AVALIAÇÃO CRÍTICA DAS SOLUÇÕES EMPREGADAS NO REPARO DE RECALQUES DIFERENCIAIS EM EDIFICAÇÕES

GUSTAVO. NOVATO
Graduando em Engenharia Civil
Universidade Federal de Juiz de Fora
Juiz de Fora/ Minas Gerais; Brasil
gustavo_novato@hotmail.com

MARIA TERESA. BARBOSA
Professora, D. Sc.
UFJF/ Construção Civil
Juiz de Fora/ Minas Gerais; Brasil
teresa.barbosa@engenharia.ufjf.br

RESUMO

A capacidade da infraestrutura de uma edificação transferir as cargas da estrutura ao solo pode ser comprometida por diversos fatores ao longo do tempo. De maneira geral as causas prováveis para o mau desempenho de uma fundação são: ausência, ineficiência, má qualidade ou má interpretação das investigações geotécnicas; avaliação errônea dos valores dos esforços provenientes da estrutura; adoção inadequada da cota de apoio. Neste contexto, as manifestações patológicas decorrentes de recalques diferenciais comprometem a segurança da estrutura. Este trabalho objetiva efetuar uma revisão bibliográfica das possíveis causas dos recalques, suas origens e manifestações patológicas para posteriormente correlacioná-las com as técnicas e procedimentos mais adequados a serem empregados na recuperação aliados ao tipo de fundação e custo do reparo. Espera-se que esse trabalho possa contribuir para futuras intervenções disponibilizando dados e informações que auxiliem na escolha da técnica de reparo a ser utilizada.
Palavras-chave: Segurança estrutural. Técnicas de intervenção. Custo de reparo.

ABSTRACT

The capacity of the infrastructure of the building to transfer the loads of the structure to the ground can be compromised by several factors in your life cycle. In general the causes for the poor performance of an establishment are: absence or inefficiency or poor quality or mistake in interpretation of the geotechnical investigations; erroneous evaluation of the loading of the structure; improper adoption of the support dimension spot. In this context, the pathological manifestations resulting from differential settlements compromise the safety of the structure. This work aims to make a bibliographical review of the possible causes of downslope movements, its principle and pathological manifestations, and then to correlate them with the most appropriate techniques and procedures to be employed in repair, together with the type of foundation and cost of repair. It is hoped that this work may contribute to future interventions by providing data and information that will help in choosing the repair technique to be used.
Keywords: Structural safety. Intervention's technique. Cost of repair.

1. INTRODUÇÃO

O surgimento de manifestações patológicas ocasionadas em função de recalque diferencial de fundações tem como origem problemas de projeto, execução ou utilização da estrutura, além da insuficiência ou completa ausência de estudos de investigação do solo local. Isso leva à perda de desempenho do elemento de fundação na transferencia das cargas do edifício ao terreno, culminando em danos arquitetônicos, funcionais e em casos mais graves, compromentendo a segurança estrutural da edificação (MILITITSKY *et al.*, 2008).

Uma fundação adequada é aquela que apresenta conveniente fator de segurança à ruptura e recalques compatíveis com o funcionamento do elemento suportado e, ainda, todas as fundações sob carga apresentam recalques, pois os solos são materiais deformáveis que apresentam variações de volume sob carregamento resultando em deslocamentos das fundações (MILITITSKY *et al.*, 2008). Nesse contexto,

Rebelo (2008) define recalque como a deformação que ocorre no solo quando este é submetido a cargas, provocando movimentação na fundação das edificações que, dependendo da intensidade, resulta em sérios danos à superestrutura.

Observa-se que usualmente as manifestações patológicas nas fundações são negligenciadas durante a vida útil de uma edificação e só são estudadas quando se tornam um problema de grande dimensão, de modo a colocar em risco a segurança estrutural. Tal comportamento pode culminar em transtornos judiciais envolvendo obras vizinhas, construtora e proprietário, e até mesmo em desastres de grande repercussão, que poderiam ser evitados no caso de um projeto adequado de fundações ou de monitoramento de recalques e aplicação rápida de técnicas de reparo (SILVA JÚNIOR, 2008).

