

# **ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTO ENTRE FUNDAÇÃO DO TIPO RADIER E SAPATA CORRIDA PARA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR**

JAQUELINE RODRIGUES JARSCHÉL<sup>1</sup>  
THIAGO MANTOVANI TONIAL<sup>2</sup>

**RESUMO:** No campo da construção civil, o estudo do solo é elemento fundamental para a execução de qualquer tipo de obra, visto que o conhecimento das características do solo possibilita o correto dimensionamento das cargas atuantes sobre a estrutura da edificação. Tais cargas são direcionadas às fundações que, por sua vez, são transferidas ao solo. As fundações são classificadas em superficiais ou profundas e o que determinará o uso entre uma ou outra será o resultado da análise de solo e demais estudos realizados previamente. Este trabalho buscou avaliar as características construtivas de obras que utilizaram radiers e sapatas, subtipos que compõem o conjunto das fundações rasas, comparando suas aplicações. Serão analisados as condições e os estudos que influenciaram na escolha do uso do radier, em detrimento das sapatas, em uma obra residencial em Sinop/MT, incluindo os custos de implementação e mão de obra. Observou-se que o tipo radier vem se mostrando economicamente viável, considerando ser uma fundação de maior facilidade de execução e seus custos considerados inferiores comparados com a sapata corrida, fatores que tornam o uso deste tipo de fundação mais atrativo para empresas que atuam na construção civil.

**PALAVRAS-CHAVE:** Dimensionamento; Fundação; Radier; Residencial; Sapata.

## **COMPARATIVE COST ANALYSIS BETWEEN RADIER FOUNDATION AND RUNNING SHOE FOR UNIFAMILIARY RESIDENCE**

**ABSTRACT:** In the field of civil construction, the study of the soil is a fundamental element for the execution of any type of work, since the knowledge of the characteristics of the soil enables the correct dimensioning of the loads acting on the building structure. Such loads are directed to the foundations which, in turn, are transferred to the ground. Foundations are classified as superficial or deep and what will determine the use between one or the other will be the result of soil analysis and other studies previously carried out. This work sought to evaluate the constructive characteristics of works that used radiers and shoes, subtypes that make up the set of shallow foundations, comparing their applications. The conditions and studies that influenced the choice of the use of the radier will be analyzed, instead of the shoes, in a residential project in Sinop / MT, including the costs of implementation and labor. It was observed that the radier type is proving to be economically viable, considering that it is a foundation with greater ease of execution and its costs considered inferior compared to running shoes, factors that make the use of this type of foundation more attractive for companies that work in construction civil.

**KEY-WORDS:** Sizing; Foundation; Radier; Residential; Shoe.

<sup>1</sup> Acadêmica de Graduação, Curso de Engenharia Civil, UNIFASIPE Centro Universitário, R. Carine, 11, Res. Florença, Sinop - MT. CEP: 78550-000. Endereço eletrônico: [jaque.jarschel@hotmail.com](mailto:jaque.jarschel@hotmail.com)

<sup>2</sup> Professor Mestre em Matemática, Curso de Engenharia Civil, UNIFASIPE Centro Universitário, R. Carine, 11, Res. Florença, Sinop - MT. CEP: 78550-000. Endereço eletrônico: [thiago\\_tonial@hotmail.com](mailto:thiago_tonial@hotmail.com)

## 1. INTRODUÇÃO

Em empreendimentos, a escolha do tipo de fundação a ser utilizada é uma decisão de fundamental importância e complexa ao mesmo tempo, pois trata-se de um elemento que tem como finalidade transmitir à camada resistente do solo os carregamentos verticais e horizontais de uma obra, sem ocasionar ruptura do terreno.

A escolha do tipo de fundação, leva em consideração aspectos como topografia da área, características do solo, cargas da edificação, mão de obra, custos e tempo para execução. Para que se possa executar um projeto de fundação, antes é necessário coletar o máximo de informações possíveis a respeito do solo onde será feito o empreendimento, pois a qualidade e durabilidade do elemento está diretamente ligado às características do solo.

Dentre todos os critérios que interferem na escolha da fundação, além da resistência e durabilidade, são os custos das mesmas, no qual relatos de Formigoni (2009) afirma que as fundações rasas são mais econômicas se comparadas às profundas, com vantagens também na facilidade da execução.

A incorreta elaboração do projeto pode causar danos a estrutura e conseqüentemente a superestrutura, fazendo com que a fundação dimensionada não suporte as cargas atuantes da edificação. A formulação do projeto deve distribuir as cargas atuantes na superfície, de modo que não sobrecarregue o solo, além de ter o devido cuidado com a inclinação e recalques (ALVA, 2007).

Patologias relacionadas às fundações são as principais causas de custos elevados nas edificações, e com razão, já que para sua restauração os procedimentos são complexos e envolvem a estrutura como um todo, podendo alterar a função que foi determinada para a edificação. Além disso Koga *et.al* (2017), aponta outros aspectos que prejudicam a estrutura, bem como a sondagem mal investigada, a incorreta execução, os cuidados indevidos após conclusão, ou até mesmo as complicações acarretadas por vibrações.

É interessante destacar a escolha entre o radier e a sapata corrida, pois ambos podem ser adaptados para obras que evidenciam baixos carregamentos. Mas há fatores que sobrepõe o radier em relação às sapatas, como nos destaca Velloso e Lopes (2010), considerando-o a melhor opção quando se tem um solo com muitos recalques ou quando ao se projetar com sapatas, originar em um distanciamento relativamente pequeno entre elas.

Por outro lado, Bastos (2019), aponta razões para se optar por sapata corrida, como alternativa viável quando o solo em questão apresentar sua capacidade de solo em uma profundidade baixa, promovendo vantagens econômicas. É sinal de que há, enfim, particularidades de ambas fundações apresentadas, no qual acarretam em benefícios para a obra, podendo variar entre suas escolhas de acordo com o terreno.

Dessa forma é de suma importância ter o devido conhecimento das fundações antes de iniciar a edificação, para futuramente não ter problemas durante e após a execução. Além disso analisar todos os gastos para relacionar qual terá melhor custo benefício e assim como a mais vantajosa em relação à segurança para obra em questão.

Ao se elaborar um projeto, a fundação é a etapa mais significativa, devendo levar em consideração os variados aspectos. Visar a segurança é tópico principal do engenheiro, pelo fato do planejamento mal elaborado, sem conhecimentos prévios necessários, pode ocasionar em riscos sociais e econômicos, além de um serviço mal realizado afetar a credibilidade do profissional.

Diversas pesquisas foram elaboradas a respeito desse tema, como realizou Tizott (2013), chegando à conclusão de que a sapata corrida era a melhor opção para sua obra em questão, garantindo a melhor estabilidade e economia. Na sua pesquisa, a sapata apresentou

uma quantidade menor de material, fato que foi influenciado pelos pilares, no qual gerou esforços muito altos para o radier, necessitando aumento de aço e concreto.

