VII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
A inovação e o desafio do projeto na sociedade: A qualidade como alvo
Londrina, 17 a 19 de Novembro de 2021

AVALIAÇÃO PÓS-OCUPAÇÃO DAS EDIFICAÇÕES AFETADAS PELOS TREMORES DE TERRA EM LONDRINA – PR[1]

POST-OCCUPATION EVALUATION OF BUILDINGS AFFECTED BY EARTHQUAKE IN LONDRINA – PR

LOPES, Paulo Adeildo (1); OLIVEIRA, Leonardo Alves de (2)

(1) Universidade Estadual de Londrina (UEL), pauloalopes@uel.br
(2) Centro Universitário Filadélfia (UniFil), leonardoenge.civil@gmail.com

RESUMO

Este trabalho analisa e discute a ocorrência dos tremores de terra na região urbana da cidade de Londrina – PR, o surgimento de inúmeras manifestações patológica e os resultados da aplicação da avaliação pós-ocupação (APO) em um procedimento para avaliação técnica construtiva das habitações em uso, visando contribuir para o conhecimento sobre a qualidade do ambiente construído e dos sistemas construtivos dentro de uma visão sistêmica do ciclo de vida útil das edificações. O procedimento padronizado proposto, isto é, a metodologia engloba um conjunto de instrumentos otimizados para avaliação considerando a opinião dos moradores, o perfil socioeconômico e a avaliação técnica-construtivo, teve como base a metodologia da APO. Após análise dos dados coletados concluiu-se que grande parte dos problemas técnico-construtivos detectados já existiam antes dos tremores em função de vícios construtivos, destes alguns se agravaram por causa dos tremores e apareceram novos problemas. O trabalho também pondera sobre a qualidade das edificações, bem como sobre o seu preparo para enfrentar eventuais fenômenos naturais prejudiciais às edificações estudadas.

Palavras-chave: *Avaliação pós-ocupação. Tremores. Problemas técnico-construtivos.*

ABSTRACT

This paper discusses the occurrence of land tremors in the urban area of Londrina, Paraná, Brazil, the appearance of numerous pathological manifestations and the results of post-occupancy evaluation (POE) application in procedure for constructive-technical assessment of the dwellings in use, aiming to contribute to the knowledge about the quality of the built environment and the construction systems within a systemic view of the life cycle of the buildings. The standardized procedure proposed by the methodology encompasses a set of instruments optimized for evaluation of considering the residents' view, the socio-economic profile and the constructive-technical assessment, was based on the POE methodology. After analyzing the collected data, it was concluded that a great part of the technical-

[1] LOPES, Paulo Adeildo; OLIVEIRA, Leonardo Alves de. Avaliação pós-ocupação das edificações afetadas pelos tremores de terra em Londrina-PR. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO, 7., 2021, Londrina. **Anais**... Londrina: PPU/UEL/UEM, 2021. p. 1-10. DOI https://doi.org/10.29327/sbqp2021.437991

construction problems existed before the tremors due to constructive defects, some of them were aggravated by the tremors, and new problems appeared. The work also considered the quality of the buildings, as well as their preparation to stand up to possible natural phenomena which were harmful to the buildings studied.

***Keywords**: Post occupancy evaluation. Tremors. Technical-constructive problems.*

1 INTRODUÇÃO

O presente artigo baseia-se no Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil realizado e concluído durante o ano de 2016 e, traz uma análise técnica imparcial e com viés científico sobre os tremores ocorridos em 14 de dezembro de 2015 e 01 de janeiro de 2016 na cidade de Londrina – Pr, incluindo as limitações em termos físicos, criativos, técnicos ou de recursos disponíveis, a flexibilidade para permitir modificações e adições futuras, além de fatores sociais, a segurança, a funcionalidade e a responsabilidade de proporcionar a solidez e estabilidade das edificações. Assim, os tremores de terras podem ser percebidos diretamente por sentidos ou por meio de instrumentos, pois são movimentos naturais da crosta terrestre que se propagam por meio de vibrações, por serem fenômenos naturais, assustadores e muitas vezes destrutivos, os terremotos sempre suscitaram um sentimento de medo e têm sido objeto de mitos e lendas. O que torna um terremoto tão assustador é que, quando começa, não há meios de dizer quanto tempo ele vai durar ou quão violento será. A causa natural dos tremores é explicada, segundo geólogos, com o lento movimento das placas, da ordem de alguns centímetros por ano, tensões vão se acumulando em vários pontos, principalmente perto de suas bordas (LEINZ; AMARAL, 2001).

