

ANÁLISE DE VIABILIDADE DE UM RADIER EM CONCRETO ARMADO

RODRIGO GAWLIK PACIFICO¹
BRUNO RODRIGUES DOS SANTOS²

RESUMO: Neste trabalho foi apresentado duas metodologias de cálculo de fundação superficiais, a de sapatas e radier, são dois tipos de estrutura muito utilizada em projetos de fundações. Com isso busca comparar os dois tipos de fundação utilizando um projeto estrutural, para poder analisar qual se torna mais interessante ao uso de projetos comumente executados no Brasil. Busca analisar as duas metodologias apresentando os métodos teóricos de dimensionamento, bem como recomendações construtivas, assim dando fundamento teórico e prático quanto ao dimensionamento e a construção, também foi apresentado aspectos importantes quanto tipo de solo e análises de resistências do mesmo. O dimensionamento foi dado através de software Eberick de dimensionamento estrutural, buscando uma maior otimização em produtividade e maior precisão quanto aos cálculos, assim se tem um projeto estrutural mais fiel quanto aos resultados dos cálculos, foi analisado também o custo dos materiais, de mão de obra e a produtividade de execução, a fim de analisar se do ponto de vista econômico qual tipo de fundação é mais viável para o projeto analisado. Observamos no decorrer dos resultados, que a utilização do radier ficou ligeiramente mais cara, quanto ao custo de materiais, do que a utilização de sapatas isoladas.

Palavras-chave: concreto armado, radier, fundações rasas, fundações.

ANALYSIS OF THE FEASIBILITY OF A RADIER IN ARMED CONCRETE

ABSTRACT: In this work, two superficial foundation calculation methodologies were presented, that of shoes and radier, they are two types of structure widely used in foundation projects. Thus, it seeks to compare the two types of foundation using a structural design, in order to analyze which one becomes more interesting to the use of projects commonly executed in Brazil. It seeks to analyze the two methodologies presenting the theoretical methods of design, as well as constructive recommendations, thus giving theoretical and practical basis as to the design and construction, important aspects were also presented regarding the type of soil and analysis of its resistance. The design was done using Eberick structural design software, seeking greater optimization in productivity and greater precision in terms of calculations, thus having a more faithful structural design in terms of the results of the calculations, the cost of materials was also analyzed, by hand. work and execution productivity, in order to analyze whether from the economic point of view which type of foundation is more viable for the analyzed project. We observed during the results that the use of the radier became slightly more expensive, in terms of the cost of materials, than the use of isolated shoes.

Keywords: reinforced concrete, Mat foundation, shallow foundations, foundations.

¹ Acadêmico de Graduação, Curso de Engenharia Civil, UNIFASIPE Centro Universitário, R. Carine, 11, Res. Florença, Sinop - MT. CEP: 78550-000. Endereço eletrônico: rodrigopacifico.engcivil@outlook.com.br

² Professor, Curso de Engenharia Civil, UNIFASIPE Centro Universitário, R. Carine, 11, Res. Florença, Sinop - MT. CEP: 78550-000. Endereço eletrônico: brunorodriguessantos@hotmail.com.br

1. INTRODUÇÃO

O crescente mercado da construção civil no âmbito nacional, vem impondo construções mais rápidas, tanto em planejamento, quanto em execução, não renunciando à segurança e durabilidade destas estruturas, contudo segundo El Debs (2017), considera a construção civil como atrasada do ponto de vista de indústria, pois há grandes desperdícios de materiais e uma produtividade considerada baixa.

Segundo a ABCP (2013), entre 2005 e 2012, enquanto o consumo de cimento avançou mais de 80 %, o aumento do concreto preparado em centrais foi de 180%. Estima-se que as centrais de produção de concreto tenham produzido 51 milhões de m³ no ano de 2012.

Estamos vivendo um período de transformação na construção civil, onde os prazos ficaram cada vez mais apertados para construção, os orçamentos cada vez menores, impondo ao construtor um bom projeto, e principalmente um bom planejamento e orçamento. Com a chegada dos softwares para a realização de projetos, nos traz muitas vantagens para a concepção dos projetos, dentre elas podemos citar a produtividade, qualidade e segurança, Kimura (2018). Temos o auxílio dos softwares de dimensionamento, que trabalham com modelos estruturais refinados que conseguem ter uma precisão maior, inclusive com modelos realizados pelo método dos elementos finitos (um método cálculo extremamente preciso, que teve um forte avanço com o uso dos computadores para processamento).

Quando adotamos a concepção de Sohler e Santos (2018), que preconiza uma busca por simplificações nas obras, pois isso acaba gerando economia, e ainda gera uma maior facilidade na análise dos projetos.

Contudo segundo Sohler e Santos (2018), considera a solução de radier de forma simples e com uma fácil execução, pois não advém de grandes escavações e uso de muitos equipamentos.

