ANÁLISE DE VIABILIDADE SOBRE O USO DE SAPATAS ISOLADAS EM RESIDÊNCIAS UNIFAMILIARES

ARTIGO ORIGINAL

LOPES, Erick Ian Nunes de Queiroz¹, LOPES, Webster Oliveira², CORDEIRO, Érico Souza Brito³

LOPES, Erick Ian Nunes de Queiroz. LOPES, Webster Oliveira. CORDEIRO, Érico Souza Brito. **Análise de viabilidade sobre o uso de sapatas isoladas em residências unifamiliares.** Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano. 06, Ed. 12, Vol. 03, pp. 80-107. Dezembro de 2021. ISSN: 2448-0959, Link de acesso: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/sapatas-isoladas>, DOI: 10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/sapatas-isoladas

RESUMO

A construção civil está passando por um momento de grande desenvolvimento técnico. A fundação é uma etapa importante dentro do canteiro de obras e possui um valor considerável no orçamento total da obra. No Brasil, encontram-se métodos construtivos pouco divulgados, a exemplo do radier. Portanto, em decorrência da falta de utilização deste sistema, há uma preferência pelas sapatas. O presente estudo tem como foco principal o estudo de caso, de forma a comparar economicamente os dois tipos de fundação, sapata isolada e radier, visando responder a seguinte indagação: qual o mais econômico tipo de fundação rasa para se utilizar em residências unifamiliares de pequeno porte? O objetivo geral pretende demonstrar que a sapata isolada é um bom tipo de fundação para residências unifamiliares de caráter popular. Para isto, foi realizado um estudo de caso, em uma edificação residencial, no município de Vitória da Conquista, Bahia. Com o

¹ Acadêmico do curso de Engenharia Civil da Faculdade Independente do Nordeste –FAINOR.

² Acadêmico do curso de Engenharia Civil da Faculdade Independente do Nordeste –FAINOR.

³ Orientador.

desenvolvimento do projeto, é notório que o orçamento é uma ferramenta valiosa no quesito execução, visto que, sua exatidão influenciará diretamente nos custos finais, dessa forma, o orçamento total para as sapatas foi de R\$ 16.281,74 e para o radier R\$ 21.361,74. Portanto, pode-se concluir que, para o estudo de caso proposto neste artigo, as sapatas isoladas apresentam um comparativo mais viável, apresentando uma economia de R\$ 5080,00 no preço final.

Palavras-chave: Fundação, Viabilidade, Estudo.

1. INTRODUÇÃO

Segundo Bastos (2016), o contexto estrutural de um estabelecimento em geral é composto por subestrutura e superestrutura. A subestrutura, ou fundação, é a parte de uma estrutura mesclada por diversos elementos estruturais, geralmente construídos abaixo do nível final do terreno, e que são os responsáveis por transportar ao solo todas as ações (cargas verticais, forças do vento etc.) que operam na edificação.

Conforme Azeredo (1997), as fundações particularmente de qualquer estabelecimento são fundamentos estruturais necessários para a transição de cargas superiores para o solo, sejam elas fundações superficiais ou profundas tem a mesma função com características diferentes.

Conforme Alonso (2009), as fundações em geral são projetadas para resistir os esforços das cargas postas pela edificação, e conseqüentemente impõe 3 condições primordiais para o seu bom funcionamento, segurança, funcionalidade e durabilidade. A segurança, deve atender as especificações do estado limite último (ELU), a funcionalidade, propõe evitar a fissuração e o recalque do solo e a durabilidade, garante a edificação ativa ao longo da sua vida útil de projeto.

Conforme Joppert Junior (2007), a fundação não representa o elemento estrutural mais caro da obra, seu custo está entre 3% e 7% da estimativa de gastos totais com o imóvel.

RC: 102906

Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/sapatas-isoladas>

Este projeto de pesquisa delimitou-se em colher informações sobre o porquê do tipo de fundação rasa chamada sapata isolada ser mais utilizada em residências de pequeno porte (casas populares), tendo como base trabalhos de caráter científico e fragmentos das normas.

A justificativa da pesquisa se fundamenta no estudo de um tipo de fundação que mais se utiliza no âmbito da construção civil, demonstrando as particularidades, estudos e funcionalidades de cada uma, além da relevância de encontrar a melhor solução para os problemas de fundação que existem após ou antes da execução do projeto. De certa forma ainda existe uma dúvida por meio dos clientes ou projetistas em qual fundação usar visando melhor custo-benefício.

Conforme Moreira e Araujo (2018), o fato de se executar a fundação no início da obra, não pode haver espaço para erros, falhas graves nesse estágio podem levar a estrutura a ter problemas futuros. Devido à ansiedade na execução, é necessário que seja feito uma análise bastante criteriosa tanto no projeto quanto no momento da execução. O presente estudo tem como foco principal o estudo de caso, de forma a comparar economicamente os dois tipos de fundação, sapata isolada e radier, visando responder a seguinte indagação: qual o mais econômico tipo de fundação rasa para se utilizar em residências unifamiliares de pequeno porte?