De acordo com Toledo (2016), o Centro de Sismologia da Universidade São Paulo (USP) foi consultado sobre a ocorrência de tremores na periferia urbana da cidade de Londrina, norte do Paraná, no ano de 2015. Desde então, o referido centro passou a procurar locais onde ocorreram abalos sísmicos nos registros de estações próximas à região, onde foram encontrados dois eventos sísmicos pequenos, ocorridos em 14 de dezembro de 2015 e 01 de janeiro de 2016. Os tremores de terra ocorreram no bairro denominado Jardim Califórnia, situado na zona Leste de Londrina composto por aproximadamente 426 lotes distribuídos em 19 quadras. A imprensa divulgou que centenas de moradores se assustaram com as misteriosas rachaduras que apareceram nos dias subsequentes ao fenômeno dos tremores. Com o problema, algumas famílias tiveram seus lares danificados, drama vivido por inúmeras pessoas que residem no Jardim Califórnia.

Calsavara (2015) e Batista (2015), mostram algumas especulações quanto às causas das fissuras, trincas e rachaduras em relação aos tremores, uma delas refere-se às obras da Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR) na região do Jardim Califórnia, para verificar a situação, a companhia inseriu sete medidores de pressão na tubulação instalada no bairro. Outra hipótese plausível é de que o problema foi causado pelos tremores naturais de terra que vêm sendo sentidos na zona Leste de Londrina desde o mês de dezembro de 2015, inclusive dois deles foram registrados pelo Centro de Sismologia da USP. Depois disso, uma comissão formada por especialistas da Universidade de São Paulo (USP) e da Universidade Estadual de Londrina (UEL) instalou quatro sismógrafos na cidade. A terceira causa possível e plausível é quanto a alta precipitação pluviométrica ocorrida na região de outubro de 2015 a janeiro de 2016, isto é, as intensas e fortes chuvas causaram inúmeros

estragos em diversas regiões da cidade afetando uma vasta área. Uma quarta causa levantada como possível motivo dos tremores foram as explosões oriundas das pedreiras próximas ao Jardim Califórnia.

Uma maneira clara e distinta considerando as evidências racionais sobre a realidade dos fatos ocorridos na cidade de Londrina – Para respeito dos terremotos e dos danos ocorridos em diversas edificações, propõe a Avaliação Pós-Ocupação (APO). Pois, trata-se de um processo metodológico que considera como a primeira persuasão íntima, as manifestações patológicas, como a mais viva convicção de existência de problemas que afetam as edificações e geram conflitos no bem-estar de quem reside nas respectivas construções que sofreram as patologias (VILLA; ORNSTEIN, 2013, p.118). Portanto, a APO, promove diversas avaliações simultaneamente, ou seja, um conjunto de multimétodos que diagnosticam fatores positivos e negativos. Por exemplo: avaliação técnico construtiva, avaliação funcional, avaliação econômico-financeira, avaliação comportamental, entre outras.

A presente pesquisa teve como objetivo levantar informações sobre a abrangência dos tremores e suas consequências, de conhecer e familiarizar, as localidades onde se refletiram as ondas sísmicas e as possíveis manifestações patológicas oriundas do fenômeno natural.

