

Diagnóstico de manifestações patológicas em edificações escolares por meio de ensaios ultrassônicos

Diagnosis of pathological manifestations in school buildings using ultrasonic testing

Diagnóstico de manifestaciones patológicas en edificaciones escolares mediante ensayos ultrasónicos

Recebido: 21/04/2026 | Aceito: 02/05/2026 | Publicado: 03/05/2026

Francisco Matheus da Silva Barros¹

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6976-4186>

Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, Brasil

E-mail: Francisco.barros@uemasul.edu.br

Walneis Thiago Silva Santos¹

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-0469-0537>

Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, Brasil

E-mail: walneis.santos@uemasul.edu.br

Lucas da Silva Soares¹

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-2783-9338>

Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, Brasil

E-mail: Wjltda975@gmail.com

Resumo

A avaliação da integridade de estruturas de concreto em edificações públicas é fundamental para garantir a segurança dos usuários e a durabilidade das construções, especialmente em escolas, que apresentam elevado fluxo de ocupação e, frequentemente, limitações relacionadas à manutenção preventiva. Os ensaios não destrutivos destacam-se como ferramentas eficientes para diagnóstico estrutural, pois permitem avaliar as condições internas do concreto sem provocar danos aos elementos estruturais. O ensaio de velocidade de pulso ultrassônico possibilita estimar a homogeneidade do material e identificar possíveis descontinuidades internas. Assim, este estudo teve como objetivo avaliar a qualidade do concreto e identificar manifestações patológicas em elementos estruturais de duas escolas públicas localizadas no município de Açailândia-MA: o Centro de Ensino Professor José Cesário e a Escola Municipal Egídio Quintal Filho. A metodologia consistiu na realização de inspeção visual associada à aplicação de ensaios ultrassônicos em pilares selecionados das edificações, utilizando os métodos de transmissão direta e indireta, com múltiplas medições por elemento, conforme recomendações da ABNT NBR 8802:2019. Os resultados permitiram classificar a qualidade do concreto das estruturas analisadas, indicando variações nas velocidades de propagação das ondas associadas à heterogeneidade do material e à presença de possíveis descontinuidades internas. Observou-se também correlação entre regiões com menores velocidades ultrassônicas e a ocorrência de manifestações patológicas visíveis, como fissuras e indícios de umidade. Conclui-se que o ensaio ultrassônico é uma ferramenta adequada para a avaliação preliminar da integridade estrutural de edificações escolares, contribuindo para o diagnóstico técnico e para o planejamento de ações de manutenção preventiva.

Palavras-chave: Ensaios não destrutivos; Ultrassom em concreto; Patologia das construções; Inspeção estrutural; Escolas públicas.

Abstract

Assessing the integrity of concrete structures in public buildings is fundamental to ensuring user safety and the durability of constructions, especially in schools, which have high occupancy rates and often face limitations related to preventive maintenance. Non-destructive testing stands out as an efficient tool for structural diagnosis, as it allows for the evaluation of the internal conditions of concrete without causing damage to structural elements. The ultrasonic pulse velocity test makes it possible to estimate the homogeneity of the material and identify possible internal discontinuities. Thus, this study aimed to evaluate the quality of concrete and identify pathological manifestations in structural elements of two public schools located in the municipality of Açailândia-MA: the Professor José Cesário Teaching Center and the Egídio Quintal Filho Municipal School. The methodology consisted of visual inspection combined with the application of ultrasonic tests on selected pillars of the buildings, using direct and indirect transmission methods, with multiple measurements per element, according to the recommendations of ABNT NBR 8802:2019. The results allowed for the classification of the concrete quality of the analyzed structures, indicating variations in wave propagation velocities associated with material heterogeneity and the presence of possible internal discontinuities. A correlation was also observed between regions with lower ultrasonic velocities and the occurrence

¹ Graduando em Engenharia Civil – Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, Brasil.

of visible pathological manifestations, such as cracks and signs of moisture. It is concluded that ultrasonic testing is a suitable tool for the preliminary assessment of the structural integrity of school buildings, contributing to technical diagnosis and the planning of preventive maintenance actions.

Keywords: Non-destructive testing; Ultrasonic pulse velocity; Concrete structures; Structural inspection; Public schools.

Resumen

La evaluación de la integridad de las estructuras de hormigón en edificios públicos es fundamental para garantizar la seguridad de los usuarios y la durabilidad de las construcciones, especialmente en escuelas, que presentan altas tasas de ocupación y a menudo enfrentan limitaciones relacionadas con el mantenimiento preventivo. Los ensayos no destructivos se destacan como una herramienta eficiente para el diagnóstico estructural, ya que permiten evaluar las condiciones internas del hormigón sin causar daños a los elementos estructurales. El ensayo de velocidad de pulso ultrasónico permite estimar la homogeneidad del material e identificar posibles discontinuidades internas. Por lo tanto, este estudio tuvo como objetivo evaluar la calidad del hormigón e identificar manifestaciones patológicas en elementos estructurales de dos escuelas públicas ubicadas en el municipio de Açailândia-MA: el Centro de Enseñanza Profesor José Cesário y la Escuela Municipal Egídio Quintal Filho. La metodología consistió en una inspección visual combinada con la aplicación de ensayos ultrasónicos en pilares seleccionados de los edificios, utilizando métodos de transmisión directa e indirecta, con múltiples mediciones por elemento, de acuerdo con las recomendaciones de ABNT NBR 8802:2019. Los resultados permitieron clasificar la calidad del hormigón de las estructuras analizadas, indicando variaciones en las velocidades de propagación de las ondas asociadas a la heterogeneidad del material y la presencia de posibles discontinuidades internas. También se observó una correlación entre las regiones con velocidades ultrasónicas más bajas y la aparición de manifestaciones patológicas visibles, como fisuras y signos de humedad. Se concluye que el ensayo ultrasónico es una herramienta adecuada para la evaluación preliminar de la integridad estructural de los edificios escolares, contribuyendo al diagnóstico técnico y a la planificación de acciones de mantenimiento preventivo.

