De 24/06/2026 a 27/06/2026
São Paulo
https://doi.org/10.67775/zzjy8z21

Congresso Brasileiro de Patologia das Construções

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DE DIFERENTES TEORES DE ÓXIDO DE FERRO NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DA ARGAMASSA PIGMENTADA

Giulia Alves de Cesaro[1], Fernanda Pacheco[2]*; Fernanda Teixeira[2]; Nicoli de Borba Muller[2]; Roberto Christ[2]; Sérgio Klippel Filho[2]
*Autor de contato: fernandapache@unisinos.br
[1] Pós graduação em Patologia e perícia das construções, UNISINOS, São Leopoldo, Brasil
[2] Instituto tecnológico em desempenho e construção civil, UNISINOS, São Leopoldo, Brasil

RESUMO

A utilização de argamassas pigmentadas tem se consolidado como uma solução na construção civil contemporânea, com benefícios estéticos e operacionais, como a eliminação de etapas de acabamento e redução de custos. Nesse contexto, os pigmentos inorgânicos à base de óxido de ferro destacam-se pela estabilidade química e resistência às intempéries. No entanto, ainda há lacunas na literatura quanto à influência desses pigmentos nas propriedades físico-mecânicas das matrizes cimentícias. O presente estudo analisou o impacto da incorporação de diferentes teores de óxido de ferro (0%, 2% e 4%) no desempenho mecânico de argamassas. Foram realizados ensaios de resistência à compressão axial, tração por compressão diametral e tração na flexão. Os resultados indicaram uma tendência de redução da resistência mecânica com a adição de pigmentos, especialmente para o teor de 2%, embora o comportamento não tenha sido linear. Conclui-se que a pigmentação interfere no desempenho das argamassas, sendo necessária maior investigação experimental para definição de parâmetros ideais de dosagem.
Palavras-chave: Argamassa pigmentada, pigmentos inorgânicos, óxido de ferro.

ABSTRACT

The use of pigmented mortars has become increasingly established in contemporary construction, offering both aesthetic and operational advantages, such as the elimination of finishing stages and cost reduction. In this context, inorganic pigments based on iron oxide stand out due to their chemical stability and resistance to weathering. However, there are still gaps in the literature regarding the influence of these pigments on the mechanical properties of cementitious matrices. This study evaluated the impact of incorporating different contents of iron oxide (0%, 2%, and 4%) on the physical and mechanical performance of mortars. Tests were conducted to determine axial compressive strength, splitting tensile strength, and flexural tensile strength. The results indicated a trend toward reduced mechanical strength with the addition of pigments, particularly at the 2% content, although the behavior was not linear. It can be concluded that pigmentation affects the performance of mortars, highlighting the need for further experimental investigation to establish optimal dosage parameters.
Keywords: Pigmented mortar; inorganic pigments; iron oxide.

1. INTRODUÇÃO

A argamassa é um dos materiais mais empregados na construção civil, desempenhando funções fundamentais como assentamento, revestimento e acabamento de superfícies. Conforme a ABNT NBR 13281-1 (2023), a argamassa é definida como uma "mistura homogênea de um ou mais ligantes inorgânicos, agregados miúdos (conforme as ABNT NBR 7211 e ABNT NBR 7221) e água, podendo conter fibras, adições e/ou aditivos, com características específicas de desempenho adequadas à utilização".

Tradicionalmente sua aplicação está associada à proteção das estruturas, porém, nas últimas décadas, passou a assumir também uma função estética mais expressiva. A partir da década de 1960, observa-se, na construção civil brasileira, uma crescente valorização das variações de cores, texturas e formas, especialmente em edificações com concreto aparente, amplamente exploradas por arquitetos como Oscar Niemeyer, Ruy Ohtake, Villanova Artigas e Lina Bo Bardi (AGUIAR, 2006 apud ANDREATTA et al., 2016). Nesse contexto, o uso de concretos e argamassas pigmentadas ganhou relevância, sobretudo por possibilitar a eliminação de etapas posteriores de revestimento e pintura, contribuindo para a redução de custos e maior agilidade no processo construtivo.

