

CENTRO UNIVERSITÁRIO FAG
ADRIANO DOUGLAS GIRARDELLO

**DESENVOLVIMENTO DE UM *SOFTWARE* ACADÊMICO PARA AUXILIAR NA
TOMADA DE DECISÃO QUANTO AOS TIPOS DE FUNDAÇÕES**

CASCABEL
2017

CENTRO UNIVERSITÁRIO FAG
ADRIANO DOUGLAS GIRARDELLO

**DESENVOLVIMENTO DE UM *SOFTWARE* ACADÊMICO PARA AUXILIAR NA
TOMADA DE DECISÃO QUANTO AOS TIPOS DE FUNDAÇÕES**

Trabalho apresentado na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário FAG, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

**Professor Orientador: Me. Eng. Civil
Maycon André de Almeida.**

CASCABEL
2017

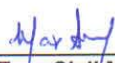
CENTRO UNIVERSITÁRIO FAG

ADRIANO DOUGLAS GIRARDELLO

**DESENVOLVIMENTO DE UM SOFTWARE ACADÊMICO PARA AUXILIAR NA
TOMADA DE DECISÃO QUANTO AOS TIPOS DE FUNDAÇÕES**

Trabalho apresentado no Curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, sob orientação do Professor **Me. Eng. Civil Maycon André de Almeida**.

BANCA EXAMINADORA



Orientador Prof. Me. Eng. Civil Maycon André de Almeida
Centro Universitário Assis Gurgacz
Engenheiro Civil



Prof. Esp. Eng. Civil Lincon Salgado
Centro Universitário Assis Gurgacz
Engenheiro Civil



Profª. Me. Eng. Civil Maria Vânia Nogueira do Nascimento Peres
Centro Universitário Assis Gurgacz
Engenheira Civil

Cascavel, 08 de junho de 2017.

DEDICATÓRIA

Este trabalho é dedicado à minha família, esposa, pais, irmão e sogros que frente a um novo desafio de uma nova graduação, apoiaram-me de forma incondicional.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que contribuíram para a realização deste trabalho estendendo-se naturalmente a graduação.

Sei que não sou o primeiro nem o último a fazer esta façanha, porém cursar uma graduação de cinco anos em tempo integral, e após dois anos da sua conclusão recomeçar em uma nova graduação, exige muito esforço físico, financeiro e principalmente psicológico. Agradeço de coração a todos que tornaram esta caminhada menos dolorosa.

Primeiramente a minha esposa Patrícia, pela companhia durante todo o percurso. Na primeira graduação a conheci e terminei a namorando. Nesta segunda graduação iniciei namorando e termino tendo a como minha esposa. Os meus mais sinceros agradecimentos pelo amor e companheirismo.

Agradeço ao apoio incondicional de minha família, pais, irmão e sogros, por entender minhas escolhas e dar todo apoio necessário durante toda a graduação, sem os quais não tenho dúvidas que não seria possível esta realização.

Agradeço aos professores do curso de Engenharia Civil da FAG pelo conhecimento agregado durante a graduação, em especial ao orientador deste trabalho, professor Me. Eng. Civil Maycon André de Almeida, por transmitir além de conhecimento, inspiração profissional para todos seus alunos.

Aos amigos que a vida nos coloca no caminho, que tornam sempre a jornada menos difícil e mais divertida.

EPÍGRAFE

“A mudança é a lei da vida. E aqueles que apenas olham para o passado ou para o presente
irão com certeza perder o futuro”

John F. Kennedy

RESUMO

A relação entre o solo e as estruturas de fundação é complexa, sendo que a eleição do melhor sistema de fundação para um determinado local é de suma importância para evitar problemas na execução e estabilidade final da edificação. Este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um *software* acadêmico para ajudar na tomada de decisão quanto aos tipos de fundações baseadas em um determinado terreno de aplicação. Desta forma, uma caracterização dos sistemas de fundação presentes no mercado nacional brasileiro se fez necessário, conceituando-os e mostrando as vantagens e desvantagens de cada um. Da mesma forma, os principais fatores determinantes para a escolha de um sistema de fundação foram analisados e detalhados, a fim de entender sua relação com os sistemas executivos de fundações. A partir do embasamento teórico, foi possível estruturar o algoritmo, estabelecendo as principais regras que ele deveria seguir para gerar os resultados de forma correta. O *software* foi desenvolvido em linguagem Java e foram utilizadas duas sondagens SPT reais para analisar os resultados gerados, os quais foram condizentes com a teoria. Ao final do trabalho concluiu-se que o *software* efetivamente ajuda o profissional na tomada de decisão do sistema de fundação a ser empregado em um terreno, além de ser uma ferramenta de aprendizado por parte da comunidade acadêmica.

Palavras chave: fundações, terrenos, *software*.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Representação esquemática de uma sapata isolada.....	17
Figura 2: Execução de uma sapata.	18
Figura 3: Execução de radier.	19
Figura 4: Representação esquemática de um tubulão em execução.	21
Figura 5: Cravação de estaca pré-moldada de concreto por pilão automático (martelo diesel).	23
Figura 6: Obra executada com fundações em estacas pré-moldadas metálicas.	25
Figura 7: Execução de estaca apiloada com soquete.	26
Figura 8: Equipamento bate estaca.	27
Figura 9: Método executivo da estaca Franki.	28
Figura 10: Parafuso de cravação da estaca ômega.	30
Figura 11: Execução de estaca mega.	31
Figura 12: Etapas executivas da estaca broca com trado manual.	32
Figura 13: Trado mecânico montado sobre caminhão.	33
Figura 14: Execução de estaca Strauss.	34
Figura 15: Equipamento para execução de hélice contínua.	36
Figura 16: Execução de estação com lama bentonítica.	38
Figura 17: Equipamento para execução de estaca barrete “clamshell” (esquerda) e hidrofresa (centro e direita).	39
Figura 18: Trados utilizados para a fundação Hollow Auger.	40
Figura 19: Ferramenta de corte tricône.	41
Figura 20: Tubos de injeção com manchetes.	11
Figura 21: Perfuração de microestaca em muro de contenção.	11
Figura 22: Classe Fundação do software implementado na linguagem Java.	49
Figura 23: Parte dos métodos “get”, “set” e “is” da classe Fundação.	50
Figura 24: Instância (criação) de um novo sistema de fundação.	50
Figura 25: Utilização do método “is” e “get”.	50
Figura 26: Painel que mostra dados e imagens sobre as fundações disponíveis, classificando conforme seu tipo.	55
Figura 27: Tela de configuração da obra e terreno para o processamento.	56

Figura 28: Tela de resultados.....	57
Figura 29: Exemplo de informação auxiliar mostrada sobre o questionamento de presença de topo de rocha.	57
Figura 30: Software BASE configurado com os dados do terreno 1.....	59
Figura 31: Resultado gerado pelo software com os dados do terreno 1.	60
Figura 32: Software BASE configurado com os dados do terreno 2.....	61
Figura 33: Resultado gerado pelo software com os dados do terreno 2.	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Relações entre sistemas de fundações e fatores que influenciam na sua escolha. ..46

SUMÁRIO

1 CAPÍTULO 1	12
1.1 INTRODUÇÃO.....	12
1.2 OBJETIVOS.....	13
1.2.1 Objetivo geral.....	13
1.2.2 Objetivos específicos	13
1.3 JUSTIFICATIVA.....	13
1.4 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA	14
1.5 FORMULAÇÃO DA HIPÓTESE	14
1.6 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	14
2 CAPÍTULO 2	16
2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1.1 Fundações rasas	16
2.1.1.1 Sapatas.....	16
2.1.1.2 Radier	18
2.1.2 Fundações profundas	20
2.1.2.1 Tubulões	21
2.1.2.2 Estacas	22
2.1.2.2.1 Estacas de deslocamento	22
2.1.2.2.1.1 Estacas pré-moldadas de concreto.....	22
2.1.2.2.1.2 Estacas pré-moldadas de madeira.....	24
2.1.2.2.1.3 Estacas pré-moldadas metálicas	24
2.1.2.2.1.4 Estacas apiloadas	26
2.1.2.2.1.5 Estacas do tipo Franki.....	27
2.1.2.2.1.6 Estacas ômega.....	29
2.1.2.2.1.7 Estacas mega.....	30
2.1.2.2.2 Estacas escavadas	31
2.1.2.2.2.1 Estacas com trado manual	31
2.1.2.2.2.2 Estacas com trado mecânico.....	32
2.1.2.2.2.3 Estacas Strauss.....	33
2.1.2.2.2.4 Estacas Hélice Contínua	35
2.1.2.2.2.5 Estacão.....	37
2.1.2.2.2.6 Estaca barrete.....	38
2.1.2.2.2.7 Estacas tubadas – Hollow Auger	39

2.1.2.2.3 Estacas injetadas	40
2.1.2.2.3.1 Estaca raiz	41
2.1.2.2.3.2 Microestacas	42
2.2 SISTEMAS COMPUTACIONAIS	11
2.2.1 Linguagem de programação Java	11
3 CAPÍTULO 3	45
3.1 METODOLOGIA.....	45
3.1.1 Tipo de estudo e embasamento teórico.....	45
3.1.2 Método executivo	45
3.1.3 Dados do terreno analisados	46
3.1.4 Concepção do sistema	48
3.1.5 Desenvolvimento do algoritmo	48
3.1.6 Regras do algoritmo	51
3.1.6.1 Verificação de porte da obra com o sistema de fundação	51
3.1.6.2 Verificação quanto ao nível d'água	52
3.1.6.3 Análise de SPT para fundações diretas.....	52
3.1.6.4 Análise de acesso de equipamentos.....	53
3.1.6.5 Análise de vibração	53
3.1.6.6 Análise de ruídos	53
3.1.6.7 Verificação de travessia de matacões	53
3.1.6.8 Verificação do nível de topo rochoso	54
3.1.6.9 Verificação de estrangulamento de fuste.....	54
3.1.6.10 Verificação da inclinação do terreno	54
3.1.7 Interface do software	55
4 CAPÍTULO 4	58
4.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	58
5 CAPÍTULO 5	63
5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS	63
6 CAPÍTULO 6	64
6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	64
REFERÊNCIAS	65
APÊNDICE A – MANUAL – SOFTWARE BASE	67
ANEXO A – SONDAÇÃO SPT 1	70
ANEXO B – SONDAÇÃO SPT 2	71

1 CAPÍTULO 1

1.1 INTRODUÇÃO

Dentre as etapas construtivas de uma obra de engenharia, destaca-se a infraestrutura, considerada a parte da construção que se encontra abaixo do nível do solo, sendo responsável pela estabilidade, segurança e longevidade da obra. Para uma execução adequada desta etapa é necessário que sejam adotados os melhores métodos executivos, dado as peculiaridades de cada local e da edificação a ser executada.

A relação entre o solo e as estruturas de fundação é complexa, o que leva a autores do assunto a deixarem claro que a Mecânica dos Solos não é uma ciência exata, conforme citado por Hachich *et al* (1998). Outra evidência desta inexatidão sobre tal relação, está indicada nos altos valores dos coeficientes de segurança adotados nos cálculos das estruturas, podendo chegar a valores superiores a 3 (três), como indicado na NBR 6122 (ABNT, 2010) que trata acerca do projeto e execução de fundações.

Estes fatores relacionados aumentam a responsabilidade na escolha correta de um sistema de fundação para um determinado local, dada as incertezas envolvidas. No processo de decisão, entre qual sistema de fundação utilizar, faz-se necessário uma análise completa sobre os tipos disponíveis e suas aplicações nos mais diversos tipos de terrenos que pode se deparar.

Neste contexto, um problema recorrente em obras que se tem o desenvolvimento dos vários projetos de forma independente, sem a comunicação eficiente entre os projetistas e executores, é a incompatibilização e as especificações incorretas que podem ocorrer, o qual acarreta sérios problemas na etapa executiva. Isto fica melhor ilustrado em obras públicas, quando a Lei nº 8.666 de 21 de junho de 1993, que institui normas para as licitações, estabelece que as diferentes etapas de projetos e execução de uma obra devem ser realizadas por empresas diferentes.

A possibilidade de erros é grande, principalmente no projeto e execução das fundações, pois nem sempre o projetista de fundações possui dados corretos do local da obra. Quando se inicia a execução, problemas de empregabilidade do sistema escolhido ficam evidentes, sendo necessário realizar adaptações e até mesmo a mudança do sistema empregado.

Segundo Hachich *et al* (1998), os elementos necessários para o desenvolvimento de um projeto de fundações, e conseqüentemente a apuração adequada do sistema de execução são: a topografia da área, dados geológicos-geotécnicos, dados da estrutura a construir e dados

sobre construções vizinhas. Porém, fatores econômicos, tempo e disponibilidade também podem ser determinantes no momento da escolha.

A eleição do melhor método executivo de um sistema de fundações deve levar em conta todas as condições do local de aplicação, e a confrontação das características de cada sistema. Este trabalho deve ser realizado com responsabilidade, pois a não consideração de uma característica, pode inviabilizar o sistema em uma fase futura, gerando grandes perdas econômicas e atrasos.

O presente trabalho auxiliará na análise entre as condições locais e as características de cada sistema de fundações, automatizando o processo através de um sistema computacional para auxiliar na tomada de decisão.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Desenvolver um *software* acadêmico na linguagem de programação Java, para auxiliar na tomada de decisão quanto aos tipos de fundações.

1.2.2 Objetivos específicos

- Analisar os fatores que influenciam na escolha de um sistema de fundação para um determinado local;
- Implementar um *software* em linguagem Java;
- Realizar testes de validação e verificação sobre o *software*.

1.3 JUSTIFICATIVA

Em obras de engenharia em que o local de execução apresenta características peculiares, se faz necessário um estudo cauteloso para a verificação do melhor sistema de fundação a ser utilizado. As diversas opções de fundações devem ser confrontadas com o local

de aplicação, objetivando escolher a melhor solução, baseada em alguns parâmetros, como as características do solo, nível d'água, presença de matacões e inclinação do terreno, obras vizinhas, devido à possibilidade de vibração e ruídos emitidos pelos equipamentos de execução, porte da obra, analisando se o sistema de fundação suporta as cargas geradas, além da disponibilidade do sistema e a economia (HACHICH *et al*, 1998).

No mercado nacional, existem aproximadamente 20 sistemas de execução de fundações diferentes, cada qual com suas particularidades e indicações para determinadas situações.

O uso de um *software* ajudará na escolha do tipo de fundação, pois, analisará de forma automatizada, segura e ágil todas as características e tipos disponíveis, com o objetivo de auxiliar o profissional na tomada da decisão.

1.4 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

Um *software* que visa auxiliar na tomada de decisão do tipo de fundação, levando em consideração as diversas variáveis envolvidas, pode ajudar efetivamente e com segurança a tomada de decisão?

1.5 FORMULAÇÃO DA HIPÓTESE

Um software que auxilia na tomada de decisão do tipo de fundação, e que leva em consideração as diversas variáveis envolvidas, ajuda com efetividade e segurança a tomada de decisão.

