



**FUNDAÇÃO PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS - FUPAC  
FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS DE UBÁ  
ENGENHARIA CIVIL**

**LEON DENIS PEREIRA DE SOUZA**

**CAUSAS DE PATOLOGIAS EM FUNDAÇÕES SUPERFICIAIS**

**UBÁ/MG**

**2016**

**LEON DENIS PEREIRA DE SOUZA**

**CAUSAS DE PATOLOGIAS EM FUNDAÇÕES SUPERFICIAIS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso em Engenharia Civil da Faculdade Presidente Antônio Carlos de Ubá, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Dra. Erika Maria Carvalho Silva Gravina

**UBÁ/MG**

**2016**

## RESUMO

Descreveu-se nesse trabalho as principais causas de patologias em fundações superficiais através de uma revisão bibliográfica. Considerando os inconvenientes provocados pelo aparecimento de patologias nas edificações como fissuras e trincas que na maioria das vezes estão relacionadas à fundação cujo principal fenômeno decorrente dessa relação é o recalque diferencial da estrutura, fica evidente a importância de serem evitadas, nas várias etapas da vida de uma fundação, condições que levem a esta ocorrência de patologia. Os principais casos de mau desempenho de fundações superficiais, denominadas assim por se apoiarem sobre o solo a uma pequena profundidade em relação ao solo circundante, são em obras pequenas e médias, ocorrem por ausência completa ou insuficiente de investigação do subsolo ou a falta de um projeto bem elaborado. A frequente ocorrência de patologias em obras civis tanto na prática nacional como na internacional, que levam a reforços da fundação implicam custos que podem chegar a valores muitas vezes superiores ao custo inicial tendo em vista que uma fundação bem projetada corresponde cerca de 3 a 10% do custo total da edificação.

**Palavras-chave:** Patologia, Fundações Superficiais, investigação geotécnica.

## **ABSTRACT**

Were described in this work the main causes of pathologies in surface foundations through a bibliographic review. Considering the troubles caused by the incidence of pathologies in buildings like fissures and cracks that most times are related to the foundation which the main phenomenon resultant of this relation is the differential hold pressure on the structure, becomes evident the importance of avoiding, in the several phases of a foundation`s life, conditions that lead to their occurrence. The main examples of surface foundations` poor performances, named like that for leaning onto the soil to a small depth in relation to the surrounding ground, usually in small and medium-sized buildings, occur by complete lack or insufficient analysis of the underground or the lack of a well-designed project. The frequent occurrence of pathologies in the construction industry, both in national and international scenarios, that make necessary the reinforcement of the foundation, result in expenses that could reach values several times higher than the initial budget bearing in mind that a well-projected foundation embodies around 3 to 10% of the total cost of the construction.

Keywords: Pathology, Surface Foundation, geotechnical investigation.

## 1 INTRODUÇÃO

A fundação é a primeira etapa da construção civil e a responsável por dar suporte e estabilidade ao resto da construção sendo responsável por distribuir as cargas sejam de casas, edificações ou pontes ao solo. A partir do estudo de sondagem, de cargas aplicadas, topográficos e geológicos, define-se o melhor tipo de fundação a ser utilizada atendendo às especificações técnicas. Existem vários tipos de fundações que atendem à solicitação de um projeto, são elas: as fundações rasas (bloco, sapata e radier) e as fundações profundas (estacas cravadas, estacas moldadas e os tubulões) (HACHICH 1998).

Uma fundação adequada é aquela que apresenta conveniente fator de segurança à ruptura da estrutura que a compõe e do solo afetado pela transmissão das cargas. Pode-se afirmar que todas as fundações sob carga apresentam recalques, pois os solos são materiais deformáveis que, ao serem carregados, apresentam variações de volume, provocando deslocamentos das fundações. A definição de comportamento inadequado na fase de projeto, quando são feitas previsões de deslocamentos sob o ponto de vista de recalques de uma fundação, não é, no entanto, trivial porém uma fundação dimensionada e executada fora das normas vigentes pode apresentar serias patologias (MILITITSKY; CONSOLI; SCHNAID 2015).

A palavra patologia significa é uma ciência que estuda a origem dos sintomas e a natureza das doenças. A patologia das fundações resume-se ao estudo da identificação das causas e dos problemas encontrados nas mesmas, tendo sua origem em qualquer fase e/ou etapa envolvida no processo construtivo, tendo em vista que uma fundação é completamente dependente do meio em que ela se encontra (RIPPER; SOUZA, 1998).

Neste caso, o solo muitas vezes solos heterogêneos ou até mesmo aterros, que se não tiverem uma boa investigação podem causar muito transtorno. A patologia na construção civil pode ser considerada como baixo, ou o fim, do desempenho da estrutura em relação à sua estabilidade, estética e durabilidade. Isso ocorre de acordo com as condições em que está sendo submetida (RIPPER; SOUZA, 1998).

Uma patologia atribuída às fundações em geral não tem uma só causa única. Nas fundações superficiais as causas que predominam, em aproximadamente dois terços das patologias, são: aterros insuficientemente assentes, a presença de água principalmente em terrenos muito argilosos, rebaixamento de lençol freático, fundações heterogêneas, sobreposição de bulbos de tensão ocasionada por proximidades de edificações existentes com novas edificações, terreno muito compressível, fundações com profundidades insuficientes,

solo instável, ausência de reconhecimento dos solos ou de reconhecimentos incompletos ou inadequados, má interpretação dos resultados das sondagens ou dos ensaios (LOGEAIS,1971).

A frequente ocorrência de patologias em obras civis tanto na prática nacional como na internacional, que levam a reforços da fundação que implicam custos podendo chegar a valores muitas vezes superiores ao custo inicial.

Dentro deste contexto, este trabalho tem por objetivo, descrever as principais causas de patologias nas fundações superficiais apresentando o recalque diferencial e seu principal sintoma.

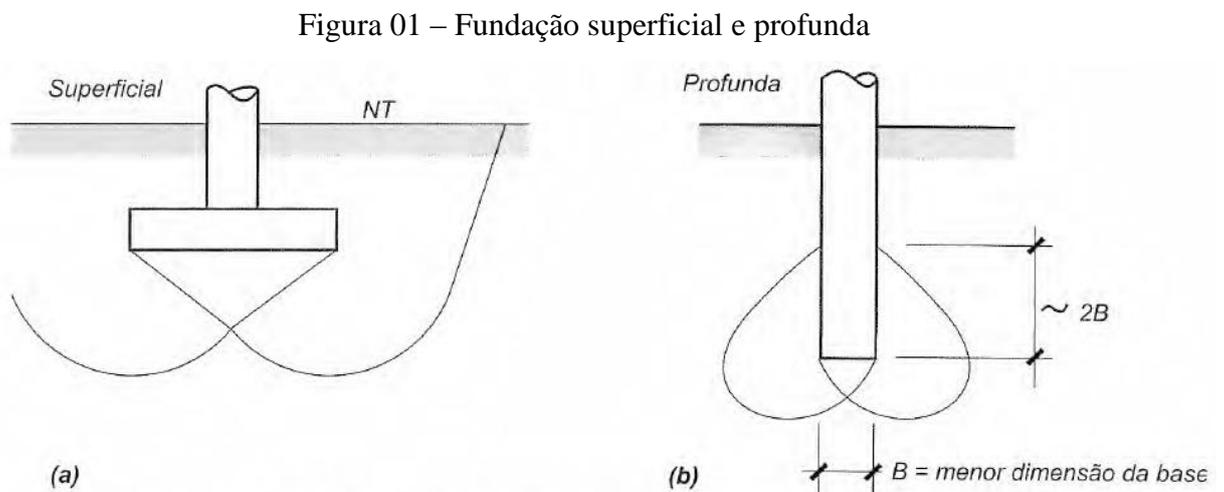
## 2 DESENVOLVIMENTO

### 2.1 Principais tipos de fundações superficiais

Segundo Velloso, Lopes (2010), as fundações são convencionalmente separadas em dois grandes grupos:

- Fundações superficiais (ou "diretas" ou rasas);
- Fundações profundas;

A distinção entre estes dois tipos é feita segundo o critério (arbitrário) de que uma fundação profunda é aquela cujo mecanismo de ruptura de base não surja na superfície do terreno. Como os mecanismos de ruptura de base atingem, acima dela, tipicamente duas vezes sua menor dimensão, a norma NBR 6122 determinou que fundações profundas são aquelas cujas bases estão implantadas a uma profundidade superior a duas vezes sua menor dimensão (FIG 01), e a pelo menos 3 m de profundidade.

