

# UTILIZAÇÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL NA FABRICAÇÃO DE BLOCOS DE CONCRETO DE VEDAÇÃO TÍTULO DO ARTIGO<sup>1</sup>

## USE OF CONSTRUCTION WASTE IN THE MANUFACTURE OF SEALING CONCRETE BLOCKS

Fabio Barros Costas<sup>2</sup>  
Marcio Rodrigo de Souza<sup>3</sup>

**RESUMO:** Este artigo descreve o estudo da substituição do agregado miúdo convencional pelo agregado proveniente de RCD (resíduo de construção e demolição), na fabricação de blocos de concreto de vedação, conhecidos como blocos de concreto reciclado. O objetivo deste estudo é obter um bloco reciclado de concreto e avaliar o efeito do resíduo reciclado quanto à resistência a compressão. O agregado de RCD é obtido por meio de um processo de beneficiamento que envolve peneiração, trituração e caracterização. Em seguida, foram implementados os procedimentos para iniciar a produção dos blocos reciclados. O processo de produção foi padronizado, e os blocos resultantes foram submetidos a classificação e ensaios de resistência específicos realizados aos 28 dias. A análise abrange dimensões, resistência à variação e impacto da substituição de agregados reciclados (RCD), revelando que os blocos com substituição de 50% de RCD atendem às normas.

**Palavras-chave:** resíduos; construção; blocos; concreto; vedação.

**ABSTRACT:** This article describes the study of replacing conventional fine aggregate with aggregate from construction waste in the manufacture of concrete sealing blocks, known as recycled concrete blocks. The objective of this study is to obtain a recycled concrete block and evaluate the effect of recycled waste on compressive strength. The construction waste aggregate is obtained through a processing process that involves sieving, crushing and characterization. Then, procedures were implemented to start the production of recycled blocks. The production process was standardized, and the resulting blocks were subjected to classification and specific resistance tests carried out after 28 days. The analysis covers dimensions, resistance to variation and impact of the addition of recycled aggregates (construction waste), revealing that the blocks with 50% construction waste replacement meet the standards.

**Keywords:** waste; construction; blocks; concrete; seal.

**Data de apresentação:** 13/12/2023.

---

<sup>1</sup> Artigo apresentado ao curso de Pós-graduação *Lato senso* em Processos construtivos residenciais do Instituto Federal do Amapá como requisito para a obtenção do título de Especialista *sensu* em Processos construtivos residências.

<sup>2</sup> Discente do curso de Pós-graduação em *Lato senso* Processos construtivos residenciais – IFAP - Contato: [fabiocosta34@gmail.com](mailto:fabiocosta34@gmail.com).

<sup>3</sup> Orientador, Doutor em Engenharia civil. Docente do Instituto Federal do Amapá – IFAP - Contato: [marcio.souza@ifap.edu.br](mailto:marcio.souza@ifap.edu.br).

## 1 INTRODUÇÃO

O setor da construção civil desempenha um papel fundamental na economia, mas também tem um impacto significativo no meio ambiente devido ao consumo específico de recursos naturais à manipulação de áreas verdes e à geração de resíduos. Portanto, é cada vez mais importante explorar alternativas sustentáveis, incluindo o uso de resíduos sólidos na fabricação de materiais de construção, uma vez que muitos desses materiais descartados têm potencial para reciclagem.

PINTO (1999) estimou que o RCD gerado em atividades de reformas, manutenção e demolição variam entre 42% e 80% do total gerado em obras, dependendo das características de cada cidade brasileira.

LUCENA (2005) constatou que, no Brasil, os resíduos de construção civil são compostos principalmente de tijolos, areias e argamassas, correspondendo a um valor próximo de 80% do total. A outra porcentagem corresponde a restos de concreto (9%), de pedras (6%), de cerâmica (3%), de gesso (2%) e de madeira (1%). Independentemente do tipo de obra considerada, os resíduos de tijolo, argamassa e areia são os mais gerados.

