



ANÁLISE TEÓRICA SOBRE A FUNDAÇÃO TIPO RADIER

RADIER FOUNDATION THEORETICAL ANALYSIS

Gabriel Fernando Nazário¹

Vitor Crescencio da Silva²

Aline Botini Tavares Berthequini³

RESUMO: O artigo apresenta uma revisão conceitual sobre o radier como fundação no âmbito da construção civil. Atualmente, há grande preocupação quanto à segurança das edificações devido a verticalização das estruturas, sendo de extrema importância a atenção quanto à fundação adequada, priorizando sempre que possível a harmonia entre custo x benefício, versatilidade e praticidade, enfatizando, portanto, o radier e suas vertentes, como agentes promissores no mercado nacional. O presente trabalho apresenta aspectos relacionados à classificação, aplicabilidade e análise estrutural das fundações tipo radier em concreto armado, concreto protendido e radier estaqueado. Assim, através deste estudo, pretende-se ampliar o conhecimento e mostrar a viabilidade, versatilidade e impactos econômicos positivos da fundação no cenário atual.

Palavras-Chave: Fundação; Radier; Armado; Protendido; Estaqueado.

ABSTRACT: The article presents a conceptual review of radier as a foundation in the field of construction. Currently, there is great concern about the safety of buildings due to the verticality of the structures, with attention being given to the proper foundation, prioritizing whenever possible the harmony between cost x benefit, versatility and practicality, emphasizing, therefore, the radier and its as promising agents in the domestic market. This paper presents aspects related to the classification, applicability and structural analysis of

¹ Graduado em Engenharia Civil – Centro Universitário Toledo Araçatuba - UNITOLEDO

² Graduado em Engenharia Civil – Centro Universitário Toledo Araçatuba - UNITOLEDO

³ Professora do Centro Universitário Toledo Araçatuba - UNITOLEDO

radier foundations in reinforced concrete, prestressed concrete and staked radier. Thus, through this study, it is intended to expand the knowledge and show the viability, versatility and positive economic impacts of the foundation in the current scenario.

Key-Words: Foundation; Radier; Armed; Protected; Staked out.

1. Introdução

Desde as décadas passadas, o crescimento populacional nos grandes centros urbanos no Brasil surge de forma expressiva e tal conjuntura destina-se manter por décadas subsequentes, visto que tal êxodo rural e crescimento populacional atual nestes locais podem ser justificados pelas características da industrialização no país e a busca por qualidade de vida melhor. Contudo, é necessário analisar a infraestrutura local para abrigar de forma humana tal crescimento populacional, segundo Souza, R. (2010).

Nota-se segundo Grostein (2001), que entre 1950 e 1990, 13 cidades solidificaram-se com mais de um milhão de habitantes, crescimento este sem planejamento necessário, resultando na disseminação do padrão periférico, prática corriqueira nos dias atuais, devido ao elevado grau de urbanização nos grandes centros, que apresenta consequências como a escassez de terrenos e a alta valorização dos mesmos, sendo exemplos os loteamentos ilegais, construções sem acompanhamentos técnicos e sem infraestrutura básica para habitação.

Santos *et al.* (2015) afirmam que a lei da oferta e da procura, faz com que determinados terrenos apresentem valores exorbitantes, não somente devido ao local em que se encontram, mas em razão da carência de zonas construtivas. Macedo (1991) apresenta como solução o processo de verticalização das edificações, que busca a multiplicação vertical do solo visando a ocupação por um maior número de pessoas e atividades.

Segundo Somekh (1998), o comércio a princípio era o grande usuário destes pavimentos afim de prestar os mais variados tipos de serviços, além de ser sede de várias empresas. Tal consolidação foi vista como o caminho ideal para uma maior lucratividade, sendo incorporado no ramo de moradia/habitação proporcionando às famílias ficarem mais próximas aos locais de trabalho.

Monteiro e Oliveira (2013) apresentam ainda os motivos estimuladores do processo de verticalização, podendo enfatizar a otimização e uso do solo, a racionalização dos custos da habitação, a minimização das distâncias percorridas, além da segurança.

Com relação ao aspecto segurança, sua concepção deve ir além da segurança pública, estendendo-se ao cuidado com os processos construtivos, para que os mesmos tragam toda a estabilidade e garantia de uma ótima infraestrutura habitacional. Para tanto, Souza, R. (2010) afirma que a esbeltes dos edifícios acarreta em carregamentos de tensões notáveis a serem propagadas às fundações. A característica que influencia esses esforços, em grande parte dos casos é o modelo estrutural adotado, que acaba por implicar nos elementos que transmitirão os elevados esforços às fundações.

