
**MÉTODOS INDIRETOS DE MEDIÇÃO DE UMIDADE APLICADOS A
REVESTIMENTOS ARGAMASSADOS, CONCRETO E MATERIAIS CERÂMICOS**

**INDIRECT METHODS OF MOISTURE MEASUREMENT APPLIED TO MORTAR
COATINGS, CONCRETE, AND CERAMIC MATERIALS**

Polyana Fulchini Garcia Batista¹

Vilson Gomes da Assunção Júnior²

RESUMO

A umidade afeta a qualidade das edificações quando se manifesta de maneira indesejada, promovendo a degradação dos elementos da estrutura. O uso de técnicas indiretas é uma alternativa à detecção e quantificação da umidade em edificações, pois são não destrutivas e fornecem informações de localização e extensão da área afetada. O objetivo deste estudo é avaliar a medição de umidade por métodos indiretos como alternativa ao método direto (gravimétrico). Foram realizadas a produção de 6 replicatas de corpos de prova (argamassa de emboçamento, de chapisco, concreto e material cerâmico), em seguida as amostras foram submetidas à 0,5, 1, 1,5, 2 e 5% de umidade, calculados os teores respectivos e os resultados comparados entre os métodos direto e indiretos. O medidor por resistividade elétrica apresentou correlação entre as variáveis superior a 95%, e os coeficientes de determinação variaram de 91 a 99%. Porém os coeficientes angulares das linhas de tendência variaram de 2,94 a 5,35 indicando uma perda de sensibilidade do método. Os resultados do equipamento por micro-ondas apresentaram correlação acima de 74%, e o coeficiente de determinação de 55 a 94%.

105

Palavras-chave: método gravimétrico; Acurácia de equipamentos; resistividade elétrica; micro-ondas; umidade de saturação.

ABSTRACT

Moisture affects the quality of buildings when it manifests undesirably, promoting the degradation of structural elements. The use of indirect techniques is an alternative for detecting and quantifying moisture in buildings, as they are non-destructive and provide information on the location and extent of the affected area. The objective of this study is to evaluate moisture measurement using indirect methods as an alternative to the direct (gravimetric) method. Six replicates of specimens (render, dash coat, concrete, and ceramic material) were produced, and then the samples were subjected to 0,5%, 1%, 1,5%, 2%, and 5% moisture content, and the respective contents were calculated, and the results were compared between direct and indirect methods. The electrical resistivity meter showed a correlation between variables exceeding 95%, and the coefficients of determination ranged from 91 to 99%. However, the angular coefficients of the trend lines varied from 2,94 to 5,35, indicating a loss of sensitivity in the

¹ Acadêmico do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Filadélfia - UniFil

² Docente dos cursos de Engenharias do Centro Universitário Filadélfia – UniFil

method. The results of the microwave equipment showed a correlation above 74%, and the coefficient of determination ranged from 55% to 94%.

Keywords: gravimetric method; equipment Accuracy; electrical resistivity; microwave; saturated moisture.

1 INTRODUÇÃO

A umidade é um dos principais fatores que afetam a qualidade das edificações, podendo ser originada por diversos fatores, como chuva, vazamentos, infiltrações, capilaridade, condensação ou até mesmo pela umidade natural do solo. A umidade é problemática quando se manifesta de forma indesejada e cria condições favoráveis à degradação física, química e biológica dos elementos que compõem a edificação, sendo capaz de comprometer a durabilidade e estabilidade das estruturas, além de ser prejudicial à saúde dos usuários (Franzoni; Bandini; Graziani, 2014; Anilla et al., 2017; Carvalho; Pinto, 2018).

Um estudo recente analisou 30 empreendimentos e identificou como problemas mais frequentes as infiltrações em teto, umidade em paredes e mofo com índices de ocorrências de até 24,4%, tendo suas possíveis origens na absorção por infiltração, absorção por condensação e umidade acidental (Carvalho; Pinto, 2018; Alves; Lyra; Junior, 2019). A detecção da umidade acaba ocorrendo de forma visual após o surgimento dos problemas associados, como manchas de umidade, mofo ou bolor.

A quantificação da umidade pode ser realizada pelo método direto (método gravimétrico) que envolve a retirada de amostra, medição da massa úmida, secagem e medição da massa seca, proporcionando resultados confiáveis (Dafico et al., 2020). No entanto, a extração de amostras afeta a arquitetura da estrutura e limita a amostragem, produzindo também resíduos e ruídos; e a análise gravimétrica pode ser lenta, dificultando o diagnóstico. Sendo assim, o uso de técnicas indiretas representa uma alternativa à detecção e quantificação da umidade em edificações (Santos; Rocha; Póvoas, 2019; Freitas; Carasek; Cascudo, 2014).