Este estudo tem como objetivo principal demonstrar que as sapatas isoladas se comportam como um bom tipo de fundação para residências populares. Para isso, é necessário: descrever os principais tipos de sapatas que são utilizados em construções atuais; apontar as características primordiais de cada uma; expor os pontos mais relevantes que tornam as sapatas isoladas o tipo de fundação ideal para essa situação; Revelar os principais fatores que influenciam em seu custo benefício; criar um estudo de caso a partir de um projeto arquitetônico; demonstrar o passo a passo do programa estrutural, a partir do projeto e do ensaio de percussão (*Standard Penetration Test*, SPT) local.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 DEFINIÇÃO DE SAPATA

A sapata é definida na Norma Técnica Brasileira (NBR 6122/1996, item 3.2) como “elemento de fundação superficial, de concreto armado, dimensionado de modo que as tensões de tração nele resultantes sejam resistidas pelo emprego de armadura especialmente disposta para esse fim”.

2.2 TIPOS DE SAPATAS

De acordo com Bastos (2019), as sapatas rígidas têm o favoritismo no projeto e no mercado das fundações, por serem menos deformáveis, menos sujeitas a trincas por punção e pelos fatos de serem mais resolutas. A partir daí pode ser identificado o melhor tipo de fundação a ser usado na obra analisando alguns critérios como: o volume de concreto, a área da base, a tensão suportável, o tipo de solo, as características desse solo, o custo, entre outros.

Carga da estrutura é dividida para os pilares que por sua vez distribui para a fundação, sendo assim a carga exercida pelo pilar na sapata é aplicada diretamente em sua base, e a tensão ou pressão de apoio que a área da base de uma sapata exerce no solo é o fator mais importante, relativo à conexão da base para com o solo. Consoante os estudos de Marangon (2018), as sapatas são projetadas em concreto armado de modo que a armadura resista as tensões de tração.

Analisando os tipos de fundação, independente de qual seja, se é rasa ou profunda, apresenta vantagens e desvantagens, existem casos específicos para se usar cada tipo de sapata, é por esse motivo que se fazem diversos estudos de caso e testes de carga, nisso é possível saber ao certo, de acordo com a demanda do solo, da estrutura e do cliente, o melhor tipo de fundação a ser executada.

2.2.1 SAPATA ISOLADA

Conforme Bastos (2019), a sapata isolada (figura 1) é a mais usada em residências, sendo esta que acarreta ao solo as solicitações de um pilar exclusivo. Os formatos que as sapatas isoladas podem ter, em planta, são muito diversificados, mas a retangular é a mais comum, devido aos pilares se encontrar nesse formato.

Figura 1 – Sapata Isolada

Fonte: Bastos, 2019.

2.2.2 SAPATA CORRIDA

Segundo Bastos (2019), as sapatas corridas (figura 2) são mais evidentes em estabelecimentos de pequeno porte, como residências e edificações de baixa altura, galpões, muros de divisa e de arrimo, em paredes de reservatórios e piscinas etc. estabelecem um recurso economicamente muito mais rentável quando o solo apresenta a primordial capacidade de suporte de carga em baixa profundidade.

RC: 102906

Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/sapatas-isoladas>

Figura 2 – Sapata Corrida

Fonte: Bastos, 2019.

2.2.3 SAPATA ASSOCIADA

De acordo com Bastos (2019), A sapata associada (figura 3) é aquela comum a mais de um pilar, sua carga é distribuída uniformemente através da sapata que possui dois ou mais pilares. Ocorre quando, devido à proximidade entre os pilares, seria impossível idealizar uma sapata isolada para cada pilar. Neste caso, uma única sapata pode ser projetada como a fundação para dois ou mais pilares.

Figura 3 – Sapata Associada

Fonte: Bastos, 2019.

2.3 ESTUDO DE CASO ENTRE SAPATA ISOLADA E RADIER EM CASAS POPULARES

2.3.1 DETALHES DE PROJETO

De acordo com o trabalho científico de D'Agostini (2018), foi feito o projeto de uma residência simples e um estudo de caso para comparar o uso de sapatas isoladas e radier flexível em residências de pequeno porte. Diante disso pode-se concluir através de dados matemáticos qual a solução de fundação mais viável.

Como ponto de partida é necessário saber a disposição dos ambientes no projeto preparado pela autora e anexado ao estudo de caso, a planta baixa conforme a figura 4 contém: 2 quartos, sala, banheiro, cozinha e área de serviço. O modelo se assemelha aos ofertados pela prefeitura e financiados pela Caixa Econômica Federal no programa minha casa, minha vida, sendo assim classificados como casas populares.

Figura 4 – Locação dos pilares na planta baixa da residência

Fonte: D'agostini, 2018.

