

**FATORES QUE DETERMINAM A ESCOLHA DA FUNDAÇÃO**

**FACTORS THAT DETERMINE THE CHOICE OF THE FOUNDATION**

**FACTORES QUE DETERMINAN LA ELECCIÓN DE LA BASE**

Victor Ferreira do Nascimento<sup>1</sup>, Gerson De Marco<sup>2</sup>, Fabiana Florian<sup>3</sup>

<https://doi.org/10.47820/recima21.v4i1.4709>

PUBLICADO: 12/2023

**RESUMO**

A fundação é considerada a principal etapa de uma obra civil, pois além de determinar relevante estudo técnico é também a etapa mais custosa. O objetivo deste trabalho é identificar quais os fatores determinantes para a escolha da fundação em uma obra. Foi realizada uma pesquisa bibliográfica a fim de conhecer os tipos de fundações e as influências que determinam a escolha. Os resultados encontrados demonstraram que o estudo do solo tem importância prévia e que a previsão e dimensionamento dos custos são principais influenciadores. Porém, foi evidenciado que a escolha técnica pode impactar diretamente no custo, em caso de decisão incorreta mediante as condições do terreno e a carga dimensionada.

**PALAVRAS-CHAVE:** Estaca. Fundação. Radier. SPT.

**ABSTRACT**

*The foundation is considered the main stage of a civil project, as in addition to determining the relevant technical study, it is also the most costly stage. The objective of this study is to identify the determining factors for choosing the foundation in a project. A bibliographical research was carried out in order to understand the types of foundations and the influences that determine the choice. The results found demonstrated that the study of the soil has prior importance and that the prediction and sizing of costs are the main influencers. However, it was shown that the technical choice can directly impact the cost, in case of an incorrect decision depending on the terrain conditions and the dimensioned load.*

**KEYWORDS:** Stake. Foundation. Radier. SPT.

**RESUMEN**

*La cimentación es considerada la etapa principal de una obra civil, porque además de determinar un estudio técnico relevante, también es la etapa más costosa. El objetivo de este trabajo es identificar los factores determinantes para la elección de la base en una obra. Se realizó una búsqueda bibliográfica con el fin de conocer los tipos de fundaciones y las influencias que determinan la elección. Los resultados mostraron que el estudio del suelo tiene una importancia previa y que la previsión y el dimensionamiento de los costos son los principales factores que influyen. Sin embargo, se evidenció que la elección técnica puede tener un impacto directo en el costo, en caso de una decisión incorrecta debido a las condiciones del terreno y la carga dimensionada.*

**PALABRAS CLAVE:** Estaca. Fundación. Radiante. SPT.

---

<sup>1</sup> Graduando no Curso Bacharelado de Engenharia Civil da Universidade de Araraquara- UNIARA. Araraquara-SP. E-mail: vfdnascimento@gmail.com

<sup>2</sup> Orientador(a) Docente do curso Engenharia Civil da Universidade de Araraquara- UNIARA. Araraquara-SP. E-mail: gdmarco@uniara.edu.br

<sup>3</sup> Coorientadora. Doutora em Alimentos e Nutrição. Docente do curso de Engenharia Civil da Universidade de Araraquara- UNIARA. E-mail: fflorian\_@uniara.com

## 1 INTRODUÇÃO

A busca constante pela inovação tecnológica visando otimizar tempo, recursos, com foco em segurança e maior estabilidade é característica de qualquer segmento da indústria. Na construção civil não faltam pesquisas para reduzir peso, ampliar a resistência de materiais ou reduzir o tempo de execução (Silva, 2013; Narciso, 2013).

Desde a etapa de fundação, que é o elemento estrutural de uma edificação que transmite a carga para o solo (Cruz, 2012).

Além de novos procedimentos para avançar nas técnicas de edificação, que podem ser observadas no mundo, o Brasil é marcado por alta taxa no modelo construtivo tradicional, até mesmo classificado como artesanal, pela semelhança com o processo usado desde o início do século XX, porém, há a necessidade de uma mudança cultural, como vem defendendo Ceotto (2005; 2022).

Com a irreversível tendência de verticalização que se confirmou há décadas, especialmente nos centros urbanos, as fundações profundas apresentam alta demanda, mas há também discussões em relação a alternativas e discussões sobre os recursos e viabilidades técnicas como forma de garantir todos os recursos de usabilidade e segurança, porém considerando também a produtividade em relação à disponibilidade de recurso, custo e tempo (Braga, 2009).