As técnicas indiretas são não destrutivas e permitem detectar infiltrações não visíveis ou em estágios iniciais, fornecendo informações precisas sobre a localização e a extensão da área afetada. As técnicas indiretas baseiam-se na correlação da umidade com propriedades dos materiais, podendo ser correlacionadas às propriedades elétricas (resistividade elétrica, micro-ondas, tomografia de impedância elétrica), térmicas (termografia infravermelha), ou à radiação (ressonância magnética nuclear e atenuação de raios gama). Entre os métodos indiretos, os

métodos correlacionados às propriedades elétricas são os de menor custo de aquisição e maior facilidade (Lorenzi et al., 2023; Rocha; Santos; Oliveira, 2018; Morón et al., 2019).

O analisador de umidade por resistência elétrica realiza uma correlação entre a resistência elétrica do material e sua umidade. Esse equipamento utiliza dois eletrodos que penetram à superfície do material e mensura a condutividade elétrica entre eletrodos quando aplicada uma diferença de potencial. Quanto maior a umidade do meio, maior a condutividade (Domingues, 2016).

O analisador de umidade por micro-ondas correlaciona a atenuação de microondas transitando pelo material com sua umidade. Esse equipamento é não invasivo, dispondo de um sensor e receptor de ondas de alta frequência no mesmo plano. Quando expostas a um campo eletromagnético as moléculas de água se movem e se aquecem, dissipando parte da energia fornecida pelas micro-ondas emitidas pela fonte transmissora. Ao receber o sinal pelo receptor, a diferença entre o sinal emitido e o recebido permite obter uma medida proporcional da quantidade de água presente, já que a redução na intensidade das micro-ondas transmitidas é proporcional ao nível de umidade (Marinho, 2014).

Por serem métodos indiretos de determinação de umidade através de correlações, há dúvidas sobre a precisão de seus resultados, sendo relevante o estudo aprofundado de equipamentos medidores de umidade, com o fim de realizar uma análise crítica de sensibilidade da técnica a variações do teor de umidade (Lopes, 2019).

Como as propriedades elétricas dos materiais variam também em função de sua composição, é necessária a realização de estudos sobre sua acurácia dos métodos indiretos na determinação da umidade nos materiais de ampla utilização na construção civil, como: revestimento argamassado, concreto e material cerâmico, sendo largamente aplicados nos revestimentos de pisos, paredes, tetos, telhados e tijolos, estando muitas vezes expostos à umidade.

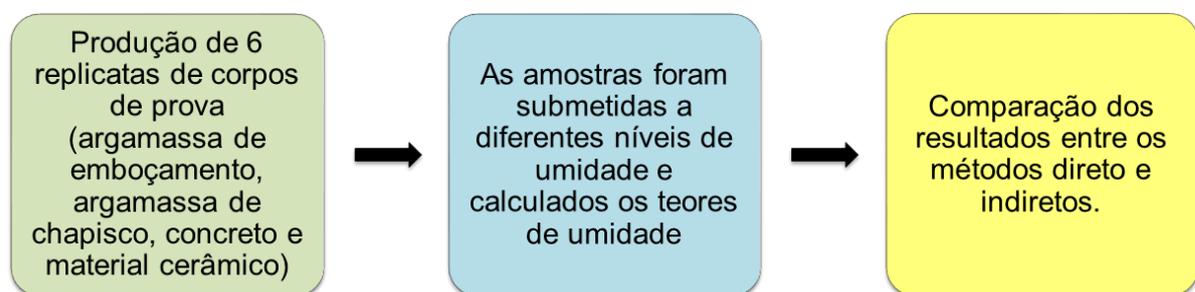
Dessa forma, visando ampliação da amostragem e melhoria no diagnóstico de manifestações patológicas de umidade, o objetivo desse estudo é avaliar a medição de umidade por métodos indiretos com equipamentos de resistividade elétrica e micro-ondas em argamassa, concreto e material cerâmico, como alternativa ao método direto (gravimétrico).

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 MÉTODO

Para avaliar a eficiência da medição de umidade por métodos indiretos por resistividade elétrica e micro-ondas em argamassa de emboço e chapisco, concreto e cerâmica, o método foi realizado em 3 etapas, conforme descrito na Figura 1.

Figura 1 – Delineamento das etapas do trabalho.



Fonte: Os autores (2025).

108

Foram produzidos seis corpos de prova representativos de aplicações reais de cada material, sendo cinco deles utilizados como replicatas experimentais e um como referência seca, conforme prática da literatura (Santos; Rocha; Póvoas; 2018). Os materiais estudados foram: argamassa de emboçamento, argamassa de chapisco, concreto e material cerâmico.

Para a produção dos corpos de prova cimentícios, foi utilizado cimento CP II F32 (Cimento Portland composto com fíler, com classe de resistência à compressão de 32 MPa), pedrisco, areia quartzosa fina, cal hidratada CH III e água fornecida pela rede de abastecimento público, de acordo com cada traço de referência das aplicações em emboço, chapisco e concreto. Os traços unitários em massa e referências utilizadas são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Traços de referência utilizados neste estudo.