Do exposto, verifica-se a importância da realização de estudos sobre o tema abordado, de forma a enriquecer conhecimentos acadêmicos e promover maior interação entre teoria e prática. O presente trabalho se desenvolveu a partir de revisão bibliográfica básica sobre fundações e recalque de solo, fundamentais para o entendimento do problema e suas possíveis soluções, e descrição de técnicas de reparo de fundação, a fim de auxiliar na escolha da mais adequada à cada caso.

2. RECALQUE DIFERENCIAL EM EDIFICAÇÕES

2.1 Tipos de fundações

Fundação é o elemento estrutural que tem por finalidade a transferência das cargas da estrutura para as camadas resistentes do solo, em uma tensão menor que sua capacidade de carga, servindo de interação entre o solo e a estrutura. A tabela 1 apresenta resumidamente os diversos tipo de infraestrutura adotada nas edificações.

2.2 Recalque de fundação

É um fenômeno que ocorre em todo tipo de obra, sendo necessário a definição de um limite, chamado recalque admissível, que considera o bom desempenho da estrutura e a sua segurança. De acordo com Rebello (2008), existem três tipos de deformações que o solo pode sofrer por recalque: deformação elástica, deformação por escoamento lateral e deformação por adensamento.

A deformação elástica, também denominada recalque imediato, é observada em qualquer material submetido à situação de carregamento, ou seja, ocorre no momento de aplicação da carga, sendo maior em solo não coesivos. A deformação por escoamento lateral consiste no deslocamento do solo de uma zona mais solicitada para outra menos solicitada, o movimento ocorre do centro para as lateriais. De acordo com Caputo (2012, apud SANTOS, 2014), tal fenômeno é verificado de maneira mais acentuada em solo não coesivos sob fundações superficiais. E, finalmente, a deformação por adensamento é a mais importante e a que pode causar os problemas mais comuns de recalque de fundações (REBELLO, 2008). O processo de adensamento consiste no fechamento dos vazios do solo, em decorrência da expulsão da água devido à pressão que as cargas da estrutura exercem na fundação e é típico de solos argiloso, que apresentam a drenagem lenta.

O recalque do solo pode ter sua ocorrência não somente de suas características naturais, como apresentado anteriormente. Diversos agentes externos podem ser motivadores desse fenômeno e, geralmente, será uma combinação que provoca o recalque. Dentre as diversas causas existentes, destacam-se a sobreposição do bulbo de pressões, o rebaixamento do nível freático, deficiência na invertigação do subsolo, fundação sobre aterros, alteração da função da edificação, efeito Tschebotarioff, infiltração, solos colapsíveis, solos expansivos e influência da vegetação, conforme ilustrado na Tabela 2.

