

**DESENVOLVIMENTO DE FERRAMENTA COMPUTACIONAL PARA  
DIMENSIONAMENTO DE FUNDAÇÃO EM SAPATA ISOLADA**

**DEVELOPMENT OF COMPUTATIONAL TOOL FOR SIZING FOUNDATION IN  
SPREAD FOOTING**

Pedro Rodrigues Neves<sup>1</sup>

Diana Morussi Azambuja Adam<sup>2</sup>

**RESUMO**

O dimensionamento de estruturas tem se difundido cada vez mais por meio de softwares, os quais implicam em ganho de velocidade, precisão e grau de detalhamento. A dinâmica para aplicar essa tecnologia ao cálculo de fundações, contudo, tem sido menos abrangente para alguns profissionais por conta dos altos custos e das dificuldades impostas por prazos e adaptação à tecnologia.

O caminho alternativo é de ofertar uma ferramenta acessível e que possa ampliar a qualidade de atendimento técnico – sobretudo a obras menores, em que o uso de sistemas computacionais não é tão presente.

As sapatas isoladas, portanto, são apresentadas como o modelo de fundação a ser objeto de estudo, uma vez que são grande maioria na concepção estrutural em construções de pequeno ou médio porte.

Palavras-chaves: Ferramenta. Dimensionamento. Fundação. Sapata.

**ABSTRACT**

The dimensioning of structures has become more and more widespread by means of software, which imply a gain in speed, precision and degree of detail. The dynamics to

---

<sup>1</sup> Acadêmico de Engenharia Civil pela Universidade Lasalle. E-mail: pedro.r.neves@hotmail.com. Data de entrega: 02 de julho de 2021.

<sup>2</sup> Professora do curso de Engenharia Civil pela Universidade Lasalle. Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. E-mail: diana.adam@unilasalle.edu.br.

apply this technology to foundation calculation, however, has been less comprehensive for some professionals due to high costs and the difficulties imposed by deadlines and adaptation to technology.

The alternative path is to offer an accessible tool that is accessible and that can expand the quality of technical service - especially for smaller works, where the use of computer systems is not so present.

Spread footing, therefore, are presented as the foundation model to be studied, since they are the vast majority in structural design in small or medium sized constructions.

Keywords: Tool. Sizing. Foundation. Spread Footing.

## **1. INTRODUÇÃO**

### **1.1. PROBLEMA DE PESQUISA**

As metodologias de cálculo na área da construção civil são, em grande parte, desempenhadas por softwares e dispositivos programados, os quais representam um custo poucas vezes acessível a pequenos ou novos trabalhadores. O projeto de fundação, por sua vez, alinhado a essa configuração de mercado, tem sido forte exemplo da realidade profissional, sobretudo em construções de pequena escala – como residenciais unifamiliares. Nesses casos, há alguns vícios relativos ao não uso dos programas disponíveis: adaptação das fundações entre obras distintas, cálculo superdimensionado ou inexistente e baixa resolução dos problemas paralelos à execução.

Os aplicativos de dimensionamento têm enorme capacidade de resolução, no entanto, tratando-se de estruturas mais singelas e de seus respectivos projetistas, muitas ferramentas ficam ociosas ao não serem demandadas. Essa situação, alinhada a um valor comercial proporcionalmente alto – R\$ 1.360,00 / mês (TQS, 2019) – torna a utilização pouco explorada nessa grandeza de projeto, em especial pelo agravante de os profissionais possuírem baixo potencial de investimento, e, concomitantemente, prazos acelerados típicos da contemporaneidade.

O resultado desse apontamento corrobora com Rebello (2008), o qual explica que um dos três fatores patológicos mais recorrentes é o projeto; mesma ideia

persistente em Cânovas (1988): uma origem comum para as anomalias é a inadequação da fundação. Nesse sentido, estudos como o de Silva & Bressani (1993) frisam a questão ao indicar que a maioria dos defeitos surgem antes mesmo da execução. Os novos softwares disponíveis, embora mais tecnológicos do que no século XX, não pressupõem um uso conciso, pois, de acordo com Silva & Bressani (1993), há um quesito tocante à concepção, entre outras palavras, à comum ausência de investigação de solo em obras pequenas.

A difusão de um mecanismo de cálculo mais acessível é, conseqüentemente, elementar para atuar na causa dos problemas, uma vez que o setor poderá suprimir uma série de inconvenientes pré-execução de forma singular: padronização da metodologia de trabalho do engenheiro, uso massivo pela fácil aplicabilidade e manuseio, elevação da qualidade em serviços menores – residências como exemplo – e estímulo a ações adjacentes ou antecedentes ao projeto, como sondagens e caracterizações de terreno. A medida, portanto, é uma ferramenta que tenha baixo valor e seja didática, de forma a instigar o seu uso entre os diferentes espectros ocupacionais.

## **1.2. QUESTÃO DE PESQUISA**

As obras menores têm suas fundações poucas vezes dimensionadas por meio de programas, uma vez que existam altos custos de implementação e demasiadas funções sobressalentes para o engenheiro, as quais acabam por apenas agregar no valor. O grande potencial desse contexto reside justamente na carência de melhoria em projetos nessa escala de construção; portanto, uma ferramenta acessível e didática é uma chave para amplificar o processo, mas de que forma se pode desenvolvê-la?

## **1.3. OBJETIVOS**

### **1.3.1. OBJETIVO GERAL**

Desenvolver, a partir das técnicas e procedimentos consagrados da bibliografia, uma ferramenta computacional capaz de dimensionar fundações em alternativa aos

softwares comerciais para engenheiros, em particular, ao nicho cuja a atuação é de menor abrangência.

### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Os objetivos específicos do presente trabalho são:

- ◆ Definir os critérios e autores que são diretrizes dos procedimentos de cálculo, os quais fundamentam a técnica física - matemática das fundações a serem projetadas;
- ◆ Apresentar a evolução de operação do sistema, partindo da alimentação das informações até a coleta dos resultados;
- ◆ Representar os mecanismos disponibilizados, tais como layout, gráficos e quantitativos, os quais dinamizam a ferramenta;

### **1.4. JUSTIFICATIVA**

As residências, ou, mais genericamente, obras pequenas, possuem infraestrutura normalmente menos dificultosas, as quais podem ter resolução por uma ferramenta mais específica e prática. A parcela de profissionais que integra esse campo, muito cativados pela menor complexibilidade estrutural e pelos custos, costuma não interagir com programas; logo, a existência do presente trabalho é propositiva à essa causa: permitir a integração dos engenheiros a um modelo de cálculo direto para fundações, especialmente para praticá-lo em projetos nas construções menores.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. SOFTWARES NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

A utilização dos softwares na construção civil, principalmente no setor de estruturas, está em constante ascensão e precisa ser rigorosamente considerada, uma vez que “Ignorar os benefícios proporcionados pela utilização de um computador

no projeto de edifícios é certamente um enorme passo para trás e que, no contexto atual, não faz mais sentido.” (KIMURA, 2018, p. 02). A partir da década de 1970, no Brasil, o cálculo estrutural teve começo com avanços no surgimento de computadores e na aplicação dos programas denominados STRESS e STRUDAL. Os dois se restringiam à determinação dos esforços solicitantes e suas deformações, conforme aponta Carvalho (2000).