Tipo	Traço em massa	Materiais	Relação água/aglomerante	Referência
Emboço	1:2:8	cimento, cal e areia	0,69	ABNT NBR 8.214 (1983)
Chapisco	1:3	cimento, areia	0,75	ABNT NBR 8.214 (1983)
Concreto	1:2:3	cimento, areia e pedrisco	0,66	ABNT NBR 12.655 (2022)
Bloco cerâmico		* produto comercial		ABNT NBR 15.270-1 (2017)

Fonte: Os autores (2025).

Conforme observado na Tabela 1, o material representativo de emboço foi produzido empregando argamassa mista de cimento, cal e areia com traço 1:2:8, em conformidade com as orientações da ABNT NBR 8.214 (1983) que recomenda traços podendo variar de 1:1:6 a 1:2:9 para esta finalidade. Já o material representativo de chapisco de argamassa cimentícia de traço 1:3, conforme mesma normativa.

Com relação ao material representativo de concreto, a ABNT NBR 12.655 (2022) estabelece a escolha de traço deve atender aos requisitos especificados pelo projeto estrutural e pelas condições da obra. Dessa forma, foi utilizado o traço 1:2:3 por se tratar de um traço muito utilizado, de simples execução e boa qualidade (Sampaio; Souza; Gouveia, 2014).

Para amostra de material cerâmico, foi utilizado o tijolo maciço comercial, e cortado nas dimensões especificadas. Este material possui faces planas, podendo apresentar rebaixos de fabricação em uma das faces. É fabricado com argila, conformado por extrusão ou prensagem, queimado à temperatura que permita ao produto final atender às condições pré-determinadas na ABNT NBR 15.270 (2017).

Para a produção das amostras de emboço, chapisco, e concreto, os agregados e aglomerantes foram pesados e misturados manualmente, com posterior adição de água no volume especificado na Tabela 1. Após a mistura, os materiais foram colocados no molde tipo cúbico triplo, com dimensões de 5,0x5,0x5,0cm da marca Solotest, com desmoldante, apresentado na Figura 2. A desforma foi realizada em 24 horas.

109

Figura 2 – Molde triplo cúbico de corpo de prova utilizado para moldagem das amostras.



Fonte: Solotest (2023).

Como as propriedades elétricas são dependentes da composição iônica do meio, os corpos de prova foram submetidos a 28 dias de cura úmida (ABNT NBR 9.479, 2006) seguidos de 30 dias para carbonatação ao ar (ABCP, 2002).

Neste estudo serão comparados os métodos indiretos de determinação de umidade por resistividade elétrica e micro-ondas ao método direto gravimétrico. Os métodos e equipamentos utilizados são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Métodos e Equipamentos Utilizados.

Método	Referência	Equipamentos
Gravimétrico	ABNT NBR 9778 (2005)	Balança Solotest modelo AS 5500C e Estufa Quimis modelo Q317M
Resistividade Elétrica	Minipa (2023)	Medidor de resistência elétrica Minipa modelo ET-2042D
	Stanley (2023)	Medidor de umidade Stanley modelo STHT77030
Micro-ondas	Mestek (2023)	Medidor de saturação Mestek modelo WM700A

Fonte: Os autores (2025).

A determinação da umidade pelo método gravimétrico foi realizada conforme procedimentos padronizados pela ABNT NBR 9.778 (2005). As amostras devem ser mantidas na estufa à 105 °C por 72 h para obtenção da massa seca (Ms).

Em seguida devem ser mantidas nas condições de umidade de 0,5, 1, 1,5, 2 e 5% por 72 horas e após isso, foram pesadas úmidas, obtendo a massa úmida (Mu). O teor de umidade será calculado pela aplicação da Equação 1.

$$U = \frac{M_u - M_s}{M_s} \times 100 \text{ (Equação 1)}$$

110

Onde U é o percentual de umidade da amostra, Mu é a massa úmida da amostra e Ms é a massa da amostra seca em estufa.

A fim de calcular a saturação de cada material, as amostras foram imersas em água durante 72 horas, retiradas e secadas superficialmente para pesagem, conforme recomendações da ABNT NBR 9.778 (2005). Após esse processo, foram feitos os cálculos pelo método gravimétrico para definição do percentual de cada material.

Para avaliar a eficiência dos dispositivos, foram selecionados três equipamentos, sendo um deles o Minipa modelo ET-2042D (Figura 3a), um equipamento multímetro medidor de resistência não específico de umidade, que foi utilizado para verificação da existência de correlação entre umidade e o tipo de material analisado. Os outros dois equipamentos comerciais são específicos para determinação da umidade sendo o Stanley modelo STHT77030 (Figura 3b) por resistividade elétrica e o Mestek modelo WM700A (Figura 3c) por micro-ondas.

Figura 3 – Equipamentos indiretos utilizados para medição de umidade.
(a) resistividade elétrica (b) resistividade elétrica (c) micro-ondas



Fonte: Minipa (2023a), Stanley (2023), e Mestek (2023).

