1)10;D(1);E(2)ouE(3);E(4)] ^A E	
		Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo	
		Muito Baixa	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo	
		Baixa	{B(2)12ouB(2)10;[B(3)12ouB(3)10;C(1)12ouC(1)10;E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E	
		Média	{A(5)ouA(6);B(2)12ouB(2)10;[B(3)12ouB(3)10;C(1)12ouC(1)10;E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E	
	Média	Alta	{A(5)ouA(6);B(2)12ouB(2)10;[T(2)ouT(3) ap.na cam.intermed.;B(3)12ouB(3)10;C(1)12ouC(1)10;D(1);E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E	
		Muito Alta	{A(5)ouA(6);B(2)12ouB(2)10;[T(2)ouT(3) ap.na cam.intermed.;B(3)12ouB(3)10;C(1)12ouC(1)10;D(1);E(2)ouE(3);E(4)] ^A E	
		Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo	
		Muito Baixa	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo	
		Baixa	{B(2)12,3ouB(2)10,3;[B(3)12,3ouB(3)10,3;C(1)12,3ouC(1)10,3;E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E	
	Alta	Muito Baixa	Média	{A(5)ouA(6);B(2)12,3ouB(2)10,3;[B(3)12,3ouB(3)10,3;C(1)12,3ouC(1)10,3;E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
			Alta	{A(5)ouA(6);B(2)12,3ouB(2)10,3;[T(2)ouT(3) ap.na cam. Intermed.;B(3)12,3ouB(3)10,3;C(1)12,3ouC(1)10,3;D(1);E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
			Muito Alta	{A(5)ouA(6);B(2)12,3ouB(2)10,3;[T(2)ouT(3) ap.na cam. Intermed.;B(3)12,3ouB(3)10,3;C(1)12,3ouC(1)10,3;D(1);E(2)ouE(3);E(4)] ^A E
			Baixíssima	FD ou T(1)ouT(2)ouT(3) ap.na cam.subsuperficial (a/c)
			Muito Baixa	FD ou T(1)ouT(2)ouT(3) ap.na cam.subsuperficial (a/c)
		Muito Alta	Baixa	{B(2)12,3ouB(2)10,3;[FD ou T(1)ouT(2)ouT(3) ap.na cam.subsuperficial (a/c);B(3)12,3ouB(3)10,3;C(1)12,3ouC(1)10,3] ^A E
			Média	{B(2)12,3ouB(2)10,3;[FD ou T(1)ouT(2)ouT(3) ap.na cam.subsuperficial (a/c);B(3)12,3ouB(3)10,3;C(1)12,3ouC(1)10,3] ^A E
			Alta	{B(2)12,3ouB(2)10,3;[FD ou T(1)ouT(2)ouT(3) ap.na cam.subsuperficial (c);B(3)12,3ouB(3)10,3;C(1)12,3ouC(1)10,3;D(1)] ^A E
			Muito Alta	{B(2)12,3ouB(2)10,3;[FD ou T(1)ouT(2)ouT(3) ap.na cam.subsuperficial (c);B(3)12,3ouB(3)10,3;C(1)12,3ouC(1)10,3;D(1)] ^A E
Baixíssima			FD ou T(1)ouT(2)ouT(3) ap.na cam.subsuperficial (a/c)	
Muito Baixa	Muito Baixa	FD ou T(1)ouT(2)ouT(3) ap.na cam.subsuperficial (a/c)		
	Baixa	{B(2)12,3ouB(2)10,3;[FD ou T(1)ouT(2)ouT(3) ap.na cam.subsuperficial (a/c);B(3)12,3ouB(3)10,3;C(1)12,3ouC(1)10,3] ^A E		
	Média	{B(2)12,3ouB(2)10,3;[FD ou T(1)ouT(2)ouT(3) ap.na cam.subsuperficial (a/c);B(3)12,3ouB(3)10,3;C(1)12,3ouC(1)10,3] ^A E		
	Alta	{B(2)12,3ouB(2)10,3;[FD ou T(1)ouT(2)ouT(3) ap.na cam.subsuperficial (c);B(3)12,3ouB(3)10,3;C(1)12,3ouC(1)10,3;D(1)] ^A E		
	Muito Alta	{B(2)12,3ouB(2)10,3;[FD ou T(1)ouT(2)ouT(3) ap.na cam.subsuperficial (c);B(3)12,3ouB(3)10,3;C(1)12,3ouC(1)10,3;D(1)] ^A E		

ESTRUTURA TIPO 1 OU TIPO2 E CARREGAMENTO ALTO
ESTRUTURA TIPO 1 E CARREGAMENTO EXCEPCIONAL

cam.superf.	cam.subsup	cam.interm.	PRESENÇA DE ÁGUA
resistência	resistência	resistência	INTERMEDIÁRIA
Baixíssima Muito Baixa Baixa Média	Baixíssima	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Baixa	{B(2)12ouB(2)10;B(3)12ouB(3)10;E(2)ouE(3);E(4);E(5)} ^A E
		Média	{B(2)12ouB(2)10;B(3)12ouB(3)10;E(2)ouE(3);E(4);E(5)} ^A E
		Alta	{B(2)12ouB(2)10;B(3)12ouB(3)10;D(1);E(2)ouE(3);E(4);E(5)} ^A E
		Muito Alta	{B(2)12ouB(2)10;B(3)12ouB(3)10;D(1);E(2)ouE(3);E(4)} ^A E
	Muito Baixa	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Baixa	{B(2)12ouB(2)10;B(3)12ouB(3)10;C(1)12ouC(1)10;E(1)11,6ouE(2)4ouE(3)7;E(4)E(5)} ^A E
		Média	{A(4)11,6ouA(5)4ouA(6)7;B(2)12ouB(2)10;B(3)12ouB(3)10;C(1)12ouC(1)10;E(1)11,6ouE(2)4ouE(3)7;E(4)E(5)} ^A E
		Alta	{A(4)11,6ouA(5)4ouA(6)7;B(2)12ouB(2)10;[T(1)ouT(2)ouT(3) ap.na cam.interm.;B(3)12ouB(3)10;C(1)12ouC(1)10;D(1);E(1)11,6ouE(2)4ouE(3)7;E(4)E(5)} ^A E
		Muito Alta	{A(4)11,6ouA(5)4ouA(6)7;B(2)12ouB(2)10;[T(1)ouT(2)ouT(3) ap.na cam.interm.;B(3)12ouB(3)10;C(1)12ouC(1)10;D(1);E(1)11,6ouE(2)4ouE(3)7;E(4)} ^A E
	Baixa	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Baixa	{B(2)12ouB(2)10;B(3)12ouB(3)10;C(1)12ouC(1)10;E(1)11,6ouE(2)4ouE(3)7;E(4);E(5)} ^A E
		Média	{A(4)11,6ouA(5)4ouA(6)7;B(2)12ouB(2)10;B(3)12ouB(3)10;C(1)12ouC(1)10;E(1)11,6ouE(2)4ouE(3)7;E(4);E(5)} ^A E
		Alta	{A(4)11,6ouA(5)4ouA(6)7;B(2)12ouB(2)10;[T(1)ouT(2)ouT(3) ap.na cam.interm.;B(3)12ouB(3)10;C(1)12ouC(1)10;D(1);E(1)11,6ouE(2)4ouE(3)7;E(4);E(5)} ^A E
		Muito Alta	{A(4)11,6ouA(5)4ouA(6)7;B(2)12ouB(2)10;[T(1)ouT(2)ouT(3) ap.na cam.interm.;B(3)12ouB(3)10;C(1)12ouC(1)10;D(1);E(1)11,6ouE(2)4ouE(3)7;E(4)} ^A E
	Média	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Baixa	{B(2)12,3ouB(2)10,3;B(3)12,3ouB(3)10,3;C(1)12,3ouC(1)10,3;E(1)11,6ouE(2)4ouE(3)7;E(4);E(5)} ^A E
		Média	{A(4)11,6ouA(5)4ouA(6)7;B(2)12,3ouB(2)10,3;B(3)12,3ouB(3)10,3;C(1)12,3ouC(1)10,3;E(1)11,6ouE(2)4ouE(3)7;E(4);E(5)} ^A E
		Alta	{A(4)11,6ouA(5)4ouA(6)7;B(2)12,3ouB(2)10,3;[T(1)ouT(2)ouT(3) ap.na cam.interm.;B(3)12,3ouB(3)10,3;C(1)12,3ouC(1)10,3;D(1);E(1)11,6ouE(2)4ouE(3)7;E(4);E(5)} ^A E
		Muito Alta	{A(4)11,6ouA(5)4ouA(6)7;B(2)12,3ouB(2)10,3;[T(1)ouT(2)ouT(3) ap.na cam.interm.;B(3)12,3ouB(3)10,3;C(1)12,3ouC(1)10,3;D(1);E(1)11,6ouE(2)4ouE(3)7;E(4)} ^A E
	Alta	Baixíssima	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a)
		Muito Baixa	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a)
		Baixa	{B(2)12,3ouB(2)10,3;FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a);B(3)12,3ouB(3)10,3;C(1)12,3ouC(1)10,3} ^A E
		Média	{B(2)12,3ouB(2)10,3;FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a);B(3)12,3ouB(3)10,3;C(1)12,3ouC(1)10,3} ^A E
Alta		{B(2)12,3ouB(2)10,3;FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial ;B(3)12,3ouB(3)10,3;C(1)12,3ouC(1)10,3;D(1)} ^A E	
Muito Alta		{B(2)12,3ouB(2)10,3;FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial ;B(3)12,3ouB(3)10,3;C(1)12,3ouC(1)10,3;D(1)} ^A E	
Muito Alta	Baixíssima	FD ou T(1) ap.no topo da cam.subsuperficial (a)	
	Muito Baixa	{FD ou T(1) ap.no topo da cam.subsuperficial (a);C(1)12,3ouC(1)10,3;D(1)} ^A E	
	Baixa	{B(2)12,3ouB(2)10,3;FD ou T(1) ap.no topo da cam.subsuperficial (a);C(1)12,3ouC(1)10,3;D(1)} ^A E	
	Média	{B(2)12,3ouB(2)10,3;FD ou T(1) ap.no topo da cam.subsuperficial (a);B(3)12,3ouB(3)10,3;C(1)12,3ouC(1)10,3;D(1)} ^A E	
	Alta	{B(2)12,3ouB(2)10,3;FD ou T(1) ap.no topo da cam.subsuperficial ;C(1)12,3ouC(1)10,3;D(1)} ^A E	
	Muito Alta	{B(2)12,3ouB(2)10,3;FD ou T(1) ap.no topo da cam.subsuperficial ;C(1)12,3ouC(1)10,3;D(1)} ^A E	