A questão que mostra a pesquisa é: Como definir qual fundação utilizar em uma edificação? O objetivo deste estudo é identificar quais os fatores determinantes para a escolha da fundação em uma obra. O conhecimento sobre os diferentes modelos de fundação deve considerar que essa é a primeira etapa de uma edificação, portanto é a base que vai sustentar o restante do projeto previamente elaborado.

Assim, é preciso conhecer as diferentes formas de realizar a fundação de um edifício, o que justifica o aprofundamento dos estudos, considerando que o avanço tecnológico e das normas de desempenho na construção civil. Toda infraestrutura necessita ser segura e consistente, pois se pavimentos são vistos acima do solo, uma estrutura adequada ao seu peso e finalidade foi definida e cuidadosamente trabalhada no subsolo.

Foi realizada pesquisa bibliográfica, tendo como principal base de dados o Google Acadêmico, referente aos últimos 10 anos (2013-2023). As buscas vão utilizar as palavras-chave “fundação”, “edificações”, “infraestrutura” e “subsolo”, a fim de encontrar resultados passíveis de serem comparados em suas vantagens e desvantagens, conforme o tipo de fundação e de uso da construção referida.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O sistema de fundações é formado pelo elemento estrutural do edifício que fica abaixo do solo, podendo ser constituído por bloco, estaca ou tubulão, e o maciço de solo envolvente sob a base e ao longo do fuste (lateral), (ABCP, 2016). Conforme a NBR 6122 (ABNT, 1996), as fundações profundas são aquelas em que a carga é transmitida ao terreno pela sua base (resistência de ponta), por sua superfície lateral, também denominada de fuste (resistência lateral), ou por uma combinação destas, estando assente a uma profundidade superior ao dobro da sua menor dimensão em planta, ou de no mínimo 3 metros.

As fundações são subdivididas em duas categorias. As chamadas de diretas, estaca, superficiais ou rasas são aquelas em que a carga do edifício ao terreno é transmitida através das pressões distribuídas sob a base da fundação. As fundações superficiais estão assentadas a uma profundidade de até duas vezes a sua menor dimensão em planta, conforme consta na NBR 6122 (ABNT, 1996), além da classificação por tipos, conforme apresenta-se a definição na sequência de forma reduzida:

1. Bloco: elemento de concreto simples, dimensionado de forma que as tensões de tração geradas sejam resistidas unicamente pelo concreto;
2. Sapata isolada: é um elemento de concreto armado dimensionado de tal maneira que as tensões de tração geradas não sejam resistidas pelo concreto, mas sim pelo uso do aço;
3. Sapata associada: corresponde a uma sapata comum a vários pilares cujos centros de gravidade não estejam situados no mesmo alinhamento;
4. Sapata corrida: é uma sapata sujeita à ação de uma carga distribuída linearmente;
5. Viga de fundação: é um elemento de fundação comum a vários pilares cujos centros de gravidade, em planta, estejam situados no mesmo alinhamento;
6. Grelha: elemento de fundação constituído por um conjunto de vigas que se cruzam nos pilares;
7. Radier. Corresponde a uma fundação superficial que abrange todos os pilares da obra ou carregamentos distribuídos.

Já as fundações profundas são as que transmitem a carga ao terreno pela sua base (resistência de ponta) e/ou superfície lateral (resistência de atrito). As fundações profundas estão assentadas a uma profundidade maior que duas vezes a sua menor dimensão em planta. Os principais tipos de fundação profunda, segundo Braga (2009), enquadram-se nesta definição:

- a. Tubulões: são elementos de fundação em que a carga é transmitida pela base (resistência de ponta), havendo descida de operário na escavação realizada pelo menos na fase final de execução;
- b. Estacas: são elementos de fundação executadas inteiramente por ferramentas ou equipamentos, não ocorrendo descida de operário em qualquer de suas fases de execução;
- c. Caixões: são elementos de fundação de forma prismática, concretados na superfície e inseridos no terreno por meio de escavação interna.

### **3 DESENVOLVIMENTO**

#### **3.1 Definição para qual tipo de fundação**

Antes de definir o tipo de fundação, é necessário analisar o tipo de solo, já que a resistência deve ser considerada mediante a carga da construção e sua distribuição em todo o terreno. A título de comparação, a maior resistência à compressão é referente a uma rocha muito dura (100%). Piçarra e

rocha alterada (50%) e Pedregulho graúdo, cascalho grosso e blocos de pedra (30%), são os outros elementos classificados como solos muito resistentes à compressão (ABCP, 2016).

Destaca-se que os projetos de edificações devem ser bem elaborados antes do início da primeira fase da obra, atendendo assim à NBR 6122/1996, que determina a análise detalhada do solo, principalmente quando há indicativo para uso de fundação profunda. Para tanto, é recomendado a utilização de métodos combinados.

