

CURVAS DE DOSAGEM DE CONCRETOS COM AGREGADOS GRAÚDOS DE RCD

DOSAGE CURVES OF CONCRETE WITH COARSE AGGREGATES OF CDW

Engenharias • 17/09/2026

REGISTRO DOI: [10.70773/revistatopicos/789587273](https://doi.org/10.70773/revistatopicos/789587273)

Laila Moreira Bacurau¹

Anderson Henrique Barbosa²

RESUMO

A construção civil apresenta grande potencial para incorporar agregados reciclados de resíduos de construção e demolição, contribuindo assim para a sustentabilidade do setor. No Brasil permite-se aplicação do agregado reciclado na produção de argamassas e concretos, prevista na NBR 15116/2021. Neste trabalho apresenta-se a elaboração de curvas de dosagem de concretos estruturais com a substituição do agregado graúdo britado pelo reciclado. Foram analisadas as substituições de 25%, 50%, 75% e 100% de agregado reciclado classificado como misto. Para cada um dos percentuais estudados, analisou-se a influência da pré-saturação do agregado em 80% de sua capacidade de absorção, com valor obtido em ensaio de 10,25%. Os agregados utilizados apresentavam diâmetro máximo de 12,5 mm. Com as curvas obtidas, observa-se ser possível a determinação de composição de materiais para a produção de concretos com a qualificação estrutural, com o consequente percentual de substituição adequado do agregado reciclado.

Palavras-chave: Concreto; Agregado Graúdo Reciclado; Curva de Dosagem.

ABSTRACT

The civil construction has great potential to incorporate recycled aggregates from construction and demolition waste, thus contributing to the sector's sustainability. In Brazil, the use of recycled aggregate in the production of mortars and concrete is allowed, as outlined in NBR 15116/2021. This work presents the development of mix design curves for structural concrete with the replacement of coarse crushed aggregate by recycled aggregate. Replacements of 25%, 50%, 75%, and 100% of mixed-class recycled aggregate were analyzed. For each of the percentages studied, the

influence of pre-saturating the aggregate to 80% of its absorption capacity, determined by a test value of 10.25%, was examined. The aggregates used had a maximum diameter of 12.5 mm. With the curves obtained, it is observed that it is possible to determine the material composition for producing concrete with structural qualification, along with the appropriate percentage of aggregate replacement.

Keywords: Concrete; Recycled Coarse Aggregate; Dosage Curve.

1. INTRODUÇÃO

A reciclagem é um tema que está em evidência no Brasil por estar relacionado diretamente à questão da degradação ambiental. A grande quantidade de resíduos gerada e a falta de locais para a sua deposição se tornam desafios para o poder público. Em muitas cidades a falta dessas políticas torna o efeito dos resíduos ainda mais evidente.

A exemplo, a lei 12305/2010, publicada em 2 de agosto deste ano, que trata da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) obrigou a extinção dos lixões até agosto de 2014, além de exigir algumas práticas em relação ao gerador de resíduos. Na cadeia da construção civil, essa legislação recomenda que o resíduo sólido seja segregado, facilitando a sua reciclagem por parte de catadores ou empresas recicladoras.

Cunha et al. (2023) indicam que, embora o Brasil tenha uma política bem estabelecida sobre gerenciamento de RCD, ela não é cumprida, o que demanda maior engajamento dos governos para minimizar o descarte inadequado, o que evidencia desigualdades nas ações aplicadas.

Como uma das indústrias que mais contribuem com os altos percentuais de geração de resíduos, a construção civil apresenta potencial para a sua utilização dentro de seu processo produtivo, assim como a incorporação de resíduos oriundos de outras indústrias. Como especificação para um desses usos, a utilização de agregados reciclados como base e sub-base para pavimentação e como concretos sem função estrutural são normatizadas pela NBR 15116/2021.

O uso de agregados para atividades de pavimentação não é suficiente para permitir a reciclagem completa dos resíduos, sendo necessário à utilização em outras aplicações, em especial, argamassas e concretos, em função da sua grande demanda (Ângulo et al., 2003).

Sendo assim, aplicações alternativas em materiais que podem ser absorvidos dentro da própria cadeia geradora e que, por se tratar de um material nobre, podem se apresentar viáveis do ponto de vista técnico, atendendo aos requisitos das normas vigentes no Brasil.

Para Muñoz-Perez et al. (2022), o incremento da utilização de agregados reciclados na indústria da construção se deve pela necessidade de reduzir custos dos materiais e reutilizar nos projetos da construção.

Estudos como os de Passos et al. (2010), Vieira e Dal Molin (2004), Jordani et al. (2024) e Butler (2003) já apontavam para a aplicabilidade dos agregados graúdos reciclados de RCD (Resíduo de Construção e Demolição) em concretos, obtendo resultados satisfatórios em relação ao nível de resistência à compressão para baixos percentuais de substituição. Nessas pesquisas, a substituição

de 100% dos agregados convencionais por resíduos de construção e demolição resultam numa redução superior a 30% da resistência à compressão do concreto aos 28 dias de idade.

Neste trabalho avalia-se a utilização do resíduo de construção e demolição como agregados para a produção de concretos, gerando-se curvas de dosagem para diferentes percentuais de substituição do agregado gráúdo britado pelo agregado gráúdo reciclado.

2. GERAÇÃO DE RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A Resolução nº 307/2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que entrou em vigor em 2 de janeiro de 2003 (atualizada no ano de 2011), e suas atualizações posteriores (resolução n. 431/2011, resolução n. 448/2012 e resolução n. 469/2015) definem, classificam e estabelecem os possíveis destinos finais adequados dos resíduos de construção e demolição, além de atribuir responsabilidades para o poder público municipal e também para os geradores de resíduos no que se refere à sua destinação.

Segundo as resoluções supracitadas, os RCD's podem ser classificados da seguinte forma:

- Classe A (Reutilizáveis/Recicláveis como agregados): Tijolos, blocos, telhas, argamassa e concreto.
- Classe B (Recicláveis para outras destinações): Plásticos, papéis, metais, vidros, madeiras e latas de tinta vazias.
- Classe C (Sem tecnologia de reciclagem): Materiais que não possuem processos de reaproveitamento viáveis.

- Classe D (Perigosos): Tintas, solventes, óleos, amianto e latas com restos de produtos químicos.

Segundo Relatório da ABREMA (2025), foram gerados em 44,5 e 46,4 milhões de toneladas de resíduos de construção e demolição (RCD) nos anos de 2023 e 2024, respectivamente, por pessoas físicas e empresas demolidoras. No ano de 2024, um total de 100,8 milhões de toneladas foram gerados no Brasil, sendo as duas maiores geradoras as regiões sudeste e nordeste, com 43,2% e 24,5%, respectivamente.

O elevado desperdício de insumo é tão significativo na construção civil que a quantidade de entulho produzida corresponde a cerca de 50% do material desperdiçado (Zordan, 2013). Este alto percentual está associado a uma série de fatores que caracterizam os processos produtivos do setor, dentre os quais se destacam:

- Ausência de seleção e treinamento formal da mão de obra;
- Insuficiente detalhamento dos projetos;
- Qualidade inferior dos materiais disponíveis no mercado;
- Falta de planejamento; ineficiente controle de execução e inspeção;
- Carência de tecnologias para o gerenciamento dos resíduos.

Na indústria nacional o desperdício de materiais de construção gira em torno de 20%, sendo que a principal consequência dessa relação é um acréscimo de 10% no preço final do imóvel, uma vez que cerca de 70% dos custos são provenientes de materiais (Tavares, 2006).