RC: 102906

Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/sapatas-isoladas>

2.3.2 LANÇAMENTO DA ESTRUTURA

A concepção estrutural descrita na figura 4 conta com a distribuição de 11 pilares, e baseada na NBR 6120/1980 – Cargas para cálculo de estruturas de edificações, foi considerado pela autora cargas normais de ocupação sendo a estrutura feita em concreto armado, o telhado de fibrocimento e na cobertura contém uma caixa d'água de 500 litros, como não há laje de cobertura a carga do telhado e da caixa d'água é distribuído sobre as vigas, que por sua vez distribui para os pilares que distribui na fundação..

Para dar prosseguimento ao estudo de caso, a autora separou através de amostras, e nomeou como sendo solo 1, que por sua vez conta com 7 perfurações. Diante do processo de cálculo foi encontrado que o solo 1 apresenta uma tensão admissível de 35,81 tf/m².

Através do número médio de golpes para cada sondagem (), é possível identificar a classificação do solo e como está a coesão do mesmo, portanto o Solo 1 é considerado uma argila rija com peso específico de 1,9 t/m³ e coesão entre 5 a 15 t/m².

Para executar o dimensionamento dos dois tipos de fundação, ela usou um software para lançamento da estrutura, primeiramente foi feito o lançamento dos pilares, depois as vigas baldrames, em seguida as vigas de amarração superior, as lajes e pôr fim a parte que fica abaixo do solo, ou seja, a fundação, esse método foi feito tanto para as sapatas quanto para o radier.

De acordo o lançamento da estrutura no software apropriado, ele dimensionou os dois tipos de fundação (sapata e radier) para o tipo de solo em análise. Dessa forma, foram encontrados os seguintes dados: para as sapatas, como são 11 pilares e foi considerado sapatas isoladas, tem-se a necessidade de ter 11 sapatas isoladas cujo tamanho pode variar de acordo o programa utilizado. Para o radier foi considerado um beiral de 70 cm para fora dos pilares e conforme a NBR 6118/2014,

utilizou-se a espessura mínima de 16 cm e foi escolhida uma malha de aço de 14 cm x 14 cm.

2.3.3 DIMENSIONAMENTO

Para o solo 1, o software estrutural considerou as 11 sapatas com 60 cm x 70 cm e 25 cm de altura, dessa forma o solo em questão apresenta uma boa resistência para suportar as cargas de uma estrutura de apenas 1 pavimento.

2.3.4 PLANILHAS ORÇAMENTÁRIAS

Diante de todos esses dados, a autora através de diversas planilhas orçamentárias, em parceria com a Caixa Econômica Federal, foram realizados orçamentos dos dois tipos de fundação para os três tipos de solo, conforme as figuras 5 a 10.

Figura 5 – Orçamento das sapatas para solo 1

Escavação manual de vala até 1,5 m de profundidade (m ³)	
TOTAL	R\$ 421,12
Forma tábua para concreto em fundação sem reaproveitamento (m ²)	
TOTAL	R\$ 4.146,24
Lastro de concreto, preparo mecânico, inclusos aditivos impermeabilizantes, lançamento e adensamento (m ³)	
TOTAL	R\$ 101,83
Armação de uma estrutura convencional de concreto armado em uma edificação térrea utilizando aço CA-50 8.0 mm - Montagem (kg)	
TOTAL	R\$ 1.136,88
Armação de uma estrutura convencional de concreto armado em uma edificação térrea utilizando aço CA-50 10.0 mm - Montagem (kg)	
TOTAL	R\$ 695,89
Armação de uma estrutura convencional de concreto armado em uma edificação térrea utilizando aço CA-50 12.5 mm - Montagem (kg)	
TOTAL	R\$ 129,89
Armação de uma estrutura convencional de concreto armado em uma edificação térrea utilizando aço CA-60 5.0 mm - Montagem (kg)	
TOTAL	R\$ 466,75
Concreto fck=25MPa - preparo mecânico com betoneira (m ³)	
TOTAL	R\$ 1.203,79
Lançamento/aplicação manual de concreto em fundações (m ³)	
TOTAL	R\$ 367,12
TOTAL SAPATAS	
R\$ 8.669,50	

Fonte: D'agostini, 2018.

Figura 6 – Orçamento do radier para solo 1

Apiloamento com maço de 30 kg (m ²)	
TOTAL	R\$ 1.392,20
Forma tábua para concreto em fundação sem reaproveitamento (m ²)	
TOTAL	R\$ 381,01
Lastro de brita (m ³)	
TOTAL	R\$ 476,20
Armação de laje de estrutura convencional de concreto armado em uma edificação térrea, utilizando aço CA-50 de 6.3 mm (kg)	
TOTAL	R\$ 1.520,91
Armação de laje de estrutura convencional de concreto armado em uma edificação térrea, utilizando aço CA-50 de 8.0 mm (kg)	
TOTAL	R\$ 2.665,43
Concreto fck=25MPa - preparo mecânico com betoneira (m ³)	
TOTAL	R\$ 3.338,16
Lançamento/aplicação manual de concreto em fundações (m ³)	
TOTAL	R\$ 1.018,05
TOTAL RADIER	R\$ 10.791,97

Fonte: D'agostini, 2018.

