

## **PATOLOGIA DAS FUNDAÇÕES: DESENVOLVIMENTO DE TABELAS PARA CATALOGAR ORIGEM, CAUSAS, MECANISMOS E PROBLEMAS NAS ETAPAS DE VIDA DE UMA FUNDAÇÃO**

Suelen Gadotti  
suelen.gadotti.engcivil@gmail.com

### **RESUMO**

As manifestações patológicas das fundações são pouco relatadas no meio profissional, só recebem notoriedade quando ocorrem acidentes de grandes proporções, que são noticiados pelos meios de comunicação. Sabe-se que o tema é pouco disseminado entre a classe profissional, são poucos os livros e conteúdo específico sobre patologia das fundações, que colabora para limitar o acesso de informações aos profissionais, principalmente recém-formados, desejosos em obter ferramentas para diagnóstico, conteúdo técnico e metodologia de classificação científica das manifestações patológicas das fundações. Nesse sentido, este estudo procura desenvolver tabelas para catalogar e apresentar as manifestações patológicas nas quatro etapas de vida de uma fundação: caracterização e comportamento do solo; análise e projeto; execução e eventos pós-conclusão da fundação. Sendo que as informações foram estruturadas em quatro tabelas de modo sintético, dispostos na seguinte ordem: origem, causas, mecanismos e problemas. A pesquisa coletou os dados do livro Patologia das Fundações (MILITITSKY et al, 2015) e explorou através desse levantamento as etapas críticas das manifestações patológicas reforçando a conscientização dos profissionais de engenharia e geotecnia, dos riscos e frequência dos insucessos das patologias das fundações. O conteúdo apresenta uma disposição das informações de maneira acessível para facilitar a visualização e interpretação dos profissionais. O estudo também revela a forte inter-relação solo-fundação em todas as etapas de vida de uma fundação e que os desafios para melhoria são grandes, nesse sentido sugere opções para promover uma mudança de cultura para mitigar a reincidência dos insucessos e para novas gerações não replicarem a má prática vigente.

**Palavras-chave:** manifestações patológicas, fundações, solo-estrutura.

### **ABSTRACT**

The pathological manifestations of foundations are rarely reported in the professional environment, they only receive notoriety when major accidents occur, which are reported by the media. It is known that the topic is not widespread among the professional class, there are few books and specific content on the pathology of foundations, which collaborates to limit the access of information to professionals, especially recent graduates, desirous of obtaining diagnostic tools, content technical and scientific classification methodology of pathological manifestations of foundations. In this sense, this study seeks to develop tables to catalog and present the pathological manifestations in the four stages of a foundation's life: characterization and behavior of the soil; analysis and design; execution and post-completion events of the foundation. Since the information was structured in four tables in a synthetic

way, arranged in the following order: origin, causes, mechanisms and problems. The research collected data from the book Pathology of Foundations (MILITITSKY et al, 2015) and explored through this survey the critical stages of pathological manifestations, reinforcing the awareness of engineering and geotechnical professionals, of the risks and frequency of failure of foundations pathologies. The content presents a disposition of the information in an accessible way to facilitate the professionals' visualization and interpretation. The study also reveals the strong soil-foundation interrelationship in all stages of a foundation's life and that the challenges for improvement are great, in this sense it suggests options to promote a change of culture to mitigate the recurrence of failures and for new generations do not replicate the current bad practice.

**Keywords:** pathological manifestations, foundations, soil-structure.

## 1. INTRODUÇÃO.

A ocorrência de manifestações patológicas na construção civil têm sido observada e reportada com frequência no Brasil. O mesmo ocorre em países de referência, que dominam técnicas e tecnologias construtivas. É conhecida a gravidade global dos problemas e considerando os inconvenientes provocados pelo aparecimento das manifestações patológicas, fica evidente a importância de serem evitadas, o desafio de serem diagnosticadas e principalmente motivar sua discussão no meio profissional para melhorar a qualidade construtiva.

A deficiente qualidade dos projetos, a falta de controle em obra, a utilização de materiais de baixa qualidade, os novos materiais, as técnicas construtivas e a utilização de mão-de-obra não qualificada, têm conduzido uma redução da qualidade das habitações com aparecimento precoce de anomalias ou “doenças” nas edificações (OZ, 2019).

Segundo Helene (1992) “A patologia pode ser entendida como a parte da engenharia que estuda os sintomas, os mecanismos, as causas e as origens das anomalias em construções civis, ou seja, é o estudo das partes que compõem o diagnóstico do problema.” As patologias são decorrentes das incertezas e riscos que podem acontecer na construção e vida útil das fundações, na busca de soluções após ocorrência do problema, a etapa mais complexa é à identificação das causas e

mecanismos responsáveis pelo mau desempenho da estrutura (HELENE, 1992). Felizmente muitas edificações são exemplos de grande durabilidade, mas convém lembrar que elas não têm vida útil infinita.

Pelo fato de estarem enterradas e conseqüentemente não acessíveis as inspeções periódicas, os problemas apresentados pelas fundações só são percebidos através das repercussões na obra como um

todo. Tais defeitos podem ser originados por diversas causas, e nem sempre é fácil diagnosticá-los e solucioná-los. O solo, é um material complexo, cuja natureza pode implicar em uma variação muito ampla de suas características. Segundo Milititsky et al (2015) uma fundação é o resultado da necessidade de transmissão de cargas ao solo pela construção de uma estrutura. Seu comportamento a longo prazo pode ser afetado por inúmeros fatores, iniciando por aqueles decorrentes do projeto propriamente dito, que envolve o conhecimento do solo, passando pelos procedimentos construtivos e finalizando por efeitos de acontecimentos pós-implantação, incluindo sua possível degradação.

Normalmente as manifestações patológicas nas fundações são estudadas e avaliadas com minúcia apenas quando apresentam problema de cunho relativamente alto para manter a segurança da estrutura e, por este motivo, não há uma preocupação ativa sobre o tema ao decorrer da sua vida útil. Esta realidade, na área técnica, pode se apresentar na forma de desastres de grandes dimensões e repercussão, que poderiam ser minorados ou evitados apenas com pequenas precauções e mudanças de pensamentos, visto que, para Milititsky et al (2015), o custo de uma fundação gira em torno de 3 a 6 % do custo da obra para qual serve de elemento de base.

As ocorrências de manifestações patológicas somadas com a necessidade de reforço da fundação, resulta em custos e descrédito para a obra, conseqüentemente desgaste para diagnóstico do problema. Sendo que em situações críticas há necessidade de evacuação do prédio e interdição de estruturas, entre outras complicações. Lamentavelmente é comum que ações corretivas ocorram com a evidência de risco de colapso iminente da edificação. São conhecidos casos em que problemas em fundações provocaram a falência das empresas envolvidas. (MILITITSKY et al, 2015).

O estudo de problemas patológicos de fundações, bem como suas causas e, uma terapêutica aceitável são temas atuais e ainda pouco difundidos, apresentando técnicas de solução com custos bastantes elevados, pois necessita de profissionais especializados e equipamentos sofisticados. Trata-se de um campo de trabalho bastante desafiador apresentando grandes perspectivas de crescimento e evolução para a engenharia civil (HACHICH, 2002).

Diante do exposto, o trabalho tem como objetivo principal catalogar os problemas recorrentes e suas causas nas diferentes etapas de vida de uma fundação, à partir do conhecimento e experiência de profissionais técnicos da área, para apresentar as informações em perspectivas de tabela sistemática, adotando como procedimento de coleta uma pesquisa bibliográfica para quantificar as informações do livro “Patologia das Fundações” dos professores Jarbas Milititsky, Nilo Consoli e Fernando Schanid (2015).

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.

### 2.1 PATOLOGIA.

A Escola Politécnica da USP define patologia das construções como o estudo das origens, causas, mecanismos de ocorrência, manifestação e consequências das situações em que os edifícios ou suas partes apresentam um desempenho abaixo do mínimo pré-estabelecido (VITÓRIO, 2003). O estudo das falhas construtivas é feito pela ciência experimental denominada “Patologia das Construções”, que envolve conhecimentos multidisciplinares nas diversas áreas da engenharia (VITÓRIO, 2003).

É possível comparar uma edificação com o corpo humano, assim como o ser humano tem esqueleto, os edifícios têm estruturas; assim como o ser humano tem musculatura, os edifícios têm alvenaria; evidentemente que o ser humano adoece, assim também acontece nas edificações, por fatores internos, externos ou pela natureza. Os fatores internos, ou endógenos decorrem de deficiências de projeto ou execução da obra, falhas de utilização ou de sua deterioração natural pelo envelhecimento. A natureza manifesta-se através de falhas decorrentes de ações não provocadas diretamente pela ação humana. (VITÓRIO, 2003).

#### 2.1.1 Definições.

- Patologia: É a ciência que estuda a origem, os sintomas e a natureza das doenças. Pathos = doença Logos = estudo.
- Terapia: É a ciência que estuda a escolha e administração dos meios de curar as doenças e da natureza dos remédios. Therapeia = método de curar, tratar.
- Profilaxia: É a ciência que estuda as medidas necessárias à prevenção das enfermidades. Prophylaxis = prevenção
- Sintoma: É a manifestação patológica detectável por uma série de métodos e análises.
- Falha: É um descuido ou erro, uma atividade imprevista ou acidental que se traduz em um defeito ou danos.
- Origem: É a etapa do processo construtivo (planejamento/concepção, projeto, fabricação de materiais etc) em que ocorreu o problema.
- Diagnóstico: É o entendimento do problema (sintoma, mecanismo, causa e origem).
- Correção: É a metodologia para a eliminação dos defeitos causados pelos problemas patológicos.
- Recuperação: É a correção dos problemas patológicos.

- Reforço: Aumento da capacidade de resistência de um elemento, estrutura ou fundação em relação ao projeto original, devido à alteração de utilização, degradação ou falha que reduziram ou não atendem a sua capacidade resistente inicial.
- Reconstrução: É o refazimento de um elemento, estrutura ou fundação em razão de, mesmo que este recebesse uma ação corretiva, não atenderia mais a um desempenho mínimo aceitável ou, de um custo dado que a intervenção corretiva seja maior que o custo de sua reconstrução.

#### 2.1.2 Problemas patológicos.

Os problemas patológicos normalmente são provocados pela ação de agentes agressivos aos quais o edifício não é capaz de se adaptar de pronto no momento oportuno. Ao longo da vida de um edifício são detectadas insuficiências ou desajustamentos do seu desempenho, face aos requisitos a que deveria obedecer. Estas insuficiências podem ser originadas no próprio edifício, devidas a erros de projeto ou de execução, resultantes da ação do tempo (deterioração, danificação), ou provocadas pela alteração de circunstâncias externas que originam um maior grau de exigência ou expectativa (CÓIAS, 2006).

Estudos mostram que um elevado percentual dos problemas patológicos nas edificações é originado nas fases de projeto e execução. Segundo Helene (1992) as origens dos problemas patológicos com relação às etapas de produção e uso das obras civis correspondem em 40% erro de projeto, 28% execução, 18% materiais, 10% uso e 4% planejamento. Há uma preocupação em procurar definir qual a atividade que tem sido responsável, ao longo dos tempos, pela maior quantidade de erros. Pode ser considerada extensa a lista de pesquisadores que têm procurado relacionar, percentualmente, as várias causas para a ocorrência de problemas patológicos. As conclusões, nem sempre são concordantes, o que se justifica porque os estudos foram realizados em diferentes continentes e porque em alguns casos as causas são tantas que pode ter sido difícil definir a preponderante. (SOUZA e RIPPER, 1998).