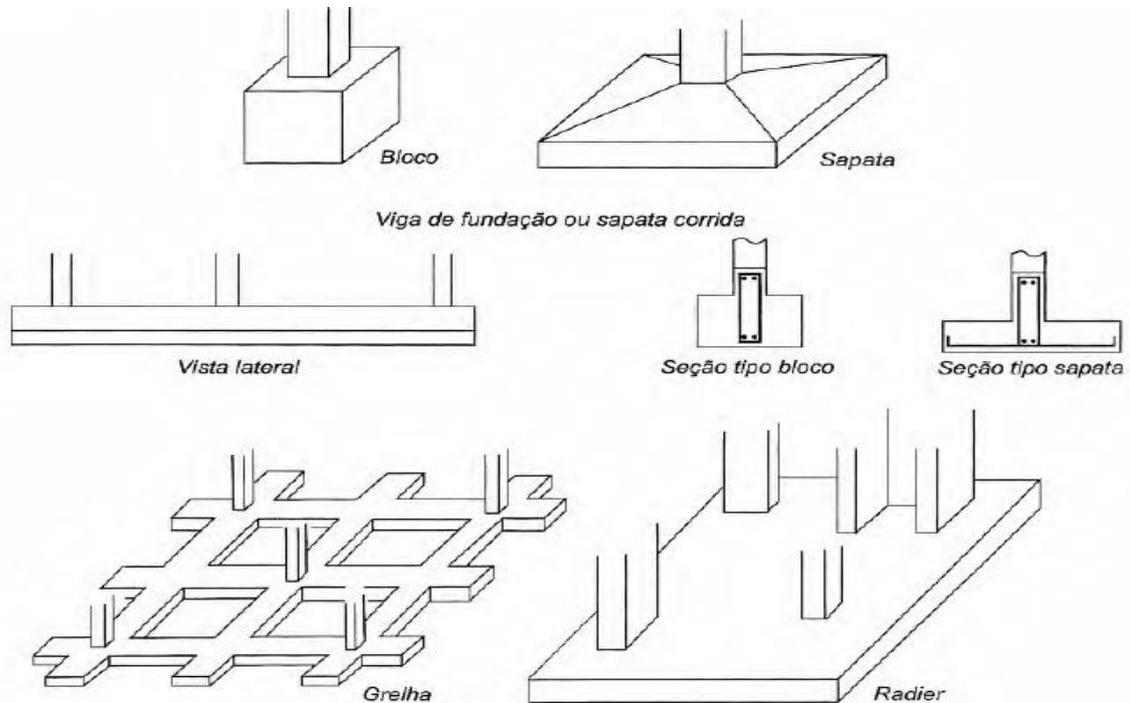


Fonte: VELOSO; LOPES (2010, p. 11)

As fundações rasas, diretas ou superficiais são assim denominadas por se apoiarem sobre o solo a uma pequena profundidade, em relação ao solo circundante. De acordo com essa definição, uma fundação direta para um prédio com dois subsolos será considerada rasa, mesmo se apoiando a 7m abaixo do nível da rua (HACHICH, 1998).

Os principais tipos de fundações superficiais (FIG. 02) são; (VELLOSO; LOPES, 2010)

FIGURA 02: Principais tipos de fundações superficiais

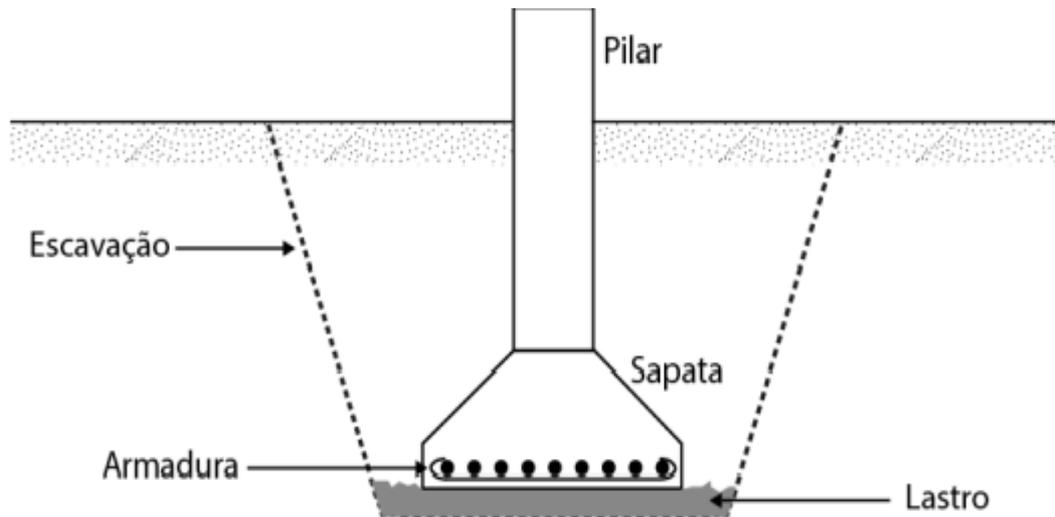


Fonte: VELOSO; LOPES (2010, p. 12)

**Bloco**- elemento de fundação de concreto simples, dimensionado de maneira que as tensões de tração nele resultantes possam ser resistidas pelo concreto, sem necessidade de armadura, utilizados para carregamentos não superiores a 50 toneladas e para solos cujas taxas admissíveis não sejam inferiores a  $2\text{kg/cm}^2$ .

**Sapata**- elemento de fundação superficial de concreto armado, dimensionado de modo que as tensões de tração nele resultantes sejam resistidas por armadura especialmente disposta para este fim (por isso as sapatas têm menor altura que os blocos). É um dos tipos de fundação mais usado pelo seu baixo custo e por não exigir equipamento especializado (FIG. 03).

FIGURA 03: Sapata



Fonte: <http://repositorio.uniceub.br/><sup>1</sup>

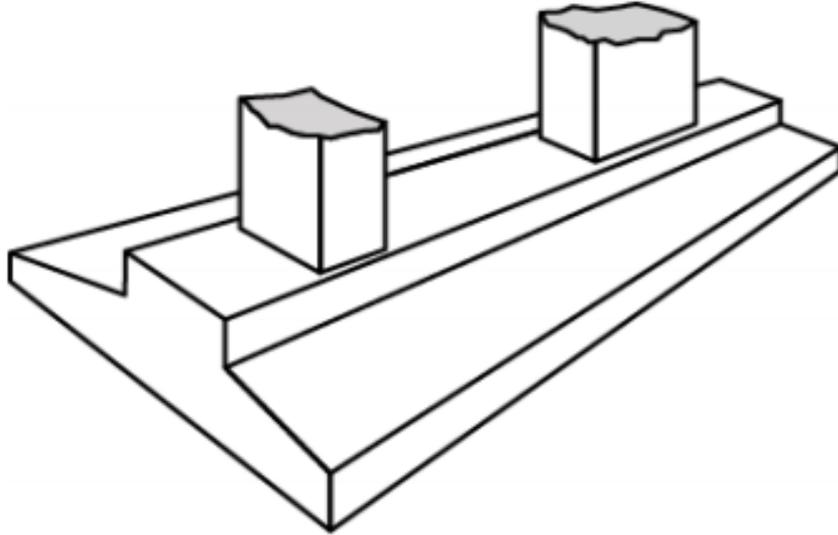
**Sapata corrida** - sapata sujeita à ação de uma carga distribuída linearmente ou de pilares em um mesmo alinhamento (às vezes chamada de baldrame ou de viga de fundação).