Os resíduos da construção civil RCD (resíduos de construção e demolição) representam um desafio significativo devido ao seu grande volume e descarte inadequado. Diante disso a reciclagem surge como uma solução viável, com práticas como a produção de agregados reciclados e a incorporação desses agregados em diversos projetos voltados a construção civil.

A classificação nas categorias A, B, C e D, destaca a importância de priorizar a não geração, redução, reutilização e reciclagem. O aproveitamento de resíduos da classe A em concretos e argamassas é destacado, promovendo benefícios ambientais e econômicos. Estudos realizados com substituição de RCD, revelam desafios na produção de concreto com resíduos.

O trabalho se justifica pelo fato da utilização de resíduos da construção civil na fabricação de blocos de concreto de vedação pode ser relevante para o Brasil. A construção civil é um setor produtivo que gera uma grande quantidade de resíduos, e a reutilização desses materiais pode reduzir o impacto ambiental causado pelo descarte inadequado. Além disso, a produção de blocos de concreto com resíduos pode reduzir o consumo de matérias-primas e diminuir os custos de produção. Por fim, a utilização de resíduos da construção civil na fabricação de blocos de concreto pode contribuir para a sustentabilidade do setor, tornando-o mais eficiente e menos prejudicial ao meio ambiente.

Dessa maneira, o presente trabalho tem como propósito a identificação, por meio de pesquisas práticas e científicas previamente conduzidas, acerca de blocos de concreto reciclados provenientes de descartes irregulares de resíduos, incluindo Resíduos de Construção e Demolição (RCD). De forma específica, os objetivos serão realizar:

a) Coleta e ensaio de resistência a compressão dos blocos fabricados com base no processo fabril não controlado empregado, originalmente, pela Empresa Parafita pré-moldados.

b) Coleta e ensaio de amostras de blocos produzidos após a definição de traços com percentual de substituição de (RCD), análise da variação dimensional e conformação com NBR, ensaio de resistência a compressão dos blocos com substituição de RCD, empregados nos traços padrão da Empresa Parafita pré-moldados.

O propósito da abordagem é descrever ambas as situações, avaliando os potenciais melhorias nas propriedades do material após a intervenção para estabelecer a composição com a inclusão de agregado reciclado. Conduzir uma categorização dos blocos conforme as normas NBRs, executando os ensaios de compressão para avaliar como os blocos respondem aos esforços a que são submetidos. Os resultados possibilitarão a mensuração da variabilidade dos desempenhos obtidos.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Os resíduos da construção civil geram um grave problema de acúmulo no país, apesar de apresentarem baixa periculosidade. Isso se deve ao grande volume produzido e depositado de forma inadequada. Assim, a construção civil tem sido alvo de muitas críticas em relação a desperdícios de materiais.

A reciclagem surge como uma alternativa para diminuir os problemas derivados do acúmulo de resíduos. Alguns países já adotam práticas viáveis, como a produção de agregados reciclados para substituir os naturais e a incorporação de resíduos de construção em diversas aplicações, como concretos, argamassas, pavimentos e aterros. O reaproveitamento de resíduos de construção e demolição não apenas contribui para a melhoria ambiental, mas também representa uma opção economicamente vantajosa, permitindo a criação de novos materiais e reduzindo a demanda por recursos naturais.

De acordo com a resolução nº 307 do CONAMA (Conselho Nacional do meio Ambiente) criada em 2002, todos os municípios devem dar uma destinação ambientalmente correta aos resíduos de construção e demolição. Dentre as várias diretrizes estabelecidas, destacam-se as seguintes: os geradores deverão ter como objetivo prioritário, a não geração de resíduos e, secundariamente, a redução, a reutilização, a reciclagem e a destinação final. Desde julho de 2004, os resíduos da construção civil não podem ser dispostos em aterros de resíduos domiciliares, em áreas de “bota fora”, em encostas, corpos d’água, lotes vagos e áreas protegidas por lei. Deverão constar no Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, com obrigatoriedade de elaboração pelos municípios e Distrito Federal, o incentivo e a reinserção dos resíduos reutilizáveis ou reciclados no ciclo produtivo.

