ENTAC 2024
XX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Maceió, Brasil, 9 a 11 de outubro de 2024

Avaliação granulométrica de agregados reciclados para uso na produção de blocos de concreto

Granulometric evaluation of recycled aggregates for use in the production of concrete blocks

Geisyelle do Nascimento Silva
Universidade Federal de Alagoas| Maceió | Brasil | geisyelle.silva@ctec.ufal.br
Laisa Caylane Leite da Silva
Universidade Federal de Alagoas| Maceió | Brasil | laisa.silva@ctec.ufal.br
Nielton Augusto de Souza Dantas
Universidade Federal de Alagoas| Maceió | Brasil | nileton.dantas@ctec.ufa.br
José Antônio da Silva Neto
Universidade Federal de Alagoas| Maceió | Brasil | jose.antonio@ctec.ufal.br
Jean Gabriel de Souza Amorim
Universidade Federal de Alagoas| Maceió | Brasil | jean.amorim@ctec.ufal.br
Thiago Rodrigues Santos
Universidade Federal de Alagoas| Maceió | Brasil | thiago.rodrigues@ctec.ufal.br
Thauany Alves Pastor
Universidade Federal de Alagoas| Maceió | Brasil | thauany.pastor@delmiro.ufal.br
Clóvis Veloso de Santana
Universidade Federal de Alagoas| Maceió | Brasil | clovissantana@refice.ifpe.edu.br
Paulo César Correia Gomes
Universidade Federal de Alagoas| Maceió | Brasil | pgomes@ctec.ufal.br
Wayne Santos de Assis
Universidade Federal de Alagoas| Maceió | Brasil | wayne.assis@ctec.ufal.br

Resumo

A construção civil é conhecida pelo alto consumo de recursos naturais e pela geração significativa de resíduos, denominados Resíduos de Construção e Demolição (RCD). Uma estratégia para reduzir os impactos ambientais é reutilizar esses resíduos em substituição aos agregados naturais em misturas de concreto para a produção de novos elementos construtivos. Este estudo tem como objetivo avaliar a composição granulométrica dos agregados reciclados, a massa unitária, o índice de vazios da composição e de parâmetros propostos por alguns autores. A pesquisa buscou definir uma composição ideal para a produção de blocos de concreto com agregado reciclado. Alguns métodos trazem essas indicações a partir da análise granulométrica. Características mecânicas e visuais foram avaliadas. Os blocos compostos por

Como citar:
SILVA, G. N. *et al*. Avaliação granulométrica de agregados reciclados para uso na produção de blocos de concreto. ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20, 2024, Maceió. **Anais**. Maceió: ANTAC, 2024.

agregados reciclados apresentaram maiores resistências. Já os blocos com agregados naturais apresentaram melhor acabamento. Portanto, a partir da fabricação dos blocos com agregados convencionais e reciclados foi possível confirmar as tendências indicadas na literatura.

Palavras-chave: Blocos de Concreto. Dosagem. Resíduos de construção e demolição. Agregados reciclados.

Abstract

Civil construction is known for its high consumption of natural resources and the significant generation of waste, called Construction and Demolition Waste (RCD). One strategy to reduce environmental impacts is to reuse this waste to replace natural aggregates in concrete mixtures to produce new construction elements. This study aims to evaluate the granulometric composition of recycled aggregates, the unit mass, the composition void index and parameters proposed by some authors. The research sought to define an ideal composition for the production of concrete blocks with recycled aggregate. Some methods provide these indications from particle size analysis. Mechanical and visual characteristics were evaluated. The blocks composed of recycled aggregates showed greater resistance. The blocks with natural aggregates presented a better finish. Therefore, from the manufacture of blocks with conventional and recycled aggregates, it was possible to confirm the trends indicated in the literature.

Keywords: Concrete Blocks. Dosage. Construction and demolition waste. Recycled aggregates.

INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil é um dos pilares da economia nacional, ou seja, contribui significativamente para o desenvolvimento e estabilidade do país. Ela é responsável por 6,2% do PIB do país [1].

A indústria da construção civil, além de desempenhar um papel fundamental na economia, gera impactos negativos significativos devido à extração e consumo de recursos naturais. Este setor também é responsável pela geração de resíduos, conhecidos como Resíduos de Construção e Demolição (RCD). Nesse contexto, é essencial buscar abordagens inovadoras que promovam alternativas sustentáveis para mitigar os impactos ambientais correlatos [2].

Diversas pesquisas exploram a substituição, seja parcial ou completa, dos agregados convencionais por agregados reciclados. O uso desses agregados reciclados, obtidos a partir do processamento de resíduos de demolição, surge como uma alternativa viável, sobretudo para diminuir o consumo de materiais não renováveis [3].

Um bloco de concreto é definido como uma unidade de alvenaria composta por uma mistura homogênea de cimento Portland, agregado miúdo, agregado graúdo e água, moldada posteriormente por meio de vibração e prensagem [4]. As normas avaliadoras sobre a qualidade do material são a NBR 6136 (ABNT, 2016) [5] e a NBR 12118 (ABNT, 2013) [6].