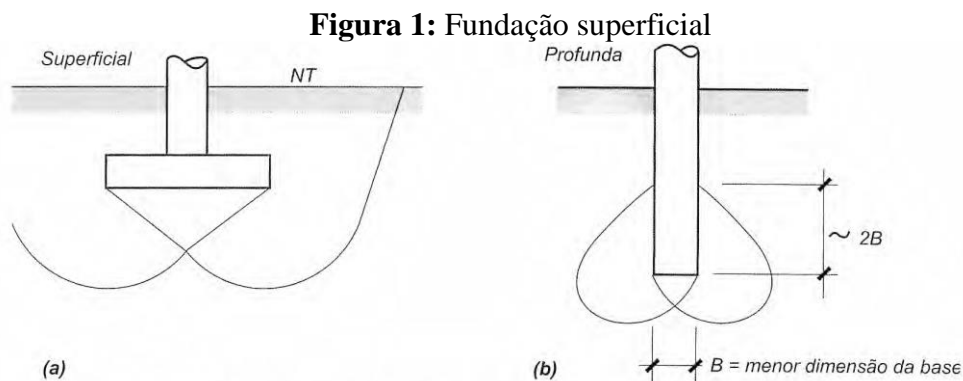
Contudo a excelência nos projetos cabe a responsabilidade do engenheiro responsável, com isso empregar o que Campos (2015), comenta que a estrutura deve atender um grau de segurança razoável dentro de sua função ou emprego, satisfazendo os requisitos das normas quanto aos estados de serviço e último.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Fundações superficiais

As fundações superficiais, comumente chamadas de fundações diretas são as mais utilizadas em edificações residências e industriais com cargas baixas, para solo com baixa, média capacidade e alta capacidade de suporte para cargas, e também construções de edificações com altas cargas projetadas que utilizam fundações superficiais.

Segundo Veloso & Lopes (2012), considera que as fundações superficiais podem ser descritas através do mecanismo de ruptura de base, onde as fundações profundas sua ruptura não deve aflorar ao terreno (figura 1), ainda comenta da caracterização descrita na NBR 6122 que considera que as fundações profundas estão a uma profundidade que seja superior, à duas vezes sua menor dimensão, e considerando 3 m de profundidade, são as quais não ultrapassem esses critérios, considera-se como superficial (direta).



Fonte: Veloso & Lopes (2012).

Deve-se também atentar-se de quando considerasse a utilização de fundações superficiais, podendo adotar o critério apresentado por Alonso (2019), a partir do princípio de escolher, de acordo com a tensão admissível do solo, onde:

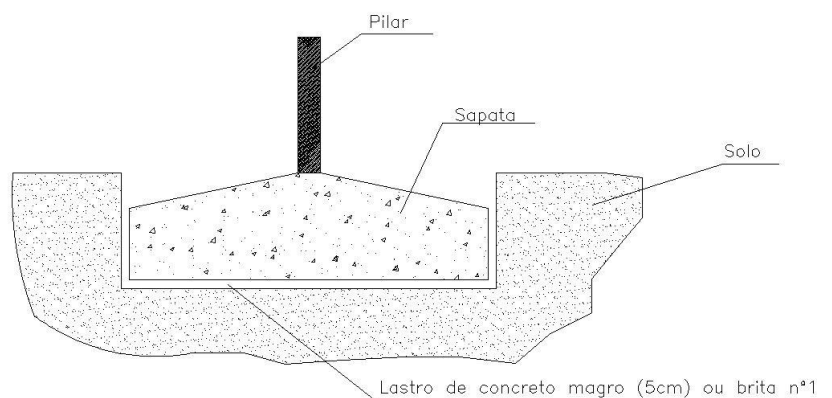
$\sigma_s = pa$ (pressão de pré-adensamento de solo predominantemente argilosos).

$$\sigma_s = \frac{(SPT) \text{ medio}}{50} \quad \text{para solos com } SPT \leq 20.$$

2.2 Sapata isolada

Quando a sapata recebe o carregamento vertical de um pilar, empregasse o nome de sapata isolada, sendo a mesmo dentro dos tipos de sapatas umas das mais econômicas em determinadas situações, e em suma maioria a sua execução e a mais fácil a ser feita, tem-se abaixo a forma da sapata isolada (figuras 3 e 4).

Figura 2: Corte seção sapata



Fonte: Própria (2020).

2.2.1 Indicações de emprego da sapata

Para a elaboração do projeto pode se guiar quanto as características abaixo para sapatas isoladas, as quais segundo Alonso (2019), são:

Tem que considerar sempre que possível que o centro de gravidade da fundação do tipo sapata, quando houver a possibilidade deve estar alinhada com o centro de carga de carga

do pilar (figura 4), com isso consegue-se que as pressões de contato que as sapatas aplicam ao solo tenham distribuição uniforme e evite excentricidade na peça.