Outro artigo feito por Bandeira (2015) juntamente com outros autores, ressaltou que o radier era a solução apropriada para obra de residência popular, onde a sapata corrida apresentou custos mais elevados e uma execução mais lenta. Ambos evidenciaram dados importantes sobre a escolha adequada.

De acordo com os autores analisados e observando essa diversidade de fatores prós e contras, muitas dúvidas surgem, sobre qual fundação é preferível, sapata corrida ou radier? Qual oferece melhor custo benefícios? O que se deve levar em consideração na escolha?

Com o mercado de trabalho cada vez mais competitivo, o profissional sempre deve buscar se aprimorar e ser o mais preciso possível ao se elaborar o projeto, para dessa maneira aumentar sua credibilidade e confiança junto ao cliente, visto que a fundação é a parte que sustenta a casa, dessa maneira não pode haver erros que prejudiquem a estrutura futuramente.

O radier é indicado para solos que apresentam recalques, já a sapata está vinculada a resistência do solo, não sendo possível a sua realização em qualquer terreno, pois há a necessidade de escavação para sua implementação. Ao se optar por determinado tipo de fundação deve-se conhecer o local e a mão de obra da região para se elaborar os custos da obra, pois falta de material e profissionais qualificados provocam problemas durante a execução e aumentam as despesas.

Os materiais que são orçados no radier e na sapata corrida são praticamente os mesmos, sendo os principais o aço e concreto. Porém cada um tem suas peculiaridades na sua execução, devendo se atentar ao tipo de solo, como também as fundações vizinhas. Por esses motivos evidencia-se a necessidade de se aprofundar na investigação antes de se projetar, pesquisar os utensílios dispostos no mercado, pois se houver falta de material, a fundação escolhida pode não se tornar mais viável.

Diante disso, esse estudo tem o intuito de buscar novas informações a respeito desses dois tipos específicos de fundações e programas auxiliares, para contribuir na determinação e no planejamento, buscando evidenciar qual fundação apresenta menor custo no projeto, expondo planilhas de cálculos, gastos e de dimensionamentos.

O estudo de caso ocorreu em um residencial que está em processo de execução na região de Sinop, no qual a fundação definida foi o radier, mais como havia a possibilidade de ser sapata corrida, optou-se por realizar o seu dimensionamento e analisar suas diferenças. Portanto o presente trabalho visa realizar uma análise desses dois tipos de fundações, verificando as suas particularidades a respeito do seu dimensionamento, orçando os custos para sua execução, por meio do levantamento de materiais e mão de obra. Serão realizados os dimensionamentos prévios das sapatas corridas, planilhas orçamentárias e posteriormente a comparação dos custos, segurança e viabilidade da implantação de radier e sapatas.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Investigação do Solo**

A investigação do subsolo é uma etapa fundamental para a elaboração e execução de uma fundação, pelo fato de expor informações necessária do solo, para posteriormente poder dimensionar e optar pela fundação adequada para o terreno em estudo. São obtidos através dessas sondagens o tipo de solo, suas camadas e a resistência de cada uma, além de indicar o nível do lençol freático.

Como afirma Militisky et al (2008), é de grande importância obter as características e o comportamento que o solo apresenta, para que se consiga evitar problemas, pois o solo é o alicerce da superestrutura, suportando todas as cargas.

Algumas etapas são estipuladas para se ter uma sondagem adequada e obter as informações de forma que sejam precisas. Utilizam-se programas para auxiliar nos processos realizados, onde o primeiro estágio, segundo Velloso e Lopes (2010) é a investigação preliminar, tendo a finalidade de conhecimento das características do subsolo, através de sondagem à percussão, já em lugares muito rochosos pode-se optar por sondagens mistas. Após esse procedimento já pode se ter ideia de qual fundação melhor se adequa no terreno.

Na sequência realiza-se a investigação complementar, onde analisa-se as camadas existentes e esclarece as características das mesmas. Outras sondagens são realizadas nessa etapa, sendo *in situ*, como ensaio SPT e também ensaios de cone (CPT) e posteriormente retiradas amostras indeformadas para realizar ensaios laboratoriais.

Em laboratórios são realizados testes táteis-visuais de amostra do solo, peso específico do solo e dos sólidos presentes, retirando a água existente, como também da umidade, ensaio de peneiramento e da sedimentação (BOTELHO, 2015). Esses ensaios tem a finalidade de determinar o tipo e as características do solo, para obter resultados e compará-los com os determinados em campo.

O autor comenta ainda que, a última etapa é a investigação para execução, processo realizado para confirmar as condições para o projeto determinado. Leva-se em consideração lugares com maior modificação do solo e locais decisivos, como sendo as posições que recebem maior quantidade de cargas, como por exemplo, os pontos de pilares. Utilizado também para facilitar a execução da fundação escolhida, pois caso seja inviável, de acordo com os resultados obtidos, é possível, ainda nesta etapa, optar por outra fundação.

O ensaio SPT (Standard Penetration Test) é um dos mais utilizados na região de Sinop-MT. Essa região possui um solo peculiar onde é possível encontrar muita areia e argila, em camadas distintas ou até mesmo misturadas. Isso faz com que o solo se torna colapsável e com baixa resistência superficial, sendo preciso realizar análises mais profundas, afim de investigar as resistências desse solo e verificar a presença de rochas (ROMANINI, 2019). Ainda de acordo com o mesmo autor, o ensaio SPT visa calcular a resistência do solo com base na cravação de uma ponteira metálica no solo, com o auxílio de um peso padronizado. É avaliado nesse caso, quantos golpes são necessários para a cravação de 30cm da ponteira no solo, trazendo como resultado o  $N_{spt}$ .

## 2.2 Estudo das fundações

Fundações podem ser definidas como elementos estruturais que se encontram sob o solo, de modo que sirva de base para obra, garantindo estabilidade, evitando rupturas. Sua finalidade é suportar e transmitir ao terreno as cargas da estrutura, podendo ser definido em dois grupos: fundações diretas ou rasas e fundações indiretas ou profundas (AZEREDO, 1977). Antes de se decidir o tipo adequado de fundação, parâmetros técnicos devem ser levados em consideração, para garantir a vida útil da estrutura e além de prezar pela segurança.

Outros aspectos importantes, mencionados pelo autor, são os dados da estrutura e das construções vizinhas, ou seja, determinar o tipo de estruturas e suas cargas, além de verificar a fundação próxima para ressaltar se haverá problemas na execução. Na elaboração, o projetista deve se atentar aos possíveis recalques do solo, pois se houver ocorrência de movimento de terra excessivo e no projeto esta situação não estiver prevista, problemas futuros, como fissuras e colapso da edificação, podem acontecer (USUDA, 2003).

