ANÁLISE DAS ETAPAS DE PROCESSAMENTO DE RCD's E SUA INFLUÊNCIA NA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE CORPOS DE PROVA PARA PRODUÇÃO DE BLOCOS

Analysis of rcd processing steps and their influence on the compression strength of test specimens for block production

Thauany Alves Pastor
Universidade Federal de Alagoas | Maceió, Alagoas | thauany.pastor@delmiro.ufal.br

Karla Kamila Barros Pinheiro
Universidade Federal de Alagoas | Maceió, Alagoas | karla.pinheiro@ctec.ufal.br

Clovis Veloso de Santana
Universidade Federal de Alagoas | Maceió, Alagoas | clovis.santana@ctec.ufal.br

Paulo César Correia Gomes
Universidade Federal de Alagoas | Maceió, Alagoas | pgomes@ctec.ufal.br

Wayne Santos de Assis
Universidade Federal de Alagoas | Maceió, Alagoas | Wayne.assis@ctec.ufal.br

RESUMO

Este estudo tem como objetivo analisar a obtenção dos agregados reciclados e sua caracterização para obtenção de misturas de concreto seco, com intuito de futuramente utilizar na produção de blocos. Para isso, avaliou-se diferentes composições de dosagem de concreto seco por meio de ensaios de reometria compressiva, visando identificar a melhor dosagem do concreto para a produção de blocos estruturais. A metodologia adotada seguiu as normas vigentes e a literatura especializada. A região de coleta foi caracterizada, o agregado reciclado classificado e as proporções de dosagens dos concretos definidas. Como resultado, o agregado foi classificado como misto (ARM), a resistência à compressão mais eficiente para a aplicação em blocos foi obtida por meio de uma proporção de cimento:agregado de 1:6, utilizando areia reciclada e agregado graúdo natural, o que possibilitará a produção de blocos com melhor resistência mecânica.

Palavras-chave: Agregado reciclado; Caracterização; Concreto seco; Reometria compressiva; Resistência à compressão.

ABSTRACT

This study aims to analyze the production of recycled aggregates and their characterization to obtain dry concrete mixtures, with the aim of using them in the future in the production of blocks. For this purpose, different dry concrete dosage compositions were evaluated through compressive rheometry tests, aiming to identify the best concrete dosage for the production of structural blocks. The adopted methodology followed the current standards and specialized literature. The collection region was characterized, the recycled aggregate classified and the concrete dosage proportions defined. As a result, the aggregate was classified as mixed (ARM), the most efficient compressive strength for application in blocks was obtained through a cement:aggregate ratio of 1:6, using recycled sand and natural coarse aggregate, which will allow the production of blocks with better mechanical strength.

Keywords: Recycled aggregate; Characterization; Dry concrete; Compressive rheometry; Compressive strength.

1 INTRODUÇÃO

A Resolução CONAMA nº 431/2011 regulamenta o uso de Resíduos da Construção Civil (RCC), orientando seu gerenciamento. Com base nela, estudos focaram nos Resíduos de Construção e Demolição (RCD), alvo desta pesquisa. Os RCDs apresentam composição heterogênea (cerâmica, argamassa, concreto e rochas), variando conforme as técnicas construtivas e contextos regionais, isso pode influenciar a granulometria e suas propriedades. Para garantir os requisitos mínimos, a NBR 15116 (2021) estabelece requisitos para sua utilização em materiais de construção.

O uso de RCD no setor da construção civil traz benefícios ambientais e econômicos, permitindo a produção de blocos de concreto reciclado com redução de custos de até 30% em relação aos convencionais (Paes, 2010). No entanto, essa aplicação demanda uma compreensão aprofundada das variáveis envolvidas, incluindo os equipamentos, a homogeneidade dos materiais, a dosagem e os métodos de produção, pois esses fatores influenciam diretamente as propriedades do concreto seco resultante. A utilização de RCD na construção civil promove ganhos ambientais e econômicos, possibilitando a produção de blocos de concreto reciclado