Visto que a base das edificações é a fundação e entendendo o papel fundamental desempenhado pela mesma, é necessário observar as peculiaridades que influenciam em seus resultados e analisar os aspectos econômicos que podem ser correlacionados. Como exemplo Souza e Reis (2008) destacam a importância de estudar a interação solo-estrutura, visto que realizada de forma coerente, a análise solo-estrutura influencia diretamente no valor total do produto final, assim Brito (1987) constata que quando bem planejadas, as fundações equivalem a um custo final de 3% a 10% da obra, caso contrário, se mal planejadas, o custo pode elevar-se atingindo cerca de 5 a 10 vezes o valor da fundação correta ao projeto.

Entre diversos tipos de fundações existentes, a ideal é aquela que atenda às solicitações da estrutura sem ocasionar recalques e falhas na interação com o solo. Uma recente aparição no cenário brasileiro da fundação tipo radier chama a atenção de especialistas e construtores, ganhando crédito quanto a seu potencial em edificações esbeltas.

Almeida (2001) constata que ao analisar a situação presente da construção civil brasileira, há baixa difusão do radier no meio construtivo, ou seja, há pouca atenção com relação ao tema nas fases projeto e construção. O fato que evidencia tal descaso é a não existência de nenhuma norma brasileira específica para o tema, contudo, existem literaturas estabelecidas por diversas instituições internacionais sobre o assunto, como por exemplo o American Concrete Institute (ACI) e o Post-Tensioning Institute (PTI).

Há diversos aspectos que viabilizam a concepção dos projetos, tendo como base o radier e suas várias classes. Cauduro (2000) deixa claro que ao analisar a relação custo x benefício correlacionado ao tempo de execução, pode-se observar a superioridade do radier e suas vertentes perante as fundações tradicionais, além disso, é importante verificar que o menor volume de mão de obra empregada e o comparativo de custos, influenciam nas escolhas de acordo com a situação projetual.

Souza, F. (2013) menciona que de forma geral, no Brasil, a maioria dos raders são utilizados em casas de baixo custo e que independentemente do porte da construção é a

última opção a ser considerada, resultado de preconceito com o sistema, visto que, em outros países, a primeira opção a se avaliar é o radier.

Neste sentido, este artigo tem como objetivo apresentar uma revisão conceitual sobre a utilização do radier em edifícios esbeltos, mostrando sua prosperidade no cenário nacional através de seus excelentes atributos no âmbito da construção civil.

2. Desenvolvimento

A investigação do local é considerada a primeira ação fundamental a ser executada na análise, configuração e escolha de uma fundação, segundo El-Reedy (2017), visto que tal averiguação concede informações necessárias sobre as propriedades do solo, prezando pela segurança e economia. Verifica-se ainda que informações insuficientes podem ocasionar danos sérios ou no colapso da estrutura e que os dados obtidos, devem ser correlacionados aos tipos de fundações alternativas existentes, sendo esses necessários para sua determinação. Sendo assim, segue análise sobre a aplicabilidade da fundação tipo radier no âmbito da construção civil.

2.1. Classificação dos Radies

Segundo a NBR 6122 (2010), o termo radier é definido como um elemento de fundação superficial, sendo radier geral, caso o mesmo receba todos os pilares da obra ou pode ser considerado parcial, quando receber os esforços apenas por parte de alguns pilares que compõem a construção.

A aplicabilidade dos radies como fundação é ampla, e a fim de facilitar o entendimento e mostrar quão longínquo é este campo, Velloso e Lopes (2010) abordam alguns métodos de cálculo e de como o radier pode ser classificado (quanto à sua geometria, a rigidez à flexão e tecnologia), descritos a seguir.

2.1.1 Quanto à Geometria

As classificações abaixo, pertencem as fundações do tipo rasa:

- **Radies lisos**
- **Radies com pedestais/cogumelos**
- **Radies nervurados**

- **Radiers em caixão**

Vale enfatizar que também compõe o grupo dos radiers o método de **Radier Estaqueado**, que possui um sistema estrutural diferente dos demais e enquadra-se em um tipo de fundação profunda.

2.1.2 Conforme a rigidez à flexão

Outro método de classificação é conhecido como “a rigidez à flexão”, onde Dória (2007) aborda as caracterizações em rígidos e elásticos.

2.1.3 No que concerne à tecnologia

Outro método empregado para categorizar os radiers, é quanto à sua tecnologia, onde, as que são comumente utilizadas são: concreto armado, concreto protendido e as estacas resultando nos modelos comerciais em evidência no mercado mundial e são empregadas a fim de aprimorar o desempenho da fundação, merecendo destaque.