Como uma noção do desperdício, Souza (2005) cita que a cada 3 edificações produzidas, tem-se o desperdício de 33%, equivalente a uma nova edificação.

Os RCD's são gerados em diferentes etapas do empreendimento: fase de construção, fase de manutenção e fase de demolição (Vieira; Dal Molin, 2004). Na fase de construção, a geração de resíduos é decorrente de perdas nos processos produtivos. A geração de entulhos na etapa de manutenção está associada a reparos na estrutura em função da correção de patologias e fim da vida útil de elementos que precisam ser substituídos. Os resíduos gerados na fase de demolição dependem do tempo de vida útil da estrutura, bem como dos materiais e tecnologias empregadas.

Uma gama de componentes contribui para a formação dos RCD's. A proporção desses materiais em diferentes amostras é de grande heterogeneidade e variabilidade, o que dificulta o seu aproveitamento pela indústria.

Ao analisar a composição de resíduo de construção e demolição de diferentes cidades, percebe-se que apesar da diversidade das regiões a sua composição em geral tem elevados percentuais de argamassa, concreto e material cerâmico, independentemente da região, estado ou até mesmo país (Vieira; Dal Molin, 2004).

A presença de elementos como gesso, vidros, materiais betuminosos, matéria orgânica, metais, plásticos, entre outros, são considerados impurezas na reciclagem dos resíduos de demolição e construção.

Para Resende et al. (2022), a heterogeneidade dos RCD dificulta a padronização de possíveis formas de reutilização, pois o material

apresenta composição totalmente diferente que depende do local da geração. Neste contexto, torna-se necessário o conhecimento prévio da composição para as atividades de beneficiamento e separação.

A exemplo dos materiais indesejáveis no agregado reciclado tem-se o gesso, que na composição do resíduo provoca reações de expansão e pode fissurar o concreto, não podendo esse material ser utilizado em sua produção quando se utiliza agregados reciclados. Materiais metálicos também podem causar danos se adicionados na mistura, pois a presença de alumínio e zinco podem favorecer o desprendimento do hidrogênio no concreto fresco ou provocar reações de expansão, causando fissuras (Vieira; Dal Molin, 2004).

3. CONCRETOS COM AGREGADOS DE RCD

O concreto é um material resultante das misturas em proporções adequadas de aglomerante, agregado miúdo e graúdo, água e, às vezes, aditivos, sendo bastante utilizado como elemento estrutural em construções.

Uma característica peculiar do concreto é sua capacidade de poder ser ajustado para atender diversos níveis de resistência à compressão. Esses ajustes podem ser feitos através da combinação adequada dos seus materiais constituintes, permitindo obter a resistência apropriada para sua utilização em projetos, considerando também a melhor relação custo-benefício possível.

Diversas propriedades do agregado podem exercer influência nas propriedades mecânicas do concreto, como a absorção de água, porosidade, composição mineralógica, forma e textura superficial dos grãos, natureza e diâmetro máximo. Por exemplo, tem-se que o

diâmetro máximo do agregado pode acarretar em uma perda da trabalhabilidade e, conseqüentemente, a um aumento da água de amassamento que pode diminuir a resistência do concreto (Mehta; Monteiro, 2008).

Em relação à mineralogia, Bauer (2001) destaca a variação do módulo de elasticidade de agregados de origem granítica e basáltica, por exemplo, podendo esta atingir a diferença de 45 GPa. Outro fator que atua de forma direta na resistência mecânica e na ruptura do concreto é a natureza do agregado. Os agregados naturais são geralmente mais densos e resistentes do que os agregados reciclados, portanto, a porosidade da matriz, bem como a da zona de transição entre agregado grão e a matriz, é quem normalmente determina a característica de resistência dos concretos convencionais (Mehta; Monteiro, 2008).

Segundo Hansen (1985) apud Gonçalves (2001), a utilização dos agregados reciclados gera uma grande perda na trabalhabilidade da mistura relacionada, principalmente, à sua maior absorção de água.

No concreto convencional a ruptura acontece pela inicialização e propagação de fissuras ao longo da interface pasta-agregado, enquanto que no concreto com agregado reciclado este processo pode se iniciar pelo grão do agregado grão, que por apresentar menor resistência, é considerado o elo frágil (Leite; Lima, 2009).

Agregados reciclados oriundos de concretos estruturais apresentam melhor qualidade em relação aos originados de tijolos cerâmicos e argamassas, e podem ser utilizados como agregados para argamassa e até para concretos estruturais, sendo que no último é

necessário um maior cuidado para especificar o material reciclado (Tavares, 2006).

De acordo com Levy (1997), a utilização de resíduos oriundos de alvenaria para a produção de agregados a serem utilizados no preparo de novos concretos deve ser analisada com cautela, uma vez que tal solução sempre apresentará como produto final agregados mais angulosos e mais absorventes que os agregados de resíduos de concreto.

De uma maneira geral, Niedzalkowski et al. (2025) aponta que, a partir de curvas de dosagem, os concretos produzidos com agregados de resíduo misto requerem um consumo de cimento consideravelmente maior para atingir resistências equivalentes às do concreto com agregados convencionais.

Santos e Carneiro (2025) ressaltam que, apesar dos concretos de traços ricos (proporção 1:3), é importante observar a evolução da resistência à compressão com o tempo.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

A experimentação necessária para o desenvolvimento do estudo proposto foi realizada no laboratório de materiais e técnicas construtivas – LABMATEC, da Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF.

Os resíduos foram coletados junto a Central de Tratamento de Resíduos (CTR), localizada em Petrolina, oriundos de reformas e demolições ou de etapas de construção, passando por uma triagem prévia na usina para a eliminação de materiais não recicláveis (matéria orgânica, gesso, madeira, entre outros). Os RCD's foram

tritutados com o objetivo de atingir a granulometria desejada para a produção dos concretos. Após triturado, esse material foi levado ao Laboratório para caracterização de suas propriedades físicas.

4.1. Caracterização dos Materiais

Inicialmente o agregado graúdo reciclado foi caracterizado em relação à sua composição, em procedimento apresentado na NBR 15116/2021, sendo qualificado como ARCI (Agregado Reciclado Cimentício – composto predominantemente por materiais cimentícios diversos), ARCO (Agregado Reciclado de Concreto – composto por resíduos de concreto) e ARM (Agregado Reciclado Misto – composto por uma mistura de materiais cimentícios e materiais cerâmicos). Para a amostra trabalhada nesta pesquisa a classificação foi de resíduo misto (ARM) para o agregado de construção e demolição.

Para a composição granulométrica dos agregados, em procedimento realizado pela NBR 17054/2022, os valores encontrados foram de 9,5 mm e 12,5 mm, respectivamente, para os agregados graúdos reciclados e britados.

A massa específica e absorção de água do agregado graúdo reciclado foram contabilizadas seguindo as recomendações da NBR 16916/2021, NBR 16917/2021 e NBR 16972/2021. Os resultados obtidos pelo ensaio de massa específica do agregado seco e ensaio de absorção foram, respectivamente, 2,03 g/cm³ e 10,25%. A massa específica do agregado graúdo britado no ensaio foi de 2,52 g/cm³.

4.2. Dosagem dos Concretos

Caracterizados os materiais, procedeu-se ao estudo sobre a dosagem dos concretos. Nesta fase da pesquisa foram dosados concretos pelo método do IPT/EPUSP. Foram aplicados a cada mistura um percentual de substituição de 25%, 50%, 75% e 100% de agregados graúdos convencionais por agregados de RCD's.