### 2.3 As influências do dimensionamento

No dimensionamento de qualquer estrutura, deve-se ater aos detalhes essenciais das possíveis cargas e sobrecargas que podem atuar na estrutura. As cargas provocam efeitos diferentes nas estruturas e devem ser estudadas e consideradas para se obter dimensionamento seguro e eficiente (NAZARIO *et.al*, 2018). A ABNT NBR 6118/2014 - Projetos de estruturas de concreto - Apresenta em seus índices todos os procedimentos que devem ser levados em consideração para a concepção e desenvolvimento de projetos de concreto, ela mostra também quais os tipos de cargas que devem ser consideradas.

As cargas de peso próprio são relacionadas ao peso de todos os materiais que compõem a estrutura: concreto, blocos, tijolos, paredes, argamassa, telhado, estrutura do telhado, enfim, todo e qualquer peso que permanecerá na estrutura sem alterações (ABNT NBR 6118, 2014).

As cargas acidentais se referem a todas as cargas que podem ocorrer na estrutura de forma não prevista, ou seja, que podem ocorrer de forma acidental, mas que devem ser consideradas antes mesmo de acontecerem. São exemplos: circulação de pessoas/veículos, cargas de vento, cargas de movimentação de terra e de água, peso de equipamentos e objetos não previstos (ABNT NBR 6118, 2014).

O estudo das cargas provenientes em uma estrutura, a investigação do solo e o dimensionamento eficiente de uma estrutura promove segurança e qualidade de usabilidade eficaz para quem realiza a obra e para quem desfruta dela (MILITITSKY, 2015). O mesmo autor ainda afirma que um estudo de cargas e dimensionamento mediano de uma estrutura, a investigação do solo mal feita e os materiais de baixa qualidade, podem ocasionar patologias diversas para a obra, como problemas com comunicação nas obras, acúmulo de serviços, resserviços, desperdício de materiais, acúmulo de entulho na obra, excesso de cargas não previstas, recalque diferencial ou total das fundações, vazamentos, oneração dos custos de obra, fissuras, rachaduras e em casos agravados, pode ocorrer até mesmo o colapso.

### 2.4 Fundações Rasas

Fundações superficiais, conhecidas como rasas ou diretas, são aquelas no qual as cargas da estrutura são transmitidas ao terreno através da base da fundação de modo distribuído, assim descrito pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), por meio da NBR 6122, que trata sobre projeto e execução de fundações, revisada em 2019. Para determinação da profundidade de assentamento acata-se a relação entre o terreno propínquo e a fundação, sendo inferior a duas vezes a menor dimensão da fundação. Vale ressaltar ainda, que o tipo de fundação a ser utilizado em determinada obra, dependerá das características do solo em que serão assentadas, dependem ainda, do dimensionamento de projeto e da disponibilidade de materiais na região.

De acordo com Alva (2007), as sapatas são elementos estruturais de concreto armado, designada a receber carregamentos lineares e pontuais, com disposições de armadura que são responsáveis por resistir as tensões de trações que se encontram expostas. Sapatas são conceituadas em diversificados tipos, denominadas como sapata corrida, sapata isolada, sapata associada e sapata alavancada.

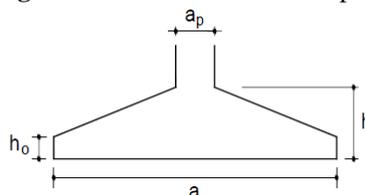
Radier é um tipo de fundação executada na superfície do terreno, abrangendo toda a edificação, transferindo os carregamentos da estrutura de forma uniforme ao solo (DÓRIA, 2007). Nesse tipo de fundação as cargas da estrutura são transportadas para as paredes estruturais ou para os pilares. Posteriormente essas cargas são transmitidas para o radier. A execução das fundações rasas é simples, pois não demanda equipamentos específicos e mão de obra especializada, podendo ainda ser executado em concreto convencional ou utilizando o concreto juntamente com proteção, garantindo maior estabilidade e segurança.

## 2.5 Dimensionamento e Execução de fundações rasas

### 2.5.1 Sapata corrida

Pode-se conceituar sapata corrida como sendo, fundação empregada para sustentar as cargas das paredes que se distribuem de forma linear e uniforme no subsolo. Atribui-se a sapata corrida os elementos contínuos de concreto armado, outro fator que também pode ser considerado é sua base que abrange formatos retangulares, quadrados ou trapezoidais. São caracterizadas como rígidas, empregada em solo de baixa resistência, e como flexíveis, superfícies com suas resistências elevadas (PACHECO, 2010). De acordo com a NBR 6118/2014 a especificação da sapata em relação a rigidez corresponde à figura 1 e ao sistema descrito a seguir.

**Figura 1:** Dimensões de uma sapata



Fonte: Gerson Alva (2007).

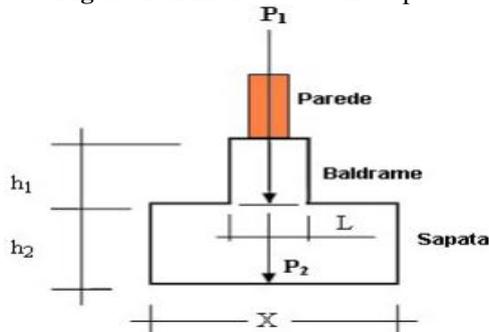
De acordo com a ABNT NBR 6118/2014, deve-se designar o tipo de sapata respeitando as condições de:

- Quando  $h \leq \frac{a-a_p}{3}$  a sapata é flexível;
- Quando  $h > \frac{a-a_p}{3}$  a sapata é rígida.

Na execução da fundação, geralmente não há necessidade de maquinários, podendo dessa forma ser realizada de maneira manual, evidenciando uma vantagem econômica. Como nos assegura Bastos (2019), esse tipo de sapata é usado em construções pequenas, como muros e paredes de casa, além de apresentar benefícios financeiros, principalmente quando o solo evidencia uma capacidade de sustentação em baixa profundidade. A sondagem deve ser desempenhada com cautela, adotando a opção mais adequada, podendo optar por sapata corrida reta ou piramidal. Para diferenciar a sapata corrida das demais, é preciso observar suas dimensões, onde seu comprimento retrata proporções cinco vezes maiores que a sua largura (VELLOSO; LOPES, 2010).

O dimensionamento das sapatas consiste no conhecimento das cargas, que estão atuando na estrutura e a resistência do terreno. De acordo com Bastos (2019), as dimensões de uma sapata estão descritas na figura 2.

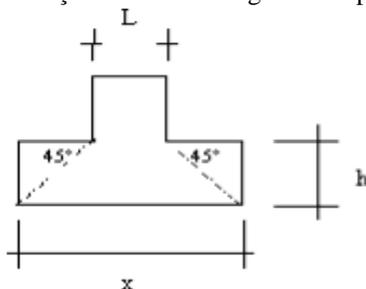
**Figura 2:** Dimensões de uma sapata



Fonte: Bastos (2019).

