XV SBTA Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas
Porto Alegre/RS - 11 a 13 de junho de 2025

MÓDULO DE ELASTICIDADE DINÂMICO: PROPOSTA DE METODOLOGIA DE ANÁLISE PARA CLASSIFICAÇÃO DE REVESTIMENTOS DE ARGAMASSA

Dynamic modulus of elasticity: proposal of analysis methodology for classification of mortar coatings

MAYCKE CLAUDINO COIMBRA[1], PEDRO KOPSCHITZ X. BASTOS[2], THIAGO MARTINS FONSECA[3]
[1] PET Engenharia Civil, Universidade Federal de Juiz de Fora, thiagomartins.fonseca@estudante.ufjf.br
[2] Departamento de Construção Civil, Faculdade de Engenharia, UFJF, pedrokop@ufjf.br
[3] Engenheiro Civil, mayckecoimbra@gmail.com

RESUMO
O presente trabalho apresenta uma discussão acerca da propriedade módulo de elasticidade dinâmico (Ed) de argamassas de revestimento, propondo uma metodologia que reflita mais proximamente condições de aplicação do revestimento, para melhor entendimento das recomendações da norma ABNT NBR 3281:2023, que indica valores de Ed de acordo com a altura dos edifícios. Foram realizados ensaios de emissão de pulsos ultrassônicos nas argamassas 1:7 (cimento e areia de britagem) e 1:1:6 (cimento, cal e areia) aplicadas sobre base porosa. Os resultados indicam que a influência da sucção de água tem potencial para alterar o valor da propriedade a ponto de estimular avanços na direção de uma classificação de revestimentos com faixas de valores adequadas para fachadas.

Palavras-chave: Argamassa. Revestimento. Módulo de elasticidade dinâmico.

ABSTRACT
The present work presents a discussion about the dynamic modulus of elasticity (Ed) property of coating mortars, proposing a methodology that more closely reflects coating application conditions, for a better understanding of the recommendations of the ABNT NBR 3281:2023 standard, which indicates Ed values according to the height of the buildings. Ultrasonic pulse emission tests were performed on mortars 1:7 (cement and crushing sand) and 1:1:6 (cement, lime and sand) applied on a porous base. The results indicate that the influence of water suction has the potential to change the value of the property to the point of stimulating advances towards a classification of coatings with appropriate value ranges for facades.

Key-words: Mortar. Coating. Dynamic modulus of elasticity.

Como citar:
COIMBRA, M.C.; BASTOS, P.K.X.; FONSECA, T. M. Módulo de elasticidade dinâmico: proposta de metodologia de análise para classificação de revestimento de argamassa. In: XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 2025, Porto Alegre. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2025.

INTRODUÇÃO

É notória a relação existente entre propriedades das argamassas de revestimento nos estados fresco e endurecido. Propriedades mecânicas como resistência à compressão e módulo de elasticidade dependem da quantidade de água disponível nas primeiras horas para reação com o cimento da mistura, o que depende não só de condições climáticas e do tipo de substrato, mas, também, da capacidade de retenção de água da argamassa. Resultados de propriedades medidas em laboratório representam condições específicas controladas, úteis para o controle de produção, para realizar comparações entre composições diferentes e para a classificação de argamassas por categorias.

As propriedades dos revestimentos aplicados em obra podem ter valores muito distintos daqueles encontrados em laboratório, devido a fatores ligados às condições de aplicação [1][2]. É preciso que haja, portanto, não só o entendimento de como e quais condições de aplicação do substrato e da argamassa poderão influenciar o desempenho do revestimento, mas também o estabelecimento de critérios de classificação que considerem, também, a possibilidade da argamassa aplicada. A maneira mais eficaz de se conhecer o verdadeiro desempenho do revestimento é por meio da realização de ensaios in loco, ou, de forma aproximada, através de métodos que procurem simular a realidade em laboratório.