No método do IPT/EPUSP foram dosados concretos para os traços rico (1:3,5), intermediário (1:5) e pobre (1:6,5). Além das substituições dos agregados graúdos naturais pelo agregado de RCD nos percentuais propostos, foi dosado um concreto de referência, sem substituição de agregados.

Conforme recomendação da NBR 15116/2021, ao se utilizar os agregados de RCD deve-se utilizar uma saturação prévia com teor de água equivalente a 80% da absorção máxima encontrada para o agregado. Para todas as composições com aplicação do resíduo como agregado utilizou-se esta condição de saturação, sendo produzidas amostras com agregado seco e saturado.

Os traços finais encontrados por esse método são mostrados na Tabela 1.

Tabela 1. Traços finais, em massa, elaborados para o concreto com agregados reciclados.

Substituição (%)	Traço	Umidade Agregado Reciclado (%)	Traço Unitário		
			Cimento	Areia	Brita
0%	1:3,5	-	1,00	1,43	2,07
	1:5	-	1,00	2,24	2,76

	16,5	-	1,00	3,05	3,45
--	------	---	------	------	------

⚠ Esta tabela possui muitas colunas e foi cortada para impressão. Para visualizá-la completa, acesse o artigo original em: <https://revistatopicos.com.br/artigos/curvas-de-dosagem-de-concretos-com-agregados-graudos-de-rcd?noblockage>

Vale ressaltar que para a dosagem dos concretos pelo método do IPT/EPUSP foi utilizado aditivo superplastificante em até 0,5% da massa do cimento para todas as amostras.

Com o intuito de eliminar as partículas finas do agregado graúdo reciclado, foi efetuada a separação do material fino na peneira de abertura de 4,8 mm, para que essas partículas não interferissem no comportamento dos concretos produzidos. A produção do concreto foi feita em uma betoneira de eixo inclinado, adicionando primeiramente parte da água com o agregado graúdo, em seguida o cimento e a areia, sendo o processo finalizado com a adição do restante da água na mistura.

Os concretos foram dosados realizando ensaio de *Slump Test*, seguindo as recomendações da NBR 16889/2020, fixados em 90 ± 10 mm.

A realização da moldagem e cura dos corpos de prova foi feita seguindo a norma NBR 5738/2015.

Precedendo à moldagem dos corpos de prova, os moldes e suas bases foram revestidos internamente com uma fina camada de óleo mineral. Posteriormente os moldes foram colocados em uma superfície de apoio rígida, horizontal, livre de vibrações e outras perturbações que poderiam modificar a forma e as propriedades do

concreto dos corpos de prova durante sua moldagem e início de pega.

Os corpos de prova foram moldados em formas cilíndricas de 10 cm de diâmetro da base por 20 cm de altura, para realização dos ensaios de resistência à compressão e absorção por imersão. Para cada uma das idades e composições avaliadas foram moldados um número mínimo de 3 exemplares para a realização do ensaio de resistência à compressão, e dois para o ensaio de absorção de água por imersão.

Transcorridas 24 horas da moldagem foi feita a desforma, a identificação e a colocação dos corpos de prova submersos em água até o momento dos ensaios.

4.3. Ensaio no Estado Endurecido

Para caracterização do concreto no estado endurecido foi avaliada a resistência à compressão de acordo com a NBR 5739/2019.

Os corpos de provas foram rompidos no LABMATEC com o auxílio da prensa servo controlada, modelo WAW 1000C – Time Group Inc., a uma velocidade de carregamento de 0,5 MPa/s.

Os ensaios de absorção capilar e massa específica real foram realizados de acordo com a norma NBR 9778/2005.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. Resistência à Compressão e Diagramas de Dosagem

A Tabela 2 expõe os resultados obtidos no ensaio de resistência à compressão para os traços rico (1:3,5), normal (1:5,0) e pobre (1:6,5),

para os concretos de referência e com substituição de 25%, 50%, 75% e 100%, aplicados secos e com saturação equivalente a 80% do teor de umidade do agregado graúdo reciclado.

Tabela 2. Valores médios da resistência à compressão dos concretos com substituição dos agregados reciclados.

Substituição (%)	Traço	Umidade (%)	Resistência à Compressão (MPa)	
			Média	Desvio Padrão
0%	1:3,5	-	48,48	1,29
	1:5	-	30,90	0,80
	1:6,5	-	24,50	0,49
25%	1:3,5	0	55,22	0,62
		80	38,41	0,96
	1:5	0	40,67	0,75
		80	26,26	0,55
	1:6,5	0	27,86	0,23
		80	17,75	0,95
50%	1:3,5	0	43,70	1,15
		80	31,17	1,24
	1:5	0	32,64	0,78
		80	27,43	0,52
	1:6,5	0	23,10	0,75
		80	19,31	1,10

75%	1:3,5	0	29,26	1,06
		80	31,17	1,17
	1:5	0	25,56	1,12
		80	23,45	1,18
	1:6,5	0	14,92	0,58
		80	16,31	0,54
100%	1:3,5	0	30,98	2,11
		80	33,10	0,81
	1:5	0	16,22	0,60
		80	23,33	1,11
	1:6,5	0	9,90	1,12
		80	19,81	1,03

Nos gráficos das Figuras 1 a 9 são apresentados os diagramas de dosagem para todos os teores de substituição propostos, com aplicação dos agregados secos e úmidos. Para a construção dos diagramas de dosagem pelo método do IPT/EPUSP foram utilizados os seguintes parâmetros: relação água/cimento, proporção de agregados, consumo de cimento (kg/m^3) e resistência à compressão média aos 28 dias de idade.

Observa-se na Tabela 2 que os maiores valores encontrados para a resistência aos 28 dias de idade foram os concretos com substituição de 25%. Ao diminuir a quantidade de pasta de cimento do concreto torna-se mais evidente a influência das maiores porcentagens de substituição do agregado, observando uma maior diminuição da

resistência aos 28 dias de idade em relação a substituição de 25%, para os concretos com traço pobre (64,43%).

Figura 1. Diagrama de dosagem para o concreto de referência.