Para a obtenção de argamassas pigmentadas, além dos constituintes convencionais, podem ser incorporados diferentes tipos de pigmentos. De acordo com Rocha-Gomes e Alvarez (2007 apud Andreatta et al., 2016) e Summy, Bergmann e Takimi (2012 apud Andreatta et al., 2016), destacam-se os pigmentos inorgânicos à base de óxidos metálicos, como ferro, cobalto e cromo, devido à sua elevada estabilidade química e à capacidade de proporcionar coloração uniforme e durável. Diante disso, o presente trabalho tem como objetivo analisar a influência de diferentes teores de óxido de ferro nas propriedades da argamassa pigmentada no estado endurecido

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Componentes da matriz

A argamassa pode ser definida como um material compósito resultante da mistura homogênea de ligantes inorgânicos, agregados miúdos e água, podendo ou não incorporar aditivos. Sob o ponto de vista da colorimetria, a composição da argamassa exerce influência direta sobre o resultado, sendo imprescindível considerar a interação entre seus constituintes. Conforme a Portland Cement Association (2003 apud Conceição, 2015), fatores como o tipo e a coloração do cimento, a natureza e a dosagem dos pigmentos, bem como suas características físicas (granulometria, pureza e tonalidade), além dos aditivos empregados, são determinantes na definição da cor final. Dentre esses parâmetros, destacam-se os ligantes inorgânicos como os principais responsáveis pela coloração da matriz. (VEIGA; VELOSA; TAVARES, 2008).

No âmbito da construção civil, o cimento Portland convencional é amplamente utilizado como ligante. No entanto, sua coloração cinza escura impõe limitações à obtenção de tonalidades mais claras e à reprodução fiel de pigmentos incorporados à mistura. Nesse contexto, o uso do cimento Portland branco apresenta-se como uma alternativa tecnicamente adequada, pois permite maior precisão cromática e melhor evidência das cores dos pigmentos (PASSUELO, 2004). Além disso, estudos indicam que matrizes produzidas com cimento branco apresentam maior luminosidade e fidelidade visual quando comparadas àquelas elaboradas com cimento cinza, favorecendo

aplicações arquitetônicas e estéticas (Americas's Cement Manufactures, 2022 apud OLIVEIRA; SOUZA; GOMES, 2023).

Outro ponto a se destacar é a relação água/cimento, que além de influenciar as propriedades mecânicas, também afeta a cromaticidade da argamassa. De acordo com a LANXESS (2010 apud Paiva et al., 2017), o aumento da relação água/cimento tende a resultar em tonalidades mais claras. Tal fenômeno está associado à evaporação do excesso de água durante o processo de cura, o que gera uma maior porosidade na matriz. Esses poros promovem maior dispersão da luz incidente, ocasionando o clareamento visual da superfície.

2.2. Pigmentos

Além dos componentes definidos pela NBR 13281-1, as argamassas cromáticas são constituídas pelos materiais colorantes. Rojas (2001 apud Piovesan, 2009) descreve que os colorantes podem ser classificados como pigmentos ou corantes, e estes podem ser subdivididos em orgânicos e inorgânicos. A diferença principal entre os pigmentos e corantes é a solubilidade, já que que os pigmentos são insolúveis e os corantes são solúveis em meio aquoso ou em qualquer meio que contenha solvente. De acordo com Bondioli, Manfredini e Oliveira (1998), a solubilidade dos corantes faz com que o material perca suas características estruturais e cristalinas, o que torna seu uso inadequado para argamassas.