Assim, auxiliou no entendimento sobre como e onde ocorreram os danos físicos nas edificações situadas em regiões sujeitas a tremores de solos. O trabalho envolve um escopo multidisciplinar integrando conceitos de Geologia, Geofísica, Geografia, Mecânica dos Solos, Mecânica das Estruturas, Fundações e Engenharia Civil, entre outros.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O método de estudo de caso utilizado busca entender o fenômeno real em profundidade, porém esse entendimento engloba importantes condições contextuais, porque são altamente pertinentes ao fenômeno de estudo (YIN, 2015, p. 39). Os estudos de caso múltiplos são mais recomendáveis, considerados mais vigorosos e o estudo, em geral, é, por essa razão, visto como mais robusto (YIN, 2015, p. 77). Em função do tamanho da população, do prazo para realização da coleta de dados e dos custos, houve a necessidade de utilização de amostras. Assim sendo, utilizou-se para a presente pesquisa 03 habitações para pré-teste e 30 habitações como elementos para compor o espaço amostral.

A avaliação comportamental foi realizada a partir da aplicação de questionário junto aos moradores, o levantamento do perfil dos usuários incluiu os seguintes aspectos e dados: idade, sexo, grau de escolaridade, profissão, tipo de emprego, naturalidade e tempo de moradia no imóvel avaliado. Este item auxilia na percepção de como os moradores respondentes entenderam a pesquisa e o seu nível de conhecimento sobre as habitações utilizadas no presente estudo.

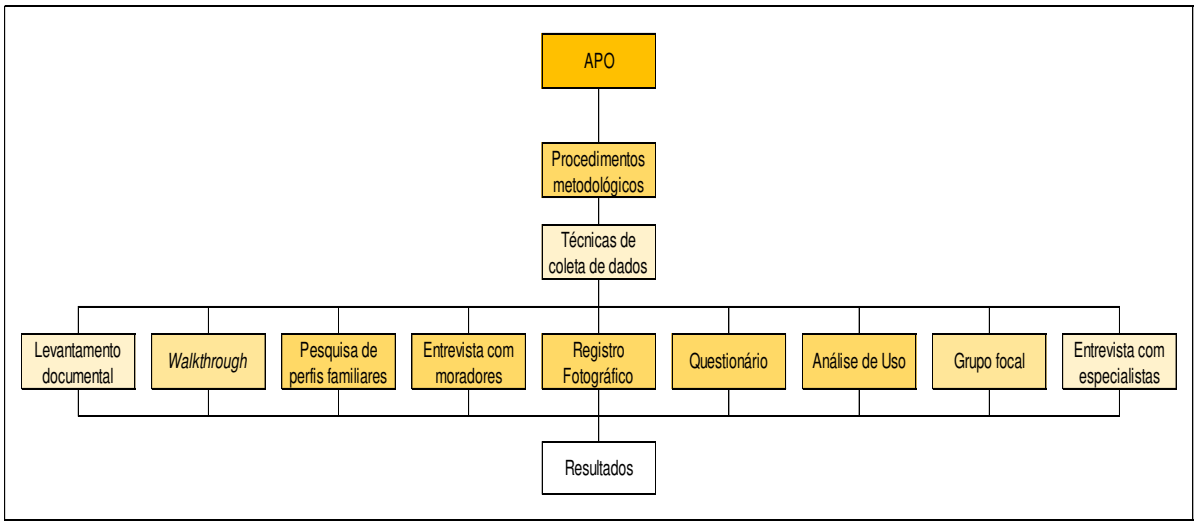
A avaliação técnica construtiva foi executada nas edificações por meio de observações e levantamentos de dados fotográficos sobre as principais patologias oriundas ou não dos tremores de terra. Em uma construção essas patologias podem se manifestar de diversos tipos, tais como: trincas, fissuras, infiltrações e danos por umidade excessiva na estrutura.

O método empregado proporcionou a base lógica da investigação científica, gerando um quadro de reflexão sobre os objetos constituindo seus princípios gerais. Cada método tem seu procedimento metodológico e aplica instrumentos, ferramentas, técnicas de pesquisa ou de levantamentos. Os instrumentos de avaliação são as técnicas que podem dar predição, calcular ou estimar o desempenho de uma ou mais características de um produto. As estratégias em geral referem-se às etapas da aplicação de métodos, portanto controlam o gerenciamento da pesquisa (ONO; ORNSTEIN, 2015).