**Grelha**- elemento de fundação constituído por um conjunto de vigas que se cruzam nos pilares (tipo não citado na norma NBR 6122 (2010).

**Sapata associada** - sapata que recebe mais de um pilar, que significa apoiar os pilares sobre uma única sapata, onde o centro de gravidade da carga dos pilares coincida com o centro de gravidade da sapata (FIG. 04).

<sup>1</sup>Disponível em: <<http://repositorio.uniceub.br/bitstream/235/6389/1/21113271.pdf>>. Acesso em: 18 set. 2016.  
FIGURA 03:Sapata

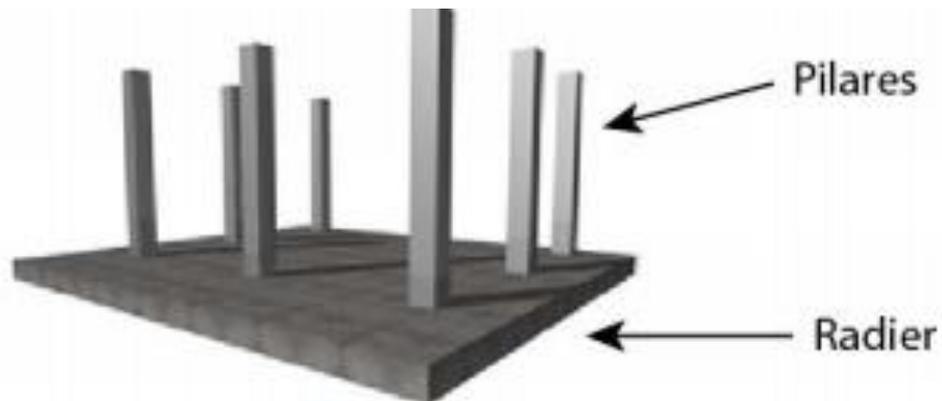
FIGURA 04: Sapata associada



Fonte: <http://repositorio.uniceub.br/><sup>2</sup>

**Radier**- elemento de fundação superficial que recebe parte ou todos os pilares de uma estrutura. Quando a área total de fundação ultrapassa metade da área da construção, evitando que um apoio recalque mais que outro, ou seja, evita o recalque diferencial. São bastante usadas na construção de habitação popular (FIG. 05).

FIGURA 05: Radier



Fonte: <http://repositorio.uniceub.br/><sup>3</sup>

<sup>2</sup>Disponível em: <<http://repositorio.uniceub.br/bitstream/235/6389/1/21113271.pdf>>. Acesso em: 18 set. 2016.  
FIGURA 04:Sapata associada

<sup>3</sup>Disponível em: <<http://repositorio.uniceub.br/bitstream/235/6389/1/21113271.pdf>>. Acesso em: 18 set. 2016.  
FIGURA 05:Radier

## 2.2 Investigação geotécnica

O subsolo é a causa mais frequente de problemas de fundações. Na medida em que o solo é o meio que vai suportar as cargas, sua identificação e a caracterização de seu comportamento são essenciais à solução de qualquer problema. De acordo com a NBR 8036 (1983) o número de sondagens e a sua localização em planta dependem do tipo da estrutura, de suas características especiais e das condições geotécnicas do subsolo. O número de sondagens deve ser suficiente para fornecer um quadro, o melhor possível, da provável variação das camadas do subsolo do local em estudo.

No entanto essa investigação e classificação das diversas camadas de solo, assim como a avaliação das suas propriedades vai depender de um bom projeto. De acordo com Hachich (1998) a obtenção de amostras ou a utilização de algum outro processo para a identificação e classificação dos solos exige a execução de ensaios “*in situ*”, em princípio, tanto poderia ser feita através de ensaios de laboratório quanto de ensaios de campo. Na prática, entretanto, há predominância quase que total dos ensaios “*in situ*” ficando a investigação laboratorial restrita a alguns poucos casos especiais em solos coesivos.

## 2.3 Principais causas de patologias em fundação rasas

### 2.3.1 Ausência de investigação do subsolo

Geralmente, a falta de investigação do subsolo ocorre em obras de pequeno porte, muitas vezes por motivos econômicos, mas também presente em obras de médio porte. De acordo com Logeais (1982), em mais de 80% dos casos de mau desempenho de fundações de obras pequenas e médias, a ausência completa de investigação é o motivo da adoção de solução inadequada. Com isso podem-se citar alguns problemas relacionados a essa falta de investigação para as fundações diretas:

- Tensões de contato excessivas, incompatíveis com as reais características do solo, resultando em recalques ou rupturas.
- Fundações em solos/aterros heterogêneos, provocando recalques diferenciais.
- Fundações sobre solos compressíveis sem estudos de recalques, resultando grandes deformações.
- Fundações apoiadas em materiais de comportamento muito diferente, sem junta, ocasionando o aparecimento de recalques diferenciais.

- Fundações apoiadas em crosta dura sobre solos moles, sem análise de recalque, ocasionando a ruptura ou grandes deslocamentos da fundação.

### 2.3.2 Investigação insuficiente

Realizado o programa de investigação, o mesmo pode se mostrar inadequado à identificação de aspectos que acabam comprometendo o comportamento da fundação projetada, alguns exemplos podem ser:

- Número insuficiente de sondagens ou ensaios para áreas externas ou de subsolo variado.
- Profundidade de investigação insuficiente.
- Por necessidade de ensaios especiais como expansibilidade e colapsibilidade as propriedades de comportamento do solo não são determinadas.

Situação com grande variação de propriedades, ocorrência localizada de anomalia ou situação não identificada (MILITITSKY; CONSOLI; SCHNAID 2015).

### 2.3.3 Falha na investigação

Durante o processo de investigação poderão ocorrer problemas que comprometem os resultados obtidos e utilizados em projeto.

Na realização de sondagem são relativamente comuns: os erros na localização do sítio da obra (execução feita em local diferente), localização incompleta, adoção de procedimentos indevidos ou ensaio não padronizado, uso de equipamento com defeito ou fora da especificação, falta de nivelamento dos furos em relação à referência bem identificada e má descrição do tipo de solo (MILITITSKY; CONSOLI; SCHNAID 2015).

Outros problemas a serem considerado no caso da realização de ensaios de laboratório e de campo e a representatividade dos mesmos, ou seja, os resultados devem refletir as verdadeiras condições e propriedades do solo relevante ao problema em estudo. Também se enquadram os procedimentos fraudulentos de geração de resultados ou multiplicação de furos de sondagem e apresentação de relatório de serviços não realizados (MILITITSKY; CONSOLI; SCHNAID 2015).