Já Coelho (2001 apud Piosevan, 2009) afirma que os pigmentos inorgânicos são mais indicados na área da construção, já que atendem os principais requisitos para serem utilizados na fabricação de argamassas e concretos. Ou seja, os pigmentos inorgânicos são inertes com os demais componentes da argamassa e do concreto, asseguram e mantém a sua cor original, apresentam uma boa resistência a ação da luz e das intempéries, possuem um ph estável, são insolúveis em água e misturam se facilmente com o cimento e com os finos do concreto e da argamassa. De acordo com Gonçalves (2019), para a fabricação de argamassas e concretos, os pigmentos à base de óxido de ferro são os mais indicados. Na Tabela 01 são apresentadas as cores e composição químicas destes pigmentos.

Tabela 1 – Composição Química dos pigmentos

Cor	Composição Química	Denominação Química
Vermelho	Fe_2O_3	Óxido Férrico
Amarelo	$Fe(OH)_2$	Hidróxido Ferroso
Preto	Fe_3O_4	Óxido Duplo de Ferro
Verde	Cr_2O_3	Óxido de Cromo

Fonte: Adaptado de Gonçalves (2019).

Entretanto, Lee, Lee e YU (2005) afirmam que a adição de pigmentos inorgânicos, caracterizados com uma granulometria fina, eleva a quantidade de água necessária na argamassa e reduz a trabalhabilidade e fluidez. Isso torna necessária a adição de aditivos plastificantes para restabelecer a consistência adequada da argamassa. De acordo com Di Sessa e Oliveira (2019), alguns autores afirmam que a resistência a compreensão pode ser reduzida com o acréscimo de

pigmentos. Além disso, de acordo com Carvalho (2002 apud Gonçalves,2019), a estabilidade da cor matrizes cimentícias é influenciada, principalmente, pela qualidade da produção da matriz, qualidade e dosagem do pigmento incorporado na mistura, pelo meio e pelas intempéries a que estão expostas, pelo envelhecimento natural e pela exposição a raios UV.

3. PROGRAMA EXPERIMENTAL

3.1. Metodologia

O presente estudo foi estruturado em cinco etapas. Na primeira etapa, foi desenvolvimento o referencial teórico visando compreender a influência dos componentes da mistura que compõem a argamassa. A segunda etapa consistiu na especificação dos materiais que compõem a matriz cimentícia e na definição do traço da argamassa. Posteriormente, foram moldados os corpos de prova. A etapa subsequente correspondeu a realização dos ensaios de resistência à compressão axial, resistência à tração por compressão diametral e resistência a tração na flexão. Por fim, a quinta e última etapa correspondeu a análise de resultados.

3.2. Materiais e caracterização

Os materiais empregados para a realização das moldagens são: areia quartzosa, pigmento a base de óxido de ferro, aditivo redutor de água tipo 2 e cimento branco tipo CEM I 52,5R. A granulometria da areia consta na Tabela 1. O diâmetro máximo obtido foi de 2,38mm, e o módulo e finura de 0,85

Tabela 2 – Granulometria Areia

Abertura das Peneiras (mm)	Areia Fina					
	Ensaio 1	Ensaio 2	Retido Ensaio 1	Retido Ensaio 2	Média	Acum.
			(%)	(%)	(%)	(%)
9,5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0
6,3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0
4,5	0.0	0.2	0.0	0.1	0.03	0.0
2,38	0.4	0.4	0.1	0.1	0.14	0.2
1,19	0.2	0.2	0.1	0.1	0.08	0.2
0,59	0.9	1.1	0.3	0.4	0.32	0.6
0,297	1.1	1.7	0.4	0.6	0.47	1.0
0,15	247.3	244.9	82.4	81.6	82.03	83.1
0,075 + (FUNDO)	50.1	51.5	16.7	17.2	16.93	100.0
Total (g)	300.03	300.01	100.00	100.00	100.00	-

Fonte: os autores.

3.3. Confecção das amostras e cura

As amostras foram confeccionadas com a mistura em argamassadeira de eixo planetário. O traço conta descrito na Tabela 3

Tabela 3 – Traço utilizado para a moldagem dos exemplares

Materiais	Marca	Traço Unitário
Cimento Branco	OYAK CEMENT – + Super White	1,0
Pigmento Vermelho	Ferrox Color (96-98% Óxido de Ferro)	0,8
Areia Fina	Areia Quartzoza (Módulo de Finura: 1,67)	0%, 2% ou 4%
Água	-	0,2

Fonte: os autores.