O medidor de resistividade elétrica Minipa modelo ET-2042D (Figura 3a) é um instrumento com display, que realiza medições de tensão DC/AC, corrente DC/AC, capacitância, temperatura, frequência e resistência (Ω). Ele possui 2 eletrodos pontiagudos que devem ser posicionados no local da medição. Para este trabalho, foi utilizado o tipo de medição por resistência elétrica, com espaçamento padronizado de 1 cm nas escalas de 2 a 200 M Ω (Minipa, 2023b).

O medidor de umidade Stanley modelo STHT77030 (Figura 3b) possui 2 eletrodos pontiagudos de 8 mm de comprimento que devem ser inseridos na amostra. Para medição, não é necessária a inserção total do eletrodo na amostra, apenas até a indicação da umidade no display. Para materiais cimentícios e cerâmicos, o aparelho mede o teor de umidade de 0 a 2% e indica quando existe mais de 2% de umidade no material (Stanley, 2023).

Já o medidor de saturação Mestek modelo WM700A (Figura 3c) possui uma área de detecção de 40 mm (comprimento) x 40 mm (largura). A onda emitida pode penetrar até uma profundidade máxima de 20 mm. O equipamento possui 4 modos de medição, sendo elas: alvenaria, madeira dicotiledônea, madeira conífera e Drywall. O medidor deve ser posicionado na amostra conforme o material a ser medido, de forma que preencha todo o sensor frontal, e deve-se aguardar o resultado de umidade no display e o aviso sonoro do equipamento (Mestek, 2023).

Para a medição da umidade, o equipamento por micro-ondas solicita calibração em amostra com 0% de saturação, dessa forma, antes de toda medição, o aparelho deverá ser calibrado na amostra seca do respectivo material. Os resultados foram convertidos em umidade para possibilitar a comparação entre os equipamentos, por meio da multiplicação do teor de

saturação resultante pela umidade de saturação do material.

Para cada um dos materiais estudados foi analisada a acurácia dos métodos indiretos em condições de umidade apontadas do item 2.2.

Após o tempo de cura úmida e de carbonatação dos corpos de prova e determinação da massa seca (M_s), foi adicionado a cada corpo de prova a quantidade de água correspondente a umidade desejada e envolvido em saco plástico por 72h para equilíbrio da umidade, conforme recomendações da ABNT NBR 9.778 (2005). Após esse período, o corpo de prova foi pesado para determinação da massa úmida (M_u) e determinado o valor da umidade pelos métodos indiretos. Após as análises, os corpos de prova foram secos novamente e repetido o procedimento para os demais teores de umidade.

Os resultados serão apresentados na forma de tabelas e gráficos, com apresentação do coeficiente de determinação e equação do gráfico quando necessário, para um maior entendimento dos resultados.

2.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir são apresentados e discutidos os resultados obtidos à determinação do teor de umidade por meio do método gravimétrico e comparado aos teores de umidade obtidos pelos equipamentos de resistividade elétrica e micro-ondas, para cada tipo de material em estudo.

Foram produzidos seis corpos de prova representativo de aplicações reais de cada material, sendo cinco deles utilizados como replicatas experimentais e um como referência seca, conforme descrito no item 2.

As amostras foram moldadas no corpo de prova conforme Figura 4.

Figura 4 – Moldagem dos corpos de prova no molde tipo cúbico triplo.

(a) Emboço;

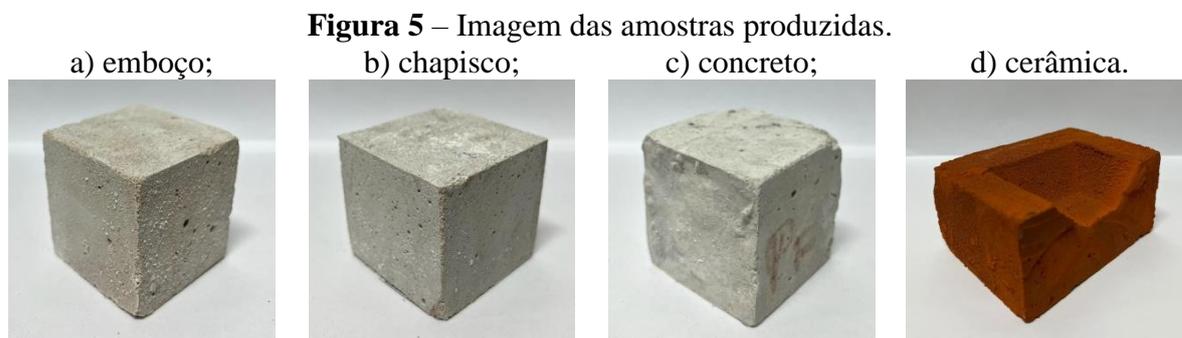
(b) Chapisco;

(c) Concreto.



Fonte: Os autores (2025).

As amostras produzidas foram desmoldadas após 24 horas, permaneceram em cura na câmara úmida por 28 dias e período para a carbonatação por 30 dias ao ar. Os corpos de prova, incluindo o cerâmico, são apresentados na Figura 5.



Fonte: Os autores (2025).

Foi realizada a avaliação da massa seca (Ms) das amostras para iniciar a medição da umidade, onde permaneceram por 72 horas na estufa em 105°C. A Tabela 3 apresenta as medidas das massas secas das respectivas amostras.