O valor correspondente da sapata, sendo  $h_2$  (altura) e  $X$  (largura), são estipulados de acordo com as formulas abaixo, observando a figura 3 no qual demonstra essa relação de largura e altura (BASTOS, 2019).

**Figura 3:** Relação de altura e largura da sapata



Fonte: Bastos (2019).

$$P_2 = X \cdot 1,00 \cdot h_2 \cdot \gamma - Tg45^\circ = \frac{h}{2} \rightarrow h = 05 (x - L)$$

Com o planejamento e as sondagens do campo concluídos, deve-se ter prudência do mesmo modo em sua execução, obedecendo os procedimentos e exigências apresentadas a baixo, com informações de Daldegan (2017) e orientações apresentadas nas Técnicas Construtivas de Edificações, por Barros (2011).

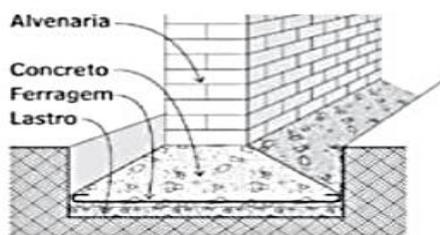
### 2.5.2 Execução da Sapata Corrida

A execução da sapata inicia-se com a abertura da vala, podendo ser manual ou mecanizada. A profundidade da vala a ser cumprida é a determinada na sondagem, não podendo ser inferior a 40 cm. Já a largura é relacionada à disposição do tijolo das paredes definida pelo profissional responsável, na ocasião que se utiliza 1 tijolo inteiro, sua dimensão mínima é de 45 cm. Optando pela técnica de meio tijolo sua proporção é de 40 cm ou mais. Nas circunstâncias onde os terrenos são inclinados, os degraus devem ser incrementados no fundo das valas, sendo sempre nivelados (BASTOS, 2019).

Com a vala executada deve-se realizar o apiloamento do fundo da vala, no qual a regularização da vala desempenha-se com método manual, de modo a compactar, uniformizar o fundo e manter a resistência do solo. O soquete é o equipamento manipulado para suceder a técnica, com peso variado de 10 a 20 kg (NAKAMURA, 2004). Na profundidade depositar uma camada de concreto com espessura mínima de 5 cm, posteriormente limpar, visto que esse será a base do alicerce, para proteção da armadura (BASTOS, 2019).

As formas devem ser posicionadas nos locais definidos, devendo ser alinhadas e travadas de maneira correta, para que não haja problemas futuros e nem perda de material na hora da concretagem. Geralmente o material utilizado nesse tipo de fundação para as formas são tábuas de madeira. Seguidamente instala-se as armaduras juntamente com os arranques dos pilares, seguindo as especificações do projeto (LOURENÇÃO *et. al*, 2017). Após executados os processos acima, inicia-se a concretagem da sapata, podendo ser usinado ou feito *in loco*. Para melhor adensamento do concreto é importante utilizar um vibrador durante o processo (BASTOS, 2016).

Depois de aguardar o processo de cura do concreto, retira-se as formas e as valas devem ser aterradas novamente e compactadas, com espessura de no máximo 20 cm das camadas (BARROS, 2011). A figura 4 a seguir, demonstra todos os processos de realização de uma sapata corrida.

**Figura 4:** Sapata executada e finalizada.

Fonte: Barros, (2011).

### 2.5.3 Radier

Segundo a NBR 6122/2019, radier é elemento de fundação superficial, que tem o objetivo de suportar as cargas da construção, englobando todos os pilares. Como bem nos certifica Formigoni (2009), radier é comparado a uma laje de concreto armado que fica localizado na superfície do terreno, no qual se constitui em um único elemento, que distribui de forma uniforme os carregamentos da obra para o solo. Para Dória (2007), o emprego do radier é vantajoso quando o solo tem resistências baixas, apresenta recalques, o lençol freático se encontra muito próximo a superfície ou quando a utilização dos pilares forem ficar muito próximos entre si. Pode ser executado com manuseio do concreto armado ou protendido. Evidentemente a classificação do radier pode ser determinado de acordo com sua geometria, podendo ser lisos, com pedestais, nervurados ou caixões. Definidos também através de sua rigidez, referindo-se como rígidos ou elásticos (ACI, 1997). Considera-se rígido quando atender os dois parâmetros a seguir. As colunas devem ser espaçadas atendendo a expressão:

$$l \leq \frac{1,75}{4 \cdot E_c \cdot I} \sqrt[4]{K_v \cdot b}$$

### 2.5.4 Execução do Radier

O desenvolvimento de um projeto de fundação, depende de muitos fatores, como inspeção do solo, estudo das características do solo, análise de condições de relevo e forças de empuxo d'água, empuxo de solo, estudo de cargas, estudo do comportamento da estrutura carregada e estudo dos materiais escolhidos para a execução do projeto (DÓRIA, 2007).

Tipicamente na escolha do concreto, examina-se critérios como sua durabilidade, as resistências que serão obtidas nos primeiros anos, o mais econômico financeiramente e a quantidade de matérias, examinando os insumos disponíveis. Com base na NBR 6118/2014, obtém-se valores mínimos de resistência, pautando como fundamento a classe de agressividade, tanto do concreto armado como do protendido. O quadro 1 a seguir, mostra a classe de agressividade correlacionada com o tipo de concreto que deve ser utilizado.

**Quadro 1:** Correlação entre a classe de agressividade

TIPO DE CONCRETO	CLASSE DE AGRESSIVIDADE AMBIENTAL			
	I	II	III	IV
Concreto armado	Fck 20	Fck 25	Fck 35	Fck 45
Concreto Protendido	Fck 25	Fck 30	Fck 40	Fck 50

Fonte: ABNT NBR 6118 (2014).

O concreto é um material que possui resistência alta quando submetido à esforços de compressão, porém, tratando-se de esforços de tração, o concreto é considerado fraco, resistindo a apenas 10% do valor da carga de compressão, como tração (BASTOS, 2019). Sabendo disso, as armaduras ativas do concreto têm função de resistir aos esforços de cargas

de tração, provenientes da estrutura como um todo. As armaduras passivas tem a função de resistir a esforços cisalhantes (esforços cortantes) e de assegurar a posição das armaduras (NAZARIO, *et. al*, 2018). As armaduras utilizadas em concreto armado devem ser estipulados de acordo com as normas da NBR 7480/2007, no qual contém os valores das resistências de acordo com cada tipo de aço, entre eles o CA-25, CA-50 e CA-60. Do mesmo modo os diâmetros correspondentes a cada tipo são estabelecidos na norma.