A adoção de multimétodos e abordagens não convencionais apresentam-se como possibilidade metodológicas em APO habitacional de forma mais frequente, pois incorpora novas técnicas destinada à obtenção de dados. De acordo com Villa e Ornstein (2013), a interdisciplinaridade se justifica, com a mescla de métodos na APO, pois utilizam métodos científicos e ferramentas para fazer levantamentos, análise de dados e apresentação de resultados.

Neste trabalho foi adotado para escolha do espaço amostral o **método não probabilístico**, pois baseou-se na **autorização dos moradores** quanto à entrada em seus domicílios e a concordarem em participar da pesquisa. Os critérios utilizados para definição do estudo de caso foram: o bairro afetado com os tremores de terra, ou seja, o jardim Califórnia; ano de ocorrência 2016; apresentar número mínimo de 30 unidades residenciais; a relevância social do estudo, uma vez que o fenômeno atingiu o bem-estar de diversos moradores da região em estudo.

Figura 1 – Procedimentos metodológicos



Fonte: Os autores

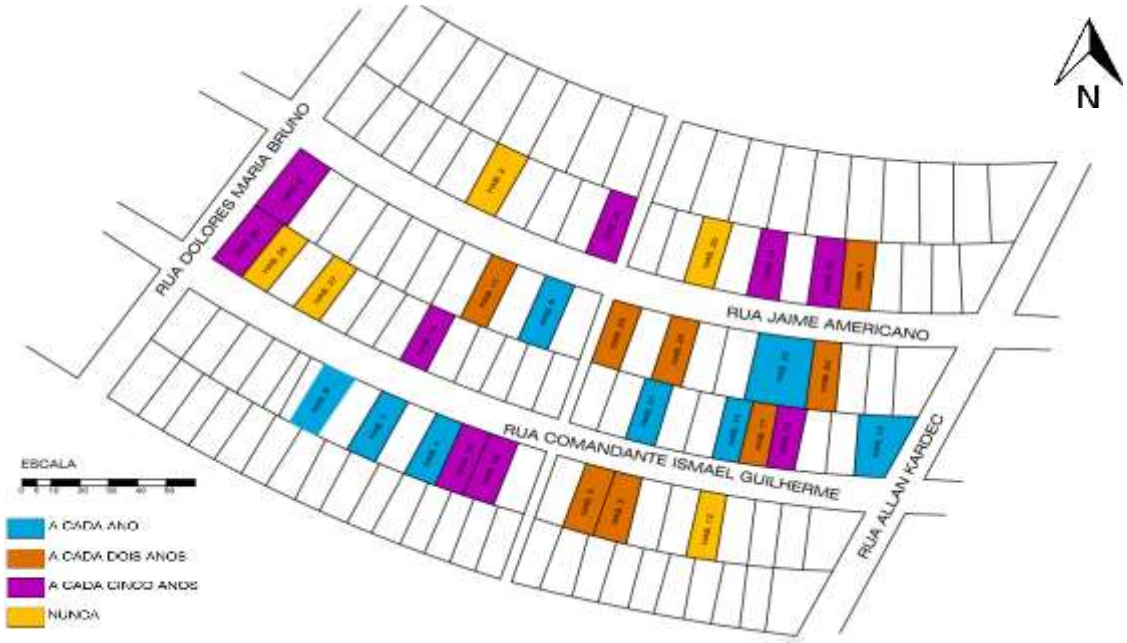
Portanto, a APO elaborada, conforme a Figura 1, dividiu-se em etapas: levantamento documental, análise de *walkthrough*, pesquisa de perfis familiares, entrevistas com moradores, questionário, registro fotográfico, análise de usos, grupo focal, entrevista com especialista e apresentação de resultados. E, posteriormente, como resultado da APO elaborou-se mapas de descobertas para registros das observações e análises (apresentados a seguir). O detalhamento completo da metodologia encontra-se no Trabalho de Conclusão de Curso disponível na biblioteca do Centro Universitário Filadélfia (UniFil).

3 ANÁLISES COMPARATIVAS DOS RESULTADOS

Os mapas de descobertas apresentados a seguir contribuíram para a análise dos eventos ocorridos nas edificações que sofreram os tremores relatados incialmente. Contudo, destaca-se que a Figura 2 revela a periodicidade de ocorrência ou não de manutenções nos imóveis atingidos e, também, contemplados nesta pesquisa. Observou-se inclusive que algumas edificações nunca passaram por manutenções desde as suas respectivas construções.