O solo deve ser classificado mediante as suas camadas e passar por ensaios de prospecção geotécnica e investigado por meio de ensaios de campos e em laboratório (Quaresma *et al.*, 1998). No Brasil o método de investigação mais utilizado é o Standard Penetration Test (SPT), que consiste é praticamente o teste simples citado anteriormente, porém a perfuração prévia além de medir a resistência, inclui a retirada de amostras do solo, para a análise em relação ao tipo de solo e o nível de água (Goeking, 2012).

Durante a realização do ensaio de penetração, amostras de solo devem ser coletadas a cada metro pelo amostrador padrão, a partir do primeiro metro de profundidade, ou quando houver mudança de material, para análise tátil-visual do material coletado, procedendo-se a medida do Índice (N). A perfuração nos solos coesivos (argilas) e acima do nível d'água é feita por meio de trados.

Nas situações em que os solos são do tipo não-coesivos (areias) ou estão abaixo do nível d'água, ou mesmo porque a perfuração ficou muito profunda, a escavação é feita através da circulação de água (Quaresma *et al.*, 1998).

Um outro tipo de ensaio, *Standard Penetration Test with Friction Measurement* (SPTT) também é utilizado para delimitar parâmetros com maior precisão, por exemplo em relação ao impacto, que é exercido já na fase de realização da obra, com a compressão por estaca, em caso de fundação profunda (Goeking, 2012).

### **3.2 A importância da execução SPT**

Quaresma *et al.*, (1998) explicam que a execução do ensaio SPT consiste na cravação do amostrador padrão no fundo de uma escavação realizada, seja ela revestida ou não, através de quedas sucessivas do martelo de 65 kg, que cai de uma altura de 75 cm. O Índice de Resistência à Penetração (N) corresponde ao número de golpes do martelo que faz com que o amostrador padrão penetre 30 cm no solo, após a cravação inicial de 15 cm.

### **3.3 Dimensionamento**

O dimensionamento da estrutura e possíveis cargas são fatores essenciais da análise das fundações, pois deve ser considerada a estrutura de concreto ideal mediante os procedimentos a serem realizados na edificação, conforme consta da NBR 6118/2014, com detalhamento das cargas de cada material selecionado, considerando concreto, blocos, tijolos, paredes, argamassa, telhado e as cargas acidentais. Nesse contexto deve ser considerada a circulação de pessoas e veículos, mediante quantidade, fluxo, demais ações e impactos, até mesmo em relação ao vento.

### 3.4 Avaliações

As avaliações de cunho técnico também devem ser consideradas para os cálculos econômicos em relação ao material que será utilizado e sua necessidade. Nesse sentido, deve-se considerar que uma estrutura superior à demanda exigida representa gasto excessivo e desnecessário, enquanto realizar uma estrutura aquém da demanda também pode impactar a médio e longo prazo no surgimento de patologias e riscos à segurança da edificação. Por isso, Milititsky, Consoli e Schnaid (2015) ressaltam a relevância de considerar o estudo mais preciso, visando o melhor desempenho, para evitar retrabalhos ou colapso da estrutura.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Não existe um padrão único para a escolha da fundação, há necessidade de estudos que envolvem desde a análise geológica do solo, o projeto e cálculo de carga, além da opção em termos de investimento e variabilidade de custos. Inclusive é cada vez mais comum a combinação de mais de um tipo de fundação, a fim de atender as diferentes especificações dos projetos.

Para análise em relação ao determinante para as escolhas, foram encontradas nove publicações com estudos focais sobre a utilização de diferentes tipos de fundações, considerando tanto projetos residenciais como comerciais, com um a 12 pavimentos. Notou-se, no entanto, que a fundação do tipo radier tem sido a mais citada em estudos sobre as fundações.

De acordo com Santos *et al.*, (2016) delinearum um perfil quanto à utilização do método radier em termos de a viabilidade econômica e executiva e capacidade da fundação do tipo radier de atender a solos com baixa capacidade de carga. Os principais pontos destacados pelos engenheiros é de que uma fundação radier é ideal quando o solo possui alto coeficiente de recalque, baixa deformabilidade e adequada para construções em zona urbana com alta densidade, pois evita que edificações vizinhas seja impactadas em caso de fundações profundas, com perfurações que exigem maior esforço e risco, por conta das vibrações.