Determinar a dosagem é uma etapa necessária para iniciar a produção de blocos de concreto, seja manual ou industrial. Essa etapa da dosagem envolve definir o traço do concreto (proporções de cimento, agregados, água e, eventualmente, aditivos) para atender determinados requisitos [7].

A dosagem de um concreto seco geralmente inicia-se pelo estudo da composição ideal entre os agregados. Baseia-se, normalmente, na formulação de uma mistura com um

mínimo de vazios possíveis. Isto significa dizer que as dosagens visam alcançar maiores massas unitárias, ou seja, maior massa de material em um mesmo volume diminuindo o volume de vazios. Esta busca por um menor volume de vazios tem por objetivo encontrar um proporcionamento entre agregados que resulte em uma mistura mais compacta por ter relação direta com a resistência à compressão [8].

A determinação da dosagem pode ser feita por meio da análise da granulometria, que envolve a combinação de agregados miúdos e graúdos para formar uma curva granulométrica. Em seguida, realiza-se uma avaliação para verificar se a curva está dentro dos limites estabelecidos. Os resultados dessa análise ajudam a escolher a metodologia mais apropriada para o uso de agregados reciclados na produção de blocos de concreto [9, 10, 11].

Algumas considerações importantes sobre a produção de blocos incluem a dimensão máxima do agregado graúdo, que pode ser de 6,3 mm ou 9,5 mm. Uma menor dimensão pode melhorar o acabamento da peça. Mas o enfoque principal do método de dosagem no estado anidro, trata-se da busca pela distribuição ideal dos grãos, buscando o menor índice de vazios da composição. Dessa forma, o método propõe faixa granulométrica ideal, com limite inferior e superior, para norteamento do melhor enquadramento de uma composição. Esse indicativo ideal foi baseado em diversos estudos e em dados fornecidos pela fabricante de máquinas Columbia Machine [10].

O método tem sido aplicado a materiais reciclados com resultados promissores, como demonstram os trabalhos realizados em estudos anteriores [12, 13, 14].

Este estudo foi realizado no Laboratório de Estruturas e Materiais (LEMA), situado no Centro de Tecnologia (CTEC) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL). O objetivo principal é avaliar a composição granulométrica dos agregados reciclados provenientes de resíduos de demolição, utilizando o método [10], confrontá-lo com o ensaio de massa unitária, e determinar se este método é adequado para a produção de blocos de concreto com agregados reciclados, promovendo uma comparação com os blocos de referência.

MÉTODO

Para atendimento do objetivo principal do estudo serão avaliadas as composições dos agregados reciclados para produção de blocos, e em paralelo serão estudadas dosagens com agregados convencionais. Serão produzidos blocos com agregado reciclado e comparados ao de referência.

COLETA E PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS

As amostras de resíduos de demolição de edificações foram coletadas após a segregação e retiradas de diferentes impurezas (ferro, papelão, tubos, vidro etc.). O processo de beneficiamento foi desenvolvido pela cominuição usando um britador de mandíbula (Figura 1). Em seguida, os agregados reciclados foram classificados em agregados miúdos e graúdos, por meio de peneiramento. Posteriormente, estes agregados foram caracterizados de acordo com a norma NBR 17054 (ABNT, 2022) [15]. As amostras de agregados convencionais também foram submetidas as mesmas caracterizações.

Figura 1: Britador de Mandíbulas



Fonte: Autores.

CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

Foi realizada a caracterização granulométrica dos agregados conforme a norma NBR 17054 (ABNT, 2022) [15], a fim de avaliar a distribuição granulométrica dos agregados miúdos e graúdos e a definição do módulo de finura. A massa específica dos agregados foi determinada conforme as normas NBR 16916 (ABNT, 2021) [16] para agregados miúdos e NBR 16917 (ABNT, 2021) [17] para agregados graúdos.

DETERMINAÇÃO DAS COMPOSIÇÕES DOS AGREGADOS

A determinação seguiu um procedimento modificado de determinação da massa unitária e índice de vazios da composição de agregados. Foi necessário estabelecer o percentual de material miúdo e graúdo a ser utilizado. Para determinar esse percentual foi realizado um estudo do esqueleto granular, através do ensaio de massa unitária e índice de vazios, de cada uma das misturas adotadas (miúdo e graúdo). A proporção inicial de cada material foi de 50%. Esse esqueleto granular permitiu identificar a composição com o menor volume de vazios e maior massa unitária. A partir disso, foram geradas curvas no Excel® com os limites estabelecidos [10], para avaliar qual seria a proporção que melhor se enquadraria ao método, com vistas à produção e caracterização dos blocos.

OBTENÇÃO DE BLOCOS DE CONCRETO

Para dosagem do concreto seco utilizou-se o cimento Portland CPV – ARI e a composição de agregados definida anteriormente. Foi definida a dosagem de concreto seco com 100% de agregados reciclados e 100% de agregados convencionais.