Um outro aspecto que também foi relevante para o surgimento de fissuras, trincas e rachaduras em edificações foi a maneira como a edificação foi implantada sobre o solo, isto é, a edificação foi implantada sobre o perfil natural, sobre aterro ou sobre um corte. Observou-se (Figura 3) que 70% das edificações analisadas foram executadas sobre o perfil natural do terreno, 23,33% sobre aterro e 6,67% sobre corte.

Figura 2 – Frequência de manutenção nas edificações



Fonte: acervo dos autores

3 – Execução da construção sobre o perfil do terreno



Fonte: acervo dos autores

Foi levantado, se antes dos tremores, as edificações apresentavam ou não algum tipo de danos físicos, inerentes a falta de manutenção e ou vícios de construção oriundos de técnicas construtivas que não respeitaram a boa prática de engenharia e ou materiais inadequados (figura 4).

Figura 4 – Problemas anteriores aos tremores



Fonte: acervo dos autores

Observou-se (Figura 4) que as edificações estudadas, na sua grande maioria (86,67%) apresentavam problemas técnicos construtivos. Contrariando assim, o alarde feito pela imprensa sobre os inúmeros danos físicos causados pelos tremores de terra estudada.

Nota-se (Figura 5) a seguir, que algumas edificações sofreram ampliações de danos físicos após os tremores de terra. Trincas e rachaduras se ampliaram em algumas edificações que já possuíam esta patologia antes dos tremores e apareceram novas trincas e rachaduras em outras edificações. Já os itens infiltração e destacamento do reboco surgiram em diversas edificações após os tremores.

Para aferir a incidência de manifestações patológicas, nas edificações e correlacionar com o nível do controle da qualidade em uma das etapas de execução da edificação com a compatibilidade entre o fenômeno dos tremores de terra, avaliou-se os processos construtivos, assim sendo, 77% dos entrevistados afirmaram que realizaram suas reformas e ou ampliações por empreitadas, 6% por autoconstrução e 17% autoconstrução e empreitada

Figura 5 – Problemas após os tremores



Fonte: acervo dos autores

Gráfico 1 – Problemas antes dos tremores



Fonte: acervo dos autores

O Gráfico 1 mostra que 83% das residências apresentam problemas com umidade

que podem atingir a alvenaria de várias formas, sendo as mais comuns àquelas provenientes do solo por falha no sistema de impermeabilização do respaldo inferior (baldrames e contrapisos) e nas proximidades do piso, pontos por onde se inicia uma infiltração de água, e por capilaridade se alastra por boa parte da parede. Consequentemente, as principais patologias encontradas antes dos tremores, a maior parte se refere a problemas de umidade, seguida igualmente por trincas e deslocamento de revestimentos. Em geral, estas (umidade, trincas e rachaduras e descolamento de revestimentos cerâmicos) são as maiores manifestações patológicas. A má elaboração dos projetos, a falta de preparo dos profissionais de execução de obras e o descaso com os fatores naturais são sem dúvidas as principais causas desses problemas. Apesar de serem danos primários, eles podem acarretar problemas maiores nas construções (MORAIS FILHO; OLIVEIRA JÚNIOR; SÁ; QUEIROZ, 2016).

Após os tremores as maiores manifestações patológicas (registrados no Gráfico 2), são trincas e rachaduras oriundas da movimentação do solo, ou seja, não seria economicamente viável se projetar fundações com recalques zeros, a não ser em condições especiais em que se pode descarregar a carga de todos os pilares em rochas contínuas e sem fraturas.