Palabras clave: Ensayos no destructivos; Ultrasonido en concreto; Patología de las construcciones; Inspección estructural; Escuelas públicas.

1. Introdução

As edificações escolares públicas desempenham papel essencial no processo educacional, sendo responsáveis por oferecer ambientes seguros e adequados para o desenvolvimento das atividades pedagógicas. Entretanto, muitas dessas construções apresentam problemas associados à ausência de manutenção preventiva, à exposição às condições ambientais e à degradação natural dos materiais, fatores que favorecem o surgimento de manifestações patológicas em elementos estruturais e de vedação (Silva & Brito, 2021; Oliveira et al., 2022).

Entre as patologias mais comuns em estruturas de concreto destacam-se fissuras, infiltrações, processos de umidade e o início de corrosão de componentes metálicos, podendo comprometer o desempenho e a durabilidade das edificações quando não diagnosticadas adequadamente (Nascimento Moura et al., 2023; Helene, 1992).

Além disso, edificações escolares frequentemente apresentam condições específicas de uso e ocupação que podem acelerar processos de degradação dos materiais. A elevada circulação de pessoas, a exposição contínua a agentes ambientais e, em muitos casos, a limitação de recursos destinados à manutenção preventiva contribuem para o surgimento de manifestações patológicas ao longo da vida útil das estruturas. Nesse contexto, a identificação precoce dessas anomalias torna-se fundamental para evitar a evolução dos danos e garantir condições adequadas de segurança e desempenho das edificações (Lorenzi et al., 2021).

Dessa forma, o diagnóstico das condições estruturais por meio de técnicas de inspeção e monitoramento assume papel relevante na gestão do patrimônio público, permitindo a identificação de problemas em estágios iniciais e possibilitando a adoção de medidas corretivas ou preventivas de forma mais eficiente.

Nesse contexto, os ensaios não destrutivos (END) têm sido amplamente utilizados na engenharia civil, pois permitem analisar o estado do concreto sem causar danos à estrutura, possibilitando diagnósticos mais seguros e eficientes (Whitehurst, 1951). Entre esses métodos, destaca-se o ensaio de velocidade de pulso ultrassônico (Ultrasonic Pulse Velocity – UPV), que

permite avaliar a homogeneidade do concreto e detectar possíveis defeitos internos, como vazios, fissuras ou regiões com baixa compacidade (Espinosa et al., 2023; Malhotra & Carino, 2004).

Estudos recentes demonstram que a velocidade de pulso ultrassônico apresenta correlação com propriedades mecânicas do concreto, sendo uma ferramenta relevante para avaliação estrutural e monitoramento de edificações existentes (Kim et al., 2024; Nazari, 2025).

Assim, este estudo teve como objetivo avaliar a qualidade do concreto e identificar manifestações patológicas em elementos estruturais de duas escolas públicas localizadas no município de Açailândia-MA: o Centro de Ensino Professor José Cesário e a Escola Municipal Egídio Quintal Filho.

2. Metodologia

2.1 Tipo de pesquisa

Realizou-se uma investigação mista, parte em campo, num estudo descritivo de caso, de abordagem qualitativa e quantitativa apoiado em documentação de fonte direta em normas técnicas para realização dos ensaios e medições (Risemberg et al., 2026; Pereira et al., 2018).

O presente trabalho adotou o estudo de caso como método de pesquisa, por se tratar de uma abordagem adequada para a investigação aprofundada de fenômenos em seus contextos reais, considerando suas particularidades e condicionantes. Essa estratégia metodológica possibilita compreender de forma detalhada a realidade das edificações analisadas, permitindo a observação direta das condições estruturais, das práticas de uso e das situações relacionadas ao estado de conservação das estruturas (Santos, 2020).

Como estratégia de investigação, o estudo de caso permitiu a realização de uma análise contextualizada das manifestações patológicas presentes nas edificações avaliadas, favorecendo a observação do ambiente construído, o registro sistemático das anomalias identificadas e a compreensão dos mecanismos associados ao surgimento e à evolução dos danos ao longo do tempo, possibilitando uma análise detalhada das condições estruturais das edificações e de seus impactos no desempenho das construções (Gomide et al., 2015; Mehta & Monteiro, 2014). Além disso, essa abordagem possibilita avaliar os impactos dessas patologias no desempenho das estruturas e nas condições de uso dos espaços escolares, conforme discutido por Araújo (2021) em estudos relacionados às patologias em edificações escolares.