O traço adotado em massa foi de 1:6 (1 parte de cimento e 6 partes de agregado). Essa dosagem é considerada rica, uma vez que o consumo de cimento é considerável.

A mistura dos materiais foi feita de forma homogênea, em uma betoneira com capacidade de 50 litros.

Para a confecção dos blocos, colocou-se a mistura de concreto seco no molde da máquina manual (Figura 2) e uma alavanca foi manualmente operada para compactar

o concreto, aplicando uma pressão uniforme para garantir a densidade adequada dos blocos.

Para a cura dos blocos, foram colocados os blocos recém-moldados em uma superfície plana para secagem inicial por aproximadamente 24 horas, sem movimentá-los. Após essa secagem inicial, curou-se os blocos por 21 dias, mantendo-os úmidos e cobertos em lona plástica.

Figura 2: Prensa Manual



Fonte: Autores.

NOMENCLATURAS UTILIZADAS

No presente trabalho, foi utilizada as seguintes nomenclaturas para diferenciar os tipos de agregados empregados na produção dos blocos de concreto:

- AMR (Agregado Miúdo Reciclado): Refere-se aos agregados miúdos obtidos a partir da reciclagem de resíduos de construção e demolição (RCD), com dimensão máxima característica de 4,75 mm.
- AGR (Agregado Graúdo Reciclado): Trata-se dos agregados graúdos provenientes também do RCD com granulometria variando entre 4,75 mm e 9,5 mm.
- AMN (Agregado Miúdo Natural): Refere-se aos agregados miúdos extraídos de fontes naturais, com dimensão máxima característica de 4,75 mm.
- AGN (Agregado Graúdo Natural): Refere-se aos agregados graúdos naturais, extraídos de fontes naturais, com granulometria variando entre 4,75 mm e 9,5 mm.

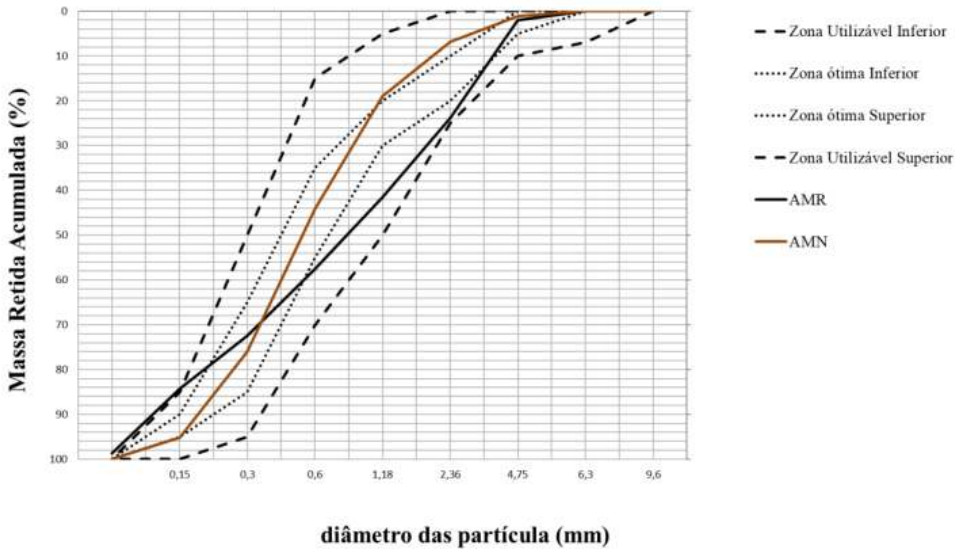
RESULTADOS

CARACTERIZAÇÃO DOS AGREGADOS RECICLADOS E CONVENCIONAIS

A Figura 3 apresenta a curva granulométrica dos agregados miúdos (convencional e reciclado).

Ao examinar as zonas granulométricas, observa-se que o a curva do AMN se encontra no limite superior da zona ótima e no limite inferior da zona utilizável. Em contrapartida, o AMR exibe uma curva posicionando-se na transição entre as zonas recomendadas pela NBR 7211 (ABNT, 2022) [18]. A falta de finos (material abaixo de 0,3 mm) é notória na curva de AMR e isso poderá reduzir a qualidade dos blocos produzidos, uma vez que a ausência de finos interfere diretamente nessa questão.

Figura 3: Curva Granulométrica do AGR e AGN.