Após a definição do traço da argamassa foram moldados os corpos de provas em formato cilíndrico de 5x10cm e prismáticos de 4x4x16cm. Os corpos de provas foram desmoldados após o período de 03 dias e mantidos em ambiente com temperatura constante de 23° e 60% de umidade relativa do ar até o momento dos ensaios.

3.4. Métodos de ensaio

3.4.1 Ensaio de resistência à compressão axial

Devido a inexistência de uma norma especifica para ensaios de resistência a compressão axial em corpos de prova cilíndricos de argamassa, foram utilizados os mesmos princípios do ensaio realizado para corpos de prova de concreto, determinados pela NBR 5739/2018. Foram moldados 6 corpos de provas, que foram submetidos ao ensaio aos 07 e 28 dias de cura

3.4.2 Ensaio de resistência à tração por compressão diametral

O ensaio de resistência à tração por compressão diametral foi conduzido conforme as diretrizes da NBR 7222:2011, utilizando corpos de prova cilíndricos com idades de cura de 7 e 28 dias, com o objetivo de determinar a resistência à tração indireta da argamassa.

3.4.3 Ensaio de resistência à tração na flexão

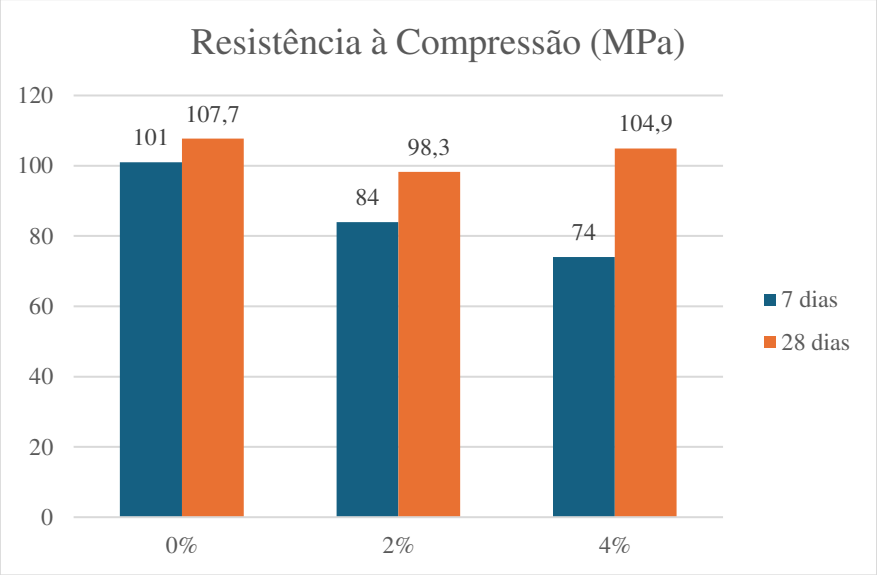
O ensaio de resistência à tração na flexão foi realizado conforme a NBR 13279:2025, utilizando 3 corpos de prova prismáticos com 28 dias de cura, com a finalidade de avaliar o comportamento da argamassa quando submetida a esforços fletores

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 Resistência à compressão Axial

Os resultados de resistência à compressão da argamassa são apresentados Figura1

Figura 1 –Resistência a Compressão Axial



Fonte: os autores.