- **Radier em Concreto Armado**

O radier em concreto armado - o mais clássico e primitivo no âmbito das fundações tipo radier - tem a estrutura que assemelha-se a uma laje concretada, constituída por telas ou malhas de aço, onde a armadura devidamente alocada para que ambos, mutuamente, resistam aos esforços atuantes (CARVALHO e FIGUEIREDO FILHO, 2013).

Segundo Peck et al. (1974), considerando os radiers como lajes planas de concreto armado, as cargas descendentes no mesmo são provenientes das colunas ou paredes e comumente, este tipo de fundação é aplicado em construções de pequeno porte, conseqüentemente, com baixos esforços solicitantes e em solos de média a baixa resistência, sendo muito utilizada em Programas de Habitação Social com Residências Térreas, como menciona Dória (2007), por apresentar vantagens explícitas como baixo custo e rapidez na execução.

Como se pode observar na figura 1, uma característica similar aos diversos tipos de radiers é a disposição de todas as tubulações das partes hidráulicas e elétricas antes de seu

processo de concretagem, em que as mesmas deverão passar sob o contra piso, sendo imprescindível toda a atenção com relação à localização das tubulações de ralos e escoamentos sanitários (O GUIA..., 2017?, p.8).



Figura 1 – Componentes do Radier em Concreto Armado. Fonte: O Guia..., 2017?, p.8

- **Radier em Concreto Protendido**

Diferentemente da fundação em concreto armado, onde a armadura trabalha passivamente, Dória (2007) afirma que o radier em concreto protendido possui seus cabos (armaduras) sendo inicialmente tensionados por macacos hidráulicos, assim, estes ficam sob tensão antes da carga da estrutura. Os componentes estruturais da fundação em análise podem ser observados na figura 2.

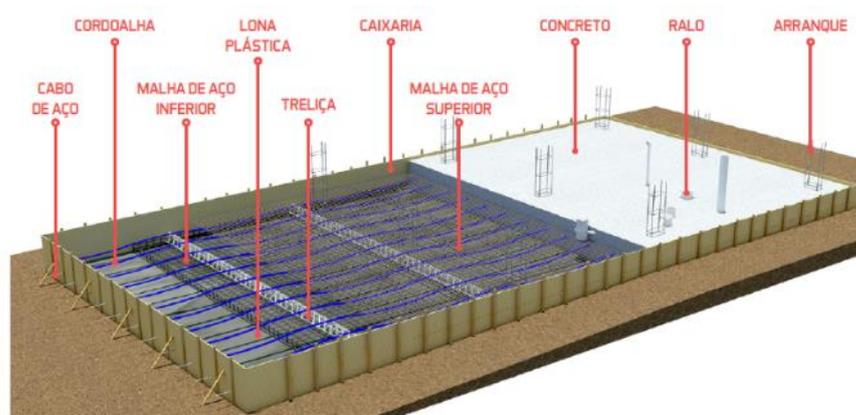


Figura 2 – Componentes do Radier em Concreto Protendido. Fonte: O Guia..., 2017?, p.10

Os meios de realizar-se a protensão dividem-se em dois grupos: protensão aderente e protensão não aderente, sendo este último o mais utilizado, visto que, dispensa a injeção

de nata de cimento, reduzindo conseqüentemente os custos além da perda por atrito, complementa Dória (2007).

A consolidação desse tipo de fundação no exterior é extremamente importante de ser analisada, pois nos Estados Unidos, regiões com solos expansíveis de acordo com a variação da umidade apresentavam quebras das lajes executadas em concreto armado e com a utilização do radier em concreto protendido não houve fissurações, segundo o Post Tensioning Institute (1996).

No Brasil, Cauduro (2000) relata que há cerca de 30 anos, têm sido executados pisos e pavimentos protendidos para fins industriais e comerciais. No âmbito residencial, a obra pioneira é um edifício na cidade de Fortaleza, construído no ano de 1999, denominado “Evidence” com 14 pavimentos, evidenciando que a clareza do processo construtivo, o custo reduzido e a agilidade do mesmo foram determinantes na escolha da fundação.

Devido evidentes vantagens técnicas, econômicas e de segurança, Nascimento e Oliveira (2002) ressaltam que este tipo de fundação é muito utilizada no Programa de Arrendamento Residencial (PAR) financiado pelo Banco Caixa Econômica Federal, sendo muito eficiente na distribuição de esforços advindos da alvenaria, amenizando o recalque diferencial e colaborando para uma melhor propagação de tensões no solo.