Portanto, deve-se estar atento para as trincas e rachaduras que indicam um possível recalque diferencial das fundações, haja vista o grande tremor de terra que ocorreu na região principalmente nas habitações de pequeno de porte onde não se tomaram os devidos cuidados na investigação do subsolo nem na escolha do tipo adequado de fundação para ser executado naquele terreno. As trincas e rachaduras podem se apresentar de formas diferentes, existe um conceito genérico para a maioria dos profissionais de engenharia civil, de que em geral trinca a 45° indica um problema de fundação que se movimentou junto com o solo, qualquer outra configuração é devida a outro tipo de problema. Na verdade, não é bem assim, pois depende muito do tipo da edificação, da sua estrutura e da causa geradora da movimentação do solo (PEREIRA, 2017).

Consequentemente, as diversas trincas e rachaduras encontradas nas residências do Jardim Califórnia assumiram configurações das mais variadas formas, que não a de 45°. Um fator importante a ser considerado na avaliação do problema é a idade real do imóvel e a época em que surgiram as manifestações patológicas.

Nos pisos observaram-se trincas e afundamentos devido a propagação das ondas dos tremores de terra. Nas alvenarias, trincas e rachaduras devido a recalque nas fundações, manchas de umidade e mofo em locais atingidos por infiltrações de água através do telhado ou pela má impermeabilização dos baldrames.

Gráfico 2 – Problemas após os tremores



Fonte: acervo dos autores

Nas instalações hidrossanitárias verificaram-se em algumas habitações com problemas nas instalações de água fria, tais como: rompimento da tubulação em função da utilização de materiais e ou serviços de baixa qualidade e em função de deslocamento provocado pelos tremores. As tubulações de esgoto sanitário devido a movimentação do solo também sofreram deslocamentos.

As coberturas sofreram ondulações e selamento, devido aos tremores além dos materiais e técnicas inadequadas utilizadas na execução da estrutura de cobertura, ocasionando infiltrações de águas pluviais deteriorando o madeiramento, bem como, forros, beirais e pinturas das paredes.

4 CONCLUSÕES

Com base no que foi visto não é difícil reconhecer que houve inúmeras manifestações patológicas oriundas dos tremores de terra na cidade de Londrina – Pr, apesar do Brasil se situar em uma região tectonicamente estável vem no decorrer do tempo apresentando certa atividade sísmica, como foi amplamente noticiado pela imprensa local e até nacional (TOLEDO, 2016; CALSAVARA, 2015; BATISTA, 2015), vários pontos da região de Londrina sofreram tremores de terra de pequena intensidade e magnitude seguidos de estalos e estrondos. Este fenômeno foi associado à ocorrência de rachaduras em edificações e causou grande apreensão na população. Concomitantemente, assinalaram-se diferentes casos de colapso e movimentação de solos nesta região.

A colapsibilidade de um solo está ligada a dois fatores externos: a carga limite crítica de colapso e umedecimento do solo. Quando ocorre uma combinação dos dois fatores, como foi o caso ocorrido na cidade de Londrina – PR, tem-se uma condição favorável para a ocorrência do colapso. Aliado a esses fatores externos tem-se o tipo de estrutura do solo. Solos colapsíveis caracterizam-se por apresentar, quando em sua umidade natural, estrutura com partículas ligadas por vínculos atribuídas à sucção e a substâncias cimentantes, formando uma estrutura porosa e instável, sendo solos bem drenados, com elevado volume de vazios, baixa massa específica aparente e elevada permeabilidade, em consequência da estrutura macroporosa e microporosa, sendo estas características comuns aos solos lateríticos (TEIXEIRA; PINESE, 2006).

Destaca-se que, muito embora tenha sido apontada no início deste trabalho quatro causas para os tremores de terras em questão, não foi possível apurar a causa exata e nem tampouco era o objetivo deste trabalho, inclusive está apuração é fruto de disputa judicial entre os moradores do bairro, a companhia de abastecimento de água local e os demais envolvidos. Porém, o trabalho atende aos objetivos iniciais propostos, pois por meio de APO, consegue identificar, quantificar, datar e ordenar os danos físicos (antes e depois dos tremores). Salienta-se que o trabalho mostra a necessidade de maiores cuidados técnicos ao se construir, a necessidade de manutenções periódicas nas edificações, bem como a necessidade de responsabilidade e de critérios ao se apurar e divulgar as causas e as extensões dos danos nas edificações em situações semelhantes. Observa-se que as etapas de execução da pesquisa, pautou-se na cidade de Londrina não cabendo extrapolação científica dos resultados encontrados. Recomenda-se futuros trabalhos envolvendo maior quantidade de recursos, de tempo, de equipamentos de sondagens e de acompanhamentos sistemáticos em regiões afetadas por problemas semelhantes. Pois, isto permitiria a análises comparativas e extrapolação de resultados, levando a previsibilidade e monitoramento de

desastres naturais reduzindo o número de vítimas e auxiliando na melhoria de um Plano Nacional de Contingência para Desastres Naturais.