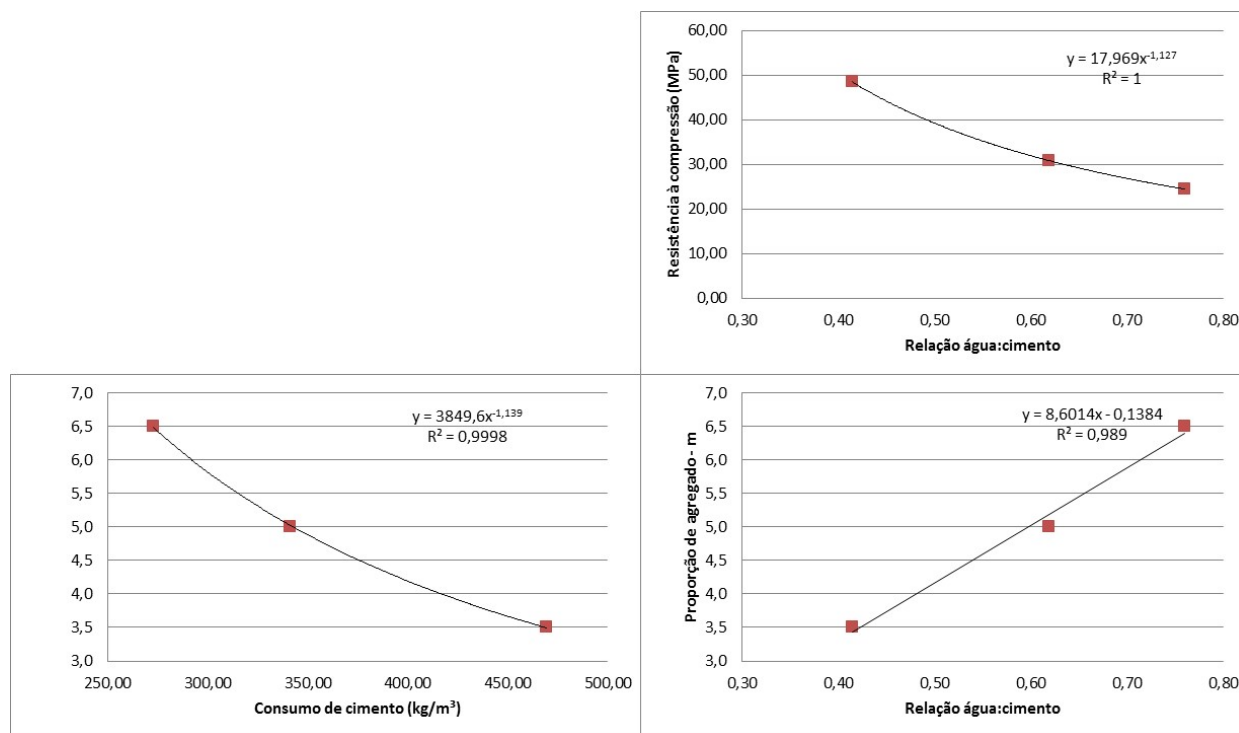


Figura 2. Diagrama de dosagem para concretos dosados com substituição de 25% de agregado reciclado seco.

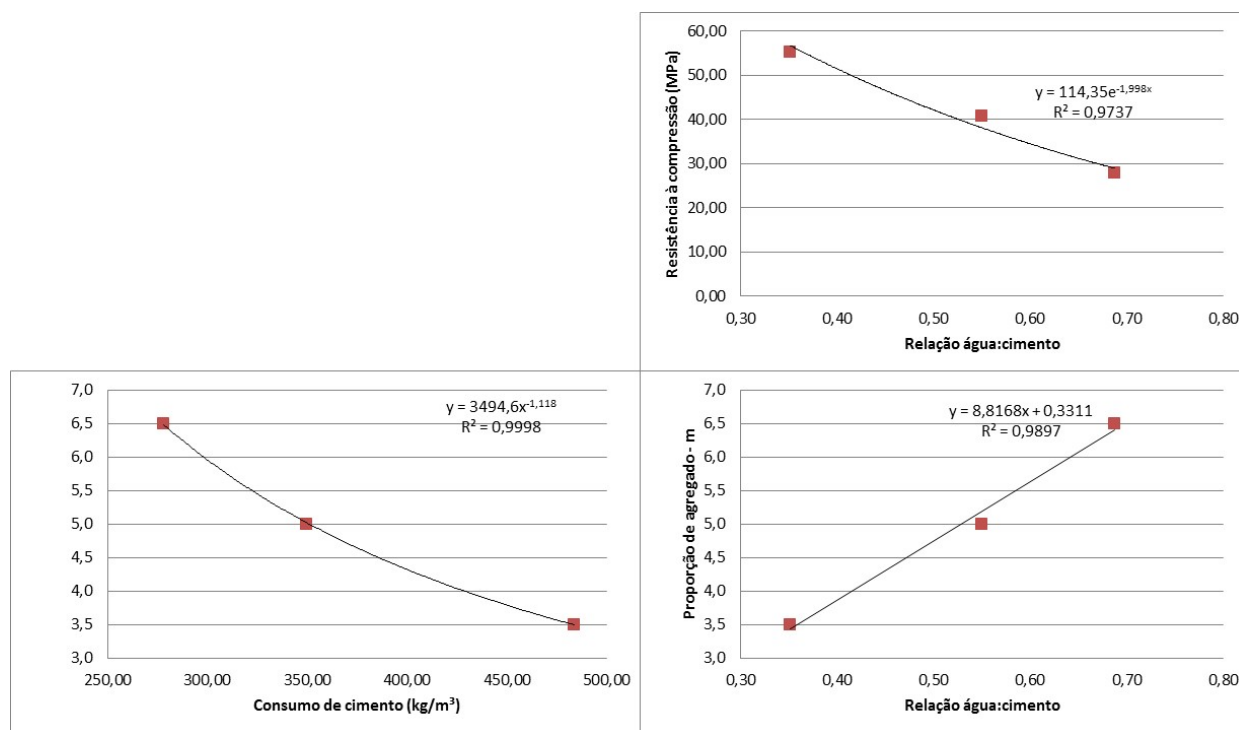


Figura 3. Diagrama de dosagem para concretos dosados com substituição de 25% de agregado reciclado saturado com 80% de

sua capacidade de absorção.

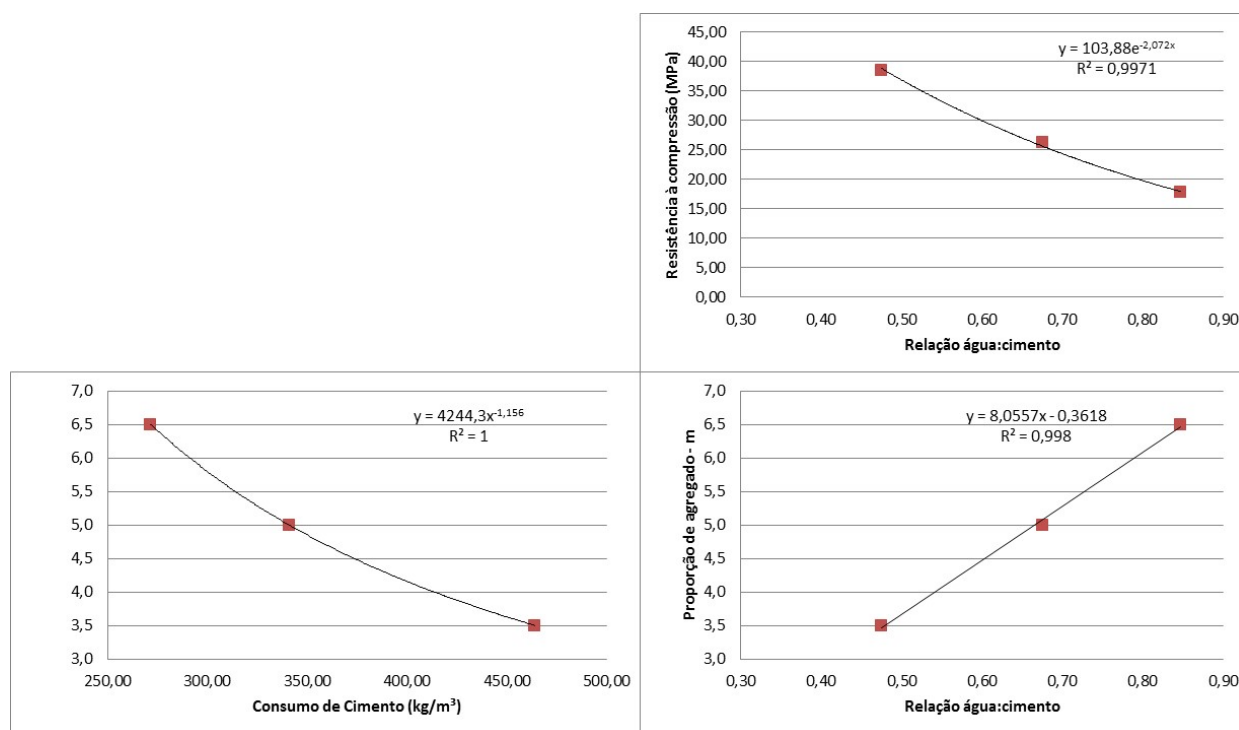


Figura 4. Diagrama de dosagem para concretos dosados com substituição de 50% de agregado reciclado seco.

