

## SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO AGLOMERANTE NO CONCRETO POR RESÍDUOS VÍTREOS

Ana Beatriz Guimarães Leonel (UEM), Daniel Garla Pismel (UEM), Sílvia Paula Sossai Altoé (Orientadora). E-mail: spsaltoe@uem.br.

Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Engenharia Civil, Maringá, PR.

**Construção Civil: Materiais e Componentes de Construção.**

**Palavras-chave:** Aglomerante. Concreto. Pó de vidro.

### RESUMO

O cimento é um dos principais materiais utilizados na construção civil brasileira, estando presente em praticamente todas as obras civis e sendo fabricado em altíssimas quantidades anualmente em todo o país. A fabricação de cimento é altamente poluente e demanda grande quantidade de energia. Assim, faz-se necessário buscar alternativas que possibilitem a redução do consumo deste material, sendo uma delas a substituição parcial dele na confecção do concreto por materiais cimentícios complementares, como por exemplo os resíduos industriais. Dentro deste contexto, o pó de vidro se mostra um material viável, uma vez que possui inícios de propriedades pozolânicas quando moído em partículas suficientemente finas. Desta forma, a substituição do cimento por pó de vidro favoreceria o meio ambiente tanto por reduzir sua fabricação, que acarreta em danos ambientais, quanto por interferir positivamente no problema da difícil logística de descarte adequado do vidro. Neste estudo, foram utilizados traços com substituição do aglomerante por pó de vidro nos teores de 10, 15, 20, 25 e 30% e com estes traços confeccionou-se corpos de provas que foram testados quanto a resistência à compressão e absorção de água.

### INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, dentro da construção civil, setor conhecido, pelo alto impacto ambiental, estudar meios mais eficientes e limpos para as construções deixou de ser uma opção e tornou-se uma necessidade. Ao se pensar em formas de reduzir o impacto ambiental não se pode deixar de pensar no material que é apontado como maior poluidor dentro das matérias primas utilizadas pelo setor: o cimento. Material primordial da construção, está presente em praticamente todas as obras, sendo matéria prima do concreto e também dos revestimentos argamassados.

Para se ter uma ideia da enorme quantidade de cimento utilizado, dados que apontam que em 2016 foram consumidos cerca de 104 milhões de metros cúbicos de concreto pré-misturado na América latina, e mesmo após 04 anos de redução no

consumo de cimento, em 2019 somente no Brasil foram vendidos cerca de 54,5 milhões de toneladas deste componente (SNIC, 2020).

Junto a isso, sabe-se que para cada tonelada de cimento fabricada, uma tonelada de gás carbônico (CO<sub>2</sub>) também é produzida, fazendo com que a indústria cimentícia caminhe em direção à posição de segunda maior indústria emissora de CO<sub>2</sub>, depois das usinas de energia (SITI, A. I.; HASLEND, H. 2015).

Dentro deste panorama, uma das alternativas para amenizar esses impactos seria a adição ou substituição parcial do cimento por materiais cimentícios ou pozolânicos complementares, dando-se ênfase à utilização de resíduos de outras indústrias como escórias, fillers e cinzas volantes. Atualmente, muitos estudos vêm sendo realizados sobre a substituição do cimento ou de algum agregado do concreto por resíduos, como por exemplo o pó de vidro.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Os parâmetros do trabalho foram os seguintes: O traço utilizado é da ordem de 1:1,96:2,72 e teores de substituição serão de 10, 15, 20, 25 e 30% em massa. Utilizou-se fatores água-cimento de 0,55 e 0,6 e obteve-se consumo de cimento de 357,47 kg/m<sup>3</sup> e 363,98 kg/m<sup>3</sup> para cada fator, respectivamente. A respeito do tempo de hidratação do concreto, os ensaios pré estabelecidos em relação ao desempenho técnico serão realizados com 28 dias e a cura dos corpos de prova será feita em uma câmara úmida até o dia dos ensaios de resistência à compressão e de absorção de água.

O ensaio de resistência à compressão foi realizado conforme os métodos da ABNT NBR 5739:2018. Para este ensaio foram confeccionados 6 corpos de prova de dimensões 10 x 20 cm para cada traço utilizado, totalizando 72 corpos de prova, que foram rompidos retificados e então rompidos pela prensa hidráulica.

O ensaio para a determinação de absorção de água por imersão é feito conforme os procedimentos da NBR 9778:2005. Foram utilizados 3 corpos de prova para o teste, eles foram pesados e levados à estufa à temperatura de 100 + 2°C durante 72 horas. Depois de resfriados e pesados novamente foram imersos em água à temperatura de 23 ± 5°C por 72 horas. Após, secos em fogareiro por 5 horas, e depois de resfriados, foi feita uma nova pesagem.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela abaixo apresenta os resultados dos testes de resistência à compressão média para cada um dos teores de substituição utilizados. Os traços T1 a T6 possuem fator a/c de 0,6 e os traços T7 a T12 possuem fator a/c de 0,55. Para cada traço da tabela, foram rompidos 6 corpos de prova para se obter o valor médio registrado.