De acordo com Lunetta (2023), o estudo de caso contribui para a análise detalhada de fenômenos reais, permitindo a observação organizada das variáveis e das características do objeto investigado. Dessa forma, essa abordagem metodológica mostra-se adequada para pesquisas aplicadas na área da engenharia civil, especialmente em estudos voltados à avaliação de desempenho, diagnóstico de patologias e monitoramento de estruturas existentes.

2.2 Área de estudo

A pesquisa foi desenvolvida em duas escolas públicas localizadas no município de Açailândia-MA: o Centro de Ensino Professor José Cesário (a), situado na Rua Congonhas, no bairro João Paulo II, e a Escola Municipal José Egídio Quintal Filho (b), localizada no bairro Vale do Açaí, conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1 - Área escolar José Cesário e José Egídio Quintal filho.



Fonte: Google Earth (2025).

A escolha dessas edificações ocorreu em função da possibilidade de realização de ensaios não destrutivos em seus elementos estruturais, bem como da presença de manifestações patológicas observadas em determinadas áreas das construções.

2.3 Ensaios Ultrassônicos

Nesse contexto, os Ensaios Não Destrutivos (END) apresentam-se como uma alternativa eficiente para avaliação das condições reais das estruturas, uma vez que possibilitam a análise dos elementos sem provocar danos ao material. Entre esses métodos destaca-se o ensaio de velocidade de pulso ultrassônico, amplamente empregado na avaliação da qualidade e da homogeneidade do concreto.

Lorenzi *et al.* (2021) destacam que os ensaios ultrassônicos permitem investigar o desempenho do concreto de forma segura e economicamente viável, fornecendo subsídios importantes para a verificação de sua integridade estrutural. Os ensaios foram realizados com equipamento de ultrassom disponibilizado pela Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (UEMASUL), conforme apresentado na Figura 2.

Figura 2 – Ultrassom.



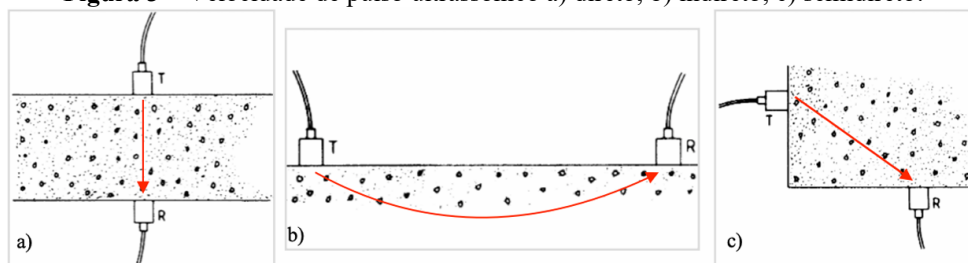
Fonte: Autores (2026).

De acordo com a ABNT NBR 8802:2019, o ensaio de velocidade de pulso ultrassônico pode ser executado por diferentes configurações de posicionamento dos transdutores, sendo elas: transmissão direta, transmissão indireta e transmissão semidireta, conforme ilustrado na Figura 3.

No presente estudo, sempre que possível foi adotado o método de transmissão direta, no qual os transdutores são posicionados em faces opostas do elemento estrutural, possibilitando que o pulso ultrassônico percorra o interior do concreto

de forma mais representativa. Esse método é considerado o mais adequado para determinação da velocidade de propagação das ondas no material, pois reduz a influência de irregularidades superficiais e permite uma avaliação mais precisa da homogeneidade do concreto (Malhotra & Carino, 2004; ASTM, 2021).

Figura 3 – Velocidade de pulso ultrassônico a) direto; b) indireto; c) semidireto.



Fonte: Lorenzi *et al.* (2021).

Em cada ponto analisado foram realizadas três medições do tempo de propagação do pulso ultrassônico, sendo posteriormente adotado o valor médio das leituras válidas, procedimento recomendado para aumentar a confiabilidade dos resultados obtidos. A velocidade de propagação das ondas ultrassônicas foi determinada a partir da relação entre a distância percorrida pelo pulso e o tempo de trânsito registrado pelo equipamento, conforme estabelecido pela ABNT NBR 8802:2019, sendo expressa pela equação:

Em que:

$$V = \frac{L}{t}$$

V = velocidade de propagação da onda ultrassônica (m/s);

L = distância entre os transdutores (m);

t = tempo de propagação do pulso ultrassônico (s).

(Equação 1)

De modo geral, maiores velocidades de propagação das ondas ultrassônicas estão associadas a concretos mais compactos e homogêneos, indicando melhor qualidade do material e menor ocorrência de vazios ou descontinuidades internas. Esse comportamento ocorre porque a propagação das ondas ultrassônicas depende diretamente da densidade e da continuidade da matriz do concreto, sendo influenciada pela presença de microfissuras, porosidade e variações na composição do material. Dessa forma, valores elevados de velocidade tendem a indicar estruturas com maior integridade interna e melhor desempenho mecânico (Zhang *et al.*, 2022; Shen *et al.*, 2021).