2.3.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO AUTOR

O trabalho proposto por D'Agostini (2018), apresenta como considerações finais a análise dos resultados obtidos através do comparativo entre os dois tipos de fundação. Com isso para residências de caráter popular, visando o menor gasto possível, a sapata isolada se caracterizou com um melhor custo-benefício.

Para o tipo de solo analisado, no caso o solo 1, a fundação do tipo sapata obteve o menor custo para instalação, conforme as figuras 5 e 6. Em especial para a execução das sapatas isoladas, a economia atinge um valor de R\$ 2122,47, em relação ao radier.

2.4 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE DIFERENTES TIPOS DE FUNDAÇÃO EM CASAS POPULARES

2.4.1 DETALHES DO PROJETO

Em conformidade com o trabalho acadêmico realizado por Prudêncio (2011), foi realizado o projeto de uma casa popular com 49 m², com dimensões 7 m x 7 m. O estudo visa comparar a fundação rasa do tipo sapata isolada com a fundação profunda de estacas escavadas e concluir qual é economicamente mais viável.

O modelo de residência popular proposta pelo autor está dentro dos padrões exigidos pela caixa econômica federal em modelos oferecidos pela prefeitura para habitação, conforme a figura 7.

Figura 7 – Planta baixa da residência em estudo

Fonte: Prudêncio, 2011.

RC: 102906

Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/sapatas-isoladas>

2.4.2 LANÇAMENTO DA ESTRUTURA

O projeto onde foi executado com alvenaria convencional, chapisco, emboço e reboco, onde a cobertura é feita de madeira e com telhas de barro do tipo portuguesa e logo abaixo é usado o forro de Policloreto de Vinil (PVC). O autor estimou as cargas permanentes e variáveis como também as cargas do solo.

De maneira a ficar mais bem detalhado possível, o autor utilizou o programa chamado Cypecad, para cálculo estrutural dos tipos de fundações em análise, conforme as figuras 8 e 9.

Figura 8 – Disposição das sapatas isoladas

Fonte: Prudêncio, 2011.

RC: 102906

Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/sapatas-isoladas>

Figura 9 – Disposição das estacas escavadas

Fonte: Prudêncio, 2011.

2.4.3 DIMENSIONAMENTO

Com a ajuda do Software estrutural, o autor considerou ambas as opções de fundação com distanciamento simétrico entre si, em ambos os casos são 9 elementos distribuídos em 3 filas de 3. As sapatas tiveram 3 dimensões diferentes, as de canto são de 1 m x 1 m, as intermediárias são de 1,1 m x 1,1 m e as com mais

RC: 102906

Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/sapatas-isoladas>

carregamento adotou-se a dimensão de 1,2 m x 1,2 m. foram dimensionadas com 30 cm de altura e com armação de aço CA 50 com 6,3 mm de diâmetro.

As estacas também com a ajuda do software, foram dimensionadas com diâmetro de 30 cm sendo consideradas para o solo em questão a profundidade de 3,5 m, a sua armadura é composta de 4 barra de aço CA-50 com 10 mm de diâmetro e estribos de aço CA-60 com 4,2 mm de diâmetro a cada 15 cm.

2.4.4 PLANILHAS ORÇAMENTÁRIAS

Através dos dados fornecidos, o autor criou planilhas orçamentárias que auxiliam na comparação entre o tipo de fundação é mais viável para este estabelecimento, listado nas figuras 10 e 11.

Figura 10 – Discriminação orçamentária para as sapatas isoladas

SAPATA ISOLADA				
SERVIÇOS	UNI.	CUST. UNI. (R\$)	QUANTIDADE	CUST. TOTAL (R\$)
ESCAVAÇÃO MANUAL	m ³	32,00	5,14	164,48
ARMADURAS CA-50 E CA-60	Kg	3,31	36,4	120,48
CONCRETO DE 20MPa	m ³	230	2,17	499,10
MÃO DE OBRA - PROFISSIONAIS	Dias	130	4	520
MÃO DE OBRA - AUXILIARES	Dias	55	12	660
SOMATÓRIO				1964,06

Fonte: Prudêncio, 2011.

Figura 11 – Discriminação orçamentária para as estacas escavadas

ESTACA ESCAVADA				
SERVIÇOS	UNI.	CUST. UNI. (R\$)	QUANTIDADE	CUST. TOTAL (R\$)
ESCAVAÇÃO MECÂNICA	m linear	25	31,50	787,50
ARMADURAS CA-50 E CA-60	Kg	3,31	31,02	102,68
CONCRETO DE 20MPa	m ³	230	2,23	510,40
MÃO DE OBRA - PROFISSIONAIS	Dias	130	2	260
MÃO DE OBRA - AUXILIARES	Dias	55	6	330
SOMATÓRIO				1990,58

Fonte: Prudêncio, 2011.

RC: 102906

Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/sapatas-isoladas>

2.4.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO AUTOR

Após o estudo analisado pode-se concluir que a sapata isolada é o meio de fundação mais viável na residência popular em questão, com uma diferença percentual bem pequena, cerca de 1,35%, a sapata ainda é a opção mais preferível visto que não necessita de equipamentos motorizados e mão de obra especializada.