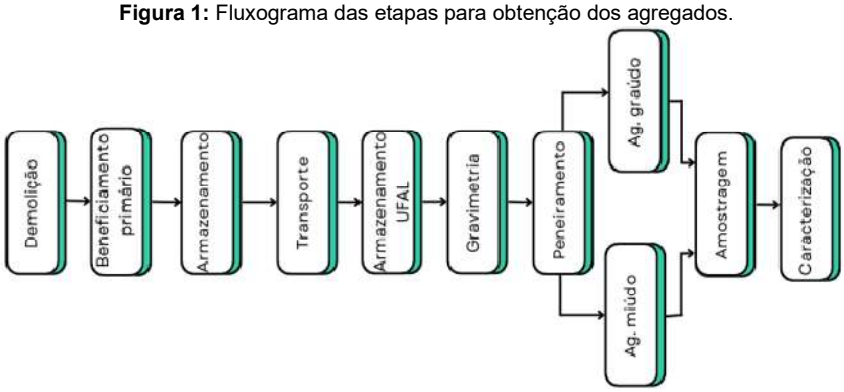
Este estudo utiliza resíduos provenientes da demolição de edificações localizadas no município de Maceió, Alagoas, predominantemente compostas por alvenaria convencional e coberturas de fibrocimento ou cerâmica. A pesquisa tem como finalidade busca analisar as etapas de obtenção dos resíduos, a composição de proporcionamentos e as resistências, por meio de ensaios de reometria compressiva, para determinar os melhores proporcionamentos na produção de blocos estruturais com RCD.

2 METODOLOGIA

Os resíduos foram segregados no local da demolição, armazenados temporariamente em baias e posteriormente transportados para o canteiro de britagem, onde foram beneficiados e enviados para a Universidade Federal de Alagoas (UFAL), a qual armazenou o material para os estudos acerca de produção de blocos realizado no Laboratório de Estruturas e Materiais (LEMA).

Os agregados reciclados foram originados a partir do peneiramento dos resíduos, os quais continham partículas ≤ 25 mm, estes foram peneirados em uma peneira de abertura igual à 4,75 mm, conforme NBR 17054 (2022), no intuito de separar as frações miúdas (≤ 4,75 mm) e graúdas (> 4,75 mm e < 25 mm). Posterior a isso todo o material foi caracterizado, pelas normas vigentes, e avaliado de acordo com a NBR 15116 (2021). O fluxograma da Figura 1 apresenta a metodologia utilizada para geração dos agregados.

Figura 1: Fluxograma das etapas para obtenção dos agregados.