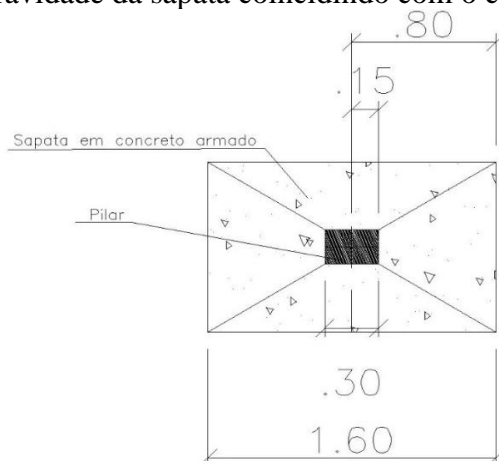
A sapata não deve ter suas dimensões onde são apoiadas ao solo, menores que 60 cm.

É aconselhável o uso de uma relação não maior de que 2,5, para os lados a e b, representados na figura 3.

E aconselhável que a relação entre os respectivos lados a e b (figura 3), não maior que 2,5.

Caso tenha grandes cargas sendo aplicadas nas sapatas do projeto, e aconselhável realizar o ensaio de prova sobre placa.

Figura 3: Centro de gravidade da sapata coincidindo com o centro de gravidade do pilar



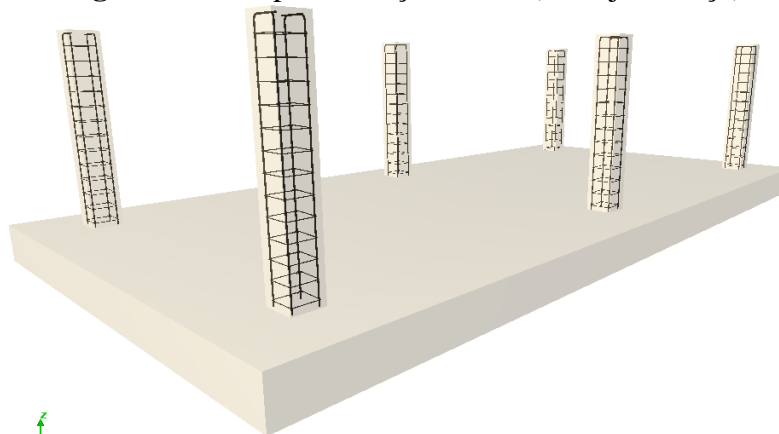
Fonte: Própria (2020).

2.3 Radier

Tem no radier uma estrutura de fundação muito pouco utilizada no Brasil em relação a outros lugares do mundo, em partes devido aos sistemas construtivos no Brasil serem concebidos principalmente por fundações superficiais (sapatas e blocos) e também fundações profundas (estacas), utiliza-se em suma maioria o sistema construtivo composto por pilares, vigas, lajes e alvenaria de vedação (blocos cerâmicos ou blocos em concreto).

Em outros países a variedade de sistemas construtivos é muito grande, os Estados Unidos por exemplo tem-se uma grande utilização de residências concebidas por estruturas em aço e como vedação madeira ou gesso, madeira pré-fabricada, utilizando como o tipo de fundação superficial em radier (figura 5).

Figura 4: Exemplo fundação radier (em laje maciça)



Fonte: Braga (2019).

Seguindo o que diz Almeida (2001), problemas são gerados nas construções de radier, por haver falta de uma devida atenção nas fases de concepção do projeto e nas construções, conscientizando que se houvesse um maior cuidado poriam ser evitados.

O radier é elemento de fundação rasa dotado de rigidez para receber e distribuir mais do que 70 % das cargas da estrutura (NBR 6122, ABNT, 2019).

Pode-se ainda adotar a definição da ACI 360R (1997), define radier (*slabs on grade*) como uma laje contínua suportada pelo solo utilizando como carregamento total uma carga uniformemente distribuída correspondente a no máximo 50% da tensão admissível do referido solo. Sendo esta norma uma ótima referência para projetos e construção de radiers, sendo uma das mais aceitas e renomadas, toda via requer conhecimento do idioma inglês, pois a mesma só está disponível nesse idioma.