Segundo o CONAMA nº 307 (2002), os resíduos de construção estão classificados em: Classe A, B, C e D, sendo os resíduos da classe A, com potencial emprego na fabricação de concretos, argamassas e elementos de alvenaria.

Resíduos de categoria A – são resíduos reutilizáveis ou recicláveis, tais como:

a) Construção, demolição, renovação e reparação de pavimentação e outros projetos de infraestrutura, incluindo solo para terraplenagem.

b) Construção, demolição, renovação e reparação de edifícios: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, ladrilhos, painéis de revestimento etc.), argamassas e concreto.

c) O processo de fabricação e/ou desmontagem de peças pré-fabricadas de concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas em canteiros de obras.

Resíduos de categoria B – resíduos que podem ser reciclados e encaminhados para outros destinos, como plástico, papel, papelão, metal, vidro, madeira e gesso.

Resíduos de categoria C – referem-se aos resíduos que ainda não desenvolveram tecnologias ou aplicações economicamente viáveis para reciclar ou recuperar.

Resíduos de categoria D – resíduos perigosos, gerados durante o processo de construção, como tintas, solventes, óleos etc. Ou resíduos poluídos ou perigosos para a saúde, gerados pela desmontagem, remodelação e reparação de clínicas radiológicas, instalações industriais etc., bem como azulejos de cerâmica e outros itens; além de itens que contenham amianto ou outros materiais com produtos prejudiciais à saúde.

Estudos desenvolvidos com concretos sem e com resíduos de construção beneficiados, onde se substitui os agregados naturais pelos agregados reciclados têm constatado que:

1- Durante a produção dos concretos há uma diminuição da fluidez das misturas de acordo com o teor crescente de resíduo empregado no concreto.

2- O rejeito de construção civil usado como agregado apresenta uma absorção de água bem superior à do agregado tradicional, devido tanto à sua grande porosidade como a maior quantidade de finos existentes neste resíduo.

3- Em concretos secos, empregados na moldagem de blocos, o grau de compactação é uma variável importante nas propriedades de resistência e de absorção dos blocos, mais que a própria relação água/cimento.

4- Na fabricação de blocos de concreto a composição da amostra de agregado reciclado empregada afeta diretamente as propriedades mecânicas dos concretos.

5- A confiabilidade técnica de blocos de vedação produzidos a partir de entulhos da construção civil tem contribuído para a reciclagem destes resíduos e para a produção de componentes utilizáveis em obras urbanas, tais como blocos de pavimentos intertravados.

Estudos desenvolvidos por Carneiro (2005) comprovam a viabilidade da utilização de agregados reciclados de RCD na produção de blocos para alvenaria sem função estrutural. Nos testes realizados, tanto os blocos produzidos com 30% de substituição do agregado natural pelo agregado reciclado de RCD, quanto aqueles com 60% de substituição, apresentaram resistência à compressão simples superior ao estabelecido por norma (2,5 MPa).

Paula (2010) analisou a viabilidade de confecção de blocos com uso de agregados miúdos reciclados para uso em alvenaria de vedação, para um traço padrão cimento: agregado miúdo de 1:6. Os resultados indicaram que a substituição de 25, 50, 75 e 100 % da areia natural por agregados miúdos reciclados não afetou significativamente as propriedades mecânicas dos blocos cujos valores de resistência à compressão foram de 3,67 MPa, 2,63 MPa, 2,44 MPa e 2,03 MPa, respectivamente.

Em relação à durabilidade, Viera (2004) afirma que é viável o emprego de agregados reciclados em concretos. Os resultados de sua pesquisa mostram que a substituição é viável até determinado percentual. Misturas com 100% de substituição de ambos os agregados ou com apenas substituição total do agregado grão reciclado podem prejudicar o desempenho do concreto em função da diminuição da resistência aos ataques de agentes agressivos.

