CBPAT 2020 ANAIS
CONGRESSO BRASILEIRO DE PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES
DE 15 A 17 DE ABRIL | FORTALEZA - CE
http://dx.doi.org/10.4322/CBPAT.2020.165
ISBN 978-65-86819-05-2

UTILIZAÇÃO DE RADIER EM RESIDÊNCIAS POPULARES: ESTUDO DE CASO

RIBEIRO, FRANCISCO ROGER CARNEIRO
Mestrando em Engenharia Civil
Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS
Rio Grande do Sul; Brasil
roger.ribeiro_@hotmail.com

SILVA, MATHEUS DE SOUZA
Graduando em Engenharia Civil
Faculdade Ari de Sá - FAS
Ceará; Brasil
matheus.engcv@outlook.com

MONTEIRO, LIVIA MARIA DE SOUSA
Engenheira Civil
Universidade Estadual Vale do Acaraú - UVA
Ceará; Brasil
livia.msm@hotmail.com

PARENTE, LUMA MOREIRA
Engenheira Civil
Universidade Estadual Vale do Acaraú - UVA
Ceará; Brasil
luma.moreira@hotmail.com

LIMA, CRISTIAN JONATHAN FRANCO DE
Doutorando em Engenharia Civil
Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS
Rio Grande do Sul; Brasil
cristian.jfl@outlook.com

MODOLO, REGINA CÉLIA ESPINOSA
Docente PhD.
Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS
Rio Grande do Sul; Brasil
reginaem@unisinos.br

RESUMO

A fundação do tipo radier é capaz de apresentar um melhor custo benefício em relação a fundações como do tipo sapatas ou estacas dependendo das condições do solo e da obra, podendo atestar uma solução inteligente e competitiva no mercado dos empreendimentos residenciais. O objetivo deste trabalho é avaliar o comportamento da fundação tipo radier em concreto armado e sua viabilidade na construção de residências populares em um loteamento situado na cidade de Sobral – Ceará. Para isso, foram realizados registros fotográficos e uma análise técnica comparativa dos diferentes tipos de fundação, nomeadamente, sapatas isoladas e radier. Os resultados demonstram haver mais fissuras inclinadas e verticais nas casas construídas com fundação em sapatas. Através da ferramenta computacional Ftool foi possível verificar também uma maior estabilidade das residências com fundação em radier, uma vez que, em previsão, as flechas das vigas foram menores nas residências com este tipo de fundação. Pôde-se então atestar a viabilidade proposta, identificar a facilidade e a segurança de execução dos radiers, reduzindo seu tempo de execução, o que afere diretamente na mão-de-obra envolvida no processo.

Palavras-chave: fundação, radier, residências populares.

ABSTRACT

The radier foundation is more cost effective than foundations such as shoes or piles depending on the conditions of the ground and the work, and can attest to an intelligent and competitive solution in the residential development market. The objective of this work is to evaluate the behavior of the reinforced concrete radier foundation and its viability in the construction of popular residences in a subdivision located in the city of Sobral - Ceará. For this, photographic records were made and a comparative technical analysis of the different types of foundation, namely, insulated and radier shoes. The results show that there are more sloping and vertical cracks in houses built with shoe foundations. Through the Ftool computational tool it was also possible to verify a higher stability of the radier foundation residences, since, in forecast, the beam arrows were lower in the residences with this type of foundation. It was then possible to attest to the proposed feasibility, to identify the ease and safety of the radiers' execution, reducing their execution time, which measures directly in the workforce involved in the process.

Keywords: foundation, radier, folk residences.

ISBN 978-65-86819-05-2

1. INTRODUÇÃO

O estudo sobre a escolha do tipo de fundação é uma das etapas mais relevantes dentro do projeto de uma obra, independente do tipo e do porte. A escolha do tipo de fundação depende da constituição e propriedades do solo, da topografia do terreno, do tipo de construção, da profundidade do nível de água, das limitações construtivas da obra, dentre outros aspectos. Quando em uma obra várias soluções são possíveis, é importante refletir sobre as diversas alternativas e escolher aquela que promove um custo mais reduzido, assim como, um menor tempo de execução (PORDEUS, 2009).

Para Noguchi (2012), a escolha do tipo adequado de fundação envolve estudos relativos às características do solo, as características da superestrutura como a sua capacidade de acomodação plástica e as cargas atuantes. O resultado dos esforços verticais oriundos da superestrutura, ao serem distribuídas nas fundações, ocasionam tensões que provocam deformações no solo, do qual este serve como o suporte da fundação. Conjecturar o comportamento tensão-deslocamento da fundação do tipo radier torna-se essencial para a escolha do modelo mais eficiente para a construção das edificações, principalmente no que tange a segurança estrutural.