OBJETIVO

O presente trabalho tem como objetivo explorar a realização do método de ensaio da norma ABNT NBR 15630:2008 - *Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação do módulo de elasticidade dinâmico através da propagação de onda ultrassônica*, variando posições de leitura dos transdutores e condições de aplicação dos corpos de prova, bem como discutir a adequação do uso de seus resultados para a classificação das argamassas quanto a esta propriedade.

MÓDULO DE ELASTICIDADE E REQUISITOS DE CLASSIFICAÇÃO DE ARGAMASSAS

O módulo de elasticidade tem recebido bastante atenção em trabalhos científicos no Brasil em anos recentes, dada a estreita relação desta propriedade com a ocorrência ou não de fissuras nas fachadas [3][4][5]. Argamassas de módulo menor são, em tese, menos propensas à fissuração. Ao perder água para a base por sucção, a quantidade de água disponível para hidratar o cimento diminui e, ao mesmo tempo, ocorre uma diminuição dos espaços internos da mistura fresca, antes ocupados pela água, o que provoca um "aperto" mecânico na camada de revestimento [6]. O resultado deste aperto é a aproximação dos grãos de ligantes, fenômeno que, associado à quantidade ainda disponível para a hidratação do cimento, tende a provocar aumento de resistência mecânica e, consequentemente, aumento do módulo de elasticidade. Outros fatores podem afetar essa dinâmica interna, como a relação água/ligantes da mistura, capacidade de retenção de água da argamassa e condições de cura.

A determinação do módulo de elasticidade dinâmico (Ed) segue o que determina a norma ABNT NBR 15630:2008 [7]. Método muito prático e não-destrutivo, adota o uso de transdutores (emissor e receptor) que fazem com que uma onda ultrassônica atravesse o corpo-de-prova. O aparelho de ensaio mede o tempo necessário para esta onda atravessar a

barra de argamassa, na sua maior dimensão. Considerando-se a velocidade calculada da onda, a densidade da argamassa e o seu coeficiente de Poisson, calcula-se o módulo de elasticidade dinâmico. O ensaio proposto pela norma é feito em corpos-de-prova prismáticos de formato 4 x 4 x 16 (cm) moldados sobre uma base não-porosa, isto é, em uma condição de laboratório controlada e totalmente distinta daquela da argamassa aplicada em blocos e elementos estruturais de concreto, em paredes e fachadas de edificações.

Outra norma, a ABNT NBR 13281-1 [8], em sua versão mais recente, de 2023, confere ao Ed o status de "requisito classificatório" e estabelece quatro classes de argamassa de acordo com valores desta propriedade - E1, E2, E3 e E4 (Tabela 1):

Tabela 1 – Classes de argamassas de acordo com o valor do Módulo de elasticidade dinâmico (Ed) - ABNT NBR 13281-1.

Classe	**Módulo de elasticidade dinâmico (Ed)** **MPa**
E1	12000 <Ed ≤ 14000
E2	9500 <Ed ≤ 12000
E3	7000 <Ed ≤ 9500
E4	Ed ≤ 7000

Fonte: Os autores (2025).

Esta mesma NBR 13281-1 estabelece "critérios para argamassa para revestimento" quanto ao requisito módulo de elasticidade, da seguinte maneira: são formadas três categorias de argamassa denominadas ARV-I, ARV-II e ARV-III, recomendadas para edifícios de altura de até 10 m de altura, até 60 m e mais altos que 60 m, respectivamente, e o módulo dinâmico Ed deverá se enquadrar dentro de uma faixa de valores indicados para cada uma delas. Quanto mais alto for o edifício, segundo a norma, o valor de Ed deverá ter valores menores. Para a argamassa ARV-III, por exemplo, as categorias recomendadas são apenas a E3 e a E4. Embora não esteja expresso na norma, isto se deve ao fato de que edifícios mais altos estão mais expostos a variações climáticas e a esforços de vento, o que exige mais elasticidade do revestimento para acompanhar movimentações e aliviar tensões que poderiam causar fissuração em argamassas muito rígidas.