ESTRUTURA TIPO 1 OU ESTRUTURA TIPO 2 E CARREGAMENTO ALTO

ESTRUTURA TIPO 1 E CARREGAMENTO EXCEPCIONAL

Informações disponíveis: SPT

Término da sondagem: INTERMEDIÁRIA (6 A 20 m)

Condição especial do subsolo: NÃO

cam.superf.	cam.subsup	cam.interm.	PRESENÇA DE ÁGUA
resistência	resistência	resistência	NÃO
Alta Muito Alta	Baixíssima	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Baixa	{B(2)9;[B(3)9;E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
		Média	{B(2)9;[B(3)9;E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
		Alta	{B(2)9;[B(3)9;D(1);E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
		Muito Alta	{B(2)9;[B(3)9;D(1);E(2)ouE(3);E(4)] ^A E
	Muito Baixa	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Baixa	{B(2)9;[B(3)9;C(1)9;E(1);E(4);E(5)] ^A E
		Média	{A(4);B(2)9;[B(3)9;C(1)9;E(1);E(4);E(5)] ^A E
		Alta	{A(4);B(2)9;[T(1) ap. na cam.intermed.;B(3)9;C(1)9;D(1);E(1);E(4);E(5)] ^A E
		Muito Alta	{A(4);B(2)9;[T(1) ap. na cam.intermed.;B(3)9;C(1)9;D(1);E(1);E(4)] ^A E
	Baixa	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Baixa	{B(2)9;[B(3)9;C(1)9;E(1);E(4);E(5)] ^A E
		Média	{A(4);B(2)9;[B(3)9;C(1)9;E(1);E(4);E(5)] ^A E
		Alta	{A(4);B(2)9;[T(1) ap. na cam.intermed.;B(3)9;C(1)9;D(1);E(1);E(4);E(5)] ^A E
		Muito Alta	{A(4);B(2)9;[T(1) ap. na cam.intermed.;B(3)9;C(1)9;D(1);E(1);E(4)] ^A E
	Média	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Baixa	{B(2)9,3;[B(3)9,3;C(1)9,3;E(1);E(4);E(5)] ^A E
		Média	{A(4);B(2)9,3;[B(3)9,3;C(1)9,3;E(1);E(4);E(5)] ^A E
		Alta	{A(4);B(2)9,3;[T(1) ap. na cam.intermed.;B(3)9,3;C(1)9,3;D(1);E(1);E(4);E(5)] ^A E
		Muito Alta	{A(4);B(2)9,3;[T(1) ap. na cam.intermed.;B(3)9,3;C(1)9,3;D(1);E(1);E(4)] ^A E
Alta	Baixíssima	FD ap.na cam.superficial (a)	
	Muito Baixa	FD ap.na cam.superficial (a)	
	Baixa	{B(2)9,3;[FD ap.na cam.superficial (a);B(3)9,3;C(1)9,3] ^A E	
	Média	{B(2)9,3;[FD ap.na cam.superficial (a);B(3)9,3;C(1)9,3] ^A E	
	Alta	{B(2)9,3;[FD ap.na cam.superficial;B(3)9,3;C(1)9,3;D(1)] ^A E	
	Muito Alta	{B(2)9,3;[FD ap.na cam.superficial;B(3)9,3;C(1)9,3;D(1)] ^A E	
Muito Alta	Baixíssima	FD ap.na cam.superficial (a)	
	Muito Baixa	FD ap.na cam.superficial (a)	
	Baixa	{B(2)9,3;[FD ap.na cam.superficial (a);B(3)9,3;C(1)9,3] ^A E	
	Média	{B(2)9,3;[FD ap.na cam.superficial (a);B(3)9,3;C(1)9,3] ^A E	
	Alta	{B(2)9,3;[FD ap.na cam.superficial;B(3)9,3;C(1)9,3;D(1)] ^A E	
	Muito Alta	{B(2)9,3;[FD ap.na cam.superficial;B(3)9,3;C(1)9,3;D(1)] ^A E	

ESTRUTURA TIPO 1 OU ESTRUTURA TIPO 2 E CARREGAMENTO ALTO
ESTRUTURA TIPO 1 E CARREGAMENTO EXCEPCIONAL

cam.superf.	cam.subsup	cam.interm.	PRESEÇA DE ÁGUA
resistência	resistência	resistência	SUPERFICIAL
Alta Muito Alta	Baixíssima	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Baixa	{B(2)9;[B(3)9;E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
		Média	{B(2)9;[B(3)9;E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
		Alta	{B(2)9;[B(3)9;D(1);E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
		Muito Alta	{B(2)9;[B(3)9;D(1);E(2)ouE(3);E(4)] ^A E
	Muito Baixa	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Baixa	{B(2)9;[B(3)9;C(1)9;E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
		Média	{A(5)ouA(6);B(2)9;[B(3)9;C(1)9;E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
		Alta	{A(5)ouA(6);B(2)9;[T(2)ouT(3) ap.na cam.intermed.;B(3)9;C(1)9;D(1);E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
		Muito Alta	{A(5)ouA(6);B(2)9;[T(2)ouT(3) ap.na cam.intermed.;B(3)9;C(1)9;D(1);E(2)ouE(3);E(4)] ^A E
	Baixa	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Baixa	{B(2)9;[B(3)9;C(1)9;E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
		Média	{A(5)ouA(6);B(2)9;[B(3)9;C(1)9;E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
		Alta	{A(5)ouA(6);B(2)9;[T(2)ouT(3) ap.na cam.intermed.;B(3)9;C(1)9;D(1);E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
		Muito Alta	{A(5)ouA(6);B(2)9;[T(2)ouT(3) ap.na cam.intermed.;B(3)9;C(1)9;D(1);E(2)ouE(3);E(4)] ^A E
	Média	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Baixa	{B(2)9,3;[B(3)9,3;C(1)9,3;E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
		Média	{A(5)ouA(6);B(2)9,3;[B(3)9,3;C(1)9,3;E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
		Alta	{A(5)ouA(6);B(2)9,3;[T(2)ouT(3) ap.na cam.intermed.;B(3)9,3;C(1)9,3;D(1);E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
		Muito Alta	{A(5)ouA(6);B(2)9,3;[T(2)ouT(3) ap.na cam.intermed.;B(3)9,3;C(1)9,3;D(1);E(2)ouE(3);E(4)] ^A E
	Alta	Baixíssima	FD ap.na cam.superficial (a/c)
		Muito Baixa	FD ap.na cam.superficial (a/c)
		Baixa	{B(2)9,3;[FD ap.na cam.superficial (a/c);B(3)9,3;C(1)9,3] ^A E
		Média	{B(2)9,3;[FD ap.na cam.superficial (a/c);B(3)9,3;C(1)9,3] ^A E
		Alta	{B(2)9,3;[FD ap.na cam.superficial (c);B(3)9,3;C(1)9,3;D(1)] ^A E
		Muito Alta	{B(2)9,3;[FD ap.na cam.superficial (c);B(3)9,3;C(1)9,3;D(1)] ^A E
Muito Alta	Baixíssima	FD ap.na cam.superficial (a/c)	
	Muito Baixa	FD ap.na cam.superficial (a/c)	
	Baixa	{B(2)9,3;[FD ap.na cam.superficial (a/c);B(3)9,3;C(1)9,3] ^A E	
	Média	{B(2)9,3;[FD ap.na cam.superficial (a/c);B(3)9,3;C(1)9,3] ^A E	
	Alta	{B(2)9,3;[FD ap.na cam.superficial (c);B(3)9,3;C(1)9,3;D(1)] ^A E	
	Muito Alta	{B(2)9,3;[FD ap.na cam.superficial (c);B(3)9,3;C(1)9,3;D(1)] ^A E	