De acordo com Velloso e Lopes (2011), o radier é uma tecnologia de fundação superficial em que toda a carga da edificação é atribuída para uma laje maciça de concreto, distribuindo uniformemente o peso da construção no terreno, independente do tipo de solo, desde que seja realizada uma análise de cálculo estrutural e capacidade de carga do maciço geotécnico. Esta laje pode ser flexível, sem existência de vigas de concreto, ou rígida, quando há vigas de concreto com o intuito de aumentar sua rigidez. A escolha depende da resistência mecânica do solo, da intensidade das cargas atuantes sobre o radier, da aplicação das ações da estrutura e da forma geométrica a ser projetada (RIBEIRO, 2017).

Dentre as vantagens do uso de radier, destacam-se a diminuição do tempo de execução e de mão-de-obra, dispensa a realização de escavações e movimentos de terra e uniformiza os recalques diferenciais. Todavia como desvantagens destacam-se: a ausência de uma norma brasileira regulamentadora específica para projetos e execução das lajes sobre os solos, dependente da confiabilidade do relatório de sondagem, necessidade de instalações elétricas, sanitárias e hidráulicas em perfeito estado, uma vez que a manutenção é impossibilitada e devido a inviabilidade de sua execução em terrenos inclinados (GARCIA, 2015).

Diante desse contexto, este trabalho visa, portanto, avaliar a execução da fundação tipo radier utilizada nas edificações populares no loteamento Moradas da Boa Vizinhança II em Sobral - Ceará, a qual ainda é pouco empregada na região norte do Estado, e ainda seus benefícios. O trabalho visa também, com o uso da ferramenta computacional *Ftool*, avaliar a estabilidade da fundação tipo radier na minimização de ocorrência das manifestações patológicas nas residências construídas.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Estudo de Caso

A adoção do tipo de fundação radier ainda é rara na cidade de Sobral, no entanto, em 2016 foram entregues 3.364 apartamentos do Residencial Nova Caiçara pelo Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV). Segundo a Prefeitura de Sobral (2017) estas obras foram executadas utilizando fundação em radier de concreto armado. Também em 2016, no loteamento Moradas da Boa Vizinhança II, foram construídas casas de pequeno porte utilizando o radier de concreto armado como fundação, observando-se redução no tempo de construção das fundações quando comparado com o tempo de construção verificado em fundação tipo sapata isolada, adotada anteriormente nesse loteamento.

O ciclo PDCA (Plan – Planejar; Do – Fazer; Check – Checar; ACT – Agir) tornou-se importante, pois se implantava uma nova fundação que se adequava ao solo do lote e ao tipo de edificação construída, além do que inúmeros problemas

ISBN 978-65-86819-05-2

que poderiam surgir e medidas corretivas ou de melhoria que deveriam ser implementadas ao sistema da obra. Segundo Bueno *et al.* (2013), cada vez que um problema é identificado e solucionado, o sistema produtivo passa para um patamar superior de qualidade, uma vez que os problemas são vistos como oportunidades para melhorar o processo. O ciclo PDCA também pode ser usado para induzir melhoramentos, ou seja, melhorar as diretrizes de controle. Neste caso, na etapa inicial planeja-se uma meta a ser alcançada e um plano de ação para atingi-la, onde a ação é executada segundo a nova diretriz e é feita a verificação da efetividade do atendimento da meta. Em caso afirmativo, esta nova sistemática de ação é padronizada; em caso de não atendimento da meta, volta-se a etapa inicial e um novo método deve ser planejado. Ou seja, ao passar do tempo, o novo método construtivo com a meta principal de agilizar a construção das casas foi sendo adequado para a situação aplicada.

As moradias, objeto deste estudo, são as construídas nos lotes das quadras 21, 35 e 45 do loteamento Moradas da Boa Vizinhança II, que estão listadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Lotes construídos com fundação em radier de concreto armado

Quadra	Lotes
45	55, 56, 57, 58 e 59
21	24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 40, 41, 42, 43 e 44
35	11, 12, 13 e 14

O comparativo tornou-se possível devido ao conjunto de 11 moradias construídas na quadra 45, pois dos lotes 48 ao 53 executou-se fundações em sapatas isoladas e a partir do lote 55, fundações em radier. A aplicação do método implicou na necessidade de se comparar os dois tipos de fundação e assim comprovar a viabilidade da utilização do radier armado.