O uso sistemático das ferramentas automatizadas, ainda segundo Carvalho (2000), levou ao surgimento de aplicativos capazes de agilizar os procedimentos de cálculo, no entanto, os mesmos decompunham a estrutura em partes mais simples – processo de discretização. O SISTRUT e TQS foram os marcos dessa tecnologia. Os desenvolvedores em universidades, finalmente, deram origem a um modelo de análise por elementos finitos – englobando a construção mais complexamente. Nesse sentido, programas como TQS, Cypecad e Eberick aprimoraram a metodologia e a ampliaram com opções de desenho e detalhamentos, fundamentando-se nas normas brasileiras e internacionais (LORENCETTI et al., 2017).

## **2.2. PATOLOGIAS DE DIMENSIONAMENTO DAS FUNDAÇÕES**

Os agentes patológicos são produtos de diferentes naturezas nas fundações, contudo, a ação humana é um ponto de partida através do projeto e do dimensionamento.

Uma fundação é o resultado da necessidade de transmissão de cargas ao solo pela construção de uma estrutura. Seu comportamento a longo prazo pode ser afetado por inúmeros fatores, iniciando por aqueles decorrentes do projeto propriamente dito, que envolve o conhecimento do solo, passando pelos procedimentos construtivos e finalizando por efeitos de acontecimentos pós-implantação, incluindo sua possível degradação. (MILITITSKY et al., 2015, p. 01).

As sapatas isoladas, tratando-se mais especificamente de fundações diretas, apresentam patologias típicas de concepção. Há fatores que, conforme Milititsky (2015), são determinantes no aparecimento de defeitos: não ordenamento executivo de maneira a privilegiar cotas mais profundas em primeiro lugar; adoção de perfil otimista, superestimando o comportamento do solo; distribuição aproximada dos elementos, sem análise de interação dos bulbos de tensões; falta de detalhamento

estrutural e, até mesmo, levantamento equivocado de solicitações; ausência de levantamento do solo, gerando dados insuficientes ou incorretos.

As sondagens, responsáveis por representar o perfil do solo, são comumente descartadas ou mal realizadas, gerando, portanto, implicações deveras significativas. Uma das anomalias mais frequentes encontradas nas fundações, de acordo com C&novas (1988), parte justamente da negligência no processo de investigação geotécnica. Sendo assim, o standard penetration test (ensaio mais difundido no Brasil) se torna um dos procedimentos mais importantes na elaboração de projetos, pois, segundo Milititsky (2015), obras de pequeno e médio porte sofrem com a inexistência de testes, resultando em 80% dos casos com mau desempenho serem em razão da adoção de soluções equivocadas – prática inaceitável, explica o autor.

## **2.3. FUNDAÇÕES EM SAPATAS ISOLADAS**

### **2.3.1. BULBO DE TENSÕES**

O bulbo de tensões, de acordo com Cintra (2011), na prática de fundações, tem profundidade ( $z$ ) relativa à geometria da sapata:

- ◆ Sapata circular ou quadrada:  $z = 2B$ , sendo  $B$  igual ao diâmetro ou lado
- ◆ Sapata retangular:  $z = 3B$ , sendo  $B$  igual ao lado menor
- ◆ Sapata corrida:  $z = 4B$ , sendo  $B$  igual ao lado da seção transversal

O solo sob a sapata isolada, portanto, deve ter parâmetros levantados apenas no maciço da espessura calculada. Dessa forma, mantendo-se a mesma configuração abaixo da base, O NSPT é estipulado como uma média entre as faixas de ensaio compreendidas no bulbo – assim como, caso haja, os valores de coesão, ângulo de atrito interno e peso específico. Cintra (2011) ainda explica que, na iminência de diferentes materiais, a avaliação precisa considerar sapatas fictícias nos topos de cada camada, cujas tensões são resultado do espraiamento – proporção  $1/2$  – da tensão inicial.

### **2.3.2. PARÂMETROS DE SOLO**

O ângulo de atrito interno ( $\phi$ ) e a coesão ( $c$ ), segundo Cintra (2011), têm valores com base na condição não drenada. Esta implicação existe pelo fato de a capacidade de carga aumentar com a dissipação da poropressão. De toda maneira, os parâmetros possuem correlação com o índice de resistência à penetração (NSPT), sendo a metodologia aplicada em acordo com Teixeira (1996) – Equação 1 e Equação 2:

$$c = 10\text{KPa} \times N_{spt} \quad (1)$$

$$\phi = \sqrt{20N_{spt}} + 15^\circ \quad (2)$$

O peso específico dos solos, na ocasião de não existirem ensaios laboratoriais para determiná-lo, pode ser adotado pela proposição de Godoy (1972) – conforme Tabela 1 para solos argilosos e Tabela 2 para solos arenosos:

Tabela 1 – Determinação de peso específico para solos argilosos

Peso específico dos solos argiloso		
$N_{spt}$	Consistência	Peso Específico (KN/m <sup>3</sup> )
$\leq 2$	Muito Mole	13
3 - 5	Mole	15
6 - 10	Média	17
11 - 19	Rija	19
$\geq 20$	Dura	21

Fonte: Godoy, 1972

Tabela 2 – Determinação de peso específico para solos arenosos

Peso específico dos solos arenosos				
$N_{spt}$	Compacidade	Peso Específico (KN/m <sup>3</sup> )		
		Areia seca	Úmida	Saturada
< 5	Fofa			
5 - 8	Pouca Compacta	16	18	19
9 - 18	Medianamente Compacta	17	19	20
19 - 40	Compacta			
> 40	Muito Compacta	18	20	21