Ambas os tipos de fundações analisados tiveram praticamente o mesmo valor em relação ao custo direto, porém, em relação a preferência e usabilidade, o autor sugere que as sapatas isoladas são uma boa e econômica escolha para este tipo de estabelecimento, atendendo com maestria a demanda necessária

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Uma das principais características para este estudo foi a predominância desses dois tipos de fundação na região. Partindo do pressuposto que na maioria dos casos não há estudo prévio de solo, o estudo de caso visa contribuir para a obtenção do melhor tipo de fundação rasa de acordo o seu custo.

O estudo de caso foi realizado na cidade de Vitória da Conquista, estado da Bahia, cujo endereço é rua Montevideu número 26, bairro jurema, o lote tem dimensões de 12 m x 20 m. Foi feito estudo de solo operado pela empresa Zigurate Soluções de engenharia e através do ensaio de percussão (SPT) foi realizado 4 perfurações como está descrito na figura 12.

Figura 12 – Locação esquemática das perfurações do ensaio SPT

Fonte: Zigurate, 2021.

RC: 102906

Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/sapatas-isoladas>

Para saber como está a resistência do solo, foi realizado 4 perfurações em diferentes cotas do terreno, como a residência se encontra no meio do mesmo, foi tomado como análise o ponto de partida os dados do SPT 02, conforme a figura 13.

Figura 13 – Dados do ensaio de percussão no segundo furo

Fonte: Zigurate, 2021.

De acordo com os dados fornecidos na figura 13, constatou-se que o solo em análise apresenta uma boa resistência para instalação de fundações rasas, apresentando característica silte argilosa pouco úmida de cor amarelada, de modo que aos 2 metros apresenta aspecto intermediário e com resistência aproximada de 2 kgf/cm².

A residência utilizada no estudo de caso é de caráter popular e, portanto, apresenta um dimensionamento não muito complexo, é composta por sala de estar e jantar acoplada, cozinha, despensa, área de serviço, banheiro social, um quarto e uma suíte, com uma área de 63,715 m² demonstrada na figura 14. A estrutura foi pensada para ser executada no sistema convencional de pilares, vigas e lajes (treliçadas) de concreto armado

Figura 14 – Planta baixa da residência

Fonte: Autoria própria.

3.1 DIMENSIONAMENTO COM SAPATAS ISOLADAS

Convencionando os dados de entrada no software estrutural Cypecad versão 2019, utilizei para a estrutura em geral o concreto C25 com 25 MPa de resistência, pois normalmente é manuseado em obra. Conforme os vãos e as cargas, a estrutura foi pensada com apenas 18 pilares, sendo assim tem-se 18 sapatas isoladas, conforme a figura 15. Foi convencionado para todas as sapatas uma profundidade de 1,3 m e os arranques com comprimento de 2,42 m, sendo 30 cm oriundo de uma dobra, eles

saem da fundação e chega acima das vigas baldrame para se unir aos pilares do pavimento térreo.

Figura 15 – Locação das sapatas na planta baixa

Fonte: Autoria própria.

Após inserir todos os elementos estruturais, foi instalado uma carga superficial na laje de cobertura de $0,5 \text{ Tf/m}^2$, referente a caixa d'água. Acima da laje de cobertura existe uma platibanda de 1 m. devido a estrutura ser considerada pouco carregada, levando em conta principalmente o seu peso próprio.

Após o fornecimento de todos os dados gerais e todos os elementos estruturais necessários para o programa calcular a estrutura, a figura 16, detalha o corpo da residência de forma tridimensional, utilizando como fundação as sapatas isoladas.

Figura 16 – Modelo 3D da residência utilizando as sapatas isoladas

Fonte: Autoria própria.

3.2 DIMENSIONAMENTO COM RADIER

Inserindo os dados de entrada no Cypecad, utilizei o concreto C25 com 25 MPa de resistência, pois por se tratar de uma laje de fundação exige melhor controle de resistência. Conforme os mesmos vãos e as mesmas cargas utilizadas para o

cálculo das sapatas, a estrutura foi pensada com 18 pilares, nesse caso sem vinculação exterior, onde saem diretamente da fundação até as vigas superiores.

Ao incluir os elementos estruturais necessários para executar o programa, foi também inserida uma carga superficial na laje de cobertura de 0,5 Tf/m², referente a caixa d'água. Acima da laje de cobertura existe uma platibanda de 1 m. a estrutura por ser pouco carregada, o efeito de maior magnitude é o peso próprio.

O radier segundo o software estrutural utilizado foi dimensionado em todo o perímetro externo da edificação. Conforme o ensaio de solo descrito acima, por se tratar de uma fundação rasa, o radier será colocado em uma camada de solo pouco resistente e isso vai ser levado em conta na hora que o programa for dimensionar a estrutura da residência. conforme os dados de entrada fornecidos pelo software estrutural, a figura 17, mostra o corpo da estrutura utilizando como fundação o radier.