## 2.2 PATOLOGIA DAS FUNDAÇÕES.

A prática do campo de atividade descrita sob denominação de fundações, abrange inúmeras atividades, em geral desempenhadas por profissionais com diferentes formações e experiências. O êxito ou fracasso de uma fundação, bem como a possibilidade de aparecimento de problemas, pode ter origem ou mesmo depender de uma imensa variedade de aspectos (MILITITSKY et al, 2015).

Uma fundação adequada é aquela que apresenta conveniente fator de segurança à ruptura e recalques compatíveis com o funcionamento do elemento suportado. Para isso é importante saber para tomada de decisão: capacidade de carga, conceitos básicos da mecânica dos solos, recalques efeitos e valores admissíveis. (MILITITSKY et al, 2015).

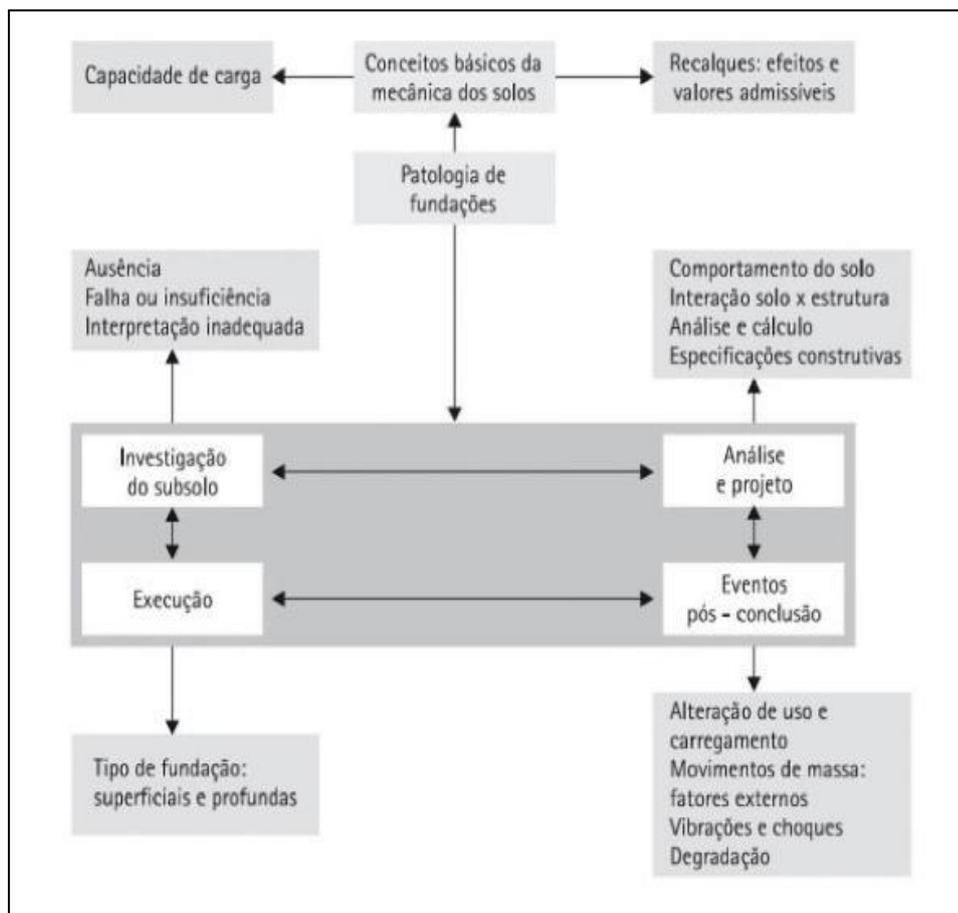
É importante esclarecer que não há literatura, nem caixa de ferramentas dos engenheiros, material disponível para fixar, a priori, para uma determinada estrutura, qual é seu recalque admissível de forma rigorosa. Os profissionais da área reconhecem que este problema é bastante complexo, por causa dos motivos referentes ao comportamento do solo como das estruturas, não existe solução reconhecida como adequada, nem no plano teórico nem como regra empírica (MILITITSKY et al, 2015).

### **2.2.1 Causas das manifestações patológicas em fundações.**

A determinação das causas de anomalias em edifícios habitacionais é tarefa bastante complexa e extremamente difícil. Nem sempre é possível identificar uma causa de forma única e clara, dado, por exemplo, a grande variedade de elementos e materiais constituintes do edifício, as múltiplas funções que desempenham as várias partes de um edifício e os elementos de construção que o integram, a complexidade do meio ambiente que envolve o edifício e os diversos tipos de atividades dos seus utentes, e a atuação simultânea dos diversos agentes causadores (PAIVA, et al., 2007).

O reconhecimento das causas, através de uma investigação cuidadosa, é a base para o tratamento futuro, tendo como princípio universal que somente eliminando a causa se resolve o problema. Identificar corretamente as causas só será possível após a realização de inspeções e diagnósticos completos e adequados, executados por técnicos experientes (LEITÃO, et al., 2004).

Milititsky et al (2015) apresenta um fluxograma das etapas de projeto e possíveis causas patologias em fundações, dividindo as fases da vida da obra onde os problemas podem ocorrer ou serem originados: caracterização do comportamento do solo; análise e projeto; execução, eventos pós-conclusão, degradação dos materiais das fundações.



Fluxograma das etapas de projeto e possíveis causas de patologias (MILITITSKY et al, 2015).

### 2.3 FUNDAÇÕES.

A fundação é o elemento estrutural com função de transmitir as cargas da estrutura ao terreno onde ela se apoia, devendo apresentar resistência mecânica para suportar as tensões devido aos esforços solicitantes, rigidez suficiente para não provocar a ruptura e controlar deformações (AZEREDO, 1988). As cargas transmitidas devem ser compatíveis com a resistência do solo, devendo ainda as fundações ter adequado comportamento aos recalques previstos. Milititsky et al

(2015) define Fundações como “Conceber, projetar, especificar, executar e garantir a segurança na forma de transferir economicamente cargas de estruturas ao meio natural existente.”

As fundações classificam-se em diretas ou indiretas, de acordo com a forma de transferência de cargas da estrutura para o solo de apoio e, em superficiais/rasas ou profundas que dependo da profundidade da camada de suporte, dependendo de diversos fatores que precisam ser analisados na fase de projeto, sendo, porém, de fundamental importância o conhecimento do tipo de solo do local

onde será executada a obra (VITÓRIO, 2003,). Velloso (2004) dividem as fundações também em duas classes: fundações superficiais ou rasas e fundações profundas.

### 2.3.1 Fundações diretas/superficiais/rasas.

Fundação rasa, conforme norma ABNT NBR 6122 (ABNT, 2010, p. 2) , são elementos de fundação onde a carga é transmitida ao terreno pelas tensões distribuídas através da base e a profundidade de assentamento deve ser inferior a duas vezes a sua menor dimensão. Fundações superficiais, também conhecidas como fundações diretas, são utilizadas quando o solo de boa qualidade é encontrado a pequena profundidade.

### 2.3.2 Fundações profundas.

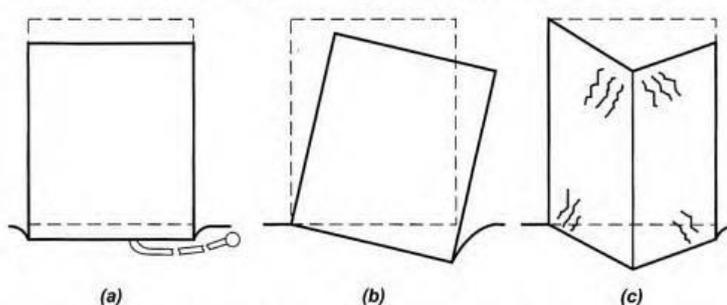
A norma ABNT NBR 6122 (ABNT, 2010, p. 3) define fundação profunda como elemento que transmite a carga ao terreno ou pela base (resistência de ponta) ou por sua superfície lateral (resistência de fuste) ou por uma combinação das duas, devendo sua ponta ou base estar assente em profundidades superiores ao dobro de sua menor dimensão em planta, e no mínimo 3,0 metros. A transição entre a superestrutura e a fundação propriamente dita é feita através de um bloco de concreto chamado bloco de coroamento.

### 2.3.3 Conceitos básicos relativos a recalque.

Velloso (2004) define que recalque é todo deslocamento sofrido por uma estrutura, na sua fundação, e pode acontecer imediatamente após o carregamento e/ou com o decorrer do tempo. Os recalques são provenientes das deformações por diminuição de volume e/ou mudança de forma do maciço de solo compreendido entre a base da estrutura da fundação e o indeslocável (CINTRA,2016).

Conforme Velloso (2004) o recalque constitui-se em uma das causas mais encontradas de problemas em fundações, trazendo consequências que podem variar, desde fissuras simples, até mesmo a ruína da estrutura. Os parâmetros que servem de base para avaliar recalques são a porosidade e o índice de vazios. Por isso, o estudo da compressibilidade dos solos é importante para a avaliação de recalques em fundações. Vargas (1978) define como compressibilidade a propriedade do solo em mudar seu volume ou forma quando é aplicada, ao corpo, uma força externa.

Uma estrutura ou edificação pode deformar-se de um dos três principais modos mostrados na figura abaixo ou numa combinação deles. No primeiro modo, ocorrem danos estéticos e funcionais - se os recalques forem muito grandes - e danos as ligações da estrutura com o exterior (tubulações de água, esgoto e outras; rampas, escadas, passarelas etc.). No segundo caso, ocorrem danos estéticos decorrentes do desaprumo e danos funcionais decorrentes do desnivelamento de pisos etc. No último caso, além dos danos estéticos e funcionais mencionados nos dois casos anteriores, há também danos dessa mesma natureza decorrentes da fissuração, e há os danos estruturais (VELLOSO, 2004).

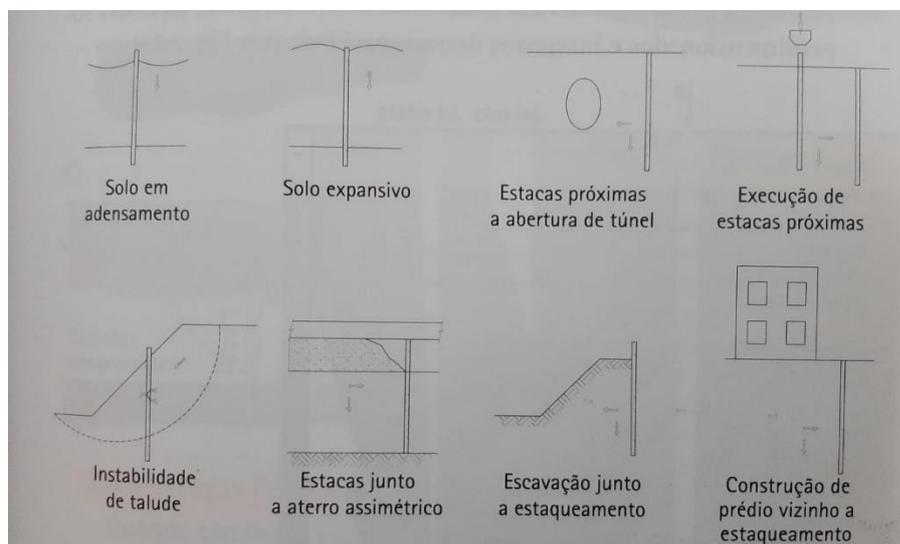


a) recalques uniformes b) recalques desuniformes sem distorção c) recalques desuniformes com distorção (VELLOSO, 2004).