2.2 Etapas da Execução

2.2.1 Terraplenagem e Locação

Os terrenos apesar de acidentados, eram de fácil movimentação de terra por serem compostos por solos arenosos com impossibilidade de escavação manual. O material de corte foi aproveitado como aterro. Os serviços iniciaram-se com a limpeza do terreno, sem troncos ou vegetação e completamente desimpedido para posterior trabalho de terraplenagem e compactação. Antes da movimentação de terra, os níveis dos terrenos possuiam como guia barrotes inseridos nos quatro cantos de cada lote com a demarcação a ser seguida pelo operador de máquina. O terreno foi regularizado para garantir a espessura do radier, sendo locado com nível de 20 cm acima do nível da rua, de forma locada e nivelada, conforme Figura 1.



Figura 1: Terrapleno pronto para receber o radier.

ISBN 978-65-86819-05-2

2.2.2 Montagem das Formas de Delimitação do Radier

A execução dos serviços teve início com a montagem das formas de delimitação do radier, executadas em alvenaria, cuja finalidade é excluir a etapa de desforma e diminuir o custo com a utilização de madeira na obra, ilustrada na Figura 2, e nivelada com o nível de mangueira. A seguir, procedeu-se com a escavação das valas destinadas às tubulações das instalações, o assentamento dos tubos e o reaterro e fechamento das valas abertas.

A espessura adotada para o radier depende da resistência do solo e do tipo de edificação. Para o caso em estudo, foi adotada a espessura de 20 cm.



Figura 2: Alvenaria de delimitação do radier.

2.2.3 Execução das Tubulações das Instalações Sob a Laje do Radier

Nessa etapa foram montadas as instalações hidráulicas referentes aos efluentes domésticos (esgoto) e as caixas de passagens para as instalações elétricas. A tubulação foi enterrada sob o radier e envelopada com areia, mas algumas precisaram ficar dentro do radier. Esta fase de execução é considerada uma etapa de extrema importância, pois algumas das instalações que saem do radier seguem embutidas nas paredes, como ilustrada na Figura 3.

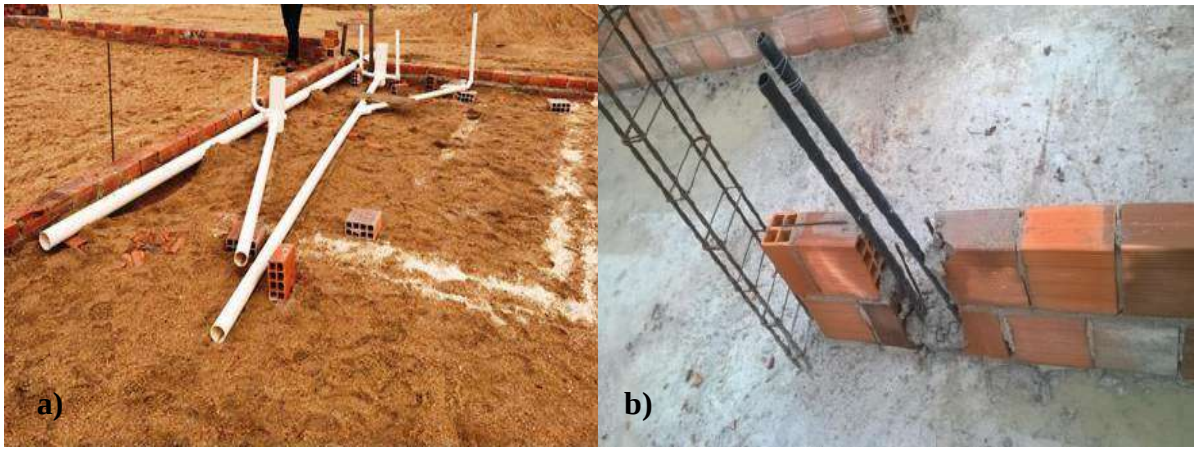

Figura 3: a) Tubulações sob o radier e b) Tubulação embutida na parede.

Após a colocação das instalações, formas e envelopamento das instalações com areia ocorre a compactação do material, deixando o radier na altura específica.

ISBN 978-65-86819-05-2

2.2.4 Montagem das Armaduras das Lajes

Para evitar o contato da armadura direto com o solo e a perda de água do concreto para o solo, colocou-se uma lona plástica de polietileno de baixa resistência por toda a superfície que será concretada do radier. A armadura da laje do radier e dos pilares imersos foi montada logo após a colocação da lona, de acordo com a Figura 4.