1.6 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Tanto os tipos de sistemas de fundação, quanto as características que influenciam em sua escolha serão delimitadas a partir da realidade do mercado nacional brasileiro. A análise abrangerá 19 sistemas de fundações e algumas características do local de aplicação, como a topografia, o solo, estrutura a ser construída e vizinhança.

Devido à relativa complexidade de analisar aspectos econômicos e a disponibilidade de cada solução em uma determinada região do país, o trabalho limitar-se-á a estudar a viabilidade técnica executiva das fundações.

Após o desenvolvimento do *software*, o mesmo foi analisado em algumas situações práticas da cidade de Cascavel-PR, para comprovar sua aplicabilidade e validade. Apesar de a validação ser realizada apenas com o solo local, sua aplicabilidade não se restringirá somente a ele, podendo ser testado e utilizado em qualquer solo brasileiro.

2 CAPÍTULO 2

2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

É denominada fundação, a interação entre o solo e a estrutura de fundação. A NBR 6502 (ABNT, 1993) Rochas e Solos, define solo sendo um material proveniente da decomposição das rochas pela ação de agentes físicos ou químicos, podendo ou não conter matéria orgânica. Já uma estrutura de fundação é o elemento responsável por transmitir as cargas das construções ao solo.

As fundações são separadas em dois grandes grupos, fundações rasas ou diretas e as fundações profundas, também chamadas de indiretas.

2.1.1 Fundações rasas

A NBR 6122 (ABNT, 2010) Projeto e execução de fundações, define fundações rasas (superficiais) como sendo um elemento de fundação na qual a carga é transmitida ao terreno pelas tensões distribuídas sob a base da fundação, e a profundidade de assentamento em relação ao terreno adjacente à fundação é inferior a duas vezes a menor dimensão da fundação.

De acordo com Alonso (1983), de maneira geral esse tipo de fundação não deve ser utilizado em aterros não compactados, argila mole, areia fofa e muito fofa e onde houver a existência de água onde o rebaixamento do lençol freático não se justifica economicamente.

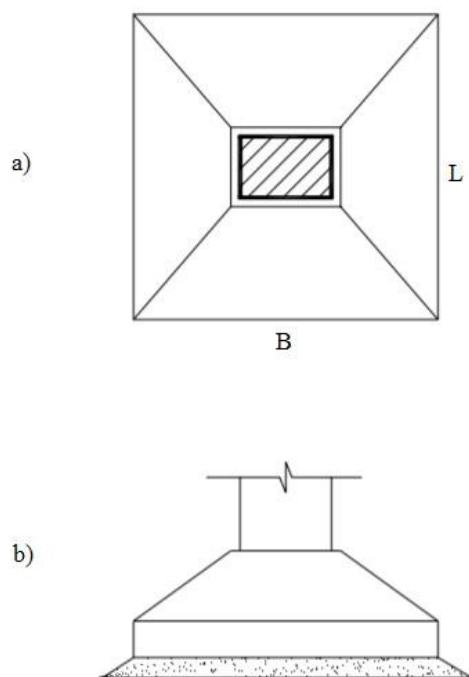
Nessa classificação se enquadram os sistemas de fundação em sapatas e *radier*. O primeiro trata-se de um elemento de apoio para pilares isolados. Já o segundo compreende um elemento para obras de pequeno porte que também tem a função de contrapiso.

2.1.1.1 Sapatas

As sapatas são elementos de apoio de concreto armado, dimensionadas de modo que as tensões de tração nela resultantes sejam resistidas pelo emprego de armadura especialmente disposta para este fim.

Sendo B a menor dimensão de uma sapata vista em planta e L a maior dimensão, como ilustrado na Figura 1, as sapatas podem assumir praticamente qualquer forma, sendo as mais frequentes as sapatas quadradas ($B=L$), retangulares e corridas ($L \gg B$). Para efeitos geotécnicos, considera-se como retangular uma sapata em que $L \leq 5B$.

Figura 1: Representação esquemática de uma sapata isolada



Fonte: Adaptado de Alva (2007)

Também são reconhecidas as sapatas associadas, as quais são empregadas nos casos em que, devido à proximidade dos pilares, não é possível projetar uma sapata isolada para cada pilar. Nestes casos, uma única sapata serve de fundação para dois ou mais pilares (HACHICH *et al*, 1998).

O processo executivo é considerado simples, devendo realizar a escavação a céu aberto, permitindo assim, a execução do elemento de fundação nas dimensões e cotas previstas em projeto. Em seguida, executa-se lastro de concreto magro com espessura de 5,0 centímetros. Na sequência são colocadas as fôrmas e as armaduras, e posteriormente é realizada a concretagem do elemento, como mostra a Figura 2.

As sapatas devem ser apoiadas em solos densos ($NSPT^1 > 15$), e não são aplicáveis em solos fracos ($NSPT < 6$). Segundo Hachich *et al* (1998), as dúvidas surgem nos casos intermediários em que o solo não é nitidamente bom ou ruim, ou quando abaixo da camada de apoio prevista ocorrem solos mais fracos. Esses casos exigem uma investigação adicional.

Dentre as principais vantagens das sapatas, destacam-se a facilidade de execução, a possibilidade de aplicação para qualquer tipo de carga, desde residências pequenas a edificações de múltiplos andares. Devido ao método executivo de escavação, as sapatas não causam vibração e podem ser executadas em solos com matacões, em solos rígidos e em terrenos com inclinações.

Figura 2: Execução de uma sapata



Fonte: <http://techne.pini.com.br> (2017)

2.1.1.2 Radier

Quando todos os pilares de uma estrutura transmitem as cargas ao solo através de uma única sapata, tem-se o que se denomina de uma fundação em *radier*, que serve como contrapiso da edificação.

Devido as suas grandes proporções, envolvendo grandes volumes de concreto armado, o *radier* é uma solução relativamente onerosa e de difícil execução em terrenos urbanos

¹ SPT: (*standard penetration test*) abreviatura do índice de resistência a penetração do SPT, cuja determinação se dá pelo número de golpes correspondente à cravação de 30 cm do amostrador padrão, após a cravação inicial de 15 cm, utilizando-se corda de sisal para levantamento do martelo padronizado (ABNT, 1997)

confinados (HACHICH *et al*, 1998). Porém sabe-se que custo é relativo ao porte de obra e geralmente para obras de pequeno porte o emprego do *radier* pode ser favorável.

Assim como as sapatas, o *radier* deve ser executado apenas em solos densos onde o NSPT for maior que 15. O processo executivo consiste inicialmente da preparação do solo com o nivelamento e compactação. É exigido controle do CBR² e valores adotados pelo projetista devem ser comprovados por meio de ensaios. Após a preparação do solo, montam-se as fôrmas nas laterais do *radier* com altura de acordo com o cálculo estrutural. Deve-se posicionar as armaduras, tubulações hidráulicas e elétricas de acordo com seus respectivos projetos, de forma a evitar cortes no *radier* após a concretagem. Após a colocação das instalações deve ser instalada uma manta plástica para isolar o terreno do concreto e, por fim, realizar a concretagem (DÓRIA, 2007). A Figura 3 mostra um *radier* em execução.

Figura 3: Execução de *radier*



Fonte: <http://www.brz-experts.com.br> (2017)

Quanto a armação, podem ser executadas em concreto armado ou concreto protendido, sendo que, com a segunda opção, obtém-se menor espessura das lajes, redução da fissuração, rapidez da construção e maior impermeabilidade.

² CBR: (*California Bearing Ratio*) abreviatura do índice de suporte Califórnia. É a relação em percentagem, entre a pressão exercida por um pistão de diâmetro padronizado necessária a penetração no solo até determinado ponto (0,1" e 0,1") e a pressão necessária para que o mesmo pistão penetre a mesma quantidade em solo padrão de brita graduada.

A fundação do tipo *radier* é recomendada quando o solo apresenta pouca capacidade de carga, quando se deseja uniformizar os recalques, em projetos que as sapatas se aproximam uma das outras ou quando a área destas for maior que a metade da construção.

As fundações do tipo *radier*, geralmente são empregadas em obras de pequeno porte, porém há bibliografias citando o uso do sistema para edificação de 14 pavimentos, apoiado em um *radier* protendido de 50 cm contendo pequenos capitéis de 80 cm sob os pilares mais carregados, como cita Dória (2007), desta forma enquadra-se também para obras de médio porte.

O emprego de fundações superficiais em solos não saturados, porosos, com alto índice de vazios e baixo teor de umidade merece total atenção. Tais características são indícios de solos colapsíveis, os quais sofrem colapso da sua estrutura quando ocorre infiltração de água em quantidade suficiente (CINTRA *et al*, 2011). Para a execução de fundações superficiais neste tipo de solo, deve-se tomar os devidos cuidados quanto a drenagem do solo, a fim de evitar o colapso do mesmo.

2.1.2 Fundações profundas

Segundo a NBR 6122 (ABNT, 2010), fundações profundas ou indiretas, são elementos de fundação que transmite a carga ao terreno ou pela base (resistência de ponta) ou por sua superfície lateral (resistência de fuste) ou por uma combinação das duas, devendo sua ponta ou base estar assente em profundidade superior ao dobro de sua menor dimensão em planta, e no mínimo 3,0 metros. Neste tipo de fundação incluem-se as estacas e tubulões.

Os tubulões são estruturas com formato característico, onde possui sua base com diâmetro maior ao do seu fuste. Já as estacas caracterizam-se por ser elementos com diâmetro constante e com profundidades superiores a 3 metros, variando em suas formas executivas, podendo ser de deslocamento (introduzidas sem a retirada de solo), escavadas (escavação de solo com retirada de material) e injetadas (injeção de argamassa por ar comprimido). A seguir cada sistema será apresentado e detalhado.

2.1.2.1 Tubulões

De acordo com a NBR 6122 (ABNT, 2010), tubulão é um elemento de fundação profunda, escavado no terreno em que, pelo menos na sua etapa final, há descida de pessoas, que se faz necessária para executar o alargamento da base ou para a limpeza do fundo da escavação, uma vez que, neste tipo de fundação, as cargas são transmitidas preponderantemente pela ponta. Apesar de ser uma fundação profunda, o tubulão é considerado uma fundação direta, pois transmite toda sua carga pela base, assim como a sapata e o *radier*.

Os tubulões são empregados para transferir ao solo cargas verticais de compressão ou tração, bem como, cargas horizontais (HACHICH *et al*, 1998).

Segundo Alonso (1983), a constituição básica de um tubulão é a concretagem de um poço a céu aberto, dotado de uma base alargada. Este tipo de tubulão é executado acima do nível da água natural, ou realizando o rebaixamento do lençol freático. No caso de haver apenas carga vertical, este tipo de tubulão não é armado, colocando apenas ferragem de ligação com o bloco de coroamento.

O processo executivo se dá com a escavação manual ou mecânica do fuste, sendo que a base é, em geral, escavada manualmente. Adota-se o diâmetro mínimo de 70 cm do fuste para permitir o acesso dos funcionários. Posteriormente ocorre a concretagem do mesmo.

A Figura 4 traz a representação esquemática da execução de um tubulão, onde podemos visualizar o formato típico deste tipo de fundação. Devido ao seu processo executivo, este tipo de fundação não causa ruídos ou vibrações no solo. Possui grande capacidade de carga, sendo indicado para obras de médio a grande porte.

Figura 4: Representação esquemática de um tubulão em execução



Fonte: <http://www.brasil.geradordeprecos.info> (2017)

Existem ainda tubulões de ar comprimido (pneumáticos), os quais são executados utilizando campânulas para tornar possível a escavação abaixo do lençol freático. Considerando os perigos de se utilizar tubulões de ar comprimido, esse tipo de tubulão só é indicado para casos extremos, onde não há acesso para equipamentos com presença de nível d'água e carga de médio/grande porte.

2.1.2.2 Estacas

2.1.2.2.1 Estacas de deslocamento

Estacas de deslocamento são aquelas introduzidas no terreno por meio de algum processo que não promova a retirada de solo. No Brasil, o exemplo mais característico desse tipo de estaca é as pré-moldadas de concreto armado. Também se enquadram nessa categoria as estacas metálicas, as estacas de madeira, as estacas apiloadas de concreto e também as estacas de concreto fundido no terreno dentro de um tubo de revestimento de aço cravado com ponta fechada, sendo o exemplo mais característico dessas últimas as estacas tipo *Franki*.

Recentemente surgiram as estacas ômega, sendo consideradas estacas de última geração, constituídas de uma ponta com um longo parafuso de aço, a qual é inserida no terreno confinando o solo lateralmente, o que gera grande capacidade de suporte.

2.1.2.2.1.1 Estacas pré-moldadas de concreto

De acordo com a NBR 6122 (ABNT, 2010), a estaca pré-moldada de concreto é constituída de segmentos de concreto pré-moldado ou pré-fabricado³ e introduzida no terreno por golpes de martelo de gravidade, de explosão, hidráulico ou martelo vibratório.

O processo mais utilizado é por percussão, utilizando pilões de queda livre ou automáticos (martelos diesel) como mostrado na Figura 5. Para amortecer os golpes do pilão e

³ Segundo a NBR 9062 (ABNT, 2001) a principal diferença entre elemento pré-moldado e elemento pré-fabricado está nas condições rigorosas de controle de qualidade que o pré-fabricado tem em relação ao pré-moldado.

uniformizar as tensões aplicadas à estaca, instala-se no topo da mesma um capacete metálico (cepo e coxim). O controle de cravação é feito pela aferição da nega⁴.

As estacas pré-moldadas podem ser de concreto armado ou protendido, adensado por vibração ou centrifugação e podem ter os mais variados formatos, conforme necessidade das cargas de projeto. Por motivos logísticos, as peças são fabricadas até a medida de 12 metros, sendo necessária a utilização de emendas por luvas de encaixe ou anéis metálicos (HACHICH *et al*, 1998). Devem ser dimensionadas para suportar não somente os esforços atuantes como elemento de fundação, mas também esforços relativos ao seu manuseio, transporte, levantamento e cravação (SANEPAR, 2012).

Figura 5: Cravação de estaca pré-moldada de concreto por pilão automático (martelo diesel)



Fonte: <http://www.funsohos.com.br> (2017)

Segundo Alonso (1983), as estacas pré-moldadas têm capacidade de carga entre 200 a 1500 KN. Não é recomendado o uso dessas estacas em terrenos com presença de matacões ou camadas de pedregulhos, terrenos em que a previsão da cota de ponta de estaca seja variável e em locais com construções vizinhas em estado precário, devido a vibração causada pela cravação.

Problemas frequentes de fissuras (abertura inferior a 1mm) e trincas (abertura superior a 1mm), bem como os critérios que devem ser adotados para aceitar ou rejeitar estacas são

⁴ Nega: Medida da penetração permanente de uma estaca, causada pela aplicação de um golpe de martelo ou pilão, sempre relacionada com a energia de cravação. Dada a sua pequena grandeza, em geral é medida para uma série de dez golpes (NBR 6122, 2010).

recorrentes em obras, devendo ser adotados procedimentos necessários para evitar problemas tanto na execução quanto com os fornecedores do elemento. Tais procedimentos são detalhados em Hachich *et al* (1998).