Para que o concreto possua o formato desejado, utiliza-se elementos para montar uma forma. Essa forma tem a função de moldar o concreto e segurar o concreto no lugar, permitindo sua fixação e cura. Os materiais utilizados para a montagem das formas podem ser diversos, como aço, madeira bruta, madeira processada, material plástico industrializado entre outros (DÓRIA, 2007).

De acordo com Júnior (2016), ao se executar obras de fundação no estilo radier, recomenda-se a utilização de espaçadores nas armaduras entre o solo e a armadura. Esse procedimento auxilia no dispersar correto do concreto, preenchendo toda a forma e os espaços entre as armaduras. Pós concretagem do radier, são executadas as juntas de dilatação, que são espaços criados para que o concreto trabalhe de forma correta com as variações de temperatura. Essas juntas são executadas com o corte de uma lixadeira no sentido paralelo da maior dimensão do radier. Para não deixar as juntas abertas e ocasionar patologias, é utilizado o selante de poliuretano para vedar as juntas.

O procedimento necessário antes de começar a fundação é o nivelamento e compactação do solo, para garantir mais resistências a carregamentos elevados e estabilidade para a estrutura (DÓRIA, 2007). Após o termino da compactação são desempenhadas as instalações hidráulicas e as tubulações dos esgotos. Seguidamente começa o preparo do lastro, com espessura de 6 cm a 8 cm de brita. Esse processo certifica que a armação tenha uma base antes do contato com o terreno, além disso certifica que o solo tenha um melhor nivelamento (SCHMIDTKE et al, 2017).

De acordo com Júnior (2016), a impermeabilização da fundação, ocorre pela colocação de lona plástica antes da armadura, ou seja, situada acima da brita. Em relação a armadura é estabelecida durante o projeto, sendo em tela metálica podendo ser malha simples ou dupla. O autor comenta ainda que, com a intuição de assegurar o cobrimento, utiliza-se espaçadores durante a amarração, além de definir as posições dos pilares, já os espaçadores são feitos com argamassa ou comprado prontos.

São produzidas as formas para a caixa e colocadas no devido lugar do gabarito, com os apropriados travamentos para certificar que o concreto fique dentro da forma, sem que ocorra deslizamento. Continuamente, efetua-se a concretagem, mediante a utilização de bomba, seguindo com adensamento manual ou com equipamento específicos, com a finalidade de nivelar e suceder com o acabamento. A seguir, a figura 6 representa uma composição de um radier em execução. Também se encontra em anexo imagens das etapas de execução do radier no residencial.



**Fonte:** Revista Engenharia em Ação UniToledo (2019).

## 2.6 Planejamento e Orçamentos

De acordo com Mattos (2019), é importante que os engenheiros e arquitetos desenvolvam ferramentas e busquem por aperfeiçoar suas concepções de organização, planejamento e orçamento dos materiais, dos insumos e das obras que gerenciam. Esse aperfeiçoamento pode oferecer vantagens como:

- a) conhecimento pleno da obra;
- b) detecção de situações desfavoráveis;
- c) agilidade nas decisões;
- d) otimização da alocação de recursos;
- e) referência de acompanhamento da evolução da obra;
- f) padronização e profissionalismo;
- g) estabelecimento de metas e objetivos;
- h) documentação e rastreabilidade;
- i) criação de dados históricos.

Outra etapa que é muito importante em um projeto e dimensionamento de uma estrutura ou de uma obra, é o orçamento. O orçamento é uma ferramenta utilizada para mensurar todos os custos de materiais, insumos e mão de obra que serão necessários para realização da obra. O orçamento serve também como uma ferramenta para controlar os gastos e de posicionamento de limites para os mesmos (SARDINHA, 2015). O autor comenta ainda que as construções de planilhas de orçamentos podem ser baseadas em tabelas padronizadas, como TCPO (iniciativa da editora Pini) e SINAPI (iniciativa da Caixa Econômica Federal). Essas tabelas são elaboradas com base em pesquisas de preços em locais de referência e são disponibilizadas gratuitamente para qualquer pessoa.

O mesmo autor ainda afirma que o desenvolvimento de um orçamento também pode ser realizado com base no mercado local, tendo em vista a disponibilidade de materiais e de mão de obra que o local oferece, contabilizando os preços sugeridos e comparando com outras planilhas de orçamento.

## 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido no município de Sinop-MT, no bairro Menino Jesus, mais especificamente no canteiro de obra de construção de residências unifamiliares, no qual serão executadas 218 casas, todas com o mesmo layout. As residências unifamiliares são obras populares de construção de casas com metragem quadrada menor, que serão destinadas única e exclusivamente para a moradia de pessoas. Essas residências unifamiliares possuem menor valor de construção, devido ao fato de terem cômodos limitados e tamanhos restritos. Esses tipos de obras geralmente são financiados por um banco e possuem projeto padrão, que serão seguidos para todas as residências que serão construídas.

Para o desenvolvimento do projeto das residências, foram realizadas investigações no solo, através do ensaio SPT (ensaio de penetração padronizado) e testes laboratoriais para avaliar o tipo de solo e as suas características resistivas, efetuado por uma empresa especializada da região. O resultado obtido considerou o terreno com camadas de solos silte argiloso e silte arenoso, sendo um solo com baixa resistência superficial. Dadas as características do solo, a empresa teve a opção de construção de dois tipos de fundação, sendo sapatas e radier.

Por questões de tempo de execução, a empresa optou pelo uso de radiers isolados para cada residência, contudo, como havia outra opção de execução de fundação, esse trabalho busca desenvolver um projeto de viabilidade de execução de sapatas, desenvolvendo um projeto de dimensionamento das sapatas utilizando programas auxiliares. Vale ressaltar que em anexo encontra-se as etapas de execução do radier do residencial

Para o desenvolvimento desse trabalho, primeiramente foram realizados estudos e análises bibliográficas, buscando ampliação dos conhecimentos relacionados aos solos, projetos e tipos de fundações rasas. Posteriormente, foi desenvolvido um projeto de fundação rasa constituído de sapatas, com base no projeto de fundação de radier executado pela empresa em questão. As cargas para realização dos projetos foram consideradas as mesmas para ambas, no como também o layout, no qual já estavam definidas no projeto de radier. Tais cargas estão apresentadas no quadro abaixo, da mesma forma se encontram em anexos com maiores detalhamentos e especificação das NBR's utilizadas.