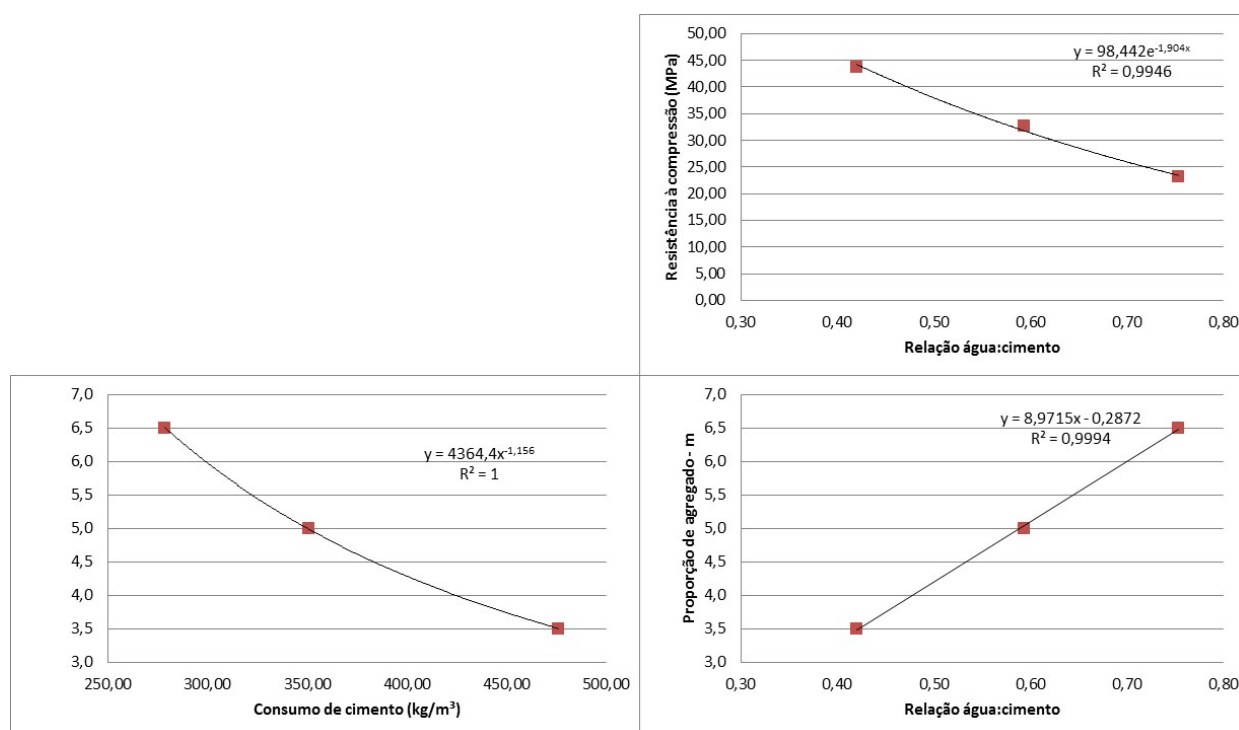


Figura 5. Diagrama de dosagem para concretos dosados com substituição de 50% de agregado reciclado saturado com 80% de sua capacidade de absorção.

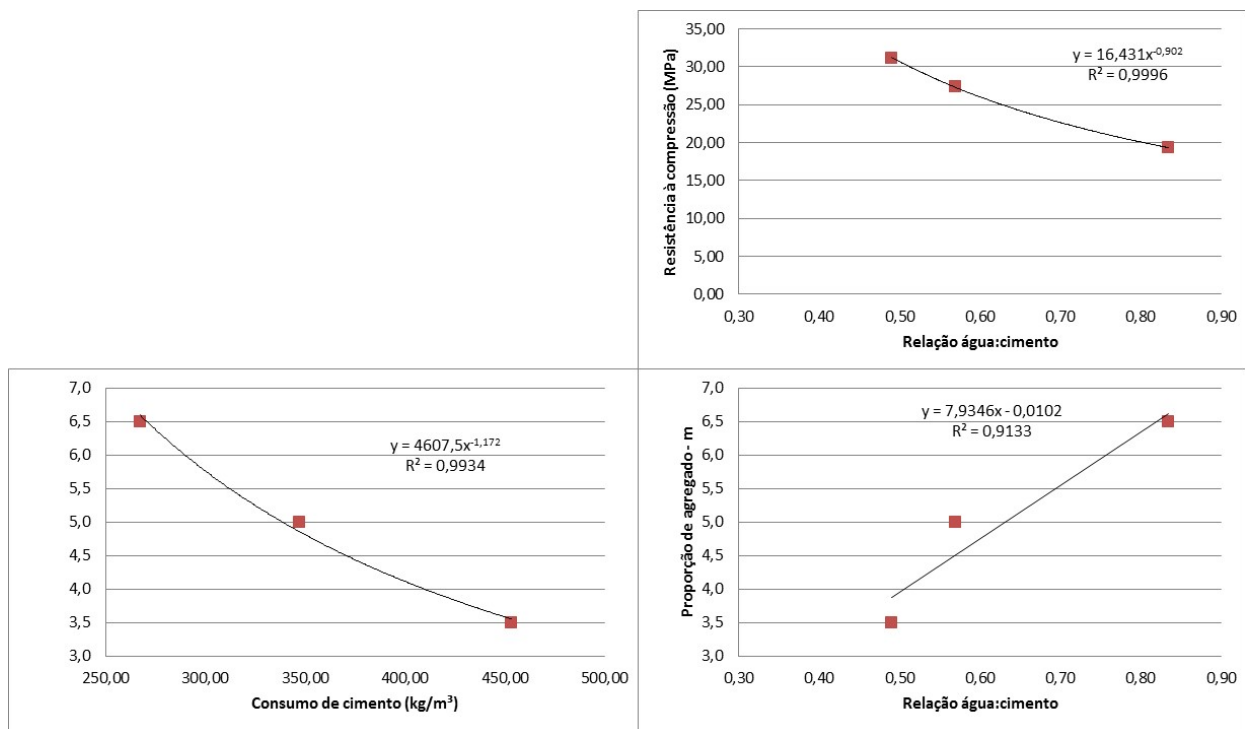


Figura 6. Diagrama de dosagem para concretos dosados com substituição de 75% de agregado reciclado seco.

