XVII Congresso Internacional sobre Patologia e
Reabilitação das Construções

XVII Congreso Internacional sobre Patología y
Rehabilitación de las Construcciones

XVII International Conference on Pathology and
Constructions Rehabilitation

FORTALEZA (Brasil), 3 a 5 de junho de 2021

<https://doi.org/10.4322/CINPAR.2021.136>

**Análise das manifestações patológicas ocasionadas por recalque diferencial
em uma fundação do tipo radier - Estudo de caso em um edifício na cidade de
Maracanaú-CE**

***Analysis of the pathological manifestations caused by differential settlement
in a sill plate foundation - Case study in a building in the city of
Maracanaú-CE.***

Dyaloisio ARAÚJO ¹, Matheus ARAÚJO ², Adiláyne MENDES ³, Caio DIÓGENES ⁴, Daniele FERNANDES ⁵,
Douglas SAMPAIO ⁶

¹ KTEK Soluções de Engenharia, Fortaleza, Brasil, ktekengenharia@gmail.com

² Universidade Federal do Ceará, Russas, Brasil, m.rib.araujo@gmail.com

³ Universidade Federal do Ceará, Russas, Brasil, adilaynemendes@gmail.com

⁴ Universidade Federal do Ceará, Russas, Brasil, caiod.silva2@gmail.com

⁵ Universidade Federal do Ceará, Russas, Brasil, danny.fern@alu.ufc.br

⁶ Universidade Federal do Ceará, Russas, Brasil, douglassampaio@alu.ufc.br

Resumo:

Muitas edificações sofrem com o surgimento de algum tipo de anomalia, comprometendo sua estrutura, desempenho ou até mesmo o seu aspecto visual. Portanto, é imprescindível que o estudo de danos se desenvolva e promova maior acurácia nos diagnósticos e melhores soluções para problemas que se manifestam. Este trabalho busca apresentar os resultados obtidos a partir da análise do surgimento de manifestações patológicas em um edifício localizado em Maracanaú, Ceará. A edificação em questão possui 11 anos e é composta por 11 blocos, sendo o foco do estudo o bloco de apartamentos 09, localizado na parte mais ao sul do terreno, no qual foram encontradas as principais anomalias. Por meio de uma inspeção visual, foram encontradas diversas fissuras nas alvenarias de uma das fachadas, quase sempre apresentando inclinação de aproximadamente 45° e seguindo a mesma direção, configurando a ocorrência de recalque diferencial na fundação. As principais causas foram identificadas como a falta de tratamento adequado do solo e dimensionamento insatisfatório da fundação, composta por um radier. Além disso, a inclinação do terreno, possivelmente, causou rebaixamento no nível freático, gerando variação no estado de tensões e proporcionando adensamento do solo em determinados pontos, o que pode ter sido agravado pela sua heterogeneidade. Para isto, foram realizadas sondagens SPT, a fim de avaliar a resistência à penetração, composição geológica das camadas e nível freático do subsolo, além do levantamento planialtimétrico. Por meio dos resultados do ensaio mencionado, constatou-se que o solo que dá suporte à estrutura de fundação apresenta heterogeneidade em relação a seu tipo e à resistência à penetração de suas camadas, bem como variação na profundidade do lençol freático. Desse modo, foi possível concluir os principais processos causadores dos problemas encontrados, assim como as soluções recomendadas neste tipo de situação.

Palavras-Chaves: Manifestações patológicas. Estrutura. Fundação Radier. Recalque diferencial.

Abstract: Many buildings suffer from the appearance of some type of anomaly, compromising their structure, performance or even their visual aspect. Therefore, it is essential that the study of damages develops and promotes greater accuracy in diagnosis and better solutions to problems that manifest themselves. This work seeks to present the results obtained in the technical report from the analysis of the appearance of pathological manifestations in a building located in Maracanaú, Ceará. The building in question is 11 years old and is composed of 11 blocks, being the focus of the study the apartment block 09, located in the southernmost part of the terrain, in which the main anomalies were found. Through a visual inspection, several fissures were found in the masonry of one of the facades, almost always presenting an inclination of approximately 45° and following the same direction, configuring the occurrence of differential settlement in the foundation. The main causes were identified as the lack of adequate soil treatment and unsatisfactory design of the foundation, composed of a sill plate. In addition, the slope of the ground possibly caused lowering at the phreatic level, generating variation in the state of tension and providing soil thickening at certain points, which may have been aggravated by its heterogeneity. For this purpose, Standard Penetration Test was performed in order to evaluate the resistance to penetration, geological composition of the layers and groundwater level of the subsoil, in addition to the planialtimetric survey. Through the results of the mentioned test, it was verified that the soil that supports the foundation structure presents heterogeneity in relation to its type and the resistance to penetration of its layers, as well as variation in the depth of the water table. In this way, it was possible to conclude the main processes causing the problems found, as well as the recommended solutions in this type of situation.