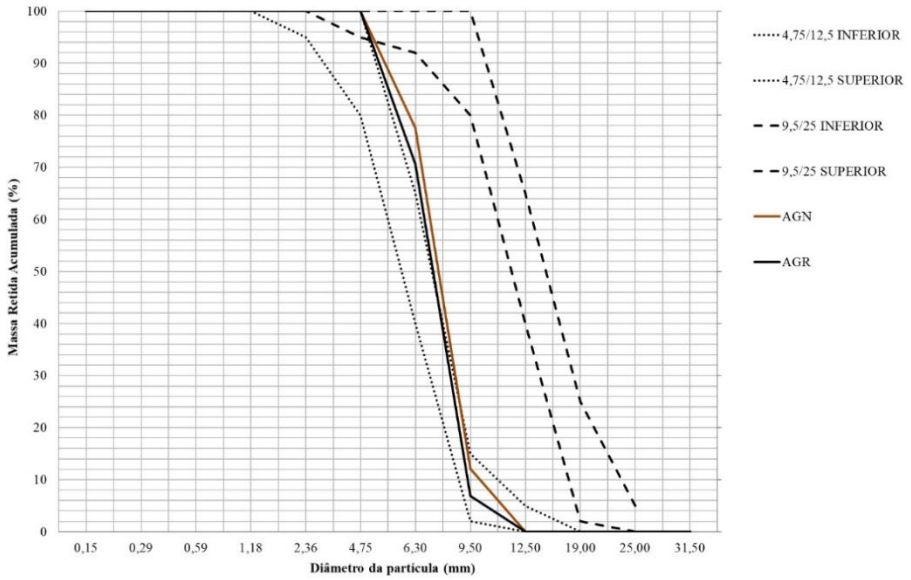


Fonte: Autores.

A Figura 4 apresenta a curva granulométrica dos agregados graúdos (convencional e reciclado).

É possível observar que a curva do AGR está inserida parcialmente na faixa de 4,75 a 12,5 mm e a partir de uma dimensão aproximada de 6,3 mm, a curva transita para a faixa inferior de 9,25 a 25 mm. O AGN possui uma maior concentração na zona de transição entre as faixas de 4,75 a 12,5 mm e de 9,25 a 25 mm. Como a curva granulométrica do AGN está deslocada para a direita no gráfico, é possível concluir que existe uma maior proporção de grãos com dimensões maiores, em comparação com o AGR.

Figura 4: Curva Granulométrica do AGR e AGN.



Fonte: Autores.

O módulo de finura do AMR e AMN foi de 2,61 e 2,40, respectivamente. Já o módulo de finura do AGR e do AGN correspondem, respectivamente, a 6 e 6,12.

Com relação a massa específica e teor de absorção de água, a Tabela 1 apresenta os resultados obtidos para cada tipo de agregado reciclado e natural (miúdo e graúdo). A partir disso, foi perceptível que os percentuais de absorção para os agregados reciclados encontram-se abaixo do limite normativo [19] de 12%. Além disso, ao comparar a absorção dos agregados nota-se que os agregados reciclados apresentam percentual de absorção de água superior aos naturais. Isto já era esperado, uma vez que os agregados reciclados são materiais heterogêneos, possuindo uma elevada porosidade e teor de finos, que consequentemente pode elevar sua absorção.

Tabela 1: Massa Específica.

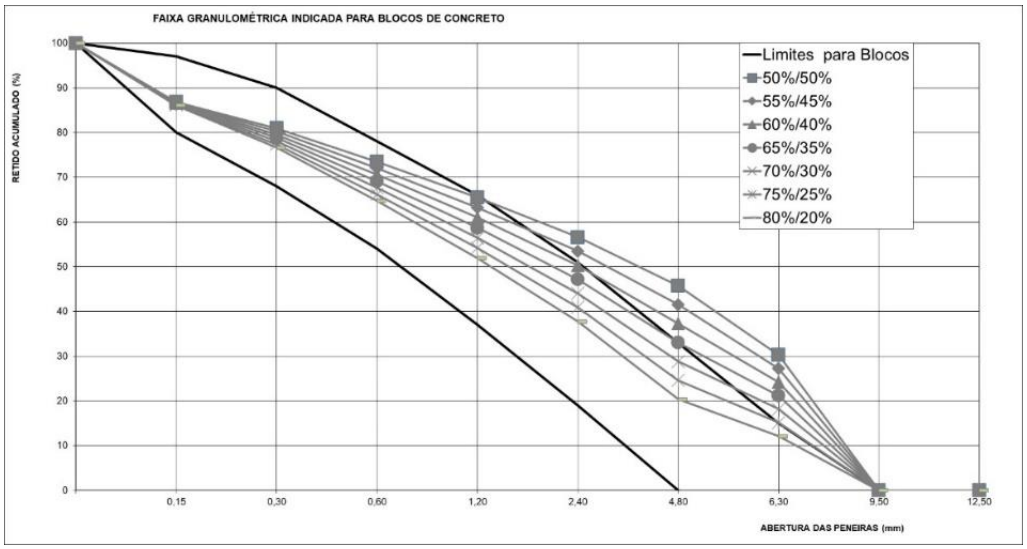
Composições	Massa específica aparente do agregado saturado superfície seca (g/cm^3)	Absorção (%)
AMR	2,25	8,36
AMN	2,52	0,60
AGR	2,19	10,73
AGN	2,66	1,0

Fonte: Autores.

ANÁLISE DAS COMPOSIÇÕES DE AGREGADOS 100% RECICLADOS (AGR E AMR)

A Figura 5 apresenta as diversas curvas de composição testadas em relação aos limites propostos [10].

Figura 5: Curvas de Composição dos Agregados 100% Reciclados (AGR e AMR) e Limites Propostos [10].