2.1.2.2.1.2 Estacas pré-moldadas de madeira

Estacas pré-moldadas de madeira são elementos constituídos por troncos de árvores cravados geralmente por percussão, sendo necessária a proteção na cabeça da estaca por meio do uso de anel cilíndrico de aço, para evitar o rompimento ou desgaste da madeira devido à ação do pilão (SANEPAR, 2012).

Caso seja necessário atravessar camadas resistentes de solo, é necessário que a ponta da estaca esteja protegida com uma ponteira de aço. Quando necessitar de emendas, podem ser feitas por sambladura, por talas de junção ou por anel metálico (HACHICH *et al*, 1998).

Similar a estacas pré-moldadas de concreto, sua cravação também pode causar vibrações, não sendo recomendada em locais próximos a edificações em estado precário. Também não são recomendadas para solos com presença de matacões.

Quando mantida permanentemente submersa tem vida útil praticamente ilimitada, porém, quando há variação do nível d'água, se a estaca não estiver devidamente protegida, pode sofrer ação de fungos, bactérias aeróbicas térmitas, entre outros, sendo desaconselhável seu uso nestas condições.

2.1.2.2.1.3 Estacas pré-moldadas metálicas

De acordo com a NBR 6122 (ANBT, 2010), estacas pré-moldadas metálicas são constituídas de elemento produzido industrialmente, podendo ser de perfis laminados ou soldados, simples ou múltiplos, tubos de chapa dobrada ou calandrada, tubos com ou sem costura e trilhos.

Seu processo de cravação assemelha-se as outras estacas pré-moldadas, sendo possível executar por percussão, prensagem ou vibração, onde o método mais utilizado é o de percussão. O controle de cravação também é dado pela aferição da nega, elaborando diagrama de cravação em 100% das estacas (NBR 6122, 2010). A Figura 6 traz um exemplo de obra executada com estacas pré-moldadas metálicas.

Hachich *et al* (1998), cita que, embora quando comparada a outro tipo de estaca o custo das estacas metálicas seja relativamente elevado, por envolver o custo do próprio material e comprimentos maiores para transferir a carga ao solo, existem várias situações onde a utilização da mesma pode se tornar viável. Podem atender as várias fases de uma construção, permitem fácil cravação provida de baixa vibração, trabalhando bem a flexão e não apresentando problemas relacionados ao transporte, emendas e cortes. Outra vantagem, é que podem ser cravadas em terrenos resistentes sem o risco de provocar levantamento em estacas vizinhas, mesmo com grande densidade, além disso, não apresentam risco de quebra.

Figura 6: Obra executada com fundações em estacas pré-moldadas metálicas



Fonte: <http://www.solofix.com.br> (2017)

Por serem elementos industrializados, as estacas metálicas possuem grande controle de qualidade e possibilidade de emendas, proporcionam comprimentos variados, atingindo assim grande capacidade de carga, entre 400 a 3000 KN.

Possuem a vantagem de servirem de apoio a pilares de divisa, eliminando desta maneira, o uso de vigas de equilíbrio devido a sua capacidade de resistirem a flexão. Além de ajudarem no escoramento em caso de subsolos (ALONSO, 1983).

2.1.2.2.1.4 Estacas apiloadas

A ABNT NBR 6122 de 2010 não cita as estacas apiloadas como a sua antecessora de 1996, porém as estacas apiloadas ainda são utilizadas em algumas regiões do país e serão consideradas neste trabalho.

A NBR 6122 (ABNT, 1996) define estaca apiloada como sendo um tipo de fundação profunda executada por perfuração com o emprego de soquete (Figura 7). A norma considera esta estaca como um tipo especial que não são cravadas nem totalmente escavadas.

Figura 7: Execução de estaca apiloada com soquete



Fonte: <http://construcaodeumacasapassoapasso.blogspot.com.br> (2017)

Segundo Gonçalves (2006), o método executivo é realizado com a abertura do fuste por apiloamento do solo através da queda de um soquete de massa entre 300 e 600 kg, suspenso por cabo de aço. A queda livre do pilão no solo ocasiona deslocamentos laterais e verticais para baixo, formando ao redor do fuste um anel de solo compactado, que garante a estabilidade do furo.

Após atingir a profundidade prevista em projeto, é realizada a concretagem da estaca por meio de um funil com comprimento igual a 5 vezes o diâmetro interno até um diâmetro acima da cota de arrasamento. Finalizada a concretagem, posiciona-se a armadura de ligação. No caso de estacas armadas, a armação é posicionada no furo antes do lançamento do concreto (HACHICH *et al*, 1998).

Hachich *et al* (1998), explica que devido as limitações que o processo executivo impõe, esse tipo de estaca é utilizado apenas para pequenas cargas, tendo sua aplicação bastante reduzida. A perfuração pode ficar abaixo do nível d'água, desde que o furo possa ser esgotado antes do lançamento do concreto, porém este procedimento não é recomendado.

Os diâmetros podem variar entre 20 a 50 cm, dependendo do diâmetro do soquete utilizado e sua profundidade máxima recomenda-se não ultrapassar 10 metros, pois há a possibilidade de o elemento sair do prumo.

2.1.2.2.1.5 Estacas do tipo *Franki*

As estacas do tipo *Franki* consistem em cravar um tubo no terreno pelo impacto de golpes de um pilão em queda livre numa bucha de concreto seco ou seixo rolado compactado, colocado dentro da extremidade inferior do tubo. Desta forma caracteriza-se por ser uma estaca de concreto armado moldada no solo. O tubo cravado é recuperado ao ser concretada a estaca.

A execução exige equipamentos específicos, composto basicamente de um bate estaca (Figura 8), pilão e tubo de revestimento de aço.

Figura 8: Equipamento bate estaca

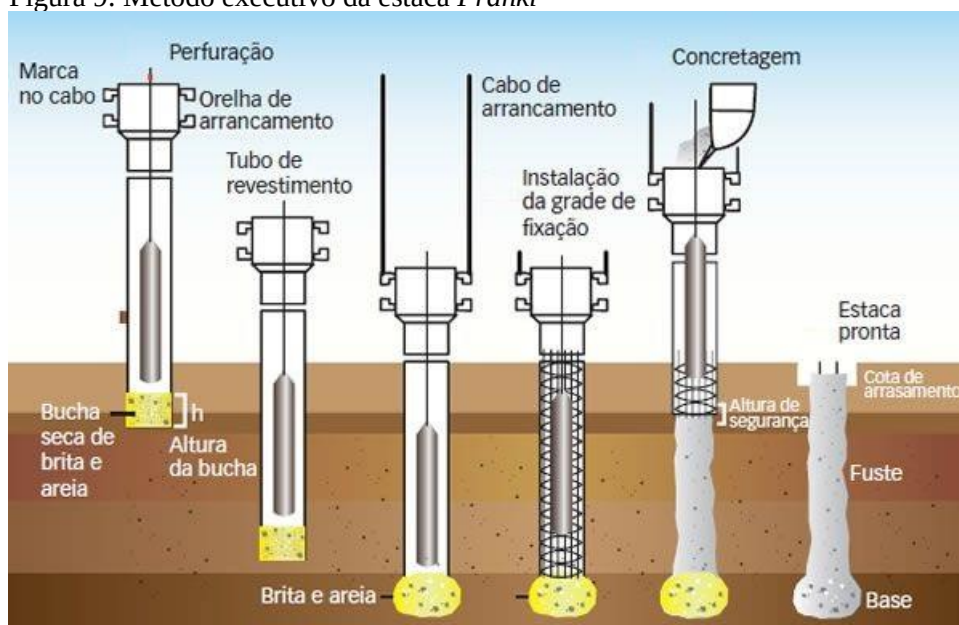


Fonte: <http://www.dicionariogeotecnico.com.br> (2017)

O método executivo é ilustrado na Figura 9. É iniciada a perfuração posicionando o tubo e executando a bucha seca de brita e areia, a qual é compactada pelo impacto de golpes do pilão e expande lateralmente aderindo fortemente ao tubo. A seguir o tubo é cravado no terreno pelo apiloamento da bucha. A profundidade final de cravação é definida pela aferição da nega do tubo nos últimos metros de cravação.

Finalizada a cravação, o tubo é preso a torre do bate estaca por meio de cabos de aço e a bucha é expulsa através de golpes do pilão, dando início ao alargamento da base. O alargamento da base é obtido ao apiloar quantidades de concreto quase seco (*slump* zero) sucessivamente.

Figura 9: Método executivo da estaca *Franki*



Fonte: <http://techne.pini.com.br> (2017)

A concretagem do fuste é iniciada lançando sucessivas camadas de concreto, recuperando o tubo com o apiloamento das camadas. A concretagem do fuste é terminada cerca de 30 centímetros acima da cota de arrasamento (HACHICH *et al*, 1998).

Este tipo de estaca oferece como vantagem a grande capacidade de carga obtida pelo alargamento da base, atingindo a faixa de carga entre 550 a 1700 KN, associada a recalques pequenos.

Apresenta como desvantagem, devido a característica executiva, não ser recomendada para obras situadas em áreas urbanas, pois podem gerar danos as edificações vizinhas. A utilização do equipamento de bate estacas também requer um terreno com pouca inclinação. Além disso, não são recomendadas para terrenos com matações, solos compostos por espessas camadas submersas de turfa, argila orgânica e areias fofas, pois pode acarretar no estrangulamento do fuste. O estrangulamento ocorre devido à invasão de água e/ou lama dentro do tubo, rompendo a altura de segurança do concreto. Este problema pode ser evitado reforçando o solo mole pela cravação prévia do tubo e sua retirada, preenchendo o furo com uma mistura de brita e areia (ALONSO, 1983).

Outro problema que pode ocorrer é o encurtamento da armação, causado pela insuficiência de seção de aço. Esta falha pode ser corrigida com o reforço da armação.

Outro cuidado que deve ser tomado diz respeito a sequência de execução de estacas próximas, pois podem acarretar no levantamento de estacas, ou seja, movimento vertical ascendente da estaca. O dano é causado pelo empolamento do solo circundante que se desloca lateral e verticalmente durante a cravação do tubo, ocasionando esforços de compressão e tração em estaca já concretada. A magnitude do dano depende do espaçamento entre as estacas, idade do concreto e do comprimento da estaca. Segundo Hachich *et al* (1998), os danos as estacas se agravam quando os levantamentos são maiores que 25 mm. Deve-se executar um plano de execução das estacas, considerando a posição das estacas e idade do concreto, medindo os levantamentos e evitando deixar estacas a executar entre outras já executadas.

Os danos citados podem causar a inutilização da estaca, sendo necessária a sua substituição.

2.1.2.2.1.6 Estacas ômega

As estacas ômega são caracterizadas pela cravação da cabeça por rotação, sendo que durante a descida do elemento perfurante o solo é deslocado para baixo e para os lados do furo. Após sua introdução no solo, até a cota especificada, o trado é retirado simultaneamente à injeção de concreto através de tudo vazado, sem vibração no terreno. Pode-se utilizar o mesmo equipamento da estaca hélice contínua, trocando somente o trado (SANEPAR, 2012).

A perfuração é executada por cravação do parafuso (Figura 10) da estaca ômega no terreno por rotação, assemelhando-se a um parafusamento. Todo material que venha a desmoronar do furo da estaca sobre a cabeça do parafuso é direcionado pelas pás do parafuso para a ponta, sendo compactado lateralmente.

A concretagem é realizada ininterrupta e simultaneamente a retirada do trado, mantendo o giro lento no mesmo sentido da cravação garantindo o deslocamento do solo. O concreto deve ter *slump* em torno de 20 a 24 cm, sendo assim um concreto fluído, que permite a colocação da armadura após a concretagem (NETO e KOCHEN, 2003).

A estaca ômega é monitorada durante sua execução por meio de um sistema computadorizado. O sistema permite a obtenção dos seguintes dados: profundidade, tempo, inclinação da torre, velocidade de penetração do trado, torque, velocidade de retirada da hélice, volume de concreto lançado e pressão do concreto (NETO e KOCHEN, 2003).

Figura 10: Parafuso de cravação da estaca ômega



Fonte: <http://www.dicionariogeotecnico.com.br> (2017)

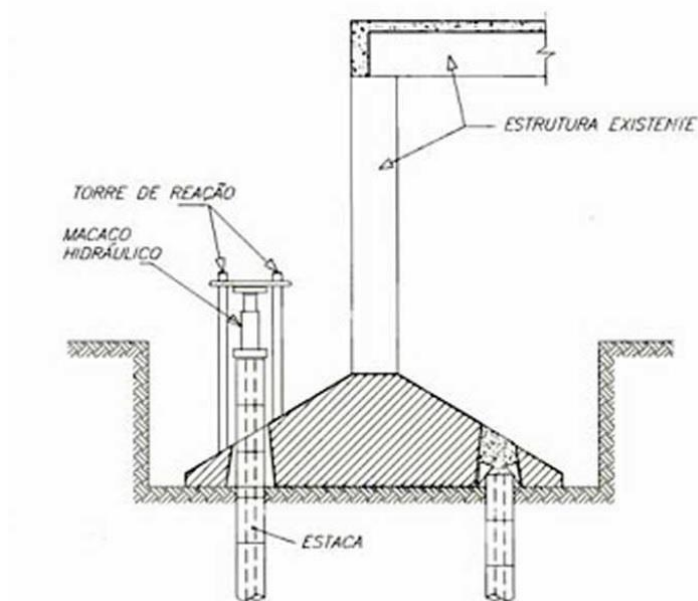
2.1.2.2.1.7 Estacas mega

As estacas mega não são um tipo de fundação genuíno, pois atuam como reforço de fundação, o qual é constituído da instalação de pequenos elementos superpostos de estacas, os quais podem ser compostos por peças de concreto armado vazadas ou perfis metálicos geralmente da ordem de 0,50 a 1,00 metro. A sua cravação é realizada através de macaco hidráulico que reage contra uma carga, como mostra a Figura 11.

Este tipo de reforço pode ser executado em locais pequenos e de difícil acesso de pessoas e equipamentos, além de não causar vibrações, não causando instabilidade a edificação existente, sendo que a segurança da obra que está sendo reforçada é aumentada instantaneamente após a instalação de cada estaca (HACHICH *et al*, 1998)..

Por se tratar de um sistema específico de reforço, as estacas mega não foram contempladas no software, pois sua eleição se daria apenas na necessidade de reforço.