#### 2.3.4 Movimentos das Fundações.

Segundo Pinto (2002), o comportamento do solo e a deformação do mesmo perante um carregamento, dependem de sua constituição e do estado do maciço, podendo ser expresso por parâmetros obtidos em ensaios de compressão triaxial e edométrica.

As situações em que ocorrem movimentações ou deslocamentos relativos entre a massa de solo e as fundações profundas são as seguintes: adensamento do solo mole provocando atrito negativo nas estacas; adensamento de solo mole quando da ocorrência de estacas inclinadas, provocando flexão nas estacas; aterros assimétricos ou sobrecargas assimétricas sobre solos moles com estacas inseridas nesse material; estacas próximas a escavações; estacas em solos expansivos; estacas em solos colapsíveis (MILITITSKY et al, 2015).



Fontes de Movimento do solo (POULOS, 2006).

## 2.4 MECÂNICA DOS SOLOS APLICADA ÀS FUNDAÇÕES.

Numerosos acidentes ocorridos com obras de engenharia, principalmente relacionados ao solo, nos séculos XIX e XX, mostram o quão é importante um estudo mais aprofundado da Mecânica dos Solos. A maior parte da fundamentação teórica e prática desta ciência foi proposta por Karl Terzaghi no início do século XX, um marco significativo para o desenvolvimento de técnicas de análises, projeto e construção de sistemas de fundações, servindo como base para os modernos estudos e avanços tecnológicos atuais.

Segundo Logeais (1982), quando se trata de problemas patológicos com ênfase em fundações, estudos comprovam que a maior parte das anomalias ocorre devido ao desconhecimento das características do solo. Estatística francesa mostra que em dois mil casos de problemas de fundações estudados naquele país, cerca de 80% dos problemas foram decorrentes do desconhecimento das características do solo. Patologias decorrentes de incertezas quanto às condições do subsolo podem ser resultado da simples ausência de investigação, de uma investigação ineficiente, de uma investigação com falhas ou ainda da má interpretação dos resultados da investigação (LOGEAIS, 1982).

### 2.4.1 Relação Fundação-Solo-Anomalia.

Para o perfeito entendimento da interação fundação-solo-anomalia, é necessário alguns conhecimentos e conceitos sobre os diversos tipos de solo e suas propriedades. Pinto (2002) afirma

que o comportamento de um solo depende da quantidade relativa de cada uma das três fases de sua constituição (sólidos, água e ar). As quantidades de água e ar podem variar indicando propriedades distintas como umidade, índice de vazios, porosidade, peso específico e grau de saturação dos solos.

Algumas propriedades relacionadas com a estrutura dos solos podem ser avaliadas a partir dos índices físicos e fornecem subsídios para a compreensão do comportamento dos solos. Estas propriedades são de fundamental importância para o entendimento da fundação e para a parametrização de procedimentos e rotinas referentes ao tema e, em muitos casos, para o diagnóstico rápido e preciso de problemas corriqueiros do meio técnico (PINTO, 2002).

Compacidade: estado em que se encontra uma areia, solo não coesivo, expressado pelo índice de vazios, analisando a relação entre limites mínimos e máximos com o valor encontrado na amostra de campo, definindo se a areia está num estado fofa ou compacta (PINTO, 2002).

- Consistência: característica das argilas, solos coesivos, em permanecerem rijas em determinadas situações, sendo determinada por meio de um ensaio de resistência a compressão simples. Esta resistência varia a depender do arranjo entre os grãos de argila e do seu índice de vazios (PINTO, 2002).
- Resistência a compressão simples: é o nível de esforço que um maciço de solo suporta; a partir de ensaios de compressão simples é possível obter a coesão do solo (VARGAS, 1978). Resistência ao cisalhamento: tensão cisalhante máxima que o solo pode suportar devido ao atrito e a coesão entre as partículas por efeito físico e químico respectivamente, sem sofrer ruptura, ou seja, sem sofrer excessivo movimento de partículas.
- Tensão admissível: tensão adotada em projeto, que aplica ao terreno pela fundação, atende com coeficiente de segurança predeterminados, aos estados-limites últimos (ruptura) e de serviço (recalques e vibrações). Essa grandeza é utilizada quando se trabalha com ações em valores característicos (NBR 6122/2010, p. 5).

### 3 MÉTODO.

Esse estudo baseia-se na coleta e levantamento das causas, mecanismos e problemas patológicos nas quatro etapas de vida de uma fundação: caracterização e comportamento do solo; análise e projeto; execução e eventos pós-conclusão das fundações, mediante informações técnicas apresentadas no livro “Patologia das Fundações” dos autores Milititsky, Consoli e Schnaid (2015). Busca-se adaptar as informações e metodologia que estão dispostas no livro e apresentá-las de forma sintética em quatro tabelas estruturados com a seguinte sequência, para favorecer a leitura e análise dos leitores e profissionais de engenharia: origem, causa, mecanismos e problemas.

Os objetivos deste trabalho são os seguintes:

- Propor melhor disposição das informações para favorecer análise dos profissionais recém-formados e demais áreas da engenharia sobre Patologia das Fundações;
- Identificar, classificar e sintetizar em quatro tabelas as causas e problemas patológicos nas etapas de vida de uma fundação;
- Constatar os principais agentes responsáveis por Patologia das Fundações;
- Disseminar a relevância do tema na atividade profissional.

As tabelas desse trabalho serão apresentadas de forma sintética, conforme a seguinte ordem:

1. Caracterização do comportamento do solo;
2. Análise e projeto das fundações;
3. Execução das fundações;
4. Eventos pós-conclusão das fundações.

#### 4 RESULTADOS.

Conforme pode se notar, a tabela que mais expõe causas de problemas patológicos das fundações é a etapa de execução de fundação, seguida pela etapa de análise e projeto. Inicialmente identifica-se essas duas etapas como as mais críticas, justificando-se pela diversidade de possibilidades e variedade de estruturas de fundação que podem ser adotadas e executadas, (direta ou indireta, cravada ou escavada) mais suscetíveis ao erro. Entretanto, nota-se que a caracterização e comportamento do solo têm notoriedade e relevância significativa em todas as etapas, justifica-se pela interdependência grandiosa das informações dessa etapa para com as seguintes.

Conforme pode se notar a partir dos dados do TABELA 1, as patologias nessa etapa são fruto das dúvidas quanto as investigações do subsolo, resultante da ausência de investigação, investigação ineficiente, investigação com falhas ou ainda má interpretação dos resultados. Diante disso a investigação do subsolo e interação solo-fundação estão em evidência nesta etapa, por conseguinte afirma a tese de muitos autores sobre a interação solo-fundação, que é a causa mais frequente de problemas das fundações, sua falha desencadeia o mau desempenho das etapas seguintes, principalmente as falhas de investigação do subsolo, pois o solo é o meio que suporta as cargas e faz a interação solo-estrutura, há dependência do seu bom desempenho para eficiência consequente das demais etapas de vida de uma fundação.

Já as informações do TABELA 2, retrata complexidade, exige do profissional tomada de decisão, conhecimento técnico, discernimento e experiência, um combinado de qualificações determinantes para o bom desempenho dos elementos da fundação. Observa-se nessa etapa a

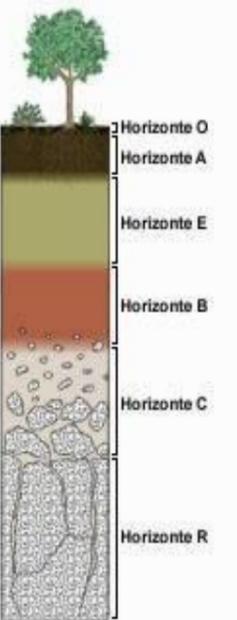
importância da tomada de decisão por parte do profissional, sendo o erro humano indicador de falha expressivo, pois o profissional tomará decisões para dimensionar a estrutura de fundação, determinar as solicitações ou cargas de projeto, interpretar e conhecer a geotécnica do solo, interpretar os mecanismos de interação solo-estrutura, interpretar o comportamento do solo sob carga ou transmissão de esforços à massa do solo, optar por modelo de cálculo e escolher a solução mais adequada para o projeto executivo. Por essa razão, é relevante pontuar que a tomada de decisão se torna a aptidão mais valiosa do profissional de engenharia. Deter conhecimento e poder de argumentação para analisar e adotar a melhor solução faz parte do ofício e responsabilidade técnica do profissional, mesmo que o mercado disponha de empresas com características fraudulenta, inapta ou incapaz, ou ainda insuficiente tecnologia de equipamentos, cabe ao profissional segmentar, disseminar boas práticas, medir o impacto e custo benefício das suas decisões. É inaceitável a prática profissional por negligência, motivos econômicos e desconhecimento das normas. Por isso, é crucial para o profissional de engenharia manter-se atualizado dos novos procedimentos e ensaios geotécnicos para mitigar os riscos e frequência de insucessos de patologia das fundações.

Entretanto, o sucesso da execução completa dos elementos de uma fundação, depende de uma combinação de desempenho de todos os processos e agentes responsáveis pela sua execução, que se nota a partir dos dados do TABELA 3. Essa dependência vai além da adequada caracterização apropriada do solo, do cálculo e projeto adequado da solução a executar, mas também das especificações dos materiais, dos procedimentos de execução condizentes com as boas práticas de engenharia, das técnicas construtivas apropriadas, da equipe competente, do equipamento adequado, da supervisão e controle de obra. A harmonia desses processos é fundamental para mitigar manifestações patológicas, por isso é imprescindível investir e valorizar o treinamento, experiência, prática, bom senso, conhecimento acumulado ou desenvolvido da equipe de execução. Observa-se nessa etapa que a execução dos elementos de fundação depende das especificações precisas e detalhadas do projeto executivo, que devem estar adequados e em conformidade com a normatização vigente - NBR 6122-2010 ABNT - Norma de Projeto e Execução de Fundações. Nota-se também nessa etapa que a verificação dos serviços de fundação já prontas, podem ser acompanhadas e controladas através de ensaios, que possibilitam constatar e identificar problemas de integridade e desempenho das fundações, permitindo seu tratamento antes de prosseguir com a obra.

Por fim, com base nos dados do TABELA 4, as causas mais expressivas relacionadas ao movimento da massa de solo são decorrentes de fatores externos, motivados por: escavações,

rebaixamento de lençol freático, explosões, tráfego pesado, demolições, cravação de estacas e compactação vibratória de solos. Observa-se nessa etapa problemas por alteração, ampliação e modificação do uso da edificação ou elemento estrutural, que não foram previstos na etapa de análise e projeto, assim como alteração do uso de terreno de vizinho. Identifica-se também nessa etapa a degradação e condições de agressividade dos materiais ao longo do tempo, que na etapa de projeto geralmente não são previstos, ausência de programa de manutenção e inspeção.

TABELA 1 – CAUSAS E PROBLEMAS: CARACTERIZAÇÃO E COMPORTAMENTO DO SOLO NAS FUNDAÇÕES.