Tabela 1: Tipos de fundação e sua indicação aos diferentes tipos de solos

Tipo de Fundação		Definição	Indicação	Observações
Superficiais	Bloco	Executado em concreto armado simples sem a presença de armadura, sendo que o mesmo resiste as tensões de tração	Construções de pequeno porte	Opção para solos com camadas iniciais resistentes
	Sapata	Executado em concreto armado, no qual as tensões de tração serão resistidas pela armadura	Construções de pequeno à médio porte, de acordo com a capacidade de carga do solo	Opção para solos com camadas iniciais resistentes
	Sapata Corrida	Sapata sujeita à ação de uma carga distribuída linearmente ou de pilares ao longo de um mesmo alinhamento	Receber ações de elementos alongados com carregamento uniforme, como muros ou paredes	Opção para solos com camadas iniciais resistentes
	Sapata Associada	Sapata comum a mais de um pilar	Recurso usado quando há pouco espaço, ou falta desse, para execução de sapatas isoladas	Opção para solos com camadas iniciais resistentes
	Radier	Laje em concreto armado, sobre o solo, que abrange parte ou todos os pilares de uma estrutura, distribuindo os carregamentos	Usado no caso de mais de 50% das sapatas apresentarem interferência e quando se visa uniformizar recalques	Opção para solos com baixa resistência; tem rápida execução
Profundas	Estaca	Executada inteiramente por equipamentos ou ferramentas, sem a descida de pessoas; pode ser pré-moldada ou moldada in loco. A transmissão das cargas ocorre pela ponta e/ou pela superfície lateral	Cada tipo de estaca tem uma indicação, considerando vibração, atrito com solo e capacidade de carga do mesmo, profundidade, obras de recuperação, acesso de equipamentos	Escavada - não é indicada para solos moles, com risco de desmoronamento Cravada - indicada principalmente para solos arenosos, para garantia de atrito lateral
	Tubulão	Elemento escavado manualmente ou por equipamentos, que pelo menos em sua etapa final, há descida de operário para execução da base alargada, que transfere as cargas ao solo	Terrenos de difícil acesso para máquinas e equipamentos, que necessitam de fundação profunda	Não é indicado para solos moles, com risco de desmoronamento

Fonte: NBR 6118 - 2010

Tabela 2 – Resumo das possíveis causas de recalque de fundação

Causas	Descrição
Sobreposição de pressões	Ocorre quando bulbos de pressão de edificações vizinhas se sobrepõem, alterando as tensões na massa de solo
Deficiência na investigação geotécnica	Pode ser por ausência de sondagem, número insuficiente de furos, profundidade de investigação insuficiente, resultando em um perfil de solo incoerente com a realidade local, induzindo um projeto errado de fundação
Alteração da função do edifício	Situação comum nos centros urbanos, onde as edificações sofrem adaptações alterando a sobrecarga, como por exemplo a adição de novos pavimentos, mezaninos, ou mudança no uso
Fundação sobre aterros	Situação indesejável, por ser fonte recorrente de problemas; o recalque pode ser consequência de deformações no próprio aterro, quando o mesmo é mal executado ou por deformações no solo natural abaixo do aterro
Rebaixamento do lençol freático	Procedimento adotado para execução de fundações ou construções subterrâneas, que reduz a pressão neutra e aumentando a pressão efetiva. Assim sendo, a pressão sobre o solo aumenta, mesmo sem acréscimo de carga sobre a fundação
Efeito Tschebotarioff	Movimentação transversal em camada compressível de solo, causada por cargas verticais assimétricas, provocadas por aterro ou escavação
Influência da Vegetação	A presença de vegetação pode provocar variações na umidade do solo local, que provocam mudanças volumétricas no terreno e possivelmente, movimentação de fundações
Solos colapsíveis	Solos que em contato com a água têm sua estrutura destruída
Solos expansivos	Solos que em contato com a água apresentam um aumento de volume; nesse caso, pode ocorrer levantamento da fundação e diminuição da resistência desse solo
Infiltração	Pode provocar o carreamento do solo abaixo das fundações, afetando a interação solo-estrutura

Fonte: Milititsky et al., 2008.

A ocorrência de recalque diferencial em uma edificação provoca danos de diferentes magnitudes, que podem ser classificados em *danos arquitetônicos*, com prejuízo somente estético; *danos de utilização*, como emperramento de esquadrias e desconforto emocional aos usuários, quando o quadro de patologias provoca sensação de insegurança e também, *danos estruturais*, quando a situação se agrava ao máximo e a estrutura apresenta risco de entrar em colapso.

3. TÉCNICAS DE REFORÇO DE FUNDAÇÃO E MELHORIAS DE SOLO

Quando as fundações de um edifício não são capazes de absorver as cargas para as quais estão sendo solicitadas, seja por erro de projeto ou execução, seja por aumento no valor do carregamento, torna-se necessário intervir no sistema solo-fundação-estrutura, a fim de adequar seu desempenho e garantir a segurança da edificação. Essa intervenção usualmente se caracteriza pelo reforço da fundação ou por melhoramento do solo (GOTLIEB, 1998).