Figura 11: Execução de estaca mega



Fonte: Adaptado de Hachich *et al* (2011)

2.1.2.2.2 Estacas escavadas

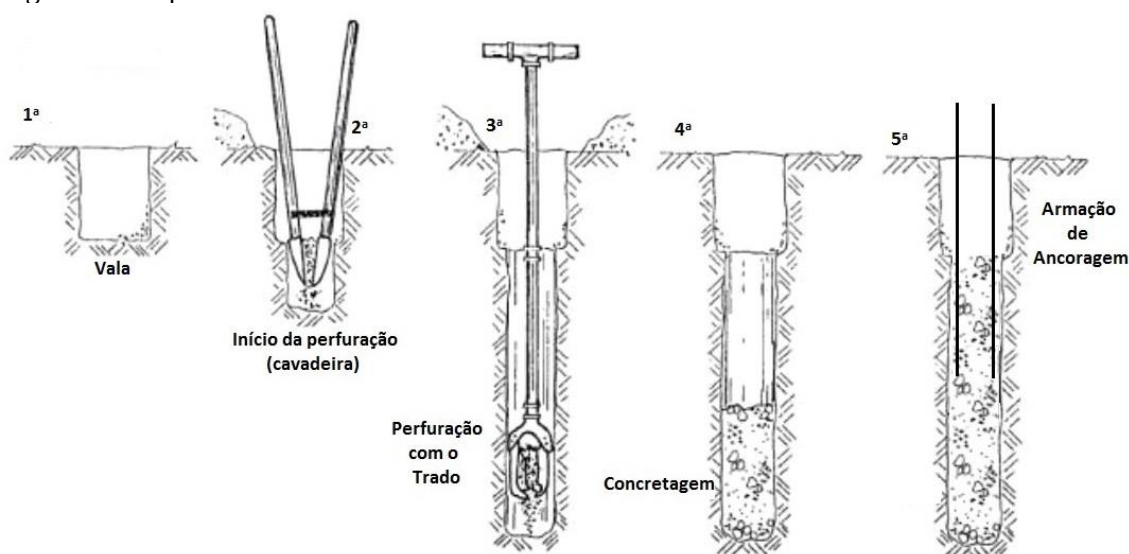
Estacas escavadas são aquelas executadas no local através de perfuração no terreno por um processo qualquer, com remoção de material, com ou sem revestimento, com ou sem utilização de fluido estabilizante. Nesta categoria se enquadram as estacas tipo broca, executadas manualmente, as tipo *Strauss*, as barretes, os estacões e as hélices contínuas (HACHICH *et al*, 1998).

2.1.2.2.2.1 Estacas com trado manual

As estacas com trado manual, também chamadas de broca, são estacas de pequeno porte, executadas através de trado manual, sem revestimento, executadas sempre acima do nível d'água. Devido a perfuração ser manual fica restrita a pequenas cargas, além de atingir profundidades na ordem de 6 metros, sem garantia de verticalidade do furo (BRAGA, 2009).

A Figura 12 mostra as etapas executivas de fundação com trado manual, iniciado com a escavação de uma vala, seguida da perfuração com uma cavadeira. A partir desta etapa a perfuração prossegue com o trado manual no seu devido diâmetro até a cota definida em projeto. Posteriormente é lançado o concreto e são colocadas as armações.

Figura 12: Etapas executivas da estaca broca com trado manual



Fonte: <https://engcarlos.com.br> (2017)

Dentre as vantagens pode-se citar o fato de não causarem vibração durante a execução, nem precisarem de equipamentos e mão de obra especializada.

2.1.2.2.2 Estacas com trado mecânico

Partindo da definição da NBR 6122 (ABNT, 2010), estacas escavadas mecanicamente são executadas por perfuração de solo através de trado mecânico, sem revestimento ou fluido estabilizante.

Segundo Hachich *et al* (1998), o equipamento para execução geralmente vem acoplado em caminhões (Figura 13), ou montado sobre chassi metálico, obtendo assim uma grande versatilidade, sendo possível executar desde estacas de pequenas profundidades com equipamento de torre de 6 metros, até grandes profundidades, com equipamento de torre de 30 metros.

O diâmetro das brocas pode variar de 0,2 m até 1,7 m, porém, quando o diâmetro permite a descida de operários, deve ser considerado o uso de tubulões. Considerando grandes profundidades e diâmetros, este tipo de estaca pode atender desde obras de pequeno porte, até obras de grande porte.

Figura 13: Trado mecânico montado sobre caminhão



Fonte: <http://sete.eng.br> (2017)

Pode-se citar como vantagens desse sistema, a grande mobilidade e produtividade do equipamento, a ausência de vibrações e a retirada de amostra do solo escavado. Porém, esta solução se restringe a perfurações acima do lençol freático e a solos coesivos.

2.1.2.2.2.3 Estacas *Strauss*

As estacas *Strauss* são executadas por perfuração do solo com uma sonda ou piteira e revestimento total com camisa metálica, realizando-se a concretagem e retirada progressiva do revestimento, simultaneamente ao apiloamento do concreto (NBR 6122, 2010).

O sistema necessita de equipamentos específicos, como cita Hachich *et al* (1998), composto de guincho mecânico, motor acoplado ao guincho, chassi para suportar o conjunto motor-guincho e suas movimentações, tripé metálico com carretilha de aço no topo e guincho manual pala levantamento de tubos, tubos de aço de 2,5 metros de comprimento com roscas macho e fêmea, sonda mecânica, também chamada de piteira, a qual é constituída por um tubo de 2,5 metros com diâmetro menor que as tubulações.

A sonda mecânica possui algumas particularidades, como um lastro de chumbo colocado na extremidade superior com cerca de 1/3 do comprimento, para aumentar o peso. Logo abaixo o tubo é aberto longitudinalmente em duas janelas para retirada do material

escavado. Na extremidade inferior fica localizada a válvula mecânica, fixada através de dobradiças que se abrem quando o solo é cortado pelas bordas afiadas da piteira e fecha com o peso próprio do solo escavado.

O método executivo pode ser dividido em duas etapas, perfuração com colocação dos tubos no solo e o lançamento do concreto. Inicialmente se forma um pré-furo no terreno, soltando a piteira em queda livre. Em seguida é colocado o primeiro tubo com a extremidade inferior dentada. A sonda mecânica é manobrada, para cima e para baixo, cortando o solo com auxílio de água lançada manualmente. O solo escavado é retirado da sonda pelas janelas longitudinais.

Quando a sonda avança o comprimento de um segmento de tubo, a sonda é travada nas janelas do tubo através de uma haste de aço, configuração observada na Figura 14. Com a movimentação do conjunto para cima e para baixo, o primeiro tubo é introduzido no solo. Um segundo tubo é rosqueado no primeiro, e o processo continua sucessivamente até a profundidade definida em projeto.

Figura 14: Execução de estaca *Strauss*



Fonte: <http://www.solonet.eng.br> (2017)

Concluída a escavação, os tubos e o furo são limpos, e inicia-se a concretagem, lançando o concreto até atingir 1 metro de altura. Ainda com a tubulação, se apiloa o concreto com o soquete, formando uma espécie de bulbo, pela expulsão do concreto. Já o fuste é executado lançando o concreto e, a medida que é apiloado, o tubo vai sendo retirado com o uso

do guincho. A concretagem é realizada até a cota especificada em projeto e finalmente a armação de ligação é colocada.

Quando a estaca necessita ser armada, devido a esforços de tração ou não axiais, a armadura deve ser instalada após a formação do bulbo, executando o apiloamento, assim como no método sem armação (HACHICH *et al*, 1998).

Este tipo de estaca pode atingir cargas de 200 KN a 800 KN. Apresenta a vantagem de não provocar vibrações, porém, não se recomenda a execução abaixo do nível d'água se o solo for arenoso ou mole, visto a impossibilidade de retirar a água de dentro do tubo. Em caso de argilas moles e saturadas, há o risco de estrangulamento do fuste, não sendo recomendado este tipo de fundação (ALONSO, 1983).

2.1.2.2.2.4 Estacas Hélice Contínua

A estaca do tipo hélice contínua é definida pela NBR 6122 (ANBT, 2010) como sendo uma estaca de concreto moldada *in loco*, executada mediante a introdução, por rotação, de um trado helicoidal e injeção de concreto pela própria haste central do trado simultaneamente a sua retirada, sendo que a armadura é introduzida após a concretagem da estaca.

A definição da estaca é autoexplicativa, as etapas do método executivo são a perfuração, concretagem e armação. Na primeira etapa, a perfuração ocorre de forma contínua, sem a retirada da hélice do terreno, garantindo assim a principal característica do método, que é de não permitir o alívio das tensões do terreno tornando possível a sua execução tanto em solos coesivos, quanto arenosos, na presença ou não do lençol freático.

A produtividade da hélice contínua pode variar de 150 m a 400 m por dia, dependendo do diâmetro da hélice, da produtividade do equipamento, do tipo e resistência do terreno e do torque do equipamento (HACHICH *et al*, 1998).

Atingida a profundidade de projeto da estaca é iniciada a etapa de concretagem, realizada pelo tubo central da hélice ao mesmo tempo que a mesma é retirada do solo. Assim como na estaca ômega, o concreto deve ter *slump* em torno de 20 a 24 cm, sendo assim um concreto fluído, o qual permite a colocação da armadura após a concretagem.

Considerando o mesmo equipamento de monitoramento da estaca ômega, a estaca hélice contínua também obtém, ao final da execução, um relatório completo contendo a profundidade, tempo, inclinação da torre, velocidade de penetração do trado, torque, velocidade

de retirada da hélice, volume de concreto lançado e pressão do concreto (NETO e KOCHEN, 2003). A Figura 15 mostra um equipamento para execução de hélice contínua.

Figura 15: Equipamento para execução de hélice contínua



Fonte: <http://www.sondaengenharia.com.br> (2017)

Hachich *et al*, (1998) apresenta as vantagens desse sistema sendo a elevada produtividade, reduzindo assim o cronograma da obra, a adaptabilidade a maioria dos terrenos, exceto na presença de matacões e rochas, além do processo executivo não gerar vibrações.

Porém as desvantagens são: o porte do equipamento, que necessita de áreas livres e planas, devido à grande produtividade exige central de concreto nas proximidades, necessita de equipamento auxiliar para retirada do material extraído, possui limitação no comprimento das estacas, e do ponto de vista comercial é necessária uma quantidade mínima de estacas para viabilizar os custos envolvidos com a mobilização do equipamento.

Devido à diversidade de diâmetros que variam de 275 a 1000 mm, pode-se obter cargas admissíveis entre 350 a 5000 KN, sendo possível empregar hélice contínua desde obras de pequeno porte até obras de grande porte.

2.1.2.2.5 Estação

O estação faz uso de fluido estabilizante, geralmente lama bentonítica, para manter a estabilidade das paredes escavadas e concretagem submersa. São estacas circulares com diâmetros variando entre 0,6 m a 2 m, perfuradas por rotação (HACHICH *et al*, 1998).

Quando se tem cargas elevadas a serem distribuídas no solo em conjunto com um subsolo com condições adversas, os estações são úteis, escavando o terreno com equipamentos de grande diâmetro e delegando a função de estabilidade à lama bentonítica.

Obtém-se a lama bentonítica misturando bentonita em pó - uma argila da família das montmorilonitas encontrada em depósitos naturais - com água, com concentração de 3% a 8% em misturadores de alta turbulência. A lama bentonítica possui três características importantes:

- Estabilidade que se traduz pela não decantação das partículas de bentonita por um longo período de tempo;
- Capacidade de formar uma película impermeável sobre uma superfície porosa, chamado de *cake*;
- Tixotropia, que consiste na capacidade reversível de tornar-se líquida quando agitada e de gelificar quando em repouso.

Para proteger o topo das escavações e garantir uma correta locação, é utilizado um tubo guia, também chamado de camisa metálica, com cerca de 2 m de comprimento, e diâmetro 10 cm maior que o diâmetro da estaca, como pode ser visto na entrada do furo na Figura 16.

O método executivo consiste na escavação e preenchimento simultâneo do furo com lama bentonítica, preparada e estocada previamente em depósitos, colocação da armadura, dentro do furo com a lama bentonítica, lançamento do concreto de baixo para cima através de tubos de concretagem (tubos tremonha), que por ser mais denso, expulsa a lama, a qual é bombeada novamente para os depósitos (cilindros amarelos mostrados na Figura 16).

Este tipo de estaca é usado para cargas elevadas acima de 1500 KN. Não causam vibração, porém necessitam de área relativamente grande para instalação de equipamentos utilizados na execução, como os depósitos, bombas e a mesa rotativa (ALONSO, 1983).

Hachich *et al* (1998), inclui nos cuidados que se deve ter com este tipo de execução, evitar camadas espessas de cascalhos e também solos muito moles.

Figura 16: Execução de estacão com lama bentonítica



Fonte: <http://anson.com.br> (2017)

2.1.2.2.2.6 Estaca barrete

As estacas barretes são elementos de fundação retangular escavadas com equipamento chamado *clamshell*. Também se utiliza lama bentonítica para garantir a estabilidade da escavação. Neste caso, as mesmas considerações feitas sobre a lama bentonítica nos estacões são válidas.

Para proteger o topo das escavações e garantir uma correta locação, é utilizada uma guia em concreto armado, também chamada de parede guia, com cerca de 1 m de profundidade que contorna todo o perímetro da estaca, devido a imprecisão no controle do equipamento.

Os *clamshells* podem ser livremente suspensos por cabos ou acoplados rigidamente por barras *Kelly*. Quando acoplado por cabos, a profundidade atingida é limitada pela quantidade de cabo que pode ser enrolada pelos tambores do guindaste, havendo relatos de estacas barretes executadas com 78 metros de profundidade no Brasil. Caso necessite de perfurações em rocha branda ou concreto, são utilizadas hidrofresas, que são equipamentos de grande porte que trabalham com circulação reversa. A Figura 17 mostra os dois tipos de equipamentos de escavação para estaca barrete, o *clamshell* e a hidrofresa.

Figura 17: Equipamento para execução de estaca barrete “clamshell” (esquerda) e hidrofresa (centro e direita)



Fonte: <http://www.geomec.com.br> (2017)

Devido a sua forma alongada, as estacas barretes, permitem a execução de peças monolíticas em vários formatos (I, H, T, L, +, etc.), sendo a maior dimensão podendo chegar a 3,2 m, enquanto a outra dimensão pode variar de 0,4 a 1,2 m.

Assim como os estacões, as estacas barrete também devem ser evitadas em solos com camadas espessas de cascalhos e solos muito moles e deve-se ter cuidado com desbarrancamentos de paredes durante a escavação e a colocação da armadura.

2.1.2.2.2.7 Estacas tubadas – *Hollow Auger*

As estacas *Hollow Auger* são um tipo de estacas tubadas a qual realiza escavação com o uso de diversos segmentos de trados que vão sendo sobrepostos durante o avanço do helicóide no terreno. Os segmentos de trado utilizados normalmente possuem comprimentos variáveis entre 1,0 e 2,0 m, como mostra a Figura 18 (BARRETO, 2014).

Figura 18: Trados utilizados para a fundação *Hollow Auger*



Fonte: <https://sites.google.com/site/langetecniaefundacao/contato/51-estacas-hollow-auger> (2017)

Os trados possuem forma que permitem a injeção de argamassa pelo seu interior, não deixando que o solo entre no seu interior devido à tampa presente no primeiro tubo. Sua geometria também evita que o solo saia do furo, permanecendo confinado no interior da perfuração comprimindo-o nas paredes laterais, provendo assim uma obra limpa, sem lama ou materiais provenientes da perfuração.

