

ESTUDO COMPARATIVO DE CONCRETOS COM DIFERENTES PROPORÇÕES DE AGREGADO RECICLADO

MANOELA DUARTE LEMOS¹; RAFAEL DELUCIS²; ÂNGELA AZEVEDO³

¹ Universidade Federal de Pelotas – manoeladuarte14@gmail.com

² Universidade Federal de Pelotas – rafael.delucis@ufpel.edu.br

³ Universidade Federal de Pelotas – azevedoufpel@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

A produção de concreto está intrinsecamente ligada ao uso de recursos naturais, especialmente o consumo de agregados graúdos como a brita, extraídos de pedreiras. No entanto, a extração de brita não só promove a degradação ambiental, mas também contribui para a exaustão de recursos naturais não renováveis. Frente a esse cenário, a busca por materiais alternativos que substituam parcialmente ou totalmente a brita convencional tem ganhado crescente relevância. O uso de resíduos industriais na produção de concreto surge como uma solução promissora, não apenas por mitigar o impacto ambiental, mas também por diminuir a geração de resíduos sólidos industriais, um problema latente na gestão de resíduos das indústrias de pré-moldados (ROSE; STEGEMANN, 2018).

Tradicionalmente, o problema da elevada geração de resíduos nas indústrias de pré-moldados é solucionado por meio do descarte em aterros sanitários, ou mesmo pelo acúmulo em áreas próximas às fábricas. No entanto, essa prática traz implicações ambientais e econômicas significativas, sendo necessário pensar em formas de revalorizar esses resíduos. Estudos recentes demonstram que resíduos de concreto provenientes de demolições ou da produção de pré-moldados podem ser utilizados como agregados em novos concretos, melhorando as propriedades mecânicas e reduzindo a demanda por materiais virgens (THOMAS; SETIÉN; POLANCO, 2016).

Neste trabalho, propõe-se investigar a viabilidade da substituição do agregado graúdo convencional por resíduos provenientes de uma indústria de pré-moldados, uma solução que visa, ao mesmo tempo, minimizar o impacto ambiental e promover a sustentabilidade. Acredita-se que, por meio da análise das propriedades mecânicas, seja possível demonstrar o potencial de reaproveitamento de tais resíduos como uma alternativa viável e eficiente. Esta abordagem contribui para a construção de um setor mais sustentável, alinhado às necessidades atuais de redução de emissões de CO₂ e preservação de recursos naturais. O objetivo deste estudo é avaliar a substituição parcial e total do agregado graúdo convencional por resíduos de uma indústria de pré-moldados na produção de concreto.

2. METODOLOGIA

A metodologia deste estudo seguiu uma abordagem experimental para avaliar o desempenho de concretos com diferentes proporções de resíduos de uma fábrica de concretos pré-moldados (RPM), substituindo o agregado graúdo convencional (brita). Foram definidos três traços de concreto: um traço de referência com 100% de brita, um traço intermediário com 50% de brita e 50% de RPM, e um traço com 100% de RPM. O RPM utilizado foi proveniente de uma indústria de pré-moldados de concreto, onde o material recolhido consistia em

blocos intertravados que não foram comercializados devido a imperfeições, como trincas e quebras. A resistência à compressão axial desses blocos era de 35 MPa.

Para garantir a similaridade entre a brita e o RPM, foi realizada a caracterização granulométrica de ambos os agregados. A brita de referência foi caracterizada de acordo com a NBR 17054 (ABNT, 2022), resultando em uma curva granulométrica que definiu a quantidade de material retido em cada peneira. Com base nesses dados, o RPM foi ajustado, passando por uma britadeira, para alcançar a mesma distribuição granulométrica da brita, assegurando que as propriedades mecânicas analisadas estivessem relacionadas à variação do tipo de agregado, e não a diferenças de granulometria.