ORIGEM - Fase da vida da Fundação	CAUSA do Problema	MECANISMO de ocorrência	PROBLEMAS e DANOS Decorrente na Fundação
<b>CARACTERIZAÇÃO E COMPORTAMENTO DO SOLO</b>  	<b>Ausência completa de investigação do subsolo</b>  <b>FUNDAÇÕES DIRETAS</b>	-Adoção de tensões de contato excessivas incompatíveis com as reais características do solo.	-Recalques inadmissíveis ou ruptura.
		-Executar fundações em solos/aterros heterogêneos.	-Recalque diferencial.
		-Executar fundações sobre solos compressíveis sem estudos de recalque.	-Grandes deformações.
		-Executar fundações apoiadas em materiais de comportamento muito diferente, sem junta.	-Recalque diferencial.
	<b>Ausência completa de investigação do subsolo</b>  <b>FUNDAÇÕES PROFUNDA</b>	-Executar fundações apoiadas em crostas dura sobre solos moles, sem análise de recalque.	-Ruptura ou grandes deslocamentos.
		-Adoção de estacas de tipo inadequado ao subsolo.	-Mau comportamento dos elementos de fundação.
		-Adoção de geometria inadequada para fundação, comprimento ou diâmetro inferiores aos necessários.	-Mau comportamento dos elementos de fundação.
		-Adoção de estacas apoiadas em camadas resistentes sobre solos moles.	-Recalques incompatíveis com a obra.
	<b>Investigação insuficiente do solo, resultados incompatíveis com a real natureza do subsolo.</b>	-Ocorrência de atrito negativo não previsto, reduzindo a carga admissível nominal adotada para a estaca.	-Recalque diferencial.
		-Área não investigada expondo subsolo distinto, número insuficiente de sondagem ou ensaio em áreas extensas e subsolo variado.	-Recalque diferencial.
		-Profundidade de investigação insuficiente do subsolo, não caracterizando camadas de comportamento distinto.	-Mau comportamento das fundações.
	<b>Investigação com falhas, sondagem ineficiente no solo</b>	-Situções com grande variação de propriedades do subsolo, situação não identificada.	-Recalque diferencial.
		-Localização dos furos incompleta, erros na localização do sítio da obra, execução feita em local diferente.	-Mau comportamento das fundações.
		-Adoção de procedimentos indevidos ou ensaio não padronizado.	Apresentará recalque e desempenho inadequado das fundações na Fase de análise, projeto e execução das fundações, comprometida por adoção de resultados/valores incompatíveis: -Comprimento de estacas diferentes do projetado; -Negas em profundidades diferentes do projeto; - Presença de rocha em situação não prevista; - Presença ou ausência de água no subsolo.
		-Adoção de equipamento errado para situação, com defeito ou fora da especificação.	
		-Falta de nivelamento dos furos em relação à referência bem identificada e permanente.	
		-Falhas ao representar os ensaios de laboratório e de campo, descrição equivocada do tipo de solo e espessura de camadas.	
		-Perfurações profundas realizadas em tempos reduzidos ou elevado número de perfurações produzidas pela mesma equipe.	
	-Uso de equipamento que não permite investigar e identificar a resistência e natureza do solo (presença de rochas).		
	-Procedimentos fraudulentos de geração de resultados, apresentação de relatórios de serviços não realizados.		
<b>Interpretação inadequada dos resultados do programa de investigação do solo</b>	-Indicação inadequada do valor NSPT para fase de análise e projeto.	-Apresentará na fase de análise, projeto e execução das fundações recalque, desempenho inadequado das fundações, instabilidade, ocorrência de atrito negativo etc.	
	-Inadequado método de interpretação de resultado de campo e laboratório.		
	-Indevida estimativa de parâmetros geotécnicos das condições de subsolo.		
	-Adoção de valores não representativos ou ausência de identificação de problema no subsolo, indicação de valor muito baixo/auto.		
<b>Casos Especiais – Difícil identificação do Solo</b>	-Influência da vegetação: capacidade da vegetação em causar aumento ou redução volumétrica do solo (raiz de árvore).	-Recalques localizados, recalques progressivos e trincas.	
	-Ausência de identificação de solos colapsíveis ou expansivos, que apresentam variação do seu volume por composição de material instável e poroso, sensível as variações no grau de saturação do solo, devido ao rearranjo das partículas.	-Colapso da estrutura.	
	-Ocorrência de variação da umidade em solos colapsíveis ou expansivos, provocada por vazamento de canalizações pluviais, reservatórios, piscinas, coberturas de grandes áreas sem devida condução da água.	-Colapso da estrutura.	
	-Ocorrência de adensamento da umidade sob níveis de carregamento em solos colapsíveis.	-Colapso da estrutura.	
	-Ausência de controle de variações da umidade de solos expansivos, provocando movimentos alterados de expansão e compressão (lençol freático, regime de chuvas e presença de vegetação).	-Colapso da estrutura.	
	-Ocorrência de grande cavidade e porosidade no solo por presença de rochas calcárias ou dolomíticas, possuem solubilidade água.	-Dolina de colapso.	
	-Por formação de uma cavidade no solo produzida pelo colapso de fina camada de rocha calcária não solubilizada.	-Dolina de colapso.	
	-Presença de zonas cársticas execução de fundações apoiadas diretamente sobre rocha calcária.	-Recalques e rompida por puncionamento.	
	-Por presença de zonas cársticas, formação de cavidades subterrâneas pela infiltração de água no solo causada pela água da chuva coletada no telhado, água coletada por drenos e vazamentos de canalizações de água e esgoto.	- Recalques e dolina de colapso.	

	-Por presença de matacões, interferência nos processos construtivos das fundações diretas, por problemas de interpretação dos resultados de sondagem, matacões confundidos com rocha contínua.	-Recalque diferencial
	-Por presença de matacões, fundação impedida de se apoiar no horizonte resistente previsto em projeto.	-Recalque diferencial.
	-Presença de matacões, interferência nos processos construtivos das fundações indiretas, matacões confundidos com rocha contínua.	-Recalque diferencial.
	-Presença de matacões em execução de fundações profundas, pode resultar em fundações apoiadas de forma não segura ou dificultar implantação das estacas.	-Recalque diferencial.
<b>INDICADORES de Falha</b>	-Motivos econômicos; -Desconhecimento Técnico; -Negligência profissional; -Erro humano; -Gestão ineficiente da equipe de trabalho -Contratação de empresa fraudulenta, inapta ou incapaz.	
<b>RECOMENDAÇÕES - Boa Prática de Engenharia</b>	- Uso da norma ABNT NBR 6122/2010 e 8036/1983; -Programa de investigação; -Número mínimo de furos de sondagem; -Profundidade de exploração; -Visita ao local da obra; -Inspeção às estruturas vizinhas -Experiência e bom senso; - Contratação de serviços de empresas comprovadamente idôneas; -Supervisão nos trabalhos de campo; -Nutrir a cultura que investigação do subsolo não é custo, mas investimento; -Ensaio de adensamento (oedométrico), placas, pressiométrico, prova de carga; Investigação detalhada, programa de investigação, ensaios geofísicos/georadar, sondagem rotativa, medidas de condutividade eletromagnéticas; -Para aumentar a confiabilidade das previsões de projeto, obras de maior porte e/ou complexidade é necessário cruzamento de dados de ensaios de campo e laboratório.	

Fonte: Milititsky, Consoli e Schnaid (2015) – tabela desenvolvida pelo autor.

TABELA 2 – CAUSAS E PROBLEMAS: ANÁLISE E PROJETO DAS FUNDAÇÕES.

ORIGEM - Fase da vida da Fundação	CAUSA do Problema	MECANISMO de ocorrência	PROBLEMAS e DANOS Decorrente na Fundação
<b>ANÁLISE E PROJETO</b> 	<b>Comportamento do solo sob carga</b>	-Adoção perfil de projeto otimista, sem caracterização adequada de todas as situações do subsolo: lençol freático, camada compressível.	- Mau desempenho das fundações, projeto comprometido.
		-Representação inadequada do comportamento do solo pelo uso de correlações empíricas ou semi-empíricas: estimativa de tensão admissível com base resultado NSPT; NSPT e módulo de deformabilidade do solo	-Projeto inadequado, mau desempenho dos elementos de fundação.
		-Uso indevido de resultados de ensaios para estimativa de propriedades do solo não correlacionáveis com o tipo de solicitação (SPT ou CPT)	-Projetos inadequados e problemáticos, mau desempenho das fundações.
		-Adoção de fundações inadequadas face ao comportamento específico do solo: estacas cravadas em solos instáveis ou presença de água.	-Elementos de fundação com defeito.
		-Remoção da crosta pré-adensada existente no topo de depósito das argilas moles para fundação direta, compressibilidade da camada mole	-Grandes recalques.
	<b>Confiabilidade da previsão da capacidade de carga de estacas</b>	-Adoção de métodos inadequados de determinação ou cálculo de capacidade de carga das estacas, variabilidade de resultados.	-Projetos não representativos, mau desempenho das fundações.
		-Variabilidade do subsolo, perfil com grande variabilidade de valores de NSPT, estacas projetadas com penetração em horizontes de resistência incompatível com sistema construtivo adotado, inxequibilidade do projeto.	-Projetos não representativos, mau desempenho das fundações.
	<b>Mecanismos de interação soloestrutura</b>	-Sobreposição de esforços/tensões no solo de fundação direta, bulbo de pressões combinado, avaliação inadequada do seu efeito em obra sendo projetada ou junto à estrutura já existente.	-Recalque por sobreposição de tensões no subsolo.
		-Sobreposição de tensões no solo em fundação indireta em grupo de estacas apoiadas sobre camadas pouco espessas, sobre solo mole. Ausência de análise de capacidade de suporte.	-Ruptura e Recalque por superposição de tensões no subsolo.
		-Estimativa de tensões admissíveis do solo com base em resultados de placa, sendo essas extrapolado para grandes áreas de carregamento, nos quais o bulbo de tensões atinge solo heterogêneo em profundidade.	-Recalque, Projeto de fundação com estimativa de resultados distinto do real.
		-Fundações em estacas muito próximas, de diferentes pilares, sem considerar efeito de sobreposição.	-Redução de eficiência estaqueamento, comprometendo elementos construídos.
		-Fundação direta adjacente à escavação reaterada submetida a esforços horizontais, não observância de reaterro não compactado com presença de canalização enterrada.	-Ruptura por esforços horizontais.
		-Uso de modelos simplificados indevidos para verificação de valores. Verificação pelo método de cálculo do cone de arrancamento, utilizado em fundações superficiais, mas adotado para fundações profundas tracionadas, a cinemática de ruptura é diferente em fundações profundas.	-Condição insegura, projetos com adoção de valores não representativos.
		-Erro de cálculo de tração de grupo de estacas, projetos com adoção de valores superiores ao real por somar as cargas de ruptura de cada estaca individualmente, pois a cinemática de ruptura em grupo de estacas é diferente.	-Ruptura do grupo de estacas ou rupturas individuais.
		-Falta de travamento em duas direções no topo de estacas isoladas esbeltas em camadas de baixa resistência, comprimentos de flambagem maiores que os considerados para os pilares.	-Instabilidade estrutural.