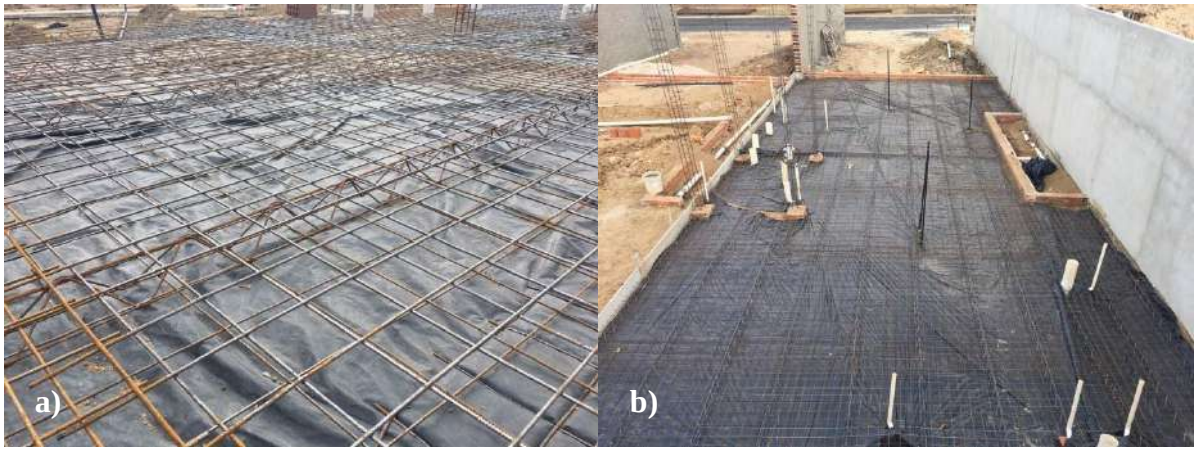

Figura 4: a) Lona plástica e armadura e b) Radier pronto para receber o concreto

Para a armadura do radier optou-se por uma tela de aço com malha de 15x15 cm e 4,2 mm de diâmetro, treliças TG 8 L para espaçamento posicionadas com 70 cm de distância e por último, uma tela de aço com malha de 15x15 cm e diâmetro de 4.2 mm. A tela superior possuia a malha menor para facilitar a locomoção dos trabalhadores na hora da concretagem. Em seguida, foram colocadas mestras em toda a área de concretagem com espaçamento não superior a 2,0 cm e em seguida foi executada, a concretagem com utilização de vibrador de imersão.

As edificações têm quatro tipos de pilares, apresentados na Figura 5. Os pilares da caixa d'água tiveram sapatas feitas e colocação da armadura do pilar antes da abertura de valas para instalações e o radier foi concretado acima de suas sapatas. As fundações dos muros também foram de sapata isolada. Ou seja, apenas os pilares do tipo P4 com dimensão após acabamento de 15x23cm, que são os considerados de fato e tem como fundação o radier.

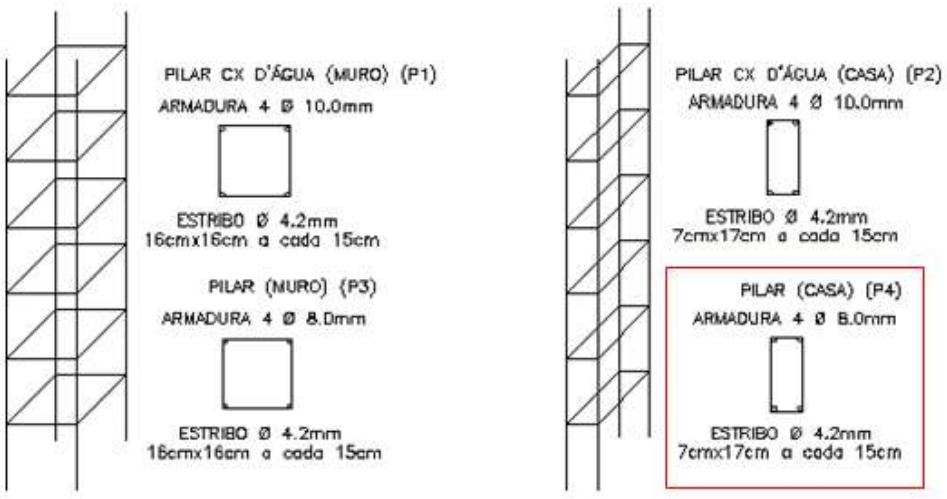

Figura 5: Armaduras dos pilares da casa e o quadrado vermelho indica o tipo de pilar utilizado no radier.

