

RELATÓRIO FINAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA – CICLO 2022-2023

ESTUDO BASEADO EM ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS PARA DETECTAR
RELAÇÃO ENTRE O TRÁFEGO NAS LINHAS FÉRREAS E EM ESTRUTURAS DE
CONCRETO NO MUNICÍPIO DE AÇAILÂNDIA (MA)

Nome do Aluno: WALISSON DANILO MELO DA SILVA

Nome do Orientador: JESSICA ALMEIDA DOS SANTOS

Período de Vigência: novembro/2022 a agosto/2023.

Açailândia, MA

2023



RELATÓRIO FINAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA – CICLO 2022-2023

ESTUDO BASEADO EM ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS PARA DETECTAR
CORRELAÇÃO ENTRE O TRÁFEGO NAS LINHAS FÉRREAS E EM ESTRUTURAS DE
CONCRETO NO MUNICÍPIO DE AÇAILÂNDIA (MA)

WALISSON DANILO MELO DA SILVA
JESSICA ALMEIDA DOS SANTOS

Açailândia, MA
2023



RESUMO

As ferrovias desempenham um papel importantíssimo na história de muitos países até os dias atuais, devido à sua eficiência e alta capacidade de transporte. Seu sistema consiste em trilhos, sinalizações, estações, vias, sistemas de energia e trens, estando associado diretamente ao local escolhido. Estes locais sofrem vários tipos de impactos, entre quais podemos enfatizar a ação da vibração no solo, muita vezes levando ao seu adensamento e consequentemente afetando as construções ao seu redor. O presente trabalho apresenta uma análise da influência das vibrações emitidas durante as operações ferroviárias nas construções próximas à cidade de Açailândia - MA. A pesquisa se deu por meio de revisão bibliográfica atual sobre o tema, bem como inspeções visuais e ensaios não destrutivos. Os ensaios foram realizados por meio do aparelho de ultrassom pundit lab e técnicas de monitoramento utilizando selo de gesso e fissurômetro, apresentando ao final do estudo possíveis relações do impacto do tráfego ferroviário com as patologias encontradas.

Palavras-chave: Ensaios não Destrutivos; Impacto de Vibrações; Ultrassom.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	4
OBJETIVO GERAL	5
MATERIAIS E MÉTODOS	6
RESULTADOS.....	7
DISCUSSÃO	13
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	13
REFERÊNCIAS	14



INTRODUÇÃO

A Estrada de Ferro Carajás abrange atualmente 892 quilômetros e conecta a maior mina de minério de ferro a céu aberto do mundo, situada em Carajás, Pará, ao Porto Ponta da Madeira, São Luís (MA). A cidade de Açailândia-MA, integrante do traçado ferroviário, abriga o segundo maior polo operacional da Vale no Maranhão e longos segmentos de ferrovias em áreas densamente habitadas (VALE, 2021).

Além disso, Açailândia também é ponto de partida da Ferrovia Norte-Sul, uma importante rota ferroviária projetada pela empresa A Massa para conectar as extremidades do Brasil. Com 720 km de extensão entre Açailândia (MA) e Porto Nacional (TO), essa ferrovia desempenha um papel crucial na exportação de cargas das regiões Centro-Oeste e Nordeste, graças à sua interligação com a Estrada de Ferro Carajás (MASSA, 2020, e VLI, 2021).

Nos estudos referentes a manifestações patológicas em edificações, descobriu-se que as vibrações resultantes de carregamentos dinâmicos, como ondas sísmicas, desempenham papel crucial nos danos estruturais. Essa energia pode se originar de tensões excessivas no solo, como, pelo tráfego ferroviário constante, culminando no surgimento de patologias (Quintas 2020).

A perturbação gerada, muitas vezes, pela fonte de incômodo tende a diminuir com a distância entre essa fonte e o receptor, o qual é estabelecido nos planos urbanos municipais e nas faixas de domínio de rodovias e ferrovias. Entretanto, o crescimento urbano intenso resulta na redução dessa separação, seja para ampliar a ocupação de terrenos, abrir ou alargar vias, ou utilizar as faixas de domínio de antigas ferrovias (BRITO; SOARES; NAZARI, 2013).

