

TIPOS DE ESTRUTURAS PARA FUNDAÇÕES DE PEQUENO E MEDIO PORTE: REVISÃO DE LITERATURA

Weigle Ventura Ortega¹
Marcelo Rodrigues de Matos Pedreiro²

RESUMO: A engenharia de fundações, trata-se de uma área de conhecimento na engenharia civil, em que interação, estudos, experiências e precauções, decorrentes de inúmeros problemas que podem apresentar. Essas inúmeras manifestações patológicas, decorrentes de problemas de fundações, costumam ter origem em um ou mais processos que acontecem desde a fase do projeto até o pós-obra. Sempre foram objetos de inúmeros estudos e preocupações decorrentes da complexidade das suas características. Sendo assim, a previsão das cargas admissíveis em um elemento da fundação e de sua profundidade ideal, devem ser devidamente estabelecidas pelo engenheiro civil, com bases nas normas brasileiras, pois, envolve a segurança dos usuários da edificação. Partindo dessa importância, o presente trabalho teve como objetivo, realizar uma revisão de literatura (pesquisa bibliográfica), com base em dados acadêmicos. Após a coleta destes, discorreu-se sobre o conceito e a classificação das fundações, a classificação dos recalques e as possíveis soluções para os recalques em fundações. Com a realização do mesmo, foi possível concluir que são diversas as causas de problemas em fundações, é que para cada obra deve ser realizadas análises individuais com base nos solos e nas cargas que podem causar movimentações, realizando o monitoramento dos recalques durante toda a vida útil da obra, destacando sempre a importância do profissional da área para assegurar que essas patologias sejam devidamente corrigidas.

3696

Palavras-chave: Fundações. Monitoramento dos solos e de cargas. Recalques.

ABSTRACT: Foundation engineering is an area of knowledge in civil engineering, in which studies, experiences and precautions interact, resulting from numerous problems that may arise. These numerous pathological manifestations, resulting from foundation problems, usually originate from one or more processes that take place from the design phase to the post-construction phase. They have always been objects of numerous studies and concerns arising from the complexity of their characteristics. Therefore, the prediction of admissible loads on a foundation element and its ideal depth must be duly established by the civil engineer, based on Brazilian standards, as it involves the safety of building users. Based on this importance, the present work aimed to carry out a literature review (bibliographic research), based on academic data. After collecting these, the concept and classification of foundations, the classification of settlements and possible solutions for settlements in foundations were discussed. With the accomplishment of the same, it was possible to conclude that there are several causes of problems in foundations, is that for each work individual analyzes must be carried out based on the soils and the loads that can cause movements, carrying out the monitoring of the settlements throughout the life of the work, always highlighting the importance of the professional in the area to ensure that these pathologies are properly corrected.

Keywords: Foundations. Soil and load monitoring. Settlements.

¹Acadêmico em Engenharia Civil, Universidade Brasil.

²Orientador do curso de Engenharia Civil, Universidade Brasil. Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho.

I INTRODUÇÃO

Na engenharia civil, existem alguns elementos classificados como de extrema importância, entre eles destacam-se as fundações, as quais tratam se de elementos estruturais, cujo escopo é transmitir as cargas da estrutura ao terreno onde ele se apoia. Sendo assim, as fundações devem possuir resistência adequada, sendo capaz de suportar as tensões causadas pelos esforços solicitantes. Além disso, o solo deve possuir resistência e rigidez apropriada, para não sofrer rupturas e não apresentar deformações diferenciais ou exageradas (SILVA, 2022).

Para escolher de forma correta o melhor tipo de fundação é necessário conhecer os esforços que irão atuar sobre a identificação, bem como as características dos solos e dos elementos estruturais que irão formar a fundação. Portanto, analisa-se a possibilidade de utilizar diferentes tipos de fundação, iniciando de ordem crescente de complexidade e custos (MELHADO et al., 2002).

De acordo com Mota (2020) e Andrade (2023), fundações, bem planejadas, respondem ao custo total de 3 a 10% dos edifícios, contudo, se forem mal concebidas e projetadas, podem corresponder de cinco a dez vezes o custo da fundação mais apropriada para construção. Este custo pode ser elevado também nos casos em que características de resistência do solo tornam-se incompatíveis com esforços que serão a ele transferido, nesses casos elementos de fundação mais complexos tornam-se necessários, podendo inclusive haver a necessidade da troca de solo, por meio do reaterro e compactação, todos esses fatores elevam o custo e geralmente não são previstos inicialmente.

É preciso salientar que a área de engenharia de fundações envolve estudos, experiência e muita precaução, para encaminhar soluções a diversidade de problemas que podem ocorrer. Entre eles, a previsão das cargas admissíveis como um elemento de fundação, com uma profundidade ideal para sua implantação, geralmente torna-se complexa e deve ser estabelecida por profissionais de engenharia civil, visto que o principal problema reside na dificuldade de identificar a composição dos solos, os quais somados aos elementos da fundação irão constituir toda a infraestrutura da obra (REBELLO, 2017).

A quantidade de dados que irão determinar as fundações é relativa em cada situação, oscilando devido a variáveis como a concepção estrutural adotada, o porte da edificação, sua funcionalidade, os possíveis problemas relativos ao solo, entre outros (PEREIRA JÚNIOR et al., 2020).

Entende-se, que as causas dos problemas que ocorrem em fundações nada mais são do que um processo complexo, que envolve a análise de vários aspectos, entre eles: a prospecção do solo, concepção do projeto e execução, tipo de estrutura a ser utilizada na concepção das fundações, qualidade dos materiais a serem utilizados e a soma dos eventos pós-construção da edificação (PEREIRA JÚNIOR et al., 2020).

Diversas são as consequências que podem levar às situações perigosas e desgastantes, que ultrapassam o aumento total da obra, entre elas prejuízo a imagem dos profissionais envolvidos, causa de litígios legais, riscos de acidentes, bem como, o comprometimento total da obra (MILITITSKY et al., 2015).

Mediante essa perspectiva, o profissional da engenharia civil torna-se responsável pela obra, devendo reconhecer todas as possíveis ocorrências na patologia das fundações de forma que possa cobrar dos demais profissionais envolvidos nas etapas de ficção e do projeto, o desenvolvimento de suas atividades com base no rigor e qualidade, respeitando a boa prática e as normatizações legais em vigor, com o objetivo de evitar o surgimento de problemas posteriores (CARVALHO et al., 2018).

2 OBJETIVO

O objetivo do trabalho é realizar uma revisão de literatura sobre as soluções de fundações mais eficientes na engenharia civil.

3. REVISÃO DE LITERATURA

Entre os inúmeros problemas que podem ocorrer em uma edificação no período pré e pós-conclusão, demonstra-se que os custos são elevados quando estas obras necessitam de reparo, principalmente no que tange as fundações. Essa premissa justifica-se pelo fato que problemas relacionados as fundações tendem a ser complexos, com soluções onerosas, visto que sua recuperação ocorre mediante a mudança na estrutura do edifício (ALONSO, 2019).