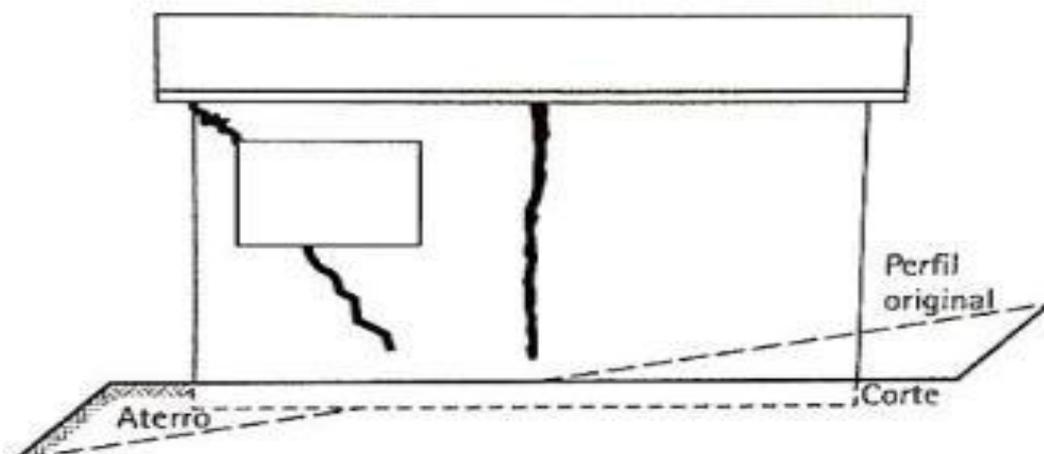
### 2.3.4 Fundações sobre aterro

De acordo com Milititsky, Consoli, Schnaid (2015), a execução de fundações em solo criado ou aterro constitui uma fonte significativa de problemas, provocados pelos aspectos especiais do tema. Esses aspectos não são geralmente considerados no projeto, por desconhecimento dos mecanismos envolvidos. Fundações apoiadas sobre aterros têm, além dos aspectos usuais inerentes a qualquer fundação, características únicas no que se refere aos recalques a que estarão submetidas.

Os recalques de fundações assentes (FIG. 06) sobre aterros podem ter três causas distintas:

- Deformações do corpo do aterro por causa do seu peso próprio, bem como por carregamento provocado pela fundação ao transferir a carga da superestrutura.
- Deformações do solo natural localizado abaixo do aterro, em razão do acréscimo de tensões ocasionado pelo peso próprio do aterro e pelas cargas da superestrutura (expectativa da ocorrência de recalques significativos quando da execução de aterro sobre camadas de solos moles).
- Nos casos de execução de aterros e/ou carregamento externos sobre lixões ou aterros sanitários desativados, os mesmos estarão sujeitos a ações bioquímicas decorrentes da degradação da matéria orgânica de seus componentes.

FIGURA 06: Provável fissuramento de fundação assente sobre aterro



Fonte: <http://www.ebah.com.br><sup>4</sup>

<sup>4</sup>Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAhHKwAF/patologia-fundacoes?part=2>>. Acesso em: 18 set. 2016

### 2.3.4.1 Recalque do corpo do aterro

Recalques totais e diferenciais do corpo do aterro, causados pelo seu peso próprio e/ou pelo carregamento provocado pela fundação, ocorrem normalmente quando da execução de aterros cujo material é disposto sem compactação (no caso de solos argilosos) ou sem vibração (no caso de solos arenosos). Aterros com compactação deficiente, por lançamento de camadas muito espessas e/ou uso de equipamentos que não têm a capacidade de transmissão de energia ao solo, especificada em projeto. Nesse caso só a parte superior de cada camada é compactada, resultando em lentes com altos índices de vazios (LOGEAIS,1971).

Quando da execução de aterros deve-se evitar o uso de solo superficial contendo raízes e outros materiais vegetais, argilas ou materiais expansivos, turfas e argilas orgânicas, além, dos materiais heterogêneos caso em que o aterro é feito com solo misturado com restos de construção civil sendo impossível a compactação do mesmo.

Há também aterros hidráulicos (FIG. 07) que é um método construtivo em que o aterro é transportado por um fluxo de água. Areias depositadas a partir desse método apresentam pequenos recalques na camada depositada acima do nível de água, contudo quando a areia é depositada na água, pode permanecer em estado fofo, tornando-se suscetível a recalques quando da aplicação de cargas externas (MILITITSKY; CONSOLI; SCHNAID 2015).

FIGURA 07: Execução do aterro hidráulico, Parque Olímpico – Cidade do Rock



Fonte: PORTAL.AEERJ.COM.BR<sup>5</sup>

<sup>5</sup>Disponível em: <<http://portal.aeerj.com.br/file/eventos/eve-aeerj-geo-rio-parqueolimpico-05-09-11.pdf>>. Acesso em: 19 set. 2016.

FIGURA 07: Execução do aterro hidráulico, Parque Olímpico – Cidade do Rock

#### 2.3.4.2 Aterro sobre solos moles

Aterros construídos sobre solos moles podem apresentar um desempenho inadequado, na forma de ruptura ou magnitude dos recalques, podendo exibir recalques consideráveis durante vários anos após a conclusão da obra resultando em patologias ativas com manifestações contínuas e prolongadas. Definindo o comportamento adequado das fundações, sendo as patologias decorrentes dos solos moles um processo gradual pelo qual, em argila saturada, observa-se uma redução de volume do solo. Tal fenômeno é denominado de adensamento e seu tempo de duração é normalmente medido em anos (LOGEAIS,1971).

A compreensão e modelagem do processo de adensamento unidimensional é relativamente simples. Quando um carregamento é aplicado a uma massa de solo compressível, saturada, de baixa permeabilidade, o carregamento é, no início, suportado pela água. O acréscimo de tensão resultante é chamado de excesso de poro-pressão. O excesso vai sendo dissipado e as tensões vão sendo gradativamente transferidas à estrutura do solo, ocasionando um acréscimo de tensão efetiva. Esse fenômeno é observado na medida em que as variações volumétricas produzem recalques, cuja magnitude pode afetar a superestrutura de obras de engenharia (MILITITSKY; CONSOLI; SCHNAID 2015).

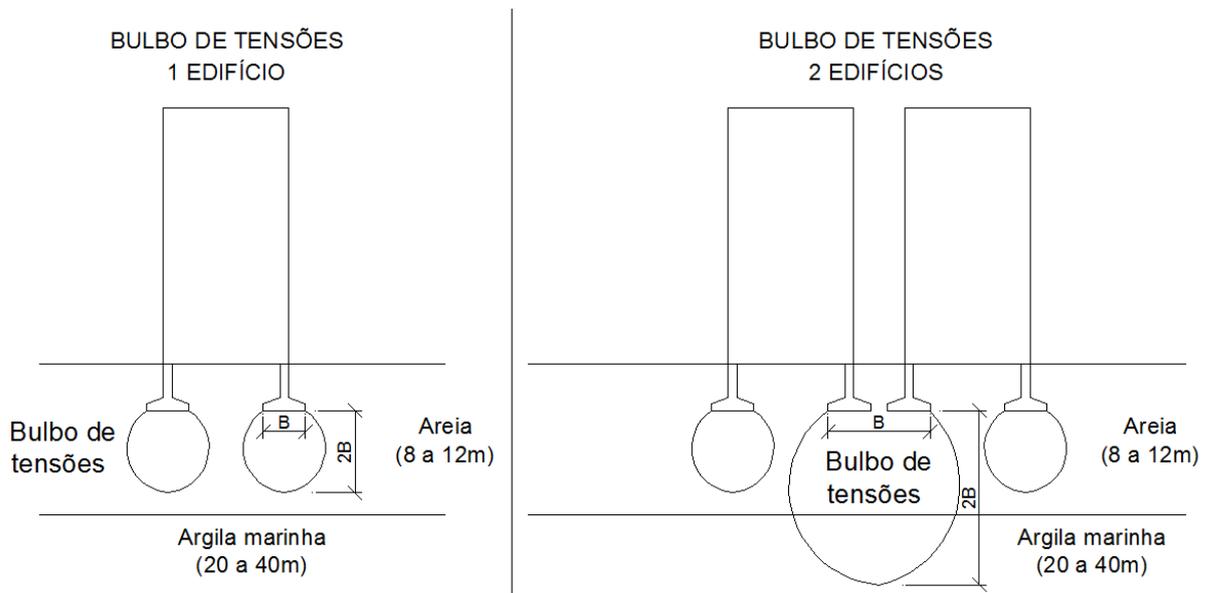
#### 2.3.4.3 Aterros sanitários

Historicamente, o uso de terrenos onde houve a disposição de resíduos sólidos urbanos de forma controlada (aterros sanitários) ou sem controle (lixões) limitou-se a ocupações urbanas voltadas a áreas de lazer. Nos últimos anos, devido ao crescimento acentuado do tecido urbano, locais de deposição de resíduo passaram a ter também valor imobiliário para construção de prédios comerciais e residenciais, bem como de toda infraestrutura circundante (rede de água e esgoto, pavimentação). Projetos geotécnicos nesses materiais requerem o estudo do comportamento geológico de rejeitos, considerando os recalques em razão da degradação do material existente no aterro em função do tempo. Além disso, a degradação dos resíduos orgânicos em tais locais pode gerar gás metano, que pode ser potencialmente explosivo em altas concentrações (MILITITSKY; CONSOLI; SCHNAID 2015).