No Brasil, é frequente ver casos de colapso de estruturas de concreto na mídia, muitas vezes devido à falta de manutenção ou questões construtivas. Diante desse panorama, assume vital importância a aplicação de métodos de detecção de patologias em estruturas localizadas nas proximidades das ferrovias, tais como edifícios, pontes e viadutos, a fim de verificar se tais manifestações têm origem no tráfego ferroviário ou são agravadas por ele (FARIA; POGGIALIA, 2022).

Dentre as diversas manifestações patológicas na construção civil, destacam-se as fissuras, que, Moises e Parreira (2021) discorrem, se caracterizam por pequenas aberturas resultantes da atuação de forças que geram tensões de tração, ultrapassando a capacidade resistente do material estrutural. Elas funcionam como indícios de patologia, indicando a necessidade de investigação para compreender sua origem.



Manifestações patológicas nas edificações, tais como fissuras, trincas e rachaduras, são frequentemente identificadas em componentes como alvenarias, vigas, pilares, lajes, pisos, entre outros. Estas ocorrências geralmente resultam das tensões exercidas sobre os materiais. (OLIVEIRA, 2012).

As avaliações estruturais podem ser conduzidas por meio de ensaios classificados como destrutivos ou não destrutivos. Os ensaios não destrutivos destacam-se por fornecer dados sobre o volume do material examinado, sem causar danos permanentes às estruturas avaliadas. No entanto, seus resultados conclusivos requerem a consideração de correlações com variáveis conhecidas, como características construtivas ou esforços das estruturas examinadas (RAMOS; BITTENCOURT, 2019)

Diante do contexto apresentado, o presente trabalho realizou uma pesquisa, fundamentada em métodos de avaliação não destrutivos, que visou identificar a relação entre a atividade ferroviária e as anomalias estruturais em edificações situadas nas proximidades da linha férrea, ao longo do segmento que atravessa a área Urbana de Açailândia (MA).

OBJETIVO GERAL

Conduzir um estudo baseado em métodos de avaliação não destrutivos, visando investigar a correlação entre a atividade ferroviária e as anomalias estruturais em edificações ao longo do trecho que perpassa o município de Açailândia-MA.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar ensaios não destrutivos com aparelho de ultrassom e fissuometro em estruturas em proximidades variadas das ferrovias para identificação de patologias;
- Fazer levantamento de condições estruturais por meio de inspeção visual em estruturas de concreto em proximidades variadas da ferrovia;
- Identificar manifestações patológicas características do impacto das ações dinâmicas resultantes do tráfego ferroviário.
- Submeter a pesquisa em revistas, periódicos, bem como a eventos de exposição científica.



MATERIAIS E MÉTODOS

Esta pesquisa iniciou-se com uma análise abrangente dos estudos atuais acerca dos fatores que têm influência na geração de vibrações durante a operação das ferrovias e os efeitos dessas vibrações nas estruturas de edificações, bem como em outras partes das construções. Em seguida, foi realizado um levantamento bibliográfico abrangendo as principais técnicas de ensaios não destrutivos aplicáveis a estruturas de concreto e alvenaria, acompanhado por estudos das patologias mais frequentes que afligem essas estruturas.

Dentre as patologias de maior frequência nas estruturas estão as fissuras e trincas que são classificadas de acordo com a sua espessura, já as causas geralmente são sobrecarga, corrosão da armadura e o adensamento do solo, sendo possível ter um diagnóstico prévio pelo formato geométrico da patologia. Para a pesquisa devemos dar uma maior relevância ao adensamento do solo, que consiste na compressão do solo fazendo com que ocorra um rebaixamento dele gerando recalques (Anexo A).

Após concluir o levantamento bibliográfico, foram selecionados os principais ensaios não destrutivos a serem empregados na avaliação das edificações que foram subsequentemente definidas. Entre eles estão o ensaio de ultrassom, o ensaio de selo de gesso e a inspeção visual com o uso de fissurômetros para caracterizar trincas e fissuras. Dessa forma, foram conduzidos os ensaios de selo de gesso e ultrassom nas instalações do próprio laboratório universitário, visando aprimorar o domínio das técnicas escolhidas para implementação.