ESTRUTURA TIPO 1 OU ESTRUTURA TIPO 2 E CARREGAMENTO ALTO
ESTRUTURA TIPO 1 E CARREGAMENTO EXCEPCIONAL

cam.superf. resistência	cam.subsup resistência	cam.interm. resistência	PRESENÇA DE ÁGUA SUBSUPERFICIAL
Alta Muito Alta	Baixíssima	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Baixa	{B(2)9;[B(3)9;E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
		Média	{B(2)9;[B(3)9;E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
		Alta	{B(2)9;[B(3)9;D(1);E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
		Muito Alta	{B(2)9;[B(3)9;D(1);E(2)ouE(3);E(4)] ^A E
	Muito Baixa	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Baixa	{B(2)9;[B(3)9;C(1)9;E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
		Média	{A(5)ouA(6);B(2)9;[B(3)9;C(1)9;E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
		Alta	{A(5)ouA(6);B(2)9;[T(2)ouT(3) ap.na cam.intermed.;B(3)9;C(1)9;D(1);E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
		Muito Alta	{A(5)ouA(6);B(2)9;[T(2)ouT(3) ap.na cam.intermed.;B(3)9;C(1)9;D(1);E(2)ouE(3);E(4)] ^A E
	Baixa	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Baixa	{B(2)9;[B(3)9;C(1)9;E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
		Média	{A(5)ouA(6);B(2)9;[B(3)9;C(1)9;E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
		Alta	{A(5)ouA(6);B(2)9;[T(2)ouT(3) ap.na cam.intermed.;B(3)9;C(1)9;D(1);E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
		Muito Alta	{A(5)ouA(6);B(2)9;[T(2)ouT(3) ap.na cam.intermed.;B(3)9;C(1)9;D(1);E(2)ouE(3);E(4)] ^A E
	Média	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Baixa	{B(2)9,3;[B(3)9,3;C(1)9,3;E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
		Média	{A(5)ouA(6);B(2)9,3;[B(3)9,3;C(1)9,3;E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
		Alta	{A(5)ouA(6);B(2)9,3;[T(2)ouT(3) ap. na cam.intermed.;B(3)9,3;C(1)9,3;D(1);E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
		Muito Alta	{A(5)ouA(6);B(2)9,3;[T(2)ouT(3) ap. na cam.intermed.;B(3)9,3;C(1)9,3;D(1);E(2)ouE(3);E(4)] ^A E
Alta	Baixíssima	FD ap.na cam.superficial (a)	
	Muito Baixa	FD ap.na cam.superficial (a)	
	Baixa	{B(2)9,3;[FD ap.na cam.superficial (a);B(3)9,3;C(1)9,3] ^A E	
	Média	{B(2)9,3;[FD ap.na cam.superficial (a);B(3)9,3;C(1)9,3] ^A E	
	Alta	{B(2)9,3;[FD ap.na cam.superficial ;B(3)9,3;C(1)9,3;D(1)] ^A E	
	Muito Alta	{B(2)9,3;[FD ap.na cam.superficial ;B(3)9,3;C(1)9,3;D(1)] ^A E	
Muito Alta	Baixíssima	FD ap.na cam.superficial (a)	
	Muito Baixa	FD ap.na cam.superficial (a)	
	Baixa	{B(2)9,3;[FD ap.na cam.superficial (a);B(3)9,3;C(1)9,3] ^A E	
	Média	{B(2)9,3;[FD ap.na cam.superficial (a);B(3)9,3;C(1)9,3] ^A E	
	Alta	{B(2)9,3;[FD ap.na cam.superficial ;B(3)9,3;C(1)9,3;D(1)] ^A E	
	Muito Alta	{B(2)9,3;[FD ap.na cam.superficial ;B(3)9,3;C(1)9,3;D(1)] ^A E	

**ESTRUTURA TIPO 1 OU ESTRUTURA TIPO 2 E CARREGAMENTO ALTO
ESTRUTURA TIPO 1 E CARREGAMENTO EXCEPCIONAL**

cam.superf.	cam.subsup.	cam.interm.	PRESEÇA DE ÁGUA
resistência	resistência	resistência	INTERMEDIÁRIA
Alta Muito Alta	Baixíssima	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Baixa	{B(2)9;[B(3)9;E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
		Média	{B(2)9;[B(3)9;E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
		Alta	{B(2)9;[B(3)9;D(1);E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
		Muito Alta	{B(2)9;[B(3)9;D(1);E(2)ouE(3);E(4)] ^A E
	Muito Baixa	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Baixa	{B(2)9;[B(3)9;C(1)9;E(1)6ouE(2)7ouE(3)7;E(4);E(5)] ^A E
		Média	{A(4)6ouA(5)7ouA(6)7;B(2)9;[B(3)9;C(1)9;E(1)6ouE(2)7ouE(3)7;E(4);E(5)] ^A E
		Alta	{A(4)6ouA(5)7ouA(6)7;B(2)9;[T(1)ouT(2)ouT(3) ap.na cam.intermed.;B(3)9;C(1)9;D(1);E(1)6ouE(2)7ouE(3)7;E(4);E(5)] ^A E
		Muito Alta	{A(4)6ouA(5)7ouA(6)7;B(2)9;[T(1)ouT(2)ouT(3) ap.na cam.intermed.;B(3)9;C(1)9;D(1);E(1)6ouE(2)7ouE(3)7;E(4)] ^A E
	Baixa	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Baixa	{B(2)9;[B(3)9;C(1)9;E(1)6ouE(2)7ouE(3)7;E(4);E(5)] ^A E
		Média	{A(4)6ouA(5)7ouA(6)7;B(2)9;[B(3)9;C(1)9;E(1)6ouE(2)7ouE(3)7;E(4);E(5)] ^A E
		Alta	{A(4)6ouA(5)7ouA(6)7;B(2)9;[T(1)ouT(2)ouT(3) ap.na cam.intermed.;B(3)9;C(1)9;D(1);E(1)6ouE(2)7ouE(3)7;E(4);E(5)] ^A E
		Muito Alta	{A(4)6ouA(5)7ouA(6)7;B(2)9;[T(1)ouT(2)ouT(3) ap.na cam.intermed.;B(3)9;C(1)9;D(1);E(1)6ouE(2)7ouE(3)7;E(4)] ^A E
	Média	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Baixa	{B(2)9,3;[B(3)9,3;C(1)9,3;E(1)6ouE(2)7ouE(3)7;E(4);E(5)] ^A E
		Média	{A(4)6ouA(5)7ouA(6)7;B(2)9,3;[B(3)9,3;C(1)9,3;E(1)6ouE(2)7ouE(3)7;E(4);E(5)] ^A E
		Alta	{A(4)6ouA(5)7ouA(6)7;B(2)9,3;[T(1)ouT(2)ouT(3) ap.na cam.intermed.;B(3)9,3;C(1)9,3;D(1);E(1)6ouE(2)7ouE(3)7;E(4);E(5)] ^A E
		Muito Alta	{A(4)6ouA(5)7ouA(6)7;B(2)9,3;[T(1)ouT(2)ouT(3) ap.na cam.intermed.;B(3)9,3;C(1)9,3;D(1);E(1)6ouE(2)7ouE(3)7;E(4)] ^A E
Alta	Baixíssima	FD ap.na cam.superficial (a)	
	Muito Baixa	FD ap.na cam.superficial (a)	
	Baixa	{B(2)9,3;[FD ap.na cam.superficial (a);B(3)9,3;C(1)9,3] ^A E	
	Média	{B(2)9,3;[FD ap.na cam.superficial (a);B(3)9,3;C(1)9,3] ^A E	
	Alta	{B(2)9,3;[FD ap.na cam.superficial;B(3)9,3;C(1)9,3;D(1)] ^A E	
	Muito Alta	{B(2)9,3;[FD ap.na cam.superficial;B(3)9,3;C(1)9,3;D(1)] ^A E	
Muito Alta	Baixíssima	FD ap.na cam.superficial (a)	
	Muito Baixa	FD ap.na cam.superficial (a)	
	Baixa	{B(2)9,3;[FD ap.na cam.superficial (a);B(3)9,3;C(1)9,3] ^A E	
	Média	{B(2)9,3;[FD ap.na cam.superficial (a);B(3)9,3;C(1)9,3] ^A E	
	Alta	{B(2)9,3;[FD ap.na cam.superficial;B(3)9,3;C(1)9,3;D(1)] ^A E	
	Muito Alta	{B(2)9,3;[FD ap.na cam.superficial;B(3)9,3;C(1)9,3;D(1)] ^A E	