113

Tabela 2 – Massa seca das amostras de emboço, chapisco, concreto e cerâmica e estatística descritiva.

Replicata	Massa seca da amostra (g)			
	Argamassa Emboço	Argamassa Chapisco	Concreto	Cerâmico
1	207,43	224,51	270,16	437,03
2	207,72	227,52	266,16	441,78
3	211,14	228,00	274,52	409,73
4	210,68	229,32	267,54	441,96
5	211,15	232,64	272,40	445,40
Média	209,62	228,40	270,16	435,18
Desvio Padrão	1,68	2,64	3,06	13,00
Coeficiente de variação	0,80%	1,16%	1,13%	2,99%

Fonte: Os autores (2025).

Pode-se observar que as replicatas apresentaram boa homogeneidade, com coeficiente de variação de massa seca de até 2,99% para o material cerâmico. É válido ressaltar que a maior variabilidade ocorre devido ao corte da amostra ser de forma manual, dificultando a precisão do tamanho exato da amostra.

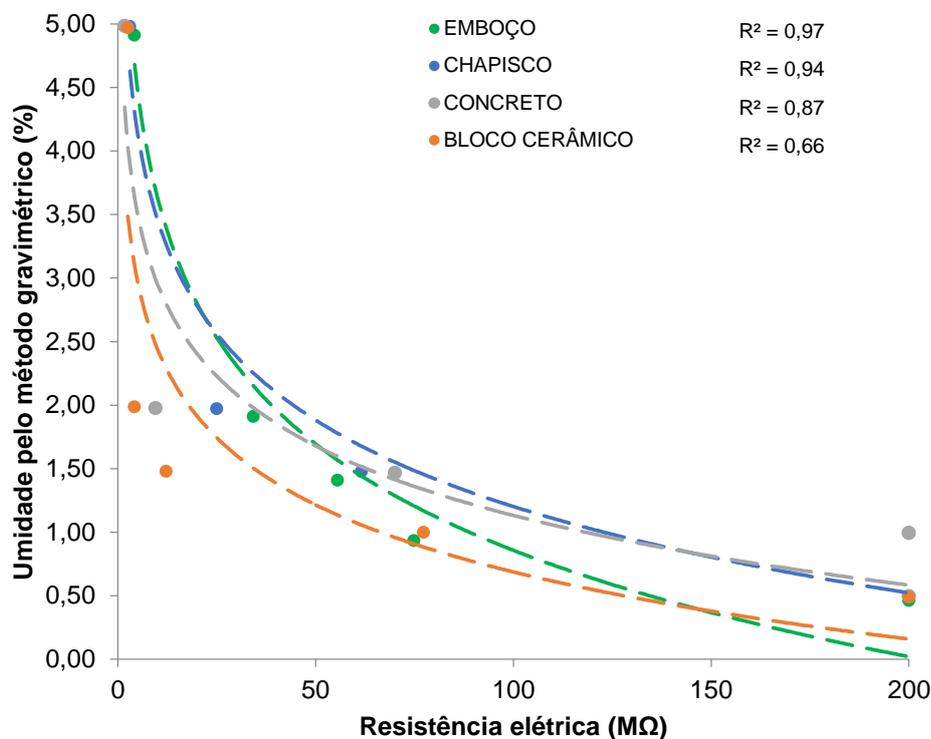
As saturações de cada material foram calculadas. O material cerâmico apresentou a

maior umidade de saturação, com 15,80%, já o material que apresentou a menor umidade de saturação, foi o de concreto, com apenas 6,70%. A argamassa de emboço e a de chapisco apresentaram 11,76% e 10,40% de saturação, respectivamente. Isso se dá pelo fato da diferença de propriedades dos materiais, principalmente pela diferença de porosidade entre eles.

Para a obtenção das massas úmidas, foram calculadas e adicionadas a quantidade de água necessárias semelhantes às pré-definidas, realizada a pesagem da massa úmida de cada material e determinado o teor de umidade real das amostras por meio dos cálculos do método gravimétrico. Os resultados estão representados da Tabela 5.

Esta análise tem o objetivo de verificar as possíveis relações entre os valores experimentais obtidos no desenvolvimento deste trabalho. Serão apresentados gráficos de dispersão para cada categoria de material estudado. Os ensaios foram realizados em condições padronizadas e calibrados igualmente em cada ensaio. A Figura 6 mostra os dados obtidos a partir da medição pelo equipamento multímetro utilizando a função por resistividade elétrica.

Figura 6 – Gráfico dos resultados do teor de umidade do equipamento multímetro utilizando a função resistividade elétrica.



Fonte: Os autores (2025).