Entende-se que o estabelecimento das classes de argamassas E1, E2, E3e E4 tenha como objetivo o controle de produção em centrais, fábricas e obras, para produtos ainda não aplicados como revestimento. No entanto, esta mesma classificação é usada para indicação de valores de Ed de acordo com a altura de edifícios, quando as condições de aplicação em obra levarão a valores de Ed completamente diferentes para as mesmas argamassas. Não se tem noção se uma argamassa E3, por exemplo, seria, de fato, indicada para edifícios de mais de 60 m de altura, ou mesmo se o valor real na fachada estaria adequado. Neste sentido, não existem ainda dados de estudos que atribuam maior grau de confiança a essas faixas de valores das atuais normas para efeito de prevenção de patologias. Sugere-se, portanto, a

evolução do meio técnico para a existência de ensaios que possam mapear outras faixas de valores, obtidas em condições mais próximas das condições reais de aplicação.

MATERIAIS E MÉTODOS

Na Tabela 2 apresentam-se os materiais usados na pesquisa.

Tabela 2 – Características dos materiais.

Características	Cimento Portland CP III-32	Cal hidratada CH-III	Areia natural de rio	Areia de britagem
Massa unitária (g/cm³) NBR NM 45 (ABNT, 2006)	0,97	0,51	1,26	1,42
Massa específica real (g/cm³) NBR 9775 (ABNT, 2011)	2,61*	2,21*	2,60	2,87
Módulo de finura NBR 7211 (ABNT, 2009)	-	-	2,00	1,36
Teor de finos < 0,075 mm (%) NBR NM 46 (ABNT, 2003)	-	-	0,55	22,96

*Valores obtidos junto aos fabricantes.

Fonte: Os autores (2025).

Foram aplicadas, nos ensaios, as argamassas de cimento, cal e areia natural de rio 1:1:6 e de cimento e areia de britagem 1:7, em proporções de volume. Na Tabela 3 encontram-se as proporções em massam das misturas estudadas. A quantidade de água de cada argamassa foi determinada fixando-se a consistência de 260 ± 5 mm em mesa de espalhamento.

Tabela 3 – Argamassas aplicadas nos ensaios.

ARGAMASSA	Cimento (kg)	Cal (kg)	Areia natural (kg)	Areia de britagem (kg)	Relação a/c	Teor de água (%)
1:1:6	1	0,54	8,3		2,52	20,4
1:7 AB	1			10,22	1,80	13,8

Fonte: Os autores (2025).

O ensaio de determinação do módulo de elasticidade dinâmico proposto adota uma técnica de moldagem em uma forma de PVC que permite aplicar uma camada horizontal de argamassa sobre substrato poroso (bloco de alvenaria, placa de concreto etc.). Subdivisões da fôrma proporcional a obtenção de até quatro pequenas placas em cada moldagem, de dimensões 7,5 x 20,0 (cm) e espessura de 2,5 cm. Com a técnica adotada foi possível, portanto, realizar o ensaio de módulo dinâmico em duas condições: 1) corpos de prova que sofreram sucção de água pela base e mantidos aderidos ao substrato poroso; 2) corpos de prova que sofreram sucção de água e foram recuperados da base 24 horas após a moldagem. A

realização do ensaio de ultrassom se deu aos 28 dias de idade dos corpos de prova, nas duas condições.

Interpondo-se uma folha de papel filtro entre o substrato poroso e a argamassa consegue-se o efeito de sucção de água pela base e, quando necessário, recuperar o corpo de prova após o endurecimento. Na Figura 1 pode-se observar todas as etapas da montagem do conjunto molde + base porosa, até a obtenção dos corpos de prova endurecidos.

Figura 1 – Etapas da montagem do conjunto molde + base porosa, até a obtenção dos corpos de prova endurecidos.