Figura 17 – Modelo 3D da residência utilizando o radier

Fonte: Autoria própria.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Após ter inserido os dados essenciais para o programa efetuar o cálculo estrutural, foi obtido os seguintes dados, as sapatas foram calculadas de forma quadrada, com dimensão de 80 cm x 80 cm, com 30 cm de concreto. A armação da esteira é feita com 6 barras de 10 mm, cujo comprimento de cada uma é 97 cm, a disposição da esteira é feita com 3 barras na direção x e 3 na direção y, conforme as figuras 18 e 19.

Os pilares, as vigas baldrame e as demais vigas foram calculados com seção de 14 cm x 30 cm e as lajes foram do tipo treliçadas com uma cobertura de concreto de 8 cm. Os pilares foram assumidos com 4 barras de 10 mm. As vigas variam de acordo o seu comprimento e a sua carga, mas, em sua maioria foram dimensionadas com 4 barras de 10 mm, sendo que algumas possuem reforço em segunda camada.

Figura 18 – Detalhamento da fundação do tipo sapatas isoladas

Fonte: Autoria própria.

Figura 19 – Disposição das sapatas isoladas

Referências	Geometria	Armadura
P1, P2, P4, P5, P7, P9, P11, P12, P14, P15, P16, P17, P18	Sapata quadrada Largura: 80.0 cm Altura: 30.0 cm	X: 3Ø10c/26 Y: 3Ø10c/26
P3, P6, P8, P10, P13	Sapata quadrada Largura: 80.0 cm Altura: 30.0 cm	X: 3Ø10c/26 Y: 3Ø10c/26

Fonte: Autoria própria.

O programa estrutural apresenta relatórios detalhados sobre o quantitativo de material para a estrutura, no caso para a fundação da residência em análise se usou apenas aço CA – 60 de 5 mm e aço CA – 50 de 10 mm, com os seguintes pesos em quilograma. O aço de 10 mm usado nas esteiras, nos pescoços dos pilares e nas vigas baldrame somou ao todo 373 Kg, o aço de 5 mm utilizado na produção dos estribos somou 73 Kg, conforme a figura 20.

Figura 20 – Descrição da armadura para as sapatas isoladas

FUNDAÇÃO				
	Tipo de aço	Referência	Comprimento (m)	Peso (kg)
Zapatas isoladas	CA-50	Ø10	266.04	180
		Total + 10%		180
	CA-60	Ø5	27.36	5
		Total + 10%		5

BALDRAME				
	Tipo de aço	Referência	Comprimento (m)	Peso (kg)
Vigas de concreto	CA-60	Ø5	286.52	49
		Total + 10%		49
	CA-50	Ø8	4.59	2
		Ø10	282.46	191
		Total + 10%		193
Pilares em concreto	CA-60	Ø5	110.88	19
		Total + 10%		19

Fonte: Autoria própria.

De acordo o fornecido pelo programa, foi utilizado cerca de 7,88 m³ de concreto, ou seja, um caminhão betoneira para a concretagem da fundação com sapatas isoladas, de acordo com a figura 21.

Figura 21 – Descrição dos materiais para as sapatas isoladas

	CA-50 (kg)	CA-60 (kg)	Concreto (m³)	
Elemento	Ø10	Ø5	C25, em geral	Limpeza
Referências: P1, P2, P4, P5, P7, P9, P11, P12, P14, P15, P16, P17 e P18	13x10.02	13x0.27	13x0.19	13x0.06
Referências: P3, P6, P8, P10 e P13	5x10.02	5x0.27	5x0.19	5x0.06
Totais	180.36	4.86	3.46	1.15

Fonte: Autoria própria.

Foram utilizadas também cerca de 45,8 m² de forma para os pilares e as vigas baldrame, conforme citado na figura 22.

Figura 22 – Descrição dos materiais para as vigas baldrames

Elemento	Fôrmas (m ²)	Superfície (m ²)	Volume (m ³)
Vigas	34.64	8.05	2.730
Pilares	11.16	-	0.540
Total	-	8.05	3.270
Índices (por m²)	-	-	0.371
Superfície total: 8.81 m²			

Fonte: Autoria própria.

Conforme o quantitativo de materiais apresentado pelo programa estrutural para as sapatas isoladas, foi feita uma planilha orçamentária no Excel versão 2019, com base no banco de dados do SINAPI (08/2021) e constatou que o custo total das sapatas isoladas e das vigas baldrames sem inserir o valor do BDI (Benefícios e Despesas Indiretas) para a seguinte residência é de R\$ 16.281,74. Esse orçamento é mostrado na.

Tabela 1 – Orçamento da fundação tipo sapata isolada pelo SINAPI.