Tabela 4 – Resistência a Compressão Axial (MPa)

TRAÇO	IDADE	RESIST (MPa)	MÉDIA	DESV. PADRÃO (MPa)	COEF. VARIAÇÃO (%)
REF	7DIAS	98,9	101,0	2,31	2,29
		103,5			
		100,6			
	28DIAS	105,6	107,7	4,82	4,47
		113,2			
		104,2			
2%	7DIAS	81,6	84,4	3,37	4,16
		84,1			
		77,4			
	28DIAS	104,3	98,3	5,86	5,96
		98,2			
		92,6			
4%	7DIAS	81,4	74,0	11,96	16,16
		80,6			
		60,0			
	28DIAS	97,2	104,9	7,60	7,25
		105,2			
		112,4			

Foram utilizados três corpos de prova de cada traço para as idades de 7 e 28 dias.De modo geral, os resultados de resistência à compressão demonstram elevada resistência obtida nas idades iniciais diretamente associada ao tipo de cimento empregado, a relação a/c e ao traço utilizado. Com a incorporação das adições de 2% e 4%, verificou-se uma redução na resistência inicial, possivelmente devido à interferência dessas partículas no empacotamento e a hidratação, concordando com os resultados obtidos em Pyeon et al (2022). No entanto, ao longo do tempo,

especialmente aos 28 dias, há um ganho significativo de resistência, chamando atenção para a composição com 4%, que se aproximou dos valores da referência.

Figura 2 – Exemplares rompidos

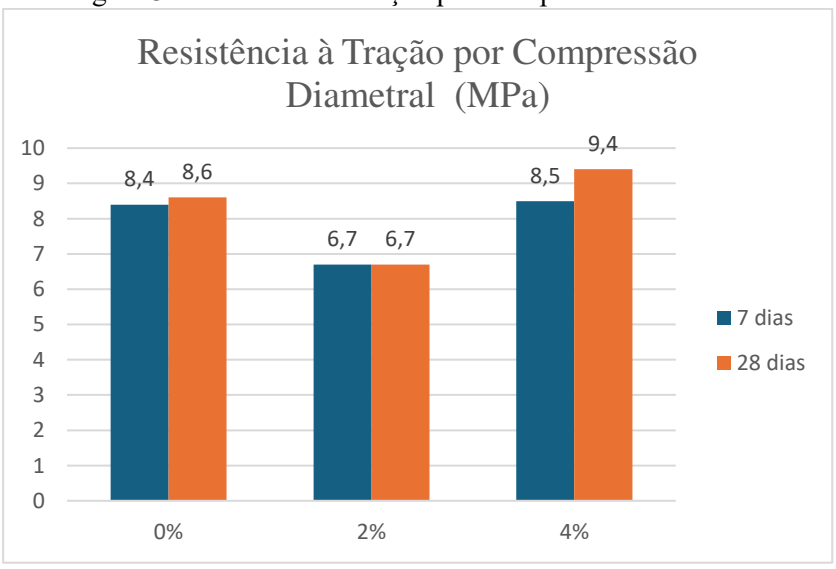


Fonte: os autores.

4.2 Resistência a tração por compressão diametral

Os resultados de resistência à tração por compressão diametral são apresentados Figura 3.

Figura 3 –Resistência a Tração por Compressão Diametral



Fonte: os autores.