Atingida a cota de apoio da estaca prevista em projeto, o conjunto de trados é levantado a 30 cm e travado, permitindo a abertura da tampa do primeiro tubo. O processo segue com a injeção de argamassa e armadura e retirada dos trados por pressurização.

Este tipo de fundação apresenta especial interesse em situações especiais, a exemplo de fundações profundas em locais que apresenta altura livre limitada, onde não é permitido o uso de água durante o processo de execução e ainda onde a utilização de estaca cravada é desaconselhada devido a questões de vibração, dificuldades de manobras e dimensão do equipamento (BARRETO, 2014).

2.1.2.2.3 Estacas injetadas

Estacas injetadas, conforme a NBR 6122 (ABNT, 2010), são estacas armadas e preenchidas com argamassa de cimento e areia, moldada *in loco* executada através de perfuração rotativa ou roto-percussiva, revestidas integralmente no trecho em contato com o solo, por um conjunto de tubos metálicos rosqueáveis recuperáveis. Estas estacas são enquadradas como estacas injetadas, devido a injeção de ar comprimido.

2.1.2.2.3.1 Estaca raiz

Neste sistema, a perfuração do solo é realizada por meio de tubos rotacionados, auxiliados pela circulação de água, a qual retorna à superfície pela face externa. Os tubos, por serem rosqueáveis, são emendados um ao outro conforme a perfuração avança e ao final permitem a sua recuperação. É orientado que todo o furo receba o revestimento, porém, há casos em que não é possível devido as características do terreno. Neste caso deve-se prosseguir a perfuração com uma ferramenta cortante chamada tricône, conforme pode ser observada na Figura 19, permitindo assim a perfuração de rocha.

Figura 19: Ferramenta de corte tricône



Fonte: <http://www.dicionariogeotecnico.com.br> (2017)

Com o objetivo de diminuir o atrito lateral entre os tubos de revestimento e o solo, o primeiro tubo de revestimento possui em sua extremidade inferior uma ferramenta chamada sapata de perfuração com o diâmetro ligeiramente maior que os tubos. Assim, o diâmetro do furo é sempre maior que o diâmetro do revestimento externo (HACHICH *et al*, 1998).

Quanto ao equipamento de execução, segundo Hachich (1998), existem os mecânicos, os hidráulicos e os de portes diferentes, partindo desde os menores (ordem de 3 metros), possibilitando trabalhar em espaços confinados até equipamentos robustos em esteiras.

A inclinação da perfuração pode ser vertical ou inclinada e todo material escavado é retirado continuamente por fluidos (água, lama bentonítica ou ar) (MELHADO *et al*, 2002).

A armação da estaca é precedida pela limpeza do furo com injeção de água. Posteriormente é inserido um tubo de injeção de argamassa até a cota final de perfuração para a realização da injeção de baixo para cima até ocorrer o transbordamento pela boca do tubo,

certificando-se que toda água ou lama utilizada na perfuração seja substituída pela argamassa (HACHICH *et al*, 1998).

A retirada dos tubos é feita com o auxílio da aplicação de ar comprimido, auxiliado por macacos hidráulicos. Conforme os tubos vão sendo retirados, é necessário refazer o preenchimento com argamassa.

Segundo Melhado *et al* (2002), as estacas raiz são indicadas para locais de difícil acesso com dimensões reduzidas, solo com presença de matacões, rocha ou concreto, solos onde existem “cavernas” ou “vazios”, reforço de fundações, contenção lateral de escavações e onde haja necessidade de ausência de ruídos e vibrações.

2.1.2.2.3.2 Microestacas

De acordo com a definição da NBR 6122 (ABNT, 2010), as microestacas são estacas moldadas *in loco*, armadas, executadas através de perfuração rotativa ou roto-percussiva e injetadas com calda de cimento por meio de tubos com válvula “manchete”.

Seu processo executivo de perfuração é semelhante ao da estaca raiz, utilizando tubos de revestimento, circulação de água e tricone, dispondo também da característica de perfuração em rocha. Após atingir a cota definida em projeto, é introduzido no furo o tubo manchete de aço ou PVC rígido (Figura 20). Porém quando se usa PVC, o mesmo deve ser armado, pois ele não contribui para a resistência estrutural da estaca.

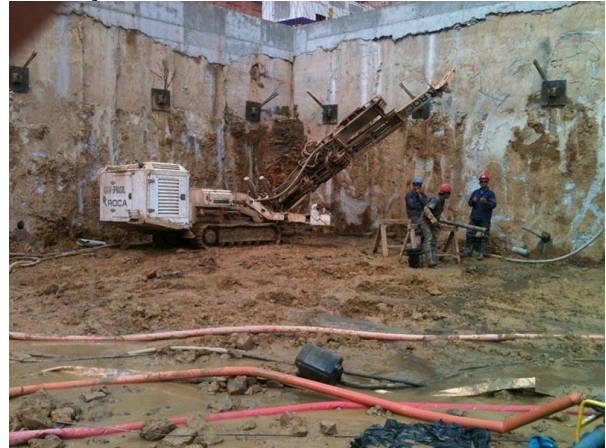
Após a inserção do tubo-manchete, injeta-se calda de cimento pela válvula inferior, formando-se assim a bainha (preenchimento da parte externa do tubo manchete). Juntamente com este procedimento, o tubo de revestimento externo é removido. A injeção de calda de cimento é realizada após o início da pega da bainha, normalmente após 12 horas, de forma ascendente em cada uma das válvulas, passando para a próxima válvula quando aferido que a injeção inferior promoveu suficiente deformação no solo. Este processo proporciona ao fuste da estaca uma forma com sucessivos bulbos, melhorando significativamente a aderência da estaca, consequentemente possibilitando transferir maior carga. Para finalizar, a parte central do tubo manchete é preenchida com nata de cimento ou argamassa, colocando barras de aço longitudinais caso necessite reforçar a estaca. A Figura 21 mostra a aplicação das microestacas em muros de contenção.

Figura 20: Tubos de injeção com manchetes



Fonte: <http://www.dicionariogeotecnico.com.br> (2017)

Figura 21: Perfuração de microestaca em muro de contenção



Fonte: <http://www.dicionariogeotecnico.com.br> (2017)

2.2 SISTEMAS COMPUTACIONAIS

A importância da evolução dos sistemas computacionais nas mais diversas áreas é inquestionavelmente um avanço benéfico gerado pela tecnologia. A computação permite que atividades antes executadas manualmente, possam ser executadas automaticamente em segundos.

A programação desses sistemas computacionais auxilia as mais diversas atividades: realização de cálculos complexos, tomada de decisões, armazenamento de dados, processamento de imagens, edição de documentos, entre outros.

2.2.1 Linguagem de programação Java

Linguagem de programação é, de modo geral, uma forma dos humanos transmitirem aos computadores instruções e tarefas a serem realizadas. Dentre as mais variadas linguagens, a linguagem de programação Java se destaca pela sua simplicidade, confiabilidade, portabilidade e robustez.

A linguagem de programação Java, foi desenvolvida pela *Sun Microsystems* em 1991 e posteriormente adquirida pela *Oracle* em 2009. Java é atualmente a linguagem de

programação mais utilizada no mundo, dominando o mercado de aplicações para celulares e computadores.

A linguagem Java possui um diferencial incomum as outras linguagens pelo fato de possuir entre o código programável e o sistema operacional, a chamada máquina virtual, responsável por traduzir o que a aplicação deseja fazer para o respectivo sistema operacional onde ela está executando no momento. O fato de não precisar se preocupar em qual sistema operacional a aplicação será executada, torna o Java aceito por desenvolvedores e usuários de todos os sistemas operacionais.

O paradigma, ou seja, a estruturação que a linguagem Java utiliza é a orientação a objetos. Os objetos na programação abstraem a ideia dos objetos da vida real, recebendo atributos e métodos que executam ações baseadas nos atributos (DEITEL, 2003).

3 CAPÍTULO 3

3.1 METODOLOGIA

3.1.1 Tipo de estudo e embasamento teórico

Para a realização deste estudo, utilizou-se o procedimento técnico de pesquisa bibliográfica principalmente em publicações, com caráter exploratório.

A revisão bibliográfica, ou revisão da literatura, é a pesquisa de toda a bibliografia já publicada, em forma de livros, revistas, publicações avulsas e imprensa escrita. O seu objetivo é entrar em contato com todo o material escrito sobre um assunto específico, a fim de auxiliar o pesquisador na manipulação de informações e análises finais (MARCONI E LAKATOS, 2003).

Para realizar a análise dos fatores que influenciam na escolha de um sistema de fundação para um determinado local, tanto as características dos fatores, quanto as características de cada tipo de fundação foram estudadas e confrontadas. O estudo levou em conta bibliografias consagradas na área de fundações, artigos, trabalhos científicos e reportagens de revistas especializadas.

Os tipos de sistemas de fundações estudados e analisados pelo *software* são os sistemas disponíveis no mercado nacional brasileiro. Para cada sistema, realizou-se uma análise completa, descrevendo o método, suas vantagens e desvantagens.

Os fatores que influenciam na escolha de um determinado sistema de fundação, também foram explicados e justificados com embasamento teórico e científico, e posteriormente foram confrontados com os sistemas de fundações.

3.1.2 Método executivo

O *software* foi desenvolvido na linguagem de programação Java, e possibilita que o usuário insira informações sobre o local de execução de uma determinada obra. Com base nas entradas, o sistema computacional processa cada informação, comparando de que forma cada sistema de fundação reage a determinada característica do local. Dependendo da interação entre

as características e a fundação, pode ocorrer a não indicação de uso do sistema de fundação, a sua indicação de uso com algumas restrições ou a indicação de uso sem restrições, sendo que para cada restrição, ou não indicação de um sistema de fundação, uma justificativa é apresentada.

Para auxiliar no desenvolvimento do *software*, uma tabela resumo foi desenvolvida, a fim de compreender como a análise é realizada, como pode se observar na Tabela 1.

Tabela 1 - Relações entre sistemas de fundações e fatores que influenciam na sua escolha

	Pequeno Porte	Médio Porte	Grande Porte	Necessitam de equipamentos	Causam Vibração	Causam Ruídos	Abaixo do N.A.	Atravessa Matações	Possibilidade de estrangulamento do fuste em solos	Executa em terrenos muito inclinados
Sapatas	x	x	x	Não	Não	Não	Não	Sim	Não se aplica	Sim
Radier	x			Não	Não	Não	Não	Sim	Não	Não
Pré moldada concreto		x	x	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não
Pré moldada madeira		x		Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não
Pré moldada metálica		x	x	Sim	Não	Sim	Sim	Não	Não	Não
Franki		x	x	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Não
Apiloada	x			Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não	Sim
Omega			x	Sim	Não	Não	Sim	Não	Não	Não
Trado Manual	x			Não	Não	Não	Não	Não	Não	Sim
Trado Mecânico	x	x	x	Sim	Não	Não	Não	Não	Não	Não
Strauss	x	x		Sim	Não	Não	Sim	Não	Sim	Sim
Helice Contínua	x	x	x	Sim	Não	Não	Sim	Não	Não	Não
Estação			x	Sim	Não	Não	Sim	Não	Não	Não
Barrete			x	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Não	Não
Raiz		x	x	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Não	Não
Microestacas		x	x	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Não	Sim
Hollow Auger		x		Sim	Não	Não	Sim	Não	Não	Não
Tubulões		x	x	Não	Não	Não	Não	Sim	Não	Sim
Tubulão com ar comprimido		x	x	Não	Não	Não	Sim	Sim	Não	Sim

Fonte: Autor (2017)

O *software* foi testado com vários tipos de entradas de locais e solos diferentes, a fim de validar a sua aplicabilidade.

Ao final do trabalho, avaliou-se se o sistema computacional ajuda efetivamente o profissional na escolha do melhor tipo de fundação para um determinado local.

3.1.3 Dados do terreno analisados

Os dados analisados para cada terreno foram criteriosamente escolhidos baseados no que a literatura indica e no que é vivenciado na prática, considerados como fatores limitantes para a adoção de um determinado sistema de fundação. Os seguintes dados foram considerados quanto a obra e o terreno:

- Porte da obra: O porte de uma obra influencia diretamente na escolha de um sistema de fundação, item considerado eliminatório. Cada tipo de obra necessita de um sistema de fundação compatível com seu porte. Caso um sistema de porte inferior ao exigido pela

obra for escolhido, possivelmente acarretará em esforços maiores que os exigidos por um sistema adequado para alcançar o objetivo, aumentando o tempo de execução e consequentemente aumentando os custos. Já o emprego de um sistema de fundação superior ao exigido pela obra possivelmente demandará de equipamentos e processos complexos, promovendo o aumento do custo. O porte é definido de acordo com a quantidade de carga que chega a fundação, pois é ela que restringirá a utilização de certos sistemas de fundação. Para efeito deste trabalho, considera-se obra de pequeno porte, aquelas que geram cargas de até 400 KN por pilar, médio porte entre 400 KN e 1500 KN e grande porte acima de 1500 KN por pilar.

- Resistência do solo para fundações rasas: A resistência do solo nas primeiras camadas é fundamental para fundações rasas, sem o qual inviabiliza sua execução. Este dado importante é obtido por sondagem SPT.
- Cota do nível d'água: Alguns sistemas de fundações não são capazes de executar abaixo do nível do lençol freático, porém não inviabiliza a utilização, restringindo sua utilização até cota superior ao nível d'água.
- Possibilidade de acesso a equipamentos: Terrenos de difícil acesso, em áreas não urbanizadas, podem dificultar o acesso de equipamentos necessários para a execução do sistema de fundação.
- Edificações precárias na vizinhança: A ocorrência de vibrações geradas pela execução das fundações, podem em certos casos danificar as edificações vizinhas, principalmente se estas edificações forem antigas. Este item também é considerado eliminatório, inviabilizando a escolha de sistemas de fundações que causam vibrações, caso houver edificações em estado precário na vizinhança.
- Edificações vizinhas que não podem ser expostas a ruídos: Há certos locais que não podem estar suscetíveis a ruídos, a exemplo de hospitais, creches e asilos. Alguns sistemas de fundações geram muito ruído em sua execução, não sendo recomendado seu emprego caso houver edificações vizinhas com estas características. Não há restrição técnica ou legal sobre o assunto, mas o bom senso deve prevalecer.
- Presença de matacões: Matacões são fragmentos de rochas encontrados em meio ao solo, os quais alguns tipos de sistemas de fundações não conseguem atravessá-lo, inviabilizando seu uso.

- Presença de topo rochoso: A presença de rocha não inviabiliza a utilização dos sistemas de fundação, porém dependendo da profundidade do topo rochoso e das cargas atuantes, a utilização de sistemas que não perfuram rocha se torna inviável.
- Presença de solos moles saturados: A presença de solos moles saturados pode causar o estrangulamento do fuste em alguns sistemas de fundações que dependem do furo estável para realizar a concretagem. Mesmo os sistemas que são revestidos por tubos metálicos, podem sofrer com este tipo de solo, pois qualquer movimento brusco na retirada dos tubos o estrangulamento pode ocorrer, perdendo a estaca.