Segundo a NBR 8802, os ensaios podem ser realizados dispondo de três formas, a medição direta onde os transdutores são posicionados em diretamente, semidireto onde são posicionados quase que diretamente, e a indireta onde eles são colocados um ao lado do outro (Anexo A). A norma recomenda sempre que possível a transmissão direta para assegurar transmissão máxima.

Durante o período de pesquisa foi realizado um amplo levantamento bibliográfico e técnico sobre o aparelho de ultrassom possibilitando enxergar toda a amplitude de suas funcionalidades, por isso, foi conduzido um minicurso direcionado aos estudantes de Engenharia Civil da UEMASUL Acaliândia-MA, tendo como propósito compartilhar os conhecimentos adquiridos acerca da utilização do aparelho de ultrassom Pundit Lab (Anexo A).

Após estabelecer a metodologia para os ensaios e inspeções visuais, a etapa subsequente consistiu em determinar o tipo de estrutura a ser escolhido para o escopo da pesquisa. Por meio



de um levantamento no Google Maps (Anexo A), identificaram-se três escolas em proximidade à EFC (Estrada de Ferro Carajás). Primeiramente, temos a Escola Municipal Fernando Rodrigues, situada a cerca de 220 metros da linha ferroviária. Em segundo lugar, a Escola Joviana Silva Farias, localizada a uma distância de 930 metros. Por último, a Escola Municipal Crislaine, que se encontra a aproximadamente 1.1 quilômetro da ferrovia, proporcionando uma base comparativa através da distância na qual cada uma se encontra da ferrovia. Como critério de escolha levou-se em consideração que todas são construções públicas, por isso possuem processos construtivos e modelos arquitetônicos semelhantes e detém de todos os projetos devidamente assinados por um responsável técnico.

Duas visitas foram realizadas em cada instituição municipal de ensino. A primeira teve como propósito conduzir uma inspeção visual, para identificar potenciais trincas e fissuras tanto na alvenaria de vedação quanto nos elementos estruturais das edificações. Durante essa etapa, também foram capturados registros fotográficos e efetuadas medições utilizando um fissurômetro (Anexo A).

Na segunda visita, o propósito foi conduzir ensaios de ultrassom em fissuras específicas. Esta etapa teve como propósito a avaliação da qualidade do concreto em pilares que apresentavam sinais visíveis de degradação nas escolas. Como critério de avaliação, utilizou-se a velocidade das ondas ultrassônicas.

Após a conclusão do processo, os dados provenientes da inspeção visual, por meio dos registros fotográficos, bem como os dados obtidos por meio dos ensaios de ultrassonografia, foram cuidadosamente analisados e empregados na elaboração dos resultados deste estudo.

RESULTADOS

ESTUDO DE CASO

A Tabela 01 exibe os diversos tipos de manifestações patológicas identificadas por meio de inspeção visual conduzida na Escola Fernando Rodrigues, localizada a cerca de 220 m da EFC. Dessa forma, identificaram-se três tipos de manifestações patológicas, sendo a medição efetuada com um fissurômetro e documentação fotográfica para fins de classificação.

Tabela 1 – Classificação das manifestações patológicas.



Escola Municipal Fernando Rodrigues Sousa			
	Data	Espessura (mm)	Classificação
a	28/08/2023	1.05	Trinca
b	28/08/2023	0.75	Trinca
c	28/08/2023	1.15	Trinca

Fonte: Autores (2023)

De acordo com as diretrizes estabelecidas na norma **NBR 9575:2003**, é possível fazer uma classificação das aberturas em manifestações patológicas na edificação com base em sua largura. Assim, as aberturas inferiores a 0,05 mm são denominadas microfissuras, aquelas com aberturas entre 0,05 mm e 0,5 mm são categorizadas como fissuras, e aberturas de até 1 mm são identificadas como trincas. Portanto, todas as anomalias patológicas na estrutura são enquadradas na categoria de trincas, de acordo com a dimensão de sua abertura.