ESTRUTURA TIPO 3 OU TIPO 4 E CARREGAMENTO ALTO

ESTRUTURA TIPO 3 OU TIPO 2 OU TIPO 4 E CARREGAMENTO EXCEPCIONAL

Informações disponíveis: SPT

Término da sondagem: INTERMEDIÁRIA (6 A 20 m)

Condição especial do subsolo: NÃO

cam.superf.	cam.subsup	cam.interm.	PRESENÇA DE ÁGUA	
resistência	resistência	resistência	NÃO	
Baixíssima Muito Baixa Baixa Média Alta	Baixíssima	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo	
		Muito Baixa	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo	
		Baixa	{B(2)12ouB(2)13;[B(3)12ouB(3)13;E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E	
		Média	{B(2)12ouB(2)13;[B(3)12ouB(3)13;E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E	
		Alta	{B(2)12ouB(2)13;[B(3)12ouB(3)13;D(1);E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E	
		Muito Alta	{B(2)12ouB(2)13;[B(3)12ouB(3)13;D(1);E(2)ouE(3);E(4)] ^A E	
		Muito Baixa	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
			Muito Baixa	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
			Baixa	{B(2)12ouB(2)13;[B(3)12ouB(3)13;C(1)12ouC(1)13;E(1)14ouE(2)4;E(4);E(5)] ^A E
			Média	{A(4)14ouA(5)4;B(2)12ouB(2)13;[B(3)12ouB(3)13;C(1)12ouC(1)13;E(1)14ouE(2)4;E(4);E(5)] ^A E
			Alta	{A(4)14ouA(5)4;B(2)12ouB(2)13;[B(3)12ouB(3)13;C(1)12ouC(1)13;D(1);E(1)14ouE(2)4;E(4);E(5)] ^A E
			Muito Alta	{A(4)14ouA(5)4;B(2)12ouB(2)13;T(1) ap.na cam.intermed.;B(3)12ouB(3)13;C(1)12ouC(1)13;D(1);E(1)14ouE(2)4;E(4)] ^A E
	Baixa	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo	
		Muito Baixa	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo	
		Baixa	{B(2)12ouB(2)13;[B(3)12ouB(3)13;C(1)12ouC(1)13;E(1)14ouE(2)4;E(4);E(5)] ^A E	
		Média	{A(4)14ouA(5)4;B(2)12ouB(2)13;[B(3)12ouB(3)13;C(1)12ouC(1)13;E(1)14ouE(2)4;E(4);E(5)] ^A E	
		Alta	{A(4)14ouA(5)4;B(2)12ouB(2)13;[B(3)12ouB(3)13;C(1)12ouC(1)13;D(1);E(1)14ouE(2)4;E(4);E(5)] ^A E	
		Muito Alta	{A(4)14ouA(5)4;B(2)12ouB(2)13;T(1) ap.na cam.intermed.;B(3)12ouB(3)13;C(1)12ouC(1)13;D(1);E(1)14ouE(2)4;E(4)] ^A E	
	Média	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo	
		Muito Baixa	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo	
		Baixa	{B(2)12,3ouB(2)13,3;[B(3)12,3ouB(3)13,3;C(1)12,3ouC(1)13,3;E(1)14ouE(2)4;E(4);E(5)] ^A E	
		Média	{A(4)14ouA(5)4;B(2)12,3ouB(2)13,3;[B(3)12,3ouB(3)13,3;C(1)12,3ouC(1)13,3;E(1)14ouE(2)4;E(4);E(5)] ^A E	
		Alta	{A(4)14ouA(5)4;B(2)12,3ouB(2)13,3;[B(3)12,3ouB(3)13,3;C(1)12,3ouC(1)13,3;D(1);E(1)14ouE(2)4;E(4);E(5)] ^A E	
		Muito Alta	{A(4)14ouA(5)4;B(2)12,3ouB(2)13,3;T(1) ap.na cam.intermed.;B(3)12,3ouB(3)13,3;C(1)12,3ouC(1)13,3;D(1);E(1)14ouE(2)4;E(4)] ^A E	
Alta	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo		
	Muito Baixa	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo		
	Baixa	{B(2)12,3ouB(2)13,3;[B(3)12,3ouB(3)13,3;C(1)12,3ouC(1)13,3] ^A E		
	Média	{B(2)12,3ouB(2)13,3;[B(3)12,3ouB(3)13,3;C(1)12,3ouC(1)13,3] ^A E		
	Alta	{B(2)12,3ouB(2)13,3;[B(3)12,3ouB(3)13,3;C(1)12,3ouC(1)13,3;D(1)] ^A E		
	Muito Alta	{B(2)12,3ouB(2)13,3;T(1) ap. na cam. interm.;B(3)12,3ouB(3)13,3;C(1)12,3ouC(1)13,3;D(1)] ^A E		
Muito Alta	Baixíssima	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a)		
	Muito Baixa	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a)		
	Baixa	{B(2)12,3ouB(2)13,3;FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a);B(3)12,3ouB(3)13,3;C(1)12,3ouC(1)13,3] ^A E		
	Média	{B(2)12,3ouB(2)13,3;FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a);B(3)12,3ouB(3)13,3;C(1)12,3ouC(1)13,3] ^A E		
	Alta	{B(2)12,3ouB(2)13,3;FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a);B(3)12,3ouB(3)13,3;C(1)12,3ouC(1)13,3;D(1)] ^A E		
	Muito Alta	{B(2)12,3ouB(2)13,3;FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial ;B(3)12,3ouB(3)13,3;C(1)12,3ouC(1)13,3;D(1)] ^A E		