3.1 Reforço de fundação

Os reforços de fundação podem ser de diversos tipos e para as mais diferentes situações dentre eles os reforços *provisórios* que são indicados para reformas ou em casos onde haverá uma sobrecarga atuando por um determinando intervalo de tempo e os *permanentes*, que são indicados quando há problemas

estruturais ou de recalque na edificação, ou quando haverá um aumento na sobrecarga da edificação de modo permanente; escoramento auxiliar para execução de reforço, que é usado para reduzir o carregamento atuante em uma fundação que será reforçada permanentemente (GOTLIEB, 1998). Na sequência, são apresentadas técnicas de reforço de fundação.

3.1.1 Enrijecimento da estrutura

A implantação de elemento estruturais capazes de promover o travamento da estrutura é uma solução para minimizar o problema do recalque diferencial, por aumentar a rigidez da mesma e uniformizar os recalques totais. O enrijecimento da estrutura pode ser alcançado por meio da execução de vigas de rigidez ligando as fundações ou com a instalação de peças, metálicas por exemplo, fazendo o travamento fundação-pilar-viga.

3.1.2 Aumento da área de apoio

O aumento da área de apoio é indicado quando há um aumento das cargas ou por ter sido adotado um valor de tensão admissível do solo inadequado e é uma técnica aplicável no caso de fundações onde a transferência das cargas da edificação para o solo ocorrem pela base, caso dos blocos, sapatas e tubulões. Constitui-se na ampliacação da seção em planta da sapata ou da base do tubulão, efetuada por meio de um “enxerto”. Este, em geral é caracterizado pelo chumbamento de ferragens na peça existente, apicoamento de suas superfícies e o uso de resinas colantes, bem como traços especiais de novo concreto a ser aplicado que, por exemplo, garanta uma forte retração para a melhor ligação entre o concreto antigo e o novo (GOTLIEB, 1998).

3.1.3 Estaca Mega

Também chamada de estaca de reação ou estaca prensada, esse tipo de reforço tem como principal característica o seu processo de cravação, feito com macaco hidráulico. Essa técnica consiste na instalação de pequenos elementos de estacas vazadas (com 0,50 a 1,00 metro de comprimento), cravadas superpostas até a profundidade requerida, a partir do emprego do macaco hidráulico. O mesmo reagirá contra uma plataforma de sobrecarga, chamada cargueira, ou então contra a estrutura ou contra a própria fundação a ser reforçada.

Quanto ao processo de execução, em alguns casos torna-se necessária a construçao de uma viga de concreto armado sob as paredes para o reforço da alvenaria que pode não suportar os esforços gerados pelos macaco hidráulico. Além disso, é usual a colocação de barras de aço no círculo vazado da estaca e o seu preenchimento com concreto, a fim de promover uma ligação entre os diversos segmentos da estrutura.

3.1.4 Estaca Raiz

A NBR 6122 da ABNT (2010) define a estaca raiz como “uma estaca moldada *in loco*, em que a perfuração é revestida integralmente, em solo, por meio de segmentos de tubos metálicos (revestimentos) que vão sendo rosqueados à medida em que a perfuração é executada”.

Desenvolvida a partir da década de 1950 na Itália, a estaca raiz foi concebida para uso em reforço de fundações e obras de contenção, tendo posteriormente, seu uso ampliado para opção de fundação profunda, sendo amplamente utilizada nos dias atuais, principalmente em terrenos com presença de matacões ou em que existam fundações de obras antigas. A característica principal que a torna apta à esse tipo de solo e também para reforço é a capacidade de perfurar materiais rochosos e estruturas de concreto, além de não produzir vibração e de ser executada com equipamento de pequena altura (ALONSO, 1998).