2.3.1 Indicações do uso do radier

Contudo o existente algumas situações ao qual é o mais aconselhado e acaba já sendo definido logo na fase inicial o radier como fundação, podemos adotar algumas recomendações de Velloso e Lopes (2010):

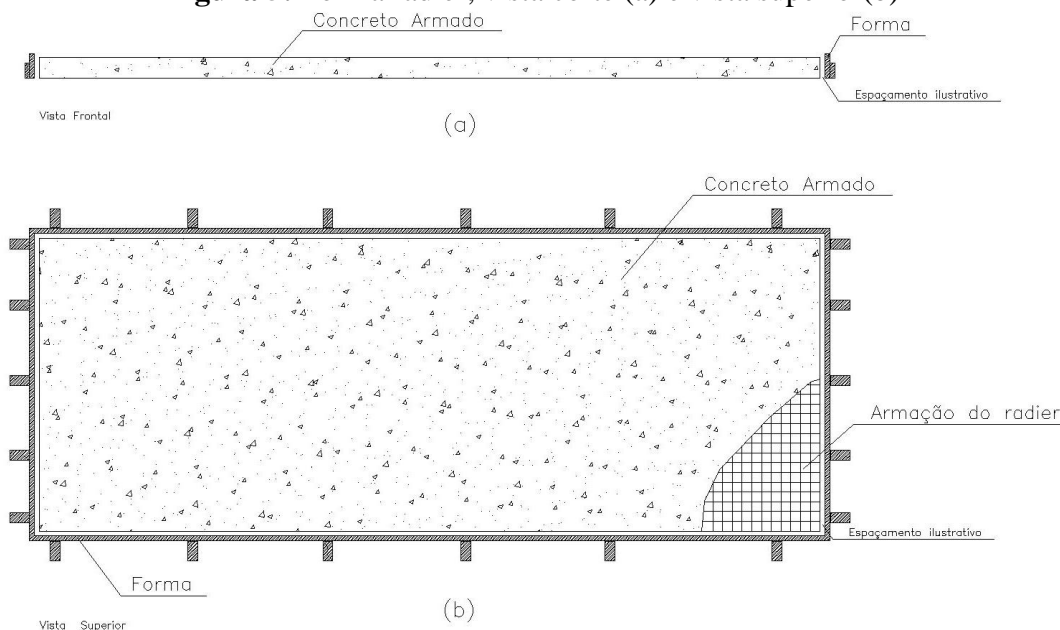
Quando o solo possui baixa capacidade de carga (onde a distribuição de tensões do radier acaba sendo muito benéfica).

Quando o projeto prevê, que os recalques devem ser uniformes na área contemplada pela fundação.

Onde as áreas das sapatas, ocupem mais que 70% da superestrutura.

Quando tem uma estrutura a ser suportada, com certa sensibilidade de possíveis recalques diferenciais que possam ocorrer ao de sua utilização;

Quando podem ter camadas de solo compressíveis com variações de espessuras, com distribuições não compatíveis com uma capacidade de suporte, gerando assim bolsões de solo com baixa capacidade de suportar as cargas que chegam até eles.

Figura 5: Forma radier, vista corte (a) e vista superior(b)

Fonte: Própria (2020).

2.3.2 Classificação dos radiers

Quando fala sobre a classificação do radier, existem alguns critérios, está relacionado a forma como transfere sua carga a sua forma (tipo) e a sua rigidez.

Segundo Campos (2015), a forma de transferência de carga e sistema estrutural, os radiers são divididos em dois grupos:

- Radier com pilares apoiados diretamente na laje, com ou sem capitel e invertido ou não;
- Radier com pilares apoiados em vigas ou grelhas, com seção caixão ou não ou sem capitel.

Quanto a todos os modelos citados acima, tem boa empregabilidade dependendo do tipo de estrutura a qual eles irão suportar, sendo que a espessura do radier irá variar de acordo com os carregamentos e esforços, e a rigidez a qual ele terá de ter, podendo sua espessura variar de 0,10 m a 2,5.

Quanto a espessura mínima pode seguir o que está descrito no item 13.2.4.1 da norma que trata sobre estruturas de concreto à NBR 6118 (ABNT, 2014), na qual baseia-se em:

- 10 cm para lajes que suportem veículos de peso total menor ou igual a 30 KN;
- 12 cm para lajes que suportem veículos de peso total maior que 30 KN;
- 15 cm para lajes com protensão apoiadas em vigas, com mínimo de $\frac{l}{42}$ para lajes de piso biapoiadas e $\frac{l}{50}$ para lajes de piso contínuas;
- 16 cm para lajes lisas e 14 cm para lajes-cogumelo, fora do capitel.

2.3.3 Métodos de cálculo, com maior precisão

Contudo tem-se os métodos de cálculos preconizadas e eficientes (com maior precisão) para o dimensionamento de radier, apresentados por Velloso e Lopes (2010) que são:

- Método das diferenças finitas;
- Método de elementos finitos;

- Método de placas sobre base elástica;
- Método estático.