As fundações pós-tensionadas possuem históricos satisfatórios quanto ao seu desempenho, onde seus benefícios permitem sua utilização em locais com solos estáveis, reduzindo fissuras, minimizando ou extinguindo juntas de controle, conseqüentemente promovendo melhoras na manutenção e durabilidade do produto, ampliando o poder de flexão além de aprimorar a capacidade de construção, segundo Post-Tensioning Institute (2018).

- **Radier estaqueado**

Com a crescente implantação de edifícios cada vez mais esbeltos, , os esforços na edificação conseqüentemente se elevam e concentram-se ainda mais na fundação. Devido a excelentes propriedades, passou-se a considerar a utilização de raders estaqueados como a opção mais adequada a estes tipos de projetos. (ESTUDO ANALISA...,2015, p.11)

Sales (2000) fundamenta que há singulares que determinam a nomenclatura do tipo de fundação a ser utilizado, podendo utilizar-se os termos “sapata estaqueada” ou “radier estaqueado”. Carvalho e Curado (2012) elucidam o termo “sapata estaqueada” quando a mesma suportar apenas um pilar proveniente da estrutura e contar com apenas uma estaca

atrelada ao radier, conquanto, caso o elemento superficial abrigue dois ou mais pilares, e possua mais de uma estaca, constata-se este como “radier estaqueado”.

A fundação em estudo difunde-se satisfatoriamente, segundo Garcia (2015b), em situações em que a capacidade de suporte do terreno para fundações rasas for admissível e o mesmo apresentar altos índices de recalques totais e diferenciais, pois sabe-se que o radier estaqueado possui grande eficiência quanto a redução dos recalques supramencionados, afinal, o contato do elemento de fundação superficial, reduz consideravelmente o recalque no sistema, além de atender as cargas atuantes na superestrutura.

Segundo Akinmusuru (1980), a capacidade desse tipo de alicerce não se trata de uma simples soma algébrica das capacidades individuais de cada elemento do conjunto, podendo ser maior, decorrente da interação entre as partes, variando sua capacidade de carga conforme os aspectos do conjunto utilizado e o tipo de solo a ser usufruído. Atenta-se também a não usabilidade desta apenas em altos edifícios, mas onde a geologia local for favorável a esta, visto que Poulos (2001) considera favorável atrelar essa técnica aos perfis de solo com areias relativamente compactas ou argilas moderadamente rígidas.

Em suma, Janda et al. (2009) afirmam que o radier estaqueado é “um sistema de fundação em que as estacas e o radier interagem uns com os outros e com o solo adjacente para sustentar cargas verticais, horizontais e momentos provenientes da superestrutura”.

Considerando tal interação, a quantidade de estacas em projeto pode-se reduzir de três a quatro vezes quando relacionado a fundação estaqueada convencional, conforme afirmam Randolph e Clancy (1994), quantificando tal redução na ordem de 65 a 75% no número de estacas.

Dentre os 100 edifícios mais altos do mundo, os 15 primeiros estão destacados na figura 3, segundo ranking da Council on Tall Buildings and Urban Habitat (2018).

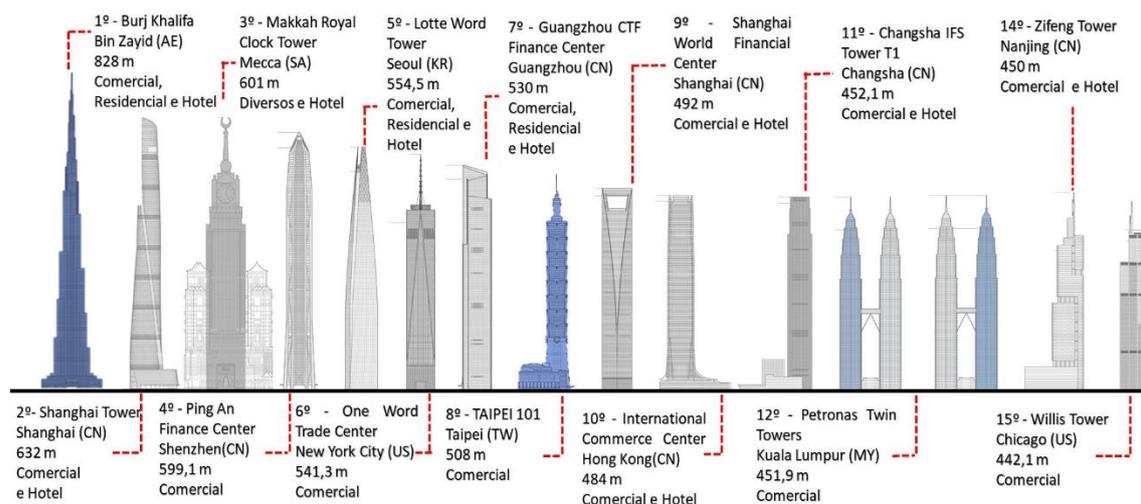


Figura 3 – Os 15 maiores edifícios do mundo. Fonte: Adaptado de The Skyscraper Center, 2018