ISBN 978-65-86819-05-2

2.2.5 Concretagem, Adensamento e Cura

As concretagens foram realizadas com concreto usinado de 25 MPa e os lançamentos feitos do caminhão betoneira diretamente em cima da armadura do radier. O volume concretado foi de 19,6m³, podendo ser um pouco menor ou maior dependendo de alguma irregularidade na compactação. A Figura 6 ilustra a área concretada.

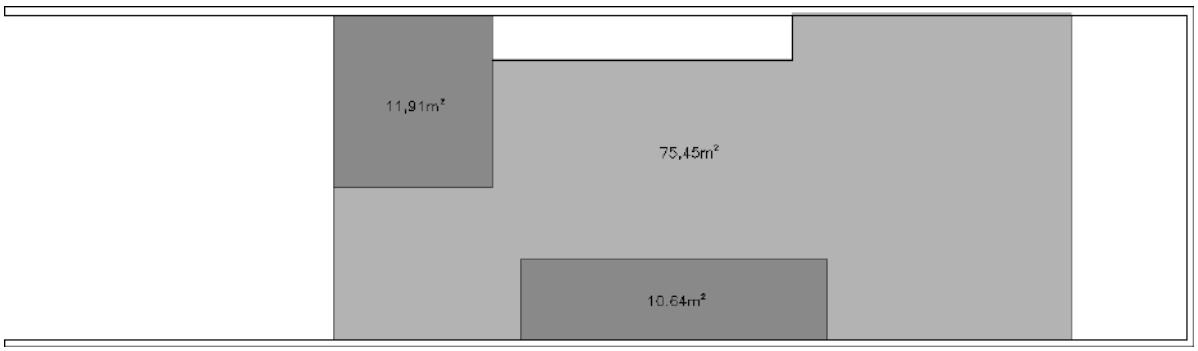

Figura 6: Esquema de concretagem do radier com o total de 98m² (o cinza escuro refere-se às áreas rebaixadas

Os adensamentos foram realizados com vibrador mecânico do tipo agulha, do qual foi mergulhado no concreto até 5 segundos, evitando assim uma possível segregação dos agregados do concreto como falha, vazios e ninhos de concretagem no interior do radier. Atentando para os níveis, apenas a garagem, os banheiros e a área de jardim de inverno detinham 15cm de altura.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Aos pontos mais relacionados à análise técnica da utilização de radier, deu-se pela ausência de fissuras nas residências, provavelmente devido à diminuição do recalque diferencial, com os quais variaram de maneira suavizada, em que as pressões de contato foram transferidas ao solo por uma maior área.

Nas moradias construídas com sapatas isoladas, algumas fissuras inclinadas apareceram nos muros e no seu interior, ainda que em pouca quantidade, mas surgem à medida que a estrutura como um todo vai acomodando no solo. Fissuras verticais referentes à deficiência na amarração dos pilares com a alvenaria também foram encontradas. Além disso, em muitas situações em casas desse porte, após a finalização da construção até menos de 5 anos depois, problemas de quebra de revestimento cerâmico do piso são encontrados com frequência e esse problema também tem como causa a descendência diferencial do solo, que por sua vez pode ter sido mal compactado. A Figura 7 apresenta as fissuras encontradas nas residências em que se utilizou sapatas isoladas como fundação.

Todos os tipos de solos, quando submetidos a um carregamento, sofrem recalques, em maior ou menor grau, dependendo das propriedades de cada solo e da intensidade do carregamento. Os recalques geralmente tendem a cessar ou estabilizar após certo período de tempo, mais ou menos prolongado, a depender das características geotécnicas dos solos (MILITITSKY, 2005).

O recalque é a principal causa de trincas e rachaduras em edificações, principalmente quando ocorre o recalque diferencial, ou seja, uma parte da obra rebaixa mais que a outra gerando esforços estruturais não previstos e podendo até levar a obra à ruína (CALISTO e KOSWOSKI, 2015).

As fissuras provocadas por recalques diferenciados são inclinadas, confundindo-se às vezes com fissuras provocadas por deflexão de componentes estruturais. Em relação às primeiras, contudo, apresentam aberturas geralmente maiores, inclinando-se em direção ao ponto onde ocorreu o maior recalque (THOMAZ, 2002), apresentadas em algumas paredes conforme Figura 7.