Um dos principais impactos negativos relacionados a reparação de patologias das fundações de um edifício, ocorre pela interrupção de suas funções e finalidades. Portanto, para que estas patologias sejam evitadas é fundamental estabelecer as principais fontes de problemas que podem ocorrer em fundações, para que estes sejam reduzidos de forma significativa a origem do problema (MILITITSKY et al., 2015).

Estudos apontam que entre os principais problemas que provocam patologia nas fundações estão relacionados a fissuras, deslocamentos e assentamentos, os quais afetam de forma significativa a estrutura da edificação (ALONSO, 2020).

Para poder determinar as causas dessas patologias, é recomendado que haja investigação no aspecto geológico e geotérmico do terreno, o qual irá abrigar a obra, devido à relação estrutura-fundação-terreno, de modo que o planejamento da reparação ocorra de maneira segura (PEREIRA JÚNIOR, 2020).

3.1 Conceitos e classificações das fundações

De acordo com a associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), especificamente na NBR 6122/2010. As fundações são segmentadas em: superficial (direta) e profunda (indireta). A maioria são construídas abaixo do nível do solo, as fundações e infraestruturas, devendo ser consideradas como os elementos de maior importância na estrutura, visto que estas são responsáveis por suportar todas as cargas resultantes de ações decorrentes do uso estrutural e de cargas que são decorrentes do próprio peso, sendo transmitidas ao solo por meio de blocos, tubulões, estacas, sapatas entre outros. O projeto das fundações, é considerado como uma das etapas primordiais de obras de todos os portes (MILITITSKY et al., 2015).

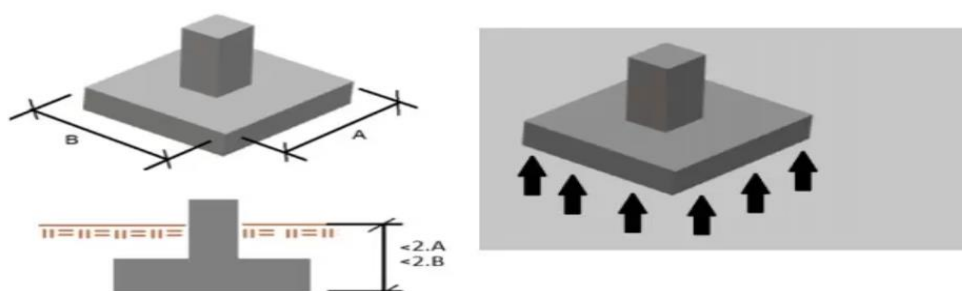
Para que a obra tenha segurança e estabilidade, é primordial que seja feita de forma correta sua fundação, somente assim, o imóvel torna-se resistente ação dos ventos ou outros eventos que possam causar danos a estrutura, que suporta o peso de sua própria edificação e é responsável pela transmissão e distribuição para o solo (BRITO, 2017).

3699

3.1.1 Fundações rasas, diretas ou superficiais

Seguindo ainda o estabelecido pela NBR 6122/2010, as fundações podem ser definidas como rasas, diretas ou superficiais, quando a profundidade do assentamento da base da fundação em relação ao terreno, for correspondente a uma cota menor que duas vezes a menor dimensão do elemento da fundação, onde o solo, mais resistente é encontrado nas primeiras camadas e a carga é oriunda de um pilar, sendo distribuída ao terreno através da base, como pode ser visto na figura 1 (CLAUDINO e OLIVEIRA, 2021)

Figura 1. Fundação superficial.



Fonte: Apostila de Conhecimentos Específicos p/ TCE-SC (Auditor de Controle Externo – Engenheiro Civil) 2020.

As fundações rasas também são conhecidas como diretas ou superficiais, possuindo até 3m de profundidade, geralmente indicadas para solos mais resistentes e casos que não irão exceder dois pavimentos. Nesses alicerces as cargas são provenientes da edificação e devem ser distribuídas ao solo através do contato com sua base. A construção de uma fundação direta deve ser feita de modo manual, já que sua execução é simples, por esse fato, torna-se uma opção que oferece ótimo custo-benefício (BASTOS, 2019).

Entre os principais tipos de fundações rasas pode-se elencar:

3.1.1.1 Sapata

As sapatas são elementos de fundação em concreto armado, onde seus esforços e tração devem ser suportados por sua armadura, essas são subdivididas em isoladas, corridas ou associadas. As sapatas isoladas, são destinadas a suportar suas cargas em um único pilar, já as corridas são projetadas para suportar cargas lineares distribuídas como, por exemplo, muros ou paredes, as associadas possuem dois ou mais pilares (ARCENO, 2018).

Em seu trabalho Bastos (2019), afirma que as sapatas são elementos compostos de concreto armado e aço, podendo ter um formato quadrado, circular, retangular, trapezoidal entre outros. Sua resistência assegurada pela armadura e não pelo concreto. Geralmente apresentam bom custo-benefício, sendo considerada um método popular e relativamente simples.

Nas figuras abaixo é possível visualizar exemplos de sapata corrida (figura 2), isolada (figura 3) e associada (a figura 4).

Figura 2. Sapata corrida



Fonte: Educa Civil, 2023.

Figura 3. Sapata isolada



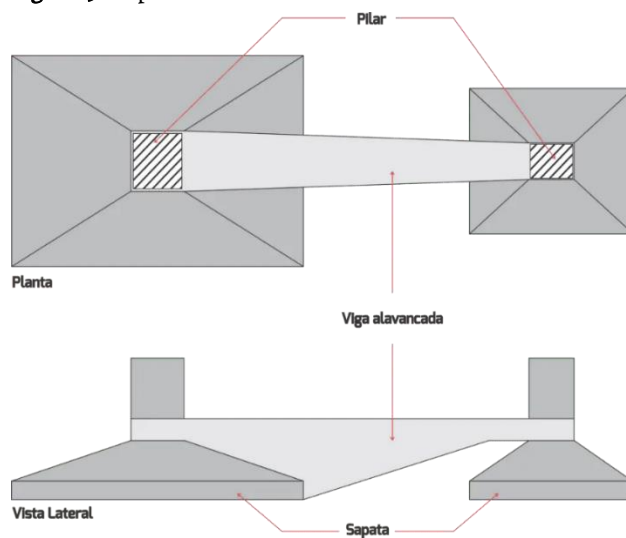
Fonte: Cruz, 2021.

Figura 4. Associada



Fonte: Cruz, 2021.

Figura 5. Sapata alavancada



Fonte: Cruz, 2021.

Em solos estáveis, é recomendado a utilização de sapatas, devido à sua boa resistência (BASTOS, 2019).