Conjunto de blocos cerâmicos para moldagem com permanência da argamassa aderida à base



Conjunto de blocos cerâmicos para moldagem com recuperação da argamassa da base



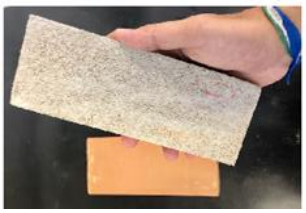
Montagem do conjunto forma + blocos



Conjunto forma + blocos + argamassa após a moldagem



Corpo de prova aderido à base



Corpo de prova recuperado da base

Fonte: Os autores (2025).

As argamassas foram produzidas em uma argamassadeira com capacidade de 5 litros. O tempo total de mistura estabelecido foi de dois minutos, com intervalo após o primeiro minuto para limpeza da pá com espátula e reacomodação da argamassa no recipiente. Após o lançamento no molde em camada única foram aplicados, em cada corpo de prova, 20 golpes com soquete cilíndrico metálico para adensamento, uniformemente distribuídos. Em seguida, para compactação da argamassa, foram aplicados manualmente 30 golpes com martelo de borracha na forma, também distribuídos (Figura 2).

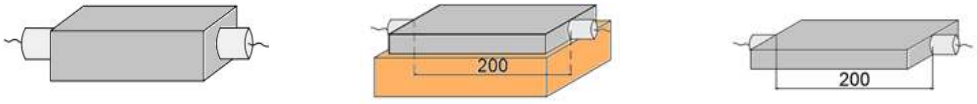
Figura 2 – Forma de PVC e moldagem de corpos de prova.



Fonte: Os autores (2025).

O posicionamento dos transdutores para realização do ensaio no modo de **leitura direta** consta na Figura 3, para os três casos de corpo de prova analisados.

Figura 3 – Posicionamento dos transdutores para realização do ensaio no modo de leitura direta.



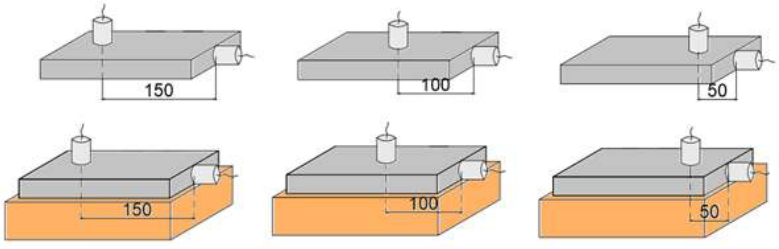
4 x 4 x 16 cm | Placa 2,5 x 7,5 x 20 cm aderida | Placa 2,5 x 7,5 x 20 cm recuperada

Fonte: Os autores (2025).

Observam-se, na Figura 4 e na Fonte: Os autores (2025).

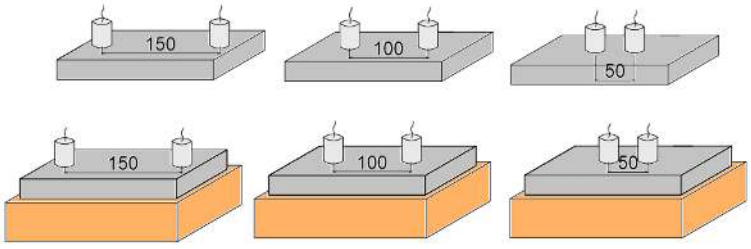
Figura 5, os casos estudados de acordo com a variação da posição dos transdutores em **leituras semidiretas e indiretas**, assim com a variação da distância entre seus eixos – 150 mm, 100 mm e 50 mm.

Figura 4 – Leituras semidiretas em corpos de prova aderidos e não aderidos ao tijolo.



Fonte: Os autores (2025).

Figura 5 – Leituras indiretas em corpos de prova aderidos e não aderidos ao tijolo.



Fonte: Os autores (2025).

Para todos os ensaios foram usados transdutores de face circular plana, com diâmetro igual à espessura dos corpos de prova (25 mm), capazes de emitir pulsos de ondas longitudinais com frequência ultrassônica de 120 kHz.