Figura 01– Inspeção visual.



a – Recalque



b - Recalque



c - Recalque

Fonte: Autores (2023)

Na trinca a e b, apresentadas nas fotos acima, pode-se notar manifestações patológicas que, de acordo com suas características geométricas, provavelmente são causadas por recalque proveniente do adensamento do solo.

De acordo com Pereira, Thiengo e Conceição (2020) as rachaduras nas paredes podem resultar das variações no adensamento do solo em várias regiões do edifício. Quanto mais

significante for essa disparidade, maior será a extensão das rachaduras, sugerindo a possibilidade de problemas sérios na estrutura.

Na Figura c, pode-se perceber que provavelmente está ocorrendo um processo de corrosão na armadura do pilar, o qual está resultando no deslocamento da placa e, consequentemente, na formação de uma trinca no pilar.

Tabela 2 – Classificação das manifestações patológicas.

Escola Municipal Crislaine Gonçalves Moraes			
	Data	Espessura (mm)	Classificação
a	01/09/2023	0.5	Fissura
b	01/09/2023	0.2	Fissura

Fonte: Autores (2023)

Na Tabela 2, encontram-se os dados coletados durante a visita à Escola Municipal Crislaine Gonçalves Moraes, localizada a aproximadamente 1.1 km da EFC. Durante essa visita, foi possível identificar dois tipos distintos de anomalias estruturais, a primeira é uma fissura causada a partir de sobrecarga e a segunda assemelha-se a recalque.

As manifestações patológicas encontradas foram categorizadas com base na sua largura, sendo todas elas classificadas como fissuras, com a maior delas apresentando uma espessura de 0,5 milímetros.

Figura 2 – Parede com fissura.



a – Fissura causada por sobrecarga



b – Possível recalque

Fonte: Autores (2023)

Nas figuras acima, podem ser identificados dois tipos distintos de fissuras. A fissura a é vertical com espessura de 0.5 milímetros e está localizada na interseção das paredes que separam as salas de aula, na conexão alvenaria e elemento estrutural. Já na Figura b, observase uma fissura que aparenta ser causada por sobrecargas na estrutura que incidem sobre a alvenaria e afetam também o piso exterior da parede em questão.

A conexão entre a alvenaria de vedação e a estrutura de concreto do pilar é uma zona vulnerável à ocorrência de fissuras, conforme explicado por Thomaz (1989). Essa vulnerabilidade se deve à transferência de forças da estrutura para a alvenaria, à retração da argamassa durante a secagem e às variações térmicas dos materiais empregados.

Tabela 3 – Espessura da manifestação patológica na Escola 3.**Escola Municipal Profª Joviana Silva Farias**

F.	Data	Espessura (mm)	Classificação
a	01/09/2023	0.2	Fissura
b	01/09/2023	0.7	Trinca
c	01/09/2023	0.25	Fissura

Fonte: autores 2023

Na Tabela 03, são apresentados os dados da inspeção visual conduzida na Escola Municipal Profª Joviana Silva Farias, localizada a aproximadamente 930m da EFC. Durante a inspeção, foram identificadas pequenas fissuras em dois pilares, com larguras de 0,25 mm e 0,20 mm, respectivamente, além de uma trinca em uma parede de alvenaria, com uma espessura de 0,70 milímetros.

Figura 03 – Pilar com fissura e pilar com trinca.

**a – Pilar com fissura****b – Pilar com trinca****c – Parede fissurada**

Fonte: Autores (2023)

Nas imagens a e b acima, é possível identificar fissuras que provavelmente surgiram devido a uma sobrecarga nos pilares de concreto. Segundo Granato (2004) a fissuração ocorre quando a deformação à tração imposta ao concreto ultrapassa a sua capacidade de resistência. Essa capacidade de deformação à tração do concreto é influenciada pela idade do material e pela velocidade com que a deformação é aplicada.

Na Figura c, é possível notar uma fissura vertical em uma parede de alvenaria, a qual parece resultar da insuficiente resistência da argamassa empregada na construção, ou até mesmo da qualidade do bloco utilizado.

Conforme destacado por Duarte (1998), alvenarias robustas requerem o uso de tijolos de alta resistência à compressão, que são assentados com argamassas de resistência à compressão significativamente inferior à dos tijolos. Isso resulta em uma argamassa com coeficiente de Poisson mais elevado em relação aos tijolos e um Módulo de Elasticidade menor.