### 2.3.5 Sobreposição de bulbos de tensão

Quando uma fundação transfere carga ao solo e essa transferência é considerada de forma isolada, a existência de outra solicitação altera as tensões na massa de solo. Nas situações em que ocorre sobreposição de esforços de fundação superficiais no solo (FIG 08), sem avaliação adequada de seu efeito, os resultados obtidos na análise não são representativos. Os esforços sobrepostos podem ser originados na obra sendo projetada ou, eventualmente, produzidos pela implantação posterior de edificação junto à estrutura já existente podendo acarretar recalques na estrutura (MILITITSKY; CONSOLI; SCHNAID 2015).

FIGURA 08: Sobreposição de bulbos de tensão – fundação superficial



Fonte: <http://ejeciv.wixsite.com><sup>6</sup>.

### 2.3.6 Solos colapsáveis e expansíveis

A implantação de fundações em solos constituídos por areias fofas, argilas moles, siltes fofos ou moles, aterros e outros materiais só pode ser feito após cuidadoso estudo com base em ensaios de laboratórios e em campo.

De acordo com a NBR 6122 (1996) os solos expansivos são aqueles que, por sua composição mineralógica, aumentam de volume quando há um aumento de teor de umidade.

<sup>6</sup>Disponível em: <<http://ejeciv.wixsite.com/ejeciv/single-post/2015/07/16/Momento-EJECiv-Pr%C3%A9dios-Inclinados-de-Santos-as-torres-de-Pisa-brasileiras>>. Acesso em: 3 nov. 2016.  
FIGURA 08: Sobreposição de bulbos de tensão – fundação superficial

Nestes solos não se pode deixar de levar em conta o fato de que, quando a pressão de expansão ultrapassa a pressão atuante, podem ocorrer deslocamentos para cima. Por isso, em cada caso, é indispensável determinar experimentalmente, a pressão de expansão, considerando que a expansão depende das condições de confinamento. Esse tipo de comportamento provoca problemas especialmente em fundações superficiais.

Segundo Vargas (1989 *apud* Milititsky, 2015, p 42), em solos expansivos refere-se a solos residuais ou coluviais formados por intemperismo de rochas sedimentares. Segundo o mesmo autor, existem quatro principais áreas de solos expansivos no Brasil, afirmação que tem sido confirmada por estudos recentes:

- Litoral do Nordeste – incluindo Recôncavo Baiano, nos arredores de Salvador (BA) e a formação Maria Farinha, nos arredores da cidade de Recife (PE);
- Sertão nordestino – nas proximidades da barragem de Itaparica, no rio São Francisco;
- Estado de São Paulo e Paraná – ao norte de Campinas (SP);
- Estado do Rio Grande do Sul – além dos municípios de Encantado, São Jerônimo, Santa Maria, Rosário do Sul, Santa Cruz do Sul e Cachoeirinha;

Já os solos colapsáveis encontrados em diversas partes do Brasil de acordo com (FIG 06), são solos de elevada porosidade, não saturados, deve ser analisada a possibilidade de colapso por encharcamento. Em princípio devem ser evitadas fundações superficiais apoiadas neste tipo de solo, a não ser que sejam feitos estudos considerando-se as tensões a serem aplicadas pelas fundações e a possibilidade de encharcamento do solo. O Projeto de fundações nesse tipo de solo é extremamente difícil, devem-se utilizar resultados de laboratório e de campo para a previsão de recalques. Sendo indicada muitas vezes como solução sapatas contínuas (tipo grelhas) para minimizar o efeito de colapso.

FIGURA 09 - Localização de solos colapsíveis no Brasil

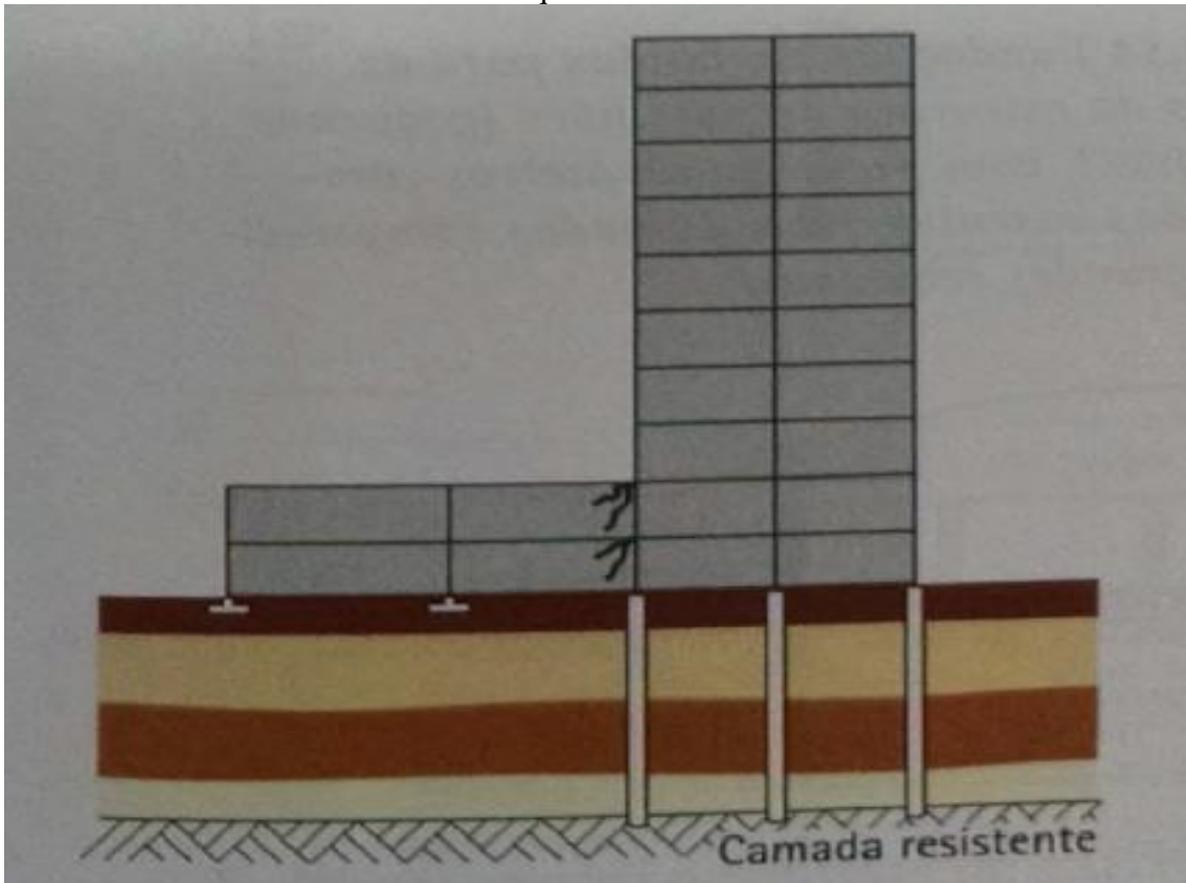


Fonte: MILITITSKY, CONSOLI, SCHNAID (2015, p. 41)

### 2.3.7 Fundações heterogêneas

Não é raro que em construções de grande porte certas partes da obra desçam a profundidades muito diferentes (FIG. 10), pois, nem sempre o terreno encontrado é o mesmo em toda extensão da obra. Com isso, uma dupla heterogeneidade a do terreno e a da obra. A adoção de sistemas de fundação diferentes na mesma estrutura, em razão das características de variação de cargas, variação do tipo de solo ou até mesmo condições locais restritas de acesso, sem separação por junta de comportamento ou avaliação adequada de compatibilidade de recalques das diferentes fundações. Esse tipo de procedimento acaba resultando em recalques diferenciais e danos na estrutura (MILITITSKY; CONSOLI; SCHNAID 2015).