Figura 6 – Aparelho de ultrassom TICO (a) e transdutores de 120 kHz (b).

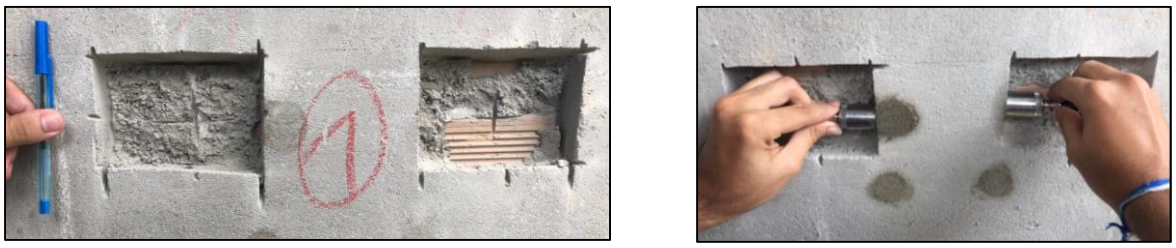


(a) (b)

Fonte: Os autores (2025).

A fim de tentar validar a proposta de método idealizada em laboratório para aplicação em campo e aumentar a abrangência da presente pesquisa, foram também realizados ensaios em paredes prontas, revestidas com chapisco e argamassa. O objetivo dos ensaios de campo restringiu-se à verificação da relação entre os tipos de leitura. Essas paredes são constituídas por alvenaria de blocos cerâmicos vazados de dimensões 14 x 19 x 29 (cm), revestidas com chapisco e camada única de argamassa de espessura de 2,5 cm, formando painéis de 60 cm de largura. Não há informação precisa sobre a composição das argamassas aplicadas e, portanto, a investigação foi feita como se representasse a investigação de uma fachada de edifício. A execução do ensaio em fachadas em posição de leitura direta (transdutores em faces opostas) exige a execução de cortes retangulares no revestimento (Figura 7). Analogamente aos ensaios laboratoriais, foram realizadas medições diretas, semidiretas e indiretas, com os transdutores afastados 120 mm. Para se obter o valor da densidade do material, necessário para calcular o módulo de elasticidade através do ensaio ultrassom, foram retiradas, com serra copo (5 cm de diâmetro), amostras dos revestimentos aplicados.

Figura 7 – Cortes no revestimento para ensaio de Ed com leitura direta.

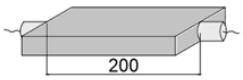
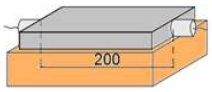


Fonte: Os autores (2025).

RESULTADOS E ANÁLISE

Os valores de Ed obtidos nos ensaios de leitura direta aos 28 dias de idade dos corpos de prova encontram-se na Tabela 4.

Tabela 4 – Valores de Ed obtidos nos ensaios de leitura direta.

Tipos de leitura e corpo de prova			Módulo de Elasticidade (GPa) Argamassa 1:7	Argamassa 1:1:6
Leitura DIRETA CP 4 x 4 x 16 (cm)		Média	4,84	5,81
		D. P.	0,43	0,44
		C. V.	8,83	7,60
Leitura DIRETA CP 7,5 x 20 (cm) recuperado da base porosa		Média	7,37	7,46
		D. P.	0,54	0,24
		C. V.	7,38	3,29
Leitura DIRETA CP 7,5 x 20 (cm) aplicado sobre base porosa		Média	6,98	7,20
		D. P.	0,10	0,11
		C. V.	1,38	1,54

D. P. – desvio-padrão; C. V. – coeficiente de variação

Fonte: Os autores (2025).