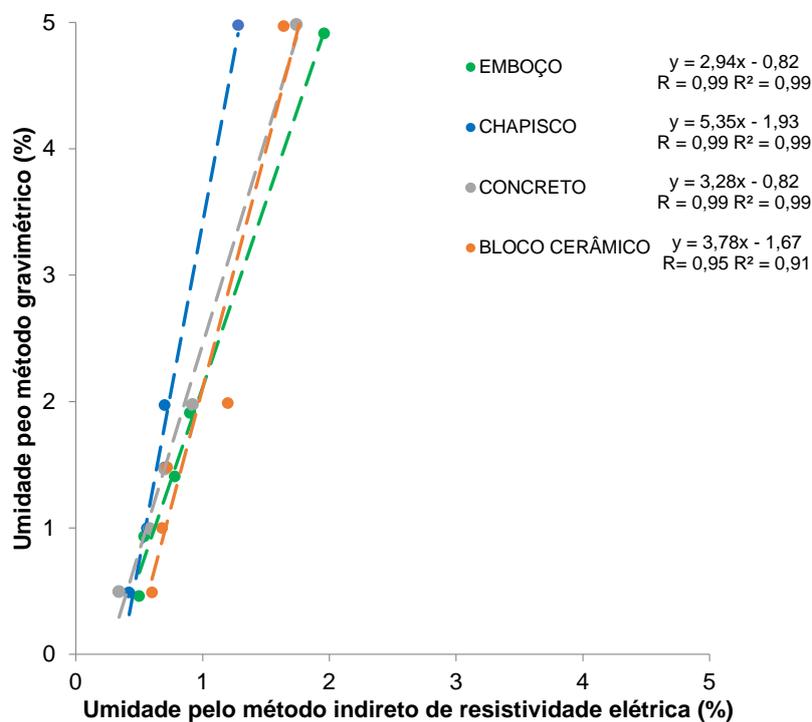
Existe uma relação inversamente proporcional entre o teor de umidade e a resistência elétrica das amostras. Isso significa que, à medida que o teor de umidade diminui, a resistência

elétrica aumenta, e vice-versa. Essa relação pode ser visualizada no gráfico, onde os pontos ou a linha de tendência mostram essa tendência inversa. Isso ocorre devido à água ser um bom condutor de eletricidade, permitindo que as cargas elétricas fluam com maior facilidade através do material. Quando a umidade diminui, há menos água para facilitar a condução elétrica, resultando em uma resistência elétrica mais alta.

Os diferentes materiais apresentam resultados distintos na resistência elétrica quando comparados sob o mesmo percentual de umidade nas amostras. Por exemplo, para o teor de umidade de 2,00% as amostras apresentaram diferentes resistividades elétricas, como de 4 MΩ para o bloco cerâmico e de 35 MΩ para o chapisco. Conforme estudo semelhante de Domingues (2016), só é possível medir o teor de umidade caso se saiba as referências do material em questão, pois materiais diferentes apresentam limites críticos e saturados distintos.

A Figura 7 apresentada a seguir, exibe as variações de leitura do equipamento de resistividade elétrica.

Figura 7 – Gráfico dos resultados do teor de umidade do aparelho de resistividade elétrica



Fonte: Os autores (2025).

Por meio da análise da Figura 7, verifica-se que as umidades dos materiais estudados determinadas pelo método indireto de resistividade elétrica apresentaram boa correlação com as umidades determinadas pelo método gravimétrico. O coeficiente de correlação (R) foi

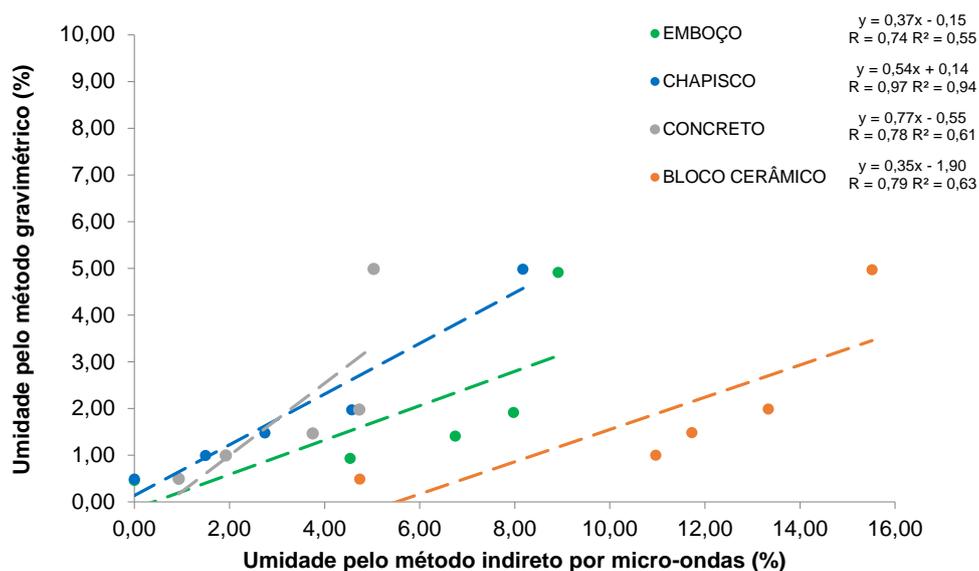
superior a 0,95 para todos os materiais, indicando forte correlação entre os dados. Ainda, o coeficiente de determinação (R^2) foi superior a 0,91, indicando que 91% da variabilidade amostral pode ser determinada pelos métodos indiretos, entretanto, os resultados de umidade divergiram significativamente.