Descrição	Und.	Quant.	Valor Unit.	Total
SAPATA / PESCOÇO DE PILAR / VIGA BALDRAME				16.281,74
Concretagem de sapatas, Fck 25 Mpa, com uso de bomba – lançamento, adensamento e acabamento. Af_11/2016	m ³	4,61	445,83	2.055,28
Concretagem de vigas baldrames, Fck 25 Mpa, com uso de bomba – lançamento, adensamento e acabamento. Af_11/2016	m ³	3,27	445,83	1.457,86
Reaterro manual apiloado com soquete. Af_10/2017	m ³	8,06	42,16	339,80
Escavação manual de vala com	m ³	16,29	69,54	1.132,81

RC: 102906

Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/sapatas-isoladas>

profundidade menor ou igual a 1,30 m. Af_02/2021				
Armação de bloco, viga baldrame ou sapata utilizando aço ca-50 de 10 mm - montagem. Af_06/2017	Kg	373	16,16	6.027,68
Armação de bloco, viga baldrame e sapata utilizando aço ca-60 de 5 mm - montagem. Af_06/2017	Kg	73	20,49	1.495,77
Fabricação, montagem e desmontagem de fôrma para pilares, em madeira serrada, e=25 mm, 4 utilizações. Af_06/2017	m ²	11,16	82,37	919,25
Fabricação, montagem e desmontagem de fôrma para viga baldrame, em madeira serrada, e=25 mm, 4 utilizações. Af_06/2017	m ²	34,64	82,37	2.853,30

Fonte: Autoria própria.

O radier foi calculado com 15 cm de concreto, conforme a figura 23, através do ensaio SPT, percebe-se que a camada superficial de solo é pouco resistente, devido a isso o programa convencionou a fundação mais alta e mais bem detalhada na armação. para o fechamento do radier e travamento dos pilares, foi inserido vigas de fundação plana com seção de 15 cm x 15 cm, sendo as lajes de cobertura treliçadas com uma cobertura de concreto de 8 cm.

Figura 23 – Dados relacionados ao radier

Fonte: Autoria própria.

Os pilares foram assumidos com dimensão 14 cm x 30 cm e armados com 4 barras de 10 mm. As vigas possuem dimensão de 14 cm x 30 cm, sendo que as armaduras variam de acordo o seu comprimento e a sua carga, mas, em sua maioria foram dimensionadas com 4 barras de 10 mm, sendo que ambas as vigas, seja planas de fundação ou não possuem reforço em segunda camada.

O programa calculou a armadura do radier com barras de 6,3 mm e espaçadas em 20 cm uma das outras, para as vigas planas de fundação foi dimensionado com aço de 8 mm, com estribos de 5 mm, conforme descrito nas figuras 24 e 25.

Figura 24 – Detalhamento da fundação do tipo radier

	Tipo de aço	Referência	Comprimento (m)	Peso (kg)
Lajes de fundação	CA-50	Ø6.3	2558.08	689
		Total + 10%		689
Vigas de concreto	CA-60	Ø5	119.52	21
		Total + 10%		21
	CA-50	Ø8	171.91	75
		Total + 10%		75

Fonte: Autoria própria.

Figura 25 – Descrição do aço para o radier

Elemento	Fôrmas (m ²)	Superfície (m ²)	Volume (m ³)	Barras (kg)
Lajes de fundação	-	57.89	8.680	689
Vigas	5.13	4.96	0.870	96
Total	-	62.85	9.550	785
Índices (por m²)	-	-	0.150	12.34
Superfície total: 63.61 m²				

Fonte: Autoria própria.

Após o dimensionamento do radier, o programa apresentou um relatório simplificado do radier como proposta de fundação, constatou que será gasta cerca de 9,55 m³ de concreto para a laje de fundação e as vigas planas. A armadura utilizada soma 785 Kg, apesar de acrescentar uma cota para as formas das vigas laterais, descrito na figura 26.

Figura 26 – Resumo dos materiais para o radier

Elemento	Fôrmas (m ²)	Superfície (m ²)	Volume (m ³)	Barras (kg)
Lajes de fundação	-	57.89	8.680	689
Vigas	5.13	4.96	0.870	96
Total	-	62.85	9.550	785
Índices (por m²)	-	-	0.150	12.34
Superfície total: 63.61 m²				

Fonte: Autoria própria.

Conforme o quantitativo de materiais apresentado pelo programa estrutural para o radier, foi feito também uma planilha orçamentária no Excel, com base no banco de dados do SINAPI (08/2021) e constatou que o custo total do radier e das vigas planas de fundação sem inserir o valor do BDI para a seguinte residência é de R\$ 21.361,74, esse orçamento é mostrado na Tabela 2.

Tabela 2 – Orçamento da fundação tipo radier pelo SINAPI.

Descrição	Und.	Quant.	Valor Unit.	Total
RADIER				21.361,74
Escavação manual de vala com profundidade menor ou igual a 1,30 m. Af_02/2021	m ³	12,75	69,54	886,64
Lastro de vala com preparo de fundo, largura menor que 1,5 m, com camada de brita, lançamento manual, em local com nível baixo de interferência. Af_06/2016	m ³	3,18	220,91	702,49
Concretagem de radier, Fck = 25 Mpa, com uso de bomba em edificação - lançamento, adensamento e acabamento. Af_12/2015	m ³	9,55	445,83	4.257,68
Armação de bloco, viga baldrame ou sapata utilizando aço ca-50 de 6,3 mm - montagem. Af_06/2017	Kg	689	19,31	13.304,59
Armação de bloco, viga baldrame ou sapata utilizando aço ca-50 de 8 mm - montagem. Af_06/2017	Kg	75	18,10	1.357,50
Armação de bloco, viga baldrame e sapata utilizando aço ca-60 de 5 mm - montagem. Af_06/2017	Kg	21	20,49	430,29
Fabricação, montagem e desmontagem de	m ²	5,13	82,37	422,56

fôrma para viga baldrame, em madeira serrada, e=25 mm, 4 utilizações. Af_06/2017				
---	--	--	--	--

Fonte: Autoria própria.