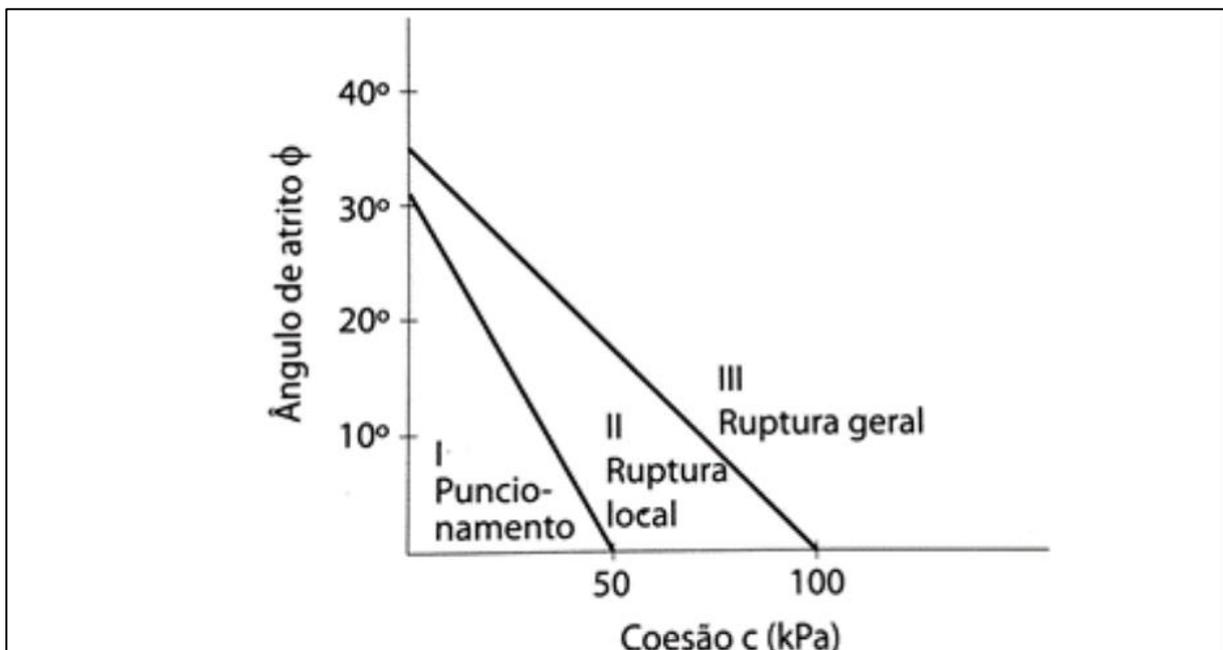
Fonte: Godoy, 1972

### 2.3.3. CAPACIDADE DE CARGA DOS SOLOS

Uma sapata possui sua respectiva área de contato com o solo, a qual, alinhada ao carregamento estrutural, dá razão à tensão de ruptura ( $\sigma_r$ ). A tensão admissível ( $\sigma_a$ ), por sua vez, surge da composição com o coeficiente de segurança vertical previsto – no mínimo 3 para fundações superficiais (ABNT, 2010).

A parte geotécnica do dimensionamento, segundo explica Cintra (2011), está presente na previsão da capacidade de carga do solo, isto é, na determinação de uma tensão capaz de gerar a ruptura do maciço sob a sapata isolada. O material, contudo, pode colapsar de diferentes maneiras: ruptura geral, ruptura por punção, e ruptura local. Tais processos podem ser descritos com base na racionalização proposta por Cintra (2011) em forma de gráfico, de acordo com a Figura 1.

Figura 1 – Modos de ruptura para solos coesivos e com ângulo de atrito interno



Fonte: Cintra, 2011

A identificação do modo de ruptura impacta diretamente na previsão da capacidade de carga, uma vez que há novo equacionamento para estimativa de coesão e ângulo de atrito interno. Nesse segundo estudo de parâmetros, a ruptura

geral utiliza o mesmo processo de Teixeira (1996) visto no item 2.3.2. O Puncionamento, entretanto, tem um mecanismo diferente, o qual é sugerido por Terzaghi (1943) – Equação 3 e Equação 4:

$$c^* = \frac{2}{3}c \quad (3)$$

$$\text{tg}\phi^* = \frac{2}{3}\text{tg}\phi \quad (4)$$

A ruptura local, conforme explica Cintra (2011), é uma região intermediária entre as possibilidades de rompimento; logo, os parâmetros podem ser identificados como a média entre os resultados encontrados em ruptura geral e ruptura por puncionamento.

A tensão de ruptura, a partir da caracterização da camada de solo, tem um equacionamento típico que avalia três fatores preponderantes de acordo com Terzaghi (1943): coesão do maciço, embutimento da sapata, e resistência do solo sob a base – compreendido no bulbo de tensões. A resolução final leva em consideração outros fatores adicionais, conforme Tabela 3, o quais foram finalizados por Hansen (1970) – Equação 5:

$$\sigma = (c N_c S_c d_c i_c b_c g_c) + (q N_q S_q d_q i_q b_q g_q) + (0,5B \gamma N_\gamma S_\gamma d_\gamma i_\gamma b_\gamma g_\gamma) \quad (5)$$

Tabela 3 – Síntese dos fatores de tensão de ruptura para sapatas isoladas

Fatores	Representação
N <sub>c</sub> , N <sub>q</sub> , N <sub>γ</sub>	capacidade de carga
S <sub>c</sub> , S <sub>q</sub> , S <sub>γ</sub>	fatores de forma
d <sub>c</sub> , d <sub>q</sub> , d <sub>γ</sub>	fator de profundidade
i <sub>c</sub> , i <sub>q</sub> , i <sub>γ</sub>	fator de inclinação da carga
b <sub>c</sub> , b <sub>q</sub> , b <sub>γ</sub>	fator de inclinação da base
g <sub>c</sub> , g <sub>q</sub> , g <sub>γ</sub>	fator de inclinação do terreno
c	coesão
q	tensão geostática efetiva na base da sapata isolada
B	menor lado da base da sapata isolada

Y peso específico do maciço avaliado no bulbo de tensões

Fonte: Autor, 2021

A tensão de ruptura, contudo, à medida em que existam carregamentos excêntricos ou momentos atuantes, precisa ser calculada com substituição da variável B por uma variável B' (MEYERHOF, 1953). Essa operação implica, analogamente, no cálculo de L' a partir de L; portanto, transformar momentos em excentricidades e somá-los às excentricidades em si, resulta nos chamados  $e_b$  e  $e_l$ , permitindo a aplicação da formulação de Meyerhof (1953) – Equação 6 e Equação 7:

$$B' = B - 2e_b \quad (6)$$

$$L' = L - 2e_l \quad (7)$$

Os efeitos das cargas inclinadas na fundação precisam ser avaliados para, além do atendimento ao coeficiente mínimo de segurança vertical, se obter estabilidade horizontal. O modelo de Hansen (1961) aponta para essa capacidade como indica a Equação 8:

$$H \leq (V \operatorname{tg} \delta) + (A' C_a) \quad (8)$$

Onde:

H = componente horizontal dos carregamentos inclinados.