AGRADECIMENTO

Ao Centro Universitário Filadélfia (UniFil) pelo apoio recebido.

REFERÊNCIAS

BATISTA, Guilherme. **Moradores Voltam a Sentir Estrondos e Tremores em Londrina.** BondeNews, Londrina, 21 de dez. 2015. Disponível em: <http://www.bonde.com.br/bondenews/londrina/moradores-voltam-a-sentir-estrondos-e-tremores-em-londrina-veja-video--395808.html>. Acesso em: 11 maio 2021.

CALSAVARA, Fábio. Estrondos e Tremores Ainda sem Explicações Assustam Moradores de Londrina. **Gazeta do Povo**, Curitiba, 14 de dez. 2015. Caderno Jornal de Londrina. Disponível em: <http://www.gazetadopovo.com.br/vida-e-cidadania/estrondos-e-tremores-ainda-sem-explicacoes-assustam-moradores-de-londrina-a0478q4xiavj7h33wmwmg1wwm>. Acesso em: 11 maio 2021.

Centro de Sismologia da Universidade de São Paulo (USP) e Universidade Estadual de Londrina (UEL). **Registro dos Tremores de Londrina na Estação LDASE.** São Paulo, 12 jan. 2016. Disponível em: < http://moho.iag.usp.br/content-sample/reports/20160112/Relatorio-Londrina-20160112-1900.pdf >. Acesso em: 11 maio 2021.

MORAIS FILHO, Alberes Dias de; OLIVEIRA JÚNIOR, Antonio Rinaldo; SÁ, Ayrton Wagner dos S. G. de; QUEIROZ, Gibson Ferreira de. **Importância do Projeto Arquitetônico para Evitar Patologias Decorrentes de Infiltrações de Água em Fachadas de Edifícios.** Seminário de Patologia e Recuperação Estrutural (SEMIPAR). Recife, 22 ago. 2016. Disponível em: < http://revistas.poli.br/~anais/index.php/semipar/article/view/252/34 >. Acesso em: 07 jul. 2017.

ONO, Rosaria; ORNSTEIN, Sheila Walbe. **Avaliação pós-ocupação: pré-teste de instrumentos para verificação do desempenho de empreendimentos habitacionais em sistemas construtivos inovadores.** São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2015.

PEREIRA, Lucas Araújo. **Aspectos Técnicos e Legais em Obras de Reforma em Edificações.** Rio de Janeiro. 2017. 109p. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2017.

TEIXEIRA, Raquel Souza; PINESE, José Paulo Peccinini. **Potencial de Utilização do Estrato Superior do Solo Laterítico da Cidade de Londrina, Estado do Paraná, como Material e Apoio de Aterros Sanitários.** Technology Acta Scientiarum. Maringá, v. 28, n.1, p.85-92. 2006.

TOLEDO, Marcelo. Tremores em Londrina são de Origem Natural e Poderão Persistir, Diz Laudo. **Folha de São Paulo**, Ribeirão Preto, 26 de jan. 2016. Caderno Cotidiano. Disponível em: <http://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2016/01/1733616-tremores-em-londrina-sao-de-origem-natural-e-poderao-persistir-diz-laudo.shtml>. Acesso em: 27 jun. 2017.

VILLA, Simone Barbosa; ORNSTEIN, Sheila Walbe Sheila. **Qualidade Ambiental na Habitação:** avaliação pós-ocupação. São Paulo: Oficina de textos, 2013.

YIN, R. K. **Estudo de caso:** planejamento e métodos. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.