FIGURA 10– Sistema de fundações heterogêneas não separadas por juntas causando recalques diferenciais.



Fonte: MILITITSKY (2015, p. 65)

### 2.3.8 Problemas envolvendo a água no solo

A ação da água também pode gerar recalques excessivos, quando provoca o carregamento de partículas de solo por percolação, deslocando a fundação. O alto índice pluviométrico pode causar erosões superficiais, à medida que a erosão progride, pode diminuir o caminho de percolação da água, aumentando o gradiente hidráulico e as forças de percolação. Face à porosidade e à baixa resistência do solo, criam-se depressões na superfície causadas por rupturas internas. Os enormes vazios provocam a perda de estabilidade e conseqüentemente afundamento da superfície. Esse fenômeno pode ocorrer também em regiões de rochas calcárias, onde é comum a existência de cavernas para as quais migram as águas (ALONSO, 2003).

O rebaixamento do lençol freático (FIG. 11) também é causa de recalques. À medida que se aumenta a urbanização de uma área, com conseqüente impermeabilização superficial, ocorre um “secamento” do lençol na parte superior. Esse tipo de rebaixamento, é muito comum hoje em dia, face à quantidade de obras civis executadas abaixo do lençol freático

(subsolos de prédios, obras de metrô), e o mesmo pode provocar recalques em obras contíguas, por acréscimo da pressão efetiva (ALONSO, 2003).

FIGURA 11– Efeitos do rebaixamento do lençol freático



Fonte: [www.ebanataw.com.br](http://www.ebanataw.com.br)<sup>7</sup>

### 2.3.9 Matacões

Matacões são blocos de rocha ainda não decompostos alojados no solo residual, originados do intemperismo diferencial da rocha (FIG. 12), ou mesmo em solos transportados, no caso de blocos de rochas que deslizam de encostas e se alojam no solo. Possuindo diâmetros maiores que 25 cm e formas esferoides. A presença desses matacões pode gerar problemas na interpretação dos resultados de sondagem, pois se não for feito um número suficiente de investigações, esses matacões podem ser confundidos com a ocorrência de perfil de rocha contínua, o que pode induzir a elaboração de um projeto de fundação não compatível com a realidade do solo (MILITITSKY; CONSOLI; SCHNAID 2015).

<sup>7</sup>Disponível em: <<http://www.ebanataw.com.br/roberto/pericias/lfeifeitos.htm>>. Acesso em: 23 out. 2016.  
FIGURA 11: Efeitos do rebaixamento do lençol freático

FIGURA 12 - Matacões



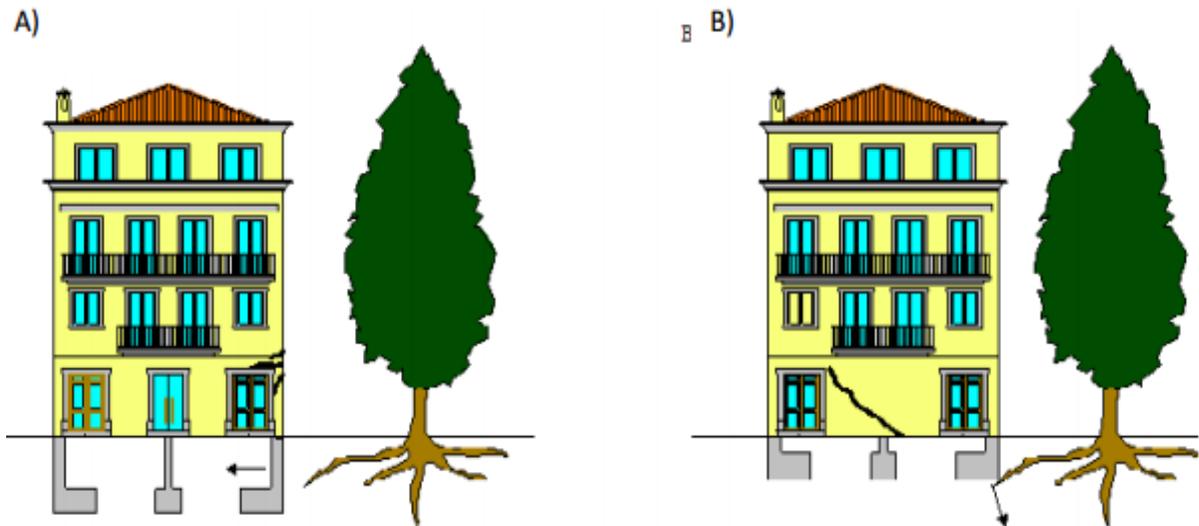
Fonte: MILITITSKY (2015, p. 53)

#### 2.3.10 Influência da vegetação

É importante evidenciar que o efeito da vegetação pode ocorrer por interferência física das raízes ou modificação no teor de umidade do solo sendo pouco conhecido no Brasil (FIG. 13).

As raízes extraem água do solo para manter seu crescimento, modificando o teor de umidade do solo se comparado com o local onde as raízes não estão presentes. Em solos argilosos as variações do teor de umidade provocam mudanças volumétricas, podendo ocorrer recalques localizados na área afetada. Este movimento das fundações pode ser natural, em base sazonal, recalque progressivo onde a vegetação estabelece um déficit permanente de umidade, ou expansão progressiva, quando a vegetação é posteriormente removida (MILITITSKY; CONSOLI; SCHNAID 2015).

FIGURA 13 - Problemas devido à vegetação em contato com a fundação



Fonte: docente.ifrn.edu.br<sup>8</sup>

## 2.4 Movimentação das fundações

De acordo com as principais causas de patologias citadas acima o fenômeno que mais se destaca com relação a estas causas de patologias nas fundações superficiais é o recalque. De acordo com Milititsky (2015) este problema é bastante complexo, por causa dos motivos referentes ao comportamento do solo como das estruturas, não existindo uma solução reconhecida como adequada, nem no plano teórico nem como regra empírica. Existem entretanto, recomendações simples reconhecidas pelo meio técnico, resultantes de experiência coletada em análise de casos. O valor estabelecido de recalques admissíveis indicam aos envolvidos com o problema, níveis adequados ou ordens de grandeza de valores nos quais os problemas usualmente ocorrem. Tais valores não devem ser utilizados de forma rigorosa ou adotados como limites únicos. Uma questão em aberto referente aos limites recomendados é que não se tem indicação do tipo de dano correspondente.

Danos esses divididos em três grupos:

- Visuais ou estéticos (sem risco de qualquer natureza);
- Danos comprometendo o uso e funcionalidade da construção;
- Danos estruturais pondo em risco a segurança dos usuários;

<sup>8</sup>Disponível em: <<https://docente.ifrn.edu.br/valtencirgomes/disciplinas/patologia-e-rec-de-estrutura/patologia-dasfundacoes>>. Acesso em: 12 out. 2016.