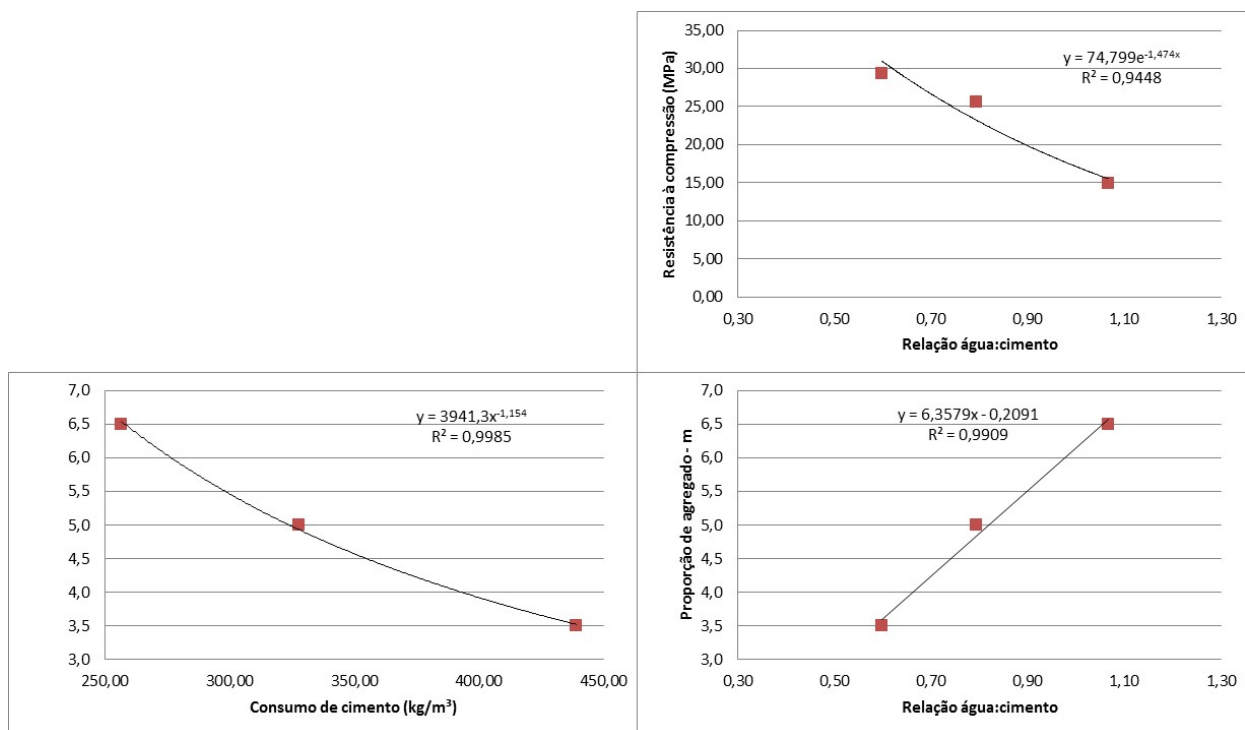


Figura 7. Diagrama de dosagem para concretos dosados com substituição de 75% de agregado reciclado saturado com 80% de sua capacidade de absorção.

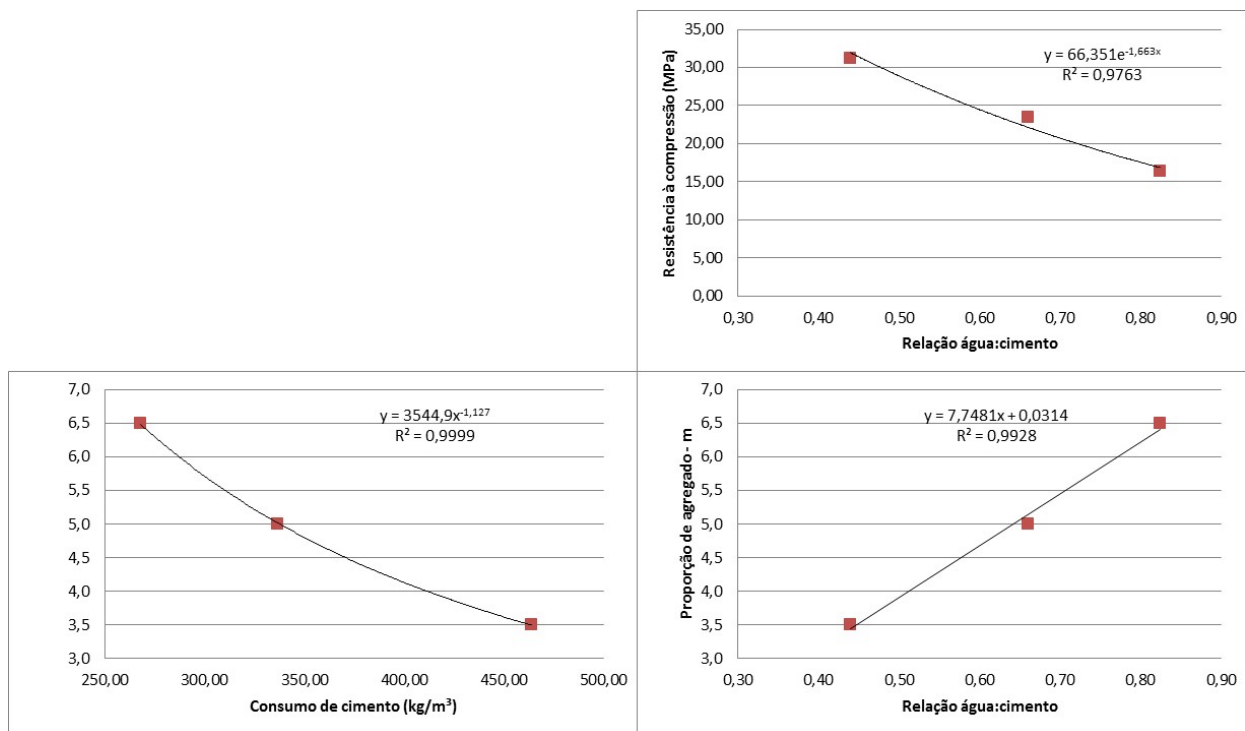


Figura 8. Diagrama de dosagem para concretos dosados com substituição de 100% de agregado reciclado seco.