3. MATERIAL E MÉTODOS

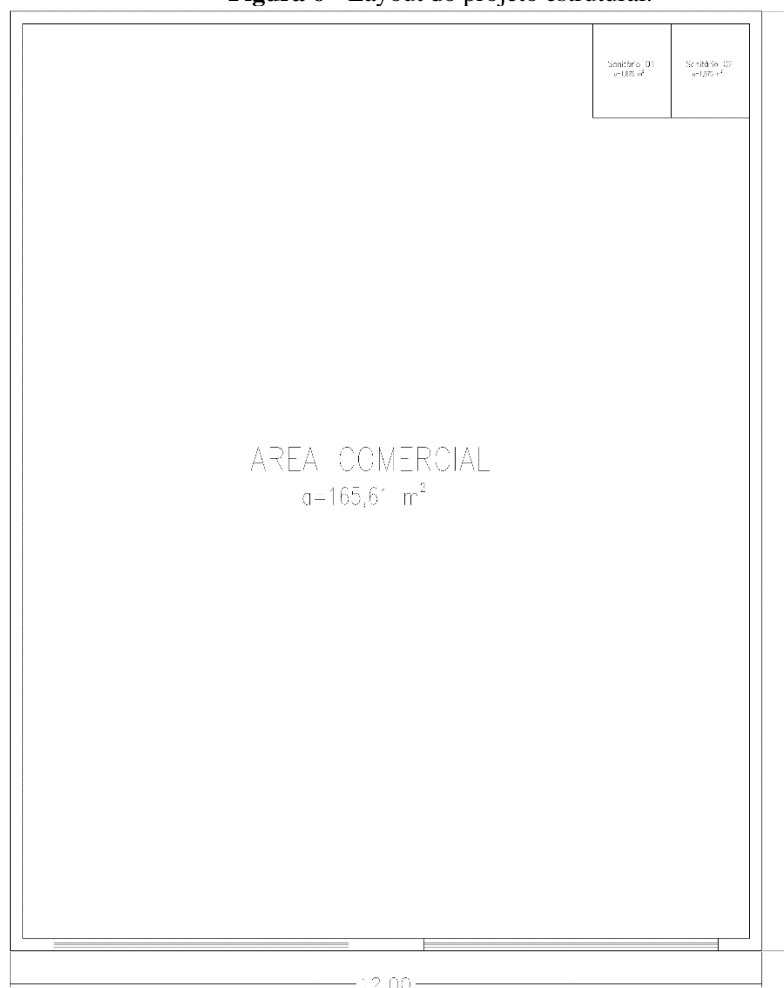
3.1 O projeto a ser idealizado

Foi utilizado o mesmo layout de projeto (figura), para os dois sistemas de fundações, sendo uma edificação comercial de 12x15 mt (165 m²), constituída de alvenaria de vedação em bloco cerâmico. Tendo uma consideração quanto a não utilização da viga baldrame no projeto do radier, foi somente contabilizado a carga de alvenaria, representando a alvenaria de vedação.

Quanto aos elementos estruturais para o projeto com sapatas, temos 12 pilares de 20x35 cm e 17 vigas de 20x35cm consideradas como baldrame.

Para o radier são 12 pilares de 20x35 cm, não tendo vigas baldrame, somente as vigas para a idealização das lajes de coberturas.

Figura 6 - Layout do projeto estrutural.



Fonte: Própria (2020).

3.2 Dimensionamento Sapata

Para as sapatas isoladas, o método mais aplicado no dimensionamento no Brasil é o Método das Bielas, apresentado por Alonso (2019), já tendo um valor sobre as dimensões da sapata (equações 1, 2 e 3), sendo utilizado as formulações abaixo:

$$d \geq \begin{cases} \frac{a-a_0}{4} \\ \frac{b-b_0}{4} \\ 1.44 \sqrt{\frac{P}{\sigma_a}} \end{cases} \quad \text{*Para obtenção de (d) usar o maior valor} \quad (1)$$

$$T_x = \frac{P(a-a_0)}{8d}$$

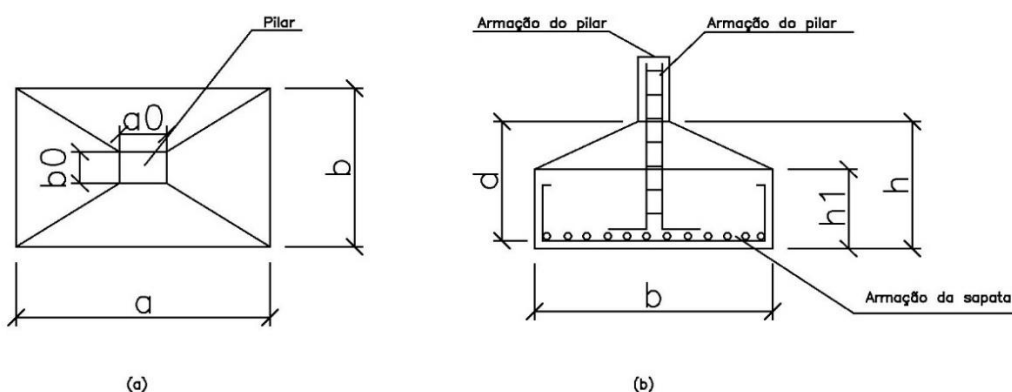
$$T_y = \frac{P(b-b_0)}{8d}$$

Para obtenção da área de aço (equação 2 e 3):

$$A_{sx} = \frac{1,61T_x}{f_{yk}} \quad A_{sx} : \text{armadura paralela ao lado a.} \quad (2)$$

$$A_{sy} = \frac{1,61T_y}{f_{yk}} \quad A_{sy} : \text{armadura paralela ao lado b.} \quad (3)$$

Figura 7: Critérios de dimensionamento quanto sua geometria



Fonte: Própria (2020).