Tabela 5– Resistência a Tração por Compressão Diametral

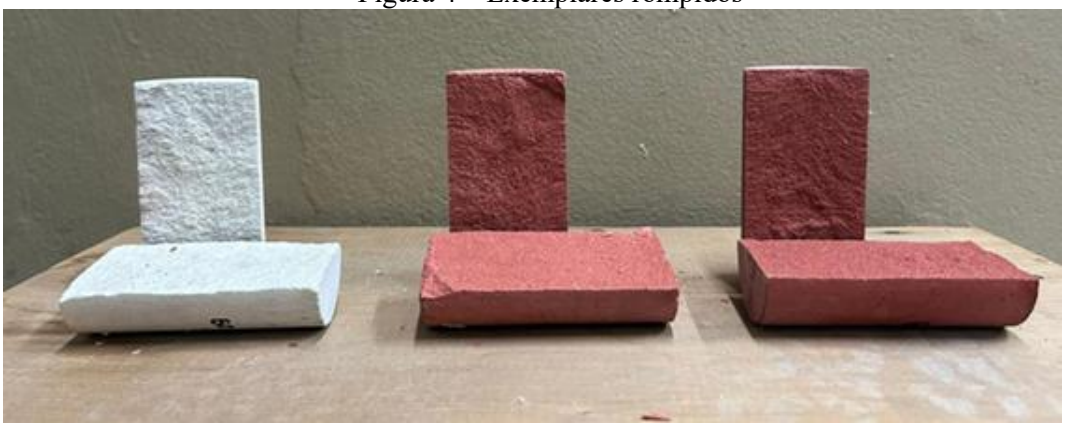
TRAÇO	IDADE	RESIST (MPa)	MÉDIA	DESV. PADRÃO (MPa)	COEF. VARIAÇÃO (%)
REF	7DIAS	6,8	8,4	1,46	17,34
		9,1			
		9,5			
	28DIAS	9,1	8,6	2,73	31,74
		5,6			
		11,0			
2%	7DIAS	5,9	6,7	1,33	19,85
		8,2			
		5,9			
	28DIAS	5,4	6,7	2,13	31,79
		5,5			
		9,2			
4%	7DIAS	10,1	8,5	2,60	30,59
		5,5			
		9,9			
	28DIAS	8,7	9,4	2,28	24,26
		11,9			
		7,5			

Para o traço com 2%, verifica-se uma redução significativa da resistência e, diferentemente das demais, não há ganho ao longo do tempo, mantendo-se praticamente constante entre 7 e 28 dias. Esse comportamento pode indicar que esse teor de adição interfere negativamente na coesão da matriz e na transferência de tensões, prejudicando o desempenho à tração. Por outro lado, a composição com 4% apresenta um comportamento mais favorável, com resistência aos 7 dias próxima à da referência e um ganho expressivo aos 28 dias, superando inclusive a mistura sem adição. Entretanto, cabe destacar o coeficiente de variação desse traço.

Pyeon et al (2022) citam a possibilidade de ganhos em idades elevadas, a depender-se da natureza do pigmento. Esse resultado sugere que, nesse teor, a adição pode estar contribuindo para uma melhor distribuição de tensões internas ou para o refinamento da microestrutura, favorecendo o desempenho à tração.

Os resultados obtidos apresentam concordância com Lee, Lee e Yu (2003) que avaliam, para além da boa coloração e permanência da cor, um comportamento satisfatório em termos de resistência mecânica.

Figura 4 – Exemplares rompidos

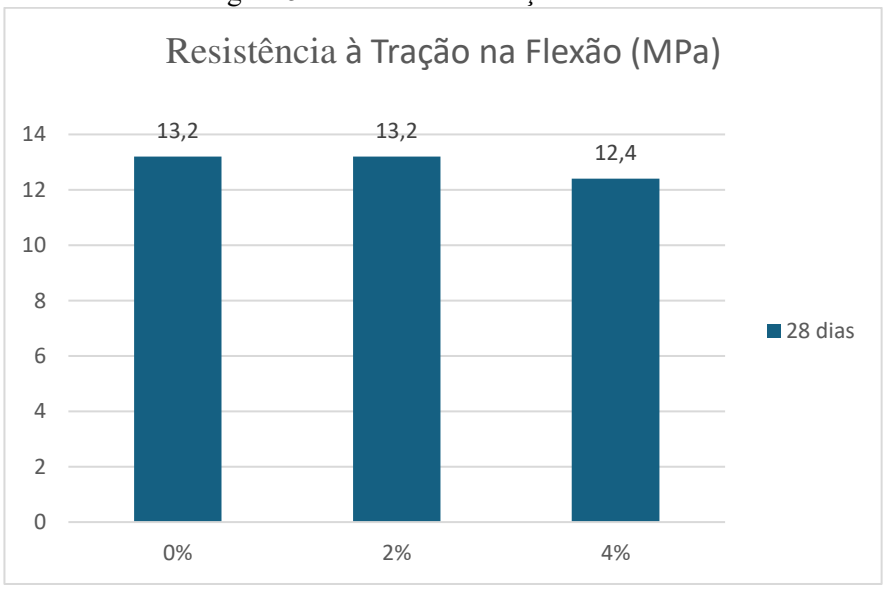


Fonte: os autores.