Por outro lado, velocidades mais baixas podem estar associadas à presença de fissuras internas, vazios ou regiões com menor compacidade, fatores que podem comprometer a durabilidade e o desempenho estrutural do concreto ao longo do tempo (Kim *et al.*, 2024; Espinosa *et al.*, 2023). A Tabela 1 apresenta a classificação da qualidade do concreto em função das diferentes faixas de velocidade ultrassônica obtidas nas medições.

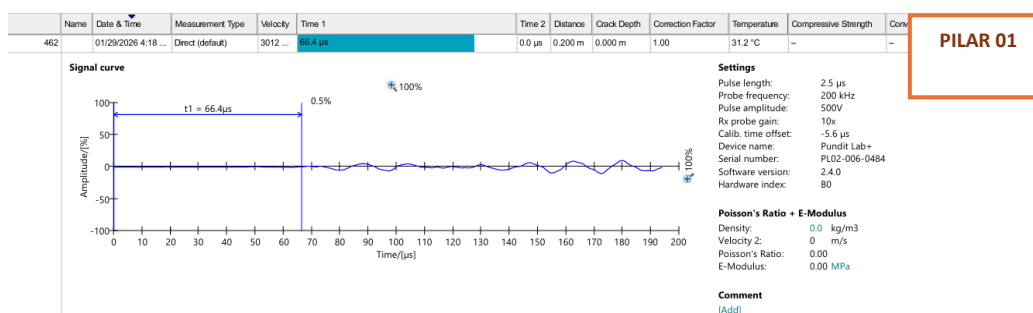
Tabela 1 – Classificação da qualidade do concreto em relação à velocidade de propagação ultrassônica.

Velocidade da Onda Ultra-sônica (m/s)	Qualidade do Concreto
V > 4500	EXCELENTE
3500 < V < 4500	ÓTIMO
3000 < V < 3500	BOM
2000 < V < 3000	REGULAR
V < 2000	RUIM

Fonte: Whitehurst apud Figueiredo (2005).

para esse tipo de avaliação, conforme apresentado na Figura 6.

Figura 6 – Pilar 1 DIRETO Corredor da escola.



Fonte: Autores (2026).

Tabela 2 – Classificação da qualidade do concreto no Pilar 1.

Parâmetro	Resultado
Distância entre transdutores (L)	0,200 m
Velocidade mínima válida	2.488 m/s
Velocidade máxima válida	5.814 m/s
Amplitude (Vmax – Vmin)	3.326 m/s
Faixa predominante das medições	≈ 3.300 m/s
Classificação predominante	Bom
Ocorrência de valores > 4.500 m/s	Sim (excelente)
Ocorrência de valores < 2.000 m/s	Não

Fonte: Autores (2026).

A velocidade de propagação das ondas ultrassônicas foi determinada pela relação apresentada na Equação (1). Aplicando os valores de distância entre os transdutores e tempo de propagação do pulso ultrassônico, tem-se:

Distância: $L = 0,200 \text{ m}$

Tempo: $t = 66,4 \mu\text{s} = 66,4 \times 10^{-6} \text{ s}$

Substituindo os valores obtidos no ensaio:

$$V = \frac{0,200}{66,4 \times 10^{-6}}$$

$$V = 3012 \text{ m/s}$$

$$V \approx 3,01 \text{ km/s}$$

O valor calculado mostrou-se compatível com o indicado pelo equipamento, que apresentou **Velocity ≈ 3,0 km/s**.

Entretanto, considerando a repetição predominante das medições na faixa de 3.100 a 3.350 m/s, pode-se afirmar que a velocidade característica do Pilar 1 se situa aproximadamente em 3.300 m/s. De acordo com os critérios de classificação da qualidade do concreto por meio de ensaios ultrassônicos, o elemento apresenta classificação predominante BOM, com registros pontuais enquadrados nas classes ÓTIMO e EXCELENTE. Nos ensaios realizados foram obtidas velocidades predominantes entre aproximadamente 3.000 e 3.400 m/s, indicando concreto classificado com grande relevância, conforme critérios de avaliação da qualidade do concreto por meio de ensaios ultrassônicos conforme a Tabela 3.

Tabela 3 – Velocidade média dos pilares analisados na Escola José Cesário.

Pilar	Método de ensaio	Velocidade média (m/s)	Classificação
Pilar 1	Direto	≈ 3.300	Bom
Pilar 2	Indireto	≈ 3.080	Bom
Pilar 3	Indireto	≈ 3.050	Bom
Pilar 4	Direto	≈ 3.200	Bom

Fonte: Autores (2026).

Os resultados obtidos indicam comportamento relativamente homogêneo do concreto nos pilares analisados. Embora tenham sido registradas algumas leituras pontuais superiores a 4.500 m/s, classificadas como excelente, a maior parte dos valores concentrou-se na faixa de aproximadamente 3.100 a 3.350 m/s, classificando o concreto predominantemente como bom.