Na tabela abaixo estão os dados dos ensaios realizados por meio do equipamento de ultrassom em alguns pilares das escolas próximas a malha ferroviária. O dado obtido foi a velocidade de propagação de onda em metros por segundo (m/s), nas escolas Fernando Rodrigues de Sousa localizada a 220m da ferrovia com velocidade de propagação de onda de 554.5 m/s, Profª. Joviana Silva Farias a 930 m com velocidade de 936 m/s e Crislaine Gonçalves Moraes localizada a 1100 m com velocidade de 3622 m/s. A escolha do pilar, deu-se pelo critério de maior de manifestação patológica visual (fissura, trinca ou corrosão da armadura), com exceção da escola Crislaine Gonçalves Moraes que não apresentava manifestação patológica

visual, sendo critério de escolha nesse caso apenas a posição do pilar em relação a estrutura da escola.

Tabela 4 – Velocidade de propagação de onda em pilares.

Pilares					
	Escolas	Espessura (mm)	Classificação	Velocidade da onda (m/s)	Tempo de onda (μ s)
a	E.M.F.R.S.	1.15	Trinca	554.5	511.5
b	E.M.P.J.S.F.	0.7	Trinca	936	214.5
c	E.M.C.G.M.	0.0	-	3622	55.25

Fonte: Autores (2023)

Para o ensaio, o ultrassom foi configurado e calibrado segundo a norma e seu manual, o método de ensaio utilizado foi de transmissão direta pois, segundo a NBR 8802:2019, é a transmissão mais recomendada para a determinação de velocidade de propagação de onda, nela os transdutores são posicionados em faces opostas permitindo que as ondas sejam recebidas com maior intensidade.

Segundo Soeiro (2018), a velocidade de propagação de onda em pilares de concreto, pode ser utilizado para estabelecer medidas quanto a qualidade do concreto, mostrando que quanto maior a velocidade da onda no meio, maior a qualidade do concreto.

Segundo Whitehurst (1966), a classificação do concreto com base na velocidade de propagação de ondas, medida em metros por segundo, pode ser realizada da seguinte forma: velocidades superiores a 4500 m/s indicam uma qualidade excelente do concreto, enquanto valores na faixa de 3500 a 4500 m/s denotam uma qualidade boa. No caso de velocidades situadas entre 3000 e 3500 m/s, o concreto é considerado de qualidade regular, enquanto velocidades entre 2000 e 3000 m/s apontam para uma qualidade ruim. Por último, velocidades inferiores a 2000 m/s estão associadas a um concreto de qualidade péssima.

Assim, considerando esses critérios, é possível classificar os pilares de concreto, com base nos dados obtidos, nas categorias de bom, ruim e péssimo, respectivamente.

DISCUSSÃO

Com base nos resultados da inspeção visual, complementados pelos ensaios de ultrassonografia, é possível identificar que a Escola Municipal Fernando Rodrigues, a mais próxima da ferrovia, exhibe manifestações patológicas que provavelmente se originam do processo de adensamento do solo. Esse adensamento pode ser causado pela vibração gerada pelo tráfego ferroviário ou até mesmo intensificado por ele.

A absorção da energia vibratória ocorre principalmente através das fundações das construções, que têm a função primordial de transferir a carga estrutural para o solo, assegurando assim a estabilidade. Portanto, da mesma forma, as ondas vibratórias que porventura se perpetuam no solo causarão um movimento na fundação, que por sua vez transmitirá esse movimento para a estrutura, afetando pisos e paredes. (INTERNATIONAL..., 1990).

Segundo Brito, Soares e Nazari (2013) esse procedimento pode resultar no adensamento do solo, especialmente se for um solo arenoso, aumentando o risco de recalques diferenciais. Mesmo as estruturas e fundações mais robustas podem não ser capazes de suportar essas variações, o que pode levar a danos graves ou até mesmo ao colapso.

A análise dos resultados dos ensaios de ultrassonografia indicou que o pilar específico na Escola Fernando Rodrigues exibiu um nível de deterioração mais elevado em relação às escolas situadas em áreas mais afastadas da ferrovia. Isso sugere um acelerado processo de deslocamento e exposição da armadura do pilar devido às constantes vibrações provocadas pelo tráfego ferroviário diário.