3.1.4 Concepção do sistema

O *software* desenvolvido tem como objetivo ajudar profissionais e estudantes da área de engenharia de fundações na escolha do sistema de fundação que melhor se enquadra para uma determinada obra e terreno.

Por usar a tecnologia Java, o presente *software* pode ser executado em qualquer aparelho eletrônico que possuir uma JVM (Máquina Virtual Java). Porém as configurações de interface não são garantidas, pois o mesmo foi desenvolvido e testado apenas em ambiente *Windows*.

Os 19 sistemas de fundações considerados pelo *software* foram criados diretamente nas linhas de código, não sendo possível a inclusão, edição e exclusão de um sistema de fundação. Isso se deve ao fato do sistema desenvolvido não fazer uso de um sistema de banco de dados, portanto nenhum item utilizado ou gerado pelo programa é salvo para posterior uso.

3.1.5 Desenvolvimento do algoritmo

Para ajudar no desenvolvimento do algoritmo, foi feito uso do framework *netbeans*, o qual oferece ferramentas necessárias para criar aplicativos *desktop* e *web* para diversas linguagens de programação, como Java, C, C++, PHP entre outras.

A linguagem de programação Java, utilizada para o desenvolvimento do *software* é classificada como orientada a objetos. Neste tipo de linguagem, cada objeto do mundo real pode ser abstraído em uma classe que o representará. A Figura 22, traz a representação da classe Fundação, a qual representa um sistema de fundação. A classe possui os atributos: nome, radier,

sapata, portePequeno, porteMedio, porteGrande, necessitaEquipamentos, vibracao, ruído, abaixoNivelAgua, atravessaMatacoes, possibilidadeEstrangulamentoFuste, executaTerrenoInclinado e também uma lista de Restrições. A forma de escrita dos atributos sem acentuação e sem espaçamentos são imposições da linguagem de programação.

Figura 22: Classe Fundação do *software* implementado na linguagem Java

```

6   package base.classes;
7
8   import java.util.ArrayList;
9
10  /**
11   *
12   * @author Adriano
13   */
14  public class Fundacao {
15      private String nome;
16      private boolean radier;
17      private boolean sapata;
18      private boolean portePequeno;
19      private boolean porteMedio;
20      private boolean porteGrande;
21      private boolean necessitaEquipamentos;
22      private boolean vibracao;
23      private boolean ruído;
24      private boolean abaixoNivelAgua;
25      private boolean atravessaMatacoes;
26      private boolean atravessaSolosRigidos;
27      private boolean possibilidadeEstrangulamentoFuste;
28      private boolean executaTerrenoInclinado;
29      private ArrayList<Restricao> restricoes = new ArrayList<Restricao>();
30
31      public Fundacao() {
32          this.radier = false;
33          this.sapata = false;
34          this.portePequeno = false;
35          this.porteMedio = false;
36          this.porteGrande = false;
37          this.necessitaEquipamentos = false;
38          this.vibracao = false;
39          this.ruído = false;
40          this.abaixoNivelAgua = false;
41          this.atravessaMatacoes = false;
42          this.atravessaSolosRigidos = false;
43          this.possibilidadeEstrangulamentoFuste = false;
44          this.executaTerrenoInclinado = false;
45      }

```

Fonte: Autor (2017)

A classe também possui métodos “set” que atribuem valores aos atributos e os métodos “get” e “is” que retornam o valor do atributo, exemplificados na Figura 23.

Figura 23: Parte dos métodos “get”, “set” e “is” da classe Fundação

```

47 public String getName() {
48     return nome;
49 }
50
51 public void setName(String nome) {
52     this.nome = nome;
53 }
54
55 public boolean isRadier() {
56     return radier;
57 }

```

Fonte: Autor (2017)

Para cada tipo de fundação que este trabalho abrange, uma instância da classe Fundação foi criada, atribuindo suas respectivas configurações para seus atributos. A criação de um novo sistema de fundação no algoritmo é realizada pelo comando “new”, e a atribuição dos valores é feita através dos métodos “set”, a exemplo da criação da fundação *radier*, como mostra a Figura 24;

Figura 24: Instância (criação) de um novo sistema de fundação

```

2204 Fundacao radier = new Fundacao();
2205 radier.setName("Radier");
2206 radier.setRadier(true);
2207 radier.setPortePequeno(true);
2208 radier.setAtravessaMatacoes(true);
2209 radier.setAtravessaSolosRigidos(true);
2210 fundacoes.add(radier);

```

Fonte: Autor (2017)

Ao decorrer do processamento dos dados, quando for necessário utilizar um valor de um atributo da classe Fundação, os métodos “get” e “is” são utilizados, como mostra a Figura 25.

Figura 25: Utilização do método “is” e “get”

```

2516 private void analiseVibracao (TerrenoAnalisado terrenoAnalisado) {
2517
2518     log = log + "----- Análise de Vibração -----" + "\n";
2519
2520     for (Fundacao fundacao : fundacoes) {
2521
2522         if (terrenoAnalisado.isEdificacoesPrecariasVizinhas() && fundacao.isVibracao()) {
2523
2524             Restricao restricao = new Restricao();
2525             restricao.setNivel(1);
2526             restricao.setDescricao("A fundação " + fundacao.getNome() + " causa vibração, e o terreno possui edificações vizinhas precárias");
2527             fundacao.getRestricoes().add(restricao);
2528         }
2529     }
2530 }

```

Fonte: Autor (2017)

Neste caso os métodos “is” e “get” são utilizados para resgatar os valores dos atributos de edificação precária na vizinhança do terreno e se a fundação causa vibração. Com a obtenção

dos dados, o algoritmo os compara e caso o terreno tiver edificação precária na vizinhança e o sistema de fundação causar vibração, é gerado uma restrição.

3.1.6 Regras do algoritmo

O algoritmo proposto baseia-se em simples comparações, verificando para cada item analisado, se o sistema de fundação atende ou não tal requisito. O atendimento aos requisitos exigidos além de considerar informações de normas e literaturas pertinentes, aplica-se as boas práticas de engenharia, visando à economia, qualidade e segurança.

Inicialmente todos os sistemas de fundações são considerados aptos a utilização. Todos eles são carregados em uma lista, os quais são testados um a um com os dados informados pelo usuário sobre o terreno. Este processo é realizado em um laço de repetição, o qual testa um sistema de fundação da lista de fundações e posteriormente incrementa uma posição da lista, permitindo que a análise prossiga com o próximo sistema de fundação, até que a lista chegue ao seu final.

Para cada sistema de fundação, pode-se gerar restrições, as quais foram separadas em dois tipos para melhor entendimento e organização:

1. Tipo 1: Restrição total de uso da fundação;
2. Tipo 2: Recomendação parcial de uso, com restrições;

Assim, a cada verificação não atendida considerada eliminatória, o sistema de fundação é marcado como não recomendado (Tipo1), ou recomendado com restrições (Tipo 2), acompanhado de uma mensagem explicativa do motivo de tal classificação.

3.1.6.1 Verificação de porte da obra com o sistema de fundação

A primeira verificação realizada é quanto ao porte da obra, que pode ser pequena, média ou grande. Gera-se desta forma 3 análises:

- Obra de porte pequeno e fundação não indicada para porte pequeno;
- Obra de porte médio e fundação não indicada para porte médio;
- Obra de porte grande e fundação não indicada para porte grande;

Quando uma ou mais destas verificações forem verdadeiras, o algoritmo gera uma restrição do tipo 1, juntamente com uma mensagem, indicando que não é possível o emprego do sistema de fundação em questão devido a sua não compatibilidade do porte da obra.

Esta verificação é eliminatória, portanto as fundações que não se enquadrarem no respectivo porte são consideradas não recomendadas para o local analisado.

3.1.6.2 Verificação quanto ao nível d'água

A segunda verificação realizada é mais simples, pois não gera nenhuma eliminação de fundação, ou seja, nenhum sistema de fundação pode ser considerado não recomendado pelo motivo de nível d'água, pois existe a possibilidade de executar o sistema de fundação considerando apenas camadas de solo acima do nível d'água, ou ainda a possibilidade de realizar drenagem.

Esta verificação realiza alguma ação apenas se o sistema de fundação não executa abaixo do nível d'água, gerando uma restrição do tipo 2, enquadrando o sistema de fundação como recomendada com restrição.

3.1.6.3 Análise de SPT para fundações diretas

As fundações diretas possuem uma peculiaridade em relação às demais, que é a necessidade de solos resistentes nas primeiras camadas para a sua viabilidade. Desta forma, se faz necessário a análise do NSPT dos primeiros metros do terreno, a fim de verificar sua empregabilidade.

Esta análise apenas é feita para os sistemas de fundação *radier* e sapata, onde é analisado se o NSPT do terreno é maior ou menor que os valores de 6 e 15. Caso o valor for menor que 6, gera-se uma restrição do tipo 1 inviabilizando a utilização. Porém se o NSPT do terreno estiver entre 6 e 15, uma restrição do tipo 2 é gerada, indicando que para o emprego do respectivo sistema de fundação é necessária a realização de investigações adicionais.

3.1.6.4 Análise de acesso de equipamentos

Outra verificação simples é realizada comparando se o terreno analisado possui acesso a equipamentos com as fundações que necessitam de equipamentos para serem executadas. Caso o terreno não possui acesso a equipamentos e o sistema de fundação analisado necessite de equipamentos, uma restrição do tipo 1 é gerada, inviabilizando a utilização do sistema de fundação.

3.1.6.5 Análise de vibração

A análise de vibração também é realizada a partir de uma comparação simples. Caso o terreno possuir edificações precárias vizinhas e o sistema de fundação analisado gerar vibração em sua execução, uma restrição do tipo 1 é gerada, inviabilizando sua utilização.

3.1.6.6 Análise de ruídos

A análise de ruídos segue o mesmo procedimento. Caso o terreno possua edificações que não possam ser expostas a ruídos e o sistema de fundação analisado gerar ruídos em sua execução, uma restrição do tipo 2 é gerada, indicando que o sistema de fundação poderá ser utilizado, porém com restrições.

3.1.6.7 Verificação de travessia de matacões

Da mesma forma, a verificação de atravessamento de matacões é realizada com simples comparação. Caso o terreno possua matacões e o sistema de fundação analisado não atravesse matacões, uma restrição do tipo 2 é gerada, indicando que o sistema de fundação poderá ser utilizado, porém deve-se verificar e dimensionar profundidades das estacas e evitar apoio sobre pedras.

3.1.6.8 Verificação do nível de topo rochoso

Aproveitando a configuração da característica sobre travessia de matacões dos sistemas de fundações, o *software* realiza a verificação de presença de topo rochoso. Caso o terreno possua topo rochoso e o sistema de fundação analisado não atravesse matacões (blocos de rochas), uma restrição do tipo 2 é gerada informando que o sistema de fundação poderá ser utilizado, porém não se pode executar as fundações com profundidade maior que a cota do topo rochoso.

3.1.6.9 Verificação de estrangulamento de fuste

Outro caso de comparação simples é a verificação de estrangulamento de fuste. Caso o terreno tiver presença de solos moles saturados e o sistema de fundação analisado possua a condição de estrangulamento do fuste, uma restrição do tipo 1 é gerada, inviabilizando a sua utilização.

3.1.6.10 Verificação da inclinação do terreno

Por fim é executada a verificação da inclinação do terreno. Neste caso há uma condição especial se o sistema de fundação analisado for o *radier*, pois o mesmo necessita de um terreno plano para a sua execução. Portanto, se o terreno analisado for muito inclinado e o sistema de fundação analisado for o *radier*, uma restrição do tipo 1 é gerada, e é indicado que para esta fundação há a necessidade de um terreno plano.

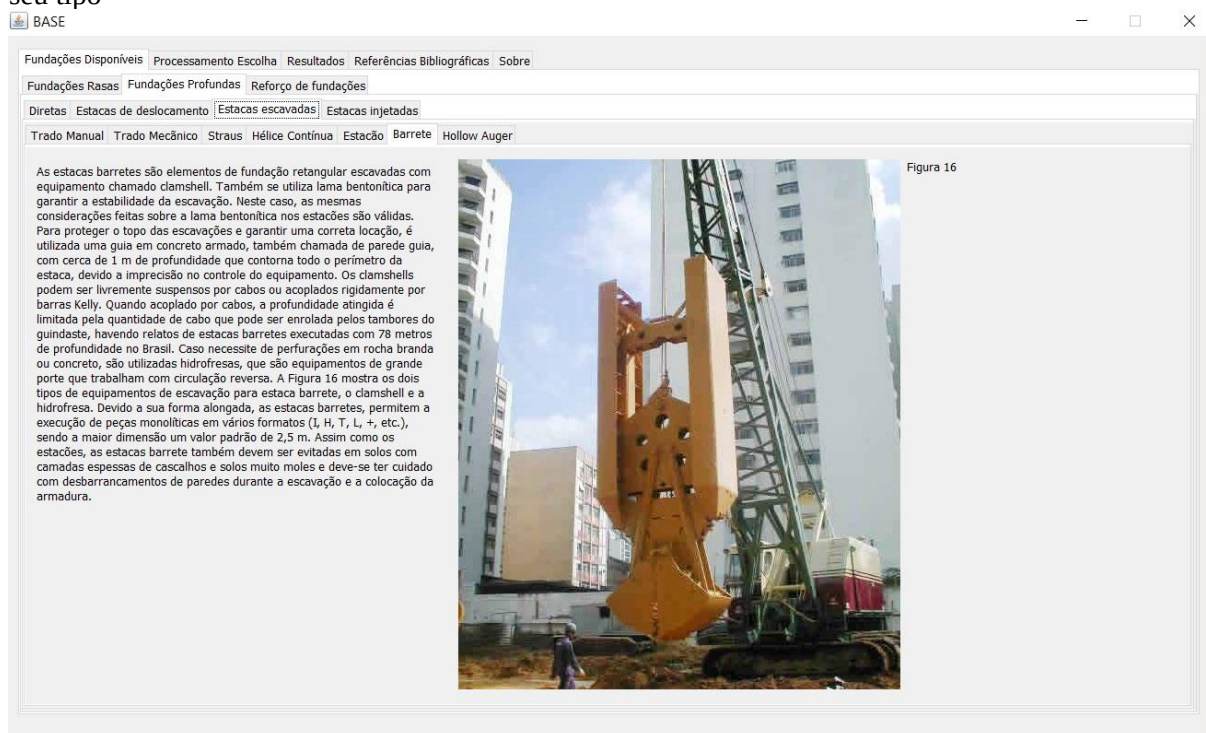
Para as demais fundações a comparação é realizada a fim de verificar a possibilidade de tombamento dos equipamentos. Portanto se o terreno for muito inclinado e o sistema de fundação necessitar de equipamentos grandes que não executam em terrenos muito inclinados, uma restrição do tipo 1 é gerada, inviabilizando a sua utilização.