Palavras-Chaves: Pathological Manifestations. Structure. Sill plate. Differential settlement.

1. Introdução

Manifestações patológicas em obras civis vêm sendo observadas com relativa frequência, sendo resultado de incertezas relacionadas às etapas construtivas e ao período de vida útil da edificação. Assim, na busca por solucionar os problemas trazidos pela ocorrência destas anomalias, a maior dificuldade se encontra na identificação de causas e mecanismos responsáveis pelo desempenho inadequado das construções (MILITITSKY et al, 2015).

Gomide (2020) sugere que a análise de obras de construção se diferencia dos demais segmentos pela individualidade em relação a seu produto, de modo que cada obra apresenta características únicas, dificultando a padronização de recomendações e técnicas de controle, relacionadas ao desempenho. Desta forma, a engenharia diagnóstica procura gerar medidas de controle e recuperação destas estruturas, à proporção que estuda os principais sintomas manifestados, tais como fissuras, flechas excessivas, deterioração do concreto e deformações estruturais (SOUZA, 2019).

Ainda, à medida que contribui para os métodos de construção e fornece conhecimento para respaldar processos de manutenção e recuperação, a análise de problemas patológicos se torna essencial à construção civil. Desta forma, apontando aspectos construtivos e de projeto, relacionados ao surgimento de danos, a patologia desenvolve práticas fundamentais ao planejamento, operações preventivas e de manutenção (GREGÓRIO, 2019).

Ferreira (2016) afirma que o aumento na quantidade de obras no Brasil, vinculado ao crescimento econômico da última década, não foi acompanhado pela especialização da mão de obra. Este fator, aliado à necessidade de reconstrução em menos tempo e a estudos preliminares inadequados, resultou em um crescente quadro de manifestações patológicas em edificações. Dentre as principais anomalias, pode-se citar o recalque diferencial. Quanto a este caso, Carvalho (2010) aponta que determinar as origens dos problemas em fundações é extremamente difícil, já que sua ocorrência pode vir de diversas fases, desde a prospecção dos solos à concepção e execução das estruturas de fundações.

Portanto, através de um estudo de caso, o presente trabalho objetiva analisar as manifestações patológicas em um edifício na região de Maracanaú, Fortaleza, de modo a investigar os principais mecanismos e processos responsáveis por sua ocorrência. Desta forma, ao entender os agentes e características construtivas que se relacionam aos problemas gerados, o estudo contribui para o desenvolvimento de práticas de prevenção e identificação de anomalias, possibilitando melhorias quanto à garantia do desempenho de edificações com características similares.

2. Revisão bibliográfica

2.1 Recalque diferencial

O processo de formação do solo é função da rocha de origem e de seus agentes de alteração. Deste processo participam a água, a temperatura e vegetação, dando origem a pedregulhos, areias, siltes e argilas (CAPUTO, 1996). Para Thomaz (2007) Quando expostos à ação de cargas, os solos tendem a sofrer certa deformação ou recalque, de modo que, caso ocorram de forma diferente ao longo de fundações ou do plano de um edifício, as tensões geradas podem comprometer sua estrutura.

Alonso (2014) define recalque absoluto como o deslocamento vertical descendente de um elemento de fundação, de forma que a diferença entre o recalque absoluto de dois pontos de um mesmo elemento ou de elementos diferentes é chamado de recalque diferencial. Ainda segundo o autor, o recalque diferencial, por sua vez, é responsável por gerar uma distorção angular que, dependendo da magnitude, poderá implicar no surgimento de diversas manifestações patológicas. Quanto ao tipo de solo, Botelho e Carvalho (2007) sugerem que a forma com a qual o recalque ocorre varia entre materiais arenosos e argilosos. Enquanto a areia tende a sofrer recalques de forma imediata, na argila este processo tende a levar muito mais tempo.