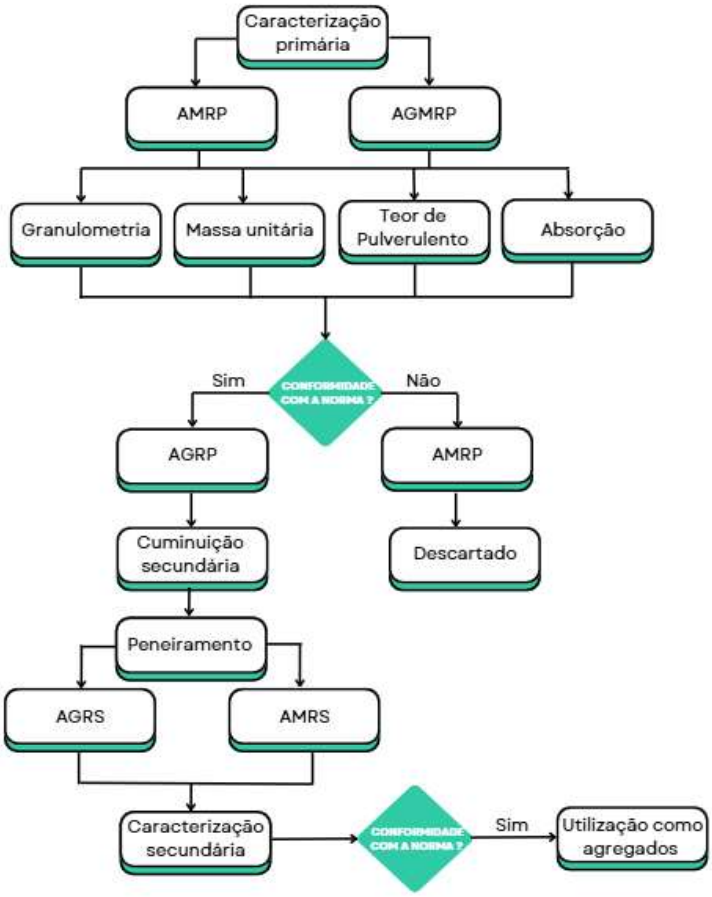


Fonte: Autores, 2025.

Após a caracterização inicial, identificou-se a necessidade de uma segunda cominuição do agregado graúdo, realizada em britador de mandíbulas. Para otimizar a redução das partículas na produção de blocos, avaliou-se a influência das placas de ajuste da abertura do britador na curva granulométrica. A distribuição das partículas foi analisada por meio de ensaio de granulometria, conforme normas técnicas. A cominuição resultou em frações miúdas e graúdas, posteriormente avaliadas quanto às suas propriedades. A Figura 2 apresenta o fluxograma da metodologia adotada.

Com base na caracterização dos materiais, foi realizado um estudo de dosagem com proporção de 75% de agregado miúdo e 25% de agregado graúdo. Na sequência, aplicou-se o ensaio de reometria compressiva em corpos de prova cilíndricos (CP's) conforme metodologia adaptada por Pastor (2024). Esse ensaio visa simular o comportamento do concreto seco utilizado na fabricação de blocos, reproduzindo as condições de deformação por compressão características do processo em vibroprensas.

Figura 2: Fluxograma para obtenção dos agregados propostos para produção de blocos.



Fonte: Autores, 2025.

O concreto seco foi avaliado para diferentes combinações de agregados: 100% reciclados (AMRS+AGRS); 100% naturais (AMN+AGN); agregado miúdo reciclado e graúdo natural (AMRS +AGN); agregado miúdo natural e agregado graúdo reciclado (AMN+AGRS). As composições dos concretos foram nas proporções (cimento:agregado): 1:6, 1:8, 1:10 e 1:12, e com quatro variações de umidade (6%, 8%, 10% e 12%) em cada composição. Para o ensaio de resistência à compressão, em 21 dias, foram moldados seis CP's, conforme a NBR 5739 (2018).

A Figura 5 apresenta o procedimento de mistura utilizado no ensaio de reometria compressiva.

Figura 5: Procedimento de mistura.

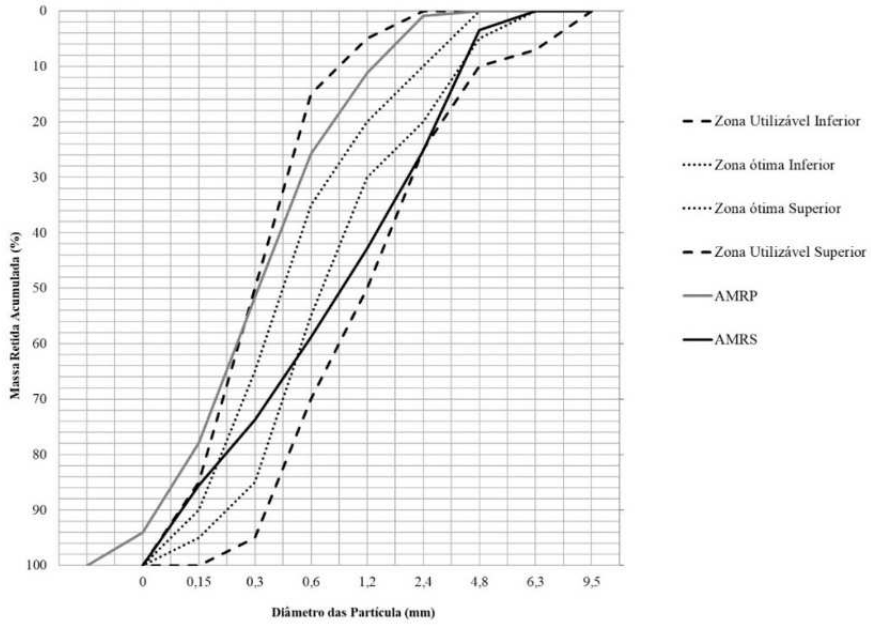


Fonte: Pastor, 2024.