Segundo Leidens (2016), o orçamento analítico é uma grande ferramenta na execução de uma residência, visto que sua exatidão interfere nos custos finais. Para maior riqueza de detalhes, exposição do método construtivo e dos materiais envolvidos, fez-se necessário a utilização das planilhas orçamentárias. O ato comparativo entre os dois métodos construtivos, no qual se executam a fundação, ajuda a compreender, para situações próximas do exposto no estudo de caso, qual deles é mais vantajoso a utilização.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme exposto nas figuras acima, pode-se perceber que ambas as soluções de fundação apresentam suas vantagens e desvantagens, as sapatas isoladas gasta menos material, porém exige mais mão de obra na execução do serviço. em contrapartida, o radier exige menos mão de obra, mas utiliza bastante material. O que vai definir realmente a sua utilização será o custo.

No atual cenário da construção civil, as sapatas isoladas levam um pouco mais de vantagem pelo fato da economia no aço em relação ao radier, e como o aço subiu consideravelmente no mercado, as sapatas por utilizar menos apresenta um orçamento mais atraente do que o radier. Isso porque no cálculo da fundação, foi convencionado as vigas baldrames que por sinal é uma discussão atual se faz parte da fundação ou não, existem autores como D'Agostini (2018) que não consideram as vigas baldrames como elementos de fundação, em contrapartida Marangon (2018), diz que a viga baldrame é uma fundação rasa de apoio, feita de concreto armado percorrendo todo o comprimento das paredes.

Retomando a questão norteadora: qual o mais econômico tipo de fundação rasa para se utilizar em residências unifamiliares de pequeno porte? Concluímos que, de

RC: 102906

Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/sapatas-isoladas>

acordo com as planilhas orçamentárias, a fundação do tipo sapatas isoladas apresentam um melhor custo-benefício, em relação a fundação do tipo radier, as sapatas estão cada vez mais em ascensão no mercado, devido a sua confiabilidade e praticidade na execução. Apurando os resultados das planilhas orçamentárias é possível responder à questão norteadora da pesquisa, pode-se perceber que o custo final das sapatas isoladas foi R\$ 16.281,74 e para o radier R\$ 21.361,74. De um método construtivo para outro, se tem uma economia de R\$ 5.080,00, esse valor corresponde a aproximadamente 23,8% do custo do radier.

Como sugestão para trabalhos futuros, seria interessante ampliar o meio de estudo e acrescentar um estudo de caso para analisar a viabilidade econômica caso a residência fosse executada com estacas escavadas, visto que as estacas é outro grande tipo de fundação e se usa bastante nos canteiros de obras.

REFERÊNCIAS

ALONSO, U. R. **Previsão e controle das fundações**. Editora Blucher. São Paulo, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto e execução de fundações**. NBR 6122, ABNT, 2010.

_____. **Projeto de estruturas de concreto – Procedimento**. NBR 6118, ABNT, 2014.

AZEREDO, Hélio. A. **O edifício até sua cobertura**. 2. ed. rev. São Paulo, 1997.

BASTOS, Paulo. **Sapatas de fundação**. Bauru, junho, 2019.

D'AGOSTINI, Giana. R. **Estudo comparativo de sapatas isoladas e radier flexível como fundações em casas populares**: estudo de caso. UTFPR, Pato Branco, 2018.

JOPPERT JÚNIOR, I. **Fundações e contenções de edifícios**. Editora Pini. São Paulo, 2007.

LEIDENS, Gabriela. **Estudo comparativo entre orçamentação e custo Real obtido em residência unifamiliar**. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUÍ), Ijuí, julho, 2016.

MOREIRA, José M. F.; ARAUJO, José L, J. **Estudo dos tipos de fundações: Sapatas**. In: 3º Colóquio Estadual de Pesquisa Multidisciplinar e 1º Congresso Nacional de Pesquisa Multidisciplinar, 2018

PRUDÊNCIO, Tiago. **Análise de viabilidade econômica de diferentes tipos de fundação em casas populares**. Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC). Criciúma, 2011.

MARANGON, Márcio. **Geotecnia de fundações**. Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF. Juiz de Fora, 2018.

SISTEMA Nacional de Pesquisa de Custos e Índices. Lista mantida pela Caixa Econômica Federal. Disponível em: <<https://app.orcafascio.com/home>>. Acesso em: 29 de set. 2021

Enviado: Novembro, 2021.

Aprovado: Dezembro, 2021.