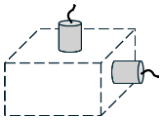
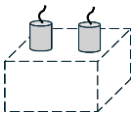
Observa-se a diferença entre os resultados obtidos para o CP 4 x 4 x 16 (cm), prescrito pela NBR 15630, com resultados menores, e aqueles obtidos para os CPs em formato de placa, moldados especialmente para o estudo. Apesar da distinção física entre os modelos ensaiados, a razão predominante dessa variação foi a influência da perda de água para a base. Um dos principais efeitos da sucção de água é o adensamento mecânico da mistura fresca, que ocasiona a aproximação das partículas de cimento presentes na mistura fresca e promove aumento de rigidez da argamassa [6]. Para os corpos de prova recuperados da base houve aumento do valor de Ed de 52% e 28% para as argamassas 1: 7 e 1:1:6, respectivamente, em relação aos resultados no CP 4 x 4 x 16 (cm).

A pequena diferença, para menos, dos valores obtidos para os corpos de prova mantidos aderidos à base em relação aos que foram recuperados, sugere que a aderência como fator causador deste resultado. A restrição da livre deformação da argamassa no processo de retração por secagem é uma das principais fontes de fissuras, com consequente redução do valor do módulo de elasticidade, hipótese mencionada por outros autores [6][9]. Deve-se ressaltar que as moldagens dos corpos de prova que foram mantidos aderidos à base até 28 dias foram realizadas sem interposição do papel-filtro, isto é, com contato direto argamassa/tijolo cerâmico. A partir desse aporte teórico, é possível concluir pela

confiabilidade da leitura na posição direta em todos os casos, sem interferência da base no percurso da onda ultrassônica.

Os resultados das variações de tipos de leitura para as duas argamassas do estudo podem ser observados na Tabela 5. Cada valor apresentado representa a média aritmética entre os resultados de seis corpos de prova ensaiados para cada caso aos 28 dias de idade.

Tabela 5 – Resultados módulo de elasticidade dinâmico.

Tipo de leitura	Distância entre transdutores		Módulo de Elasticidade (GPa)			
			Argamassa 1:7		Argamassa 1:1:6	
						
Semidireta 	150 mm	Média	5,35	4,75	5,66	4,79
		D. P.	0,44	0,26	0,46	0,37
		C. V.	8,18	5,48	8,17	7,80
	100 mm	Média	5,58	4,90	5,37	4,81
		D. P.	0,58	0,25	0,88	0,28
		C. V.	10,39	5,04	16,33	5,80
	50 mm	Média	5,91	4,75	5,46	4,79
		D. P.	1,40	0,26	0,23	0,37
		C. V.	23,73	5,48	4,22	7,80
Indireta 	150 mm	Média	2,65	2,37	3,11	3,06
		D. P.	0,36	0,86	0,14	0,32
		C. V.	13,60	36,32	4,57	10,29
	100 mm	Média	2,57	2,03	3,07	2,74
		D. P.	0,27	0,45	0,25	0,10
		C. V.	10,31	22,23	8,10	3,67
	50 mm	Média	2,81	2,61	2,95	3,10
		D. P.	0,34	1,01	0,33	0,28
		C. V.	12,04	38,61	11,16	9,05

Fonte: Autores (2025).

Em todos os casos, os valores menores obtidos nas placas de argamassa mantidas na base, em relação aos corpos de prova recuperados, podem indicar microfissuração nos corpos de prova nessa condição. Os resultados indicam que os pulsos ultrassônicos se propagaram majoritariamente pela argamassa, ou seja, que a presença do bloco não foi parâmetro relevante em nenhuma posição de leitura.

A variação da distância entre os eixos dos transdutores para uma mesma posição de leitura provocou alterações muito pequenas nos resultados do ensaio, indicando que esta não é uma variável relevante.