3.1.7 Interface do *software*

A interface do *software* é de fácil entendimento e usabilidade, mostrando de forma intuitiva as informações que se dispõe a mostrar e uma fácil coleta de dados necessários para o processamento.

O *software* disponibiliza informações dos 19 sistemas de fundação que são consideradas no processamento, além da fundação mega, que por ser um sistema apenas de reforço, não é considerada no processamento de escolha. Para acessar cada sistema de fundação, o usuário deve ir selecionando sua tipologia, até encontrá-la. Na Figura 26 podemos visualizar a tela mostrando a fundação barrete, a qual é do tipo estaca escavada e profunda. Este módulo do sistema possibilita o seu uso como ferramenta de estudo e aprendizado.

Figura 26: Pannel que mostra dados e imagens sobre as fundações disponíveis, classificando conforme seu tipo



Fonte: Autor (2017)

A próxima “aba” do sistema possibilita realizar o processamento. É necessária a seleção do porte da obra, o preenchimento de campos obrigatórios e a seleção de respostas sim/não a algumas perguntas necessárias para caracterizar a obra e o local de execução, como mostra a Figura 27.

Figura 27: Tela de configuração da obra e terreno para o processamento

BASE

Fundações Disponíveis | **Processamento Escolha** | Resultados | Referências Bibliográficas | Sobre

Porte Obra

☒ Pequeno Porte
☐ Médio Porte
☐ Grande Porte

Dados SPT

N SPT nos primeiros metros:
 Cota do nível d'agua:

Dados Gerais da Obra

Possui Acesso a equipamentos? ☒ Sim ☐ Não
 Há edificações precárias na vizinhança? ☐ Sim ☒ Não
 Há edificações vizinhas que não podem ser expostas ao ruído? ☐ Sim ☒ Não
 Há presença de matacões no solo? ☐ Sim ☒ Não
 Há presença de topo de rocha para apoio de fundação? ☐ Sim ☒ Não
 Há presença de solos moles saturados? ☐ Sim ☒ Não
 O terreno possui grande inclinação? ☐ Sim ☒ Não

Processar

Fonte: Autor (2017)

Após o preenchimento dos campos necessários e o acionamento do botão “Processar”, em milissegundos o resultado é mostrando na tela “Resultados” ao lado. A Figura 28 traz a tela de resultados, com os campos para exibição das fundações recomendadas, as fundações que são recomendadas com restrição e as não recomendadas. Selecionando uma fundação em algum desses 3 campos, é exibido o detalhamento do motivo que ela foi classificada como tal no campo “Detalhamento”. Abaixo também é mostrado o log do processamento. Ainda há a possibilidade de ver detalhes sobre a fundação selecionada, clicando no botão “Ver detalhe sobre a fundação”, o qual faz com que o *software* exiba informações e imagem sobre a mesma.

Figura 28: Tela de resultados

Fonte: Autor (2017)

O *software* conta ainda com algumas informações extras para auxiliar o usuário no momento da configuração do local a ser testado. Estas informações aparecem quando o usuário posiciona o “mouse” sobre um texto, e em alguns segundos é mostrada sobre o campo uma mensagem explicativa, como mostra a Figura 29. O Apêndice A traz um manual de como baixar e executar o software.

Figura 29: Exemplo de informação auxiliar mostrada sobre o questionamento de presença de topo de rocha

Fonte: Autor (2017)

4 CAPÍTULO 4

4.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para validação do *software*, realizou-se a aplicação em dois casos reais de terrenos na cidade de Cascavel-PR. As sondagens SPT foram fornecidas pela empresa de fundação Fungeo, as quais se encontram nos Anexos A e B.

O primeiro terreno considerado tem a sondagem SPT identificada pelo seu número 012417, a qual foi realizada nos dias 24 e 25 de janeiro de 2017 na Rua Minas Gerais esquina com a Rua Vicente Machado, centro de Cascavel-PR.

Os dados necessários para realizar a análise foram obtidos junto à empresa de fundações, assim como análise do entorno da obra e da sondagem SPT.

A obra, ainda não iniciada, trata-se de um edifício residencial de grande porte, com cargas aproximadas de 500 toneladas por pilar. O terreno está localizado na região central da cidade, possuindo acesso a equipamentos e pouca inclinação. A vizinhança é composta por edifícios residenciais com no máximo 15 anos de construção, sendo assim não há restrições quanto à vibração e ruídos.

Analizando-se a respectiva sondagem SPT encontrou-se os seguintes dados para o processamento:

- NSPT nos primeiros metros: 15;
- Nível d'água: 15,2 m;
- Há presença de matacões ou rocha a 28,04 m;
- Não há presença de solos moles saturados;

O *software* foi configurado com os dados obtidos, conforme mostra a Figura 30. Neste caso, optou-se por não marcar “sim” para a presença de rocha a 28,04 metros pois traria restrições indevidas sobre a escolha dos sistemas de fundação.

Figura 30: *Software* BASE configurado com os dados do terreno 1

The screenshot shows the BASE software interface with the following configuration details:

- Menu Bar:** Fundações Disponíveis, Processamento Escolha, Resultados, Referências Bibliográficas, Sobre.
- Porte Obra:**
 - ☐ Pequeno Porte
 - ☐ Médio Porte
 - ☒ Grande Porte
- Dados SPT:**
 - N SPT nos primeiros metros:
 - Cota do nível d'água:
- Dados Gerais da Obra:**
 - Possui Acesso a equipamentos? ☒ Sim ☐ Não
 - Há edificações precárias na vizinhança? ☐ Sim ☒ Não
 - Há edificações vizinhas que não podem ser expostas ao ruído? ☐ Sim ☒ Não
 - Há presença de matacões no solo? ☐ Sim ☒ Não
 - Há presença de topo de rocha para apoio de fundação? ☐ Sim ☒ Não
 - Há presença de solos moles saturados? ☐ Sim ☒ Não
 - O terreno possui grande inclinação? ☐ Sim ☒ Não
- Buttons:** Processar

Fonte: Autor (2017)

Após realizar o processamento, o *software* gerou os resultados, como mostra a Figura 31.

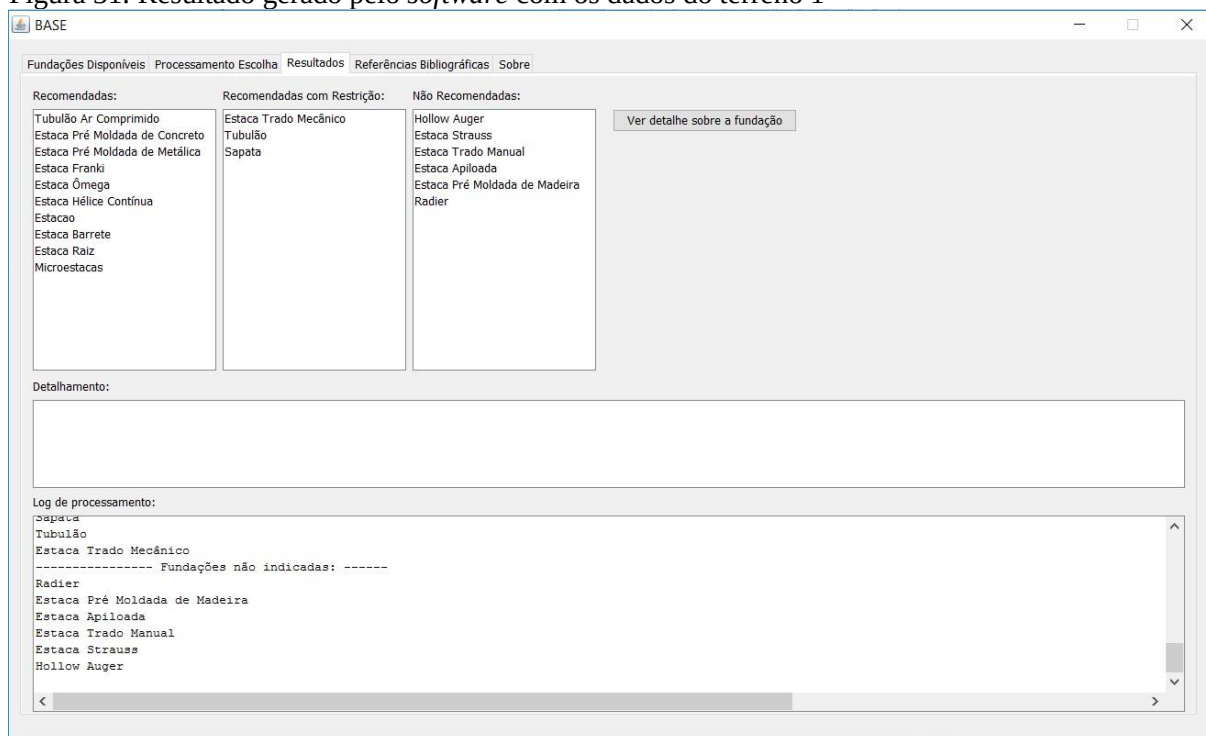
As fundações indicadas pelo *software* foram: Tubulão a ar comprimido, estacas pré-moldada de concreto, estaca pré-moldada metálica, estaca *Franki*, estaca Ômega, estaca hélice contínua, estacão, estaca barrete, estaca raiz e microestacas. O grande número de opções validadas pelo *software* são reflexos de poucas restrições existentes nos dados de entrada.

Já as fundações indicadas com restrição foram: estaca com trado mecânico, tubulão e sapata. A restrição gerada a todas é a mesma, que a fundação não pode ser executada abaixo do nível d'água, sendo assim não se pode executar a fundação com mais de 15 metros de profundidade, cota esta do nível d'água. Apesar do sistema de fundação em sapatas ser uma fundação rasa, a restrição é gerada, pois há a hipótese de execução de 5 subsolos de 3 metros, chegando assim a apoiar a sapata na cota -15 metros.

As fundações não recomendadas foram: *Hollow Auger*, estaca *Strauss*, estaca trado manual, estaca apiloada, estaca pré-moldada de madeira e *radier*. Todos os sistemas de fundações foram eliminados pela não compatibilidade de porte de obra. Os sistemas que não

podem ser executados com presença do lençol freático, *Strauss*, trado manual, apiloada e *radier* também receberam restrição de não execução abaixo do nível d'água.

Figura 31: Resultado gerado pelo *software* com os dados do terreno 1



Fonte: Autor (2017)

O segundo terreno analisado possui a sondagem número 030617, realizada no dia 08/03/2017, localizada na Rua Londrina, centro de Cascavel-PR. Como não foi informado o número predial, presumiu-se que seja uma região baixa, pois possui lençol freático a apenas 5,8 m de profundidade. Neste caso, para o *software* analisar mais situações, considerou-se que o terreno se localiza próximo a uma edificação muito antiga e também próximo a um hospital, gerando restrições de vibração e ruídos. O porte da obra considerado é médio, sendo uma edificação residencial. Por ser localizado em uma região central da cidade, o terreno possui pouca inclinação e tem total acesso a equipamentos.

Analisando-se a respectiva sondagem SPT encontrou-se os seguintes dados para o processamento:

- NSPT nos primeiros metros: 5;
- Nível d'água: 5,8 m;
- Há presença de rocha ou matacão na cota 8,8 m;
- Não há presença de solos moles saturados;

O *software* foi configurado com os dados obtidos, conforme mostra a Figura 32.

Figura 32: *Software* BASE configurado com os dados do terreno 2

BASE

Fundações Disponíveis | Processamento Escolha | Resultados | Referências Bibliográficas | Sobre

Porte Obra

☐ Pequeno Porte

☒ Médio Porte

☐ Grande Porte

Dados SPT

N SPT nos primeiros metros:

Cota do nível d'água:

Dados Gerais da Obra

Possui Acesso a equipamentos? ☒ Sim ☐ Não

Há edificações precárias na vizinhança? ☒ Sim ☐ Não

Há edificações vizinhas que não podem ser expostas ao ruído? ☒ Sim ☐ Não

Há presença de matacões no solo? ☒ Sim ☐ Não

Há presença de topo de rocha para apoio de fundação? ☒ Sim ☐ Não

Qual a profundidade do topo rochoso?

Há presença de solos moles saturados? ☐ Sim ☒ Não

O terreno possui grande inclinação? ☐ Sim ☒ Não

Fonte: Autor (2017)

Após realizar o processamento, o *software* gerou os resultados, como mostra a Figura 33.

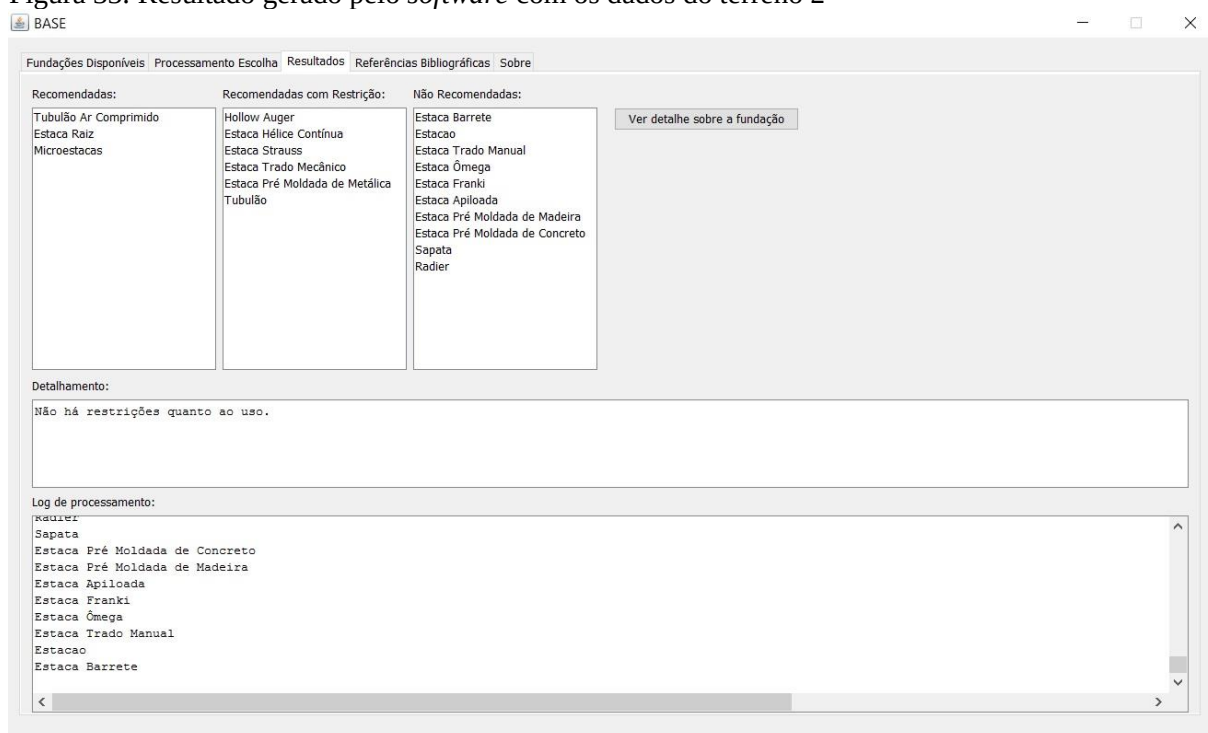
As fundações recomendadas foram: tubulão a ar comprimido, estaca raiz e microestacas. As poucas opções validadas são resultado das muitas restrições impostas pelo terreno, principalmente a presença de matacões, topo rochoso e nível d'água próximo a superfície, onde permanecem indicadas sem nenhuma restrição, apenas sistemas de fundação que podem perfurar rocha e não são influenciadas pelo nível d'água.