Também denominada de estaca injetada, outra característica que a difere das demais estacas é a possibilidade de execução com grandes inclinações (entre 0 e 90 graus). O processo de execução inicia-se com a perfuração do solo, através de tubo de revestimento rotativos com auxílio de circulação de água. Esses tubos são rosqueáveis e vão sendo emendados à medida em que a perfuração avança, até se chegar na cota desejada. Terminada a perfuração, é feita a instalação da armadura. Observa-se que esse tipo de estaca pode trabalhar à compressão e também à tração, devendo a armadura ser dimensioada de acordo com o tipo de solicitação. Em seguida é feito o preenchimento da estaca com argamassa. O tubo de

injeção é introduzido até o fundo da perfuração, e a injeção acontece de baixo para cima. Por fim, se procede a retirada do tubo de revestimento, através de macacos hidráulicos. Durante essa etapa, golpes de ar compromido são aplicados na estaca, com objetivo de garantir a integridade da mesma. Assim, são golpes de baixa pressão (inferiores a 0,50 Mpa). Isso provoca um rebaixamento no nivel da argamassa, que deve então, ser completada antes de um novo golpe de ar. Esse procedimento é repetido até a retirada total do tubo (ALONSO, 1998).

3.1.5 Microestacas

A NBR 6122 (ABNT, 2010) define microestaca como uma estaca moldada *in loco,* executada através de perfuração rotativa com tubos metálicos (revestimento) ou rotopercussiva por dentro dos tubos, no caso de matacão ou rocha. Esta estaca é armada e injetada, com calda de cimento ou armassa, através de tubo "manchete", visando aumentar a resistência do atrito lateral.

As microestacas são executadas com tecnologia de tirantes injetados em múltiplos estágios a partir do auxílio de tubo-manchete de válvulas múltiplas, que impedem o retorno da calda de cimento. Em cada estágio, utiliza-se pressão que garanta a abertura das "manchetes" e posterior injeção. Ao contrário das estacas-raiz, usam-se altas pressões de injeção (ALONSO, 1998). Para baratear o custo das microestacas, pode-se substituir o tubo de aço por PVC rígido, mas neste caso é obrigatório o uso de armadura, pois o PVC não tem função estrutural.

O procedimento de execução de uma microestaca compreende basicamente em cinco estapas consecutivas, a saber: perfuração auxiliada por circulação de água; instalação de tubo-manchete; execução de "bainha"; injeção de calda de cimento e vedação do tubo manchete.

A utilização de microestacas é competitiva quando, por exemplo, em presença de interferências naturais, tais como lâmina de rocha, matacões, solo concrecionado ou artificiais, tais como entulhos, concreto e alvenarias. Sua aplicação é importante para situações onde se tem proximidade de estruturas sensíveis à vibração e ruído ou restrições em planta, altura (pé-direito reduzido) (AZEVEDO, 1998).

3.1.6 Estaca injetada autoperfurante

É uma técnica que tem se popularizado devido simplicidade de execução, com fácil instalação e controle de execução, uma vez que utiliza de equipamentos simples, apresentando assim uma menor relação custo/carga dentre as estacas injetadas. Além disso, pode ser executada com grandes inclinações e o seu processo de perfuração pode atingir grandes profundidades em terrenos de baixa resistência, conferindo maior parcela de transmissão de carga ao solo por atrito lateral (SILVA, 2017).

A estaca injetada autoperfurante é uma estaca de pequeno diâmetro moldada *in loco,* a qual consiste em perfurar o solo com altíssima velocidade por rotação e pull down, com injeção simultânea de calda de cimento, utilizando-se um tubo de aço de alta resistência e com ponta cortante, considerado a armação principal da estaca.

Silva (2015) comparou as estacas injetadas convecionais raíz e microestaca com a estaca autoperfurante em relação à capacidade de carga a tração, em um solo residual de gnaisse na região de Belo Horizonte e concluiu que essa técnica reúne vantagens e elimina desvantagens das estacas injetadas convecionais, pois além de alcançar maior capacidade de carga possui uma produtividade superior, sendo indicada para execução em solos com ausência de rochas.