3.1.1.2 Blocos de fundação

Os blocos de fundação são regulamentados pela NBR 6118/2014, são consideradas estruturas de concreto com volume, sendo utilizados para transmitir as estacas e aos tubulões as cargas da fundação, são espécies de sapata sem armadura, consistindo em estruturas feitas de concreto, com sua resistência assegurada por esse material e não pelo aço (EDUCA CIVIL, 2020).

Os blocos de fundação são constituídos apenas de concreto simples, ou como outros materiais como alvenaria ou pedras. A estrutura em si, possui grande rigidez, de forma que o material é capaz de resistir a esforços de tração sem o uso de armaduras (ARCENO, 2018).

Figura 6. Bloco de fundação



Fonte: Educa Civil, 2023.

Assim como as sapatas, podem ser classificados em rígidos ou flexíveis por critério semelhante. São elementos estruturais, visando suportar e distribuir para o terreno as cargas, para que isso ocorra, o bloco de fundação precisa ter um aumento da rigidez, compensando a falta de armadura, nesses casos é fundamental avaliar se o custo-benefício da técnica. Deve ser considerado a carga total da estrutura, bem como, a resistência do solo e o dimensionamento dos blocos. Também é preciso destacar que não se pode confundir blocos de fundação com blocos que ficam sobre as estacas e tubulões. Neste último caso, novos blocos de coroamento, visam intermediar a distribuição das cargas dos pilares para a fundação (BASTOS, 2019).

Figura 7. Blocos de fundações pré-moldados



Fonte: Educa Civil, 2023.

3.1.1.3 Radier

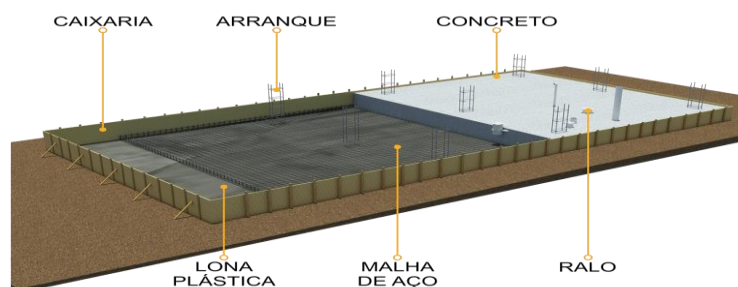
Outro tipo de fundação é o radier, conhecido como fundação em placa, recebe pilares, paredes de concreto ou cargas superficiais, trata-se de um tipo de laje que se apoia diretamente no solo, por meio de um dimensionamento complexo decorrente da tensão e deformação em cada ponto da laje na tensão do solo, dimensionar um radier de forma manual é considerado praticamente difícil (BRAGA, 2019).

Figura 8. Radier nervurado



Fonte: Educa Civil, 2023.

Figura 9. Radier com concreto armado



Fonte: Educa Civil, 2023.

3.1.2 Fundações profundas ou indiretas

As fundações profundas ou indiretas, como visualizadas na figura 8, são aquelas em que se atinge as camadas mais profundas, portanto, necessitam de maquinários específicos para serem executadas, como, por exemplo, os equipamentos de escavação. Esse tipo de alicerce ultrapassa 3m de profundidade do solo e através dele as cargas da edificação são transmitidas ao terreno através de sua base, (resistência de ponto) e sua superfície lateral (resistência de fuste), ou ainda pela combinação das duas formas (ALONSO, 2020).

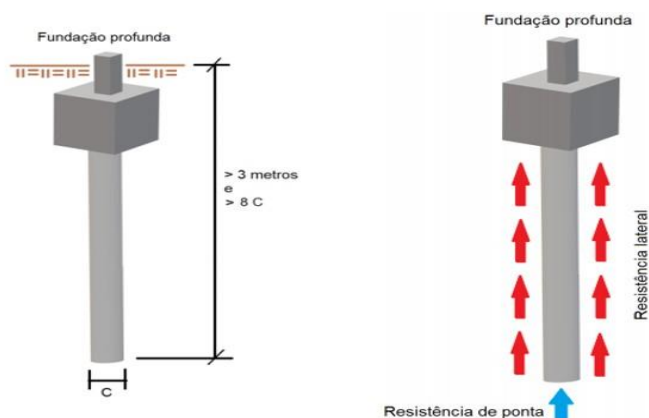
Geralmente as fundações diretas costumam ser indicadas para áreas onde há uma resistência menor ou os casos de grandes empreendimentos, ou seja, para áreas onde serão transmitidas cargas elevadas para o terreno (CARVALHO et al., 2018).

Figura 10. Fundações indiretas



Fonte: Barros, 2011.

Figura 11. Fundações profundas



Fonte: Conhecimentos Específicos TCE-SC, 2020.

Na tabela, é possível visualizar a classificação dos tipos de fundação.

Tabela 1. Classificação das fundações.

Fundações diretas rasas	Sapatas	Corrida
		Isolada
		Associada
Fundações diretas profundas	Radier	Alavancada
		Tubulões
	Fundações indiretas	
Broca		
Escavada		
Hélice contínua		
Barrete/Estacão		
Strauss		
Estacas pré-fabricadas		Frank
		Em concreto pré-moldado
		Estaca de aço
		Estaca de madeira

Fonte: Moura, 2016.

3.2 Recalques em fundações

Seguindo as especificações da NBR 6122/2010, identifica-se o recalque como um movimento vertical descendente dos elementos estruturais, quando se movimenta de forma ascendente, é denominado de levantamento. Essa movimentação pode causar inúmeros danos e estes são classificados em três tipos: - danos arquitetônicos, os quais afetam a parte estética da edificação, por meio de trincas nas paredes e acabamentos, ruptura dos painéis de vidro ou mármore; - danos funcionais, estes por sua vez que conseguem atingir a funcionalidade da estrutura, dificultam na abertura de portas e janelas, irregularidades em pisos, danos no sistema hidráulico ou desgaste excessivo dos elevadores; - danos estruturais, afetam a estrutura em si geralmente causam fissuras em pilares, vigas, lajes e alvenaria estrutural, o que acarreta a inclinação da edificação ou o colapso total desta (FRANCO e NIEDERMEYER, 2017).

Para realizar o estudo dos recalques, é primordial analisar primariamente as suas possíveis causas, as quais foram apresentadas por Thomas em 1989 e são determinadas pelo: tipo de fundação, de interferência de fundações, onde investigação geotécnica, a função do tipo do solo, a intensidade da carga e a disposição do lençol freático. Destaca-se ainda as capacidades de carga e as deformidades dos solos que não são permanentes (CURTI, 2018).