V = componente vertical dos carregamentos inclinados.

A' = área efetiva de base da sapata (B' x L').

$\delta$  = ângulo de atrito do solo em contato com a base da sapata.

C<sub>a</sub> = aderência do solo em contato com a base da sapata.

#### 2.3.4. DEFORMAÇÕES VERTICAIS

As deformações verticais, ou recalques, são, segundo Cintra (2011), resultado da soma entre o recalque por adensamento e o recalque imediato. O dimensionamento de sapatas isoladas, no entanto, precisa ser criterioso com ambas

parcelas quando da aplicação sobre argilas saturadas. Nos demais casos, que compreendem a maioria das situações, a hipótese imediata ( $\rho_i$ ) é mais representativa – conforme explicado por Cintra.

A estimativa pode ser obtida por metodologias apresentadas em função da configuração do solo ou por parâmetros geométricos – segundo proposições empíricas de alguns autores (Equações 9, 10, 11 e 12):

$$\rho_i = 2,10 \left( \frac{\sigma}{N_{spt}} \right) \text{ para } B < 1,20 \quad (9.1)$$

$$\rho_i = 2,10 \left( \frac{\sigma}{N_{spt}} \right) \text{ para } B \geq 1,20 \quad (9.2)$$

Fonte: Meyerhof, 1965

Nota 1: recalques imediatos para sapatas isoladas

$$\rho_i = \frac{S \sigma}{N_{spt}^{0,87} [1 + 0,4 (Df / B)]} \quad (10)$$

Fonte: Schultze e Sherif, 1973

Nota 1: recalques imediatos para sapatas isoladas em função de cota incompressível

$$\rho_{\text{máx}} = \sigma (0,32 B^{0,30}) \text{ para } N_{spt} < 10 \quad (11.1)$$

$$\rho_{\text{máx}} = \sigma (0,07 B^{0,30}) \text{ para } 10 \leq N_{spt} < 30 \quad (11.2)$$

$$\rho_{\text{máx}} = \sigma (0,035 B^{0,30}) \text{ para } N_{spt} \geq 30 \quad (11.3)$$

$$\rho_i \text{ provável} = \frac{\sigma_{\text{máx}}}{2} \quad (11.4)$$

Fonte: Burland et al., 1977

Nota 1: recalques imediatos para sapatas isoladas assentes em solos arenosos

$$\rho_i = \sigma B^{0,70} I_c \quad (12.1)$$

$$I_c = \frac{1,71}{N_{spt}^{1,4}} \quad (12.2)$$

Fonte: Burland e Burbidge, 1985

Nota 1: recalques imediatos para sapatas isoladas

Os recalques também devem ser avaliados em suas interações – chamados de diferenciais. Os limites para as deformações, de acordo com Terzaghi e Peck (1967), seguem de 20mm para recalques diferenciais ( $\delta a$ ), e 25mm para recalques isolados ( $\rho a$ ).

### 2.3.5. ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO

As sapatas isoladas podem ser preparadas estruturalmente para modelos rígidos ou flexíveis. A NBR 6118 (ABNT, 2014) classifica uma sapata rígida como sendo a que atenda à Equação 12 – conforme explica Santos Bastos (2019).

$$h \geq \frac{A - a_p}{3} \quad (13)$$

Onde:

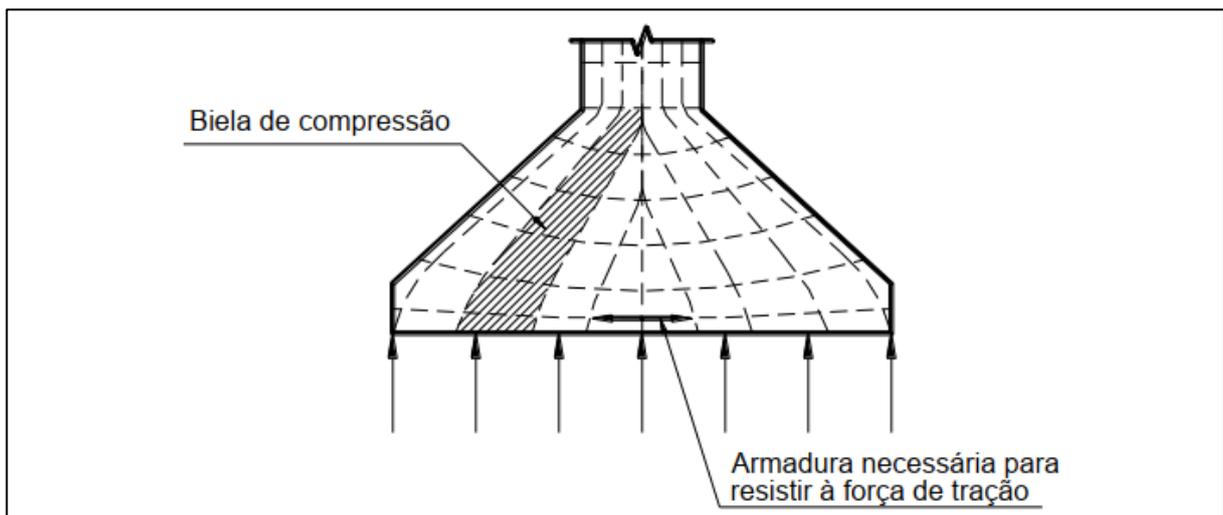
h = altura da sapata.

A = lado da sapata na direção analisada.

a<sub>p</sub> = lado do pilar na direção analisada.

A formação rígida implica em uma alternativa de cálculo desenvolvida por Lebellet (1936), o qual introduz o conceito das bielas comprimidas – Figura 2. O equacionamento por esse método dá-se pela transferência da carga do pilar para a base da sapata por intermédio das bielas de concreto comprimido (SANTOS BASTOS, 2019).