3.1.7 Acréscimo de novas fundações

Consiste no aumento no número de apoios na edificação, com execução de sapatas, tubulões ou estacas adicionais, visando a redução das cargas atuantes nas fundações originais através de uma redistribuição dos esforços nos novos elementos de fundação. Essa técnica é indicada para quando há um aumento da sobrecarga do edifício, quando a tensão admissível do solo tenha sido mal definida, ou ainda quando a fundação apresenta problemas estruturais.

3.2 Melhorias de solo

O processo de reforço de solo consiste em se introduzir no maciço elementos que possuam elevada resistência à tração (fitas metálicas, mantas geotêxteis, malhas de aço) ou compressão (calda de cimento). (ABRAMENTO *et al*., 1998).

São técnicas utilizadas com intuito de aumentar a capacidade de carga de um solo, para evitar problemas de recalques futuros num projeto de construção e também como reforço de solo sob edificações já existentes, que estejam sofrendo processo de recalque. O melhoramento de solo pode ser o reforço final em si ou ser executado para permitir a execução de um reforço de fundação. São descritos em seguida, algumas técnicas de melhoramento de solo.

3.2.1 Jet Grouting

O jet grouting é uma tecnologia de estabilização de solos realizada sem escavação prévia, através de jateamento sob grande impacto, causado por bombeamento do líquido sob pressão de 200 a 500 vezes a pressão atmosférica, desagregando a estrutura do terreno natural e misturando calda de cimento com partículas de solo desagregado, de modo a transformar o maciço terroso de baixa propriedade em maciço tratado, com melhor resistência e menor permeabilidade (ABRAMENTO *et al*., 1998; MARCOS, 2011).

Essa técnica aplica-se, em princípio, em qualquer tipo de solo, sem restrições granulométricas, ou origem geológica, ou presença de água, assim como as colunas podem ser feitas em quaisquer direções desde o vertical até o horizontal, tratando os níveis estritamente necessários (ABRAMENTO *et al*., 1998).

Existem três métodos principais de jet grouting, que devem ser escolhidos levando em conta as características do solo a melhorar, prazos e objetivos da operação. Os métodos classificados a seguir, se diferenciam principalmente no uso ou não do ar comprimido concomitantemente com jateamento do solo. (ABRAMENTO, 1998; MARCOS, 2011).

- CCP – “Cement Churning Pile” ou Jet Simples
- JSG – “Jumbo Special Grout” ou Jet Duplo
- CJG – “Column Jet Grout” ou Jet Triplo

Dependendo do tipo de Jet utilizado/escolhido, é possível obter diferentes características de alguns parâmetros, tais como a pressão de injecção de calda, a pressão de injecção de ar e de água, velocidades de subida de calda e diâmetros espectáveis da coluna que se irá formar, assim como a sua resistência, entre outros (MARCOS, 2011).

3.2.2 Congelamento de Solo

O congelamento de solo aparece como solução para obras nas quais não há estabilidade adequada do terreno durante o processo de construção e também em situações onde se deseja parar o processo de recalque para execução de uma obra de reforço de fundação. É uma técnica que se encontra numa fase bastante avançada em países onde há predominância de temperaturas baixas, mas é aplicável também em países de clima quente, onde o congelamento é feito artificialmente (MARCOS, 2011).

Essa técnica considerada ainda hoje como inovadora foi desenvolvida e utilizada na Alemanha em 1883, para abertura de poços em solos de minas de carvão. No Brasil, seu uso mais marcante foi em São Paulo, no edifício da Companhia Paulista de Seguros, onde o solo foi congelado para perfuração de tubulões. O método tem como ponto positivo ser uma eficiente barreira contra água, com impermeabilização perto de 100%, fornecendo alta capacidade de carga e sendo uma solução menos impactante ao ambiente na zona que se pretende estabilizar.