Em termos classificativos, os recalques de fundações também podem ser caracterizados pelo rebaixo diferencial ou uniforme de elementos estruturais de suporte, os quais são geralmente causados pela acomodação do solo mediante tensões ou alterações de volume, ou seja, os recalques podem surgir por diferentes causas, entre as principais:

ausência de estudos do solo ou pesquisas insuficiente; problemas no dimensionamento da fundação; falhas na execução decorrentes da ausência de fiscalização, por parte do engenheiro responsável; alterações na capacidade de suporte do solo em virtude de rebaixamento do lençol freático; aumento de cargas atuantes nas fundações, decorrentes do acréscimo de pavimentos na edificação; vazamentos nas redes de esgoto ou águas pluviais; vibrações impostas ao solo através da execução de fundações como estacas cravadas (FRANCO e NIEDERMEYER, 2017).

Em termos gerais, qualquer projeto de edificação, merece atenção especial em relação aos solos, pois, serão estes que irão absorver as cargas da estrutura, e assim poderá ser evitado falhas e danos, como os, recalques nas fundações (CURTI, 2018).

Os valores admissíveis são fixados pelos profissionais envolvidos com o projeto, execução e acompanhamento da obra. Portanto, são decorrentes da experiência local, no decorrer dos anos, permitindo concluir que para cada tipo de estrutura, carregamento e solo, existe valores de recalque que podem ser considerados aceitáveis (admissíveis) (ALONSO, 2019).

Autores como Teixeira e Godoy (1998), aconselham sobre a importância em observar os limites apresentados por pesquisadores sobre o assunto. Embora haja, recalques admissíveis, os limites da NBR 6122/2014, devem ser extremamente respeitados, visto que um erro de projeto em relação ao solo, pode provocar recalque exagerados, culminando assim, no comprometimento das edificações, ou levá-las a ruína. Por isso, deve se ocorrer estudos detalhados do solo antes de iniciar a construção, evitando-se assim diversos prejuízos (OLIVEIRA, 2015).

3.2.1 Classificação dos recalques

De forma geral os recalques de fundações, são decorrentes de fatores como: sobrecarga nas estruturas; variações do nível do lençol freático; falta de compactação prévias do solo, principalmente em casos de aterro; subdimensionamento dos elementos da fundação; causas diversas de deterioração e dos elementos de fundação (FABRICIO E ROSSIGNOLO, 2002).

A maioria dos estudos classificam os tipos de recalque em:

a) Recalque imediato ou elástico

É aquele em que se leva em conta a rigidez da fundação, sua profundidade, forma e a espessura deformável do solo. Devido às deformações elásticas do solo ocorre o

carregamento da estrutura, é desenvolvido em horas ou poucos dias (TEIXEIRA e GODOY, 1998).

b) Recalque por adensamento primário

São aqueles, decorrentes da expulsão da água e dos vazios do solo, geralmente ocorrem de forma lenta e são determinados pela permeabilidade do solo carregado, desenvolve-se em meses ou anos (CURTI, 2018).

c) Recalque por adensamento secundário

Possui associação ao rearranjo estrutural do solo, sendo provocado por tensões cisalhantes que atuam sobre ele. Geralmente são observados em solos coesivos saturados e, nos cálculos de fundações, geralmente, é desprezado, salvo em casos particulares, quando demonstram alta relevância decisiva, desenvolve-se a longo prazo, superior há décadas (CURTI, 2018).

Há alguns conceitos relevantes aos recalques, entre eles: recalque diferencial (δ): correspondem à diferença entre os recalques de dois pontos quaisquer da fundação; Recalque diferencial específico (δ/l): é a relação entre o recalque diferencial e a distância horizontal “l” entre dois pontos quaisquer da fundação; Recalque total ($\Delta\rho$): é o recalque final ao qual o elemento de fundação está sujeito (FABRICIO E ROSSIGNOLO, 2002).

Tabela 2. Danos causados por recalques.

Tipo	Característica	Exemplo
Aparência	Não afetam a estrutura da edificação	Fissuras na alvenaria
Função	Afetam a utilização da edificação	Dificuldade de abertura de portas de janelas; Irregularidades nos pisos; Danos no sistema hidráulico
Estabilidade	Afetam o sistema estrutural podendo levá-lo ao colapso	Fissura em pilares, vigas, Lajes e alvenaria estrutural; Inclinação da edificação

Fonte: Alves, 2013.

O controle do recalque, faz com que as estruturas das construções sejam monitoradas visando analisar o seu comportamento, por meio das movimentações, identificando assim se há ou não a necessidade de aplicar medidas preventivas e corretivas, salienta-se que para isso os profissionais devem estar aptos a realizar este acompanhamento e controle, oferecendo soluções seguras (ALBUQUERQUE, 2020).

O controle do recalque (monitoramento), é feito através da instalação uma referência de nível (benchmark), através de pinos fixados nos pilares ou nas paredes, permitindo assim, realizar nivelamentos periódicos, determinando possíveis deslocamentos na fundação. Esse

monitoramento também pode ser utilizado no controle de deslocamentos em pavimentos e aterros (SCHNEIDER, 2020).

Por meio do controle de recalques, o profissional de engenharia civil é capaz de avaliar os comportamentos da fundação, e em casos necessários traçar a recomendação da execução de reforço, evitando assim, o colapso total da estrutura. Como as inovações trazidas pela NBR 6122/2019, tornou-se obrigatório realizar o controle de recalque nos seguintes casos: estruturas nas quais a carga variável é significativa em relação à carga total, como, por exemplo, em silos e reservatórios; em estruturas que possuam mais de 55m de altura considerando do piso térreo até a laje de cobertura ou o último piso habitável; relação altura/largura (menor dimensão) superior a quatro; fundações ou estruturas não convencionais (APL ENGENHARIA, 2022).

De acordo com diversos estudos o método mais comumente utilizado para realizar o controle de recalques, tem o nivelamento geométrico de alta precisão, nestes casos ocorrem a instalação de pinos nos pilares e de tempos em tempos, é realizado uma leitura de nivelamento com precisão de micra. A partir dos resultados é possível saber, por exemplo, qual é a velocidade de rebaixamento e se este trata-se de um recalque total (movimento por igual da construção) ou de um recalque diferencial (apenas parte da estrutura se movimenta) (SILVA, 2020).

3708

É necessário salientar, que em casos de dúvida em relação ao comportamento de uma fundação ou quando se pretende realizar o acompanhamento do desempenho em razão de uma situação que pode gerar recalque, é altamente recomendado no controle do recalque na edificação, visto, que este tem como escopo identificar a velocidade do recalque, prevendo assim qual será o seu comportamento (MILITITSKY et al., 2015).

Para controle de recalques, deve-se incluir estimativas de carga atuante nos pilares, o que permite traçar a curva “carga x recalque”. As cargas devem ser estimadas por engenheiros calculistas, entretanto em razão da evolução dos recalques diferenciais, as cargas em pilares são alteradas (ALONSO, 2019).

3.3 Soluções para recalques em fundação

Como destacado anteriormente, o controle dos recalques constitui-se como o monitoramento de deslocamentos sofridos pela edificação, sendo totalmente compreensível, é esperado que as estruturas se movimentem em função das acomodações do solo, variações de temperatura, ações do vento etc. (PEREIRA JUNIOR, 2020).