Fonte: Autores.

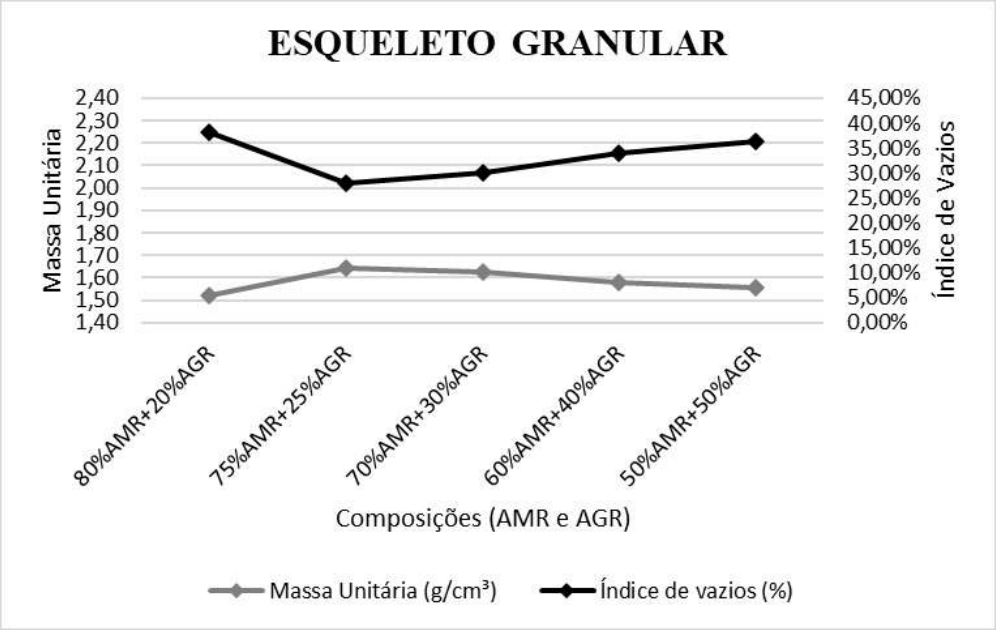
A partir da figura 5, observou-se que a curva de composição, utilizando a proporção inicial estabelecida de 50%/50%, ultrapassou o limite superior proposto [10] nas peneiras de 2,4 mm, 4,8 mm, 6,3 mm e 9,5 mm. Isso ocorreu devido à grande quantidade de partículas retidas nessas peneiras (Figura 5). Além disso, no ensaio de massa unitária essa proporção apresentava um alto índice de vazios (Figura 6).

Diante dessa observação, optou-se por ajustar a proporção dos agregados, aumentando a quantidade de material miúdo e reduzindo a de material graúdo. Essa medida foi tomada considerando que adicionar mais material graúdo poderia agravar ainda mais a ultrapassagem dos limites estabelecidos.

Foram então realizadas duas novas simulações, uma com 60% de AMR e 40% de AGR e outra com 70% de AMR e 30% de AGR. No entanto, as curvas de ambas as composições não se adequaram aos limites. Em seguida, uma quarta simulação foi feita com a proporção de 80% de AMR e 20% de AGR. A curva resultante dessa proporção posicionou-se totalmente dentro dos limites estabelecidos para a produção de blocos de concreto (Figura 5).

Apesar da melhor proporção observada no método analisado [10] (80% AMR e 20% AGR), a verificação do esqueleto granular (máxima massa unitária da composição e menor índice de vazios) foi fundamental para encontrar o ponto de máxima massa unitária e do menor índice de vazios, e isto foi levado em consideração. Na figura 6, identificou-se que a percentagem de mistura de 75% de AMR e 25% de AGR gerou o menor índice de vazios da composição e máxima massa unitária.

Figura 6: Esqueleto Granular das Composição dos Agregados 100% Reciclados (AGR e AMR).



Fonte: Autores.

Tabela 2: Módulo de finura das composições (AGR e AMR).

Composições	Módulo de Finura das Composições
50% AMR / 50% AGR	4,09
55% AMR / 45% AGR	3,97
60% AMR / 40% AGR	3,85
65% AMR / 35% AGR	3,72
70% AMR / 30% AGR	3,61
75% AMR / 25% AGR	**3,49**
80%AMR / 20% AGR	3,37

Fonte: Autores.

Diante do cenário apresentado, a curva granulométrica com a proporção de 75% de AMR e 25% de AGR apresentou a melhor combinação, pois se adequa aos limites estabelecidos [10] e oferta um esqueleto granular com menor índice de vazios. Vale mencionar, que nestas condições, a curva se posicionou no meio dos limites propostos, o que pode indicar segundo o autor, um equilíbrio entre acabamento e resistência mecânica para blocos. Além disso, sabe-se que um menor índice de vazios exigirá da composição um menor consumo de pasta de cimento para se obter uma determinada resistência pretendida.

A seguir apresenta-se o módulo de finura da composição escolhida e as recomendações de outros autores consagrados pela literatura.