ESTRUTURA TIPO 3 OU TIPO 4 E CARREGAMENTO ALTO
ESTRUTURA TIPO 3 OU TIPO 2 OU TIPO 4 E CARREGAMENTO EXCEPCIONAL

cam.superf.	cam.subsup	cam.interm.	PRESENÇA DE ÁGUA	
resistência	resistência	resistência	SUPERFICIAL	
Baixíssima Muito Baixa Baixa Média Alta	Baixíssima	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo	
		Muito Baixa	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo	
		Baixa	{B(2)12ouB(2)13;[B(3)12ouB(3)13;E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E	
		Média	{B(2)12ouB(2)13;[B(3)12ouB(3)13;E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E	
		Alta	{B(2)12ouB(2)13;[B(3)12ouB(3)13;D(1);E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E	
		Muito Alta	{B(2)12ouB(2)13;[B(3)12ouB(3)13;D(1);E(2)ouE(3);E(4)] ^A E	
		Muito Baixa	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
			Muito Baixa	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
			Baixa	{B(2)12ouB(2)13;[B(3)12ouB(3)13;C(1)12ouC(1)13;E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
			Média	{A(5)ouA(6);B(2)12ouB(2)13;[B(3)12ouB(3)13;C(1)12ouC(1)13;E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
			Alta	{A(5)ouA(6);B(2)12ouB(2)13;[B(3)12ouB(3)13;C(1)12ouC(1)13;D(1);E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
		Muito Alta	{A(5)ouA(6);B(2)12ouB(2)13;[T(2)ouT(3) ap.na cam.intermed.;B(3)12ouB(3)13;C(1)12ouC(1)13;D(1);E(2)ouE(3);E(4)] ^A E	
	Baixa	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo	
		Muito Baixa	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo	
		Baixa	{B(2)12ouB(2)13;[B(3)12ouB(3)13;C(1)12ouC(1)13;E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E	
		Média	{A(5)ouA(6);B(2)12ouB(2)13;[B(3)12ouB(3)13;C(1)12ouC(1)13;E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E	
		Alta	{A(5)ouA(6);B(2)12ouB(2)13;[B(3)12ouB(3)13;C(1)12ouC(1)13;D(1);E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E	
		Muito Alta	{A(5)14ouA(6);B(2)12ouB(2)13;[T(2)ouT(3) ap.na cam.intermed.;B(3)12ouB(3)13;C(1)12ouC(1)13;D(1);E(2)ouE(3);E(4)] ^A E	
		Média	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
			Muito Baixa	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
			Baixa	{B(2)12,3ouB(2)13,3;[B(3)12,3ouB(3)13,3;C(1)12,3ouC(1)13,3;E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
			Média	{A(5)ouA(6);B(2)12,3ouB(2)13,3;[B(3)12,3ouB(3)13,3;C(1)12,3ouC(1)13,3;E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
			Alta	{A(5)ouA(6);B(2)12,3ouB(2)13,3;[B(3)12,3ouB(3)13,3;C(1)12,3ouC(1)13,3;D(1);E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
		Muito Alta	{A(5)ouA(6);B(2)12,3ouB(2)13,3;[T(2)ouT(3) ap.na cam.intermed.;B(3)12,3ouB(3)13,3;C(1)12,3ouC(1)13,3;D(1);E(2)ouE(3);E(4)] ^A E	
	Alta	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo	
		Muito Baixa	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo	
		Baixa	{B(2)12,3ouB(2)13,3;[B(3)12,3ouB(3)13,3;C(1)12,3ouC(1)13,3] ^A E	
		Média	{B(2)12,3ouB(2)13,3;[B(3)12,3ouB(3)13,3;C(1)12,3ouC(1)13,3] ^A E	
		Alta	{B(2)12,3ouB(2)13,3;[B(3)12,3ouB(3)13,3;C(1)12,3ouC(1)13,3;D(1)] ^A E	
		Muito Alta	{B(2)12,3ouB(2)13,3;[T(2)ouT(3) ap.na cam.intermed.;B(3)12,3ouB(3)13,3;C(1)12,3ouC(1)13,3;D(1)] ^A E	
		Muito Alta	Baixíssima	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a/b)
			Muito Baixa	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a/b)
			Baixa	{B(2)12,3ouB(2)13,3;[FD ou T(2)ouT(3) ap.na cam.subsuperficial (a/b);B(3)12,3ouB(3)13,3;C(1)12,3ouC(1)13,3] ^A E
			Média	{B(2)12,3ouB(2)13,3;[FD ou T(2)ouT(3) ap.na cam.subsuperficial (a/b);B(3)12,3ouB(3)13,3;C(1)12,3ouC(1)13,3] ^A E
			Alta	{B(2)12,3ouB(2)13,3;[FD ou T(2)ouT(3) ap.na cam.subsuperficial (a/b);B(3)12,3ouB(3)13,3;C(1)12,3ouC(1)13,3;D(1)] ^A E
			Muito Alta	{B(2)12,3ouB(2)13,3;[FD ou T(2)ouT(3) ap.na cam.subsuperficial (a/b);B(3)12,3ouB(3)13,3;C(1)12,3ouC(1)13,3;D(1)] ^A E

ESTRUTURA TIPO 3 OU TIPO 4 E CARREGAMENTO ALTO
ESTRUTURA TIPO 3 OU TIPO 2 OU TIPO 4 E CARREGAMENTO EXCEPCIONAL

cam.superf. resistência	cam.subsup resistência	cam.interm. resistência	PRESENÇA DE ÁGUA SUBSUPERFICIAL	
Baixíssima Muito Baixa Baixa Média Alta	Baixíssima	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo	
		Muito Baixa	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo	
		Baixa	{B(2)12ouB(2)13;[B(3)12ouB(3)13;E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E	
		Média	{B(2)12ouB(2)13;[B(3)12ouB(3)13;E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E	
		Alta	{B(2)12ouB(2)13;[B(3)12ouB(3)13;D(1);E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E	
		Muito Alta	{B(2)12ouB(2)13;[B(3)12ouB(3)13;D(1);E(2)ouE(3);E(4)] ^A E	
		Muito Baixa	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
			Muito Baixa	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
			Baixa	{B(2)12ouB(2)13;[B(3)12ouB(3)13;C(1)12ouC(1)13;E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
			Média	{A(5)ouA(6);B(2)12ouB(2)13;[B(3)12ouB(3)13;C(1)12ouC(1)13;E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
			Alta	{A(5)ouA(6);B(2)12ouB(2)13;[B(3)12ouB(3)13;C(1)12ouC(1)13;D(1);E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
			Muito Alta	{A(5)ouA(6);B(2)12ouB(2)13;[T(2)ouT(3) ap.na cam.intermed.;B(3)12ouB(3)13;C(1)12ouC(1)13;D(1);E(2)ouE(3);E(4)] ^A E
	Baixa	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo	
		Muito Baixa	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo	
		Baixa	{B(2)12ouB(2)13;[B(3)12ouB(3)13;C(1)12ouC(1)13;E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E	
		Média	{A(5)ouA(6);B(2)12ouB(2)13;[B(3)12ouB(3)13;C(1)12ouC(1)13;E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E	
		Alta	{A(5)ouA(6);B(2)12ouB(2)13;[B(3)12ouB(3)13;C(1)12ouC(1)13;D(1);E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E	
		Muito Alta	{A(5)14ouA(6);B(2)12ouB(2)13;[T(2)ouT(3) ap.na cam.intermed.;B(3)12ouB(3)13;C(1)12ouC(1)13;D(1);E(2)ouE(3);E(4)] ^A E	
	Média	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo	
		Muito Baixa	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo	
		Baixa	{B(2)12,3ouB(2)13,3;[B(3)12,3ouB(3)13,3;C(1)12,3ouC(1)13,3;E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E	
		Média	{A(5)ouA(6);B(2)12,3ouB(2)13,3;[B(3)12,3ouB(3)13,3;C(1)12,3ouC(1)13,3;E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E	
		Alta	{A(5)ouA(6);B(2)12,3ouB(2)13,3;[B(3)12,3ouB(3)13,3;C(1)12,3ouC(1)13,3;D(1);E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E	
		Muito Alta	{A(5)ouA(6);B(2)12,3ouB(2)13,3;[T(2)ouT(3) ap.na cam.intermed.;B(3)12,3ouB(3)13,3;C(1)12,3ouC(1)13,3;D(1);E(2)ouE(3);E(4)] ^A E	
Alta	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo		
	Muito Baixa	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo		
	Baixa	{B(2)12,3ouB(2)13,3;[B(3)12,3ouB(3)13,3;C(1)12,3ouC(1)13,3] ^A E		
	Média	{B(2)12,3ouB(2)13,3;[B(3)12,3ouB(3)13,3;C(1)12,3ouC(1)13,3] ^A E		
	Alta	{B(2)12,3ouB(2)13,3;[B(3)12,3ouB(3)13,3;C(1)12,3ouC(1)13,3;D(1)] ^A E		
	Muito Alta	{B(2)12,3ouB(2)13,3;[T(2)ouT(3) ap. na cam. interm.;B(3)12,3ouB(3)13,3;C(1)12,3ouC(1)13,3;D(1)] ^A E		
Muito Alta	Baixíssima	FD ou T(1)ouT(2)ouT(3) ap.na cam.subsuperficial (a/c)		
	Muito Baixa	FD ou T(1)ouT(2)ouT(3) ap.na cam.subsuperficial (a/c)		
	Baixa	{B(2)12,3ouB(2)13,3;[FD ou T(1)ouT(2)ouT(3) ap.na cam.subsuperficial (a/c);B(3)12,3ouB(3)13,3;C(1)12,3ouC(1)13,3] ^A E		
	Média	{B(2)12,3ouB(2)13,3;[FD ou T(1)ouT(2)ouT(3) ap.na cam.subsuperficial (a/c);B(3)12,3ouB(3)13,3;C(1)12,3ouC(1)13,3] ^A E		
	Alta	{B(2)12,3ouB(2)13,3;[FD ou T(1)ouT(2)ouT(3) ap.na cam.subsuperficial (a/c);B(3)12,3ouB(3)13,3;C(1)12,3ouC(1)13,3;D(1)] ^A E		
	Muito Alta	{B(2)12,3ouB(2)13,3;[FD ou T(1)ouT(2)ouT(3) ap.na cam.subsuperficial(c);B(3)12,3ouB(3)13,3;C(1)12,3ouC(1)13,3;D(1)] ^A E		