Entretanto, há outros fatores que podem igualmente contribuir para o surgimento de manifestações patológicas em edificações, como erros no processo construtivo, projetos inadequados e uso impróprio da edificação. Esses fatores, por sua vez, também têm sua parcela de contribuição nos problemas identificados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados apresentados nesta pesquisa, os objetivos propostos se concretizaram com sucesso. Conduziu-se um estudo de caso em três escolas da rede municipal de Açailândia-MA, identificando as manifestações patológicas presentes nas edificações e apontando suas prováveis causas.



Além disso, foi observada uma correlação potencial entre o impacto das ações dinâmicas resultantes do tráfego ferroviário e a ocorrência e agravamento dos problemas identificados nas escolas inspecionadas. Essa correlação fica evidente ao se considerar a distância entre a ferrovia e as edificações, já que as escolas mais distantes da ferrovia não apresentaram fissuras ou trincas provenientes de recalque diferencial.

Considerando esse cenário, é aconselhável que pesquisas subsequentes se aprofundem ainda mais nas origens das manifestações identificadas, com um foco particular na Escola Municipal Fernando Rodrigues, devido à gravidade das patologias observadas e à sua proximidade com a ferrovia. Isso possibilitará a implementação das intervenções necessárias para uma reparação eficaz da estrutura.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 8802 - Concreto endurecido **Determinação da velocidade de propagação de onda ultrassônica**. Rio de Janeiro, 2019. Acesso em: 03 de setembro de 2023. Disponível em: < <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/3489/abnt-nbr8802-concreto-endurecidodeterminacao-da-velocidade-de-propagacao-de-onda-ultrassonica> >

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 9575 – Impermeabilização **Seleção e projeto**. Rio de Janeiro, 2003. Acesso em: 18 de novembro de 2003.

BRITO, L. A.; PERRONE F.; KAMIMURA, Q.; SANTOS, A. P. Influência da Vibração Gerada pelo Tráfego Ferroviário no Meio Urbano. PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção v. 5(2), p. 31-39. 2015.

BRITO, Luiz Antonio; SOARES, Álvaro Monoel de Souza; NAZARI, Bianca. Vibração: fonte de incômodo à população e de danos às edificações no meio urbano. **Vibração: fonte de incômodo à população e de danos às edificações no meio urbano**, [s. l.], 2013. Disponível em: file:///C:/Users/DELL/Downloads/download%20(1).pdf. Acesso em: 4 set. 2023.

FARIA, I.B.S.; POGGIALIA, F.S.J. Vibrações em estruturas no Brasil: uma revisão bibliográfica da literatura. Revista de Engenharia Civil 60:54-60. 2022.

GRANATO, José Eduardo. Patologia das Construções. São Paulo: Pearson, 2004. 250 p.
INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 4866: mechanical vibration and shock: vibration of buildings: guidelines for the measurement of vibration and evaluation of their effects on buildings. Geneva, 1990.

MASSA (ed.). Ferrovia Norte Sul: ferrovia norte sul: saiba tudo sobre o projeto!. Ferrovia Norte Sul: Saiba tudo sobre o projeto!. 2020. Disponível em: <https://massa.ind.br/ferrovianorte-sul/>. Acesso em: 28 set. 2021.

MOISES, Bento; PARREIA, Matheus. Monitoramento e identificação de causas de fissuras, trincas e rachaduras em alvenaria. **Monitoramento e identificação de causas de fissuras, trincas e rachaduras em alvenaria.**, [s. l.], 2021. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/handle/ANIMA/21256>. Acesso em: 29 ago. 2023.

OLIVEIRA, Alexandre Magno. **FISSURAS, TRINCAS E RACHADURAS CAUSADAS POR RECALQUE DIFERENCIAL DE FUNDAÇÕES**. 2012. Trabalho de final de curso de especialização (Especialista) - Ufmg, [S. l.], 2012. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUOS-9A3GCW/1/monografia_esp_2012_1_th.pdf. Acesso em: 30 ago. 2023.