A utilização dos blocos estruturais atualmente é aplicada em construções verticais com pavimentos, havendo repetições de layout, trazendo assim para a obra um elemento de vedação e estruturação ao mesmo tempo, tendo pontos favoráveis quanto a questão de estabilidade e estrutura. Como abordado na NBR 6136 (ABNT, 2016), os blocos vazados de concreto simples têm componentes para a execução da alvenaria, sendo estrutural ou não estrutural, chegando a sua área líquida de 75%. “O valor estimado da resistência característica à compressão ( $f_{bk.est}$ ) dos blocos de concreto, referida à área bruta, deve ser determinado a partir de expressão” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2016). Conforme equação.

$$f_{bk.est} = 2 \left[ \frac{f_{b(1)} + f_{b(2)} + \dots + f_{b(i-1)}}{i-1} \right] - f_{bi}$$

Sendo

$i = \frac{n}{2}$ , se  $n$  for par;

$i = \frac{n-1}{2}$ , se  $n$  for ímpar;

em que

$f_{bk}$  é a resistência característica estimada da amostra, expressa em Megapascals;

$f_{b(1)}, f_{b(2)} \dots f_{bi}$  são os valores de resistência à compressão individuais dos corpos de prova de amostra, ordenados crescentemente;

$n$  é igual à quantidade de blocos da amostra.

Os blocos de concreto devem apresentar parâmetros de umidade ideal, que se permita ser trabalhado, e que possam ser moldados manualmente, sem que eles se esboroem (falta de água) ou que haja excesso de resíduos nas mãos ao serem moldados.

### 3 METODOLOGIA

Foi feita a escolha por uma empresa que fabrica materiais pré-moldados, localizada na região metropolitana de Macapá, capital do estado do Amapá. Tal escolha ocorreu com o propósito de verificar se podemos utilizar os resíduos para a fabricação de bloco de concreto de maneira que a construção civil possa reutilizar seus próprios resíduos, para conseguir um melhor cenário de economia e sustentabilidade.

O estudo foi desenvolvido a partir das seguintes etapas metodológicas:

a) Coleta e ensaio de resistência a compressão dos blocos fabricados com base no processo fabril não controlado empregado, adotado, originalmente, pela Empresa Parafita pré-moldados.

b) Coleta e ensaio de amostras de blocos produzidos após a definição de traços com percentual de substituição de (RCD), analisar a variação dimensional e conformidade com as NBRs e ensaios de resistência a compressão dos blocos com substituição de RCD empregados nos traços da Empresa Parafita pré-moldados.

A intenção do ensaio é caracterizar as duas situações, monitorando as possíveis melhorias nas propriedades do material após a intervenção para definição de um traço padrão. Adicionalmente, os resultados permitiram aferir a variabilidade de resultados.

Foi executado análises para que pudéssemos obter resultados sobre características do bloco de concreto, adicionando o resíduo em substituição ao agregado miúdo, sendo realizado o teste de compressão, para determinar como o bloco age em variações dependendo dos esforços aos quais são submetidos.

#### 3.1 Dimensões

As dimensões reais dos blocos vazados de concreto, modulares e submodulares devem corresponder às dimensões constantes na Figura 1 (ABNT NBR 6136:2016). Os blocos cujas dimensões não estão contempladas nessa tabela podem ser aceitos, desde que atendam às definições do item 5 da (ABNT NBR 6136:2016).

Figura 1 – Dimensões nominais.