4.3 Resistência a tração na flexão

Os resultados de resistência à tração na flexão são apresentados Figura 5

Figura 5 –Resistência à Tração na Flexão



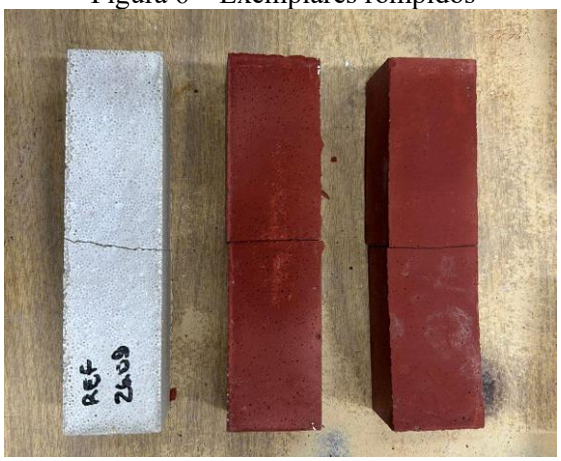
Fonte: os autores.

Tabela 6 – Resistência a Tração por Compressão Diametral

TRAÇO	IDADE	RESIST (MPa)	MÉDIA	DESV. PADRÃO (MPa)	COEF. VARIAÇÃO (%)
REF	28DIAS	13,1	13,2	0,12	0,87
		13,3			
		13,1			
2%	28DIAS	12,8	13,2	0,64	4,86
		13,9			
		12,8			
4%	28DIAS	12,8	12,4	1,68	13,55
		13,9			
		10,6			

Com base na Figura 5 e na tabela 6 percebe-se que a incorporação das adições não promove ganhos significativos de desempenho em relação à mistura de referência, apresentando, inclusive, uma leve tendência de redução com o aumento do teor. A composição de referência e a composição com 2% de pigmento apresentaram valores médios de resistência à tração na flexão semelhantes. Embora o coeficiente de variação do traço com pigmento tenha sido mais elevado, os resultados indicam que, nesse teor de adição, o pigmento não interferiu de maneira significativa no comportamento mecânico do material à tração na flexão. Entretanto, a maior dispersão dos resultados sugere que a distribuição do pigmento na mistura pode ter influenciado a homogeneidade do concreto. Por outro lado, a composição com 4% apresenta uma redução na resistência, evidenciando que teores mais elevados da adição podem impactar negativamente o desempenho à flexão.

Figura 6 – Exemplares rompidos



Fonte: os autores.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao analisar o conjunto de resultados obtido, é possível concluir que a incorporação de pigmentos no traço usado no estudo possui influência de maneira distinta as propriedades mecânicas, dependendo do teor utilizado e da idade de cura. De modo geral, observa-se que a presença do pigmento tende a reduzir a resistência à compressão em idades iniciais, efeito amplamente

relatado na literatura. No entanto, aos 28 dias, especialmente para o teor de 4%, houve uma recuperação significativa da resistência, aproximando-se dos valores da mistura de referência, o que pode ocorrer por conta do efeito filler auxiliando no empacotamento da matriz para a resistência à tração por compressão diametral, verificou-se que o comportamento não é linear. Já na resistência à tração na flexão, os resultados indicam que a adição não promove ganhos significativos, mantendo-se equivalente à referência para 2% e apresentando leve redução para 4%, o que está em de acordo com estudos que apontam que teores mais elevados de pigmento podem aumentar a porosidade ou prejudicar a aderência na matriz cimentícia.