De forma geral, observa-se que o medidor indireto por resistividade apresentou bom resultado no teor de umidade 0,5% de todos os materiais, porém com o aumento do teor de umidade, o equipamento não realizou a medição adequada. Este efeito por ser notado também pelo valor dos coeficientes angulares das linhas de tendência, que variaram de 2,94 a 5,35, indicando uma perda de sensibilidade do método para as maiores umidades. Uma perfeita aderência entre os métodos deveria apresentar coeficiente angular igual a 1 e coeficiente linear igual a 0.

Esses resultados são semelhantes ao do estudo de Domingues (2016), que na testagem do equipamento por resistividade elétrica, apresentou resultados insatisfatórios, pois não houve grande expressão quantitativa dos reais teores de umidade dos materiais, apenas indicando onde a umidade estava mais presente. Estudos de Marinho (2014) apresentam resultados semelhantes, e que de fato o medidor identifica a presença de umidade próxima a regiões que demonstram anomalias mais preocupantes, porém a medição do equipamento é feita de forma superficial e não exata.

A Figura 8 apresenta o teor de umidade medido pelo equipamento de micro-ondas.

Figura 8 – Gráfico dos resultados do teor de umidade do aparelho de micro-ondas.



Fonte: Os autores (2025).

A partir da análise dos resultados do medidor de umidade de micro-ondas, observa-se pelo coeficiente de correlação (R) que existem correlações de no mínimo 74% entre os dados, para todos os materiais. O coeficiente de determinação (R^2) apresentou um resultado variando de 0,55 a 0,94, sendo o mais baixo para o emboço e o mais alto para o chapisco. Isto indica que no emboço, 55% da variabilidade amostral podem ser determinadas pelos métodos indiretos e 94% para o chapisco.

Entretanto, os coeficientes angulares apresentaram resultados menores que 1, sendo o menor de 0,35 para o bloco cerâmico e o maior de 0,77, para o concreto. Esses resultados indicam que as variáveis possuem relação linear, mas essa relação não é perfeita.

De modo geral, o medidor perdeu a sensibilidade de medição quando houve o aumento de umidade das amostras, chegando a 16% no material cerâmico, quando o real teor de umidade da amostra era de 5%.

Assim, por meio da interpretação dos resultados do medidor de umidade por micro-ondas, é possível concluir que não existe uma relação perfeita entre os coeficientes de correlação e os coeficientes de determinação dos materiais avaliados.

De acordo com estudos realizados por Domingues (2016), os resultados do teor de umidade do equipamento de micro-ondas foram semelhantes ao estudo deste artigo, pois o equipamento por micro-ondas apresenta indicações de maiores ou menores teores de umidade sem a garantia de exatidão dos valores. O autor afirma que o método gravimétrico é o único que se obtém valores exatos do teor de umidade do material em questão.

3 CONCLUSÃO

Com o propósito de ampliar a amostragem e aprimorar o diagnóstico de problemas relacionados à umidade, este estudo analisou a medição em materiais argamassados, concreto e material cerâmico por meio de métodos indiretos utilizando equipamentos por resistividade elétrica e micro-ondas, como uma alternativa ao método direto (gravimétrico).

A quantificação da umidade, por meio do método direto (gravimétrico), embora seja preciso, apresenta limitações práticas devido à necessidade de amostragem que pode ser destrutiva e limitada. Os métodos indiretos de medição da umidade, utilizando equipamentos de resistividade elétrica e micro-ondas, surgem como uma alternativa valiosa para a detecção e quantificação da umidade em edificações.

Com o uso do multímetro, foi possível observar elevada correlação entre a resistência

elétrica e a umidade dos materiais, sendo o coeficiente de correlação (R) para os materiais cimentícios superiores a 0,93 e para o material cerâmico de 0,81.

O equipamento comercial de umidade por resistividade elétrica mostrou uma forte relação entre as variáveis, com bons resultados (coeficiente de correlação acima de 95% e coeficientes de determinação entre 91% e 99%). No entanto, os coeficientes angulares variaram entre 2,94 e 5,35 explicando que o equipamento perde sua capacidade de detectar variações do teor de umidade dos materiais.

Os resultados do equipamento comercial por micro-ondas foram menos satisfatórios que do equipamento anterior, com coeficiente de correlação superior a 74% e coeficientes de determinação entre 55 a 94%. Já os coeficientes angulares foram menores que 1 (oscilaram de 0,35 a 0,77) que indica que as variáveis possuem relação linear, mas imperfeita.

Em resumo, os métodos não demonstraram exatidão quando comparados com o teor real de umidade das amostras. Portanto, embora os métodos indiretos ofereçam benefícios significativos, é necessário um aprimoramento contínuo para garantir a precisão e a confiabilidade das medições em diferentes cenários de construção.