Segundo Das (2016), o recalque pode ser categorizado em 3 formas distintas: recalque imediato, recalque por adensamento primário e secundário. O primeiro tipo acontece após a aplicação de carga no solo, sem que haja variação no teor de umidade, cuja magnitude irá depender do tipo de solo e flexibilidade da estrutura da fundação. No Segundo tipo ocorre mudança no volume de solos coesivos, à medida que a umidade é expulsa dos espaços vazios. Já no adensamento secundário, a tensão efetiva constante acarreta o adensamento plástico solo, sendo observado em solos coesivos e orgânicos. Vargas (1978 apud SILVA, 2008) adiciona o recalque por escoamento lateral como a movimentação de partículas em direção a zonas menos carregadas, geralmente em solos não coesivos e fundações rasas.

Outro processo responsável por causar recalque diferencial em edificações é o rebaixamento do lençol freático. A diminuição da pressão neutra e aumento da pressão efetiva provocam um acréscimo de pressão sobre o solo, resultando em possíveis afundamentos (REBELLO, 2008). Para Milititsky et al (2015), as variações de umidade podem ainda provocar mudanças volumétricas em solos argilosos, possibilitando o comprometimento das estruturas de fundação.

2.2 Fissuras causadas por recalque diferencial

As manifestações patológicas causadas por problemas nas fundações podem se apresentar em qualquer fase da construção, sendo recalque diferencial uma das causas mais comuns (BORTOLI et. al, 2019). Isto ocorre pelo fato dos edifícios de alvenaria serem estruturas rígidas com pequena capacidade de resistir a deformações e baixa resistência a cisalhamento e flexão. A baixa resistência das alvenarias à movimentações irá depender de diversos fatores, tais como existência de aberturas e juntas, altura, tipo da estrutura e velocidade de distribuição de recalque (MAGALHÃES, 2004).

É comum que fissuras causadas por recalque diferencial sejam inclinadas, “deitando-se” em relação ao ponto onde ocorreu maior deslocamento. São bastante parecidas às provocadas por flexão em elementos estruturais, apresentando porém, aberturas com maior dimensão. Além disso, podem ocorrer esmagamentos em forma de escamas, indicando a ação de tensões de cisalhamento (THOMAZ, 2007). Duarte (1998 apud OLIVEIRA, 2012) sugere que a ocorrência desse tipo de manifestação patológica tende a se localizar mais próximas ao pavimento térreo da construção, porém não é uma regra.

2.3 Sondagens do subsolo

Para mitigar erros, falhas e custos adicionais em projetos de engenharia, é necessário haver uma investigação adequada do ambiente físico, buscando obter características geológicas, geotécnicas e morfológicas (TROJAN, 2018). Segundo a ABNT NBR 6122/2010 indica que, para qualquer edificação, deve ser executada uma campanha de investigação geotécnica. Esta campanha deve ser composta por, no mínimo, sondagem a percussão, obtendo a classificação do solo, nível d'água e índice de resistência à penetração. Dependendo da situação, pode ser necessário a realização de tipos de sondagens adicionais.

O ensaio de SPT (Standard Penetration Test) é um tipo de investigação geotécnica a percussão comumente utilizada no Brasil. Regulado pela NBR 6864, investiga o nível freático, tipo do solo e sua resistência a cada metro (REBELLO, 2008). O valor mostrado no boletim de sondagem diz respeito ao número de golpes

Estudo de Caso: Recalque diferencial em uma fundação tipo radier

necessários para penetrar os últimos 30 centímetros de cada metro, sendo possível até mesmo analisar a existência de camadas colapsíveis e estimar características utilizando correlações entre o valor dado e o tipo de solo encontrado.

3. Metodologia

Para construção desta pesquisa, foi proposto um estudo de caso para uma edificação. Consistindo no levantamento descritivo de suas características, explorando e caracterizando possíveis anomalias, este tipo de estudo procura descrever e analisar as anomalias encontradas, assim como identificar mecanismos responsáveis, propondo intervenções específicas quando necessário.

A obra de engenharia analisada neste artigo consiste em um bloco de apartamentos de alvenaria estrutural, composta por 5 pavimentos de 8 unidades habitacionais cada, totalizando 40 unidades habitacionais. Esta estrutura compõe um dos 11 blocos de edifícios que formam um condomínio, localizado na cidade de Maracanaú, Ceará, com idade aproximada de 11 anos.

A primeira etapa consistiu na vistoria do bloco por meio de uma inspeção visual, identificando as principais manifestações patológicas apresentadas. Além disso, foi realizada uma investigação a respeito do histórico de anomalias que surgiram na edificação e de possíveis reparos e manutenções recentes, de forma a entender se houve recorrência em algum dos sintomas.