3.1.1 Recomendações técnicas para os pilares

Embora os ensaios indiquem que o concreto apresenta qualidade adequada, por se tratar de uma estrutura antiga em edificação escolar recomenda-se a adoção de medidas de manutenção preventiva e monitoramento periódico, visando garantir a segurança estrutural, a durabilidade dos elementos e o atendimento às exigências normativas vigentes. Mesmo na ausência de patologias estruturais significativas, recomenda-se a aplicação de pintura protetiva acrílica ou revestimento impermeabilizante, a verificação e correção de possíveis pontos de infiltração nas proximidades, bem como a realização de manutenções periódicas, preferencialmente em intervalos de aproximadamente dois anos.

3.2 Análise da Escola Municipal José Egídio Quintal Filho

Na Escola Municipal José Egídio Quintal Filho, os ensaios de velocidade de pulso ultrassônico foram realizados em cinco pilares distribuídos em diferentes áreas da edificação, utilizando os métodos de transmissão direta, indireta e semidireta, conforme as condições de acesso aos elementos estruturais conforme ilustrado na Figura 7.

Figura 7 – Ensaio ultrassom, escola José Egídio.



Fonte: Autores (2026).

No presente estudo, foram analisados os pilares identificados como P1, P2, P3, P4 e P5, localizados na Escola Municipal José Egídio Quintal Filho. A seleção desses elementos estruturais foi realizada de forma estratégica, considerando diferentes pontos da edificação, com o objetivo de avaliar as condições do concreto e verificar possíveis indícios de deterioração ou alterações no comportamento estrutural dos pilares, conforme apresentado no croqui da edificação na Figura 8.

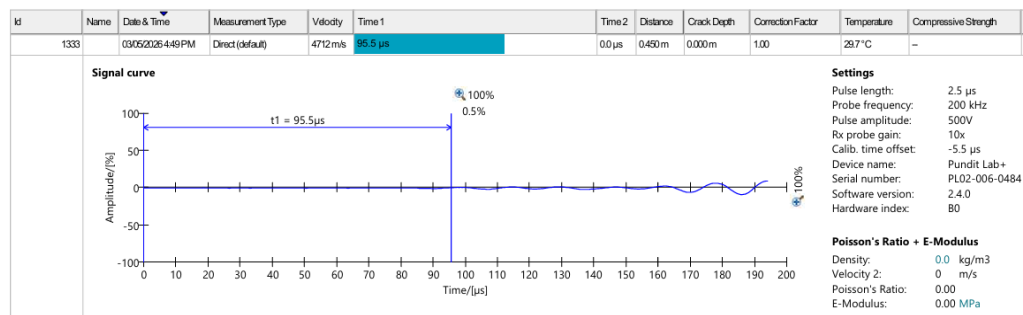
Figura 8 – Croqui, Mapeamento dos ensaios.



Fonte: Autores (2026).

Durante a inspeção visual preliminar foram observadas manifestações patológicas pontuais, como fissuras em elementos de vedação próximos aos pilares e desgaste superficial do revestimento. Nos elementos estruturais em que foi possível o acesso às faces opostas do concreto, aplicou-se o método de transmissão direta, considerado o mais preciso para esse tipo de avaliação. Em situações nas quais o acesso às faces opostas era limitado, foi adotado o método de transmissão semidireta e indireto conforme a Figura 9, no qual os transdutores são posicionados em faces adjacentes do elemento estrutural. Esse arranjo permite a obtenção de resultados confiáveis mesmo em condições geométricas que dificultam a aplicação do método direto.

Figura 9 – Pilar 1 INDIRETO, Pilar externo entre cozinha e banheiro.



Fonte: Autores (2026).

No Pilar 1 da Escola Municipal José Egídio Quintal Filho, o ensaio de velocidade de pulso ultrassônico foi realizado utilizando o método de transmissão indireta, sendo efetuadas três medições em cada ponto analisado. Esse procedimento foi adotado com o objetivo de minimizar possíveis variações associadas ao posicionamento dos transdutores e às condições superficiais do concreto, permitindo a obtenção de resultados mais representativos para a avaliação da qualidade do material. O procedimento experimental seguiu as recomendações estabelecidas pela ABNT NBR 8802:2019, adotando-se posteriormente o valor médio das leituras válidas obtidas em cada ponto de medição.

A utilização da média das medições contribui para aumentar a confiabilidade dos resultados, reduzindo possíveis interferências decorrentes de irregularidades superficiais, presença de revestimentos ou pequenas variações no contato entre os transdutores e o concreto. A partir das medições realizadas, foi possível determinar a velocidade de propagação das ondas ultrassônicas no elemento estrutural analisado conforme a Tabela 4 da classificação da qualidade do Pilar 1, permitindo avaliar a homogeneidade e a qualidade do concreto presente no pilar. Esses resultados serviram como base para a classificação do

material, bem como para a análise comparativa com os demais pilares investigados na edificação de acordo com a Equação (1).

Tabela 4 – Classificação da qualidade do Pilar 1.

Parâmetro	Resultado Obtido
Distância entre transdutores (l)	0,450 m
Velocidade mínima válida	4.036 m/s
Velocidade máxima válida	4.072 m/s
Velocidade média (3 leituras)	4.054 m/s
Amplitude (vmax – vmin)	36 m/s
Classificação predominante	BOM
Ocorrência de valores > 4.500 m/s	Não
Ocorrência de valores < 2.000 m/s	Não

Fonte: Autores (2026).