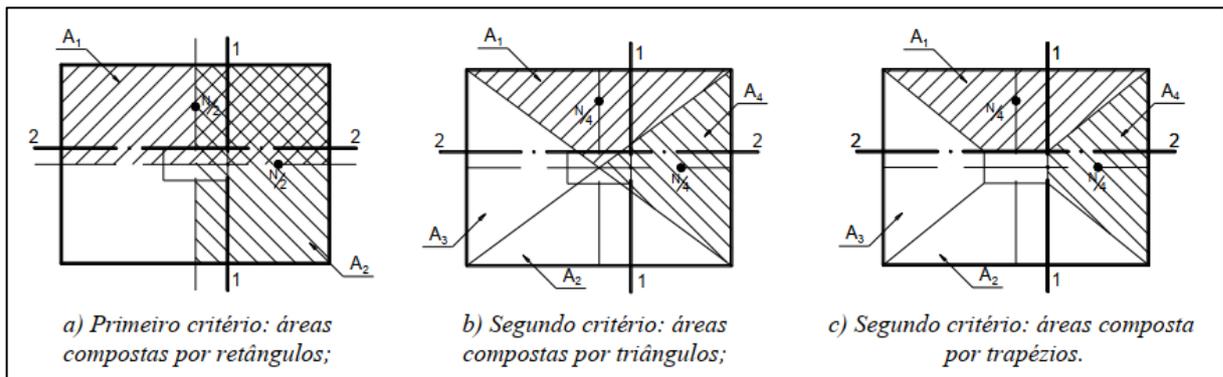
Figura 2 – Caminhamento da carga do pilar em direção à base da sapata



Fonte: Santos Bastos, 2019

As sapatas flexíveis, por sua vez, ainda de acordo com Santos Bastos (2019), são muito menos usuais, sendo indicadas a situações com solos relativamente fracos e com cargas pequenas. Andrade (1989) indica que há resolução por meio de dois critérios baseados na geometria – relativizando com áreas de influência conforme Figura 3:

Figura 3 – Caminhamento da carga do pilar em direção à base da sapata



Fonte: Santos Bastos, 2019

### 3. METODOLOGIA

Os objetivos do presente artigo formam-se em uma metodologia descritiva, visto que há a retratação dos meios de cálculo e da explanação dos resultados para o dimensionamento de sapatas isoladas. Conforme a fonte de dados, a revisão bibliográfica é o enquadramento para essa pesquisa, uma vez que as informações utilizadas para projetar fundações partem de fontes secundárias – reportadas por demais autores. O método experimental, por sua vez, é a configuração de procedimento adotado para o estudo, pois são verificadas técnicas físico-matemáticas que possibilitam a construção de uma ferramenta computacional. A análise de dados se dá de maneira qualitativa, buscando a exposição de resultados dinâmicos e assertivos.

As limitações de construção desse trabalho se dão a partir das seguintes observações:

- ◆ O ensaio considerado como parâmetro de estimativa da resistência do solo restringe-se ao SPT (standard test penetration), o qual deve obedecer aos critérios da NBR 6484 (ABNT, 2001).
- ◆ A medida de deformação vertical é reservada à metodologia empírica em função do SPT (standard test penetration).
- ◆ O cálculo de deformação vertical não contempla os processos de adensamento típicos em argilas saturadas.
- ◆ A geometria de base das sapatas isoladas é delimitada em quadrada ou retangular, enquanto a seção da mesma deve ser trapezoidal.
- ◆ Os parâmetros para dimensionamento estrutural, bem como recomendações de projeto de concreto e aço são em conformidade com a NBR 6118 (ABNT, 2014).
- ◆ As sapatas isoladas, quanto ao modelo estrutural, restringem-se ao tipo de concreto armado de comportamento rígido.
- ◆ A ferramenta computacional dá-se por meio de planilha eletrônica, extensão .xlsm, com uso de macros e linguagem VBA (Visual Basic for Applications).

## **4. RESULTADOS**

### **4.1. INTERAÇÃO COM USUÁRIO**

O sistema apresenta três janelas de interação com o usuário, sendo duas de lançamento e uma de processamento dos resultados. A primeira, a qual dispõem dos campos de standard test penetration, abre ao inicializar da ferramenta – Figura 4.

Figura 4 – Janela de lançamento de standard test penetration

Standard Test Penetration V 1.0					
Nível D'água (m) *					
Profundidade (m)	NSPT *	Ø (graus)	C' (KPa)	Solo *	Instruções Preencher valor de profundidade do nível d'água
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					

Salvar limpar Avançar

Fonte: Autor, 2021

Nela, as lacunas obrigatórias são indicadas com asterisco: nível d'água, NSPT e solo – não se admitindo menos de cinco linhas de assinalamento relativas à profundidade, e nem falhas na ordem de preenchimento. As demais áreas, ângulo de atrito e coesão, são opcionais, podendo serem deixadas vazias caso se desconheçam seus valores. O processo, de toda forma, apresenta instruções para a correta transcrição do relatório de sondagem à interface do aplicativo.

A página, por fim, conta com três botões em seu rodapé: salvar, limpar e avançar; logo, é possível realizar a gravação do arquivo de projeto, a limpeza dos campos supraditos, e o avanço para janela de lançamento seguinte – conforme Figura 5.