FIGURA 13: Problemas devido a vegetação em contato com a fundação

Alonso (2003) observou que o recalque total constitui-se de três parcelas:

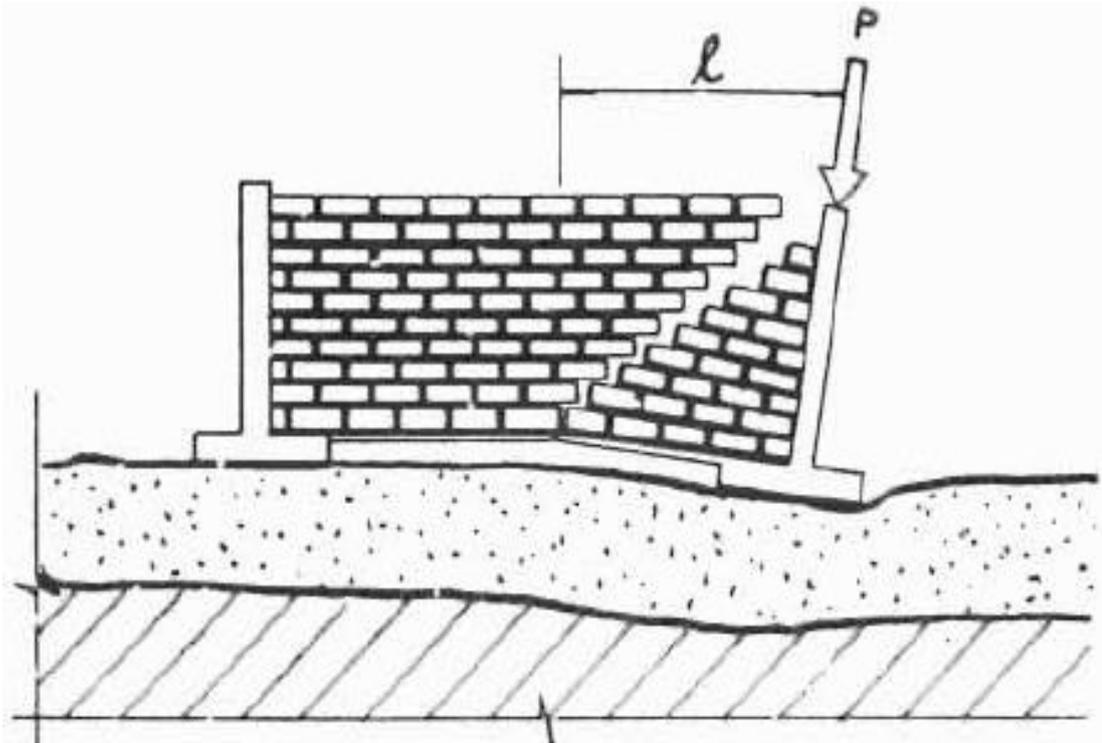
- Recalque imediato ou recalque não drenado devido à deformação tridimensional (mudança de forma sem mudança de volume).
- Recalque por adensamento primário que ocorre em solos de baixa permeabilidade (argilosos) saturados, quando a pressão geostática efetiva inicial, somada ao acréscimo de pressão decorrente da fundação, é superior à pressão de pré-adensamento. É uma parcela de recalque devido à redução de volume (diminuição do índice de vazios) provocada pela saída d'água, em decorrência do aumento da pressão neutra causada pela aplicação da carga da fundação;
- Recalque por adensamento secundário que ocorre após o primário. Verifica-se que após a dissipação das pressões neutras, devido ao carregamento da fundação no solo, sob a ação da carga efetiva constante, continua a se deformar.

#### **2.4.1 Recalque diferencial**

O recalque diferencial ou distorção angular ocorre quando há diferença entre o recalque absoluto de dois elementos da fundação impondo distorções à estrutura que pode acarretar em fissuras (ALONSO, 2003).

De modo geral, pode-se dizer que recalques diferenciais em fundações ocorrem por uma interação incorreta entre o solo e a estrutura, essas são ocasionadas por uma análise deficiente do solo que podem ocorrer não só por falhas de projeto, mas também podem ocorrer por falhas na execução ou utilização. Tal processo, dependendo da capacidade da estrutura de assimilar o problema, leva ao surgimento de patologias como trincas e fissuramento (FIG. 14). Pode-se dizer que não apenas a estrutura ira sentir os efeitos, como também alvenarias e esquadrias (RIPPER; SOUZA, 1998).

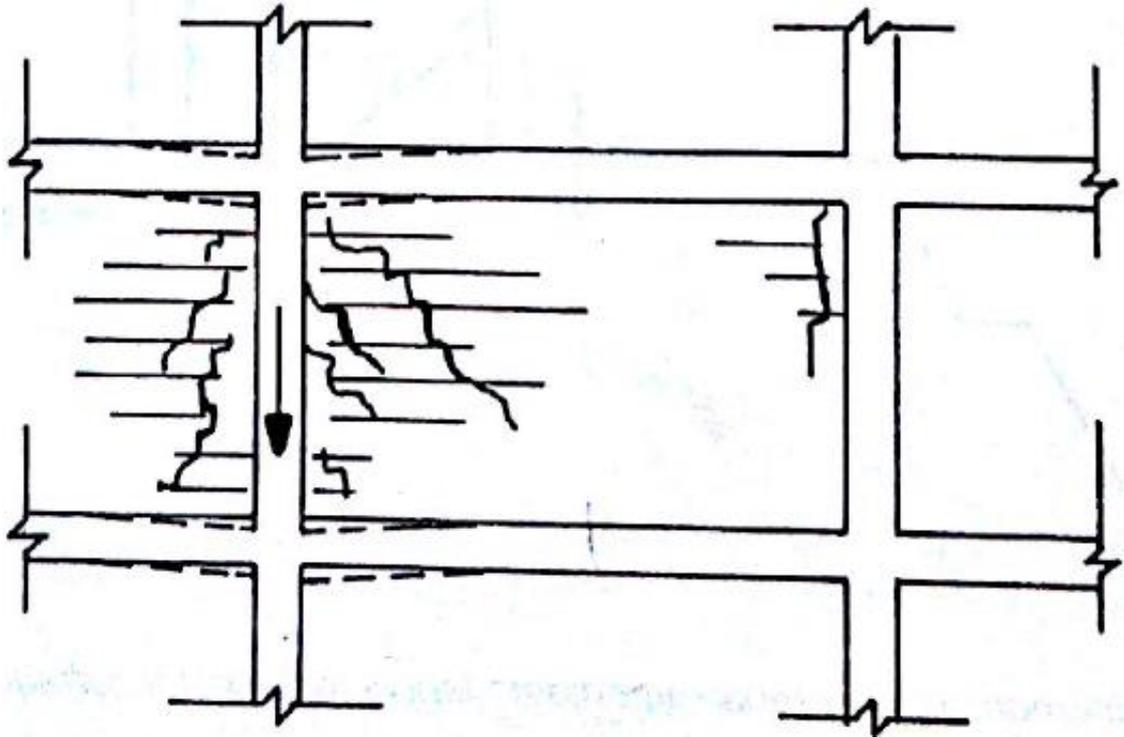
FIGURA 14 – Efeito do recalque diferencial



Fonte: ALONSO (2003, p. 25)

Fissuras provocadas por recalques diferenciados da fundação são inclinadas, podendo ser confundidas com fissuras provocadas por deflexão da estrutura. Porém fissuras provocadas por recalque ocasionam aberturas maiores do que as provocadas por deflexão, outro fator para identificar uma fissura de recalque (FIG. 15) é sua inclinação em direção ao pilar que sofreu recalque, que geralmente tem o ângulo de  $45^\circ$ . Outra característica deste tipo de fissura por recalque diferenciado é a ocorrência de esmagamento localizado em algum ponto da estrutura em forma de escamas, mostrando indícios da presença de tensões de cisalhamento. Quando o recalque é muito acentuado percebe-se claramente pela variação na forma da estrutura (THOMAZ, 1989).