Nesta seleção, podem-se evidenciar alguns edifícios que utilizam a fundação radier estaqueado:

Petronas Twin Towers (1998)

Inicialmente, a principal adversidade era a formação geológica local, visto que a mesma apresentava limitações quanto à sua tensão admissível, sendo assim, Baker et al. (1998) realizaram estudos para adotar-se apenas o radier como fundação do projeto, entretanto com a inviabilidade notada, a fundação adotada foi o radier estaqueado, conforme se verifica nas figuras 4 e 5, com estacas de 1,30 metros de diâmetro e comprimentos oscilando entre 40 até 105 metros. Tal escolha é justificada conforme análise técnica de Castillo (2013), relatando que por meio da utilização de estacas junto ao radier, a minimização do recalque diferencial foi obtida, além da otimização de outros aspectos como, aumento dos fatores de segurança global e parcial do sistema e diminuição da distorção angular.

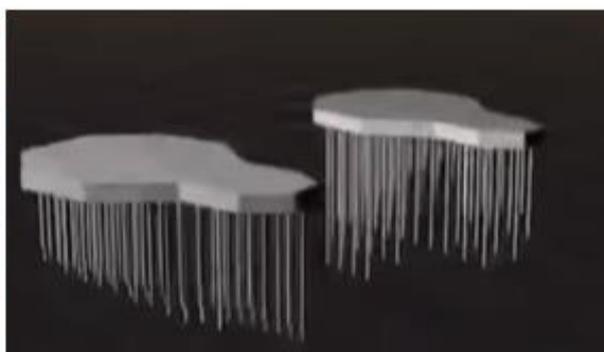


Figura 4 – Fundação do edifício Petronas Tower. Figura 5 – Fundação do edifício Petronas Tower.

Fonte: Malaysia My Second Home (2018)

Fonte: Megastructure... (199?)

Taipei 101 (2004)

O projeto Taipei-101, segundo Souza, F. (2014), exigiu cuidados especiais, visto que, conforme a localização do edifício, medidas para solucionar possíveis fenômenos naturais como, terremotos e tufões, tiveram que ser tomadas. O modelo de projeto adotado, contou com considerações específicas de análise de recalque para cada componente da fundação individualmente, ou seja, estudos inerentes ao radier e para cada estaca posicionadas de forma singular, afirma YU (2011). O mesmo ainda relata dados quanto às dimensões adotadas, sendo o radier com 8.526 m² e alturas que variam de 3,00 metros a 4,70 metros, estacas que auxiliam na dissipação de cargas quantificadas em 380 unidades com diâmetros de 1,50 metros e comprimentos equivalentes de 40 a 60 metros abaixo do nível do radier, como pode-se observar na figura 6.



Figura 6 – Fundação do edifício Taipei International Financil Center. Fonte: Taipei...(2015)

Burj Khalifa Bin Zayid (2010)

O maior arranha-céu do mundo, com 828 metros de altura edificados nos Emirados Árabes Unidos, enquadra-se em uma faixa considerada sismicamente acesa e que sofre influências das deposições residuais marinhas provenientes de alterações na altitude do mar na geologia atual segundo Souza F. (2014).

No total foram utilizadas 196 estacas, onde Garcia (2015a) ressalta que as mesmas foram planejadas para atender cargas admissíveis de 3.000 toneladas, contudo, realizaram-se testes locais, que obtiveram desempenho de suporte relativos a 6.000 toneladas, com diâmetro de 1,50 metros e profundidade média de 50 metros, sustentando o radier contendo 3,70 metros de altura, ilustrado na figura 7.



Figura 7 – Fundação do edifício Burj Khalifa Bin Zayid. Fonte: Souza, F. (2014)

Aspectos Nacionais

Um edifício, objeto de estudo por Carvalho e Curado (2012), na cidade de Goiânia-GO, sendo este denominado Premier Blanc, totalizando 41 pavimentos teve seu dimensionamento realizado levando em conta possíveis recalques devido seu perfil geotécnico silto arenoso, além dos estados limites últimos que são imprescindíveis para o dimensionamento da superestrutura, resultando assim, em um radier com dimensões 348 m² e profundidade de 1,80 metros, compondo a fundação. Há também 166 estacas do tipo hélice contínua, diâmetro de 0,6 metros cada e altura variando de 14 a 17 metros.