Figura 5 – Janela de lançamento de dados

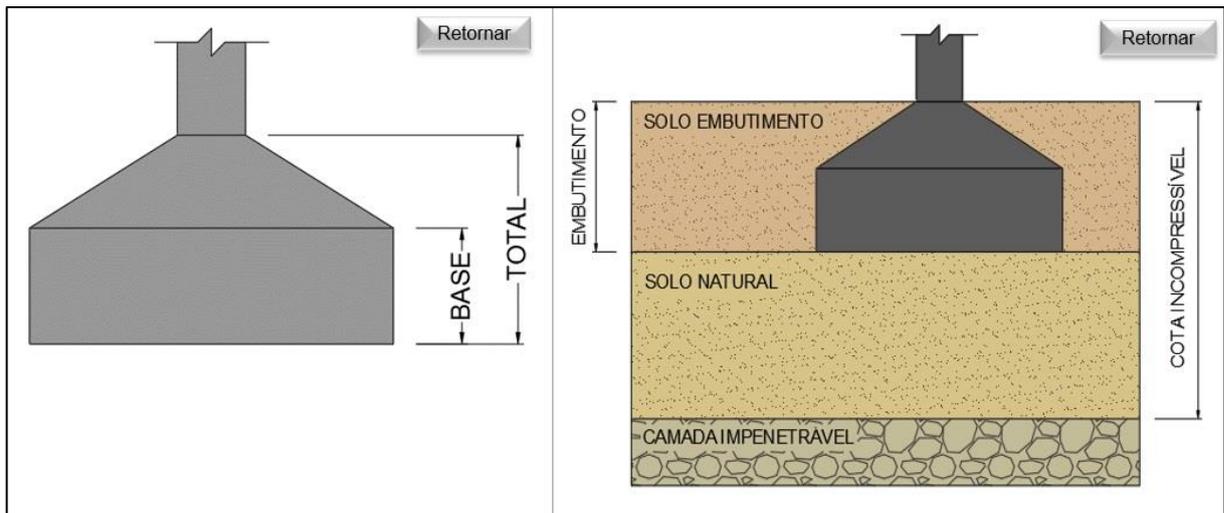
Projeto de Fundação Superficial <span style="float: right;">V 1.0</span>		Configuração de Sapata Isolada	
Responsável Técnico	<input type="text"/>	Nomenclatura	<input type="text"/>
N° Registro	<input type="text"/>	<b>Dimensões</b>	
Proprietário (a)	<input type="text"/>	Lado B (m) *	<input type="text"/> Inclinação Terreno (graus) * <input type="text"/>
CPF   CNPJ	<input type="text"/>	Lado L (m) *	<input type="text"/> Inclinação Base (graus) * <input type="text"/>
Endereço	<input type="text"/>	Lado L sugerido (m)	
Data	<input type="text"/>	Altura Total (m) *	<input type="text"/> <input type="button" value="ver"/>
Revisão	<input type="text"/> <input type="button" value="limpar"/>	Altura Total sugerida (m)	
<b>Configuração de Materiais</b>		Altura Base (m) *	<input type="text"/>
Aço Fyk (Kg/mm <sup>2</sup> )	CA-50	Altura Base sugerida (m)	
Concreto Fck (MPa) *	<input type="text"/>	Ø Barra B (mm) *	<input type="text"/>
Cobrimento (cm) *	<input type="text"/> <input type="button" value="limpar"/>	Ø Barra B sugerida (mm)	
<b>Configuração de Pilar</b>		Ø Barra L (mm) *	<input type="text"/>
<b>Dimensões</b>		Ø Barra L sugerida (mm)	<input type="text"/> <input type="button" value="limpar"/>
Lado b (m) *	<input type="text"/>	<b>Configuração de Embutimento</b>	
<b>Excentricidade Adicional</b>		Embutimento (m) *	<input type="text"/> <input type="button" value="ver"/>
Lado l (m) *	<input type="text"/>	Solo Embutimento *	<input type="text"/>
<b>Cargas Aplicadas</b>		Cota Incompressível (m)	<input type="text"/> <input type="button" value="limpar"/>
Vertical (KN) *	<input type="text"/>	<b>Momentos Aplicados</b>	
Inclinação (graus) *	<input type="text"/>	Direção b (KNm) *	<input type="text"/>
Direção Aplicada *	<input type="text"/>	Direção l (KNm) *	<input type="text"/>
Horizontal (KN) *	<input type="text"/> <input type="button" value="limpar"/>		
		<input type="button" value="Salvar"/> <input type="button" value="Sobre"/> <input type="button" value="Retornar"/> <input type="button" value="Processar"/>	

Fonte: Autor, 2021

A janela posterior ao standard test penetration dispõe de campos para lançamento divididos em grupos: dados do projeto, configuração de materiais, configuração de pilar, configuração de sapata isolada e configuração de embutimento. O preenchimento é correlato ao já realizado, de forma a contar com instruções, botão limpar para cada conjunto, e obrigatoriedade sobre os itens em asterisco.

A funcionalidade salvar permanece ao término da página; no entanto, outros objetos se fazem presente. A começar, os botões “ver” reproduzem detalhamentos que legendam a terminologia dos itens a que estão referenciados – de acordo com a Figura 6.

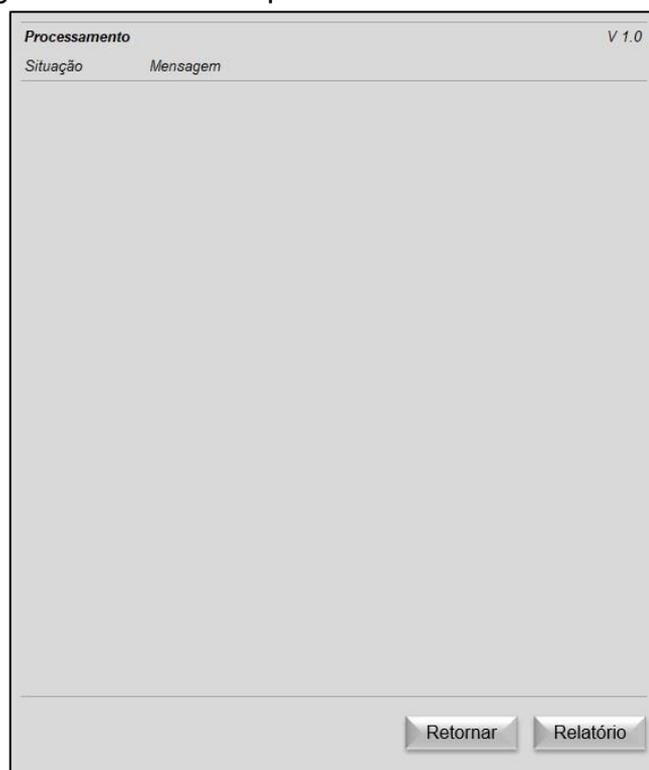
Figura 6 – Detalhamentos a partir de botões “ver”



Fonte: Autor, 2021

Em sequência, o botão “sobre” abre um documento .pdf de revisão bibliográfica e metodologia, explicando as referências de cálculo e limitações da ferramenta. A opção “retornar”, por sua vez, retrocede ao passo de standard test penetration, enquanto que “processar” calcula a sapata isolada e apresenta os resultados após satisfeitos os requisitos de preenchimento – Figura 7.

Figura 7 – Janela de processamento dos resultados



Fonte: Autor, 2021

A janela final de interação com usuário lista os possíveis erros de dimensionamento ou, em caso de não existirem, confere status de sucesso ao procedimento. As alternativas, na sequência, são duas: retornar e relatório. Desta forma, pode-se regressar aos lançamentos, bem como gerar relatório para avaliação minuciosa dos resultados.