	- Uso de cargas de trabalho nominais sem verificação de flambagem de estacas esbeltas em solos moles	-Instabilidade por flambagem.
<b>Movimentos do Solo induzindo carregamento adicional em Fundações Profundas</b>	-Projeto desconsiderando ocorrência do efeito de atrito negativo em estacas, como em horizontes com aterros recentes sobre solos moles, rebaixamento de nível freático ou estaqueamento em solos moles sensíveis à cravação.	-Recalque, adensamento do solo mole.
	-Projeto em que aterro não foi levado em consideração no cálculo, aterro assimétrico sobre camadas subsuperficiais de solos moles, aparecimento de solicitações horizontais atuantes nas estacas em profundidade.	-Recalque, comprometimento da fundação.
	-Projeto com execução de escavações não protegidas próximas a estruturas já estaqueadas, provoca deslocamentos da massa do solo (alívio de tensões), estacas sem armadura adequada para suportar a flexão decorrente dos deslocamentos; implantação do poço do elevador.	-Desencadeia mau desempenho nos elementos já executados.
	-Projeto de estacas em solos expansivos e colapsíveis sem considerar as condições de comportamento especial dos materiais, adotar inadequadamente solução por fundação rasa.	-Recalque, colapso e mau comportamento dos elementos em contato com a fundação.
<b>Desconhecimento do comportamento real das fundações</b>	-Adoção de sistemas de fundações diferentes na mesma estrutura, por razão de variação de cargas ou profundidade das camadas resistentes do subsolo. Ausência de separação por junta de comportamento; avaliação inadequada de compatibilidade de recalques das diferentes fundações.	-Recalque diferencial.
	-Projeto de fundação por correlação com ensaios de penetração, de valores de capacidade de carga em fundações profundas, sem observar números limites para atrito lateral e resistência de ponta, exceder para valores elevados ou profundidade da estaca impossível de ser atingida.	-Mau comportamento das fundações, valores não representativos
	-Projeto com níveis diferentes de carregamento sem junta, numa mesma estrutura com mesmo tipo de fundação.	-Recalques diferenciais e trincamento da estrutura
	-Projeto de reforço em estacas profundas com problemas, SEM avaliação do possível efeito no conjunto do novo elemento executado.	-Mau comportamento do reforço
	-Projeto com conjunto estaca-solo submetido a carregamentos horizontais sem considerar sobreposição de tensões, gerando zonas com tensões elevadas, áreas de plastificação maiores.	-Maiores deformações para o grupo de estacas.
	-Adoção de fundações profundas para as cargas da estrutura de Pavilhões, com presença de aterro compactados assentes sobre camadas compressíveis e elementos leves internos assentes sobre o piso, apoiado diretamente no aterro - adensamento das camadas compressíveis.	-Grandes recalques, trincamento e deformação no piso, paredes e outras estruturas apoiadas.
	-Projeto apresentando desconhecimento do mecanismo de mobilização da resistência de ponta, que precisa de deslocamentos proporcionais ao diâmetro das estacas escavadas de grande seção para obter recalque admissível na estrutura.	-Recalque diferencial, danos na estrutura.
<b>Dimensionamento da estrutura de fundação</b>	-Erro na determinação das cargas atuantes nas fundações, estruturas submetidas a efeitos dinâmicos ou choques por projeto inadequado.	-Recalque no elementos da fundação.
	-Fundação projetada apenas para carga final atuante, sem considerar complexidade de carregamento que atuam cargas permanentes, cargas acidentais de vento e subpressão. Situação crítica em estacas pré-moldadas.	-Instabilidade estrutural.
	-Erro por indicação apenas de cargas máximas em casos de fundações com solicitações de compressão e momentos atuantes, não considerando o carregamento vertical mínimo, situação típica em reservatórios metálicos elevados sob ação do vento.	-Instabilidade e insegurança estrutural.
	-Erro no dimensionamento de elementos estruturais das fundações, resultando solicitações mau distribuídas: estacas com cargas horizontais indevidamente armadas; vigas de equilíbrio; blocos com dimensionado errado; uso de vigas de grande rigidez calculadas como vigas contínuas.	-Instabilidade e insegurança estrutural.
	-Projeto de armaduras em estacas de concreto armado tracionadas, com erro de cálculo por não prever a fissuração do concreto, provocando a degradação da armadura por abertura de fissuras em meio agressivo.	-Mau desempenho dos elementos de fundação.
	-Uso de ementas padrão em estacas metálicas, não verificadas para carregamento de tração a que são submetidas.	-Instabilidade das estacas.
	-Adoção de solução estrutural onde esforços horizontais não são equilibrados pelas fundações. Projeto não verifica estabilidade global da estrutura.	-Instabilidade estrutural.
	-Carência de detalhes estruturais adequados, como: ligação da armadura de estacas ao bloco de coroamento, falha no detalhe de espera necessária; falha de detalhamento da ancoragem de estacas tracionadas e recobrimento insuficiente (degradação das armaduras).	-Mau desempenho das fundações em longo prazo.
	-Adoção de armadura muito densas no projeto, causando dificuldade construtiva, como: falta de integridade, ausência de recobrimento, falhas nos elementos ou sensível em ambiente agressivo.	-Mau desempenho das fundações em médio prazo, resistência comprometida.
	-Projeto original das estacas inseguro, por ausência de exame de situação das estacas, "como construído", provocando por excentricidade significativas na etapa de execução resultando em alteração nas solicitações.	-Mau desempenho das fundações.
<b>Especificações construtivas: Fundação DIRETA</b>	-Ausência de indicações precisas das contas de assentamento, sapatas dimensionadas de forma inadequada às condições de ocorrência do solo.	-Recalque diferencial
	-Ausência de indicações precisas de onde as fundações deverão ser assentadas terreno, tipo e caracterização do solo.	-Vulnerabilidade, execução em local diferente conforme interpretação.
	-Ausência de indicações precisas da ordem de execução no caso de fundações em cotas diferentes, para evitar descalçamento.	-Possível instabilidade estrutural.
	-Ausência de indicações precisas das características do concreto, sua resistência e trabalhabilidade.	-Comprometimento da integridade e resistência dos elementos estruturais.
	-Ausência de indicações precisas do recobrimento das armaduras, dando origem a elementos expostos ou não protegidos e degradáveis.	-Mau desempenho das fundações.

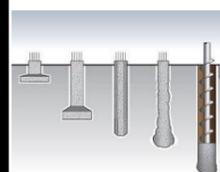
<b>Especificações construtivas: Fundação INDIRETA</b>	-Ausência de indicações referente as profundidades mínimas de projeto, cargas não são transmitidas adequadamente ao solo por adoção de valores definidos por executante não habilitado.	-Instabilidade e mau desempenho das fundações.
	-Ausência de indicações referente ao peso mínimo ou característico do martelo de cravação e nega nas estacas cravadas, causando elementos de fundação com insuficiência de embutimento no solo.	-Mau desempenho das fundações, resistência comprometida.
	-Ausência de indicações referente as características mínimas do equipamento de execução: torque, comprimento mínimo da ferramenta etc.	-Incapacidade de execução até profundidade necessária.
	-Ausência de indicações referente as tensões e características dos materiais das estacas, resultando em fundações construídas com materiais de resistência menor que necessária ou uso de materiais inadequados.	-Comprometimento da integridade e resistência das estacas.
	-Ausência de detalhamento de emendas, importante em elementos submetidos a solicitações de tração, transversais ou momentos.	-Insegurança estrutura, resistência limitada ou inadequada.
	-Ausência de indicações referentes as exigências de controle de comportamento de estacas quanto da cravação de elementos adjacentes em blocos variados. Importante nas estacas de deslocamento, na execução a massa de solo desloca-se.	-Danos às estacas ou redução acentuada de sua resistência de ponta
	-Ausência de indicações referente a proteção contra erosão em locais sujeitos a ela, provocando alívio significativo de tensão e as vezes redução da resistência lateral, flambagem em elementos esbeltos.	-Instabilidade geral, colapso da fundação.
	-Adoção de solução inadequada por falta de indicação e origem das cargas consideradas no projeto, em situação de mudanças de projeto.	-Insegurança ou inadequação da solução projetada.
<b>Fundações sobre ATERROS</b>	-Ausência de indicação da referência e localização das sondagens ou ensaios que o projeto se baseou, podendo ocorrer alterações na geometria do terreno, modificando as condições de projeto (aterros ou cortes).	-Mau desempenho das fundações.
	-Aterros cujo material é disposto sem compactação (solos argilosos) ou sem vibração (solos arenosos); - Disposição de solo por aterros hidráulicos (areias e silte); -Aterros com má compactação, lançamento de camadas espessas/equipamento sem capacidade de transmitir energia ao solo - alto índice de vazios; -Aterros com materiais inadequados, contendo: raízes, material vegetal, argilas, turfas, argilas orgânicas, materiais expansivos; -Aterro com materiais heterogêneos impossibilitando a compactação do aterro: restos de construção, troncos de árvores.	-Recalque do corpo do aterro, recalque total e diferenciais por deformações do corpo do aterro pelo seu peso próprio e/ou pelo carregamento provocado pela fundação.
	-Fundações em aterros construídos sobre solos moles, resultando em adensamento do solo quando um carregamento é aplicado em massa de solo compressível, saturada e baixa permeabilidade – excesso de poropressão, ocasionando acréscimo de tensão efetiva. -Incertezas quanto às premissas de projeto e riscos associados à construção sobre materiais altamente compressíveis, sem monitoramento de recalque e excessos de poropressões.	-Recalque e ruptura do elemento de fundação por deformação do solo natural localizado abaixo do aterro quando da execução de aterros sobre camadas de solo moles.
	-Uso de fundações superficiais para projeto de estacas em aterros sanitários e lixões sem aterro superior de solo (selamento) seja espesso; -Uso de fundações profundas para projeto de estacas em aterros sanitários e lixões sem observar o efeito causado pela decomposição dos resíduos; presença de cloretos que causam corrosão no aço; ácidos e sulfatos que atacam o concreto;	-Recalque diferencial, sujeito a ações bioquímicas decorrentes da degradação da matéria orgânica de seus componentes.
<b>INDICADORES de Falha</b>	-Motivos econômicos; -Erro humano; -Desconhecimento técnico; -Negligência profissional; -Incertezas quanto às premissas de projeto e riscos associados à construção sobre materiais altamente compressíveis;	
<b>RECOMENDAÇÕES - Boa Prática de Engenharia</b>	- Uso das recomendações técnicas da ABNT NBR 6122/2010, ABNT NBR 6118/2003 e ABNT NBR 6118/2014; -Métodos para previsão da capacidade de carga: na prática brasileira são utilizados correlação entre NSPT e resistência lateral e de ponta para vários tipos de estacas; -O conhecimento geotécnico e o controle de execução são mais importantes para satisfazer os requisitos fundamentais de segurança de uma fundação; -Somente utilizar métodos de previsão que tenham sido “calibrados” com provas de carga realizadas em perfis de subsolo semelhante ao da obra, comprando com mais de um modelo de cálculo; -Escolha adequada do tipo de solução de um problema de fundações, considerando a real natureza do subsolo, das solicitações atuantes e o desempenho da estrutura; -Projetos com especificações claras e objetivas são fundamentais para o sucesso na execução de fundações; -Revisão de projeto; Remoção da camada argilosa; -Construir o aterro em etapas; -Usar mantas geotêxteis; -Instalar drenos geotêxteis; -Uso de medidores de recalque	

Fonte: Milititsky, Consoli e Schnaid (2015) – tabela desenvolvida pelo autor.

TABELA 3 – CAUSAS E PROBLEMAS: EXECUÇÃO DAS FUNDAÇÕES.