Tabela 3: Módulo de finura da composição AMR/AGR (75%/25%)

Autores	Ano	Módulo de Finura das Composições
O autor	2024	3,49
Columbia	1969	2,3 a 3,1
Pfeiffenberg	1985	3,60 a 3,75

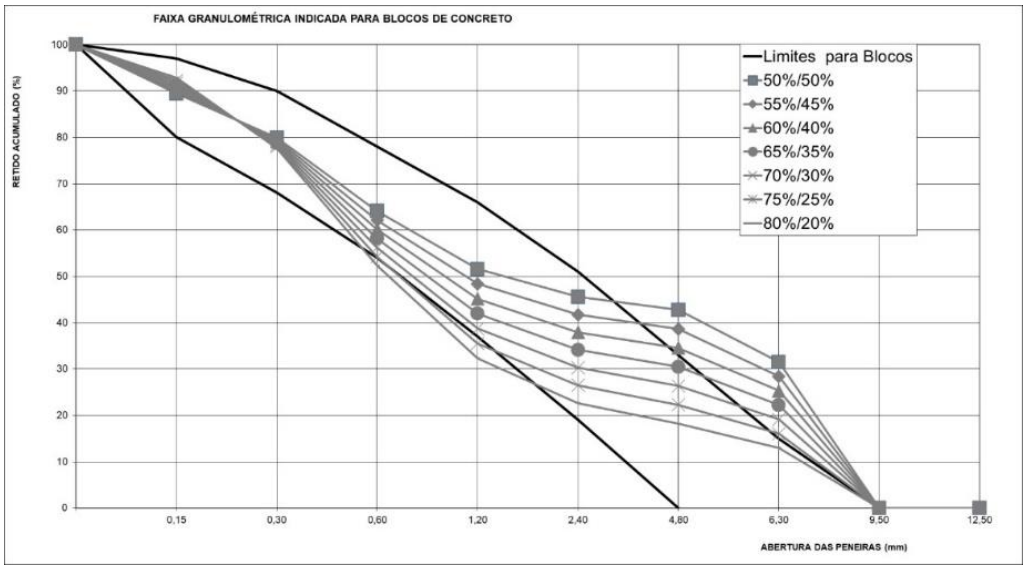
Fonte: Autores.

Ao observar os valores recomendados para os módulos de finura e a composição de agregados reciclados na proporção de 75% AMR e 25% AGR, identifica-se que essa combinação se enquadra perfeitamente nas recomendações estabelecidas [9, 11].

ANÁLISE DAS COMPOSIÇÕES DE AGREGADOS CONVENCIONAIS (AGN E AMN)

A Figura 7 apresenta as diversas curvas de composição testadas em relação aos limites propostos [10].

Figura 7: Avaliação das Curvas dos Agregados Convencionais (AGN e AMN) nos Limites Propostos [10].



Fonte: Autores.

A partir da Figura 7, observou-se que a curva granulométrica inicial de AGN e AMN, utilizando a proporção inicial estabelecida de 50%/50%, ultrapassou o limite superior nas peneiras de 4,8 mm e 6,3 mm. Isso ocorreu devido à grande quantidade de partículas retidas nessas peneiras (Figura 7). Além disso, observou-se um alto índice de vazios da composição.

Diante dessa observação, optou-se por ajustar a proporção dos agregados, utilizando o mesmo método da análise anterior, aumentando a quantidade de material miúdo e reduzindo a de material graúdo.

Assim, foram realizadas outras simulações: uma com 60% de AMR2 e 40% de AGR1 e outra com 70% de AMR2 e 30% de AGR1. No entanto, as curvas resultantes de ambas as composições não se posicionaram dentro dos limites. Em seguida, foi realizada uma nova simulação com proporção de 80% de AMR2 e 20% de AGR1. A curva correspondente a essa última composição ficou dentro dos limites. (Figura 7).

Tabela 4: Módulo de finura das composições (AGN e AMN).

Composições	Módulo de Finura das Composições
50% AMN/ 50% AGN	3,73
55% AMN/ 45% AGN	3,60
60% AMN / 40% AGN	3,47
65% AMN / 35% AGN	3,35
70% AMN / 30% AGN	3,22
75% AMN / 25% AGN	**3,09**
80%AMN/ 20% AGN	2,96