Ao comparar os resultados entre as posições de leitura semidireta e indireta notam-se valores muito distintos para todas as distâncias entre os transdutores para as duas argamassas, o que indica que o tipo de leitura é uma variável fundamental para o ensaio. Há diversos estudos

estatísticos, principalmente sobre concretos, a respeito da influência da posição de leitura na determinação da velocidade do pulso ultrassônico através desses materiais [10][11][12]. As pesquisas confirmam que a transmissão indireta ocasiona um leque de resultados variados, diminuindo sua confiabilidade. Turgut e Kucuk (2006), por exemplo, observaram que a velocidade de propagação de ondas em medição indireta é cerca de 5 a 9% inferior do que em medições diretas [9]. A norma britânica BS 1881-124:2015 - *Testing concrete. Methods for analysis of hardened concrete* traz que os valores podem ser 20% menores [12].

Na leitura indireta, a amplitude do sinal recebido é menor em relação ao modo direto [13] *apud* [14]. Também neste tipo de leitura, a onda percorre predominantemente a superfície do material, que pode ter imperfeições e constituição diferente de seu interior, resultando em alterações na velocidade da onda. Apesar do modo indireto ser menos eficiente entre os três modos, ele pode ser útil em situações em que apenas uma das superfícies do material investigado é acessível, como é o caso de fachadas

A Tabela 6 compara as velocidades médias e a variação percentual entre cada posição de leitura realizada no presente trabalho. Como a distância entre transdutores não influenciou os resultados, as velocidades foram analisadas considerando a média aritmética de todos os resultados obtidos em cada posição de leitura.

Tabela 6 – Velocidades dos pulsos conforme a posição de leitura nos ensaios em laboratório.

	Velocidade do pulso (m/s)				
Argamassa	**Leitura DIRETA**	**Leitura SEMIDIRETA**	**Variação percentual em relação ao valor da leitura direta**	**Leitura INDIRETA**	**Variação percentual em relação ao valor da leitura direta**
1:1:6	2.132,21	1.737,96	-18,49%	1.367,05	-35,89%
1:7	2.111,78	1.764,76	-16,43%	1.215,20	-42,46%

Fonte: Autores (2025).

Os dados contidos na Tabela 6 mostram que nas transmissões semidiretas os pulsos se propagaram com velocidades cerca de 17% inferiores em relação à transmissão direta, enquanto nas indiretas a diferença foi de 36 a 42% para menos, aproximadamente.

Na Tabela 7 constam as velocidades de propagação de ondas considerando apenas a influência da posição dos transdutores. Observa-se que os ensaios de campo realizados reforçam as conclusões obtidas em laboratório.

Tabela 7 - Velocidade do pulso ultrassônico (m/s), conforme a posição de leitura nos ensaios de campo.

Ponto	Leitura DIRETA	Leitura SEMIDIRETA	Variação percentual em relação ao valor da leitura direta	Leitura INDIRETA	Variação percentual em relação ao valor da leitura direta
1	2.285,71	1.986,75	-13,08%	1.474,20	-35,50%
2	1.600,00	1.307,19	-18,30%	1.029,16	-35,68%
3	2.127,66	1.818,18	-14,55%	1.387,28	-34,80%
4	1.951,22	1.540,44	-21,05%	1.078,17	-44,74%

Fonte: Os autores (2025).

Analogamente aos ensaios laboratoriais, verificou-se que, em campo, as velocidades de propagação nas transmissões semidiretas foram, aproximadamente, de 13% a 21% inferiores em relação à transmissão direta, enquanto nas indiretas a diferença foi de 35 a 45% para menos. Portanto, esta relação manteve uma tendência também para casos de argamassas já aplicadas em fachadas, aumentando a abrangência e aplicabilidade do método para situações reais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O artigo traz uma análise da propriedade módulo de elasticidade dinâmico de argamassas e sua importância para a prevenção de fissuras em revestimentos de fachadas de edifícios. O objetivo foi destacar a importância de se desenvolver ensaios que possam melhor representar as condições reais dos revestimentos em obra. Foi possível observar que a sucção de água por uma base porosa tem potencial para alterar os resultados de módulo dinâmico das argamassas aponto de mudar sua classificação quanto a esta propriedade e, consequentemente, sua indicação para fachadas de acordo com a altura dos edifícios. Acredita-se que esta constatação é suficiente para suscitar mais discussão em torno das propriedades do revestimento in loco e estimular uma evolução para ensaios que permitam um novo tipo de classificação de argamassas. Considera-se, por fim, para trabalhos futuros, que outros testes devam ser feitos no sentido de investigar níveis diferentes de interação substrato/argamassa que poderiam contribuir para o estabelecimento de novas faixas de classificação de revestimentos de acordo com o módulo de elasticidade dinâmico.