ESTRUTURA TIPO 3 OU TIPO 4 E CARREGAMENTO ALTO
ESTRUTURA TIPO 3 OU TIPO 2 OU TIPO 4 E CARREGAMENTO EXCEPCIONAL

cam.superf. resistência	cam.subsuperf. resistência	cam.interm. resistência	PRESEÇA DE ÁGUA INTERMEDIÁRIA	
Baixíssima Muito Baixa Baixa Média Alta	Baixíssima	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo	
		Muito Baixa	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo	
		Baixa	{B(2)12ouB(2)13;[B(3)12ouB(3)13;E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E	
		Média	{B(2)12ouB(2)13;[B(3)12ouB(3)13;E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E	
		Alta	{B(2)12ouB(2)13;[B(3)12ouB(3)13;D(1);E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E	
		Muito Alta	{B(2)12ouB(2)13;[B(3)12ouB(3)13;D(1);E(2)ouE(3);E(4)] ^A E	
		Muito Baixa	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
			Muito Baixa	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
			Baixa	{B(2)12ouB(2)13;[B(3)12ouB(3)13;C(1)12ouC(1)13;E(1)14,6ouE(2)4ouE(3)7;E(4);E(5)] ^A E
			Média	{A(4)14,6ouA(5)4ouA(6)7;B(2)12ouB(2)13;[B(3)12ouB(3)13;C(1)12ouC(1)13;E(1)14,6ouE(2)4ouE(3)7;E(4);E(5)] ^A E
	Alta		{A(4)14,6ouA(5)4ouA(6)7;B(2)12ouB(2)13;[B(3)12ouB(3)13;C(1)12ouC(1)13;D(1);E(1)14,6ouE(2)4ouE(3)7;E(4);E(5)] ^A E	
	Muito Alta	{A(4)14,6ouA(5)4ouA(6)7;B(2)12ouB(2)13;[T(1)ouT(2)ouT(3) ap.na cam.intermed.;B(3)12ouB(3)13;C(1)12ouC(1)13;D(1);E(1)14,6ouE(2)4ouE(3)7;E(4)] ^A E		
	Baixa	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo	
		Muito Baixa	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo	
		Baixa	{B(2)12ouB(2)13;[B(3)12ouB(3)13;C(1)12ouC(1)13;E(1)14,6ouE(2)4ouE(3)7;E(4);E(5)] ^A E	
		Média	{A(4)14,6ouA(5)4ouA(6)7;B(2)12ouB(2)13;[B(3)12ouB(3)13;C(1)12ouC(1)13;E(1)14,6ouE(2)4ouE(3)7;E(4);E(5)] ^A E	
		Alta	{A(4)14,6ouA(5)4ouA(6)7;B(2)12ouB(2)13;[B(3)12ouB(3)13;C(1)12ouC(1)13;D(1);E(1)14,6ouE(2)4ouE(3)7;E(4);E(5)] ^A E	
		Muito Alta	{A(4)14,6ouA(5)4ouA(6)7;B(2)12ouB(2)13;[T(1)ouT(2)ouT(3) ap.na cam.intermed.;B(3)12ouB(3)13;C(1)12ouC(1)13;D(1);E(1)14,6ouE(2)4ouE(3)7;E(4)] ^A E	
	Média	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo	
		Muito Baixa	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo	
		Baixa	{B(2)12,3ouB(2)13,3;[B(3)12,3ouB(3)13,3;C(1)12,3ouC(1)13,3;E(1)14,6ouE(2)4ouE(3)7;E(4);E(5)] ^A E	
		Média	{A(4)14,6ouA(5)4ouA(6)7;B(2)12,3ouB(2)13,3;[B(3)12,3ouB(3)13,3;C(1)12,3ouC(1)13,3;E(1)14,6ouE(2)4ouE(3)7;E(4);E(5)] ^A E	
		Alta	{A(4)14,6ouA(5)4ouA(6)7;B(2)12,3ouB(2)13,3;[B(3)12,3ouB(3)13,3;C(1)12,3ouC(1)13,3;D(1);E(1)14,6ouE(2)4ouE(3)7;E(4);E(5)] ^A E	
	Muito Alta	{A(4)14,6ouA(5)4ouA(6)7;B(2)12,3ouB(2)13,3;[T(1)ouT(2)ouT(3) ap.na cam.intermed.;B(3)12,3ouB(3)13,3;C(1)12,3ouC(1)13,3;D(1);E(1)14,6ouE(2)4ouE(3)7;E(4)] ^A E		
	Alta	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo	
		Muito Baixa	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo	
		Baixa	{B(2)12,3ouB(2)13,3;[B(3)12,3ouB(3)13,3;C(1)12,3ouC(1)13,3] ^A E	
		Média	{B(2)12,3ouB(2)13,3;[B(3)12,3ouB(3)13,3;C(1)12,3ouC(1)13,3] ^A E	
Alta		{B(2)12,3ouB(2)13,3;[B(3)12,3ouB(3)13,3;C(1)12,3ouC(1)13,3;D(1)] ^A E		
Muito Alta		{B(2)12,3ouB(2)13,3;[T(1)ouT(2)ouT(3) ap.na cam.interm.;B(3)12,3ouB(3)13,3;C(1)12,3ouC(1)13,3;D(1)] ^A E		
Muito Alta	Baixíssima	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a)		
	Muito Baixa	FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a)		
	Baixa	{B(2)12,3ouB(2)13,3;[FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a);B(3)12,3ouB(3)13,3;C(1)12,3ouC(1)13,3] ^A E		
	Média	{B(2)12,3ouB(2)13,3;[FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a);B(3)12,3ouB(3)13,3;C(1)12,3ouC(1)13,3] ^A E		
	Alta	{B(2)12,3ouB(2)13,3;[FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial (a);B(3)12,3ouB(3)13,3;C(1)12,3ouC(1)13,3;D(1)] ^A E		
Muito Alta	{B(2)12,3ouB(2)13,3;[FD ou T(1) ap.na cam.subsuperficial ;B(3)12,3ouB(3)13,3;C(1)12,3ouC(1)13,3;D(1)] ^A E			

ESTRUTURA TIPO 3 OU TIPO 4 E CARREGAMENTO ALTO

ESTRUTURA TIPO 3 OU TIPO 2 OU TIPO 4 E CARREGAMENTO EXCEPCIONAL

Informações disponíveis: SPT

Término da sondagem: INTERMEDIÁRIA (6 A 20 m)

Condição especial do subsolo: NÃO

cam.superf.	cam.subsup	cam.interm.	PRESEÇA DE ÁGUA
resistência	resistência	resistência	NÃO
Muito Alta	Baixíssima	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Baixa	{B(2)9;[B(3)9;E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
		Média	{B(2)9;[B(3)9;E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
		Alta	{B(2)9;[B(3)9;D(1);E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
		Muito Alta	{B(2)9;[B(3)9;D(1);E(2)ouE(3);E(4)] ^A E
	Muito Baixa	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Baixa	{B(2)9;[B(3)9;C(1)9;E(1);E(4);E(5)] ^A E
		Média	{A(4);B(2)9;[B(3)9;C(1)9;E(1);E(4);E(5)] ^A E
		Alta	{A(4);B(2)9;[B(3)9;C(1)9;D(1);E(1);E(4);E(5)] ^A E
		Muito Alta	{A(4);B(2)9;[T(1) ap.na cam.intermed.;B(3)9;C(1)9;D(1);E(1);E(4)] ^A E
	Baixa	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Baixa	{B(2)9;[B(3)9;C(1)9;E(1);E(4);E(5)] ^A E
		Média	{A(4);B(2)9;[B(3)9;C(1)9;E(1);E(4);E(5)] ^A E
		Alta	{A(4);B(2)9;[B(3)9;C(1)9;D(1);E(1);E(4);E(5)] ^A E
		Muito Alta	{A(4);B(2)9;[T(1) ap.na cam.intermed.;B(3)9;C(1)9;D(1);E(1);E(4)] ^A E
	Média	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Baixa	{B(2)9,3;[B(3)9,3;C(1)9,3;E(1);E(4);E(5)] ^A E
		Média	{A(4);B(2)9,3;[B(3)9,3;C(1)9,3;E(1);E(4);E(5)] ^A E
		Alta	{A(4);B(2)9,3;[B(3)9,3;C(1)9,3;D(1);E(1);E(4);E(5)] ^A E
		Muito Alta	{A(4);B(2)9,3;[T(1) ap. na cam.intermed.;B(3)9,3;C(1)9,3;D(1);E(1);E(4)] ^A E
Alta	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo	
	Muito Baixa	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo	
	Baixa	{B(2)9,3;[B(3)9,3;C(1)9,3] ^A E	
	Média	{B(2)9,3;[B(3)9,3;C(1)9,3] ^A E	
	Alta	{B(2)9,3;[B(3)9,3;C(1)9,3;D(1)] ^A E	
	Muito Alta	{B(2)9,3;[T(1) ap.no topo da cam.intermed.;C(1)9,3;D(1)] ^A E	
Muito Alta	Baixíssima	FD ap.na cam.superficial (a)	
	Muito Baixa	FD ap.na cam.superficial (a)	
	Baixa	{B(2)9,3;[FD ap.na cam.superficial (a);B(3)9,3;C(1)9,3] ^A E	
	Média	{B(2)9,3;[FD ap.na cam.superficial (a);B(3)9,3;C(1)9,3] ^A E	
	Alta	{B(2)9,3;[FD ap.na cam.superficial (a);B(3)9,3;C(1)9,3;D(1)] ^A E	
	Muito Alta	{B(2)9,3;[FD ap.na cam.superficial;B(3)9,3;C(1)9,3;D(1)] ^A E	