3.3 Dimensionamento do radier

3.3.1 Classificação do radier quanto sua rigidez

O radier tem sua classificação principal como rígido ou flexível, esse ponto é de extrema importância pois influenciam no comportamento do conjunto, bem como a interpretação da deformada na estrutura.

Quanto a classificação se ele é rígido, pode-se usar o que tem descrito na ACI (1997), o radier pode ser considerado rígido quando:

- a) O espaçamento entre as colunas atende à seguinte condição (equação 4):

$$l \leq \frac{1.75}{4 \sqrt{\frac{k_s \cdot b}{4 E_c \cdot I}}} \quad (4)$$

Onde:

b: considerada como largura de faixa da influência da linha dos pilares;

k_s : é o coeficiente elástico do solo (coeficiente de reação do solo);

E_c : é o módulo de elasticidade;

I: é a inércia da peça de concreto.

- b) A variação, tanto de cargas nos pilares (ou faixas) quanto do espaçamento entre colunas, não deve ultrapassar 20%.

3.3.2 Estabilidade do radier

O radier tem que ser tão estável fisicamente, quanto foi pensado para ser no seu dimensionamento, atentando-se que algumas estruturas necessitam deformações ou recalques mínimos, o radier para alguns projetistas considera-se a deformação equivalente $\frac{l}{500}$ até $\frac{l}{800}$, podendo ser menor dependendo o grau exigido pela estrutura.

3.3.3 Coeficiente de reação vertical do solo

“A normativa IS:2950(1981) apresenta uma correlação entre as características do solo incluindo o SPT e o coeficiente de reação vertical do solo (k) levando em conta os solos não coesivos (tabela 1)”, (BRAGA, 2019).

Tabela 1: Valores do coeficiente de reação do solo (k) para solos não coesivos

| Características do solo | Coeficiente de reação vertical do solo (kgf/cm ³) | |
|---------------------------------|---|-----------------|
| | Estado Seco ou Úmido | Estado Saturado |
| Standard Penetration Test (SPT) | | |
| <10 | 1.50 | 0.90 |
| 10 a 30 | 1.50 a 4.70 | 0.90 a 2.90 |
| >30 | 4.70 a 18.0 | 2.90 a 10.80 |

Fonte: Adaptado de IS: 2950 (1981).

3.4 Software de dimensionamento utilizado

Para a realização deste trabalho foi utilizado o software Eberick, para o dimensionamento estrutural e verificação das deformações dos elementos estruturais, para se adequarem a norma NBR 6118 (2014).

3.5 Projeto

Foi utilizado neste trabalho um projeto que simularia um edifício comercial, atendendo assim todos os aspectos quanto a ações para cálculo de acordo com a NBR 6120

(ABNT, 2019). Onde utilizou o mesmo projeto arquitetônico para o dimensionamento das duas soluções em fundações.

3.5.1 Especificações quanto ao solo

Utilizou-se o valor do coeficiente de reação vertical do solo (tabela 1), e a tensão admissível do solo, para os dois projetos, por se tratar de um comparativo.

Tabela 2: Características do solo quanto a tensão admissível do solo e coeficiente de reação vertical do solo

| Tensão admissível do solo (kgf/cm ²) | Coefficiente de reação vertical do solo (kgf/cm ³) |
|--|--|
| 2,5 | 4,0 |