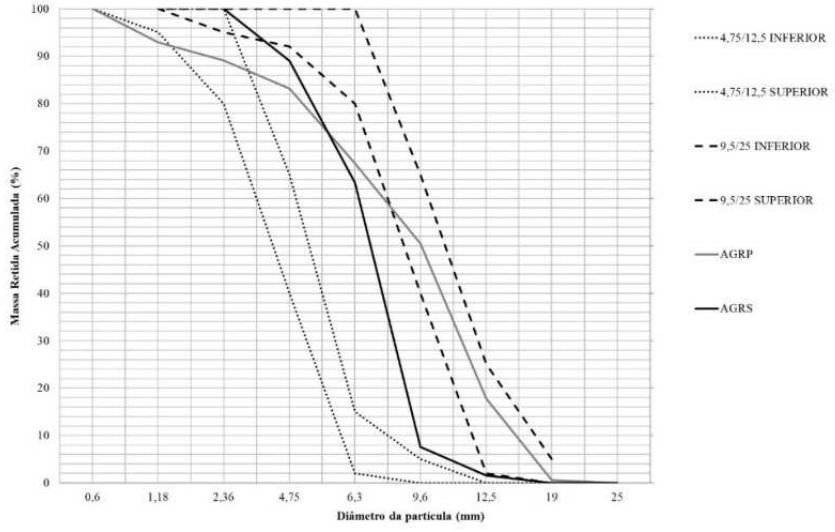
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 6 apresenta as curvas granulométricas dos resíduos ARP e ARS. Verifica-se que o AMRP possui granulometria mais fina em comparação ao AMRS. Contudo, o AMRS apresentou parte de sua distribuição dentro da zona ótima, estendendo-se posteriormente à zona utilizável, demonstrando características granulométricas mais adequadas para aplicações em concreto seco. Por outro lado, o AMRP situou-se apenas na zona utilizável, com fração fora das zonas recomendadas. Quanto aos agregados graúdos, o AGRS apresentou distribuição mais grossa que o AGRP, possivelmente em decorrência do processo de cominuição secundária, que, no estudo, resultou em partículas de menores dimensões.

Figura 6: Granulometria (a) Agregados miúdos; (b) Agregados graúdos.



(a)



(b)
Fonte: Autores, 2025.

A Tabela 1 apresenta que o teor de finos do AMRP e a absorção de água do AGRP excederam os limites normativo, isso corrobora com a importância de utilizar os agregados provenientes da segunda cominuição na produção dos CP's. Além disso, os agregados da segunda cominuição apresentaram maior massa unitária em comparação aos da primeira etapa, o que indica uma compactação e qualidade dos CP's.

Tabela 1: Ensaios de caracterização.

	Teor de pulverulento	Absorção de água	Limite Normativo (NBR 15116, 2021)	Massa Unitária (g/cm³)
AMRP	**18,50%**	8,07%	< 12%	1,28
AMRS	11,77%	8,36%	< 12%	1,38
AGRP	4,25%	**12,53%**	< 12%	1,10
AGRS	3,10%	10,73%	< 12%	1,23

Fonte: Autores, 2025.

A Tabela 2 mostra que o teor de umidade ótimo foi de 10% para as composições com agregados reciclados (AMRS e AGN) e de 8% para a composição com AMN e AGRS. A maior resistência média foi obtida para AMRS e AGN, com 8,08 MPa.

Tabela 2: Resultado do ensaio de resistência à compressão da proporção 1:6.