Sendo assim, as aberturas decorrentes dessas movimentações tornam-se ainda mais evidentes ao ter diferentes materiais em contato formando uma edificação, como, por exemplo, tijolos cerâmicos e alvenaria. Esse fato é decorrente em função das propriedades intrínsecas de cada material, entre elas, o módulo de deformação, o que permite que cada um de formas diferente da outra, ou quando são submetidas a determinadas tensões. Contudo, há limites normativos que são estabelecidos e aceitáveis para essas movimentações, não acarretando risco a segurança, a estética ou desconforto dos usuários (REBELLO, 2017).

As medidas de amplitude de variação de deslocamentos medidos, permitem estabelecer alguns elementos entre eles: se a edificação se encontra estável ou com movimentação progressiva; se a movimentação é homogênea (recalque uniforme) ou diferencial; se o deslocamento ocorreu de forma momentânea e se estabilizou, qual a velocidade da evolução (aumento) dos deslocamentos. E a partir dos dados, estabelece-se propostas individuais ou coletivas para a solução de cada caso. É importante afirmar que o controle de recalque se aplica em inúmeros tipos de construções, como, por exemplo, pontes, casas, prédios e outras (SILVA, 2020).

Claudino e Oliveira (2021), afirmam que entre as possíveis medidas a serem adotadas, visando evitar recalques, tem-se: execução de sondagem para verificação das características do solo em que será realizada a construção; análise do nível do lençol freático; capacidade de suporte; tipos de solo, etc.; elaboração do projeto estrutural adequado, e considerando as reais cargas de utilização; não promover alterações diferentes do uso previsto inicialmente, e se promovê-las realizá-la mediante as adequações e reforços pertinentes.

Com os avanços da construção civil e da arquitetura em meio construtivo, é possível estabelecer um padrão de construções, mais altas belas no mercado, considerando-se sempre a importância do monitoramento dessas estruturas juntamente ao solo, como uma forma de prevenir possíveis problemas patológicos da edificação. Através do monitoramento do recalque pode-se inibir o surgimento de inúmeros problemas (RODRIGUES et al., 2022).

Ao realizar o monitoramento assertivo é possível evitar tragédias futuras, visto que, é verificado o recalque como a evolução de carga, percebendo-se discrepâncias, e assim determinar as causas e apresentar soluções (MINOZZO, 2016).

O monitoramento de recalques também deve ser realizado com intuito de averiguar situações de vizinhança, como, por exemplo, descompressão para escavação de terrenos vizinhos, sobreposição de tensões, obras de infraestrutura entre outras. Esse critério é legalmente previsto pela NBR 6122/2010, na qual é estabelecido requisitos mínimos para sua realização (RODRIGUES et al., 2022).

Os custos referentes a monitoração de obra, são relativamente baixos quando comparados ao custo total da obra ou se comparado a custos de outros ensaios e controles (GUSMÃO, 2006). Com as inovações trazidas pela NBR 6122/2019, deve ser utilizados aparelhos topográficos para medição dos recalques, destacando os de níveis ópticos de precisão e de nível eletrônico, como os visualizados na figura 9.

Figura 12. Nível óptico (esquerda) e Nível Eletrônico (direita)



Fonte: Rodrigues et al., 2022.

As técnicas permitem ampliar a capacidade de suporte de uma fundação. A busca por melhores soluções, analisadas, a compatibilização de uma série de condicionantes de ordem técnica, econômica, de exequibilidade, de segurança, devendo ser sempre indicadas por engenheiros geotécnicos experientes. Lembrando sempre que as dificuldades a serem encontradas nesse tipo de obra são consideradas grandes, a começar, por exemplo, pelas condições de trabalho, já que o objeto que sofrerá intervenção encontra-se enterrado, outros desafios incluem impactar o mínimo possível na fundação existente e assegurar que as fundações originais e os reforços trabalhem como um sistema único (GOTLIEB e NOVAES, 2021).

Para que se possa determinar abordagem, é essencial avaliar o grau de urgência, visto que há casos em que a edificação apresente recalques que colocam em risco toda a sua estabilidade. Nessas situações, é primordial realize a escolha um sistema com o menor tempo de execução, permitindo assim, que a correção ocorra o mais breve possível. Nos casos de obras emergenciais, existe uma possibilidade de utilizar uma combinação de dois sistemas de reforço, e como, por exemplo, um provisório que interrompa os recalques e outro definitivo que corrija o problema das fundações (GUERRA, 2014).

As condições geotécnicas locais, também são capazes de interferir na escolha do método de reforço, ou seja, solos que possuem camadas mais espessas de argilas orgânicas

muito moles acabam inviabilizando a execução de algumas técnicas. Outro fator importante a ser considerado, são os carregamentos, dependendo da magnitude, alguns tipos de reforços não são compatíveis. Nos casos de edificações que apresentem uma arquitetura com muitas paredes e espaços pequenos, algumas técnicas também não poderão ser utilizadas devido à inviabilidade da mobilização de equipamentos (CURTI, 2018).

3.3.1 Estabilização dos recalques

Segundo Gotlieb e Novaes (2021), os últimos anos foram marcados por inúmeros avanços tecnológicos nas áreas de reforço de fundações, entretanto, aconteceram mais em relação aos materiais empregados do que propriamente nas técnicas de execução. Como, por exemplo, nos casos de utilização de estaca mega, verificou-se um avanço visível no que tange à utilização de estacas metálicas com maior capacidade, visto que há uma gama enorme de perfis metálicos, de diferentes bitolas e capacidade de carga estrutural, o que permite suportar cargas maiores do que em tempos passados, desde que se tenha uma relação suficiente (GOTLIEB e NOVAES, 2021).

Entre as principais e mais utilizadas soluções para a estabilização dos recalques tem-se:

a) Injeções de cimento

As injeções de cimento consistem em injetar uma camada de cimento no terreno que se encontra abaixo das fundações, por meio de tubos galvanizados de 2 a 3 mm de diâmetro. Estes tubos são inseridos até uma cota desejada, realizando a injeção de cimento através do tubo de ponta aberta ou por paredes perfuradas (CAPUTO, 2012).

b) Estacas Raiz

Dentre as soluções mais utilizadas para o reforço de fundações, tende-se as estacas raiz, também conhecidas como microestacas, são diretamente moldadas *in loco*, sendo executadas por perfurações rotativa ou roto percussiva, sendo revestidas integralmente no trecho em solo, por um tubo metálico. Consoante os equipamentos utilizados, as estacas podem ser executadas em ângulos diferentes da vertical (0.º a 90.º). Nessa técnica duas vantagens são associadas, entre elas: não ocasionar vibrações durante a execução e utilizar equipamentos de pequeno porte, ou seja, torna-se viável sua utilização em locais de difícil acesso e pé-direito restrito. Contudo, a perfuração das estacas raiz se dão através da

circulação de água, o que fluidifica o solo e dependendo das condições locais geram instabilidades e demandam uma execução de escoramento prévio (SCHNEIDER, 2020).

c) Estacas Megas (Estacas Prensadas)

As estacas prensadas são reforços baseados na instalação de pequenos elementos superpostos de estacas, podendo ser compostas por peças de concreto armado vazadas ou perfis metálicos. São cravadas por meio do emprego de macaco hidráulico que reage contra uma cargueira, contra a estrutura ou contra a fundação já existente (FREITAS et al., 2023).