Em análise aos aspectos regionais, Garcia (2015a), sobreleva por estudo realizado, a aplicabilidade do radier estaqueado em solos brasileiros tropicais, sendo este com alto índices de vazios devido às ações climáticas e conseqüentemente, propenso a afundamentos (recalques), que possuem comportamentos mecânicos de solos colapsáveis.

Os fatores apresentados dificultam a princípio a aplicabilidade do radier e conseqüentemente sua difusão em solo nacional, visto que os solos tropicais (lateríticos) que devido a sua estrutura, formação e composição, demonstram condições necessárias à formação de uma estrutura metaestável com potencial de colapso, compreendem grande parte do território nacional. Entretanto, Castillo (2013) sobreleva que há certa carência quanto a experimentos que busquem exemplificar o comportamento de tal fundação assente sobre solos ditos moles colapsáveis.

Sendo esses solos de baixa densidade, Sales et al. (2015), enfatizam que com o aumento da umidade, ocorre a redução da resistência no contato entre as partículas, ocasionando um rearranjo estrutural e conseqüentemente a uma nova condição de equilíbrio devido a ação do esforço e o novo valor de umidade. Gerando aos solos que compreendem tal fenômeno de colapso, a nomeação de solo colapsável.

Apesar da dificuldade citada anteriormente, nota-se em um estudo realizado no Distrito Federal através de Castillo (2013), a viabilidade com ressalvas para um projeto de habitação coletiva com 04 pavimentos, incluso o térreo, totalizando 192 unidades habitacionais repartidas em 12 blocos, assentes sobre solos argiloso colapsível.

O presente trabalho ratifica a tese de Poulos (2001) de que a aplicabilidade do radier estaqueado diretamente no solo colapsível, pode vir causar instabilidade na estrutura quando atingidos por solicitação externas ou provenientes de inundações das precipitações, ressaltando portanto, a importância de combinar tal tipo de fundação com uma camada de solo melhorado, conferindo melhor controle do recalque diferencial, diminuindo as tensões atuantes no topo da camada do solo colapsível, consolidando-se como uma alternativa viável e econômica para a realidade local.

Outra referência nacional que merece destaque é o Yachouse Residencial Club, localizado em Balneário Camboriú – SC. Composto por 81 pavimentos, duas torres de 227 metros de altura cada, o maior edifício do país em construção, possui como fundação adotada o tipo radier estaqueado com hélice contínua, definido por profissionais após realização de ensaios de caracterização do solo e das cargas atuantes segundo Fundações e Obras Geotécnicas (2017). Dados da concretagem da fundação impressionam, onde utilizou-se 4.600 m³ de concreto e teve como principal desafio o rebaixamento do nível do lençol freático em 5,5 metros. Realizou-se testes para verificação de integridade das estacas, sendo analisados a qualidade da execução, checagem de carga para carregamentos estáticos e dinâmicos e a compatibilidade com o projeto concebido.

Ainda vale enfatizar junto a Garcia (2015a), que pesquisas realizadas com amostra de solo da cidade de Campinas, as quais se entendem pelos municípios de São Carlos, Bauru e Ilha Solteira, apresentam como resultado solo formado por argila porosa e resultaram em dados satisfatórios, tornando a fundação eficiente e econômica.

Junior (2016) salienta ainda que as tecnologias, concreto armado e concreto protendido, podem ser adotadas na execução, sendo essa última muito aplicada em altos edifícios, em que as cargas atuantes são de ampla magnitude. Apesar da comum relação entre este tipo de fundação e edifícios esbeltos, não se deve ignorar os benefícios desta para obras menos imponentes, afinal, a viabilidade de sua aplicação varia conforme a complexidade dos aspectos correlacionados a fundação e não apenas decorrente da altura do prédio.

3. Conclusão

Com vistas aos seus objetivos principais, a presente pesquisa procurou ampliar a visão da sociedade para a aplicabilidade da fundação tipo radier, proporcionando uma revisão conceitual, no que confere a promoção da teoria e prática deste sistema de fundação, desmistificando fatores que alimentam o preconceito com relação à fundação no Brasil, visto a tímida empregabilidade desta no mercado local.

Pelo apresentado, julga-se como satisfatório a utilização do objeto de análise com funcionalidade no cenário das fundações construtivas, fundamentado em referências técnicas elencadas no decorrer do trabalho, notando-se o significativo crescimento e adesão mundial da fundação tipo radier e suas vertentes.

Em suma, os casos reais de utilização de radiers comprovam sua eficiência e atrelados aos fatos acima mencionados, é evidente um histórico favorável do radier quando se trata de seu desempenho, versatilidade e boa relação custo x benefício. Nota-se também a baixa difusão deste método atualmente, sendo necessário o aprofundamento em seu estudo e a elaboração de normas que tratem do assunto. Indiscutivelmente, é importante reconhecer que as fundações do tipo radier, surgem como uma tendência muito interessante no mercado da construção civil.