	Composição	Umidade	Mínimo (MPa)	Máximo (MPa)	Mediana (MPa)	Média (MPa)	Desvio padrão
Proporção 1:6	AMRS + AGRS	6%	4,11	4,26	4,185	4,02	0,77
		8%	6,31	6,78	6,37	6,24	0,46
		10%	5,87	7,29	6,255	**6,29**	0,78
		12%	5,02	5,86	5,545	5,37	0,65
	AMN + AGRS	6%	5,97	6,73	5,97	5,66	0,93
		8%	7,64	6,96	6,865	**6,61**	1,12
		10%	6,14	6,55	6,5	**6,55**	0,35
		12%	6,04	7,05	5,735	5,76	0,87
	AMRS + AGN	6%	5,35	5,72	5,59	5,63	0,28
		8%	6,77	6,54	6,185	6,14	0,54
		10%	8,06	7,58	7,945	**8,08**	0,18
		12%	6,02	7,74	7,09	7,08	0,87
	AMN + AGN	6%	6,76	5,93	5,995	5,81	0,75
		8%	6,77	6,53	6,175	6,13	0,54
		10%	7,58	8,06	7,94	**8,06**	0,18
		12%	6,01	7,74	7,085	7,07	0,88

Fonte: Autores, 2025.

Na proporção 1:8, o teor de umidade ótimo foi de 10% para as composições com AMN e AGRS, e agregados naturais, e de 8% para AMRS e AGN. A maior resistência média à compressão foi de 7,01 MPa para a composição AMRS e AGN (Tabela 3).

Tabela 3: Resultado do ensaio de resistência à compressão da proporção 1:8.

	Composição	Umidade	Mínimo (MPa)	Máximo (MPa)	Mediana (MPa)	Média (MPa)	Desvio padrão
Proporção 1:8	AMRS + AGRS	6%	2,66	3,48	2,95	3,02	0,34
		8%	3,37	4,73	4,54	4,28	0,56
		10%	5,33	5,8	5,485	**5,55**	0,19
		12%	3,18	5,53	4,385	4,4	0,78
	AMN + AGRS	6%	3,44	4,53	3,975	3,98	0,44
		8%	4,1	5,58	5,055	4,98	0,58
		10%	4,49	5,55	5,045	**5,05**	0,49
		12%	4,2	5,03	4,905	4,73	0,33
	AMRS + AGN	6%	4,72	6,66	5,655	5,67	0,68
		8%	6,25	7,8	7,02	**7,01**	0,55
		10%	5,96	7,41	6,96	6,87	0,54
		12%	5,64	6,52	6,21	6,13	0,34
	AMN + AGN	6%	4,39	5,26	4,89	4,8	0,35
		8%	4,77	5,17	5,065	5,09	0,29
		10%	4,96	6,17	5,8	**5,69**	0,46
		12%	4,06	4,73	4,36	4,37	0,24

Fonte: Autores, 2025.

A resistência do concreto depende da proporção entre cimento e agregados. O cimento reage com a água para formar uma matriz que envolve os agregados, garantindo resistência mecânica. Quando a quantidade de agregado aumenta e a de cimento diminui, a resistência do concreto diminui, pois há menos pasta

cimentícia para preencher os vazios, resultando em uma matriz menos densa e mais suscetível à porosidade e descontinuidade estrutural.

Nas proporções 1:10 e 1:12, a Tabela 4 mostrou que as composições com AMN e AGRS, e AMRS e AGN apresentaram teor de umidade ótimo de 10%, enquanto as demais obtiveram 8%. A maior resistência média à compressão foi observada para AMRS e AGN.

Tabela 4: Resultado do ensaio de resistência à compressão da proporção 1:10.