ISBN 978-65-86819-05-2

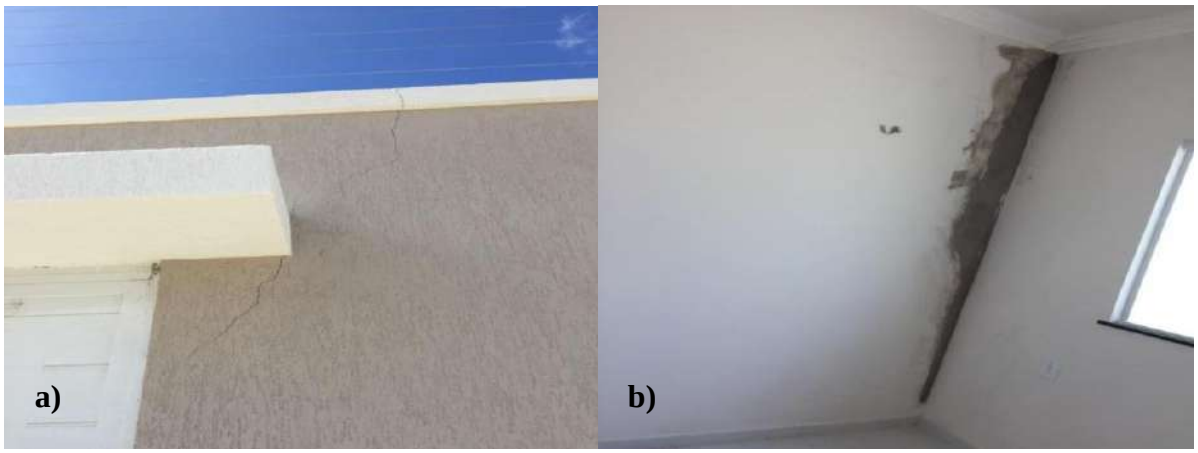

Figura 7: a) Fissura inclinada e b) Fissura interna reparada.

Quanto à estrutura da casa, em análise computacional, percebeu-se que a residência com radier como fundação tornou-se mais estável, como pode ser observado nos pórticos das Figuras 8, 9 e 10.

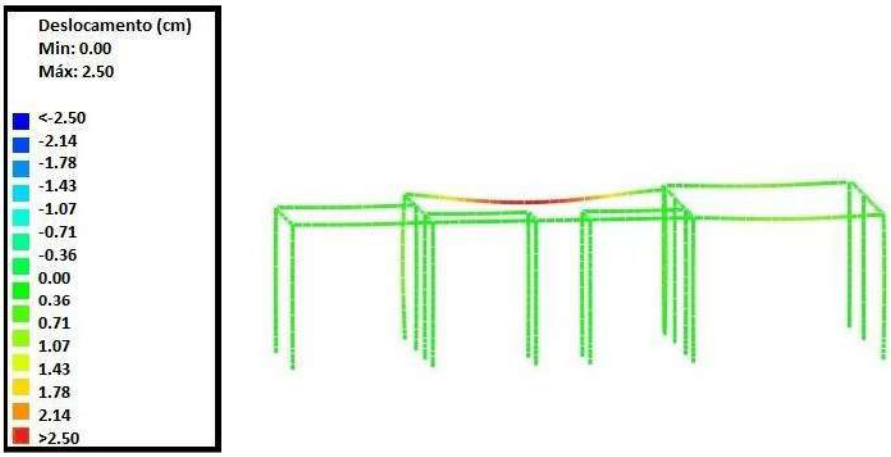

Figura 8: Representação computacional da estrutura da casa com sapatas, com flechas atingindo até 2,50cm.

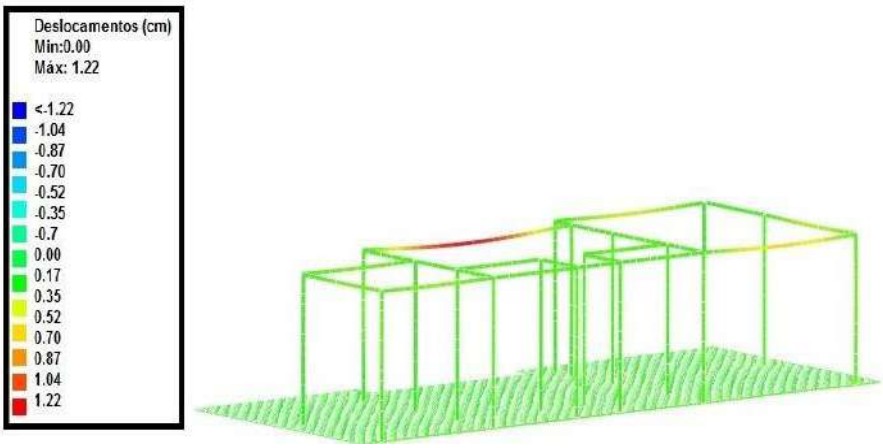

Figura 9: Representação computacional da estrutura da casa com radier, com flechas atingindo até 1,22cm.