Dessa forma, o conjunto de manifestações patológicas direcionou ao levantamento de hipóteses sobre os principais mecanismos causadores das ocorrências, identificando os principais ensaios necessários à sua identificação. Por fim, foram discutidos os resultados dos ensaios e análises realizadas, de modo a também embasar o diagnóstico na discussão da literatura. Por fim foram brevemente discutidos procedimentos de terapia, de modo a prevenir ou minimizar a progressão de novas anomalias, expondo um panorama completo sobre o estudo de caso.

4. Resultados

4.1 Vistoria

Foi informado que, no bloco em questão, foram encontradas algumas fissuras na fachada posterior e que estas foram reparadas anteriormente por uma construtora. Assim, foi proposta a realização de uma vistoria na edificação, conforme os procedimentos técnicos recomendados. Na Figura 1 é possível observar a fachada posterior do bloco 9 e o mapeamento e classificação das fissuras quanto à existência de reparos anteriores e recorrência.

Figura 2 – Classificação das fissuras encontradas na fachada posterior do edifício. Fonte: Próprio autor (2021)

- Fissuras com ângulo aproximado de 45 graus, identificadas após a reparos feitos pela construtora, especificadas na legenda como renascentes;
- Fissuras horizontais inclinadas, identificadas durante a inspeção predial, denominadas existentes;

- Fissuras com ângulo aproximado de 45 graus, surgindo das esquadrias, que já haviam sido reparadas pela construtoras, identificadas na legenda como reparadas.

Quanto à forma e o tipo das principais fissuras, Milititsky et. al (2015) sugere que fissuras com ângulo aproximado de 45º (identificadas na Figura 2 como reparadas) podem estar relacionadas a recalques diferenciais nos elementos de fundação, de forma que a movimentação do solo pode gerar deformações côncavas e convexas nos elementos estruturais e alvenarias, como observado nas deformações apresentadas na figura 3. Thomaz (2007) afirma que este tipo de fissura aponta para a direção do local de maior recalque, podendo apresentar esmagamentos nas fendas.

Figura 3 – Deformações aparentes na alvenaria. Fonte: Próprio autor (2021)

Magalhães (2004) acrescenta que aberturas, como portas e janelas, podem gerar pontos de fraqueza na alvenaria, ocasionando regiões de provável ocorrência deste tipo de manifestação patológica. Logo, observando os padrões típicos encontrados nas fissuras do edifício, foi levantada a hipótese de recalque diferencial na fundação, de forma a conduzir a realização de ensaios para verificar a hipótese e propor as soluções indicadas.

A princípio, buscou-se ainda analisar o tipo de fundação sobre a qual o edifício estava apoiado. Para isso, foi realizada uma investigação do solo por meio de uma escavação nas proximidades do bloco, como pode ser visto na imagem à esquerda (1) da Figura 4. Conforme a imagem à direita (2) da mesma figura, foi constatada uma fundação rasa, do tipo radier, com espessura de 20 cm.

Figura 4 – Investigação do bloco de fundação. Fonte: Próprio autor (2021)

4.2 Standard Penetration Test (SPT)

Gregório et al (2019) sugere que os recalques de uma edificação estão profundamente relacionados à resistência do solo. Para Milititsky (2015), cerca de 80 % dos problemas de fundação em edificações estão ligados a uma investigação inadequada do solo sobre o qual a estrutura é construída. Consequentemente, a execução de um número insuficiente de sondagens em áreas extensas, ou mesmo em solos com grande variabilidade, levam à extrapolação de valores, resultando em diversos prejuízos à construção.

Desta forma, para verificar as características do solo sobre o qual o Radier foi executado, foram executados dois furos de sondagem SPT. Por este ensaio foi realizada a investigação do perfil dos solos do terreno, identificando um possível comportamento heterogêneo ao longo do plano do edifício, obtendo assim, as possíveis causas das fissuras encontradas. As sondagens foram executadas em faces opostas da fachada posterior do bloco 9, na qual surgiram as anomalias estudadas neste estudo de caso, como mostrado na Figura 5. Os dois furos foram executados a 10 metros do início de cada fachada, distantes 3 metros da edificação, partindo do lado esquerdo.

Figura 5 – Ilustração dos resultados do ensaio SPT. Fonte: Próprio autor (2021)

No furo de sondagem 01, próximo a fachada onde foram identificadas as anomalias, foi obtido um solo com perfil predominantemente argiloso, variando entre argila média e mole. A camada de rocha alterada foi encontrada a cerca de 4 metros de profundidade. Para o primeiro metro de sondagem, foi obtido um SPT de 6 golpes, sucedido por uma camada de argila arenosa com SPT de 3 golpes e nível freático a 2,02 metros de profundidade.