As estacas megas, também são conhecidas como estacas de reação, outra opção para o reforço de fundações, baseia-se no uso de elementos pré-fabricados cravados no solo com emprego dos macacos hidráulicos, possuindo algumas vantagens que são inerentes a ela, entre elas: evitar a injeção de água ou nata de cimento, rapidez na sua aplicação, pode gravar de 4 a 5 estacas com uma profundidade de 10m ao dia, possibilidade da cravação de estacas inclinadas, agravamento em qualquer tipo de solo (arenoso, argiloso, com ou sem lençol freático) (GOTLIEB e NOVAES, 2021).

As estações devem ser constituídas por segmentos da ordem de 0,50 a 1,00m, consoante as condições locais. Por serem introduzidas no terreno por meio de macacos hidráulicos e em pequenos segmentos, este reforço mostra-se bastante conveniente, pois, podem ser utilizados em locais pequenos e de difícil acesso às pessoas e equipamentos, não produzem vibrações, reduzem riscos de instabilidade que possam ser decorrentes a precariedade das fundações defeituosas. Estudos apontam que a segurança da obra que está sendo reforçada instantaneamente aumentadas após a instalação de cada estaca (GUERRA, 2014).

As estacas de concreto são vazadas, tanto que são comumente denominadas de tubos, usualmente ao terminar as instalações e antes de seu encunhamento contra a estrutura, é recomendado colocar um ou mais barras de aço no interior do ciclo vazado preenchido com concreto. Essa opção visa dar uma certa continuidade entre os diversos segmentos. Em muitos casos é necessário executar vigas de concreto armado sobre as paredes ou embutidas nas mesmas, visto que as alvenarias seriam incapazes de suportar, de forma direta, os esforços aplicados pelo macaco hidráulico (ALVES e LOPES, 2015).

As citadas estacas são executadas por perfuração quando circulação de água e os equipamentos utilizados para essa execução caracterizam-se por suas pequenas dimensões, o que permite acesso a locais com certas limitações, como, por exemplo, em subsolos de

edifícios. Possuem vantagem de não causar vibrações durante a sua implantação, o que prejudica ainda mais as condições de instabilidade de fundações com patologias. Por outro lado, é necessário considerar que a injeção e a circulação de água em determinadas fundações problemáticas podem vir a instabilizar ainda mais as condições existentes. Podem ser instaladas inclinadas ou verticalmente ao lado de peças a serem reforçadas, ou pela perfuração de sapatos, blocos de coroamento incorporadas nas peças (GUERRA, 2014).

d) Estacas Convencionais

Em casos em que a altura é suficiente para instalar um bate estaca, pode-se considerar a utilização de estacas mais convencionais de concreto armado ou protendido, ou ainda com as metálicas por perfis soldados, laminados, trilhos ou tubos de parede grossa. Geralmente é necessário realizar emendas, pois raramente o pé direito disponível permite a gravação de peças únicas. Nesses casos ainda é possível considerar o uso de estacas moldadas *in loco*, do tipo Strauss, depois os equipamentos são constituídos por tripé e de forma geral conseguem ser instalados em locais com pé direito restritos (cerca de 5m). Nestes casos a necessidade do uso de tubos de revestimentos de pequeno comprimento (cerca de 2m) (MARANGON, 2018).

3713

f) Reparo ou Reforço dos Materiais

Esta opção geralmente é utilizada em situações que o problema se encontra na deterioração de materiais que constituem os elementos da fundação. Como por exemplo, quando ocorre agressão do concreto ou corrosão de armaduras que constituem as sapatas de fundação, as estacas ou os tubulões, ou ainda em blocos de capeamento, o coroamento sobre as estacas ou tubulões. Pode-se afirmar então que se trata de um problema típico das estruturas e não estão associados a transferência de cargas para o solo (SILVA, 2020).

g) Enrijecimento da Estrutura

De forma geral considera-se um enrijecimento da estrutura em casos em que se busca apenas minimizar recalques diferenciais que estejam ocorrendo, em sua maioria são alcançados através da implantação de vigas de rigidez que interliga as fundações ou introdução de peças estruturais que gerem o travamento da estrutura (GUERRA, 2014).

h) Aumento da Área de Apoio

A opção baseada no aumento da área de apoio é aplicada a sapatas ou tubulões, em que ocorre a transferência de carga para o solo, basicamente através da superfície horizontal de contato da fundação com o solo. Estes reforços ocasionando um aumento das cargas originais, por serem adotados um valor inadequado para a tensão admissível do solo. São baseados na ampliação da seção implantada da sapata ou da base do tubulão, efetuadas mediante um enxerto, que se caracteriza pelo chumbamento das ferragens na peça existente, apicoamento de suas superfícies e o uso de resinas colantes, assim como, traços especiais do novo concreto ao ser aplicado, o que garante uma forte retração para a ligação entre o concreto antigo e o novo (BASTOS, 2019).

i) Hélice Contínua e Estaca-Ômega

A hélice contínua ou estaca Ômega, são recomendadas para obras em que o foco é a produtividade, visto que a estaca hélice contínua monitorada permite a execução em terrenos coesivos e arenoso, com a presença ou não de lençol freático. Está sendo cada vez mais utilizada em obras urbanas, visto que consiste na execução de uma estaca por um trado contínuo que injeta concreto mediante uma haste central simultaneamente a sua retirada do terreno. Este sistema possui como característica uma menor emissão de ruídos e de vibrações quando comparada a outros métodos, além de uma alta velocidade de execução. Através deste método é possível perfurar de 200 a 400 m por dia dependendo do diâmetro da hélice, da profundidade, da resistência do terreno (GOTLIEB e NOVAES, 2021).