ISBN 978-65-86819-05-2

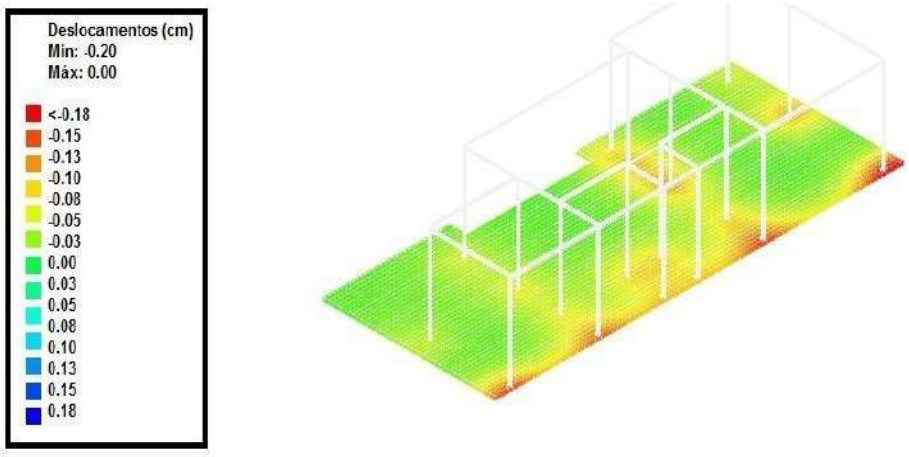

Figura 10: Representação computacional dos deslocamentos do radier conforme legenda na lateral esquerda.

A simplicidade de execução, com menos etapas, também ajuda na diminuição da possibilidade de se cometer erros de execução. Ao término da concretagem, com uma laje monolítica, o início da alvenaria tornou-se mais organizado.

Conforme o levantamento de dados realizado, é apresentado em forma de tabelas e gráficos as comparações e análises realizadas com relação aos consumos de materiais, mão de obra e tempo de execução apresentados pelos dois tipos de fundações rasas. Quanto aos materiais, um resumo do quantitativo do material utilizado no radier e na sapata são apresentados nas Tabelas 2 e 3.

Tabela 2 – Resumo do quantitativo de material do radier.

	Item	Quantidade	Unidade
1	Área de concreto	98,2	m^2
2	Volume de concreto	19,60	m^3
3	Peso do concreto	47040,00	kg
4	Área de tela com malha 15x15cm	102,90	m^2
5	Área de tela com malha 10x10cm	102,90	m^2
6	Treliça TG 8l	147,30	m
7	Vergalhão de aço de 12,5mm	178,56	m
8	Vergalhão de aço de 10mm	52,80	m
9	Vergalhão de aço de 6,3mm	52,80	m
10	Peso da armadura	704,44	kg
11	Relação peso/área (concreto armado)	486,20	kg/m^2
12	Relação peso/volume do concreto	2435,94	kg/m^3

ISBN 978-65-86819-05-2

Tabela 3 – Resumo do quantitativo de material das sapatas isoladas

Item		Quantidade	Unidade
1	Área de concreto	14,08	m^2
2	Volume de concreto	7,90	m^3
3	Peso do concreto	10136,6	kg
4	Vergalhão de aço de 12,5mm	246,4	m
5	Vergalhão de aço de 10mm	161,6	m
6	Vergalhão de aço de 6,3mm	152,8	m
7	Vergalhão de aço de 4,2mm	225,0	m
8	Peso da armadura	399,0	kg
9	Relação peso/área (concreto armado)	748,3	kg/m^2
10	Relação peso/volume do concreto	1333,6	kg/m^3

TOTAL = 22 sapatas de 0,80x0,80m, pilaretes de 0,20x0,20x0,50m e vigas baldrame de 7x25cm

De acordo com os resultados obtidos em relação ao consumo de material destinado para a fundação, verifica-se que a utilização de radier é mais onerosa no que se refere ao concreto nos casos observados, tendo o radier um percentual de 76,3% mais concreto do que na adoção de sapatas. Quanto ao aço, em uma quantidade de 22 sapatas com dimensões especificadas na Tabela 3, houve maior consumo de aço no radier, sapatas e pilares dos muros do que nas sapatas e pilares de fundação das casas construídas apenas com sapatas isoladas, com o percentual de 34,05% a mais de aço nas residências com radier (Tabela 4).

Tabela 4 – Consumo de concreto e aço no radier e nas sapatas.