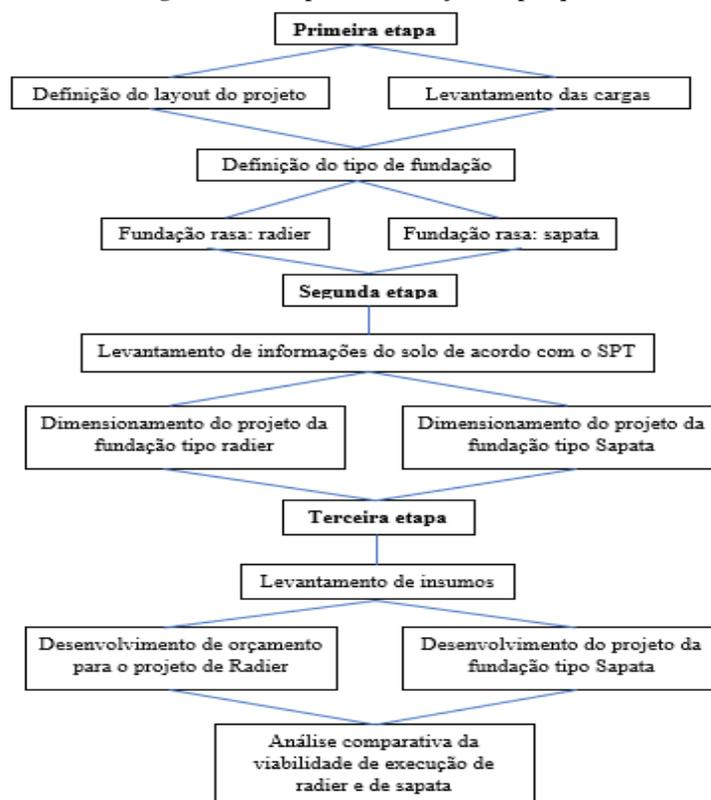
**Quadro 2:** Cargas da edificação.

COMPOSIÇÕES	CARGAS
	Kgf/m <sup>3</sup>
Forro: acidental	50
Telhado	170
Revestimento	50
Tijolo furado	1300

**Fonte:** NBR 6120 (2019).

Além do projeto de fundação com sapatas, foram desenvolvidas planilhas de orçamento de materiais e de mão de obra, baseados em estudos bibliográficos, buscando a comparação entre os dois projetos. Para melhor entendimento do desenvolvimento do projeto, serão realizadas as atividades de acordo com o fluxograma 1 a seguir.

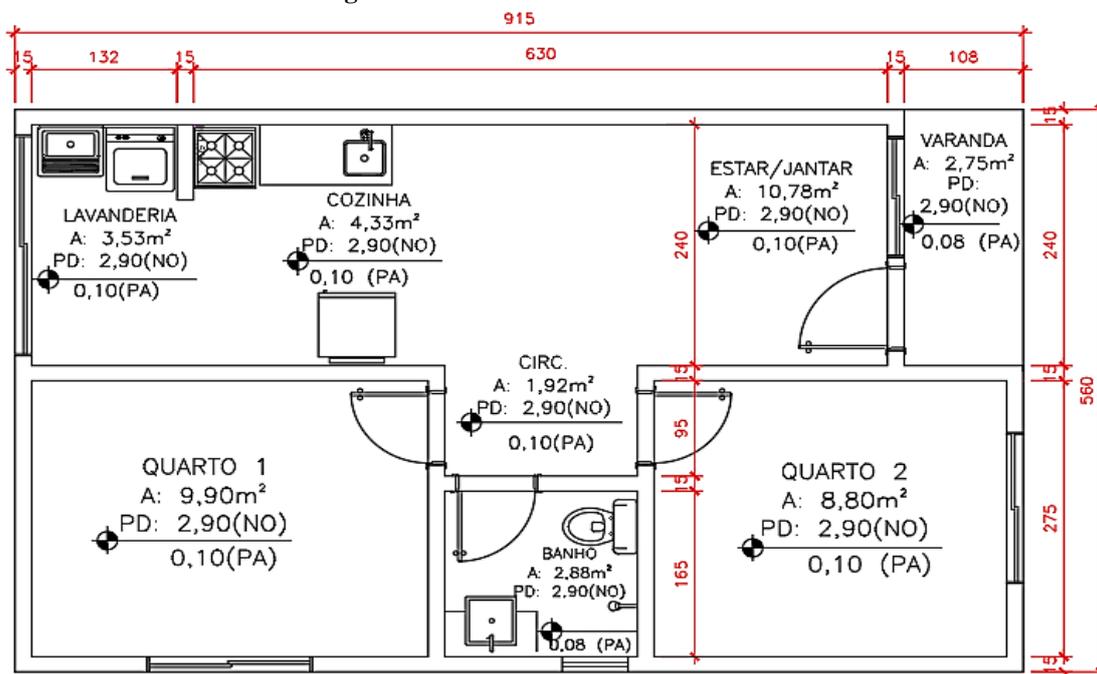
**Fluxograma 1:** Etapas de execução da pesquisa



**Fonte:** Arquivo Pessoal (2020).

Como a obra já se encontra em fase de acabamento, os projetos das fundações de radier já foram desenvolvidos pela empresa. A figura 6 apresenta a planta baixa da residência e será replicada para todas as residências do condomínio. O projeto de condomínio de residências já se encontra desenvolvidos e em fase de acabamentos internos e externos, como pintura, alocação de aparelhos (pias, lavatórios, vaso sanitário) e detalhes finais das residências e das pavimentações das ruas.

**Figura 6:** Planta baixa base das residências.



**Fonte:** Arquivo Pessoal (2020).

Já o projeto de fundação em sapatas foi realizado com o auxílio de programas computacionais voltados para área da engenharia civil. Com esse projeto, será possível quantificar os materiais utilizados para a execução do mesmo, como quantidade de concreto, quantidade de aço e mão de obra necessária para a execução. Vale ressaltar que todos os projetos se encontram nos anexos ao final deste artigo.

Para dar continuidade com os estudos, foram desenvolvidas planilhas orçamentárias de ambos os projetos: radier e sapatas. Foram utilizadas as tabelas de composições de preços para orçamentos SINAPI, referente ao mês de agosto de 2020 e as tabelas de preços de serviços e insumos disponibilizadas pela Caixa Econômica Federal. Essas planilhas serviram para a comparação dos dados de custo dos materiais utilizados, de mão de obra e de custo para execução.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como a obra já está em fase de acabamento e foi executada com radier, todos os processos de desenvolvimento dos projetos e todas as cargas incidentes na estrutura foram consideradas as mesmas para a elaboração do projeto de fundação de sapatas, tais projetos

encontram-se no anexo. É importante ainda comentar que, todas as quantidades de serviços e materiais, quantos os preços, forma consultados nas tabelas do SINAPI, fornecidas pela Caixa Econômica Federal e os preços foram considerados no período de agosto de 2020.

Um ponto muito importante que deve ser mencionado é que no desenvolvimento do projeto executado com radier ou com sapatas, são necessários deixar as esperas dos equipamentos e tubulações hidráulicas e elétricas (caso seja subterrâneo). Esse processo facilita e agiliza a obra, pois não serão necessários, posteriormente, a realização de cortes para acesso das tubulações, que podem afetar a durabilidade e resistência da peça.