Recomenda-se para futuros estudos que seja realizada a comparação dos métodos utilizando outros materiais, como madeira do tipo dicotiledôneas e coníferas, já que os 2 equipamentos utilizados neste estudo possuem o modo de medição para este tipo de material, fazendo a verificação e comparação da acurácia dos equipamentos.

118

REFERÊNCIAS

ABCP - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Manual de Revestimento de Argamassa**. 2002. Disponível em:

<https://comunidadeconstrucao.com.br/upload/ativos/279/anexo/ativosmanu.p> Acesso em: 12 jun. 2023.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8.214** – Assentamento de azulejos - Procedimento. Rio de Janeiro, 1983.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9.479** - Argamassa e concreto: câmaras úmidas e tanques para cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro, 2006.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9.778** - Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 2005.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12.655** – Concreto e cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento. Rio de Janeiro, 2022.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.270-1** – Componentes cerâmicos – Blocos e tijolos para alvenaria - Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro, 2017.

ALVES, K. C. C.; LIRA, V. Q.; JUNIOR, A. C. L. O pós-obra em empresas da construção civil. **Centre for Territory Environment and Construction**, Recife/PE, No. 56, p. 34-43, 2019.

ANILLA, P. J. et al. Extent of moisture and mould damage in structures of public buildings. **Case Studies in Construction Materials**, v. 6, p. 103–108, 2017.

CARVALHO, Y. M.; PINTO, V. G. Umidade em edificações: conhecer para combater. **ForScience: revista científica do IFMG**, Formiga, v. 6, n. 3, e00476, jul./dez. 2018.

DAFICO, L. C. M.; BARREIRA, E.; ALMEIDA, R. M. S. F.; VICENTE, R. S. Termologia de infravermelhos para análise de humidade em paredes – Ensaios preliminares e perspectivas futuras. **Congresso Construção 2022 5, 6 e 7 de dezembro de 2022**. Guimarães, Portugal.

DOMINGUES, A. O. M. **Medição do Teor de Humidade e Sua Importância no Diagnóstico**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Universidade do Porto, 2016. Disponível em: https://sigarra.up.pt/fep/pt/pub_geral.show_file?pi_doc_id=60622. Acesso em: 14 jun. 2023.

FRANZONI, E.; BANDINI, S.; GRAZIANI, G. Rising moisture, salts and electrokinetic effects in ancient masonries: from laboratory testing to on-site monitoring. **Journal of Cultural Heritage**, v. 15, n. 2, p 112-120, 2014.

LOPES, A. G. P. **Pré-calibração da Técnica TDR para Medição do Teor de Humidade em Materiais de Construção**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Universidade de Porto, 2019. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/121987/2/347746.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2023.

LORENZI, A; REGINATO, L. A.; LORENZI, L. S.; FILHO, L. C. P. S. Emprego de ensaios não destrutivos para inspeção de estruturas de concreto. **Revista de Engenharia Civil IMED**, v. 3, p. 3-13, jan./jun, 2016.

MARINHO, M. I. M. **Diagnóstico de Patologias Associadas à Humidade Utilizando Técnicas Não Destrutivas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Universidade de Porto, 2014. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/74225>. Acesso em: 13 jun. 2023.

MESTEK. **Products Catalogue**. 2023a. Disponível em: <http://www.mestek-tools.com/en/productdetail.aspx?detailid=116>. Acesso em: 14 jun. 2023.

MINIPA. **ET-2042D: Manual de instruções**. 2023b. Disponível em: <https://portal.if.usp.br/labdid/sites/portal.if.usp.br/labdid/files/ET-2042D-1101-BR.pdf> Acesso em: 12 set. 2023.

MINIPA. **ET-2042D: Proposta técnica**. 2023. Disponível em: http://www.minipa.com.br/images/proposta_tecnica/ET-2042D-1302-BR.pdf. Acesso em: 12 set. 2023.

MORÓN, C.; FERRÁNDEZ, D.; SAIZ, P.; YEDRA, E. Measuring system of capillary rising damp in cement mortars. **Measurement**, Volume 135, March 2019.

ROCHA, J. H. A.; SANTOS, C. F. dos; OLIVEIRA, J. B. de; ALBUQUERQUE, L. K. dos S.; PÓVOAS, Y. V. Detecção de infiltração em áreas internas de edificações com termografia infravermelha: estudo de caso. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 18, n. 4, p. 329-340, out./dez. 2018.

SAMPAIO, Z. L. M.; SOUZA, P. A. B. F.; GOUVEIA, B. G. Análise da influência das cinzas do bagaço de cana-de-açúcar no comportamento mecânico de concretos. **Revista Ibracon de Estruturas e Materiais**, v. 7, n. 4, p. 626-647, ago. 2014.

SANTOS, C. F. dos; ROCHA, J. H. A.; PÓVOAS, Y. V. Utilização da termografia infravermelha para detecção de focos de umidade em paredes internas de edificações. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 19, n. 1, p. 105-127, jan./mar. 2019.