## 4.2. APRESENTAÇÃO DO DIMENSIONAMENTO

Os resultados do dimensionamento realizado pela ferramenta são expressos em relatório .pdf gerado a partir da interação com usuário. O documento é exibido em quatro páginas, sendo duas de exposição de dados e duas de detalhamento.

A primeira, conforme Figura 8, possui todas informações pertinentes ao projeto, bem como os resultados geotécnicos e estruturais da sapata isolada. O bulbo de tensões, especificamente, é delineado por camada de solo na segunda folha – indicando desde geometria até tipos e tensões de ruptura, segundo Figura 9.

Figura 8 – Página primeira do relatório de resultados do dimensionamento

UNIVERSIDADE <b>LaSalle</b>	
Credenciamento: Portaria N° 597, de 05/05/2017 - DOU de 08/05/2017	
<b>Projeto de Fundação Superficial</b>	
Responsável Técnico	Nº Registro
Programa (m)	CRP/CRP2
Obra (m)	
Data	
Revisão	
<b>Dados Pilar</b>	
<b>Dimensionado</b>	<b>Excentricidade Adicional</b>
Lado 1 (m)	Coeficiente (m)
Lado 2 (m)	Coeficiente (m)
<b>Cargas Aplicadas</b>	<b>Momentos Aplicados</b>
Vertical (kg)	Coeficiente (kg/m)
Indução girante	Coeficiente (kg/m)
Indução Apoiada	
Hidráulica (kN)	
<b>Dados Sapata Isolada</b>	
<b>Abertura</b>	
Lado 1 (m)	Lado Técnico 1 (m)
Lado 2 (m)	Lado Técnico 2 (m)
Abertura (m)	Geometria Base
Margem Base (m)	
Indução Torção	
Indução Base	
<b>Dados Estrutura de Concreto Armado</b>	
Concreto (kg/m³)	Comprimento
Armadura (kg/m)	Área de Aço 1 (cm²)
Distância (m)	Área de Aço 2 (cm²)
<b>Lado Base</b>	<b>Lado 1 (m)</b>
Área Base (m²)	Área 1 (m²)
Quant. Barra 1 (t)	Quant. Barra 2 (t)
Equipamento (t)	Equipamento (t)
Comprimento (m)	Comprimento (m)
Força de Aço (kg)	Força de Aço (kg)
<b>Quantificação</b>	
Área de Forma (m²)	
Volume Concreto (m³)	
Força de Aço (kg)	
<b>Dados de Tensões Verticais</b>	
Classificação (m)	
Área de Tensão (m²)	
<b>Dados Bulbo de Tensões</b>	
<b>Dimensionado</b>	<b>Dimensionado</b>
Comprimento (m)	Área (m²)
Área (m²)	Área (m²)
Força (kg)	Profundidade (m)
<b>Capacidade de Carga</b>	
Ruptura (kg)	F. S. Vertical
Aplacada (kg)	F. S. Horizontal

Fonte: Autor, 2021

Figura 9 – Página segunda do relatório de resultados do dimensionamento



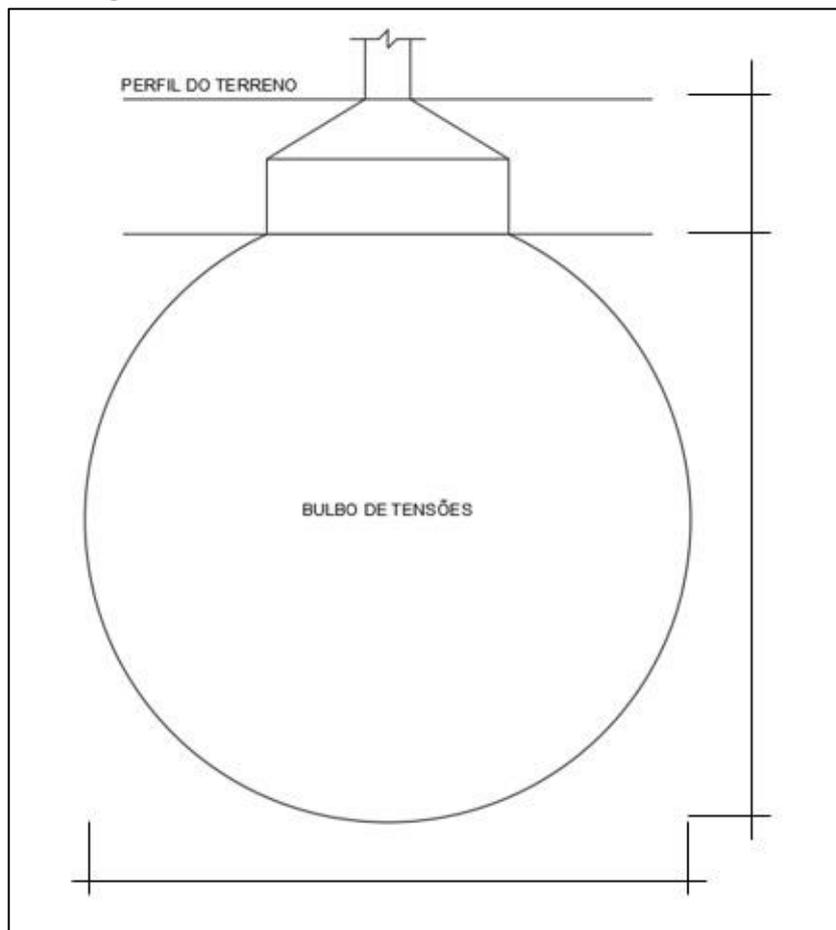
UNIVERSIDADE  
**LaSalle**  
Credenciamento: Portaria N° 597, de 05/05/2017 - DOU de 08/05/2017

Bulbo de Tensões					Análise de Solo					
Processo de Solo	Operação (kg)	MSPT (kN)	Ø (mm)	C (kPa)	γ (kN/m³)	Tipos de Rocha	Res. Coesão (kPa)	Res. Escoamento (kPa)	Res. Tensão (kPa)	Res. Duplo (kPa)