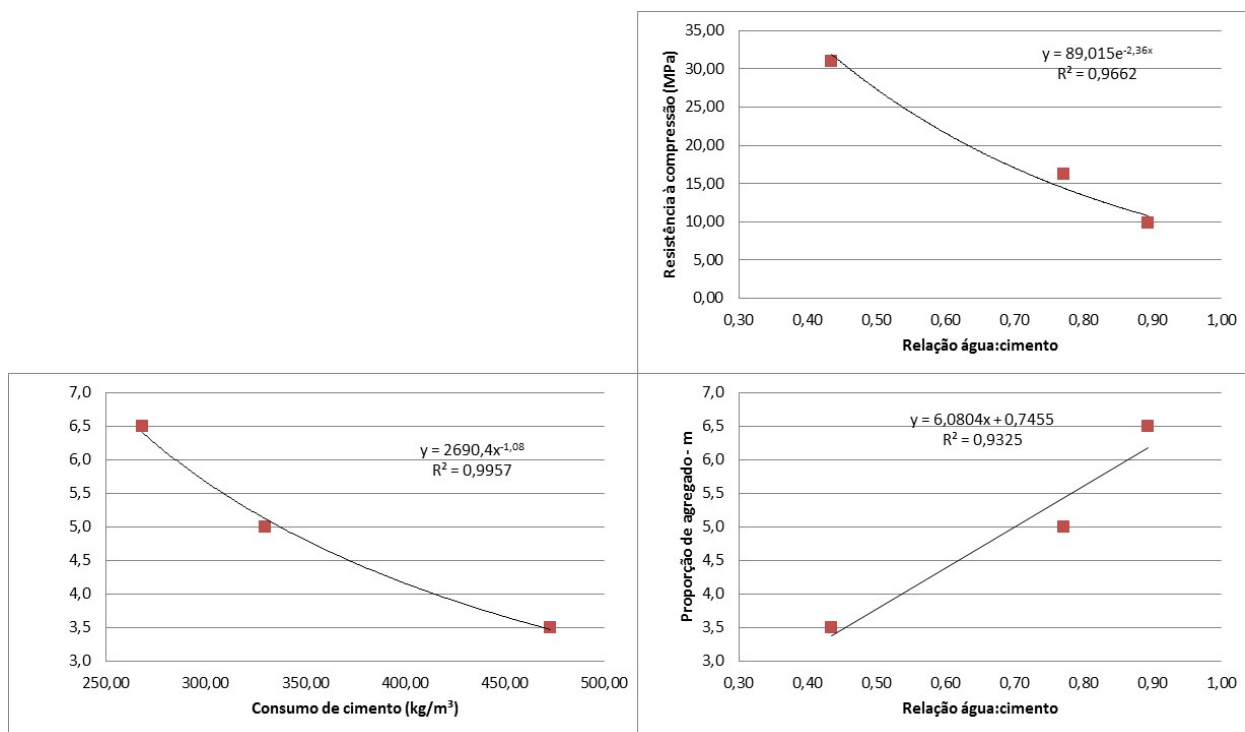
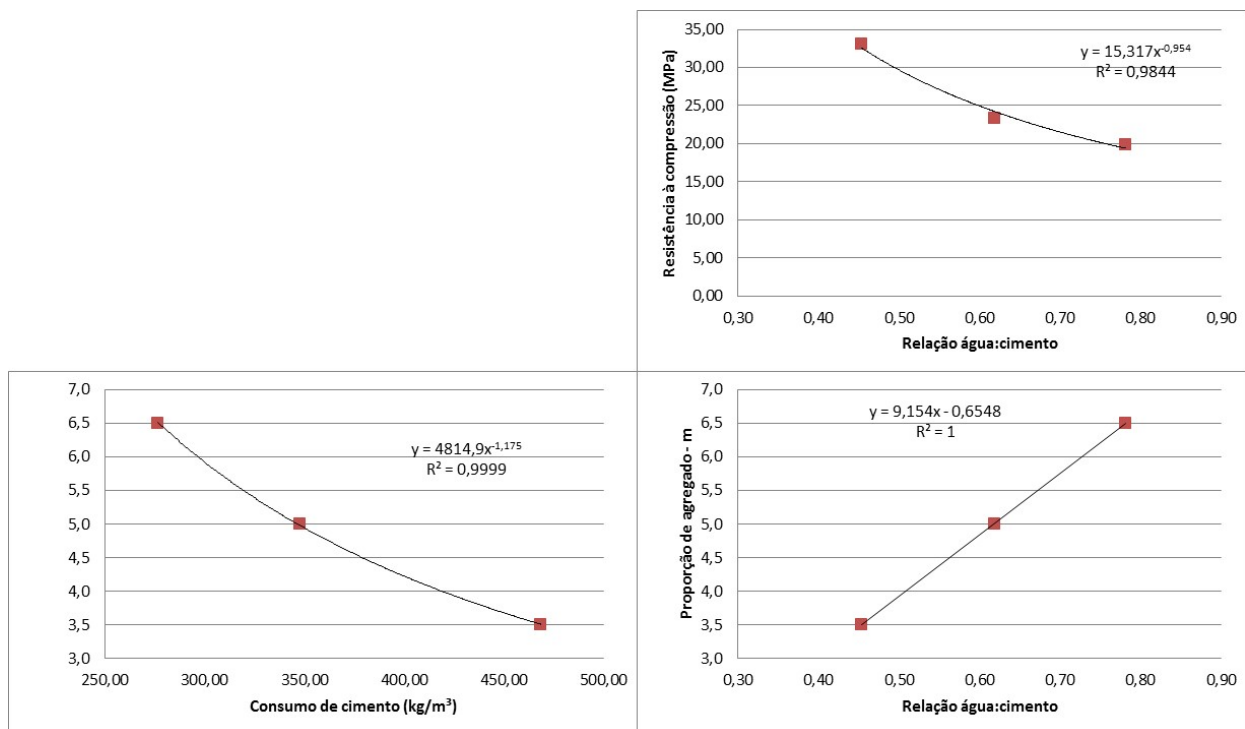


Figura 9. Diagrama de dosagem para concretos dosados com substituição de 100% de agregado reciclado saturado com 80% de sua capacidade de absorção.



Em relação à resistência à compressão, relacionada à substituição do agregado aplicado seco e com umidade equivalente a 80% de sua capacidade de absorção, verifica-se que para os teores de substituição de 25% e 50%, a quantidade de água previamente aplicada ao agregado reduziu a resistência à compressão em percentuais da ordem de 16% a 36% em relação ao concreto com o agregado seco. Para os concretos com substituição de 75% e 100%, comportamento inverso foi observado, onde a aplicação dos agregados úmidos gerou aumento da resistência à compressão em algumas misturas, em valor percentual máximo de 9%.

Analisando-se as curvas de dosagem é possível perceber que percentuais de substituição de 25% e 50% são perfeitamente aplicáveis para a produção de concretos convencionais com até 40 MPa de resistência à compressão. Para 75% e 100% de substituição, foram obtidos concretos com níveis de até 30 MPa, mas para os traços ricos, com alto consumo de cimento, que pode se tornar economicamente inviável.

5.2. Absorção de Água

As médias dos resultados dos ensaios de absorção e massa específica real dos concretos podem ser visualizadas na Tabela 3.

Tabela 3. Resultados dos ensaios de absorção e massa específica real para concretos avaliados.

Substituição (%)	Traço	Umidade (%)	Absorção de Água (%)	Massa Específica (g/cm ³)
0%	1:3,5	-	6,04	2,26
	1:5	-	7,19	2,19
	1:6,5	-	7,60	2,17
25%	1:3,5	0	4,94	2,57
		80	5,92	2,10
	1:5	0	5,52	2,57
		80	7,03	2,10
	1:6,5	0	6,27	2,55
		80	7,98	2,08
50%	1:3,5	0	6,65	2,55
		80	8,96	2,08
	1:5	0	6,69	2,52
		80	8,38	2,09
	1:6,5	0	7,83	2,52
		80	9,67	2,05
75%	1:3,5	0	9,21	2,05
		80	7,96	2,07

	1:5	0	9,62	2,02
		80	9,68	2,00
	1:6,5	0	11,62	1,96
		80	10,67	1,94
100%	1:3,5	0	8,90	2,11
		80	8,80	2,04
	1:5	0	8,34	2,12
		80	10,13	1,97
	1:6,5	0	9,46	2,06
		80	11,14	1,95

Analizando os dados da Tabela 3, percebe-se que os valores de absorção do concreto aumentam com a elevação do teor de substituição do agregado graúdo natural pelo reciclado. Em relação a massa específica constatou-se que os concretos com substituições menores obtiveram os maiores valores, pois quanto maior a quantidade de resíduo é adicionado na mistura mais leve fica o concreto, em razão de sua menor massa específica.

Como esperado, os concretos com substituição de agregado reciclado, aplicados secos ou úmidos, apresentaram absorção e massa específica superiores à referência produzida, exceto para as amostras com 25% de substituição, que apresentaram valores de absorção inferiores ao do concreto de referência, com consequente maior massa específica. Este fato pode ser devido à presença de, na amostra de agregado reciclado aplicada neste traço, devido à heterogeneidade, apresentar muitos fragmentos de rocha ou

concreto, que são mais densos e possuem absorção menor do que agregados cerâmicos, por exemplo.