Em razão da ocorrência de algumas leituras nulas (0 m/s), atribuídas a falhas momentâneas de acoplamento entre os transdutores e a superfície do concreto, foram consideradas apenas as medições válidas para a análise dos resultados. Observou-se predominância de velocidades na faixa entre 4.000 e 4.100 m/s, resultando em velocidade média aproximada de 4.054 m/s. De acordo com os critérios de classificação da qualidade do concreto por meio de ensaios ultrassônicos, o Pilar 1 apresentou classificação predominante BOM, com ocorrências pontuais de valores enquadrados na classe EXCELENTE.

A Tabela 5 apresenta os valores obtidos para o pilar analisado, enquanto o cálculo da velocidade de propagação das ondas ultrassônicas para os demais pilares. Essas observações motivaram a realização dos ensaios ultrassônicos, visando avaliar a integridade do concreto nos pontos analisados. Os resultados obtidos indicaram velocidades ultrassônicas predominantemente entre 4.000 e 5.000 m/s, evidenciando concreto com maior compacidade e melhor qualidade estrutural conforme a Tabela 5.

Tabela 5 – Velocidade média dos pilares analisados na Escola Egídio Quintal Filho.

Pilar	Método de ensaio	Distância (m)	Velocidade média (m/s)	Classificação
Pilar 1	Indireto	0,450	4.054	Bom
Pilar 2	Semidireto	0,450	≈ 4.200	Bom a ótimo
Pilar 3	Direto	0,450	≈ 4.500	Excelente
Pilar 4	Direto	0,450	≈ 5.000	Excelente
Pilar 5	Semidireto	0,450	≈ 4.200	Bom a ótimo

Fonte: Autores (2026).

A Tabela 5 apresenta um resumo dos resultados obtidos nos ensaios de velocidade de pulso ultrassônico realizados nos pilares da Escola Municipal José Egídio Quintal Filho. Os valores apresentados correspondem às velocidades médias obtidas a partir das medições realizadas em cada elemento estrutural, conforme o procedimento de cálculo descrito anteriormente pela Equação (1). Observa-se que a maior parte dos pilares apresentou velocidades superiores a 4.000 m/s, indicando concretos com boa compacidade e adequada qualidade estrutural. Destacam-se os pilares analisados pelo método direto, que apresentaram velocidades médias próximas ou superiores a 4.500 m/s, classificadas como excelente segundo os critérios de avaliação adotados.

3.2.1 Recomendações técnicas para os pilares

Embora os ensaios realizados indiquem que o concreto apresenta condições satisfatórias de qualidade, recomenda-se a adoção de medidas de manutenção preventiva e monitoramento periódico, com o objetivo de preservar o desempenho estrutural, a durabilidade dos elementos e a segurança da edificação escolar, além de garantir conformidade com as normas técnicas vigentes.

Mesmo na ausência de anomalias estruturais significativas, recomenda-se a proteção superficial dos elementos estruturais por meio de pintura acrílica ou revestimento impermeabilizante, bem como a verificação e correção de possíveis pontos de infiltração nas proximidades. Recomenda-se ainda a realização de inspeções e manutenções periódicas, preferencialmente em intervalos de aproximadamente dois anos, visando prevenir o surgimento ou a evolução de manifestações patológicas.

3.3 Comparação entre as edificações analisadas

A análise comparativa dos resultados obtidos nas duas escolas indica diferenças significativas na qualidade do concreto dos pilares analisados, conforme apresentado na Tabela 6. Observa-se que os valores de velocidade de propagação das ondas ultrassônicas obtidos na Escola Municipal José Egídio Quintal Filho foram, de modo geral, superiores aos registrados no Centro de Ensino Professor José Cesário, indicando diferenças no grau de compacidade e homogeneidade do concreto entre as duas edificações.

Tabela 6 – Comparação dos resultados dos ensaios ultrassônicos.

Critério de análise	Escola José Cesário	Escola Egídio Quintal Filho
Quantidade de pilares analisados	8 pontos (P1, P2, P2.1, P2.2, P3, P3.1, P3.2 e P4)	5 pontos (P1, P2, P3, P4 e P5)
Faixa predominante de velocidades	≈ 3.100 – 3.350 m/s	≈ 4.000 – 5.000 m/s
Velocidade média representativa	≈ 3.300 m/s	≈ 4.050 – 4.500 m/s
Classificação predominante do concreto	Bom	Bom a excelente
Ocorrência de valores > 4.500 m/s	Pontual	Frequente em alguns pilares
Ocorrência de valores baixos	Alguns pontos próximos ao limite inferior	Pouco frequentes
Condição geral da estrutura (ultrassom)	Concreto com qualidade satisfatória, porém com menor compacidade relativa	Concreto com maior compacidade e melhor qualidade geral
Situação de atenção estrutural	Moderada – devido a menores velocidades médias e maior idade da estrutura	Baixa – estrutura mais recente e com melhores velocidades

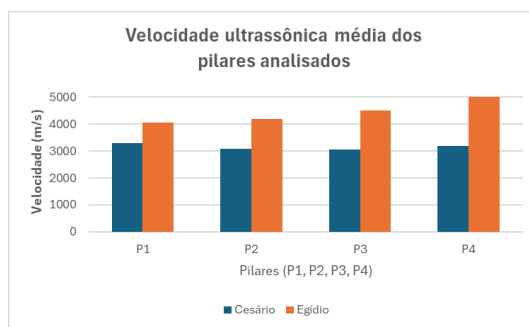
Fonte: Autores (2026).