Fonte: Autor, 2021

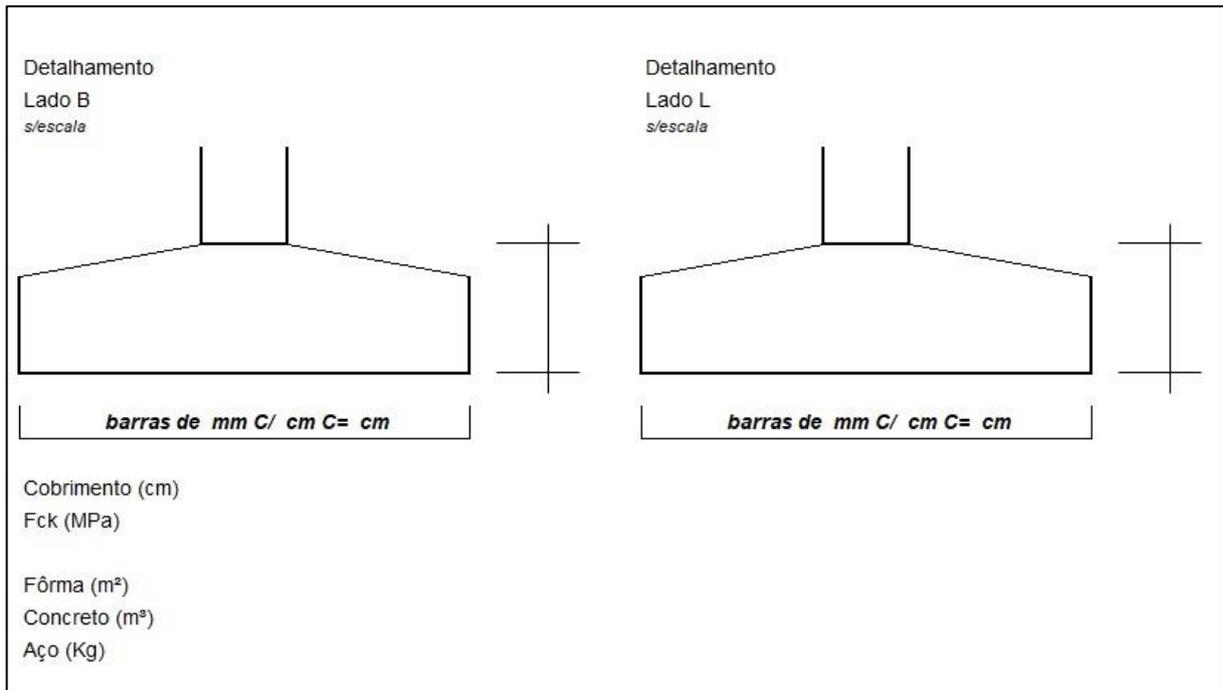
Os detalhamentos das páginas três e quatro, por fim, são referentes às dimensões do bulbo de tensões e características estruturais da fundação respectivamente – Figura 10 e Figura 11.

Figura 10 – Página terceira do relatório de resultados do dimensionamento



Fonte: Autor, 2021

Figura 11 – Página quarta do relatório de resultados do dimensionamento



Fonte: Autor, 2021

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da metodologia utilizada e das repostas geradas pela ferramenta – interação com o usuário, apresentação dos resultados e dimensionamento da sapata isolada – é possível alcançar a ampliação da qualidade nos projetos de fundações superficiais, principalmente no trato de obras menores: os profissionais têm maior potencial para analisar, calcular e avaliar cenários com o uso padronizado do sistema, fazendo-os de forma financeiramente acessível e com praticidade para atender às demandas do mercado da construção civil.

A difusão de processos investigativos de solo também é um ponto a desenvolver-se paralelamente no campo de estruturas menos complexas, haja vista a condição de dependência do programa à realização de ensaios como standard test penetration. A supressão de patologias e o respaldo técnico, por sua vez, são situações igualmente tangíveis – uma vez permitida a geração de relatórios e explicitação quanto ao referencial teórico, os quais são anteparo fundamental no combate a anomalias e nas tomadas de decisões em projeto.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6118**: informação e documentação: referências: elaboração. 3. ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6122**: informação e documentação: referências: elaboração. 3. ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos. **Sapatas de fundação**. Bauru, jun. 2019. Disponível em: <https://wwwp.feb.unesp.br/pbastos/concreto3/Sapatas.pdf>. Acesso em: 13 abr. 2020.

BURLAND, J. B.; BROMS, B.B.; MELLO, V. F. B. **Behaviour of foundations and structures**. In: CONFERENCE ON SOIL MECHANICS AND FOUNDATIONS ENGINEERING. 9., Tóquio. **Anais [...]**. Tóquio: Ico-somef, 1977. 2. ed., p. 495-546.

CINTRA, José Carlos A.; AOKI, Nelson.; ALBIERO, José Henrique. **Fundações diretas**: projeto geotécnico. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

GODOY, N. S. **Fundações**. 1972. Notas de Aula (Curso de Engenharia Civil) – Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 1972.

HANSEN, J. B. **A revised and extended formula for bearing capacity**. 28. boletim. Lyngby: Danish Geotechnical Institute, 1970.

JUNIOR, Francisco Cerqueira da Silva. **Uma revisão sobre as manifestações patológicas mais frequentes em fundações de concreto de edificações**. 2008. Monografia (Bacharel em Engenharia Civil) – Departamento de Tecnologia da Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2008.

KIMURA, Alio. **Informática aplicada a estruturas de concreto armado**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2018.

KOGA, Letícia Midori.; MIRANDA, Maicon de Oliveira.; BERTEQUINI, Aline Botini Tavares. **Patologias das fundações**. 2016. Artigo (Bacharel em Engenharia Civil) – Centro Universitário Toledo, Araçatuba, 2016.

MEYERHOF, G. G. **The bearing capacity of foundations under eccentric and inclined loads**. *In*: III CONFERENCE ON SOIL MECHANICS AND FOUNDATIONS ENGINEERING. 1., 1955, Zurich. p. 440-445.

MILITITSKY, Jarbas.; CONSOLI, Nilo Cesar.; SCHNAID, Fernando. **Patologia das fundações**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

SILVA, Denise Antunes. **Levantamento de problemas em fundações correntes no estado do Rio Grande do Sul**. 1993. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1993.

TEIXEIRA, A. H. **Projeto e execução de fundações**. *In*: III SEMINÁRIO DE ENGENHARIA DE FUNDAÇÕES ESPECIAIS E GEOTECNIA, 1., 1996, São Paulo. p. 33-50.

TERZAGHI, K. **Theoretical soil mechanics**. Nova Iorque: John Wiley and Sons, 1943.

TERZAGHI, K.; PECK, R. B. **Soil mechanics in engineering practice**. Nova Iorque: John Wiley and Sons, 1967.