ORIGEM - Fase da vida da Fundação	CAUSA do Problema	MECANISMO de ocorrência	PROBLEMAS e DANOS Decorrente na Fundação
-----------------------------------	-------------------	-------------------------	--

EXECUÇÃO



<b>Projeto das fundações</b>	-Execução com ausência de especificações e técnicas executivas dos elementos de fundação.	-Vulnerabilidade e insegurança dos elementos de fundações construídas.
<b>Processo executivo envolvendo o solo - Fundação DIRETA</b>	-Execução em solos de diferente comportamento, corte/aterro com fundação assente na mesma cota/apoiada em solos de características diferentes.	-Recalques diferenciais e/ou colapso da estrutura.
	-Amolgamento de solo no fundo da vala causada por falta de limpeza de material caído das paredes de escavação ou remanescentes de escavação.	-Recalques incompatíveis com o projeto e instabilidade.
	-Sobre-escavação preliminar e reaterros mal executados, provocados por apoiar sapatas em condições diferentes das estimadas e ausência de compactação adequada.	-Recalque.
	-Reaterro mal executado com uso de material inapropriado ou executado sem compactação adequada.	-Instabilidade das fundações, recalque.
	-Sapatas executadas em conta superior a canalizações em projeto ou já existente no terreno.	-Comprometimento das fundações
<b>Processo executivo envolvendo elementos estruturais - Fundação DIRETA</b>	-Qualidade inadequada do concreto, com tensão característica inferior à de projeto. Abatimento inadequado do concreto, lançamento e adensamento.	-Condição insegura, comprometimento da integridade da fundação.
	-Ausência de regularização com concreto magro do fundo da cava de fundação, para posterior construção da sapata, resultando em contaminação e problemas de recobrimento da armadura.	-Degradação a médio e longo prazo da sapata.
	-Execução de elementos de fundação com dimensão geométrica incorreta, diferente do projeto, comum em sapatas com altura variável e escalonadas.	- Puncionamento das sapatas e recalque.
	-Presença de água na cava durante a concretagem.	-Comprometimento da integridade e qualidade da peça executada.
	-Adensamento e vibração inadequada do concreto, resultando em estacas sem geometria e integridade de projeto.	-Condição insegura da fundação, degradação ou colapso sob carga.
	-Estrangulamento de seção de pilares enterrados em razão da armadura densa, estribos mal posicionados, concreto com má trabalhabilidade ou falta de limpeza da forma e desforma.	-Ruptura da peça, colapso, integridade comprometida.
	-Armaduras mal posicionadas ou insuficientes, resultando problemas de recobrimento ou não atender as necessidades das solicitações.	-Insegurança estrutural.
	-Junta de dilatação mal executada ou ausência, fundações apoiadas sob materiais de comportamento muito diferente.	-.Recalque diferencial.
<b>Processo executivo envolvendo elementos estruturais – Fundação INDIRETA</b>	-Erros de locação de estacas ou excentricidade não consideradas em cálculo de estacas, gerando solicitações não previstas em viga de equilíbrio, bloco de coroamento e estaca.	-Mau funcionamento e redução da eficiência dos elementos de fundação, por solicitações não previstas.
	-Erros ou desvios de execução – matacões ou blocos na massa do solo.	
	-Execução com erros de diâmetro ou tamanho das estacas, diferente de projeto, resistência insuficiente das estacas.	-Mau desempenho das fundações.
	-Execução de estacas diferentes num mesmo bloco por falta de acesso do equipamento, resultando em rigidez diferente da projetada, baixa.	-Recalque.
	-Inclinação final executada em desacordo com o projeto, por dificuldade construtiva ou erro, resultando solicitações diferentes das previstas.	-Condição insegurança da fundação.
	-Pilares com excentricidade apoiados sobre estacas sem bloco de coroamento e excêntricos; blocos de rigidez e não vinculado adequadamente as estacas na estrutura a suportar.	-Mau funcionamento e redução da eficiência dos elementos de fundação.
	-Falta de limpeza na cabeça da estaca para vinculação ao bloco, resulta em contaminação ou sujeira na interface das estacas.	- Deformações durante o carregamento, trincas.
	-Falta de vinculação entre estacas e blocos de coroamento em obras de pontes por erosão do concreto fresco devido à elevação do nível do rio.	- Mau desempenho das fundações, resistência comprometida.
	-Ausência ou posição incorreta de armadura de fretagem de projeto no bloco/elemento, evitar.	-Insegurança estrutural, mau desempenho das fundações.
	-Cota de arrasamento diferente do projeto, resultando em necessidade de emenda, perda de espera de pilar e prolongamento.	-Situação instável e insegura.
	-Posição indevida da armadura ou falta de efetiva vinculação nos casos de estacas tracionadas, não transmitindo a solicitação a elas.	-Ruptura, desvinculação do elemento de fundação.
	-Características do concreto inadequada resultando em problemas construtivos e degradação.	- Recalque.
<b>ESTACAS CRAVADAS</b>	-Falta ou excesso de energia de cravação pelo peso insuficiente ou mais pesado do martelo, baixa energia do sistema de cravação, insuficiência para ultrapassar obstruções, fundações cravadas aquém das necessidades de projeto.	-Mau desempenho das fundações.
	-Compactação do solo granular pela cravação de estacas de deslocamento, provocando assimetria de bloco em blocos com muitas estacas.	-Mau desempenho das fundações.
	-Levantamento de estacas já cravadas pela execução de novas estacas, típico de blocos com várias estacas, provocam deslocamento solo na cravação.	-Mau desempenho e deformação da estaca, descontinuidade de fuste.
	-Nega falsa, penetração na recravação à estaca penetra facilmente, por geração de poropressões negativas durante a cravação ou relaxamento do solo.	-Estaca com redução da capacidade de carga.
	-Flexão dos elementos sendo cravados, deslocamento lateral das estacas durante a cravação.	-Mau desempenho, redução da resistência lateral, danos e flambagem em fundações esbeltas.
	-Elevação da pressão neutra em solos argilosos saturados em grupos de estacas muito próximas a taludes.	-Ruptura da fundação.
	-Amolgamento de solos argilosos saturados.	-Redução da resistência dos elementos de fundação.
	-Uso de material inadequado, com baixa resistência e degradação, sem geometria adequada para servir de fundação, esbeltos, não retilíneos.	-Baixa resistência dos elementos de fundação.

<b>ESTACA DE MADEIRA</b>	-Falta de proteção da cabeça da estaca.	-Dano e amortecimento na cravação.
	-Danos na ponta da estaca, provocados por obstruções e cravação enérgica.	-Mau desempenho da estaca.
	-Emendas inadequadas por não resistir a cravação ou esforços de serviço.	-Mau desempenho.
<b>ESTACA METÁLICA</b>	-Uso de eletrodo inapropriado, cordão sem comprimento necessário ou soldagem inadequada entre elementos de fundação.	-Quebra na cravação, transmissão de cargas à estaca abaixo da solda.
	-Erro de dimensionamento de emenda de estacas metálicas cravadas.	-Resistência insuficiente para resistir cravação/solicitação de projeto.
	- Comprimento excepcional das estacas esbeltas, maiores dos previstos em projeto, causado pelo desvio de verticalidade pela presença de matacão ou horizonte de rocha, não atingindo a nega especificada.	-Mau desempenho das estacas, resistência insuficiente.
	-Falha em cravação de estacas esbeltas em solos moles.	-Instabilidade e flambagem das estacas.

	-Presença de obstruções/excesso de energia na cravação, estacas metálicas danificadas em cravação, indução de falsa nega, quebra de estaca não identificada e limitação indevida de comprimento.	-Mau desempenho das estacas, resistência insuficiente.
<b>ESTACA PRÉ-MOLDADAS DE CONCRETO</b>	-Execução de estaca com concreto de baixa resistência por cura não apropriada/dosagem pobre, não atingir adequada resistência projetada do material.	-Trincas no manuseio, ruptura do corpo do elemento da fundação.
	-Estaca com armadura inadequada, por falta de seção de aço na cabeça ou ponta da estaca, armadura mau posicionada.	-Esmagamento da seção da fundação durante a cravação.
	-Uso de emendas inadequadas não resistindo a cravação ou esforços de serviço, uso disseminado de talas metálicas.	-Ruptura da estaca.
	-Execução com excesso de cravação – exumada.	-Ruptura da estaca.
	-Ocorrência de rotação do fuste durante a cravação.	-Dano estrutural, ruptura.
	-Manuseio inadequado da estaca no canteiro, descarga e colocação no equipamento de cravação.	-Trincas no elemento de fundação.
	-Falta ou ineficiência de proteção da cabeça da estaca durante escavação (capacete metálico, cepo de madeira), por ausência de folga, choque do martelo/equipamento prejudicando a transferência da energia à estaca, nega não representativa.	-Mau desempenho das estacas, danos na cabeça da estaca.
	-Choque excêntrico do martelo danificando a cabeça da estaca, falha de alinhamento e mau uso, distâncias diferentes de centro de gravidade.	-Mau desempenho das estacas, danos na cabeça da estaca.
<b>ESTACA FRANKI</b>	-Associado às exigências de cravação, inadequada relação peso martelo vs peso da estaca.	-Fadiga da estaca por excesso de cravação.
	-Estrangulamento do fuste na etapa de concretagem, quando executada em solos moles, por efeito do apiloamento do concreto.	-Ruptura do solo externo e contaminação da estaca.
	-Injeção de volume menor que o projetado de material.	-Mau desempenho do elemento de fundação, danos de integridade.
	-Procedimento construtivo inadequado no levantamento do tubo.	-Dano na integridade da estaca por descontinuidade do fuste.
	-Falha ao executar cravação de estaca próxima à estaca recém-executada.	-Danos de integridade em estaca Franki recém-executada.
	-Uso de agregados contaminados ou cimento em processo de hidratação.	-Baixa resistência estrutural.
<b>ESTACA MEGA – reforço</b>	-Mistura inadequada dos agregados e cimento.	-Baixa resistência estrutural.
	-Falta de ancoragem da armadura na base, quando é possível levantar a estaca pela cravação de estaca próxima ou tracionada, sujeito a levantamento e alargamento da base.	-Estrangulamento e deslocamento de fuste e exposição de armadura.
	-Falta de resistência da fundação existente, na qual a estaca será apoiada para permitir penetração.	-Danificação da estrutura.
	-Má vinculação entre elementos macaqueados.	-Elemento estrutural não contínuo.
<b>GENERALIDADES ESTACAS ESCAVADAS</b>	-Falha de execução de estacas concretadas em perfurações contendo cavidades deixadas por desmoronamento, cavidade preenchida com ar ou água.	-Estrangulamento do fuste, descontinuidade e falta de integridade.
	-Falha de execução de estacas moldas no local, por desmoronamento do solo causado pela velocidade excessiva do revestimento ou altura interna de concreto insuficiente em solos moles.	-Estrangulamento do fuste, descontinuidade e falta de integridade da estaca, diâmetro reduzido da estaca.
	-Dosagem de concreto pobre em cimento e traço inadequado por segregação na concretagem.	-Baixa resistência ou falta de integridade da estaca.
	-Demora na concretagem, concreto já com início de pega e cimento em hidratação.	-Baixa resistência ou falta de integridade da estaca.
	-Presença de armadura pesada ou mal posicionada dificultando a concretagem, espaçadores e enrijecedores de armadura incorretos.	-Dificuldade de concretagem.
	-Limpeza de base inadequada provocando contato entre contato e material abaixo dele.	-Redução da resistência de ponta da estaca.
	-Presença de água na perfuração por ocasião da concretagem, sem uso da lama bentonítica, concreto contaminado ou vazio.	-Baixa resistência e problema de integridade.
	-Desmoronamento das paredes da escavação, não protegidas durante a concretagem.	-Mau desempenho da fundação, interferência continuidade da estaca.
	-Execução de estaca próxima à estaca recém-executada em solos instáveis ou pouco resistentes.	-Baixa resistência e problema de integridade.
	-Variação de diâmetro da estaca pela presença de solos muito moles, incapaz de resistir à pressão do concreto fluido.	-Fundação instável e seccionamento do fuste.
	-Presença de artesianismo (água sob pressão), difícil identificação.	-Impedimento da execução da estaca, comprometendo a concretagem.
	-Uso de concreto de baixa trabalhabilidade em estacas armadas, por armadura impedir contato do concreto com solo.	-Redução de resistência e falta de integridade do fuste.
-Erro durante a retirada do revestimento usados para proteger a escavação.	-Descontinuidade da estaca, seccionamento do fuste das estacas.	
-Uso indevido de Broca em terrenos instáveis ou abaixo do nível de água.	-Comprometimento de integridade e continuidade das estacas.	
-Escavação de várias estacas para posterior concretagem, vulnerável a presença de água no fuste, falta de limpeza da base (desmoronamento).	-Redução ou comprometimento de resistência.	