REFERÊNCIAS

[1] TORRES, I.; VEIGA, R. Qual a influência do substrato nas características das argamassas de revestimento? In: X SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 10., 2013, Fortaleza. **Anais [...].** Fortaleza: [s.n.], 2013.

[2] SILVA, A.J.C.; MOTA, J.M.F.; BARBOSA, F.R. Avaliação da influência da altura na resistência de aderência de argamassas de revestimento aplicadas por projeção mecânica. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 10., 2013, Fortaleza. **Anais** [...]. Fortaleza: [s.n.], 2013.

[3] KUDO, E.K.; MARTINS NETO, M.L. Estudo dos métodos de determinação do módulo de deformação estático e dinâmico. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE ARGAMASSAS (SBTA), 2001, Florianópolis. **Anais** *[...]* Florianópolis: SBTA, 2001. p. 345-354.

[4] MONTE, R.; BARROS, M.M.S.B.. Proposta de método de ensaio estático para avaliação do módulo de elasticidade de argamassas com prisma na vertical. In: X SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 10., 2013, Fortaleza. **Anais [...].** Fortaleza: [s.n.], 2013

[5] MONTE, R.; ALMEIDA, V.; KUDO, E.K.; BARROS, M.M.S.B.; JOHN, V.M. Módulo de elasticidade dinâmico: comparação entre velocidade da onda ultrassônica e frequência ressonante. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 2007, Recife. **Resumos**. Recife: Ed Universitária da UFPE, 2007.

[6] BASTOS, P. K. X. **Retração e desenvolvimento de propriedades mecânicas de argamassas mistas de revestimento**. 2001. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

[7] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15630:2008** – Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação do módulo de elasticidade dinâmico através da propagação de onda ultrassônica. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

[8] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13281-1:2023** – Argamassas inorgânicas — Requisitos e métodos de ensaios – Parte 1: Argamassas para revestimento de paredes e tetos. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.

[9] MAUROUX, T.; BENBOUDJEMA, F.;TURCRY, P.;AÏT-MOKHTAR, A.; DEVES, O. **Study of cracking due to drying in coating mortars by digital image correlation.** Cement and Concrete Research. Elsevier, 2012, v. 42, p. 1014–1023.

[10] BIONDI, S.; VALENTE, C.; ZUCCARINO, L. Concrete strength evaluation through indirect UPV. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONCRETE REPAIR, 5., 2014. **Anais eletrônicos**... p.771-778. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/286710488_Concrete_strength_evaluation_through_indirect_UPV >. Acesso em: 10 jan 2025

[11] TURGUT, P.; KUCUK, O. F. **Comparative relationships of direct, indirect, and semi-direct ultrasonic pulse velocity measurements in concrete**. Russian Journal of Nondestructive Testing. Pleiades Publishing, 2006, v. 42. n. 1, p. 745 – 751.

[12] YAMAN, I. O.; INCI, G.; YESILLER, N. ; AKTAN, H. M. **Ultrasonic pulse velocity in concrete using direct and indirect transmission**. ACI Materials Journal, 2001, v. 98, n.6, p. 450-457.

[13] MALHOTRA, V.M.; CARINO, N.J. **Handbook on nondestructive testing of concrete** . Second Edi. A. International, ed., CCR Press LLC, 2004.

[14] HOFMANN, M. A. **Atenuação da energia do sinal ultrassônico na detecção de danos por fissuração no concreto atenuação da energia do sinal ultrassônico na detecção de danos por fissuração no concreto.** 2015. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.