Dessa forma, conclui-se que, assim como reforçado pela literatura, o uso de pigmentos em argamassas de alta resistência é viável do ponto de vista mecânico, desde que utilizado em teores adequados. Considerando que os ensaios foram realizados com um número reduzido de corpos de provas, recomenda-se a realização de ensaios complementares com maior abrangência e rigor experimental, com o objetivo de reduzir o coeficiente de variação e estabelecer conclusões mais precisas e aprofundadas sobre a influência dos pigmentos nas propriedades das argamassas pigmentas com óxido de ferro. Além disso, os resultados obtidos são específicos para a composição avaliada, não podendo ser extrapolada para outros traços.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). **NBR 13279: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão.** Rio de Janeiro, 2005.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). **NBR 13281-1: Argamassas inorgânicas – Requisitos e métodos de ensaios. Parte 01: Argamassas para revestimento de paredes e tetos**. Rio de Janeiro, 2023.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). **NBR 5739: Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, 2018.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). **NBR 7222: Concreto e argamassa – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, 2011.

ANDREATTA, G. L.; ALVES, M.; VOZINIAK. R.; MACIOSKI G.; MEDEIROS, A. **Estudo comparativo da resistência e coloração de argamassas dosadas com pigmentos em pó e líquidos.** Anais do 58° Congresso Brasileiro do Concentro – CBC 20. Belo Horizonte, 2016.

BONDIOLI, F.; MANFREDINI, T.; OLIVEIRA, A. P. NOVAES. **Pigmentos inorgânicos: projeto, produção a aplicação industrial.** Cerâmica industrial, v. 3, n°4-6, 1998.

CONCEIÇÃO, L. B. **Estudo da tecnologia e aplicação do concreto colorido em habitações de interesse social.** 2015. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2015.

DI SESSA, G. A.; OLIVEIRA, A. M. **Influência do teor de pigmentos inorgânicos nas propriedades físico-mecânicas e de durabilidade de concretos de cimento Portland branco.** REUCP, v. 13, n° 1, 2019. 19

GONÇALVES, D. P. F**. Concreto pigmentado aparente: Recomendações para o processo de projeto arquitetônico.** Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de São Paulo, 2019.

LEE, H.S; LEE, J.Y; YU, M.Y. **Influence of inorganic pigments on the fluidity of cement mortars**. Cement and Concrete Research, 35(4):703 – 710, 2005

LEE, H.S; LEE, J.Y; YU, M.Y. **Influence of iron oxide pigments on the properties of concrete interlocking blocks**, Cement and Concrete Research, Volume 33, Issue 11, 2003,

OLIVEIRA, G. F. F.; SOUZA, E. J.; GOMES, A. J. L. **Study of the technical feasibility of using colored mortar for wall cladding**. International Journal of Geoscience, Engineering and Technology, v. 07, n° 01, páginas 08 – 15, 2023. Disponível em: https://revistas.ufvjm.edu.br/ijget/article/view/508

PAIVA, B. S.; LIMA, J. M.; MORAES, T. S. O.; SOUSA, B. H. N.; VIEIRA, G. A. F.; GOMES, D. T. **A influência de pigmentos nas propriedades de argamassas de Cimento Portland**. Anais da Mostra de Pesquisa em Ciência e Tecnologia 2017- IBMEC, 2017.

PASSUELO, A**. Análise de parâmetros influentes na cromaticidade e no comportamento mecânico de concretos à base de cimento branco**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004.

PYEON, S.; KIM, G.; CHOE, G.; PARK, N.; JEONG, D.; CHOI, B.; KIM, M.; NAM, J. Compressive-Strength Analysis of High-Strength Cementitious Composites Mixed with Red and Green Pigments. *Appl. Sci.* **2022**, *12*, 7667.

PIOVESAN, A. Z. **Estudo sobre a influência da adição de pigmentos em propriedades de durabilidade e na cromacidade do concreto de cimento Portland branco**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004.

STRINGARI, D. **Análise da atividade pozolânica em argamassas contendo rejeitos de cerâmica vermelha em substituição parcial do cimento Portland**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, 2015. 20

VEIGA, M. R.; VELOSA, A. L; TAVARES, M. **A cor das argamassas**. Revista Construção Magazine, n° 25, maio de 2008.