Após a padronização dos materiais, o valor de alfa foi arbitrado em 53% devido à grande quantidade de argamassa, utilizando-se também a tabela do método de dosagem do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT). Também foi estipulado um abatimento de tronco de cone de 90 ± 10 mm, com base no qual a quantidade de aditivo foi ajustada nos diferentes traços de concreto, conforme apresentado na Tabela 1, garantindo a trabalhabilidade adequada para a moldagem dos corpos de prova.

Tabela 1- Traços unitários

Traço	α	Cimento (kg)	Areia (kg)	Brita (kg)	RPM (kg)	A/C	Aditivo (%)
Referência	53%	1	2,18	2,82	0,00	0,47	0,14
RPM50	53%	1	2,18	1,41	1,41	0,47	1,28
RPM100	53%	1	2,18	0,00	2,82	0,47	0,67

Fonte: Autora (2024)

Foram definidos três traços diferentes de concreto, descritos na Tabela 1. O cimento utilizado em todos os traços foi o Votoran CP V – ARI RS, o mesmo empregado na fabricação dos blocos pré-moldados que geraram o RPM. A escolha de manter o mesmo tipo de cimento garantiu a comparabilidade entre o concreto de referência e os concretos com RPM. Após a preparação, os corpos de prova foram moldados de acordo com a norma NBR 5738 (ABNT, 2015) e submetidos à cura úmida em ambiente controlado. Para a avaliação da resistência à compressão, seguiu as diretrizes da NBR 5739 (ABNT, 2018). Foram moldados corpos de prova cilíndricos (10 cm x 20 cm). Após a cura úmida de 7 dias, os corpos de prova foram submetidos ao ensaio de compressão axial em uma máquina de ensaio universal, com uma taxa de carregamento de 0,25 MPa/s. Considerando que o cimento Votoran CP V – ARI RS, utilizado neste estudo, é formulado para atingir rapidamente um desempenho mecânico elevado, aos 7 dias foi possível avaliar os concretos mecanicamente com segurança, dentro do prazo indicado pela norma desse cimento, a NBR 16697 (ABNT, 2018).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta os resultados do ensaio de abatimento do tronco de cone para os diferentes traços de concreto, comparando a altura do abatimento com a porcentagem de aditivo utilizada em cada mistura. Ao observar os dados, percebe-se que o traço de referência apresentou o maior abatimento, com 10 cm, utilizando 0,14% de aditivo. Já o traço com 50% de RPM (RPM50) apresentou um

abatimento de 8,5 cm, com 1,28% de aditivo, e o traço com 100% de RPM (RPM100) teve o menor abatimento, de apenas 3,5 cm, mesmo utilizando 0,67% de aditivo. Esse comportamento evidencia que, à medida que o percentual de RPM aumenta, há uma redução significativa no abatimento, uma diferença de 65% entre o traço de referência e o traço com 100% de RPM. A literatura aponta que agregados reciclados, como o RPM, possuem maior absorção de água devido à presença de argamassas aderidas, o que pode justificar a necessidade de maiores quantidades de aditivo para manter a trabalhabilidade (DOBISZEWSKA et al., 2022). Além disso, o menor abatimento nos traços com RPM pode ser explicado pela forma mais irregular das partículas do agregado reciclado, que dificulta o escoamento da mistura e reduz a fluidez do concreto. Estudos anteriores corroboram essa observação, mostrando que concretos com agregados reciclados frequentemente apresentam menor trabalhabilidade quando comparados a concretos com brita natural (ESTEVES, 2023).

Tabela 2 – Abatimento do tronco de cone e porcentagens de aditivo.

Traço	Abatimento (cm)	Aditivo (%)
Referência	10	0,14
RPM50	8,5	1,28
RPM100	3,5	0,67

Fonte: Autora (2024)

No caso do traço com 100% de RPM, observou-se uma rápida absorção de parte da água de amassamento pelo agregado reciclado, o que exigiu um tempo maior de mistura para tentar ajustar o abatimento. A adição progressiva de aditivo durante a mistura não resultou em alterações significativas no abatimento, devido à elevada porosidade do RPM. Em contrapartida, no traço RPM50, moldado posteriormente, a experiência adquirida nas moldagens anteriores permitiu uma preparação mais eficiente. Com isso, o abatimento foi corrigido de forma mais rápida, utilizando o aditivo de maneira mais controlada para alcançar a trabalhabilidade desejada.