**Tabela 1 – Resultado dos testes de resistência à compressão.**

TRAÇO	A/C	PDV (%)	RESISTÊNCIA MÉDIA À COMPRESSÃO [Mpa]	VARIAÇÃO DE RESISTÊNCIA EM RELAÇÃO AO TRAÇO PILOTO	DESVIO PADRÃO	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO
T1	0,6	0	31,2	Piloto	3,5	11,23
T2		10	31,75	1,76	1,65	5,18
T3		15	29,7	-4,81	1,85	6,22
T4		20	26,5	-15,06	3,31	12,5
T5		25	26,3	-15,7	1,35	5,13
T6		30	23,8	-23,72	2,18	9,17
T7	0,55	0	34,95	Piloto	4,59	13,13
T8		10	30,65	-12,3	4,62	15,07
T9		15	31,8	-8,93	1,74	4,63
T10		20	26,75	-23,46	3,74	12,97
T11		25	29,4	-15,88	2,23	7,6
T12		30	28,5	-18,45	1,51	5,32

Fonte: Adaptado de Radke (2022).

Inicialmente, observa-se que há uma redução na resistência a compressão com o aumento do teor de substituição. Esse comportamento já é esperado porque o cimento é o principal responsável por conferir resistência ao concreto e portanto é natural que haja redução nesta propriedade ao retirá-lo da mistura. No entanto, a que de resistência não se mostrou tão significativa quanto poderia, dado os altos teores de substituição utilizados.

Também fica evidente a forte influência do fator a/c na resistência à compressão do concreto. O traço piloto de fator a/c 0,55 possui resistência de 35 MPa, enquanto que o traço de fator a/c 0,6 inicia em uma resistência de 30 MPa. Assim, fica claro que mesmo um aumento razoável no fator a/c é capaz de diminuir significativamente o desempenho mecânico do concreto, o que coloca em evidência o papel crucial do cimento neste material. Disto, também se entende que pequenos teores de substituição podem produzir reduções significativas na resistência à compressão.

A tabela 2 apresenta os resultados de absorção de água e da massa específica. Por meio dela, é possível observar que os valores das massas tendem a diminuir conforme a substituição de PDV aumenta. Embora a relação não seja perfeitamente proporcional, esta tendência se mantém por toda a tabela. A redução atinge um valor expressivo de 156 kg/m<sup>3</sup> de redução ao se comparar o traço piloto (T1) com o traço de 30% de substituição (T6).

Quanto a absorção de água, todos os corpos de prova ficaram dentro do limite de 10% fixado pela ABNT NBR 6136/2006.

**Tabela 2 – Resultado dos testes de absorção de água e de massa específica.**

TRAÇO	ABSORÇÃO MÉDIA DE ÁGUA (%)	ÍNDICES DE VAZIOS MÉDIOS (%)	MASSA ESPECÍFICA DA AMOSTRA SECA MÉDIA (g/cm <sup>3</sup> )	MASSA ESPECÍFICA SATURADA MÉDIA (g/cm <sup>3</sup> )	MASSA ESPECÍFICA REAL MÉDIA (g/cm <sup>3</sup> )
T1	6,499	14,961	2,298	2,453	2,709
T2	6,459	14,647	2,267	2,408	2,657
T3	6,802	14,906	2,214	2,375	2,61
T4	7,399	16,129	2,218	2,341	2,599
T5	5,809	12,703	2,179	2,314	2,505
T6	6,585	14,446	2,177	2,32	2,553
T7	6,13	13,808	2,254	2,394	2,613
T8	6,65	14,938	2,252	2,4	2,641
T9	6,28	14,07	2,24	2,381	2,607
T10	7,01	15,553	2,219	2,374	2,627
T11	5,638	12,576	2,231	2,357	2,552
T12	6,114	13,486	2,228	2,3741	2,545

Fonte: Adaptado de Radke (2022).

## CONCLUSÕES

o PDV possui alta influência no fator a/c da mistura. Quanto maior o teor de substituição parcial, menor é a trabalhabilidade do concreto. Assim, faz-se necessário aumentar a quantidade de água na mistura para que ela seja viável, o que por sua vez influencia na resistência mecânica, na resistência à agressividade do ambiente e na trabalhabilidade. Todas essas propriedades são fortemente impactadas ao se aumentar o fator a/c de 0,55 para 0,6, conforme observou-se nos resultados.

A substituição por PDV também influenciou positivamente na massa específica da mistura de concreto, fazendo-a diminuir conforme o aumento do teor de substituição. Nos traços rodados, a redução orbitou valores de 3 a 5%, atingindo um máximo de 8%. Esta diminuição representa uma redução no peso próprio das estruturas em concreto armado, o que é de grande interesse para a engenharia civil, já que possibilita vãos maiores e menor uso de materiais, como o aço.

A resistência mecânica respondeu de forma positiva. Quando se faz diminuições na quantidade de cimento, mesmo que pequenas, espera-se que haja uma forte redução nesta propriedade, pois ele é o principal responsável por ela. Verifica-se que as reduções observadas não afetaram o concreto de forma significativa, principalmente considerando-se o alto fator a/c utilizado.

## REFERÊNCIAS

RADKE, Isadora Bedusqui de Goes. **Viabilidade Da Utilização De Resíduo De Laminação De Vidro Na Confecção De Concretos Estruturais**. 2022. Dissertação (Mestrado) – Engenharia Civil – Universidade Estadual de Maringá.

Sindicato Nacional da Indústria do Cimento. **Relatório Anual 2020**.

32º Encontro Anual de Iniciação Científica  
12º Encontro Anual de Iniciação Científica Júnior



23 e 24 de Novembro de 2023

SITI, A. I.; HASLEND, H. **LOW CARBON MEASURES FOR CEMENT PLANTEA REVIEW**. Journal of Cleaner Production, v.103, p. 260-274, 2015