Insumo	Quantidade	Unidade
CONCRETO – RADIER	19,60	m^3
CONCRETO – SAPATA	7,90	m^3
AÇO – RADIER	704,44	kg
AÇO – SAPATA	399,0	kg

Porém, essa análise não representa a situação real de obra, pois com a execução do radier não há necessidade de se fazer piso, vigas baldrame, escavação da plataforma de trabalho para as sapatas. Também existe diferença de consumo de material para a área de formas utilizadas para a concretagem e, além desses fatores, é importante analisar o custo com a mão de obra, pois certamente é um dos fatores que podem contrabalançar os custos. O resumo das planilhas orçamentarias da fundação em sapata isolada, bem como, do radier estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Resumo das planilhas orçamentarias da fundação em sapata isolada e radier.

-	Sapata Isolada	Radier
Serviços Preliminares	R$ 1.120,00	R$ 1.120,00
Movimento de Terra	R$ 2.984,69	R$ 4.461,43
Fundação e Estutura	R$ 6.488,72	R$ 6.254,20
TOTAL	R$ 10.593,41	R$ 11.835,63

Um dos principais fatores que torna vantajosa a utilização do radier é a diminuição de etapas no processo construtivo e com isso a diminuição de mão-de-obra e tempo. Outro fator é que ao finalizar a concretagem do radier a fundação está pronta para receber a alvenaria. No caso da sapata, outras etapas devem ser concluídas antes da execução da alvenaria, como as vigas baldrame, aterro, compactação e piso. Nos casos observados, no que se refere apenas a área construída, nas residências com sapatas a etapa de execução de fundação detinha de uma duração de 15 a 20 dias e nas residências com radier, já com instalações hidrossanitárias e elétricas de piso, deteve de uma duração de 5 dias.

ISBN 978-65-86819-05-2

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento do presente trabalho teve, inicialmente, a ideia de comparação entre dois tipos de fundações rasas utilizadas na construção de casas com padrão pequeno porte. Como no estudo de caso não houve o desenvolvimento do projeto estrutural, o que é de costume para construção de casas com esse padrão nessa região, a comparação foi realizada baseada no que se pôde ver na prática dentro do canteiro ao acompanhar o desenvolvimento de cada casa.

Referente às comparações, através da análise técnica e do consumo de materiais, comprovou-se que o radier proporciona uma boa economia dos custos que envolvem a obra em sua fase inicial. A ausência de alguns serviços que não necessitam ser feitos no radier é a diferença que garante essa vantagem, onde não é necessário fazer piso, nem vigas baldrame, nem gastar tempo com escavação e reaterro, economizando também em área de formas de madeira para concretagem também.

De uma forma geral, foi possível verificar que há viabilidade na utilização de radiers em casas de pequeno porte, principalmente no que se refere ao tempo gasto nas primeiras etapas da obra e a aplicação de medidas corretivas em possíveis fissuras ou trincas que surgirão, possuindo esse último, motivo de muita insatisfação dos moradores na cidade de Sobral. Significa também, uma evolução de mentalidade dos construtores da região, tendo em vista que após essas primeiras casas no loteamento, observa-se mais construtores aderindo a utilização de radier.

Conclui-se, contudo, que, deve haver uma cuidadosa análise e checagem das etapas para admitir a viabilidade do uso de radier, para obter os resultados desejados ao final dos processos e confiabilidade no modelo de fundação que por si só promete segurança e economia.

REFERÊNCIAS

BUENO, A. A. *et al*. **Ciclo PDCA.** Pontifícia Universidade Católica de Góias. Departamento de Engenharia. Administração e finanças pra Engenharia. Goiânia, 2013.

GARCIA, R. J. **Análise experimental e numérica de radiers estaqueados executados em solo da região de Campinas/SP.** Tese (Doutorado em Estruturas e Geotécnica) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas - Unicamp, Campinas, 2015.

MILITITSKY, J. Patologia das Fundações. 1ª. ed. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2005.

NOGUCHI, L. T. **Análise da capacidade de carga de fundação por sapatas executadas na cidade de São Caetano do Sul/SP.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de engenharia Civil e arquitetura e urbanismo - Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, Campinas, 2012.

PORDEUS, V. C. **Viabilidade econômica da utilização dos radiers na construção de habitações de pequeno porte.** Especialização em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Estrutural e Construção Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

RIBEIRO, C. M**. Estudo numérico do comportamento tensão-deslocamento de fundação do tipo radier.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Geotécnica) – Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais, 2017.

THOMAZ, E. Trincas em Edifícios – causas, prevenção e recuperação. São Paulo: PINI, 2002.

VELLOSO, D.A.; LOPES, F.R. Fundações, 1ª Ed. COPPE – Rio de Janeiro, 2011.