<b>BROCA – execução com trado manual ou mecânico</b>	-Inadequada mistura e trabalhabilidade do concreto.	-Comprometimento de integridade e não resistência das estacas.
<b>ESTACA STRAUSS</b>	-Uso de concreto com trabalhabilidade inadequada ao sistema, segregação na concretagem, concreto com abatimento baixo - <i>slump</i> ou fator a/c.	-Mau desempenho da estaca.
	-Concreto não homogêneo, mal misturado, típico de mistura manual.	-Baixa resistência da estaca e mau desempenho da estaca.
	-Falta de revestimento nos trechos necessários das paredes da escavação.	-Instabilidade das paredes de escavação.
	-Uso de concreto de má qualidade, cimento estocado inadequadamente (hidratado).	- Redução da resistência da estaca.
<b>ESTACA MECÂNICA</b>	-Uso de equipamento sem a capacidade de escavação necessária ou limitação de comprimento para atender solicitações de projeto.	-Capacidade de carga insuficiente da estaca.
	-Concreto de trabalhabilidade inadequada, com abatimento reduzido ( <i>slump</i> ).	-Descontinuidade da estaca.
	-Contaminação no concreto da cabeça da estaca, sem a devida limpeza, contaminação ou sujeira na interface da estaca.	-Deformações durante o carregamento, trincas.
	-Falha na concretagem causado pela instabilidade do solo externo ao revestimento, devido a retirada do solo.	-Colapso localizado.
	-Falha de execução, concretagem interrompida por falta de fornecimento do concreto e reiniciada posteriormente, formação de junta seca.	-Descontinuidade e integridade da estaca.
	-Abertura de várias estacas para posterior concretagem, ausência de limpeza de base e estabilidade das paredes.	-Instabilidade, redução ou comprometimento de resistência.
<b>ESTACA ESCAVADA – AUXÍLIO DE LAMA</b>	-Demora na concretagem de elementos escavados.	-Redução da resistência lateral.
	-Uso da lama somente após ocorrência de instabilidade da escavação, sujeito a concretagem com lama bentonítica contaminada, por acúmulo de solo.	-Defeito no fuste da estaca, integridade.
	-Falta de controle de posição do tubo tremie (tremonha).	-Seccionamento do fuste da estaca.
	-Execução com parada e reinício de concretagem.	-Descontinuidade do fuste do elemento em execução.
	-Falta de verificação da densidade da lama, camada de lama fixa na parede da estaca, contaminação do material da estaca.	-Mau desempenho da estaca e integridade.
<b>ESTACA RAIZ</b>	-Usar concreto sem consumo mínimo do cimento e condições de fluidez indicados por norma.	-Descontinuidade, integridade e contaminação da estaca.
	-Demora na concretagem de elementos escavados, erro na execução com auxílio de lama.	-Redução da resistência lateral.
	-Erro na emenda de armadura nas estacas tracionadas, dificuldade de injeção, problema de ausência de efetividade na transmissão de carga.	-Mau desempenho das fundações.
<b>ESTACA HÉLICE CONTÍNUA</b>	-Injeção ou trabalhabilidade inadequada da argamassa por interferência da armadura.	-Estrangulamento do fuste.
	-Retirada do revestimento sem controle.	-Descontinuidade do fuste.
	-Execução inadequada na presença de espessa camada muito mole de solo.	-Seccionamento do fuste.
	-Injeção prejudicada pela presença de artesianismo (água sob pressão).	-Elementos de fundação sem integridade.
	-Uso de material inadequado para concretagem.	-Baixa resistência e degradação das estacas.
	-Equipamento sem capacidade para atingir profundidade de projeto, com torque insuficiente ou haste curta.	-Estacas de resistência inferior à projetado.
	-Execução de escavação sem a penetração do trato no solo na profundidade <i>overflight</i> , provocando alívio de tensões e perda de material.	-Baixa resistência das estacas.
	-Falha no início da concretagem, levantamento excessivo do trado para permitir concretagem.	-Estaca sem resistência de ponta.
	-Adoção de procedimento indevido, quando hélice é utilizada somente como ferramenta para escavação por erro operacional na execução.	-Mau desempenho dos elementos.
	-Execução de estaca sem controle, por velocidade excessiva de subida do trado.	-Descontinuidade da estaca.
<b>ESTACA TUBULÕES</b>	-Dificuldade ou impossibilidade de colocação da armadura projetada na estaca, por erro de detalhamento ou baixa trabalhabilidade do concreto.	-Impossibilidade de execução do elemento de fundação.
	-Procedimentos impróprios para colocação de armadura na estaca, uso de equipamento impróprio ou choque, posição inadequada das armaduras.	- Descontinuidade e falha na integridade da estaca.
	-Execução de concretagem não pressurizada até topo estaca.	-Descontinuidade e falha na integridade da estaca.
	-Adição de água no recebimento do concreto em obra, apresentará baixo <i>slump</i> e fator a/c.	-Baixa resistência da estaca.
	-Uso de concreto inadequado para estaca: uso de cimento fabricado com escória, inadequação da granulometria dos agregados.	-Segregação dos elementos da estaca, exsudação do concreto.
<b>ESTACA TUBULÕES</b>	-Material da base não compatível com a tensão de projeto.	-Mau comportamento das fundações.
	-Dimensões e geometria incorreta do elemento de fundação, comum em tubulões não circulares, tensões incompatíveis com a estrutura ou solo.	-Mau comportamento das fundações.
	-Presença de água durante a concretagem.	-Danos na integridade e qualidade da estaca executada.
	-Mau adensamento do concreto apresentará peças sem geometria, falta de recobrimento da armadura.	-Condição insegura, degradação e colapso sob carga da fundação.
	-Armaduras mal posicionadas ou insuficientes, resultando erro de recobrimento das armaduras.	-Dano de integridade a longo prazo.
	-Uso de agregado graúdo com dimensão de “pedra de mão” no concreto para reduzir custos.	-Estacas sem devida integridade.

<b>Controle dos volumes concretados</b>	-Ausência de identificação de situação anômalas ao concretar estaca que está solicitando volume de concreto superior ao projetado.	-Mau desempenho das fundações.
<b>Preparo da cabeça das estacas de concreto</b>	-Uso de ferramenta pesada para preparo da cabeça da estaca, marteletes de impacto, danos no topo da estaca.	-Eventual trincamento do fuste.
	-Bloco executado em cabeça de estaca com concreto contaminada, falha de limpeza.	-Baixa resistência da estaca.
<b>Ensaio de integridade PIT - Crosshole</b>	-Falha ao não detectar pequenos defeitos ou problemas existentes na estaca: falhas de cobrimento das armaduras, pequena segregação de concreto/vazios.	-Vulnerabilidade das fundações, integridade não representativa.
	- Erro de análise, ausência de diagnóstico confiável e boa utilização dos ensaios de integridade, realizado por equipe desqualificada ou pouca experiência. Análise não representativa da integridade da estaca, por apresentar natural variação de seção e/ou características do material.	-Vulnerabilidade das fundações, adoção de diagnóstico errado, como “condenado” ou com “defeitos”
	-Ausência de inserção de tubos no corpo da estaca para realizar ensaio do tipo Croohole.	-Impossibilidade de obter dados do ensaio por ausência da fonte geradora de ondas.
<b>Ensaio de Carga PCE - PCD</b>	-Erro de interpretação dos resultados de provas de carga, por adoção de diferentes métodos de interpretação, dados não representativos da capacidade de carga da estaca.	-Vulnerabilidade das fundações.
<b>INDICADORES de Falha</b>	-Motivos econômicos; -Erro humano; -Desconhecimento técnico; -Negligência profissional; -Incertezas quanto às premissas de projeto e riscos associados à construção sobre materiais altamente compressíveis; -Execução diferente do Projeto real; Dificuldade construtiva.	
<b>RECOMENDAÇÕES - Boa Prática de Engenharia</b>	-Uso da ABNT NBR 6122/2010 Projeto e Execução de Fundações e ensaios obrigatórios; -Controle e supervisão das execuções por profissional qualificado nas diversas etapas que constituem a solução de um problema de fundação; -Treinamento, experiência, prática, bom senso, conhecimento acumulado/desenvolvido e controle permanente; -Contratação de serviços de empresas comprovadamente idôneas, com capacidade técnica e experiência executiva; -Supervisão de construção, inspeção, controle e ensaios necessários; -Registros construtivos, controle e monitoramento; -Elaboração de planejamento de programa de avaliação e controle, antes do início da execução das fundações; -Qualidade das fundações: uso das normas e ensaios; -ABNT NBR 6489/1984 – Ensaio de placa no terreno; -ABNT NBR 12131/2006 – Prova de carga estática – estacas; -ABNT NBR 13208/2007 – Ensaio de carregamento – estacas; -ABNT NBR 13208/2007 – Verificação de integridade das estacas; -Ensaio de PDA – Pile Driving Analyzer; -Ensaio de PIT – Pile Integridade Testing - resistência de ponta, prova de carga; -Novas estacas devem ser recravadas após 24 horas, para verificação de desempenho; -Uso de concreto fluido.	

Fonte: Milititsky, Consoli e Schnaid (2015) – tabela desenvolvida pelo autor.

TABELA 4 – CAUSAS E PROBLEMAS: EVENTOS PÓS-CONCLUSÃO DAS FUNDAÇÕES.

ORIGEM - Fase da vida da Fundação	CAUSA do Problema	MECANISMO de ocorrência	PROBLEMAS e DANOS Decorrente na Fundação
<b>EVENTOS PÓS-CONCLUSÃO DA</b>	<b>Alterações no Carregamento Próprio da Superestrutura.</b>	-Alteração no uso da edificação provocando novas solicitações, sobrecargas e má distribuição das cargas, que não foram previstas pelo projeto inicial: uso de prédios comerciais, industriais, estocagem de material, depósitos.	-Recalques incompatíveis com fundação, alteração da segurança e estabilidade.