Outro ponto que pode ser verificado, são os possíveis recalques diferenciais que a estrutura pode sofrer com a execução de sapatas. Como as sapatas são pontos de localização de recebimento e transposição de cargas, podem ocorrer recalques diferenciais que podem danificar a estrutura resultando em patologias como fissuras e rachaduras nas paredes.

Como a obra foi executada em radier, é descartado a hipótese de recalque diferencial, pois o radier é uma placa inteira que, se por acaso venha ocorrer um recalque, esse será distribuído de forma que todo o radier seja recalçado igualmente. Porém, é incomum que essa patologia ocorra, visto que o radier é utilizado para combater esse tipo de patologia, pois ele resiste ao recalque como um todo.

A seguir serão demonstradas os Quadros 3 e 4, representando respectivamente o orçamento para sapata corrida de 1 casa e para o radier de 1 casa. Vale destacar que foram considerados desonerados, encargos sociais ou BDI, pois como se trata de um trabalho avaliativo de comparação, cabe mensurar os encargos e/ou o BDI.

**Quadro 3:** Orçamento de sapata corrida para 1 casa

Item	Descrição das etapas - COM DESONERAÇÃO	Unidade	Quantidade	Preço unitário	Preço total
1	ESCAVAÇÃO MANUAL PARA BLOCO DE COROAMENTO OU SAPATA, COM PREVISÃO DE FORMA	m <sup>3</sup>	15,878	64,98	1031,75
1.1	REATERRO MANUAL APILOADO COM SOQUETE	m <sup>3</sup>	29,85	34,46	1028,63
1.2	CARGA MANUAL DE ENTULHO EM CAMINHÃO BASCULANTE DE ATÉ 6m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	15,878	17,23	273,58
1.3	TRANSPORTE DE ENTULHO COM CAMINHÃO BASCULANTE 6 m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	15,878	3,68	58,43
1.4	LASTRO COM MATERIAL GRANULAR ESPESSURA DE 5 cm	m <sup>3</sup>	1,49	117,9	175,97
1.5	LASTRO DE CONCRETO MAGRO APLICADOS EM BLOCOS E SAPATAS COM 3cm DE ESPESSURA	m <sup>3</sup>	0,8955	421,74	377,67
1.6	ARMADURA DE AÇO CA 50/60 - CORTADO E DOBRADO	kg	495,5	6,44	3191,02
1.7	CONCRETO USINADO BOMBEÁVEL, CLASSE DE RESISTÊNCIA C25, COM BRITA 0 E 1, SLUMP= 100 +/- 20mm, INCLUI SERVIÇO DE BOMBEAMENTO	m <sup>3</sup>	13,49	411,15	5546,41
1.8	IMPERMEABILIZAÇÃO DE SUPERFÍCIE COM EMULSÃO ASFÁLTICA, 2 DEMÃOS	m <sup>2</sup>	29,85	27,69	826,55
<b>Obs: Os valores referentes a cada item foram retirados da tabela SINAPI, referente ao mês de agosto de 2020</b>				<b>TOTAL=</b>	<b>12510,01</b>

**Fonte:** Arquivo Pessoal (2020).

**Quadro 4:** Orçamento de radier para 1 casa

Item	Descrição das etapas - COM DESONERAÇÃO	Unidade	Quantidade	Preço unitário	Preço total
	ESCAVAÇÃO MANUAL PARA RADIER	m <sup>3</sup>	18,135	41,73	756,77
1.1	REATERRO MANUAL APILOADO COM SOQUETE	m <sup>3</sup>	18,135	34,46	624,93
1.2	CARGA MANUAL DE ENTULHO EM CAMINHÃO BASCULANTE DE ATÉ 6m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	18,135	17,23	312,47
1.3	TRANSPORTE DE ENTULHO COM CAMINHÃO BASCULANTE 6 m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	18,135	3,68	66,74
1.4	LASTRO COM MATERIAL GRANULAR ESPESSURA DE 5 cm	m <sup>3</sup>	3,02	117,9	356,35
1.5	TELA DE AÇO SOLDADA NERVURADA CA-60 Q-196	m <sup>2</sup>	147	23,19	3408,93
1.6	LASTRO DE CONCRETO MAGRO APLICADOS EM BLOCOS E SAPATAS COM 3cm DE ESPESSURA	m <sup>3</sup>	1,8135	404,95	734,38
1.7	ARMADURA DE AÇO CA 50/60 - CORTADO E DOBRADO	kg	78,38	6,44	504,77
1.8	CONCRETO USINADO BOMBEÁVEL, CLASSE DE RESISTÊNCIA C25, COM BRITA 0 E 1, SLUMP= 100 +/- 20mm, INCLUI SERVIÇO DE BOMBEAMENTO	m <sup>3</sup>	5,58	411,15	2294,22
1.9	IMPERMEABILIZAÇÃO DE SUPERFÍCIE COM EMULSÃO ASFÁLTICA, 2 DEMÃOS	m <sup>2</sup>	60,45	27,69	1673,86
<b>Obs: Os valores referentes a cada item foram retirados da tabela SINAPI, referente ao mês de agosto de 2020</b>				<b>TOTAL=</b>	<b>10733,41</b>

**Fonte:** Arquivo Pessoal (2020).

Analisando as tabelas apresentadas, nota-se diferenças em todas as atividades e serviços que devem ser executadas. Para a escavação manual e o reaterro com apiloamento, terão um custo de R\$2.060,38 para as sapatas corridas e R\$1.381,70 para o radier, obtendo uma diferença de R\$ 678,68. Esse custo se dá, pois, é necessária maior mão de obra com escavação e reaterro em fundações com sapatas corridas, visto que a área das sapatas e das formas são maiores, sendo maior a dificuldade de escavação.

Do mesmo modo nota-se uma grande diferença na quantidade de aço a ser utilizados para os diferentes tipos de fundações. Enquanto nas fundações de sapata corrida serão utilizados 495,5kg de aço cortado e dobrado, atingindo um custo de R\$ 3.191,02, nas fundações de radier serão utilizados 78,38kg de aço cortado e dobrado, no valor de R\$ 504,77. Essa diferença pode ser explicada pelo fato de que em uma execução de radier, utiliza-se de telas metálicas pré-fabricadas. Ao analisar o valor somente das telas, temos um gasto mais elevado que as barras de aço da sapata, porém com esse material o radier não necessita de mão de obra para corte e dobra, obtendo uma maior facilidade de execução. Desse modo o radier apesar do custo se tornou mais vantajoso.