O procedimento executivo consiste em se enterrar no solo tubos de congelamento com diferentes espaçamentos, pelos quais passam o material de refrigeração, normalmente salmoura ou nitrogênio líquido. O refrigerante então passa através dos tubos, que absorvem o calor do solo envolvente à medida que o material circula. Dessa forma, o processo transforma água intersticial *in situ* em gelo.

3.2.3 Carregamento sobre o terreno adjacente

Nos casos de recalques consideráveis e que há necessidade de estabilização do terreno para evitar o colapso de uma estrutura, uma possível solução é o carregamento do terreno adjacente à construção, em um dos lados, a fim de parar ou desacelerar o movimento lateral do solo e o consequente deslocamento da estrutura. Esse carregamento pode ser feito de diversas formas, desde solo compactado a peças de algum metal pesado, como chumbo.

Essa técnica consiste em uma medida provisória para estabilização do recalque da fundação, até que algum reforço seja executado. Pode ser destacado seu uso nas obras de reforço na Torre de Pisa, na Itália.

4. RESUMO DOS PROCEDIMENTOS DE REPARO

A Tabela 3 apresenta um quadro comparativo com objetivo de correlacionar as técnicas aqui apresentadas com o tipo de solo local e o custo de execução.

Tabela 3- Quadro comparativo entre técnicas reparo.

Tipo de Solo	Procedimento mais adequado	Custo	Observações
Solo Mole	Jet Grouting	Alto	O alto custo está associado aos equipamentos e mão-de-obra qualificada
	Congelamento do solo	Alto	O alto custo está associado aos equipamentos utilizados para manter o solo congelado e o gasto de energia necessário para tal
	Carregamento sobre o terreno adjacente	Baixo	Baixo custo devido a simplicidade da técnica
	Estaca mega	Alto	O alto custo está associado aos equipamentos e mão-de-obra especializada, mas torna-se competitiva devido à facilidade de acesso e a adequação a diversas situações
	Estaca autoperfurante	Alto	O alto custo está associado aos equipamentos e mão-de-obra qualificada
Solo Resistente	Acréscimo de novas fundações e aumento de área	Baixo/Médio	O custo estaria associado ao tipo de fundação acrescido, por exemplo, no caso de sapatas ou tubulões, seria baixo custo, por serem fundações que não demandam equipamentos específicos ou mão-de-obra qualificada. O fator decisivo nessa escolha seria a exequibilidades das fundações, relacionado com a resistência do solo e as cargas atuantes e à possibilidade das escavações ou processo de cravação fragilizarem as fundações problemáticas
Solo com presença de matacões	Estaca raíz e microestacas	Alto	O custo desa técnica é alto devido ao tipo de equipamento utillizado, de alta tecnologia e demanda mão-de-obra especializada. É um tipo de reforço indicado para as mais diversas situações, mas torna-se competitivo em solos com presença de rochas ou concreto proveniente de antigas obras

Fonte: Autores

5. CONCLUSÕES

Salienta-se que patologia de fundações é, ainda hoje, uma área que não é extensivamente estudada, principalmente quando comparada com outras dentro da engenharia civil. O presente trabalho abordou teorias básicas sobre fundações e processo de recalque nos solos, como fundamentação teórica para

entendimento dos problemas em fundações e apresentou técnicas de reparo a fim de correlacioná-las com a adequada utilização.

Ressalta-se que o melhor é garantir um empreendimento de qualidade desde o início, com a elaboração de um bom projeto de engenharia, dando devida importância a etapa de investigação geotécnica, de forma a evitar a necessidade de reforço das fundações da edificação, de modo a evitar transtorno e prejuízos financeiros.

Mas na ocorrência das manifestações patológicas, verifica-se a existência de diferentes técnicas de reparo e que em diversos casos, pode existir mais de uma solução para o mesmo problema. O que deve nortear a escolha é a oferta de mercado na região e o custo de execução da técnica, que geralmente apresenta custo elevado, bem como o conhecimento do solo local.