PEREIRA, Ester da Penha; THIENGO, Luan Pessin; CONCEIÇÃO, Sara Santos. FISSURAS, TRINCAS E RACHADURAS EM EDIFICAÇÕES DE CONCRETO ARMADO. **FISSURAS, TRINCAS E RACHADURAS EM EDIFICAÇÕES DE CONCRETO ARMADO**, [s. l.], 2020. Disponível em: [file:///C:/Users/DELL/Downloads/fissuras-trincas-e-rachaduras-em-edificacoes-de-concretoarmado%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/DELL/Downloads/fissuras-trincas-e-rachaduras-em-edificacoes-de-concretoarmado%20(2).pdf). Acesso em: 3 set. 2023.

QUINTAS, Jaqueline; CABETTE, Regina Elaine Santos. SENSOR DE MONITORAMENTO DE VIBRAÇÃO EM CONCRETO

RAMOS, D. H.; BITTENCOURT, T. N. Avaliação de ensaios não destrutivos aplicados ao concreto armado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Dissertação de mestrado. São Paulo. 2019.

SOEIRO, M. J.; COSTA, S. S.; SILVA, A. P.; CHAHUD, E. Ensaio não destrutivo - **Ensaio de ultrassom e pacômetro na avaliação de qualidade do concreto armado**. Maceió, 2018. Acesso em: 03 de Setembro de 2023. Disponível em: https://www.confea.org.br/sites/default/files/antigos/contecc2018/civil/107_endeduep.pdf
SORIANO, H. L. Introdução à Dinâmica das Estruturas. Rio de Janeiro, Elsevier. 2014.
Thomaz, E. (1989). Trincas em edifícios: Causas, prevenção e recuperação. 1ª ed. São Paulo, Pini.

VALE (Brasil) (ed.). Estrada de Ferro Carajás: o caminho onde passa a nossa riqueza. Disponível em: <http://www.vale.com/brasil/pt/initiatives/innovation/carajasrailway/paginas/default.aspx>. Acesso em: 28 set. 2021.

VALE (Brasil) (ed.). Quer saber mais sobre as operações no Maranhão?: açailândia. Açailândia. 2021. Disponível em: <http://www.vale.com/hotsite/PT/Paginas/valeconhecer/Vale-visitas/maranhao/Home.aspx>. Acesso em: 28 set. 2021.



vibration and shock: vibration of buildings: guidelines for the measurement of vibration and evaluation of their effects on buildings. Geneva, 1990. VLI (ed.). CONHEÇA A VLI / Ferrovias: ferrovia norte sul : fns. FERROVIA NORTE SUL

WHITEHURST, E. A. **Evaluation of concrete properties from sonic test.** Detroit American Concrete Institute, 1966. Acesso em: 03 de setembro de 2023, Disponível em: < <https://www.ajol.info/index.php/njt/article/view/123556> >