Outro fator que merece atenção, é a quantidade de concreto que é utilizado em cada tipo de fundação. Enquanto no radier serão utilizados um total de 1,82m<sup>3</sup> de concreto magro e 5,58m<sup>3</sup> de concreto classe C25 para concretagem do radier que tem 60,45m<sup>2</sup>, com 10cm de espessura, no qual apresenta 2cm de rebaixo dos pisos no banheiro e varanda, totalizando R\$ 3.028,60. Nas sapatas serão utilizados aproximadamente 1m<sup>3</sup> de concreto magro para lastro e 13,49m<sup>3</sup> de concreto classe C25 para concretagem das sapatas, que por sua vez possuem dimensões diferentes e podem ser verificadas nas plantas nos anexos, chegou a um custo de R\$

5.924,08. Com os valores obtidos chegou-se a uma diferença de R\$ 2.895,48 da sapata em relação ao radier.

Com o orçamento de cada fundação, a execução de 1 casa da sapata corrida, obteve um custo de R\$ 12.510,01, enquanto a mesma planta baixa efetuada com radier chegou a um valor inferior de R\$ 10.733,41. Dessa maneira a diferença de valores das fundações foi de R\$ 1.776,60.

## 5. CONCLUSÃO

Um projeto de orçamento deve ser realizado com atenção aos detalhes de cada atividade e tipo de serviço utilizado, visando apresentar os reais custos de implantação da obra. A escolha dos dispositivos de fundação que irão resistir todas as cargas da estrutura, é de extrema importância nos projetos de dimensionamento, devido as características das cargas impostas na estrutura, a qualidade e a resistência do solo, a qualidade dos materiais o custo total entre outros fatores, podem influenciar na escolha da fundação.

Pode-se salientar ainda que a facilidade de execução da fundação do tipo radier, diminui o prazo de execução da obra, podendo esse ser um fator decisivo para empresas que executam grandes números de residências em curtos períodos de tempo.

De acordo com os orçamentos realizados, como foi dito, a diferença para 1 casa foi de R\$ 1.776,60 a mais para realização da sapata corrida. Considerando a quantidade de casas que serão executadas, como no caso desse residencial do estudo, sendo 218 casas, se a execução fosse de sapata o custo já se elevaria para R\$ 387.298,80. Visto que, se esse valor for economizado na execução da fundação, poderá ser utilizado para outras etapas da obra, se tornou um atrativo maior para a escolha da radier.

Conclui-se que a utilização de radier como dispositivo de fundação, nesse caso, torna-se mais viável economicamente. Pode-se concluir também que o orçamento mostrado nesse artigo foi desenvolvido para apenas uma casa unifamiliar e que no projeto total dessa obra, são mais de 200 casas, tornando mais difícil e trabalhoso de execução de sapatas corridas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

\_\_\_\_\_. NBR 6118: **Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2014.

\_\_\_\_\_. NBR 7480:2007: Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado – especificação.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6122: Projetos e execução de fundações**. Rio de Janeiro, 2019.

ALVA, G. M. S. **Projeto estrutural de sapatas**. Santa Maria, 2007.

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE – ACI. **Design of slabs on grade** (ACI 360R-92), 1997.

AZEREDO, Hélio Alves de. **O edifício até sua cobertura – Prática da construção civil**. 2.ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1977.

BANDEIRA, Rafaely Fonseca et al. Análise comparativa de custos entre as fundações do tipo radier e sapata corrida utilizadas em obras de padrão popular. **VETOR-Revista de Ciências Exatas e Engenharias**, v. 25, n. 2, p. 76-83, 2015.

BARROS, C. **Apostila de fundações: Técnicas construtivas edificações**. 2011.

BASTOS, P. S. **Sapatas de fundação**. UNESP - Campus de Bauru/SP. Bauru/SP, 2019.

BASTOS, PAULO SÉRGIO DOS SANTOS. Sapatas de fundação. **Notas de Aula do Curso de Estruturas de Concreto III**. UNESP. Bauru, 2016.

BOTELHO, M. H. C. **Princípios da mecânica dos solos e fundações para a construção civil**. São Paulo, 2015.

DALDEGAN, E. **Sapatas isoladas: Processo executivo e dicas importantes**. Engenharia Concreta, 2017. Disponível em: <<https://www.engenhariaconcreta.com/sapatas-isoladas-processo-executivo-e-dicas-importantes/>>. Acesso em: 02 de maio de 2020.

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

FORMIGONI, D. D.; CIVIL, CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Análise comparativa do desempenho de fundação rasa do tipo radier com fundação rasa de sapatas isoladas. **Trabalho de conclusão de curso-UTFP**. Curitiba, 2009.

JUNIOR, O. L. C. **Estudo da modelagem de radier rígido em concreto armado na análise da interação solo-estrutura**. Pato Branco/PR, 2016.

KOGA, Letícia Midori; DE OLIVEIRA MIRANDA, Maicon; BERTEQUINI, Aline Botini Tavares. **PATOLOGIAS DAS FUNDAÇÕES**. **Revista Engenharia em Ação UniToledo**, v. 2, n. 1, 2017.

LOURENÇÃO, Jéssica Salomão; ANDRIÃO, Emerson Gentil Santos; ALVES, E. C. **Dimensionamento otimizado de sapatas rígidas isoladas**. CILANCE, Santa Catarina, 2017.

MATTOS, Aldo Dórea. **Planejamento e controle de obras**. Oficina de Textos, 2019.

MILITITSKY, J.; CONSOLI, N. C.; SCHNAID, F. **Patologia das fundações**. 1ª ed. São Paulo: Oficina de textos, 2008.

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

NAKAMURA, Juliana. Sapatas de concreto. **Reportagem Revista Técnica**, ed, v. 137, 2004.

NAZÁRIO, Gabriel Fernando; SILVA, Vitor Crescencio da; BERTEQUINI, Aline Botini Tavares. **ANÁLISE TEÓRICA SOBRE A FUNDAÇÃO TIPO RADIER**. 2018.

PACHECO, T. M. **Análise comparativa de custos entre o radier e fundação em sapata corrida utilizadas em obras de padrão popular de quatro pavimentos no município de feira de Santana, Bahia**. Feira de Santana, 2010.

ROMANINI, Augusto. **Análise geotécnica em estacas hélice contínua no município de Sinop-MT**. 2019.

SARDINHA, Jose Carlos. **Orçamento e controle**. Editora FGV, 2015.

SCHMIDTKE, W. F.; COSTA, T. N.; ARAÚJO, A. R.; RIBEIRO, É. T. A.; ALMEIDA, F. C.; OLIVO, J.S. **Fundações do tipo radier**. Revista Conexão Eletrônica. Vol. 14, número 1. Três Lagoas, MS, 2017.

TIZOTT, Rafael Mallmann. **Comparação do custo benefício entre dois tipos de fundações: sapata rígida e radier**. 2013. 117 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2013.

USUDA, Fabio et al. **A integração do projeto estrutural e projetos associados**. 2003.

VELLOSO, D. A; LOPES, F. R. **Fundações: critérios de projeto, investigação do subsolo, fundações superficiais, fundações profundas**. São Paulo, 2010.