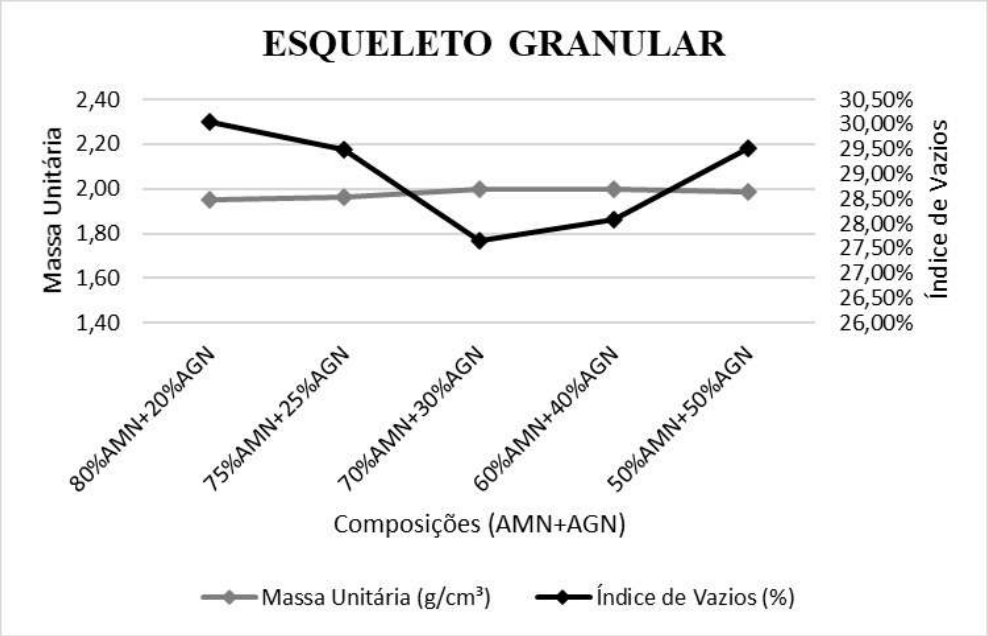
Fonte: Autores.

O ensaio de massa unitária da composição determinou a proporção ideal entre os agregados miúdo e graúdo naturais. Conforme mostrado na Figura 8, a composição com 70% de AMN e 30% de AGN apresentou o menor índice de vazios. No entanto, essa composição ultrapassou ligeiramente os limites propostos.

Observou-se que a composição com 75% de material reciclado e 25% de material natural se enquadrou bem nos limites propostos e que essa mesma composição tinha um índice de vazios muito próximo ao máximo encontrado no ensaio de massa unitária. Considerando isso, optou-se por buscar uma composição que tivesse enquadrada ao método estabelecido e que também apresentasse um baixo índice de vazios (ou máxima massa unitária). Dessa forma, encontrou-se como dosagem ótima para produção de blocos a composição 75% de AMN e 25% de AGN.

Essa abordagem permitiu alinhar a prática com os melhores resultados observados em ambos os métodos.

Figura 8: Esqueleto Granular das Composição dos Agregados Convencionais (AGN e AMN).



Fonte: Autores.

Conclui-se que a curva granulométrica com a proporção de 75% de AMN e 25% de AGN apresenta a melhor combinação para este caso. É importante destacar que a curva se

situou próxima ao limite inferior, sugerindo que os blocos fabricados com essa composição podem ter uma resistência baixa, porém um bom acabamento.
A seguir apresenta-se o módulo de finura da composição escolhida e as recomendações de outros autores consagrados pela literatura.

Tabela 5: Módulo de finura da composição AMN/AGN (75%/25%)

Autores	Ano	Módulo de Finura das Composições
O autor	2024	**3,09**
Columbia	1969	2,3 a 3,1
Pfeiffenberg	1993	3,60 a 3,75

Fonte: Autores.

Ao observar os valores recomendados para os módulos de finura [9, 11] e a composição de agregados naturais na proporção de 75% AMR e 25% AGR, observa-se que essa combinação se enquadra apenas nas recomendações de Columbia (1969) [9].

ANÁLISE DOS BLOCOS – VISUAL E MECÂNICO

Na análise dos blocos fabricados, observou-se que os blocos produzidos com agregados naturais apresentaram um acabamento superior em comparação com os blocos feitos com agregados reciclados. No entanto, apesar do melhor acabamento visual, os blocos de agregados naturais exibiram uma resistência à compressão menor, na ordem de 58,17%, em relação aos blocos de agregados reciclados.
Os resultados da resistência à compressão para 6 blocos rompidos podem ser observados na Tabela 6 e a análise visual dos blocos podem ser visualizados na Figura 9.

Tabela 6: Valores das resistências à compressão axial dos blocos Resistência à compressão axial (MPa)

Tipo de bloco	Traço	Teor de Umidade (%)	Resistência à compressão média	Desvio padrão
Bloco 100% Reciclado	1:6 (75% AMR e 25% AGR)	10%	3,61 MPa	0,86
Bloco 100% Natural	1:6 (75% AMN e 25% AGN)	6%	2,10 MPa	0,65

Fonte: Autores.

Figura 9 – Análise Visual dos Blocos Natural e Reciclado.



Fonte: Autores.

Esses resultados confirmam o que o método de proposto por Fernandes (2016) [10] indicava. Para a composição com material natural, o enquadramento na curva de dosagem no limite inferior previa menor resistência e melhor acabamento (sem rebarbas, sem vazios visíveis, arestas vivas, etc.). De fato, os blocos naturais apresentaram um acabamento visualmente superior, mas com menor resistência à compressão.