ANEXO A

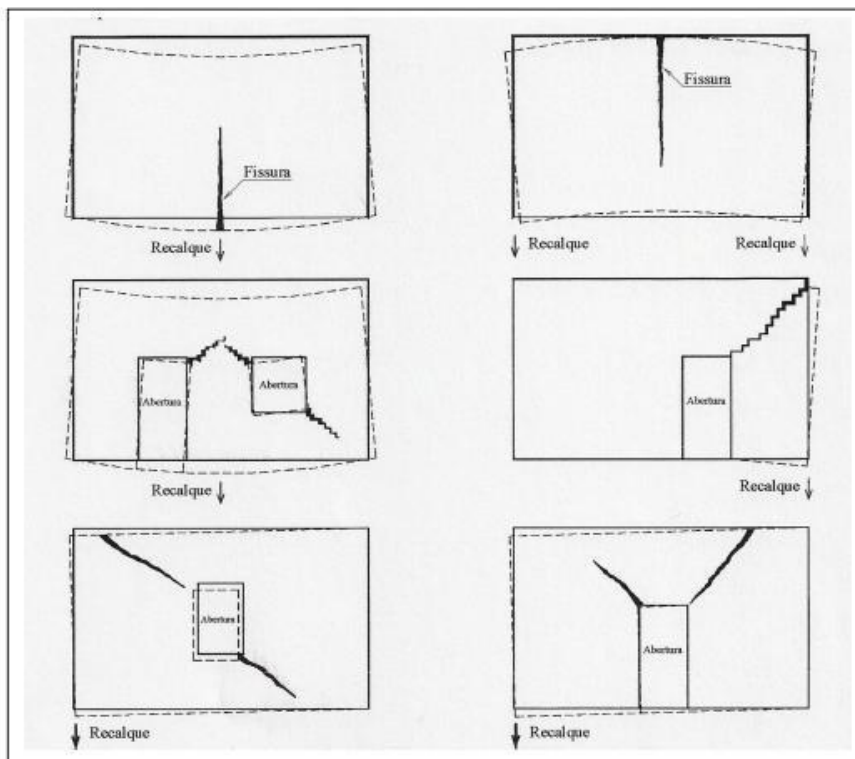


Figura 1 – Diferentes tipos de recalque.

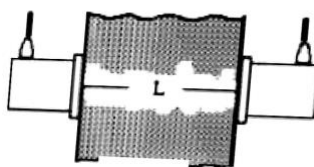


Figura 2 – Transmissão direta.

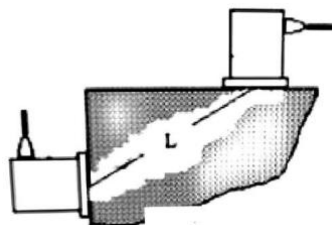


Figura 3– Transmissão semidireta.

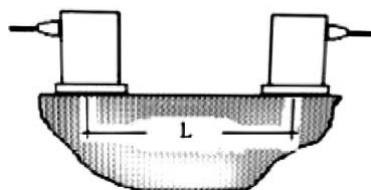


Figura 4 – Transmissão indireta.



Figura 5 - Ultrassom modelo pundit lab



Figura 6 – Escola Municipal Fernando Rodrigues

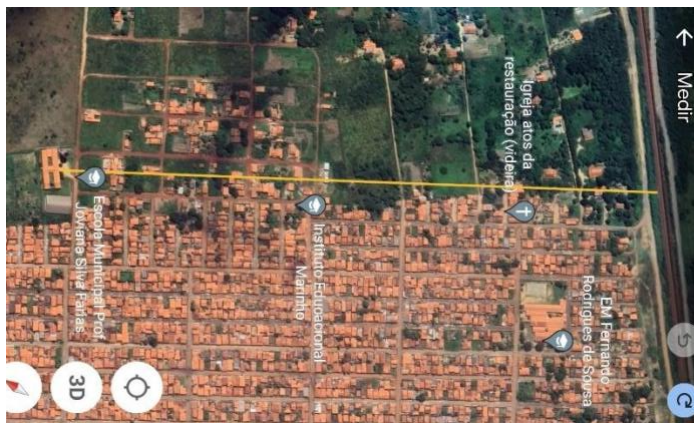


Figura 7 – Escola Joviana Silva Farias.



Figura 8 – Escola Municipal Crislaine.

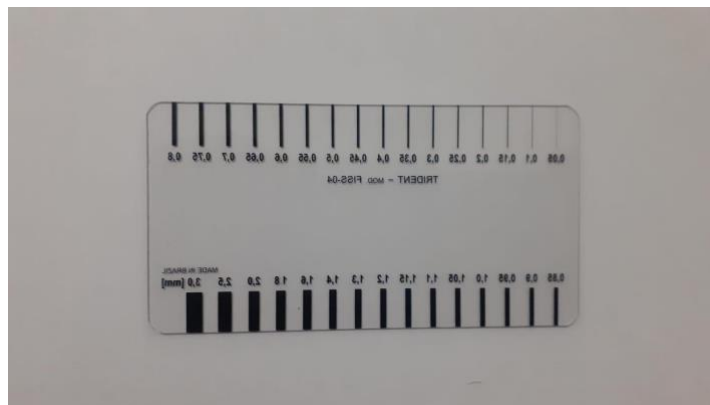


Figura 9 – Fissurometro.



Figura 10 – Fissurometro sendo usado.