Família		20 x 40	15 x 40	15 x 30	12,5 x 40	12,5 x 25	12,5 x 37,5	10 x 40	10 x 30	7,5 x 40	
Medida Nominal mm	Largura	190	140		115			90		65	
	Altura	190	190	190	190	190	190	190	190	190	
	Comprimento	Intelro	390	390	290	390	240	365	390	290	390
		Melo	190	190	140	190	115	-	190	140	190
		2/3	-	-	-	-	-	240	-	190	-
		1/3	-	-	-	-	-	115	-	90	-
		Amarração "L"	-	340	-	-	-	-	-	-	-
		Amarração "T"	-	540	440	-	365	-	-	290	-
		Compensador A	90	90	-	90	-	-	90	-	90
		Compensador B	40	40	-	40	-	-	40	-	40
		Canaleta Intelra	390	390	290	390	240	365	390	290	-
	Mela canaleta	190	190	140	190	115	-	190	140	-	
	NOTA 1 As tolerâncias permitidas nas dimensões dos blocos indicados nesta Tabela são de $\pm 2,0$ mm para a largura e $\pm 3,0$ mm para a altura e para o comprimento. NOTA 2 Os componentes das famílias de blocos de concreto têm sua modulação determinada de acordo com a ABNT NBR 15873. NOTA 3 As dimensões da canaleta J devem ser definidas mediante acordo entre fornecedor e comprador, em função do projeto.										

Fonte - Norma (ABNT NBR 6136 :2016).

Inicialmente, verificou-se a conformidade de dimensões dos blocos com precisão de 0,5 mm a tolerância permitida nas dimensões das paredes é de 1,0 mm para cada valor individual. Devendo obedecer ao disposto na Figura 2. (ABNT NBR 6136:2016).

Figura 2 – Designação por classe, largura dos blocos e espessura mínima das paredes dos blocos.

Classe	Largura nominal mm	Paredes longitudinais <sup>a</sup> mm	Paredes transversais	
			Paredes <sup>a</sup> mm	Espessura equivalente <sup>b</sup> mm/m
A	190	32	25	188
	140	25	25	188
B	190	32	25	188
	140	25	25	188
C	190	18	18	135
	140	18	18	135

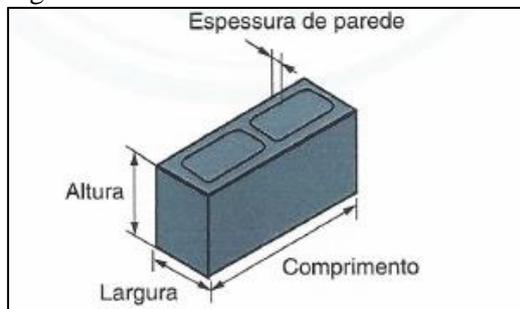
Classe	Largura nominal mm	Paredes longitudinais <sup>a</sup> mm	Paredes transversais	
			Paredes <sup>a</sup> mm	Espessura equivalente <sup>b</sup> mm/m
C	115	18	18	135
	90	18	18	135
	65	15	15	113

<sup>a</sup> Média das medidas das paredes tomadas no ponto mais estreito.  
<sup>b</sup> Soma das espessuras de todas as paredes transversais aos blocos (em milímetros), dividida pelo comprimento nominal do bloco (em metros).

Fonte: Norma (ABNT NBR 6136:2016).

A espessura mínima da parede deve ser 18 mm, atendendo às condições normativas. Os resultados estão apresentados na tabela 1.

Figura 3



Fonte: Norma (ABNT NBR 6136:2016).

Tabela 1 - Conformidade de dimensões dos blocos de vedação.

Descrição (10x40)	Largura mm	Altura mm	Comprimento mm
(Blocos de 90 mm nominais)	90	190	390

Fonte: Autoria do pesquisador (2023).

### 3.2 Resistência a compressão

Os blocos vazados de concreto para alvenaria vedação devem atender à resistência característica à compressão, às classes de resistência mínima conforme a Figura 4. (ABNT NBR 6136:2016), que estabelece para as classes A, B e C, respectivamente,  $f_{bk} \geq 8,0$  MPa,  $f_{bk} \geq 4,0$  MPa e  $f_{bk} \geq 3,0$  MPa.

Figura 4 - Requisitos para resistência característica à compressão.