ESTRUTURA TIPO 3 OU TIPO 4 E CARREGAMENTO ALTO
ESTRUTURA TIPO 3 OU TIPO 2 OU TIPO 4 E CARREGAMENTO EXCEPCIONAL

cam.superf. resistência	cam.subsup resistência	cam.interm. resistência	PRESENÇA DE ÁGUA SUPERFICIAL
Muito Alta	Baixíssima	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Baixa	{B(2)9;[B(3)9;E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
		Média	{B(2)9;[B(3)9;E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
		Alta	{B(2)9;[B(3)9;D(1);E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
		Muito Alta	{B(2)9;[B(3)9;D(1);E(2)ouE(3);E(4)] ^A E
	Muito Baixa	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Baixa	{B(2)9;[B(3)9;C(1)9;E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
		Média	{A(5)ouA(6);B(2)9;[B(3)9;C(1)9;E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
		Alta	{A(5)ouA(6);B(2)9;[B(3)9;C(1)9;D(1);E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
		Muito Alta	{A(5)ouA(6);B(2)9;[T(2)ouT(3) ap.na cam.intermed.;B(3)9;C(1)9;D(1);E(2)ouE(3);E(4)] ^A E
	Baixa	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Baixa	{B(2)9;[B(3)9;C(1)9;E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
		Média	{A(5)ouA(6);B(2)9;[B(3)9;C(1)9;E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
		Alta	{A(5)ouA(6);B(2)9;[B(3)9;C(1)9;D(1);E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
		Muito Alta	{A(5)ouA(6);B(2)9;[T(2)ouT(3) ap.na cam.intermed.;B(3)9;C(1)9;D(1);E(2)ouE(3);E(4)] ^A E
	Média	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Baixa	{B(2)9,3;[B(3)9,3;C(1)9,3;E(2)ouE(3);E(5)] ^A E
		Média	{A(5)ouA(6);B(2)9,3;[B(3)9,3;C(1)9,3;E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
		Alta	{A(5)ouA(6);B(2)9,3;[B(3)9,3;C(1)9,3;D(1);E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
		Muito Alta	{A(5)ouA(6);B(2)9,3;[T(2)ouT(3) ap. na cam.intermed.;B(3)9,3;C(1)9,3;D(1);E(2)ouE(3);E(4)] ^A E
	Alta	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Baixa	{B(2)9,3;[B(3)9,3;C(1)9,3] ^A E
		Média	{B(2)9,3;[B(3)9,3;C(1)9,3] ^A E
		Alta	{B(2)9,3;[B(3)9,3;C(1)9,3;D(1)] ^A E
		Muito Alta	{B(2)9,3;[T(2)ouT(3) ap.no topo da cam.intermed.;C(1)9,3;D(1)] ^A E
Muito Alta	Baixíssima	FD ap.na cam.superficial (a/c)	
	Muito Baixa	FD ap.na cam.superficial (a/c)	
	Baixa	{B(2)9,3;[FD ap.na cam.superficial (a/c);B(3)9,3;C(1)9,3] ^A E	
	Média	{B(2)9,3;[FD ap.na cam.superficial (a/c);B(3)9,3;C(1)9,3] ^A E	
	Alta	{B(2)9,3;[FD ap.na cam.superficial (a/c);B(3)9,3;C(1)9,3;D(1)] ^A E	
	Muito Alta	{B(2)9,3;[FD ap.na cam.superficial (c);B(3)9,3;C(1)9,3;D(1)] ^A E	

ESTRUTURA TIPO 3 OU TIPO 4 E CARREGAMENTO ALTO
ESTRUTURA TIPO 3 OU TIPO 2 OU TIPO 4 E CARREGAMENTO EXCEPCIONAL

cam.superf.	cam.subsup	cam.interm.	PRESENÇA DE ÁGUA
resistência	resistência	resistência	SUBSUPERFICIAL
Muito Alta	Baixíssima	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Baixa	{B(2)9;[B(3)9;E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
		Média	{B(2)9;[B(3)9;E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
		Alta	{B(2)9;[B(3)9;D(1);E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
		Muito Alta	{B(2)9;[B(3)9;D(1);E(2)ouE(3);E(4)] ^A E
	Muito Baixa	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Baixa	{B(2)9;[B(3)9;C(1)9;E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
		Média	{A(5)ouA(6);B(2)9;[B(3)9;C(1)9;E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
		Alta	{A(5)ouA(6);B(2)9;[B(3)9;C(1)9;D(1);E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
		Muito Alta	{A(5)ouA(6);B(2)9;[T(2)ouT(3) ap.na cam.intermed.;B(3)9;C(1)9;D(1);E(2)ouE(3);E(4)] ^A E
	Baixa	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Baixa	{B(2)9;[B(3)9;C(1)9;E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
		Média	{A(5)ouA(6);B(2)9;[B(3)9;C(1)9;E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
		Alta	{A(5)ouA(6);B(2)9;[B(3)9;C(1)9;D(1);E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
		Muito Alta	{A(5)ouA(6);B(2)9;[T(2)ouT(3) ap.na cam.intermed.;B(3)9;C(1)9;D(1);E(2)ouE(3);E(4)] ^A E
	Média	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Baixa	{B(2)9,3;[B(3)9,3;C(1)9,3;E(2)ouE(3);E(5)] ^A E
		Média	{A(5)ouA(6);B(2)9,3;[B(3)9,3;C(1)9,3;E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
		Alta	{A(5)ouA(6);B(2)9,3;[B(3)9,3;C(1)9,3;D(1);E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
		Muito Alta	{A(5)ouA(6);B(2)9,3;[T(2)ouT(3) ap. na cam.intermed.;B(3)9,3;C(1)9,3;D(1);E(2)ouE(3);E(4)] ^A E
	Alta	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Baixa	{B(2)9,3;[B(3)9,3;C(1)9,3] ^A E
		Média	{B(2)9,3;[B(3)9,3;C(1)9,3] ^A E
		Alta	{B(2)9,3;[B(3)9,3;C(1)9,3;D(1)] ^A E
		Muito Alta	{B(2)9,3;[T(2)ouT(3) ap.no topo da cam.intermed.;C(1)9,3;D(1)] ^A E
Muito Alta	Baixíssima	FD ap.na cam.superficial (a)	
	Muito Baixa	FD ap.na cam.superficial (a)	
	Baixa	{B(2)9,3;[FD ap.na cam.superficial (a);B(3)9,3;C(1)9,3] ^A E	
	Média	{B(2)9,3;[FD ap.na cam.superficial (a);B(3)9,3;C(1)9,3] ^A E	
	Alta	{B(2)9,3;[FD ap.na cam.superficial (a);B(3)9,3;C(1)9,3;D(1)] ^A E	
	Muito Alta	{B(2)9,3;[FD ap.na cam.superficial;B(3)9,3;C(1)9,3;D(1)] ^A E	