<b>FUNDAÇÃO</b>		-Ampliação e modificações não previstas no projeto original, pode ocorrer variação de carregamento nas fundações, exceder a capacidade existente, novas solicitações de distribuição de cargas: inclusão de mezanino, paredes removidas, viga metálica.	-Recalque, mau desempenho das fundações, alteração de uso no terreno do vizinho.
	<b>Movimento da Massa de Solo Decorrente de Fatores Externos.</b>  -Escavações, -Rebaixamento de lençóis freáticos -Explosões; -Trafego pesado; -Demolições; -Cravação de estacas; -Compactação vibratória de solos.	-Alteração de uso de terrenos vizinhos sem cuidado de promover junta entre a nova e já existe construção ou construção de grande porte/estocagem de materiais pesados junto à prédios com fundação direta ou profunda leves, sobreposição de tensões no solo.	-Recalque, fissuras, distorção da obra existente.
		-Execução de grandes escavações próximas a construções, provocando movimentação da massa de solo junto a estrutura existente ou estrutura de contenção, sujeito aos efeitos do deslocamento do solo junto a escavações.	-Recalque, fissuras, deslocamento e movimento do solo.
		-Técnica empregada inadequada para escavações, problemas de movimento da massa do solo, elementos cravados que provocam vibrações, cortinas de estacas justapostas executadas em solos granulares abaixo do nível de água ou argilas moles, podem provocar perda de solo. Escavação realizada em desacordo com projeto.	-Deslocamentos e ruptura localizada.
		-Escavações não protegidas executadas junto a estruturas existentes, ausência de estronca.	-Instabilidade, acidentes em obras urbanas.
		-Ausência de verificação do efeito da sobrecarga na estabilidade do talude, provocando instabilidade do talude.	-Eventuais deslizamentos, instabilidade.
		-Presença de chuvas intensas podem provocar instabilidade de encostas naturais, afetando a segurança de fundação existentes, ruptura de face ou generalizada do solo.	-Deslizamento de volume de solo, ruptura de solo.
		-Projeto de fundação não levou em consideração possibilidade de carregamento do solo. Rompimento de canalizações enterradas provoca o carregamento do solo e originando vazios.	-Solapamento e instabilidade das fundações existentes.
		-Acúmulo de água em zona localizada de solo, inexistente antes da execução das estruturas, solo inundado, provocando saturação, erosão e solapamento em solos porosos colapsíveis, por inadequada ou inexistente sistema de coleta e condução eficiente da água.	-Instabilidade da massa de solo e recalque em solos instáveis.
		-Variações do nível de água não consideradas no projeto ou prevista pela sondagem, maiores solicitações afetam a estabilidade do subsolo, resulta em valores de empuxos nas contenções inferiores aos reais, e dá origem à subpressão.	-Ruptura dos elementos enterrados, recalques significativos.
		-Rebaixamento do nível de água afetando fundações vizinhas, por variação do peso efetivo do solo que provoca um aumento da tensão efetiva atuante na massa de solo, resultando em deformações, solos granulares fofos, argilosos, pouco compacto.	-Recalque, distorções.
		-Ação de animais (formigas, cupins, tatus) resultando em escavações indevidas, aparecimento de grandes vazios abaixo da cota de implantação de fundações superficiais, provocando movimentações sob carga.	-Instabilidade da fundação.
		-Erosão de fundações parcialmente executadas dentro de leitos com água corrente, erosão por aumento da velocidade da água próxima resulta o transporte do material existente no leito. A inclusão de estruturas novas altera o perfil do leito após conclusão dos trabalhos.	-Solapamento, colapso, ruptura e estabilidade geral da fundação comprometida.
		-Deslocamento do solo por vibrações e choques internos e externos próximos a uma edificação, causado por equipamentos industriais, cravação de estacas, compactação vibratória/dinâmica, explosões, choque de embarcações. típico em fundações diretas assentes em solos granulares fofos.	-Recalque, trincas, danos estéticos, estacas com integridade danificada.
	-Inadequada compactação vibratória e dinâmica em solos argilosos e siltosos com lençol freático próximo a superfície, solos granulares e coesivos.	-Dano estrutural e arquitetônico	
	-Uso indevido de explosivos provocando vibrações e lançamento de fragmento e pressões sonoras.	-Microfissuras, trincas, danos estruturais, colapso.	
	-Impacto por acidente causado por choque de embarcações em cais e pontes danificando as estacas que suportam tais estruturas.	-Integridade comprometida da estaca.	
	<b>Degradação dos materiais</b>	-Deterioração do concreto dos elementos estruturais ao longo do tempo, por apresentar alto índice de permeabilidade e porosidade, fator a/c.	-Fissuras, fragilidade estrutural.
		-Deterioração do concreto por vulnerabilidade ao ataque químico, alcalinidade e reatividade dos compostos hidratados de cimento; reação álcalisagregados típico em grandes peças de concreto armado que são submetidas a umidade frequente.	-Fragilidade da estrutura, fissuras, deformações devido a expansão.
-Degradação das superfícies de concreto, corrosão em estacas de concreto armado em plataformas marítimas, ação de cloretos: carbonatação, lixiviação, retração, fuligem, fungos, concentração salina.		-Vida útil comprometida, fissuras, corrosão das armaduras, redução do PH, despassivação da armadura.	
-Estacas metálicas executadas em solos naturais em contato com água e ar sujeitas a corrosão, ou solos contendo materiais agressivos ou aterros localizados em ambientes marinhos.		-Comprometimento da vida útil do elemento de fundação, corrosão.	
	-Degradação e apodrecimento de estacas de madeira afetadas pela variação do nível da água em cais ou ataques de insetos, estruturas totalmente imersas em solo quando encontram-se na água, combinação de ar, umidade e temperatura favorável.	-Redução da seção ou perda total da integridade da estaca, vida útil comprometida.	
<b>INDICADORES de Falha</b>	-Motivos econômicos; -Desconhecimento Técnico; -Negligência profissional; -Erro humano; -Gestão ineficiente da equipe de trabalho -Contratação de empresa fraudulenta, inapta ou incapaz.		

**RECOMENDAÇÕES**

**- Boa Prática de  
Engenharia**

-ABNT NBR 9061/1981 execução de escavações abertas; Monitoramento dos valores de deslocamento verticais e horizontais dos materiais do solo; -Técnica empregada para escavações; -Previsão de metodologia construtiva, programação cuidadosa das etapas e efeitos na estabilidade das construções vizinhas; -Avaliar sempre os possíveis efeitos da instalação de obra nova nas estruturas vizinhas; -Programar acompanhamento. -Jamais contar com a sorte.

**Fonte:** Milititsky, Consoli e Schnaid (2015) – tabela desenvolvida pelo autor.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Evidentemente que não foram apresentados em sua totalidade todos os mecanismos causadores dos problemas que ocorrem nas etapas de vida das fundações, não existe acervo ou coletânea com todas as situações compiladas, dificultando a capacidade para produzir e indicar todas as causas e problemas nesse estudo, contudo espera-se chamar atenção dos profissionais da construção civil para consciência dos riscos e frequência dos insucessos. Esse estudo pode motivar novos esforços de pesquisas e trabalhos acadêmicos, pois cada classificação apresentada, possui abrangência e detalhes técnicos que podem ser um meio específico de pesquisa. Além disso, evoluir acrescentando nas tabelas colunas indicando, profilaxia, prognóstico, sintomas na estrutura em forma de trincas e ensaios aplicáveis antes, durante e após execução.

É preciso homogeneizar os métodos, conceitos, investigação e divulgação das manifestações patológicas presentes na construção civil, pois não há sistema universal aceito. Esse estudo sugere para trabalhos futuros, com objetivo de acompanhar a realidade das manifestações patológicas presentes na construção civil, desenvolver um software ou aplicativo, de modo que todos os intervenientes no processo de reabilitação e diagnóstico, disponham de um instrumento de trabalho que permita rapidamente obter informações corretas e adequadas sobre a problemática e servir de objeto para intervenção ou tomada de decisão assertiva no campo profissional.

Diante disso é interessante o desenvolvimento de uma ferramenta de busca técnica, com objetivo de viabilizar acesso à informação aos profissionais, através de aplicativos ou softwares que podem atuar como uma biblioteca das patologias e registro de lições aprendidas. Iniciativas otimistas ocorrem em alguns países e o tema ganha notoriedade no mercado e universidades pelo mundo, a disciplina de Patologia da Construção está presente no programa pedagógico das universidades, assim como incentivos de pesquisa e formação de núcleos, destacassem organizações internacionais de pesquisa que procuram organizar, consolidar e ampliar conhecimento nessa área, como:

- IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas – BRASIL;
- PATORREB: Grupo de Pesquisa de Patologias – PORTUGAL;
- CSTC - Centro Científico e Técnico da Empresa Construtora – BÉLGICA;
- BRE - Centro de Ciências de Construção – INGLATERRA;

- NCREP - Consultoria em Reabilitação do Edificado e Património – PORTUGAL;
- EPEBAT - Associação para o Estudo da Patologia e Manutenção do Edifício – FRANÇA;
- CIB - Conselho Internacional de Pesquisa e Inovação em Construção - Comissão de trabalho W86 Patologia das Construções – FRANÇA.

Por fim, frente ao estudo realizado fica evidente a complexidade do tema Patologia das Fundações, foi necessário toda experiência profissional e vida acadêmica de três autores para apresentar o conteúdo e seu desenvolvimento. Inicialmente o tema é intimidante ao se constatar a inexistência de padronização de metodologia e técnicas de diagnóstico, aliada há poucos registros de episódios, livros e relatos que permitam acesso as ocorrências e insucessos das manifestações patológicas das fundações, mas é um sentimento comum diante de uma área que está sendo desbravada e propensa a horizontes favoráveis.

## REFERÊNCIAS

ABMS/ABEF. **Fundações Teoria e Prática**. São Paulo: PINI, 2006.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6122. **Projeto e execução de fundações**. Rio de Janeiro, 2010.

APPLETON, J. **Estudos de Diagnóstico em Edifícios da Experiência à Ciência**. A Intervenção no Património. Práticas de Conservação e Reabilitação. Porto: FEUP, 2002.

CÁNOVAS, Manuel F. **Patologia e Terapia do Concreto Armado**. Ed. Pini Ltda: São Paulo, 1988.

CÓIAS, Vítor. **Inspeções e Ensaio na Reabilitação de Edifícios**. Lisboa: IST PRESS, 2006.

FERREIRA, Joana Alexandra de Almeida. 2010. **Técnicas de Diagnóstico de Patologias em Edifícios**. Porto: FEUP, 2010.

HACHICH, Waldemar; F. FALCONI, F.; SAES, J.L; FROTA, R.G.Q; CARVALHO, C.S; NIYAMA, S. **Fundações: teoria e prática**. São Paulo: Pini, 2002.

HELENE, Paulo R. **Manual Prático para Reparo e Reforço de Estruturas de Concreto**. São Paulo, 1988.

LOGEAS, L. **La Pathologie des Foundations**. Paris: du Moniteur, 1982.

MAIA, J. **Inspeções e Diagnóstico. Tecnologias para a manutenção e reabilitação de estruturas**. Oeiras, ISQ - Instituto de Soldadura e Qualidade.

MILITITSKY, Jarbas; CONSOLI, Nilo Cezar; SCHNAID, Fernando. **Patologia das fundações**. São Paulo: Oficina de textos, 2015.

VEIGA, M<sup>a</sup>., Aguiar, J., Silva, A., Carvalho, F. **Conservação e Renovação de Revestimentos de Paredes de Edifícios Antigos**. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2004.

VELLOSO, D. A., & LOPES, F. R. **Fundações (Vol. I)**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

VITÓRIO, Afonso; **Fundamentos Da Patologia Das Estruturas Nas Perícias De Engenharia**. Recife: IBAPE, 2003.

SOUZA, V. C. M., RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: Pini, 1998.

[http://www.oz-diagnostico.pt/\\_pt/brochuras/OH.pdf](http://www.oz-diagnostico.pt/_pt/brochuras/OH.pdf). acesso 12 de março de 2019.