Por outro lado, esperava-se que os blocos de material reciclado tivessem melhor resistência à compressão, devido ao enquadramento da curva de dosagem próxima ao limite superior. Isso também foi confirmado pelos resultados, onde os blocos reciclados apresentaram maior resistência à compressão, apesar de um acabamento inferior. Em se tratando de blocos de concreto, onde se espera que sejam utilizados com revestimento, o acabamento pode ser um parâmetro secundário em edificações.

CONCLUSÃO

Acerca da composição com 100% de material reciclado e dos blocos com o mesmo material, pode-se concluir que:

- Quanto à composição, atendeu aos limites granulométricos propostos por Fernandes (2016) [10].
- Quanto à massa unitária e índice de vazios, a composição apresentou a maior massa unitária e menor índice de vazios neste percentual de AGR e AMR.
- A composição atendeu às recomendações propostas por Columbia (1969) [9] e Pfeiffenberg (1985) [11] referente aos módulos de finura.
- Os blocos reciclados ofertaram resistência à compressão maior que os blocos de referência (com o mesmo percentual de miúdo e graúdo), contudo, com um aspecto visual inferior, tudo isso para um mesmo traço em massa, mesma proporção de miúdo e graúdo, mas com teores diferentes de umidade.

Dessa forma, embora os blocos naturais sejam esteticamente mais agradáveis, os blocos de agregados reciclados ofereceram uma melhor performance estrutural, sendo uma opção viável e robusta para aplicações onde a resistência é um fator crítico.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao grupo de pesquisa, Materiais Ecoeficientes para Construção Civil (MECOEFICON) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), e também ao Laboratório de Estruturas e Materiais situado na UFAL.

Por fim, agradecemos a Fundação Universitária de Desenvolvimento de Extensão e Pesquisa (FUDESPE) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Alagoas (FAPEAL) pelas bolsas concedidas.

REFERÊNCIAS

[1] FIGUERÊDO, Patrícia. **Construção civil representa 6,2% do PIB Brasil**. Sistema Fibra, 14 de fevereiro de 2017. Disponível em: https://www.sistemafibra.org.br/fibra/saladeimprensa/noticias/1315-construcao-civil-representa-6-2-do-pib-brasil. Acesso em: 06 abril 2024.

[2] Silva, G. A., Lima, C. G., & Rangel, B. S. Impactos Ambientais na Construção Civil: uma Análise Crítica da Literatura. **Revista Sustentabilidade em Debate**, 5(1), 75-92, (2014).

[3] RIVETTI, M.L.A.; ARAÚJO, A.G.; LIMA, P.R.L. **Influência da argamassa aderida ao agregado reciclado sobre as propriedades do concreto contendo resíduos de demolição**. Contribuciones a Las Ciencias Sociales, São José os Pinhais, v. 17, n. 1, p. 1432-1453, 2024.

[4] SCHANKOSKI, R.A. **Influência do tipo de argamassa nas propriedades mecânicas de alvenarias estruturais de blocos de concreto de alta resistência**. Dissertação de M.Sc Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2012. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/100999. Acesso em: 06 abril 2024.

[5] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6136**.Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Requisitos. Rio de Janeiro, 2016.

[6] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12118**. Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2013.

[7] TANGO. Carlos E. de S. **Fundamentos de dosagem de concreto para blocos estruturais**. 5th international seminar on Structural Masonry for Developing Countries. Florianópolis, 1994.

[8] FRASSON, Junior Artênio. **Proposta de Metodologia de dosagem e controle do processo produtivo de blocos de concreto para alvenaria estrutural**. Dissertação para mestrado - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2000.

[9] COLUMBIA MACHINE, INC. Instruction Manual. Vancouver, 1969

[10] FERNANDES, I. **Blocos e Pavers – Produção e Controle de Qualidade**. 7 ed. Ribeirão Preto: Treino Assessoria e Treinamentos Empresariais, 2016. 200 p.

[11] PFEIFFENBERGER, L. E. **Aggregate graduations used for various products formed on the block machine**. Besser Block. Alpena, 1985. p. 3-5.

[12] RODRIGUES, C.B. **Blocos de concreto produzidos com agregados reciclados mistos: avaliação das propriedades físicas, mecânicas e térmicas**. Recife: UPE, Escola Politécnica, 2015. 141f. Dissertação de mestrado em construção civil - Universidade de Pernambuco, Escola Politécnica, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, 2015.

[13] GOMES, P.C.C.; PEREIRA, F.A.; UCHÔA, S.B.B.; OLIVEIRA, F.C.de; ALMEIDA, L.H. Obtenção de blocos de concreto com utilização de resíduos reciclados da própria fabricação dos blocos. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v.17, n.3, p.267-280, jul./set.2017. ISSN 1678-8621.

[14] PASTOR, Thauany Alves. **Análise de viabilidade do uso de resíduos de demolição para a geração de blocos reciclados**. 2023. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2023.

[15] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 17054**. Agregados – Determinação da composição granulométrica – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2022.

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

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

[18] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211**. Agregados para concreto. Rio de Janeiro, 2022.

[19] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15116**. Agregados reciclados para uso em argamassas e concretos de cimento Portland – Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2021.