4. Referências

ALMEIDA, L.C. **Laje Sobre Solo para Fundação de Residências**. Dissertação de Mestrado da UNICAMP/FEC, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6122: Projeto e execução de fundações**. Rio de Janeiro, p.3 2010.

AKINMUSURU, J. O. **Interaction of piles and cap in piled footing**. Journal of Geotechnical Engineering Division. Reston/VA: ASCE, 1980.

BAKER, C.N J.; DRUMRIGHT, E.; JOSEPH, L. M.; AZAM I. T. **Foundation Design and performance of the World's Tallest Building, Petronas Tower Proceedings**. Fourth International Conference on Case Histories in Geotechnical Engineering, St. Louis, Missouri, March , 1998.

BRITO, José Luis Wey de. **Fundações de edifício**. São Paulo: Epusp, 1987.

CARVALHO, R. C.; FIGUEIREDO FILHO, J. R. D. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado**. 3. ed. São Carlos: Ed. UFSCar, 2013.

CARVALHO, Sofia L.; CURADO, Tallyta da S. **Otimização de Fundações em Radier Estaqueado na Cidade de Goiânia**. Goiânia/GO, 2012.

CASTILLO, D. J. A. **Uso da Técnica de Radier Estaqueado para Pequenos Edifícios Assentes sobre Solo Colapsível**. Dissertação de Mestrado, Publicação nº G.DM-223/03, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília/DF, 2013.

CAUDURO, Eugenio Luiz. **Execução de Rádiers Protendido – Simplicidade e Economia**. Fortaleza – Ago. 2000. Disponível em <http://www.deecc.ufc.br/Download/TB736_construcao%20de%20edificios/Artigos/ExecucaodeRádiers.pdf>. Acesso em: 11 de mar. 2018.

COUNCIL ON TALL BUILDINGS AND URBAN HABITAT 2018 – The Skyscraper Center – Disponível em <<http://www.ctbuh.org/TallBuildings/tabid/485/language/en-US/Default.aspx>>. Acesso em: 22 de set. 2018.

DÓRIA, Luis Eduardo S. **Projeto de estrutura de fundação em concreto do tipo radier**. Maceió/AL, 2007.

EL-REEDY, Mohamed A. **Onshore structural design calculations: Power plant and energy processing facilities**. Oxford, Reino Unido: Butterworth-Heinemann, 2017.

ESTUDO ANALISA o uso de rádiers estaqueados em solos tropicais. **Jornal da Unicamp**, Campinas/SP p.11 , 2015

FUNDAÇÕES E OBRAS GEOTÉCNICAS. **Projeto de fundações do residencial Yachthouse utiliza 4600 m³ de concreto**. São Paulo, v. 86, nov 2017. Disponível em: <https://issuu.com/editorarudder/docs/revista_funda___es_86_issuu>. Acesso em: 27 nov. 2018.

GARCIA, Jean R. **Estudo analisa o uso de rádiers estaqueados em solos tropicais**. **Jornal da Unicamp**, Campinas/SP p.11, 2015a.

GARCIA, Jean R. **Análise experimental e numérica de rádiers estaqueados executados em solo da região de Campinas/SP**, 2015b.

GROSTEIN, Marta Dora. **Metrópole e expansão urbana a persistência de processos "insustentáveis"**. São Paulo Perspec. vol.15 no.1 São Paulo Jan./Mar. 2001. Disponível em

http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-88392001000100003> Acesso em: 11 de mar. 2018.

JANDA, T., CUNHA, R. P., KUKLIK, P. E Anjos, G.M. **Three dimensional finite element analysis and back-analysis of CDA standard pile groups and piled rafts founded on tropical soil.** Soil and Rocks, v. 32, n. 1, 2009.

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

MACEDO, Silvio Soares. **O processo de verticalização e a paisagem da cidade.** Sinopses. São Paulo: FAUUSP, v. 15, 1991.

MALAYSIA MY SECOND HOME (Malásia) (Org.). **The history and construction of the Petronas Twin Towers.** 2018. Disponível em: < <https://www.mm2h.com/the-history-and-construction-of-the-petronas-twin-towers/> >. Acesso em: 31 out. 2018.

MEGASTRUCTURE Petronas Twin Towers Malaysia. Malásia: Discovery Channel, 199?. Son., color. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=UP4KJrpZHAU>>. Acesso em: 31 out. 2018.