A percepção profissional identificada nos resultados coletados por Santos *et al.* demonstra que a radier é identificada como uma fundação capaz de distribuir muito bem as cargas no solo, sendo que o preparo do solo pode resultar em menor uso de materiais em aço e concreto, o que resulta em economia. Destaca-se que o radier tem como comportamento menor deformabilidades quando do uso de concreto protendido e no caso do radier em concreto armado, atua bem com a laje e a compressão (SANTOS *et al.*, 2016).

Para residência unifamiliar térrea, Felício (2020) aponta que a escolha de fundação rasas, radier e sapata, são comuns e significativa, considerando os custos e a eficiência para qual se propõe. Estudo de caso realizado em Mossoró se mostrou economicamente viável, mediante os cálculos baseado em ensaio SPT e a carga dimensionada no projeto. Mas considerado a comparação entre os dois modelos de fundação rasa, o modelo sapata se mostrou 17% mais econômica que a radier, que em termos de valores ultrapassa a diferença de R\$ 5 mil.

Em uma residência em Sinop, Mato Grosso, Jarschel e Tonial (2020) compararam os resultados que determinaram a escolha entre o tipo de fundação radier em relação ao uso do tipo sapata. O principal destaque foi para os custos menores, que apresentaram diferença de R\$ 1.776,60

por unidade. Considerando que o projeto envolve 218 casas populares, a escolha da fundação do tipo radier resulta em economia de R\$ 387.298,80.

Em relação aos critérios para a escolha da fundação, o caso apresentado por Pereira (2020) comprova a relevância e necessidade de se fazer avaliação prévia do solo, não apenas do terreno e de forma superficial, mas da região, em relação às características geológicas. O projeto do edifício comercial na cidade de Uberlândia/MG, inicialmente, foi idealizado para utilizar a fundação em tubulão, que era considerada a melhor solução para o projeto, no entanto, se mostrou tecnicamente inexecutável em decorrência das características do lençol freático.

O estudo demonstrou que a decisão equivocada impactou diretamente o custo da obra nessa etapa, que foi finalizada com o dobro do valor inicialmente previsto e com o tempo executivo três vezes maior do que o projetado. A saída técnica encontrada foi o uso da fundação estaca raiz, que é armada, moldada e preenchida com argamassa de cimento e areia, realizada in loco por meio de perfuração rotativa. (Pereira, 2020).

Além dos custos em decorrência do atraso na obra, a principal diferença de custos calculada é na execução, que foi calculada como quase quatro vezes mais alta na fundação estaca raiz do que tubulão. A estaca raiz só indica menor custo no uso de argamassa/concreto (Pereira, 2020).

Uma forma de estudar e projetar os prós e contras na escolha do tipo de fundação, e realizar uma análise prévia, mesmo que de uma obra fictícia, como fez Arounian (2022), considerando a construção de um edifício de 12 pavimentos na cidade de Catanduva. Foram consideradas todas as normas vigentes no Brasil, as características da região e realizados cálculos como forma de dimensionar todos os elementos necessários para estruturar a fundação da obra. Mediante o ensaio SPT e os detalhamentos de orçamento projeto, o entendimento foi de que o modelo de fundações em estacas pré-moldadas é interessante por combinar eficiência técnica, considerando a altura e carga do edifício, com custos calculados como adequados aos que estão sendo praticados por empreendimentos reais na região.

O entendimento de que esse modelo é viável, é corroborado por resultados de um projeto semelhante realizado por Souza Neto (2022), também realizado hipoteticamente, mas para um prédio residencial de 10 andares no município de Marília, que apresentou considerações e cálculos semelhantes, resultando na escolha da fundação com uso de estaca pré-moldada de concreto com diâmetro de 60 cm, considerando a boa resistência e facilidade na execução, comparativamente às demais técnicas para esse perfil de obra.

## **5 CONCLUSÃO**

A partir do objetivo proposto foi possível identificar que a fundação do tipo radier tem sido a preferência para as obras, por sua facilidade de aplicação e excelentes resultados de custo-benefício.

Mesmo quando existe a opção de diversos tipos de fundação, os estudos demonstram que existe a tendência de adequar os projetos ao uso de fundações rasas. Quando a escolha é feita de forma equivocada, no entanto, resulta em aumento do tempo de obra e, conseqüentemente, dos custos inicialmente dimensionados.