O custo para se fazer a melhoria do solo pode não ser competitivo, induzindo a escolha pela execução de fundações profundas. A utilização de estaca Ômega no mercado possui semelhança a hélice contínua monitorada, a diferença principal é que esta perfura um trado de forma cônica, por meio de um parafuso que perfura o solo, através do deslocamento lateral deste. O que dispensa a remoção do solo na superfície, elevando assim o atrito lateral. No Brasil a técnica já foi empregada em obras de infraestrutura, tais como na Vila das Belezas, da Linha 5 do metrô, em São Paulo (GOTLIEB e NOVAES, 2021).

j) Sapatas, Tubulões e Estacas Adicionais

É um tipo de instalação com mais apoios, ocorrendo através do acréscimo de sapatas, tubulões ou estacas, de maneira a reduzir o carregamento nas fundações originais. Então medida é capaz de compensar um aumento de carregamento ou a adoção de uma tensão

aplicada ao solo, que tenha sido elevado diante da qualidade do material de apoio (BASTOS, 2019).

k) Melhoria das Condições do Solo

Trata-se de uma opção em que se considera métodos capazes de melhorar as características de resistência e compressibilidade dos solos de apoio das fundações. Entre os tipos mais prováveis, têm-se a utilização da injeção de nata de cimento ou gel sob alta pressões ou "jet grouting" e *Cement Churning Pile* (CCP) (GUERRA, 2014).

O desenvolvimento de inúmeras técnicas de melhoramento dos solos vem auxiliando na viabilização da construção em solos compressíveis, evitando assim, a execução de fundações profundas. Entre as opções disponíveis tem-se técnicas com base na construção de colunas de solo-cimento (*deep soil mixing*) e o *jet grouting*. A primeira, tem como base o tratamento de solos moles através da mistura com agente químicos estabilizantes como cal ou cimento, formando assim, uma coluna de material melhorado. Em contrapartida o *jet grouting*, tem como base, a injeção de nata de cimento no solo mediante jatos orientais ou verticais de alta pressão e velocidade. Como salientado, existem diversas técnicas de melhoramento dos solos disponíveis atualmente no mercado, entretanto, a escolha requer uma análise de aspectos técnicos, logísticos e de planejamento da obra, bem como, da soma de seus custos (CARVALHO et al., 2018).

3715

Salienta-se, que mesmo existindo uma ampla oferta de tecnologias, o melhoramento dos solos nem sempre é a melhor opção, visto que dependendo da metodologia a ser adotada, pode ocorrer limitações na espessura de camadas que podem ser tratadas e melhoradas, o que faz com que o tratamento seja tecnicamente inviável nos casos de camadas muito espessas de solos compressíveis, sem contar, que a melhoria do solo pode não ser competitiva, optando-se assim, pela escolha de execução de fundações profundas. Entretanto, a técnica não pode ser descartada pelo fato de que esta pode ser mais onerosa em determinada obra, é primordial que se faça estudos de soluções alternativas, para assim, decidir sobre uma adequada avaliação o técnico-econômica (GOTLIEB e NOVAES, 2021).

CONCLUSÃO

É indiscutível, que a prevenção ainda é o melhor remédio, portanto, a melhor forma de realizar uma fundação é fazer o estudo prévio do solo, por meio de sondagens, projetos técnicos, entre outros tipos de análise. O que ocorre é que na maioria das obras,

principalmente as de pequeno porte, não há esse tipo de preocupação e o recalque é notado tardiamente.

Quando isso ocorre, os problemas já apareceram, e nesses casos é necessário um estudo da fundação para entender o que causou o recalque, bem como, monitorar a evolução das movimentações e aí definir uma ou mais opções de ação.

Em muitos casos o reforço estrutural pode não ser suficiente para reduzir os efeitos negativos do recalque na fundação, sendo assim, a técnica irá consistir na recuperação da estrutura, por meio dos métodos citados no trabalho, com o intuito de tornar a edificação mais segura.

Geralmente as saídas mais utilizadas tem como base aumentar a capacidade de suporte do solo, através da adição de estacas que visem ampliar a capacidade de absorção das cargas, paralisando assim a evolução dos recalques. Trata-se de uma opção para edificações que já se encontram prontas em que não é possível realizar novas fundações.

Na maioria absoluta dos casos, é fundamental buscar orientações profissionais, assim que seja notado evidências de falha estrutural causada por recalque, pois, quanto mais cedo for identificado as causas, menores serão os danos ocasionados pelo recalque. O monitoramento do recalque permite a adoção de medidas preventivas com o intuito de evitar colapsos ou danos significativos da edificação.

3716

Permite, ainda, prever correções as quais são capazes de devolver a construção o seu desempenho estético, funcional e estrutural, o que prolonga a vida útil da obra, assegurando sempre o bem-estar de seus usuários. Vale destacar que procedimentos de controle são pouco usuais em obras de pequeno porte, assim como, os métodos preventivos. Geralmente as medidas são iniciadas quando a construção já apresenta alguma manifestação patológica, entretanto o ideal que o monitoramento seja realizado em todo o período da obra, desde o início e em todas as fases de carregamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, P.J.R.; GARCIA, J.R. **Engenharia de fundações**. 1ª. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2020. 356 p.

ALONSO, U.R. **Exercícios de fundação**. 3ª. ed. Ed. Edgard Blücher: São Paulo, 2019.

ALONSO, U.R. **Previsão e controle das fundações: uma introdução ao controle**. 3ª. ed. Ed. Edgard Blücher: São Paulo, 2020.

ALVES, A.M. L.; LOPES, F.R. **Estacas de deslocamento: Tipos, aplicações e controle da execução**. 2015. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/283548820_Estacas_de_deslocamento_-_tipos_aplicacoes_e_controle_da_execucao. Acesso em maio de 2023.

ANDRADE, A.R. **Caracterização dos elementos de fundações aplicáveis em edificações na região de Florianópolis.** Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/84644/196368.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em maio de 2023.

AMIGO CONSTRUTOR. **Apostila de conhecimentos específicos p/ TCE-SC.** (Auditor De Controle Externo – Engenheiro Civil). 2020. Disponível em: <https://portal.amigoconstrutor.com.br/tipos-de-fundacao-parte-i/>. Acesso em maio de 2023.

ARCENO, M.F. **Dimensionamento estrutural de sapatas e blocos de coroamento.** 2018, 200p. Trabalho de Conclusão do Curso. Engenharia Civil do Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6122/2010.** Projeto e execução de fundações. Disponível em: <https://docente.ifrn.edu.br/valtencirgomes/disciplinas/construcao-de-edificios/nbr-06122-1996-projeto-e-execucao-de-fundacoes>. Acesso em maio de 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6122/2019.** <https://www.studocu.com/pt-br/document/universidade-nove-de-julho/elementos-estruturais-de-fundacao/nbr6122-2019-projetos-e-execucao-de-fundacoes/8948130>. Acesso em maio de 2023.

3717

APL ENGENHARIA. **FUNDAÇÕES: Veja o que mudou na NBR 6122: 2019 – Norma de fundações.** Disponível em: <https://blog.apl.eng.br/veja-o-que-mudou-na-nbr-6122-2019-norma-de-fundacoes/>. Acesso em maio de 2023.

BARROS, C. **Apostila de fundações.** Pelotas: Instituto Federal do Rio Grande do Sul, 2011.