A Escola Municipal José Egídio Quintal Filho apresentou velocidades ultrassônicas mais elevadas, indicando um concreto com maior grau de compacidade e menor presença de descontinuidades internas. Valores mais altos de velocidade de propagação das ondas ultrassônicas estão geralmente associados a concretos mais densos e homogêneos, sugerindo melhores condições estruturais dos elementos analisados. Além disso, esse comportamento pode estar relacionado à menor idade da edificação, às condições de execução do concreto no momento da construção e às condições atuais de conservação estrutural observadas durante a inspeção visual.

Por outro lado, o Centro de Ensino Professor José Cesário apresentou velocidades ultrassônicas ligeiramente inferiores, concentradas predominantemente na faixa de aproximadamente 3.100 a 3.350 m/s, classificadas como bom de

acordo com os critérios de avaliação adotados. Apesar dos valores inferiores em comparação à outra escola analisada, os resultados ainda indicam condições estruturais satisfatórias, não sendo observados indícios relevantes de degradação interna do concreto nos pilares avaliados. A Figura 10 apresenta a comparação das velocidades médias obtidas nos pilares analisados das duas escolas, permitindo observar diferenças na qualidade e compacidade do concreto.

Figura 10 – Comparação das velocidades de propagação das ondas ultrassônicas nos pilares analisados das escolas José Cesário e Egídio Quintal Filho.



Fonte: Autores (2026).

A comparação entre as duas edificações indica que ambas apresentam condições satisfatórias de integridade estrutural. Entretanto, a Escola Municipal José Egídio Quintal Filho apresentou desempenho superior em relação à qualidade e à homogeneidade do concreto dos elementos analisados. A Figura 10 apresenta a comparação das velocidades médias de propagação das ondas ultrassônicas obtidas nos pilares analisados nas duas escolas.

Observa-se que os valores registrados na Escola Egídio Quintal Filho são, de modo geral, superiores aos obtidos no Centro de Ensino Professor José Cesário, evidenciando maior compacidade e melhor qualidade do concreto nos elementos estruturais analisados. Esses resultados reforçam a relevância da aplicação de ensaios não destrutivos, como o ultrassom, na avaliação de estruturas existentes, uma vez que tais métodos permitem identificar variações na qualidade do material e fornecer subsídios técnicos para a adoção de estratégias de manutenção preventiva e monitoramento das edificações ao longo do tempo.

A análise comparativa dos resultados obtidos também evidencia a relevância da aplicação de métodos de avaliação não destrutivos na investigação das condições estruturais de edificações existentes. A utilização do ensaio de velocidade de pulso ultrassônico permitiu identificar diferenças na compacidade e na homogeneidade do concreto entre as duas escolas analisadas, fornecendo informações importantes sobre o estado de conservação dos elementos estruturais.

Em estruturas com maior idade ou submetidas a condições ambientais mais severas, é comum observar reduções nos valores de velocidade ultrassônica, associadas à presença de microfissuras, vazios ou processos iniciais de deterioração do concreto. Nesse sentido, a comparação entre os resultados obtidos nas duas edificações reforça a importância de considerar fatores como idade da estrutura, condições de exposição ambiental e histórico de manutenção na interpretação dos resultados obtidos por meio de ensaios não destrutivos.

Além disso, os resultados demonstram que a utilização de técnicas de diagnóstico estrutural baseadas em ensaios ultrassônicos pode contribuir significativamente para o planejamento de ações de manutenção e conservação das edificações, permitindo identificar áreas prioritárias para inspeções mais detalhadas ou intervenções preventivas. Dessa forma, a utilização de métodos de avaliação não destrutivos associados à inspeção visual contribui para a obtenção de diagnósticos mais precisos das condições estruturais das edificações, auxiliando na tomada de decisões técnicas relacionadas à manutenção, conservação e gestão do patrimônio público.

4. Conclusão

As manifestações patológicas analisadas foram investigadas por meio da aplicação de ensaio não destrutivo de ultrassom, realizado em pontos estratégicos da edificação previamente selecionados com base na inspeção visual das anomalias observadas e na relevância estrutural dos elementos avaliados. O objetivo do ensaio foi verificar a qualidade, homogeneidade e integridade do concreto, bem como identificar possíveis descontinuidades internas não perceptíveis visualmente.

Com base nos resultados obtidos nos pilares analisados da Escola Municipal José Egídio Quintal Filho, verificou-se que as velocidades de propagação das ondas ultrassônicas apresentaram, de modo geral, valores compatíveis com concretos classificados entre bom e excelente, indicando adequada compacidade e ausência de indícios significativos de falhas internas nos elementos estruturais avaliados.