Já o furo 02 apresentou um solo predominantemente arenoso, com consistência entre compacta e mole, além de uma camada de argila arenosa de consistência rija. O primeiro metro de sondagem apresentou SPT de 16 golpes, demonstrando uma tendência de decréscimo nesta resistência até a rocha alterada, a 4,20 metros de profundidade, assim como o primeiro furo. O nível d'água foi encontrado a 2,5 metros de profundidade.

Pode-se perceber que ambos os solos apresentam uma camada de rocha bastante resistente a cerca de 4 metros de profundidade, com SPT maior que 60 golpes, e uma camada de solo com baixa resistência de argila arenosa, a cerca de 3 metros. Entretanto, os dois primeiros metros mostram características significativamente diferentes, tanto em relação ao tipo de solo quanto a sua resistência, de maneira que o solo argiloso do primeiro furo apresentou SPT consideravelmente menor que o solo arenoso do segundo.

Alonso (2003) sugere que a heterogeneidade é uma das principais causas de recalque diferencial na estrutura de fundações. Isto, já que o intervalo de tempo em que ocorre a expulsão de água dos poros é um dos principais fatores que atuam neste processo, ao passo que a consolidação acontece de forma muito mais lenta em solos menos permeáveis, como em camadas argilosas do solo 01 (BOTELHO e CARVALHO, 2007).

Além disso, areias compactas e argilas duras, solo encontrado no furo de sondagem 01, apresentam recalque em função das cargas e de seu módulo de deformação, enquanto que em areias fofas e argilas moles, solo encontrado no furo de sondagem 02, o processo se dará pela movimentação de água para zonas de menores pressões no bulbo de tensões (Thomaz, 2007).

4.3 Levantamento planialtimétrico

Já com o levantamento planimétrico, buscou-se entender as possíveis diferenças de cota altimétrica entre os pontos do terreno, no qual está situado o edifício. Desta forma, constatou-se haver certa declividade na superfície em questão, cerca de 4 metros de diferença entre a cota do nível do acesso e da edificação, como mostra a Figura 7.

Figura 7 – Ilustração da altimetria do terreno da edificação. Fonte: Próprio autor (2021)

De maneira que a carga hidráulica de um solo é influenciada pela diferença de potencial gravitacional, a variação na cota do terreno irá resultar no fluxo de água para a região menos favorável. Este fluxo se traduz na movimentação da umidade através dos vazios do solo (DAS, 2016). Similar aos mecanismos que ocorrem com o rebaixamento do lençol freático, a diminuição das pressões neutras e o aumento das tensões efetivas poderá resultar em recalques, mesmo sem o aumento da carga sobre a fundação (REBELLO, 2008). Considerando o solo argiloso 01, este processo pode favorecer mudanças volumétricas por adensamento, comuns a solos coesivos (DAS, 2016).

6. Conclusões

Logo, a configuração das principais fissuras encontradas na fachada posterior do bloco analisado por este estudo, sugeriu a presença de recalques diferenciais nos solos da fundação da edificação, constituída por um radier. Assim, foram conduzidos ensaios de sondagem do subsolo e levantamento planialtimétrico, caracterizando o perfil do solo do terreno e investigando a veracidade da hipótese e suas possíveis implicações.

O ensaio SPT comprovou a diferença no perfil dos solos ao longo do plano do edifício, sendo executados dois furos de sondagem em faces opostas do mesmo. No furo de sondagem junto à fachada posterior, local onde foram apontadas as fissuras, foi identificada uma camada de argila compressível próxima à superfície do solo. Já na sondagem da face oposta da construção foi observada uma camada de areia com maior resistência.

Desta forma, a heterogeneidade do solo possivelmente gerou recalques diferenciais ao longo do plano da estrutura de fundação da edificação. Especificamente, o solo argiloso e de menor resistência da região da fachada posterior do bloco pode ter sofrido um processo de adensamento do material coesivo, relacionado à movimentação de umidade nos vazios do solo. Além disso, este processo foi agravado, possivelmente, pela relativa inclinação do terreno da edificação, que provoca a modificação das tensões atuantes pela movimentação da água no subsolo.