A Tabela 3 mostra os resultados da resistência à compressão axial aos 7 dias para os três traços de concreto analisados. Os resultados indicam que o concreto com 50% de RPM (RPM50) apresentou a maior resistência média, com 42,09 MPa, superando tanto o traço de referência (38,85 MPa) quanto o traço com 100% de RPM (40,76 MPa). Em termos percentuais, o RPM50 foi aproximadamente 8,3% mais resistente que o traço de referência e 3,2% mais resistente que o RPM100. Embora o desvio-padrão do RPM50 seja maior (2,51 MPa), indicando uma variabilidade um pouco mais alta nos resultados, o desempenho geral do concreto com 50% de RPM se mostrou superior. A maior resistência do concreto com 50% de RPM pode ser explicada pela menor resistência mecânica da brita utilizada no concreto de referência. No caso dos concretos com RPM, os blocos de pré-moldados que compuseram o agregado reciclado possuíam uma resistência à compressão de 35 MPa. No entanto, a substituição total do agregado gráudo por RPM pode comprometer a resistência, como evidenciado no traço RPM100, devido à maior quantidade de agregado poroso, o que afeta negativamente a coesão interna do concreto. Resultados anteriores já indicaram que o uso de RPM pode tanto melhorar quanto prejudicar a resistência do concreto, dependendo do nível de substituição e das características dos resíduos (ESTEVES, 2023), confirmando a normalidade dos achados deste estudo.

Tabela 3 – Resultado do ensaio de resistência à compressão axial aos 7 dias.

Corpo de prova	Resistência à compressão axial (MPa)		
	Referência	RPM50	RPM100
1	37,86	39,76	39,34
2	39,15	44,74	41,48
3	39,55	41,76	41,47
Média das resistências (MPa)	38,85	42,09	40,76
Desvio-padrão (MPa)	0,88	2,51	1,23

Fonte: Autora (2024)

4. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, pode-se concluir que o uso de resíduos de pré-moldados (RPM) como substituição parcial ao agregado graúdo convencional em concretos é uma alternativa viável, apresentando desempenho mecânico superior no traço com 50% de substituição (RPM50), que atingiu uma resistência à compressão de 42,09 MPa aos 7 dias, superando o concreto de referência. A maior absorção de água e a forma irregular do agregado reciclado impactaram negativamente a trabalhabilidade, especialmente no traço com 100% de RPM, onde a resistência foi ligeiramente inferior. Contudo, a substituição parcial mostrou-se eficiente, e o uso do RPM pode contribuir para a sustentabilidade da construção civil, reduzindo a extração de brita natural e promovendo o reaproveitamento de resíduos industriais, sem comprometer significativamente as propriedades mecânicas do concreto.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 17054:2022 – Agregados – Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro, 2022.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5738:2015 – Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova**. Rio de Janeiro, 2015.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5739:2018 – Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, 2018.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 16697:2018 – Cimento Portland – Requisitos**. Rio de Janeiro, 2018.
- DOBISZEWSKA, M. et al. Influence of Rock Dust Additives as Fine Aggregate Replacement on Properties of Cement Composites—A Review. **Materials**, v. 15, n. 8, p. 2947, 18 abr. 2022.
- ESTEVES, Pablo Dias. **Avaliação do comportamento do concreto substituindo o agregado graúdo por resíduo de artefato de concreto**. 2023. 50 f. TCC (Graduação em Engenharia Civil) - Centro de Engenharias. Universidade Federal de Pelotas, 2023.
- ROSE, C.; STEGEMANN, J. From Waste Management to Component Management in the Construction Industry. **Sustainability**, v. 10, n. 1, p. 229, 17 jan. 2018.
- THOMAS, C.; SETIÉN, J.; POLANCO, J. A. Structural recycled aggregate concrete made with precast wastes. **Construction and Building Materials**, v. 114, p. 536–546, jul. 2016.