As fundações recomendadas com restrição foram a *Hollow Auger*, hélice contínua, *Strauss*, trado mecânico, pré-moldada metálica e tubulão, sendo que apenas com exceção do tubulão, todos sistemas apresentaram restrição quanto a presença de matacões e topo rochoso, sendo necessários verificações adicionais no caso de matacões e apoio de no máximo 8,80 m das estacas em caso de topo rochoso. O sistema de trado mecânico, também apresentou restrição de execução abaixo do nível do lençol freático assim como o tubulão. Também foi gerada uma restrição de não utilização da estaca pré-moldada metálica, a qual gera ruídos pelo seu processo executivo.

As demais fundações foram classificadas como não recomendadas. Os sistemas de fundação barrete, estacão, trado manual, ômega, apiloada e *radier* não foram validados devido ao porte de obra incompatível com o sistema de fundação. As estacas *Franki*, pré-moldadas de madeira, pré-moldadas de concreto e novamente a apiloada geraram restrições de utilização devido aos seus métodos executivos gerar vibrações nas edificações vizinhas precárias.

As fundações diretas *radier* e sapata, tiveram a sua inviabilidade aferida pela não execução em solos com NSPT menor que 6.

Figura 33: Resultado gerado pelo software com os dados do terreno 2



Fonte: Autor (2017)

5 CAPÍTULO 5

5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho propôs o desenvolvimento de um *software* de cunho acadêmico para auxiliar na tomada de decisões quanto à escolha de fundações para um determinado local, que foi desenvolvido na linguagem de programação Java.

O *software* não foi integrado com um sistema de banco de dados, desta forma, apresenta a característica de não permitir a entrada de novos sistemas de fundações, assim como novas restrições para ser analisadas pelo mesmo, porém pode ser adicionado futuramente caso necessário.

Com a aplicação do *software* em exemplos reais em dois terrenos na cidade de Cascavel-PR, realizou-se a análise dos resultados gerados e verificou-se que as respostas de indicação, indicação com restrições e não indicações dos sistemas de fundações fornecidas foram coerentes com a literatura embasada e que normalmente são especificadas por profissionais da área, validando-se assim o *software*.

O *software* tem grande utilidade ainda como uma ferramenta de aprendizado, visto a sua fácil usabilidade e a grande gama de informações a respeito de fundações que possui. O trabalho contempla 19 sistemas de fundações, descrevendo-as, ilustrando-as e apontando as principais vantagens e desvantagens. O mesmo está disponível a toda comunidade acadêmica que desejar utilizá-lo, a fim de entender melhor as relações do solo com os sistemas de fundações existentes. Juntamente com o *software*, foi desenvolvido um manual técnico do mesmo, de modo a facilitar seu acesso, uso e aplicação, o qual encontra-se no Apêndice A.

Apesar da validação do *software*, o mesmo deve ser utilizado apenas para auxiliar nas investigações para escolha do melhor sistema de fundação a ser empregado em um determinado local. Uma escolha definitiva deve ser realizada por um profissional segundo um estudo criterioso das cargas e as demais variáveis pertinentes tratadas neste trabalho, assim como a viabilidade econômica e de logística, não abordadas no mesmo. Assim sendo, a escolha de um sistema de fundação deve ser tomada utilizando a orientação técnica de um profissional capacitado e não apenas com o uso indiscriminado do *software*.

6 CAPÍTULO 6

6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Devido à complexidade da área em que este trabalho se enquadra, trabalhos correlatos podem ser desenvolvidos objetivando a complementação do mesmo:

- ✓ Desenvolver e integrar o *software* existente com um sistema de banco de dados.
- ✓ Implementar a partir da interação com o sistema de banco de dados, cadastros de itens referentes ao *software*, a exemplo de sistemas de fundações, terreno, entre outros.
- ✓ Incluir no trabalho e nas análises do algoritmo novos itens necessários de serem levados em consideração para a escolha de um sistema de fundação que se tornarem pertinentes ao decorrer do tempo, assim como novos sistemas de fundações que vierem a existir.

REFERÊNCIAS

ALONSO, U. R. **Exercícios de Fundações**. 13 ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1983.

ALVA, G. M. S. **Projeto Estrutural de Sapatas**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria – Centro de Tecnologia, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 6122/1996. **Projeto e execução de fundações**. Rio de Janeiro: ABNT, 1996.

_____, NBR 6122/2010. **Projeto e execução de fundações**. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

_____, NBR 6502/1993. **Rochas e Solos**. Rio de Janeiro: ABNT, 1993.

_____, NBR 6122/1996. **Projeto e execução de fundações**. Rio de Janeiro: ABNT, 1996.

_____, NBR 6484/1997. **Solo – Sondagens de simples reconhecimento com SPT – Método de ensaio**. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

_____, NBR 9062/2001. **Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado**. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

BARRETO, W. G. **Projeto de uma perfuratriz multifuncional para execução de estacas e desenvolvimento de um ensaio de campo que utiliza o sistema de monitoração eletrônica da perfuratriz**. 2014. Dissertação (Doutorado em Geotecnia) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos – SP.

BRAGA, V. D. F. **Estudo dos tipos de fundações de edifícios de múltiplos pavimentos na região metropolitana de Fortaleza**. 2009. Dissertação (Graduação em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

BRASIL. Lei nº 6.888, de 21 de Junho de 1993.

CINTRA, J. C. A.; AOKI, N.; ALBIERO, J. H. **Fundações diretas: projeto geotécnico**. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

DEITEL, H. M. **Java Como Programar**. 4 ed. Porto Alegre: Bookman, 2003.

DÓRIA, L. E. S. **Projeto de estrutura de fundação em concreto do tipo radier**. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil – Estruturas) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió.

GONÇALVES, R. L. **Estudo do comportamento de estacas apiloadas em solo colapsível da região de Londrina/PR**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Edificações e Saneamento) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

HACHICH, W.; FALCONI, F. F.; SAES, L. J.; FROTA, O. G. R.; CARVALHO, S. C.; NIYAMA, S. **Fundações: Teoria e prática**. 2 ed. São Paulo: Pini, 1998.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 5ª ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MELHADO, S. B.; SOUZA, U. E. L.; BARROS, M. M. S. B.; FRANCO, L. S.; HINO, M. K.; GODÓI, E. H. P.; HOO, G. K.; SHIMIZU, J. Y. **Fundações**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia de Construção Civil, 2002.

NETO, J. A. A.; KOCHEN, R. Estacas hélice contínua e ômega: aspectos executivos. **Engenharia**, São Paulo, n. 556, p 88-93, 2003.

SANEPAR, **Especificações – Fundações e Estruturas**. 4ª ed. Curitiba, 2012.

APÊNDICE A – MANUAL – SOFTWARE BASE

**CENTRO UNIVERSITÁRIO FAG
ADRIANO DOUGLAS GIRARDELLO**

MANUAL – SOFTWARE BASE

**CASCABEL
2017**

INTRODUÇÃO

O BASE é um software desenvolvido para auxiliar na tomada de decisão, quanto as escolhas dos tipos de fundações a serem empregadas em um determinado local. O mesmo faz parte do Trabalho de Conclusão de Curso do Centro Universitário FAG – Faculdade Assis Gurgacz, e foi desenvolvido pelo acadêmico Adriano Douglas Girardello com a orientação do professor Me. Eng. Civil Maycon André de Almeida.

DISPONIBILIZAÇÃO DO SOFTWARE

O software BASE está disponível para download no seguinte link: https://mega.nz/#!i95mSBQa!g1fycJcGtuh7qrQak5Va8J_VK0OwFeg9bFySLbeBLLY.

O software BASE é desenvolvido na linguagem Java, portanto para executá-lo é necessário ter a Máquina Virtual Java instalada em seu computador. Caso não tenha, segue o link para download: https://www.java.com/pt_BR/download/.

FUNCIONALIDADES DO SOFTWARE

O sistema ajuda o profissional na tomada de decisão quanto ao melhor sistema de fundação a ser utilizado para um determinado local, além de ser um meio de estudos sobre os diferentes métodos de fundações existentes no mercado nacional brasileiro.

Na aba “Fundações Disponíveis” o software BASE disponibiliza as fundações que ele contempla, descrevendo e exemplificando-as através de imagens.

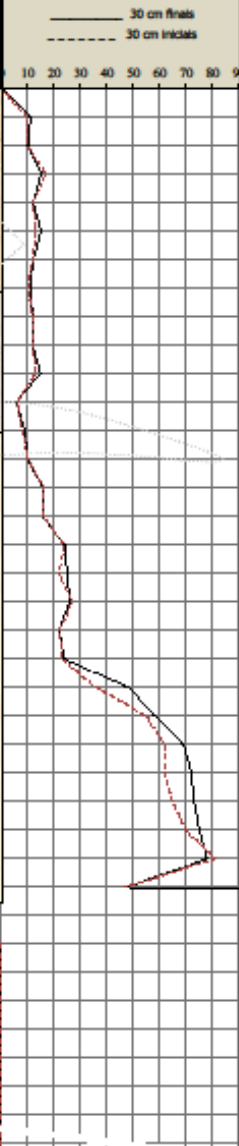
Na aba “Processamento Escolha” é possível fazer a configuração de um determinado local para que após clicar em “Processar” o software possa realizar o processamento e determinar as possíveis soluções de fundações baseada no local. Para realizar o processamento, é necessário o preenchimento de campos numéricos e responder a questões que o software levanta com o preenchimento de caixas de seleção.

Na aba “Resultados”, o resultado do processamento é exibido, mostrando as fundações recomendadas, recomendadas com restrição e as não recomendadas. Clicando sobre cada uma delas, é possível visualizar os motivos que levou o software a classificá-la com tal recomendação. Logo abaixo é possível visualizar o histórico de processamento do software. Há também o botão “Ver detalhe sobre a fundação”, que quando clicado, mostra os detalhes sobre a fundação que está selecionada em uma das 3 caixas de texto ao lado.

O software ainda traz todo o referencial bibliográfico em que foi baseado, e também informações sobre o desenvolvedor do mesmo na aba “Sobre”.

Maiores informações sobre o *software* encontram-se no trabalho de conclusão de curso que o originou.

ANEXO A – SONDAGEM SPT 1

 FUNDAÇÕES E GEOLOGIA LTDA fungeo@fungeo.com.br (45) 3324-6102		Cliente: - Obra: R. MINAS GERAIS ESQ. R. VICENTE MACHADO Local: CASCAVEL - PR						
FUNDAMENTAÇÕES E GEOLOGIA								
Revestimento (m)	Processo de Perfuração	N.A. Final (m)	Nº de golpes/penetração	Índice SPT final/30cm	Anotações	Relatório de Sondagem N° 012417		
						Furo SPT 01	Cota relação R.N. Cota Inicial 100,200 Cota Final 72,160	
3,00	T.H.		0 0 0 0	0		SPT - Standard Penetration Test Camadas - Classificação dos solos		
	Perf. C.A.	15,20	5 5 6 11	1	ARGILA COM CARACTERÍSTICA DE ATERRO, TONALIDADE MARROM AVERMELHADA, CONSISTÊNCIA MÉDIA A RÍDA. Ocorrência de material orgânico marrom escuro em 5,45m.			
5 5 5 10			2					
9 8 7 15			3					
6 6 6 12			4					
6 7 8 15			5					
6 6 6 12			6					
5 5 6 11			7					
6 6 6 12			8					
6 6 6 12			9					
6 7 8 15			10					
3 3 3 6			11					
4 4 5 9			12					
5 5 5 10			13					
8 8 8 16			14					
8 8 8 16			15					
11 13 11 24			16					
11 11 14 25			17					
13 14 12 26			18					
12 10 12 22			19					
12 11 13 24			20					
15 21 27 48			21					
26 29 29 56			22					
30 32 37 69			23					
30 32 40 72			24					
30 35 38 73			25					
34 36 39 75			26					
40 41 37 78			27					
47,04			28					
			29	ARGILA, COR MARROM AVERMELHADA, OCORRÊNCIA DE GRÂNULOS DE QUARTZO, CONSISTÊNCIA RÍDA.				
			30					
	31							
	32							
	33							
	34							
	35							
	36							
	37							
Trado Helicoidal (T.H.) Circulação d'água (C.A.) N.A. Inicial: 14,00m. N.A. Final: 15,20m.			Amostrador Ø Interno 1 3/8" Ø Externo 2"		Revestimento Ø 2 1/2" Peso 65,0 kg Altura de queda 75,0 cm		Data de execução Início: 24/01/2017 Término: 25/01/2017	
Digitador: Helton E. Machado			Geólogo: Gerson A. Lorenzi - CREA-PR 21.205-D					
MATRIZ: CASCAVEL - Av. Carlos Gomes, 711, Bairro Faculdade - CEP: 85.819-350 - www.fungeo.com.br - fungeo@fungeo.com.br								

ANEXO B – SONDAGEM SPT 2

 FUNDAÇÕES E GEOLOGIA LTDA fungeo@fungeo.com.br (45) 3324-6102		Cliente: - Obra: R. LONDRINA Local: CASCAVEL - PR	
FUNDAMENTAÇÃO		Relatório de Sondagem N° 030617	
Revestimento (m)	Processo de perfuração	N.A. Final (m)	Prof. Camadas (m)
1,00	T.H.	Nível de água / penetração	Índice SPT final / 30cm
Perf. C.A.	5,80	0 0 0 0	0
		1 1 1 2	1
		1 1 1 2	2
		1 2 3 5	3
		2 2 3 5	4
		2 3 3 6	5,45
		2 3 4 7	6
		3 5 7 12	8,00
		10 11 14 25	8,80
			10
			11
			12
			13
			14
			15
			16
			17
			18
			19
			20
			21
			22
			23
			24
			25
			26
			27
			28
			29
			30
			31
			32
			33
			34
			35
			36
			37
Trado Helicoidal (T.H.) Circulação d'água (C.A.) N.A. Inicial: 4,30m. N.A. Final: 5,80m.		Amostrador Ø 2 1/2" Ø Interno 1 3/8" Peso 65,0 kg Ø Externo 2" Altura de queda 75,0 cm	
Data de execução Início: 08/03/2017 Término: 08/03/2017		Data de execução Início: 08/03/2017 Término: 08/03/2017	
Digitador: Helton E. Machado		Geólogo: Gerson A. Lorenzi - CREA-PR 21.205-D	
MATRIZ: CASCAVEL - Av. Carlos Gomes, 711, Bairro Faculdade - CEP: 85.819-350 - www.fungeo.com.br - fungeo@fungeo.com.br			