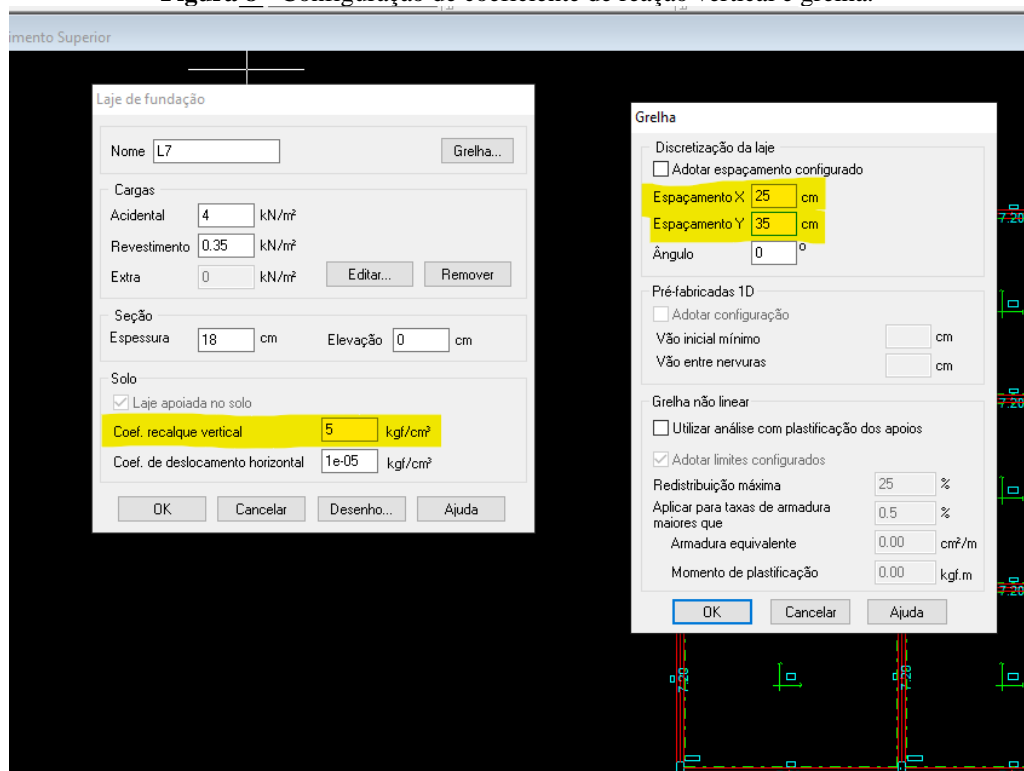
Fonte: Própria (2020).

3.5.2 Especificações quanto do radier

Para o projeto do radier, foi adotado uma laje com espessura de 20 cm, sendo utilizado fck de 30 MPA. As cargas acidentais utilizadas no projeto, seguem as descritas na NBR 6120 (2019), quanto a alvenaria e cobertura, já para a carga quanto a finalidade da edificação, foi utilizada 4 kn/m², (lojas e centro comercias, circulações e lojas em geral).

Deve se atentar para sempre informar ao software de cálculo estrutural o coeficiente de recalque vertical, e o espaçamento das armaduras na grelha, para as armaduras passem pelo pilar, como mostrado abaixo (figura 8), no caso do software Eberick.

Figura 8 - Configuração de coeficiente de reação vertical e grelha.



Fonte: Própria (2020).

3.5.3 Especificações quanto do Sapata

Para o projeto das sapatas, foi adotado uma cota de 1 mt, com o fck de 30 MPA, As cargas acidentais utilizadas no projeto, seguem as descritas na NBR 6120 (2019), quanto a alvenaria e cobertura, já para a carga quanto a finalidade da edificação.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como resultado do estudo, apresenta-se abaixo (tabela 3), os quantitativos dos materiais. Foi obtido através do dimensionamento e otimização, realizados com o software (comentado no item 3.3, deste trabalho), podemos notar que o radier apresenta valores superiores de consumo de materias do que as sapatas.

O consumo de aço foi o que teve a maior diferença, devido as dimensões do radier, o comprimento das armaduras é maior, e isso explica a quantidade superior aço.

O consumo de cimento também foi mais elevado no radier, devido a sua área ser muito maior, isso nos mostra que deve se ter cuidado com problemas relacionados a calor de hidratação devido ao volume superior.

Porém no quesito forma, vemos uma pequena diferença apesar de termos possivelmente em relação ao custo a parte menos significativa, pode ser também um critério de escolha da fundação, pois também devemos trabalhar com disponibilidade do material da forma mais apropriado para cada tipo de fundação o mais próximo e de mais fácil aquisição.

Tabela 3: Resumo quantitativo de aço e concreto do radier

| Quantitativo de Materias | | | | |
|--|---------------------|---|--|--|
| Sapata (incluindo vigas baldrame) | | | | |
| | Peso Total | Vol.Concreto Total (m ³) | Área de Forma Total (m ²) | |
| CA-50 | 205,3 | C-30 6,6 | 13,22 | |
| Radier | | | | |
| | Peso Total Aço (kg) | Vol.Concreto Total (m ³) | Área de Forma Total (m ²) | |
| CA-50 | 2.779,60 | C-30 52 | 14,5 | |

Fonte: Própria (2020).

Os valores quanto ao custo, nos mostram um significativa diferença (tabela 4), onde vemos a precificação de cada solução de fundação. Devido ao que foi apresentado na acima (tabela 3), temos o radier com a quantidade de materiais superior ao das sapatas, logo temos o radier como a solução mais onerosa.