MONTEIRO, Karine Cristine Rodrigues; OLIVEIRA, Rosana Pena Dos Santos de. **Reflexões sobre as consequências da verticalização para o clima urbano na cidade de Vitória da Conquista – BA- Brasil.** In: ENCONTRO DE GEÓGRAFOS DA AMÉRICA LATINA, 14, Peru, 2013. Anais... Peru, 2013.

NASCIMENTO, G.S; OLIVEIRA, W.L.A.O. **Estudos de Fundações Tipo Radier em Concreto Protendido.** 2002. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia Civil da UFAL.

O Guia definitivo sobre radier. Blog Pra Construir. Piracicaba, 2017?.

PECK, Ralph B.; HANSON, Walter E.; THORNBURN, Thomas H. **Foundation Engineering.** Second Edition. Canada: John Wiley & Sons, Inc, 1974.

POST TENSIONING INSTITUTE, **Design and Construction of Post-tensioned Slabs-on-Ground,** Second Edition, 1996.

POST TENSIONING INSTITUTE, **PT Applications: Slabs-on-Ground,** 2018. Disponível em < <http://www.post-tensioning.org/wpt-slab-on-ground.php>> Acesso em: 24 de jul. 2018.

POULOS, H. G. **Piled raft foundations: design and applications.** Geotechnique, v.51, n.2, 2001.

RANDOLPH, M. F.; CLANCY, P. **Design and performance of a piled raft foundation**. In: Settlement '94, College Station, Texas, United States, 1994.

SALES, M. M. **Análise do Comportamento de Sapatas Estaqueadas**. Tese de Dsc. Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Pub. G.TD- 02A/00, 2000.

SALES, M.M., VILAR O.M., MASCARENHA, M.M.A., SILVA, C.M., PEREIRA, J.H.F E CAMAPUM DE CARVALHO, J. (2015). **Fundações em solos não saturados. Solos não saturados no contexto geotécnico**, Camapum de Carvalho, J., Gitirana Jr, G., Machado, S., Mascarenha, M.M. & Filho, F. (eds.), ABMS, São Paulo, SP, pp. 651-685.

SANTOS, Leilson A. dos; SILVA, Denise de Brito; SOUSA, Tiago Bruno de; FORTES, Ana Carolina Chaves; VIANA, Bartira Araújo da. **Impactos socioambientais resultados do processo de verticalização**. VI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Porto Alegre/RS – 23 a 26 de nov. 2015.

SOMEKH, Nadia. **A cidade vertical e o urbanismo modernizador**. São Paulo: Studio Nobel; Edusp; Fapesp, 1998.

SOUZA, Fabio Albino de. **Entrevista ao site Massa Cinzenta Cimento Itambé**. Dez, 2013. Disponível em <<http://www.cimentoitambe.com.br/para-cada-tipo-de-solo-um-tipo-de-radier/>> Acesso em: 05 de mai. 2018.

SOUZA, Fabio A. de. **Utilização de Radier Estaqueado em Obras Especiais e Edifícios Altos**. VII Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas. Rio de Janeiro/RJ, 2014. Disponível em <http://www.abpe.org.br/trabalhos/trab_63.pdf> Acesso em: 11 de mar. 2018.

SOUZA, Rafael Alves; REIS, Jeselay Hemetério Cordeiro. **Interação solo-estrutura para edifícios sobre fundações rasas**-DOI: 10.4025/actascitechnol. v30i2. 5467. Acta Scientiarum. Technology, v. 30, n. 2, p. 161-171, 2008.

SOUZA, Ruitter da Silva. **Análise dos fatores de interação entre as estacas em radier estaqueado: comparação entre duas ferramentas numéricas**. Goiânia, 2010.

TAIPEI 101 - The Tallest Skyscraper In Taiwan - The Construction & Origins. Taiwan: Beach House Pictures Pte Limited, 2015. Son., color. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=_TcSwHx9RF0>. Acesso em: 31 out. 2018.

THE SKYSCRAPER CENTER – The Global Tall Building Database of the CTBUH – Disponível em: <<http://www.skyscrapercenter.com/comparedata/submit?type%5B%5D=building&status%5B%5D=COM&b>>

ase_height_range=4&base_company=All&base_min_year=1885&base_max_year=9999&skip_comparison=on&output%5B%5D=list>. Acesso em: 22 de set. 2018.

VELLOSO, Dirceu de A.; LOPES, Francisco de R. **Fundações: critérios de projeto, investigação do subsolo, fundações superficiais, fundações profundas**. São Paulo: Oficina de textos, 2010.

YU, C-H., **On Design and Construction of Pile Group Foundation of Taipei 101**. Geotechnical Engineering Journal of the SEAGS & AGSSEA, Vol 42, n° 2, 2011.