BASTOS, P.S.S. **Sapatas de fundação.** 2019. Disponível em: <https://wwwp.feb.unesp.br/pbastos/concreto3/Sapatas.pdf>. Acesso em maio de 2023.

BRAGA, C.A. **Procedimento para análise de fundação de radier considerando grelha e apoios elásticos.** 2019, 219p. Dissertação de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2019.

BRITO, J. L. W. **Fundações de edifício.** São Paulo, EPUSP, 2017.

CARVALHO C. S.; FALCONI, F.F.; FROTA, R.G.Q.; HACHICH, W.; NIYAMA, S.; SAES, J.L. **Fundações: Teoria e Prática.** ABEF Ass. Brasileira de Empresas de Eng. de Fundações e Geotecnia/ABMS. Ass. Brasileira de Mecânica dos Solos e Eng. Geotécnica: São Paulo, 2018.

CAPUTO, H. P. **Mecânica dos solos e suas aplicações.** 6.^a ed. Rio de Janeiro: LTC, v. 2, 2012.

CLAUDINO, I.C.; OLIVEIRA, F.S.S. **Patologias em fundações: Identificações e prevenções.** 2021. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/20870/1/TCC%20INGRID%20CAVALCANTI%20CLAUDINO.pdf>. Acesso em maio de 2023.

CURTI, R.M. **Recalque em fundações: origens, consequências para a edificação possíveis soluções e comparativo de métodos de cálculo.** 2018, p. Trabalho de conclusão de curso. Centro Universitário de Maringá – UNICESUMAR. Maringá, 2018.

EDUCA CIVIL. **Entenda o que são blocos de fundação e quais as suas vantagens.** 2020. Disponível em: <https://educacivil.com/entenda-o-que-sao-blocos-de-fundacao-e-quais-as-suas-vantagens/>. Acesso em maio de 2023.

FABRÍCIO, M. M., ROSSIGNOLO, J. A. **Fundações.** 2002. Disponível em: http://www.profwillian.com/sistemas/Apostila_Fundacoes.pdf acesso em 25/01/2013,

FRANCO, V.N.C.; NIEDERMEYER, F.M. Manifestações patológicas geradas por recalque de fundações. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento.** Edição 07. Ano 02, Vol. 01. pp 194-214, outubro de 2017.

FREITAS, J.E.; OLIVEIRA JUNIOR, M.J.; MANCINELLI, S.S. **Análise comparativa entre as cargas de cravação de estaca mega metálica e cargas estimadas por métodos semiempíricos.** Disponível em: <https://lyceumonline.usf.edu.br/salavirtual/documentos/3603.pdf>. Acesso em maio de 2023.

3718

GOTLIEB, M. **Reforço de Fundações.** In: HACHICH, W. et al. **Fundações: Teoria e prática.** 2ª ed. São Paulo: PINI, 1998. P. 471-482.

GOTLIEB, I. NOVAES, A. **Reforço de fundações permite aumentar carga sobre edificações existentes.** Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/reforco-de-fundacoes-permite-aumentar-carga-sobre-edificacoes-existentis/18182>. Acesso em maio de 2023.

GUERRA, R.S.T. **Tipos De Soluções: Reforço De Fundações.** 2014. <http://www.clubedoconcreto.com.br/2014/01/tipos-de-solucoes-reforco-de-fundacoes.html>. Acesso em maio de 2023.

GUSMÃO, A. D. **Desempenho de fundações de edifícios.** In: Palestras XIII COBRAMSEG, Curitiba, 2006. pp 215-240.

MARANGON, M. **Geotecnia de Fundações e Obras de Terra.** 2018. Disponível em: <https://www.ufjf.br/nugeo/files/2017/07/GEF05-Funda%C3%A7%C3%B5es-Profundas-2018-1.pdf>. Acesso em maio de 2023.

MELHADO, S.; SOUZA U.; BARROS M.; FRANCO L.; HINO M.; GODÓI E.; HOO G.; SHIMIZU J. **Tecnologia da construção de Edifícios – Fundações.** Apostila da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Construção Civil, 2002.

MILITITSKY, J.; CONSOLI, N.C.; SCHNAID, F. **Patologia das fundações**. 2^a. ed. Ed. Oficina de Textos: Cubatão, 2015.

MINOZZO, M. **Monitoramento de recalque**. Trabalho de Conclusão de Curso. 2016, 83p. Engenharia Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Toledo, 2016.

MOURA, ECV 114 – **Fundações e obras de terra. Aula 01: Sistemas de fundação e o projeto de fundações**. Disponível em: <http://site.ufvjm.edu.br/icet/files/2016/07/AULA01-SISTEMAS-DE-FUNDACAO-E-O-PROJETO-DE-FUNDACOES.pdf>. Acesso em maio de 2023.

MOTA, N.M.B. **Projeto, execução e manutenção de edificações**. Engenharia Diagnóstica e Habitação Social. UniCEUB: ICPD, 2020.

OLIVEIRA, A.L.R.V. **Análise dos recalques e da estabilidade global de uma estrutura de atracação em Angra Dos Reis**. 2015, 116p. Trabalho de Conclusão de Curso. Engenharia Civil da Escola Politécnica. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Agosto de 2015.

PEREIRA JÚNIOR, M.C.; NEVES, R.G.; FAGUNDES, F. Patologia em fundações: Identificação e prevenção de problemas. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**. Ano 05, Ed. 11, Vol. 06, pp. 26-43. novembro de 2020.

REBELLO, Y.C.P. **Fundações. Guia Prático de Projeto, Execução e Dimensionamento**. 3. ed. Ed: Zigurate: Franca, 2017.

RODRIGUES, J.V.D.; NETO, J.D.A.; PACHECO, R.T. **Monitoramento de recalque em fundações estudo de caso de uma fundação em Tubulão**. Disponível em: https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/bitstream/123456789/462/1/Monitoramento%20de%20recaqlue%20em%20funda%C3%A7%C3%B5es_Estudo%20de%20caso%20de%20uma%20funda%C3%A7%C3%A3o%20em%20tubul%C3%A3o.pdf. Acesso em maio de 2023.

SCHNEIDER, N. **Recalque em fundações: definição, tipos de recalque e relação com engenharia de fundações**. 2020. <https://nelsoschneider.com.br/recalque-em-fundacoes/>.

SILVA, M.N. **Controle de recalque para monitoramento estrutural em edificações**. 2020. <https://www.sienge.com.br/blog/monitoramento-estrutural-em-edificacoes/>.

SILVA, A.Y.C. **A importância das fundações superficiais nas construções de residências**. 2022. Disponível em: https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/30236/4/TCC_Corre%C3%A7%C3%A3o_Final.pdf. Acesso em maio de 2023.

TEIXEIRA, A.H.; GODOY, N.S.D. **Análise, projeto e execução de fundações rasas**. In: **Autores, V. Fundações: teoria e prática**. 2^a ed. São Paulo: Pini, 1998. Cap. 7.