Classificação	Classe	Resistência característica à compressão axial <sup>a</sup> MPa	Absorção %				Retração <sup>d</sup> %
			Agregado normal <sup>b</sup>		Agregado leve <sup>c</sup>		
			Individual	Média	Individual	Média	
Com função estrutural	A	$f_{bk} \geq 8,0$	$\leq 9,0$	$\leq 8,0$	$\leq 16,0$	$\leq 13,0$	$\leq 0,065$
	B	$4,0 \leq f_{bk} < 8,0$	$\leq 10,0$	$\leq 9,0$			
Com ou sem função estrutural	C	$f_{bk} \geq 3,0$	$\leq 11,0$	$\leq 10,0$			

<sup>a</sup> Resistência característica à compressão axial obtida aos 28 dias.  
<sup>b</sup> Blocos fabricados com agregado normal (ver definição na ABNT NBR 9935).  
<sup>c</sup> Blocos fabricados com agregado leve (ver definição na ABNT NBR 9935).  
<sup>d</sup> Ensaio facultativo.

Fonte - Norma (ABNT NBR 6136:2016).

O ensaio de resistência à compressão axial simples foi realizado conforme as normas NBR 12118 (ABNT, 2013) e NBR 5739 (ABNT, 2018). A Figura 5 mostra um corpo de prova durante o ensaio.

Figura 5- Ensaio de resistência à compressão simples



Fonte - Autoria do pesquisador (2023).

## 4 MATERIAS E METÓDOS

### 4.1 Etapa I: Caracterização da produção empírica

Na primeira etapa, solicitou-se que um conjunto de 03 blocos (9x19x39cm) fosse fabricado pela Empresa Parafita pré-moldados, com o auxílio da mão de obra da empresa. Essa quantidade de blocos foi definida para permitir que se fizessem todos os ensaios de caracterização pretendidos. A Figura 6 mostra esse conjunto de blocos.

Figura 6- Fabricação atual de blocos de vedação.



Fonte: Autoria do pesquisador (2023).

Para a fabricação dos blocos, foi permitido a fabricação do traço de acordo com sua experiencia empírica. Os traços foram registrados e estão mostrados na Tabela 2.

Tabela 2- Proporção do traço referência.

TRAÇO PADRÃO	CIMENTO kg	AREIA kg	BRITA 0 kg
1:4,32:2,16	25	108	54

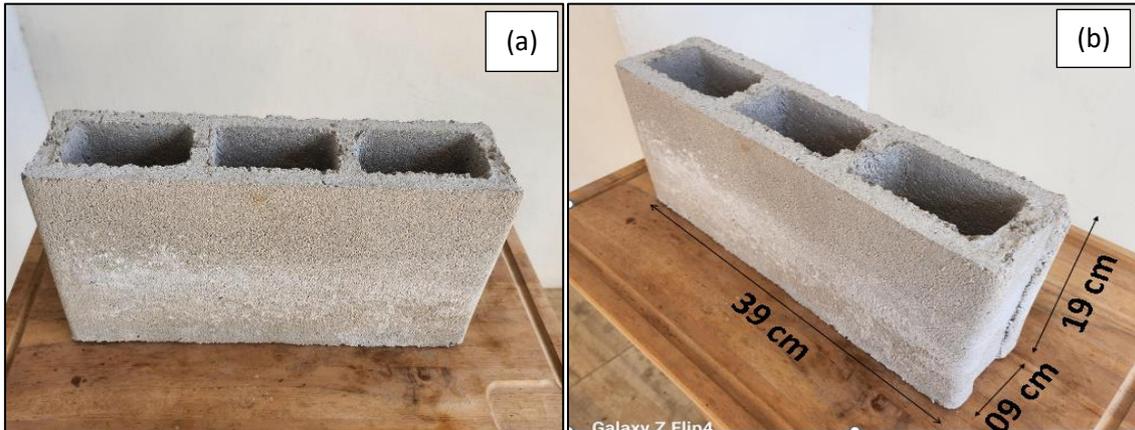
Fonte: Autoria do pesquisador (2023).