6. CONCLUSÕES

Após a análise dos resultados apresentados neste estudo, pode-se concluir:

- Os concretos com substituição de 25% e 50% se mostraram passíveis de serem aplicados, apresentando resultados que permitem ser vislumbradas aplicações em concretos estruturais com níveis de resistência até 40 MPa.
- A relação água/cimento aumenta consideravelmente ao se utilizar os agregados graúdos reciclados. Esse fato está relacionado a grande absorção de água do resíduo de construção e demolição. O processo de pré-molhagem, recomendado pela NBR 15116/2021, válida para aplicações em concretos sem função estrutural, não apresentou resultados satisfatórios, principalmente em relação às substituições de 25% e 50%, em que houve decréscimo da resistência à compressão.
- A grande absorção dos concretos compostos por agregados reciclados está relacionada a elevada taxa de absorção desses agregados.
- Ao observar os resultados encontrados para a resistência à compressão dos concretos analisados, conclui-se que um material alternativo (o entulho) possa ser utilizado para a confecção de elementos construtivos, o que acaba

contribuindo para melhorar a sustentabilidade no setor da construção civil.

- Depreende-se dos resultados sobre a qualidade do resíduo, devido à sua heterogeneidade, e sua separação na fonte, onde partículas de concreto e rochas, em razão de sua maior resistência e absorção, possibilitariam aplicações em concretos com maiores níveis de resistência, enquanto partículas mais frágeis, como os materiais cerâmicos, poderiam ser aplicadas para elementos com menor nível de resistência e sem função estrutural.
- Aponta-se sobre a necessidade da investigação de propriedades como módulo de elasticidade, e também aspectos sobre a durabilidade dos concretos com aplicação de resíduos de construção e demolição, que permitiriam uma melhor qualificação desta substituição para concretos estruturais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGULO, S. C. et al. **Metodologia de caracterização de resíduos de construção e demolição.** VI Seminário Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na Construção Civil, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15116: Agregados reciclados para uso em argamassas e concretos de cimento Portland - Requisitos e métodos de ensaios.** Rio de Janeiro – RJ, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16889: Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do**

tronco de cone, Rio de Janeiro – RJ, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16916: Agregado miúdo – Determinação da densidade e da absorção de água**, Rio de Janeiro – RJ, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16917: Agregado graúdo – Determinação da densidade e da absorção de água**, Rio de Janeiro – RJ, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16972: Agregados – Determinação da massa unitária e do índice de vazios**, Rio de Janeiro – RJ, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738: Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova**, Rio de Janeiro – RJ, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739: Concreto – Ensaios de compressão de corpos de prova cilíndricos**, Rio de Janeiro – RJ, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9778: Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica**, Rio de Janeiro – RJ, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RESÍDUOS E MEIO AMBIENTE – ABREMA. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2025**. São Paulo – SP, 2025.

BAUER, L. A. F. **Materiais de construção**. Editora LTC, vol. 1, São Paulo – SP, 2001.

BRASIL. **Lei 12305 – Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília – DF, 2010.

BUTTLER, A. M. **Concretos com agregados graúdos reciclados de concreto – Influência da idade de reciclagem nas propriedades dos agregados e concretos reciclados**. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos – EESC, Universidade de São Paulo, São Paulo – SP, 2003.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA nº 307**, de 5 de julho de 2002. Brasília – DF, 2002.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA nº 431**, de 24 de maio de 2011. Brasília – DF, 2011.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA nº 448**, de 18 de janeiro de 2012. Brasília – DF, 2012.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA nº 469**, de 29 de julho de 2015. Brasília – DF, 2015.

CUNHA, K. S.; ROBERTO, J. C. A.; SOUTO, S. P.; LIMA, S. C. **Resíduos sólidos na construção civil no Brasil**. Revista Gestão e Secretariado (GeSec), São Paulo – SP, v. 14, n. 6, 2023, p. 8671-8692.

GONÇALVES, R. D. C. **Agregados reciclados de resíduos de concreto- Um novo material para dosagens estruturais**. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Carlos, São Carlos – SP, 2001.

JORDANI, B.; RIBEIRO, F. R. C.; OLIVEIRA, V. C.; PIEROZAN, R. C. **Efeito da saturação do agregado graúdo reciclado na resistência mecânica e durabilidade do concreto.** Revista de Arquitetura IMED, Passo Fundo, vol. 13, n. 1, p. 70-91, jan-jun, 2024 - ISSN 2318-1109.

LEITE, B. M.; LIMA, P. R. L. **Efeito da interação entre agregado graúdo, agregado miúdo e fator água-cimento sobre a resistência à compressão do concreto reciclado.** 51º Congresso Brasileiro de Concreto, Curitiba – PR, 2009.

LEVY, S. M. **Reciclagem do entulho da construção civil, para utilização como agregados para argamassas e concretos.** Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo – SP, 1997.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: microestrutura, propriedades e materiais.** Editora: IBRACON, 1ª ed., São Paulo – SP, 2008.

MUÑOZ-PEREZ, S. P.; CALDERÓN-CORONEL, A. A.; CARUAJULCA-GONZALES, A. J. C.; HUAMAN-TICLLA, O. R. **Propiedades físicas y mecánicas del concreto fabricado con agregado reciclado: Una revisión literaria.** Respuestas, vol. 27, no. 1, pp. 38-56, 2022. <https://doi.org/10.22463/0122820X.3081>

NIEDZALKOWSKI, F.; STORCH, I. S.; FILHO, J. A. S. **Dosagem de concreto com agregado reciclado misto utilizando o método IPT/EPUSP.** 66º Congresso Brasileiro do Concreto, Curitiba – PR, 2025.

PASSOS, A. M. M. et al. **Utilização de resíduos de construção em substituição ao agregado graúdo na fabricação de concreto –**

Aspectos técnicos e econômicos, 52º Congresso Brasileiro do Concreto, Fortaleza – CE, 2010.

ROSENDO, H. F.; REIS, E. D.; FERNANDES, M. F.; RODRIGUES, L. A.; ANGELO, F. A. **Uso de resíduos de construção e demolição como agregado reciclado no concreto: uma breve revisão de literatura**. Revista Principia, João Pessoa, v. 61, n. 3, p. 691–709, 2024. ISSN (online): 2447-9187.

SANTOS, M. D.; CARNEIRO, A. M. P. **Concreto de agregado reciclado - propriedades no estado Fresco e endurecido**. 8º Congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade, Foz do Iguaçu – PR, 2025.

SOUZA, U. E. L. **Como reduzir perdas nos canteiros**. Editora PINI, São Paulo – SP, 2005.

TAVARES, G. J. et al. **Análise do comportamento de concretos fabricados com agregados reciclados**. 48º Congresso Brasileiro de Concreto, Rio de Janeiro – RJ, 2006.

VIEIRA, G. L.; DAL MOLIN, D. C. C. **Viabilidade técnica da utilização de concretos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição**. Ambiente Construído, vol.4, n. 4, p. 47-63, Porto Alegre – RS, 2004.

ZORDAN, S. E. **Entulho na indústria da construção**. Artigo. São Paulo: PCC- EPUSP, 2002.

¹ Engenheira Civil, Mestre em Tecnologias Ambientais, IFSertão/PE Campus Petrolina. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-](#)

² Professor. Doutor em Engenharia Civil / Estruturas. Bacharel em Direito. Pós-Graduado em Direito Ambiental. Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF – Campus Juazeiro/BA. E-mail:

[acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#). ORCID:

<https://orcid.org/0000-0002-2825-9220>