## REFERÊNCIAS

- ABCP - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Fundação**: manual de estruturas. São Paulo: ABCP, 2016. Disponível em: <https://abcp.org.br/wp-content/uploads/2016/01/Fundacao.pdf>. Acesso em: 02 mar. 2023.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6122**: Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro: ABNT, 1996. 33 p.
- AROUNIAN, R. S. **Projeto de fundação em estacas pré-moldadas de concreto – edifício de 12 pavimentos no Município de Catanduva (SP)**. São Paulo: Universidade Estadual Paulista (Unesp), 2022. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/217787>. Acesso em: 05 ago. 2023.
- BRAGA, V. D. F. **Estudo dos tipos de fundações de edifícios de múltiplos pavimentos**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2009. Disponível em: file:///C:/Users/Windows/Downloads/PDF%203%20Estudo%20dos%20Tipos%20de%20Fundacoes%20de%20Edificios%20de%20Multiplos%20Pavimentos%20na%20Regiao%20Metropolitana%20de%20Fortaleza.pdf. Acesso em: 02 mar. 2023.
- CEOTTO, Luiz H. A industrialização da construção de edifícios. *In*: FARIA, Cláudia (org.). **Inovação na construção civil**. São Paulo: Instituto Uniemp, 2005.
- CEOTTO, Luiz H. Cultura da construção artesanal é o maior obstáculo aos módulos off site. **AEC Web**, 31 ago 2022. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/cultura-da-construcaoartesanaleomaior-obstaculo-aos-modulos-off-site/23743>. Acesso em: 30 maio 2023.
- CRUZ, Regina Celia de Souza. **Disciplina - Tecnologia Construtiva - Aula de fundações**. Natal: Instituto Federal do Rio Grande do Norte, 21 maio 2012. Disponível em: <https://docente.ifrn.edu.br/valtencirgomes/disciplinas/construcaoedeedificios/fundacoes>. Acesso em: 20 mar. 2023.
- FELÍCIO, I. B. R. **Análise comparativa de custos entre a fundação radier e sapata para construção de uma residência em Mossoró – RN**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/handle/prefix/6449>. Acesso em: 02 ago. 2023.
- GOEKING, W. Fundações com hélice contínua. **Site Construção Mercado**, Edição 126, jan. 2012. Disponível em: <http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/126/artigo299586-1.aspx>. Acesso em: 10 abr. 2023.
- JARSCHHEL, J. R.; TONIAL, T. M. **Análise comparativa de custo entre fundação do tipo radier e sapata corrida para residência unifamiliar**. [S. l.]: Centro Universitário Fasipe, 2020. Disponível em: <http://104.207.146.252:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/445/Jaqueline%20Rodrigues%20Jarschel.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 05 ago. 2023.
- MILITITSKY, Jarbas; CONSOLI, Nilo Cesar; SCHNAID, Fernando. **Patologia das fundações**. 2. ed. São Paulo: Oficina de textos, 2015.
- NARCISO, M. A. **Gerenciamento do tempo do projeto aplicado a obras civis**: como diminuir os problemas com atraso, custo e qualidade. 2013. TCC (graduação) - Faculdade de Tecnologia e Ciências aplicadas - FATECS, 2013.
- PEREIRA, B.E. **Análise dos critérios para escolha do tipo de fundação de uma obra localizada em Uberlândia/MG - Um estudo de caso**. 2021. 63f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2021.

QUARESMA, A. R.; DÉCOURT, L.; QUARESMA FILHO, A. R.; ALMEIDA, M. S. S.; DANZIGER, F. Investigações geotécnicas. *In*: HACHICH, W.; FALCONI, F. F.; SAES, J. L.; FROTA, R. G. Q.; CARVALHO, C. S.; NIYAMA, S. (Org.). **Fundações**: teoria e prática. 2. ed. São Paulo: Pini, 1998. p. 119-162.

SANTOS, M. V. *et al.* A utilização da fundação do tipo radier. *In*: **Semana Nacional de Ciência e Tecnologia**, 2016. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/WilsonJunior8/publication/342217676\\_A\\_Utilizacao\\_da\\_Fundacao\\_do\\_Tipo\\_Radier/links/5ee963ff458515814a6523a0/AUtilizacao-Fundacao-do-Tipo-Radier.pdf](https://www.researchgate.net/profile/WilsonJunior8/publication/342217676_A_Utilizacao_da_Fundacao_do_Tipo_Radier/links/5ee963ff458515814a6523a0/AUtilizacao-Fundacao-do-Tipo-Radier.pdf). Acesso em: 02 ago. 2023.

SILVA, Leandro B. **Patologias em alvenaria estrutural**: causas e diagnóstico. 2013. TCC (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2013.

SOUZA NETO, I. F. **Projeto de fundação para um edifício de uso residencial com 10 pavimentos na cidade de Marília (SP)**. São Paulo: Universidade Estadual Paulista (Unesp), 2022. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/235947> Acesso em: 05 ago. 2023.