Foi utilizado cimento CP II Z 32 e não foi adotado nenhum tipo de controle na produção dos blocos, nem foi controlado o tempo de cura. Não se teve controle da quantidade exata de água utilizada, nem se fixou o tempo de mistura. Dessa forma, evitou-se qualquer tipo de interferência, pois o objetivo era caracterizar a produção sem controle. Ainda assim, a observação e os testes do primeiro lote de blocos fabricados permitiram a obtenção de subsídios para a proposição de um traço padrão, que foi fixado na segunda etapa do estudo, quando se efetuou uma nova moldagem com níveis de controle em todas as etapas de fabricação.

### 4.2 Etapa II: Fabricação controlada em série

Na segunda etapa do estudo, foram fabricados 09 blocos tipo vazado de 3 furos, na Empresa Parafita pré-moldados com o auxílio dos funcionários e participação do discente, com dimensões nominais de (09×19×39cm), conforme descrições nas Figuras 7.

Figura 7 – bloco produzido(a) Geometria do bloco (b)



Fonte: A autoria do pesquisador (2023).

Foram classificados segundo a NBR 6136 (ABNT, 2016) como Classe C – com ou sem função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo. Na Figura 8, visualiza-se a vibro prensa pneumática utilizada para produzir todos os blocos de concreto.

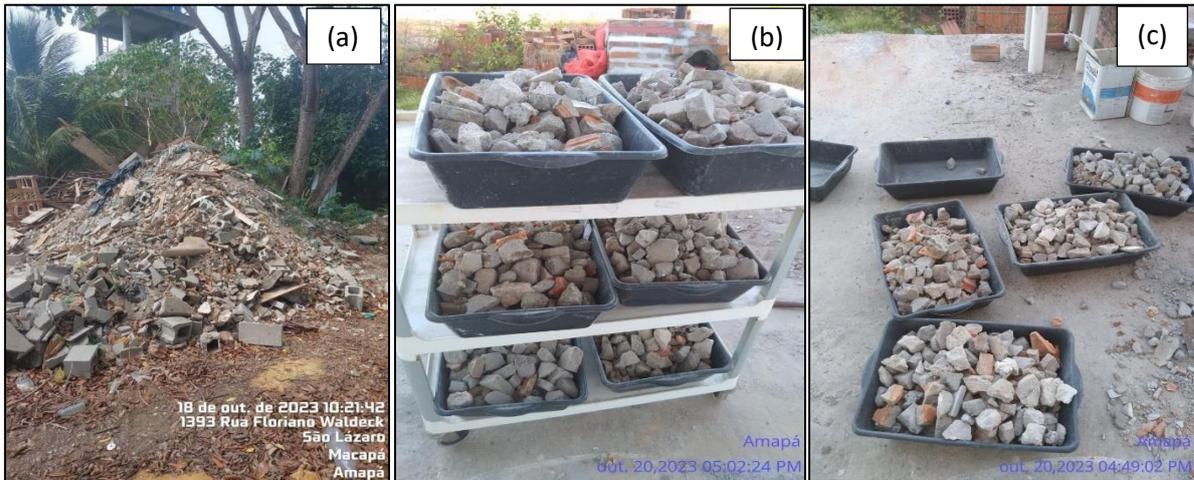
Figura 8 -Vibro prensa pneumática



Fonte: A autoria do pesquisador (2023).

Para obtenção do agregado de RCD a ser usado na fabricação dos blocos, foram resíduos provenientes de coletas em descartes irregulares, estes resíduos foram separados, caracterizados e classificados como de classe A, com predominância de materiais como tijolo, areia e telha, de acordo com a resolução 307/2002 do CONAMA, sendo armazenados no laboratório do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá – IFAP, conforme mostra a Figura 9.

Figura 9 – Descartes irregulares (a) e caracterização RCD (b) e (c)



Fonte: Autoria do pesquisador (2023).