	Composição	Umidade	Mínimo (MPa)	Máximo (MPa)	Mediana (MPa)	Média (MPa)	Desvio padrão
Proporção 1:10	AMRS + AGRS	6%	2,31	3,49	2,65	2,77	0,45
		8%	3,79	4,77	4,26	**4,19**	0,27
		10%	3,79	4,77	4,03	**4,16**	0,39
		12%	3,72	4,29	3,965	4,02	0,22
	AMN + AGRS	6%	3,17	3,95	3,485	3,54	0,34
		8%	2,85	4,42	4,05	3,89	0,55
		10%	4,04	4,35	4,11	**4,16**	0,14
		12%	3,25	4,27	3,96	3,99	0,50
	AMRS + AGN	6%	4,59	5,24	4,845	4,88	0,23
		8%	5,16	6,48	5,62	5,76	0,58
		10%	5,24	8,07	6,56	**6,68**	1,00
		12%	4,34	4,42	4,97	4,98	0,43
	AMN + AGN	6%	2,97	3,94	3,415	3,39	0,39
		8%	4,50	5,37	4,88	**4,85**	0,33
		10%	3,99	4,42	4,325	4,29	0,16
		12%	3,25	4,72	3,96	3,99	0,50

Fonte: Autores, 2025.

A Tabela 5 mostrou que as composições com agregados reciclados, AMN e AGRS, e AMRS e AGN apresentaram teor de umidade ótimo de 10%, enquanto a amostra com agregados naturais teve teor de 8%. O grupo AMRS e AGN obteve a maior resistência à compressão (5,42 MPa), indicando que essa composição, independentemente da proporção de materiais, tem melhor desempenho para produção de blocos.

Tabela 5: Resultado do ensaio de resistência à compressão da proporção 1:12.

	Composição	Umidade	Mínimo (MPa)	Máximo (MPa)	Mediana (MPa)	Média (MPa)	Desvio padrão
Proporção 1:12	AMRS + AGRS	6%	2,30	3,16	2,795	2,78	0,34
		8%	3,08	3,97	3,57	3,51	0,34
		10%	3,20	4,25	3,45	**3,57**	0,39
		12%	3,18	3,79	3,435	3,44	0,24
	AMN + AGRS	6%	2,50	3,42	3,015	2,99	0,30
		8%	2,47	2,90	2,795	2,74	0,18
		10%	2,96	3,56	3,215	**3,22**	0,21
		12%	1,23	1,43	1,245	1,28	0,11
	AMRS + AGN	6%	3,50	4,30	3,96	3,98	0,31
		8%	3,96	5,17	4,77	4,6	0,49
		10%	4,83	5,70	5,465	**5,42**	0,35
		12%	4,04	5,73	4,585	4,71	0,62
	AMN + AGN	6%	3,01	4,09	3,37	3,5	0,43
		8%	4,18	4,69	4,46	**4,45**	0,22
		10%	4,03	4,59	4,33	4,29	0,21
		12%	1,37	2,19	1,75	1,74	0,27

Fonte: Autores, 2025.

A análise da dispersão dos resultados revelou baixos desvios padrões para todas as composições.

5 CONCLUSÕES

Os agregados primários (ARP), inicialmente fora dos parâmetros normativos, foram submetidos à cominuição secundária, originando os agregados secundários (ARS), em conformidade com as exigências técnicas. Nos ensaios de resistência à compressão, os melhores desempenhos ocorreram nas misturas com traço 1:6, especialmente nas com AMRS+AGN, que atingiram 8,08 MPa. Ressalta-se que o concreto seco não segue a Lei de Abrams, sendo a maior resistência observada com 10% de umidade. Recomenda-se o uso do AMRS para blocos com maior resistência mecânica.

6 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil, 2024. ABRELPE. São Paulo, [s. n.]. Disponível em: <https://www.abrema.org.br/panorama/>. Acesso em: 30 de março de 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16915**. Agregados – Amostragem. Rio de Janeiro, 2021.

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

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Resolução CONAMA nº 307, de 17 de julho de 2022. Disponível em: <http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=305>. Acesso em: 31 de janeiro de 2025.

PASTOR, T.A. Análise da viabilidade do uso de resíduos de construção e demolição para geração de blocos reciclados. 2024. 154 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2024.

PAES, F. R. Estudos de parâmetros que influenciam na resistência à compressão de concretos utilizados na confecção de blocos estruturais. Maceió, 2010. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal de Alagoas, 2010.