FIGURA 15 – Fissura ocasionada por recalque diferenciado da fundação.



Fonte: THOMAZ (1989, p.98)

## 2.5 Análise de custos entre recuperação da fundação e sua concepção

Salienta-se que o custo de um tipo de fundação envolve variáveis importantes, tais como, o prazo de execução e os parâmetros técnicos que determinam ou limitam a escolha da fundação, como, conhecer os esforços atuantes sobre a edificação, as características e o tipo de solo e elementos estruturais que formam as mesmas (TAB. 1).

De posse desses dados, analisa-se a possibilidade de utilizar os vários tipos de fundações, em ordem crescente de complexidade e custos. Fundações bem projetadas correspondem de 3% a 10% do custo total da edificação; porém se forem mal concebidas e mal projetadas, podem atingir de 5 a 10 vezes o custo da fundação mais apropriada para o caso (BRITO, 1987). Em casos especiais dependendo do tipo de estrutura a ser suportada, das solicitações correspondentes e condições adversas de subsolo, pode-se chegar a percentagens superiores, em alguns casos atingido 10 a 15% do custo total.

Tratando-se de casos usuais, com média de custo de 4% para fundações do custo total da obra, pode-se afirmar que a ocorrência de patologia e a necessidade de reforço da fundação implicam, além de custos que podem chegar a valores muitas vezes superiores ao custo inicial, estigma para a obra; longos, caros e desgastantes litígios para identificação das causas

e responsabilidades; interdição da estrutura, entre outras aplicações (MILITITSKY; CONSOLI; SCHNAID 2015).

TABELA 1 – Características das fundações superficiais relacionadas a custo, utilização e execução.

Tipos	Quando utilizar	Custos	Características Executivas
Blocos	Utilizados quando o solo apresenta alta resistência, não havendo restrição ao emprego em cargas elevadas.	Baixo	Simples execução
Sapatas	Quando as sapatas se aproximam umas das outras ou se sobrepõem. Quando se deseja uniformizar os recalques	Baixo, porém maior que o bloco para cargas reduzidas.	Simples execução Pode assumir diversas formas geométricas, para facilitar o apoio de pilares com formatos excêntricos.
Radier	Quando as sapatas se aproximam umas das outras ou se sobrepõem. Quando se deseja uniformizar os recalques	Custo alto	Prazo alto, devido à necessidade de deixar toda a área a ser executada desimpedida antes de iniciar o serviço.

Fonte: redefederal.mec.gov.br<sup>9</sup>

<sup>9</sup>Disponível em:

<[http://redefederal.mec.gov.br/images/pdf/setec\\_orientacoes\\_sobre\\_escolha\\_de\\_fundacoes.pdf](http://redefederal.mec.gov.br/images/pdf/setec_orientacoes_sobre_escolha_de_fundacoes.pdf)>. Acesso em: 26 out. 2016.

FIGURA 16: Características das fundações superficiais relacionada a custo, utilização e execução

### 3 Conclusão

A ausência de investigação do subsolo pode causar patologias nas fundações superficiais, causas essas como, aterros insuficientemente assentes, a presença de água principalmente em terrenos argilosos, rebaixamento de lençol freático, fundações heterogêneas entre outras causas, apontando o principal fenômeno que é o recalque diferencial decorrente dessas causas e sua principal patologia associada à edificação uma fissura inclinada na direção do pilar geralmente em um ângulo de 45° comprometendo a estrutura. Mostrou-se o que a falta de um projeto bem elaborado e uma investigação geotécnica e análise do subsolo deficiente ou até inexistente pode causar em uma obra.

As patologias das fundações têm sido detectadas desde as grandes construções antigas onde eram verificados recalques devido ao peso excessivo dos materiais empregados na época. Com o acúmulo de fatos empíricos e avanço da tecnologia foram descobertas as causas de patologias das fundações e quais as melhores medidas a serem tomadas para evitar estas patologias. Mesmo com todo conhecimento adquirido com o passar do tempo e avanço da investigação geotécnica através de sondagens e análises do subsolo ainda é alto o número de incidentes relacionados à relação solo-fundação, podem ocorrer interferências de diversos tipos, dependendo da profundidade da sondagem executada, de profissionais que apostam na própria experiência e dispensa esse tipo de serviço além de relatórios de sondagens não confiáveis que não seguem as normas vigentes.

Fundações bem projetadas correspondem de 3% a 10% do custo total da edificação, porem se forem mal projetadas, podem atingir de 5 a 10 vezes o custo da fundação mais apropriada para o caso. Pode-se afirmar que a ocorrência de patologia e a necessidade de reforço da fundação implicam, além de custos que podem chegar a valores muitas vezes superiores ao custo, estigma para a obra; longos, caros e desgastantes litígios para identificação das causas e responsabilidades; interdição da estrutura, entre outras aplicações.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALONSO, Urbano R. **Previsão e controle de fundações** – 3. ed - São Paulo: Edgard Elucher LTDA. 2003.

ARAÚJO, Borja; LOPES, José Rodrigues. **Quadros orientativos para diagnósticos de patologias em estruturas** 2003. 97f. Monografia Cenfic – Centro de Formação Profissional da Indústria da Construção Civil, 2003.

BOTELHO, M. H. C.; MARCHETTI, O. **Concreto armado eu te amo**. Vol. 7. ed. São Paulo: Edgar Blucher, 2013. 525 p.

BRITO, José Luis Weyde. **Fundações do edifício**. São Paulo, EPUSP, 1987.

HACHICH, Waldemar; FALCONI, Frederico F; SAES, José Luiz; FROTA Régis G. Q.; CARVALHO, Celso S.; NIYAMA, Sussumu. **Fundações: teoria e prática**. — 2. ed. - - São Paulo: Pini, 1998.

JUNIOR, Clémenceau Chiabi Saliba. **Trincas nas edificações**. Revista obras online, 2006. Disponível em: <<https://www.obrasonline.com.br/Revista-Obras-Online.aspx>>. Acesso em: 25 set. 2016.

LOGEAIS, Louis. **Patologias das fundações**. Annalesde L'institut TechniqueduBatiment et desTravauxPublicsNº 280 Abril 1971, SÉRIE : OBRAS DE ESTRUTURA, Nº 8.

MILITITSKY, Jarbas; CONSOLI, Nilo C.; SCHNAID, Fernando – **Patologia das Fundações**. 2 ed. rev. e ampl. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2015.

\_\_\_\_. **NBR 8036**: Programação de sondagens de simples reconhecimento dos solos para fundações de edifícios, Rio de Janeiro, 1983.

\_\_\_\_. **NBR 6122**: Projeto e execução de fundações, Rio de Janeiro, 2010.

SOUZA, Vicente Custódio Moreira de. RIPPER, Thomaz. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. 1 ed.São Paulo: Pini, 1998. 257 p.

THOMAZ, Ercio. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação**. São Paulo:Pini, 1989. 194 p.

VARGAS, M. et al, Expansivesoils in Brasil. In: 12th ICSMEG, Rio de Janeiro, 1989 *apud* MILITITSKY, Jarbas; CONSOLI, Nilo C.; SCHNAID, Fernando – **Patologia das fundações**. 2 ed. rev. e ampl. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2015.

VELLOSO, Dirceu de Alencar: LOPES, Francisco de Rezende. **Fundações: critérios de projeto, investigação do subsolo, fundações superficiais, fundações profundas** - São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