Dessa forma, conclui-se que, nos pontos analisados, não foram identificados sinais relevantes de comprometimento estrutural, recomendando-se apenas manutenção preventiva e monitoramento periódico, com o objetivo de preservar as condições de durabilidade e desempenho da estrutura ao longo do tempo. Além disso, destaca-se que a aplicação de ensaios não destrutivos, como o ultrassom, constitui uma ferramenta eficiente para o diagnóstico preliminar da integridade estrutural em edificações públicas, contribuindo para o planejamento de intervenções de manutenção preventiva e para o aumento da vida útil das estruturas de concreto.

Os resultados obtidos neste estudo evidenciam a importância da utilização de técnicas de avaliação não destrutivas na análise das condições estruturais de edificações existentes, especialmente em construções de uso público, como escolas. A aplicação do ensaio de velocidade de pulso ultrassônico demonstrou ser uma ferramenta eficaz para auxiliar no diagnóstico preliminar da qualidade do concreto, permitindo identificar variações de compacidade e possíveis indícios de degradação interna.

Nesse sentido, recomenda-se que futuras pesquisas ampliem a aplicação desse método em diferentes tipos de edificações e elementos estruturais, possibilitando a consolidação de bancos de dados que contribuam para o aprimoramento das práticas de inspeção e manutenção de estruturas de concreto.

Além disso, os resultados obtidos reforçam a importância da adoção de programas periódicos de inspeção e manutenção em edificações escolares públicas, considerando que muitas dessas estruturas permanecem em uso por longos períodos e estão sujeitas a condições variadas de exposição e utilização. A aplicação de métodos de avaliação não destrutivos pode auxiliar gestores públicos e profissionais da engenharia na identificação de possíveis problemas estruturais em estágios iniciais, permitindo intervenções mais rápidas e economicamente viáveis. Dessa forma, a utilização de ensaios ultrassônicos associada à inspeção visual constitui uma estratégia eficiente para o monitoramento das condições estruturais de edificações escolares.

Referências

- Araújo, J. S. (2021). *Patologias em edificações escolares: análise das manifestações e métodos de diagnóstico*. Universidade Estadual do Maranhão.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2019). *NBR 8802: Concreto endurecido – Determinação da velocidade de propagação de onda ultrassônica*. ABNT.
- ASTM. (2021). *ASTM C597-21: Standard test method for pulse velocity through concrete*. ASTM International.
- Espinosa, A. B., et al. (2023). Utility of ultrasonic pulse velocity for estimating the overall quality of concrete. *Applied Sciences*, 13.
- Figueiredo, A. D. (2005). *Concreto: ensino, pesquisa e realizações*. IBRACON.
- Gomide, T. L. F., Gullo, M. A., & Fagundes Neto, J. C. P. (2015). *Inspeção predial total: diretrizes e metodologia da inspeção predial*. Oficina de Textos.
- Helene, P. (1992). *Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto*. Pini.

- Kim, W., et al. (2024). Statistical reliability analysis of ultrasonic pulse velocity method for concrete strength prediction. *Materials*, 17.
- Lorenzi, L. S., et al. (2021). Monitoramento de estruturas de concreto armado por meio de ensaios ultrassônicos. *Brazilian Journal of Development*.
- Lunetta, A. (2023). *Métodos de pesquisa aplicados à engenharia civil*. Blucher.
- Malhotra, V. M., & Carino, N. J. (2004). *Handbook on nondestructive testing of concrete* (2nd ed.). CRC Press.
- Mehta, P. K., & Monteiro, P. J. M. (2014). *Concrete: Microstructure, properties, and materials* (4th ed.). McGraw-Hill Education.
- Nazari, A. (2025). Prediction of ultrasonic pulse velocity and physicochemical behavior of concrete. *Results in Materials*, 21.
- Nascimento Moura, A., et al. (2023). Manifestações patológicas em edificações escolares públicas. *Revista Engenharia Civil*.
- Oliveira, E. C., Lucca, G., & Peres, M. V. (2022). Patologias em estruturas de concreto armado: causas e estratégias de prevenção. *Revista IBRACON de Estruturas e Materiais*, 15(4).
- Pereira, A. S. et al. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. [Free ebook]. Santa Maria. Editora da UFSM.
- Santos, R. L. (2020). *Estudo de caso aplicado à avaliação de patologias em estruturas de concreto*. Universidade Federal do Ceará.
- Shen, D., Liu, X., & Li, Q. (2021). Ultrasonic pulse velocity evaluation of concrete quality considering internal defects. *Construction and Building Materials*, 296.
- Silva, J. R., & Brito, K. O. (2021). Manifestações patológicas em edificações públicas: diagnóstico e análise das causas. *Revista de Engenharia Civil e Tecnologia*, 9(2), 45–58.
- Risemberg, R. I. C. et al. (2026). *A importância da metodologia científica no desenvolvimento de artigos científicos*. E-Acadêmica, 7(1), e0171675. <https://academica.org/eacademica/article/view/675>.
- Whitehurst, E. A. (1951). Soniscope tests concrete structures. *Journal of the American Concrete Institute*, 47, 433–444.
- Zhang, Y., Wang, L., & Jin, Z. (2022). Evaluation of concrete quality using ultrasonic pulse velocity and rebound hammer methods. *Materials*, 15.