Quando comparamos vemos a diferença de consumo de concreto entre o radier e a sapata, se torna muito significativo, pois temos aproximadamente 30 m³, este montante certamente poderia ser utilizado em outro elemento estrutural ou mesmo retirado, assim

teríamos um corte de custos. O aço também segue o mesmo princípio do concreto, porém aqui temos uma diferença muito elevada, tendo aproximadamente 2.570 kg, de diferença, isso certamente traz uma economia para a obra, se não utilizado.

Os custos seguiram os descritos na SINAPI, para o mês de setembro de 2020, onde foi relacionado o valor do material, com seu consumo para cada tipo de fundação. Quanto ao custo temos um fator muito sério de desempate ou da escolha da fundação, pois a diferença poderia certamente cobrir outros gastos na idealização da obra como partes de alvenaria, instalações elétricas e hidrossatarias.

Tabela 4: Comparativo de quantitativo e custo, do aço e concreto

| Comparativo Concreto (M³) | | | |
|---|--------|--------|----------------------------|
| | Radier | Sapata | Diferença(M ³) |
| C-35 | 37,40 | 6,50 | 30,90 |

| Comparativo Aço - CA-50/60 (kg) | | | |
|--|----------|--------|----------------|
| | Radier | Sapata | Diferença (KG) |
| | 2.779,60 | 205,30 | 2.574,30 |

| Comparativo Custo, considerando forma e concreto (R\$) | | | |
|---|------------------|------------------|------------------|
| | Radier | Sapata | Diferença(R\$) |
| | R\$ 60.913,78 | R\$ 26.418,50 | R\$ 34.495,28 |

Fonte: Própria (2020).

5. CONCLUSÃO

Como resultado deste estudo, conclui-se que em ordem de materiais, o radier acaba consumindo mais, do que a sapatas, essa diferença só é pouca quando é comparado ao tempo de execução, devido a sua forma o a radier se torna mais rápido para se executar. Contudo se houver a necessidade de que a obra seja concluída em um prazo menor, é interessante se analisar o seu uso, principalmente se tiver uma quantidade elevada de edificações com o mesmo padrão. O radier acaba sendo mais caro, quando executado para uma edificação, cujo tempo de execução não tem necessidade de ser curto. Somente serie viável caso houvesse a necessidade de uma fundação cujo recalque diferencial seja minimizado.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6120: **Ações para o cálculo de estruturas de edificações**. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: **Projeto de estruturas de concreto**. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6122: **Projeto e execução de fundações**. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6489: **Prova de Carga Direta Sobre Terreno de Fundação**. Rio de Janeiro: ABNT, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8036: **Programação de sondagens de simples reconhecimento dos solos para fundações de edifícios** - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1983.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6484: Solo – **Sondagem de Simples Reconhecimento com SPT** – Método de Ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

ABCP, **Pesquisa inédita e exclusiva revela cenário do mercado brasileiro de concreto**. São Paulo, 2013. Acesso em: <https://abcp.org.br/imprensa/noticias/pesquisa-inedita-e-exclusiva-revela-cenario-do-mercado-brasileiro-de-concreto/>

ALONSO, U. R. **Exercícios de fundações**. 3^a. ed. São Paulo: Blucher, 2019.

ARAÚJO, J. M. D. **Curso de concreto armado**. 3^a. ed. Rio Grande do Sul: Dunas, v. 1, 2010.

BRAGA, C. A. **Procedimento para análise de fundação de radier considerando grelha e apoios elásticos**. São Carlos: Dissertação de mestrado em Engenharia Civil da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2019.

CAMPOS, J. C. D. **Elementos de fundações em concreto**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

CAPUTO, H. P. **Mecânica dos solos e suas aplicações fundamentais**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, v. 1, 1988.

CLIMACO, J. C. T. D. S. **Estruturas de concreto armado: fundamentos de projeto, dimensionamento e verificação**. 2^a. ed. Brasília: UnB, 2008.

CRAIG, R. F. **Craig mecânica dos solos**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

EL DEBS, K.. **Concreto pré-moldado fundamentos e aplicações**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2017.

FALCONI, F. F. **Fundações, teoria e prática**. 2. ed. São Paulo, SP: PINI, 1998.

FUSCO, P. B.; ONISHI, M. **Introdução à engenharia de estruturas de concreto**. São Paulo: CENGAGE, 2017.

GUERRIN, A. **Tratado de concreto armado**. [S.l.]: Hemus, v. 2 As fundações, 2002.

RIBEIRO, V. **Corrosão e degradação em Estruturas de Concreto Armado**: Teoria, Controle e Técnicas de Análise e Intervenção. 2ª. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018.

SOHLER, A. S.; SANTOS, S. B. D. **Projeto, execução e desempenho de estruturas e fundações**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2018.

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

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

INDIAN STANDARD. IS 2950-1: **Code of Practice for Design and Construction of Raft Foundations** – Part I – Design, Bureau of Indian Standards, New Delhi, 1981.