ESTRUTURA TIPO 3 OU TIPO 4 E CARREGAMENTO ALTO
ESTRUTURA TIPO 3 OU TIPO 2 OU TIPO 4 E CARREGAMENTO EXCEPCIONAL

cam.superf.	cam.subsup.	cam.interm.	PRESENÇA DE ÁGUA
resistência	resistência	resistência	INTERMEDIÁRIA
Muito Alta	Baixíssima	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Baixa	{B(2)9;[B(3)9;E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
		Média	{B(2)9;[B(3)9;E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
		Alta	{B(2)9;[B(3)9;D(1);E(2)ouE(3);E(4);E(5)] ^A E
		Muito Alta	{B(2)9;[B(3)9;D(1);E(2)ouE(3);E(4)] ^A E
	Muito Baixa	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Baixa	{B(2)9;[B(3)9;C(1)9;E(1)6ouE(2)7ouE(3)7;E(4);E(5)] ^A E
		Média	{A(4)6ouA(5)7ouA(6)7;B(2)9;[B(3)9;C(1)9;E(1)6ouE(2)7ouE(3)7;E(4);E(5)] ^A E
		Alta	{A(4)6ouA(5)7ouA(6)7;B(2)9;[B(3)9;C(1)9;D(1);E(1)6ouE(2)7ouE(3)7;E(4);E(5)] ^A E
		Muito Alta	{A(4)6ouA(5)7ouA(6)7;B(2)9;[T(1)ouT(2)ouT(3) ap. na cam.intermed.;B(3)9;C(1)9;D(1);E(1)6ouE(2)7ouE(3)7;E(4)] ^A E
	Baixa	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Baixa	{B(2)9;[B(3)9;C(1)9;E(1)6ouE(2)7ouE(3)7;E(4);E(5)] ^A E
		Média	{A(4)6ouA(5)7ouA(6)7;B(2)9;[B(3)9;C(1)9;E(1)6ouE(2)7ouE(3)7;E(4);E(5)] ^A E
		Alta	{A(4)6ouA(5)7ouA(6)7;B(2)9;[B(3)9;C(1)9;D(1);E(1)6ouE(2)7ouE(3)7;E(4);E(5)] ^A E
		Muito Alta	{A(4)6ouA(5)7ouA(6)7;B(2)9;[T(1)ouT(2)ouT(3) ap. na cam.intermed.;B(3)9;C(1)9;D(1);E(1)6ouE(2)7ouE(3)7;E(4)] ^A E
	Média	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Baixa	{B(2)9,3;[B(3)9,3;C(1)9,3;E(1)6ouE(2)7ouE(3)7;E(5)] ^A E
		Média	{A(4)6ouA(5)7ouA(6)7;B(2)9,3;[B(3)9,3;C(1)9,3;E(1)6ouE(2)7ouE(3)7;E(4);E(5)] ^A E
		Alta	{A(4)6ouA(5)7ouA(6)7;B(2)9,3;[B(3)9,3;C(1)9,3;D(1);E(1)6ouE(2)7ouE(3)7;E(4);E(5)] ^A E
		Muito Alta	{A(4)6ouA(5)7ouA(6)7;B(2)9,3;[T(1)ouT(2)ouT(3) ap. na cam.intermed.;B(3)9,3;C(1)9,3;D(1);E(1)6ouE(2)7ouE(3)7;E(4)] ^A E
	Alta	Baixíssima	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Muito Baixa	NÃO usar Fundação Direta / Caracterizar melhor o subsolo
		Baixa	{B(2)9,3;[B(3)9,3;C(1)9,3] ^A E
		Média	{B(2)9,3;[B(3)9,3;C(1)9,3] ^A E
		Alta	{B(2)9,3;[B(3)9,3;C(1)9,3;D(1)] ^A E
		Muito Alta	{B(2)9,3;[T(1)ouT(2)ouT(3) ap.no topo da cam.intermed.;C(1)9,3;D(1)] ^A E
Muito Alta	Baixíssima	FD ap.na cam.superficial (a)	
	Muito Baixa	FD ap.na cam.superficial (a)	
	Baixa	{B(2)9,3;[FD ap.na cam.superficial (a);B(3)9,3;C(1)9,3] ^A E	
	Média	{B(2)9,3;[FD ap.na cam.superficial (a);B(3)9,3;C(1)9,3] ^A E	
	Alta	{B(2)9,3;[FD ap.na cam.superficial (a);B(3)9,3;C(1)9,3;D(1)] ^A E	
	Muito Alta	{B(2)9,3;[FD ap.na cam.superficial;B(3)9,3;C(1)9,3;D(1)] ^A E	

ANEXO E

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS APRESENTADAS NO SISTEMA

- ALONSO, U.R. **Exercícios de fundações**. São Paulo: Edgard Blucher, 1983. 201p.
- BOWLES, J. E. **Foundation, analysis and design**, 3.ed. New York: McGraw-Hill, 1982. 816p.
- BROMS, B. B. **Precast piling practice**, London: Thomas Telford, 1981. 126p.
- BURLAND, J. B.; BROMS, B.; DE MELLO, V. F. B. Behavior of foundations and structures: state of the art review. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOIL MECHANICS AND FOUNDATION ENGINEERING, 9., 1977, Tokyo. **Proceedings...** Tokyo: Japanese Society of Soil Mechanics and Foundation Engineering, 1978.
- CARRIER, W. R.; CHRISTIAN, J. T. Rigid circular plate resting on a non-homogeneous elastic half-space. **Geotechnique**, London, v.23, n.1 , p.67-84, 1973.
- CINTRA, J. C. A. **Determinação da capacidade de carga de fundações diretas**. São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo, 1981. 15p.
- CINTRA, J. C. A. **Recalque de fundações diretas**. São Carlos: Ed. da Universidade de São Paulo, 1981. 20p.
- COSTA, W. L. **Revisão e análise crítica comparativa entre os diversos métodos de determinação da capacidade de suporte**. Goiás: Ed. da Universidade de Goiás, 1981. 276p.
- ESTADOS UNIDOS. Department of the Navy. Naval Facilities Engineering Command. **Soil mechanics, foundations, and earth structures**. Alexandria, Va., 1971. (NAVFAC. Design manual, 7)
- FLEMING, W.G.K. et al. **Piling engineering**. Surrey: Surrey University Press, 1985. 380p.
- GRANT, R. ; CHRISTIAN, J.T. ; VANMARCKE, E. R. Tolerance of buildings to differential settlement. In: MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY. Institution of Structural Engineers. **Structure-soil interaction: a state of the art review**. London, 1978. (Soil Publication, 315).
- HACHICH, W. et al. **Fundações: teoria e prática**. São Paulo: Pini, 1996. 751p.
- INTERNATIONAL CONFERENCE ON DESIGN AND CONSTRUCTION OF DEEP FOUNDATIONS, 1., 1994, Orlando. **Proceedings...** Washington: Department of Transportation Federal Highway Administration, 1994.
- LEONARDS, G.A. **Foundation engineering**. New York: McGraw Hill, 1962. 1136p.
- MILITITSKY, J. **Fundações de edificações; recalques admissíveis**. Porto Alegre: CPGEC - UFRGS, 1984. 24p. (Caderno Técnico, 76).
- MILITITSKY, J. ; CLAYTON, C. R. I.; TALBOT, J. C. S. ; DIKRAN, S. S. Previsão de Recalques em solos granulares utilizando resultados de SPT; revisão crítica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA DE

- FUNDAÇÕES, 7. , 1982, Olinda. **Anais...** Rio de Janeiro: ABMS, 1982. 6v. v.3, p.191-260.
- MILITITSKY, J.; CONSOLI, N. C. Foundation engineering - brazilian practice. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOIL MECHANICS AND FOUNDATION ENGINEERING, 12., 1989, Rio de Janeiro. **Proceedings...** Rotterdam: A . A . Balkema, 1989. p. 2055-2058.
- MILITITSKY, J. ; DIAS, R. D. **Fundações diretas em solos tropicais.** Porto Alegre: CPGEC - UFRGS, 1985. (Caderno Técnico)
- SCHMERTMANN, J. H. The undisturbed consolidation behavior of clay. **Transactions of the American Society of Civil Engineers**, New York, ASCE, n.120, p.1201-1233, 1955.
- SKEMPTON, A . W. **The bearing capacity of clays.** Proceedings of the Building Research Congress, 1951. P.180-189.
- SKEMPTON, A . W. ; BJERRUM, L. **A contribution to the settlement analysis of foundation on clay.** London: The Institution of Civil Engineers, 1957. P.168-178.
- SKEMPTON, A . W. ; MACDONALD, D. H. **A survey of comparisons between Calculated and observed settlement of structures on clay.** In: CONFERENCE ON CORE CALCULATIONS. AND OBSERVATIONS ON STRUCTURAL AND DISPLACEMENT STRUCTURES, Berlin. p.318-337
- TERZAGHI, K. **Theoretical soil mechanics.** New York: John Wiley, 1966. 510p.
- TERZAGHI, K. ; PECK, R. B. **Soil mechanics in engineering practice.** New York: John Wiley, 1948. 566 p.
- THORBURN, S.; THORBURN, J. **Review of problems associated with the construction of cast-in-place concrete piles.** London: Department of the Environment and Construction Industry Research and Information. 1977. 42p.
- TOMLINSON, M. J. **Pile design and construction practice.** London: Wiewpoint Publications, 1981. 415p.
- VELLOSO, D. A. **Fundações.** 2 ed. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 1996. 290p. v.1
- VESIC, A . S. Analysis of ultimate loads of shallow foundations. **Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division**, New York, ASCE, v.99, p.45-73.
- WINTERKORN, H. F. ; FANG, H-Y. **Foundation engineering handbook.** New York: Van Nostrand Reinhold, 1975. 751p.