Assim, foram formados deslocamentos verticais desiguais ao longo da estrutura do edifício, resultando em esforços que implicaram no surgimento de fissuras horizontais (de tração e compressão) e inclinadas na base da alvenaria que provavelmente sofreu maior recalque. Do mesmo modo, a presença de aberturas nas alvenarias, como as janelas do primeiro e segundo pavimento, geram zonas de fragilidade na estrutura, o que promoveu a formação das fissuras com inclinação aproximada de 45°.

No caso em que os mecanismos de degradação surgem a partir de características do terreno, como foi identificado neste estudo de caso, Correia (2014) sugere implementar uma intervenção no solo de fundação. Para isto, é possível realizar o tratamento do material, elevando sua capacidade de resistência. Dentre os principais métodos a serem empregados, podemos citar injeções de calda de cimento, fazendo uso de técnicas como *jet grouting*, de maneira a preencher os vazios naturais do solo e elevar suas características geomecânicas (NEVES, 2010).

Referências Bibliográficas

- ALONSO, U. R. (2014). Previsão e controle das fundações. Editora Blucher, São Paulo, São Paulo; 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (2003). NBR 6122/2010 - Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro, Rio de Janeiro; 2003.
- CAPUTO, H. P. (1996). Mecânica dos solos e suas aplicações. 6. ed. LTC, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro; 1996
- BOTELHO, M. H. C.; CARVALHO, L. F. M. Quatro edifícios, cinco locais de implantação, vinte soluções de fundações. 1. ed. Edgard Blucher, São Paulo, São Paulo; 2007
- BORTOLI, M. F, HIRANO, E. L, BRESSIANI, L., SAVARES, G., BALESTRA, C. E. T. (2019). Análise das manifestações patológicas de um edifício que sofreu recalque diferencial. Revista Técnico-Científica, Paraná; 2019
- CARVALHO, D. M. de. (2010) Patologias das fundações: fundações em depósitos de vertentes na cidade de Machico. Universidade da Madeira, Funchal, Portugal; 2010
- CORREIA, J. N. D. (2014). Reforço de fundações de edifícios. Instituto Superior Técnico, Lisboa, Portugal; 2014
- DAS, B.; SOBHAN, K. (2016). Principles of Geotechnical Engineering 8th. Editora Instructor.
- JUNIOR, F. C. da S. (2008). Uma revisão sobre as manifestações patológicas mais frequentes em fundações de concreto e edificações. Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, Bahia; 2008
- FERREIRA, J. S. S. (2016). Patologias em edificações devido ao recalque diferencial em fundações. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais; 2016
- GOMIDE, T. L. F, FAGUNDES NETO, J. C. P, GULLO, M. A, FLORA, S. M. D. Inspeção predial total. Oficina de Textos, 2020
- GREGÓRIO, G. NARCISO, B. OLIVEIRA, D. SANTOS, H. (2019). Reforço estrutural em fundações: estudo de caso em uma edificação comercial em PI, BRASIL. Congreso Internacional de Patología y Recuperación de Estructuras. Universidad Nacional de Salta, Argentina; 2019
- MAGALHÃES, E. F. de. (2004). Fissuras em alvenarias: configurações típicas e levantamento de incidências no estado do Rio Grande do Sul. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre; 2004
- MILITITSKY, J., CONSOLI, N. C., SCHNAID, F. (2015). Patologia das fundações. Oficina de textos, São Paulo, São Paulo; 2015
- NEVES, M. J. N. das. (2010). Técnicas de Recalçamento e Reforço de Fundações. Instituto Superior Técnico, Lisboa, Portugal; 2010
- REBELLO, Y. C. P. (2008) Fundações: guia prático de projeto, execução e dimensionamento. 4. ed. Zigurate, São Paulo, São Paulo; 2008
- RIBEIRO, C. M. Estudo numérico do comportamento tensão-deslocamento de fundação do tipo radier. Escola de Minas, Ouro Preto, Minas Gerais; 2017
- SOUZA, M. M. (2019). Principais patologias estruturais e atuais metodologias de controle na construção civil. Inter-American Journal of Development and Research. 2019
- OLIVEIRA, A. M. de. (2012). Fissuras, trincas e rachaduras causadas por recalque de diferencial de fundações. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais; 2012
- TROJAN, F. R. et al. (2018) Caracterização geotécnica e avaliação de recalques em área de implantação de condomínio industrial. Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, Santa Catarina; 2018
- THOMAZ, E. (2007) Trincas em Edifícios, causas, prevenção e recuperação. IPT. EPUSP/PINI, São Paulo, São Paulo; 2007
- VELLOSO, D. A., LOPES, F. R. (2004). Fundações. Oficina de Textos, 2004