5. AGRADECIMENTOS

A FAPEMIG pelo apoio financeiro para participação do evento.

6. REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023:** Informação e documentação - Referências - Elaboração. Rio de Janeiro, 2002.

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

ABRAMENTO, M.; KOSHIMA, A.; ZIRLIS, A. C. Reforço do Terreno. In: HACHICH, W.; FALCONI, F. F.; SAES, J. L.; FROTA, R. G. Q.; CARVALHO, C. S. e NIYAMA, S. **Fundações:** Teoria e Prática. 2. ed. São Paulo: Pini, 1998. Cap. 18. p. 641 – 690.

ALONSO, U. R. Estacas Injetadas. In: HACHICH, W.; FALCONI, F. F.; SAES, J. L.; FROTA, R. G. Q.; CARVALHO, C. S. e NIYAMA, S. **Fundações:** Teoria e Prática. 2. ed. São Paulo: Pini, 1998. Cap. 9. p. 361 – 372.

AZEVEDO, C. P. B. Microestacas Injetadas. **Revista Fundações e Obras Geotécnicas.** São Paulo: Editora Rudder. p. 64 – 61. Disponível em: < http://brasecol.com.br/wp-content/uploads/2015/06/Em-Foco.pdf>. Acessado em: 11 de agosto de 2017.

GOTLIEB, M. Reforço de Fundações Convencionais. In: HACHICH, W.; FALCONI, F. F.; SAES, J. L.; FROTA, R. G. Q.; CARVALHO, C. S. e NIYAMA, S. **Fundações:** Teoria e Prática. 2. ed. São Paulo: Pini, 1998. Cap. 12. p. 471 – 482.

MARCOS, A. P. P. **Estabilização Temporária de Areias por Congelamento.** 2011. 115 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade de Aveiro, Aveiro, 2011.

MILITITSKY, J.; CONSOLI, N. C. e SCHNAID, F. **Patologia das Fundações.** 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 207 p.

REBELLO, Y. C. P. **Fundações:** guia prático de projeto, execução e dimensionamento. 4. ed. São Paulo: Zigurate, 2008. 240 p.

SANTOS, G. V. dos. **Patologias devido ao recalque diferencial em fundações.** 2014. 111 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil), Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas do UniCEUB – Centro Universitário de Brasília, Brasília, 2014.

SILVA JUNIOR, F. C. da. **Uma revisão sobre as manifestações patológicas mais frequentes em fundações de concreto de edificações.** 2008. 90 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil), Departamento de Tecnologia da Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2008.

SILVA, R. R. C. da. Verificação do desempenho das estacas injetadas autoperfurantes executadas em solos arenosos para construção de uma usina eólica. **REEC – Revista Eletrônica de Engenharia Civil.** v. 13, n. 2, 2017. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/reec/article/view/45095>. Acesso em: 12 de agosto de 2017.

SILVA, R. R. C. da. **Controle de recalque de edifícios através de estacas injetadas autoperfurantes.** In: SEFE Seminário de Engenharia e Fundações Especiais, 2015, São Paulo – SP. SEFE 8, 2015, v. 8. Disponível em < http://www.acquacon.com.br/sefe8/pt/pdf/13h20-pap018852-rodrigo-rogerio-24-06-poster-3.pdf>. Acessado em: 12 de agosto de 2017.

SILVA, R. R. C. da. **Confronto de estacas injetadas: análise do comportamento a tração em solo residual da região mineira.** In: SEFE Seminário de Engenharia e Fundações Especiais, 2015, São Paulo – SP. SEFE 8, 2015, v. 8. Disponível em < http://acquacon.com.br/sefe8/pt/pdf/12h45-pap018851-rodrigo-rogerio-23-06-poster2.pdf>. Acessado em: 12 de agosto de 2017.