Após a coleta foi feita a separação, limpeza, peneiramento e trituração, com auxílio de um triturador Moinho de martelos, conforme descrição nas Figuras 10 (a) e (b). O material triturado foi reduzido a granulometria de agregado miúdo como mostra a Figura (c) e (d).

Figura 10 - Moinho de martelos (a) Peneira manual (b) Amostra de RCD (c) Areia média grossa (d)



Fonte: Autoria do pesquisador (2023).

Em seguida, esse agregado foi levado até o laboratório onde foi realizado um ensaio de granulometria, obedecendo às normativas descritas na NBR NM 248 (ABNT, 2003), conforme Figura 11.

Figura 11 - Amostra de Areia média grossa



Fonte: Autoria do pesquisador (2023).

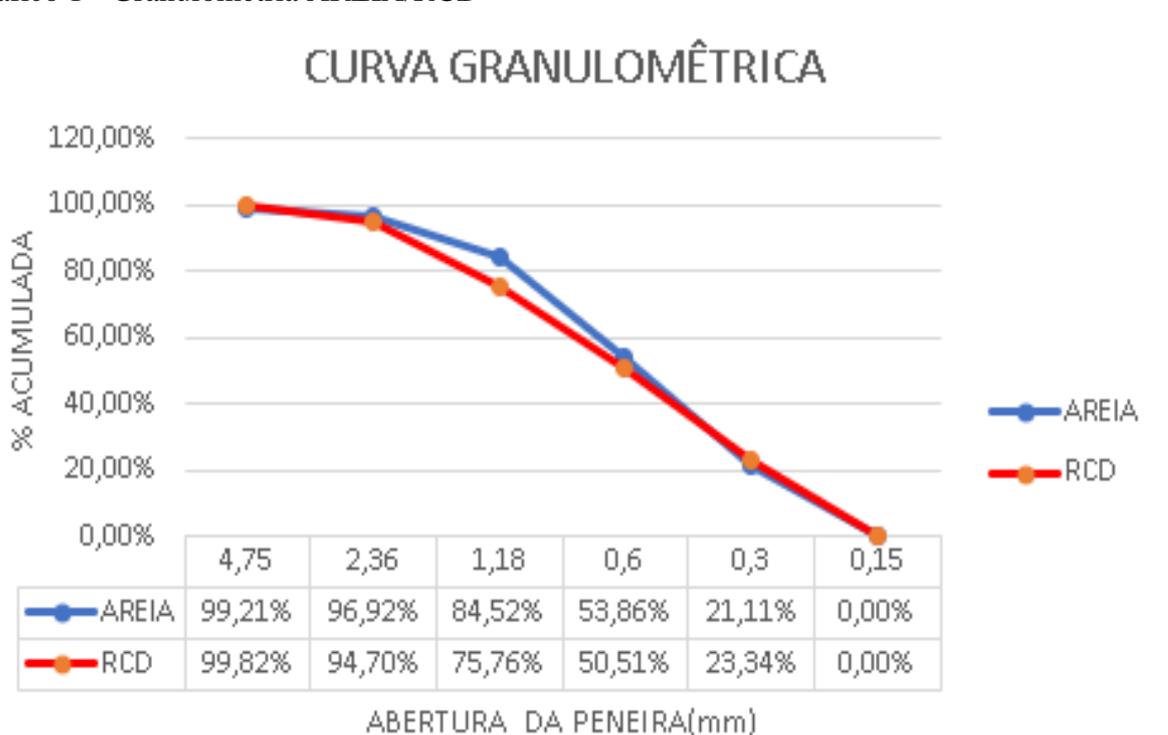
O resultado do ensaio de caracterização granulométrica da areia e do RCD está apresentado no gráfico 1 e 2. Verifica-se que a amostra produzida, em termos de enquadramento à norma, constitui agregados miúdos com frações concentradas abaixo de 4.75 mm e modulo de finura, ambas as amostras equivalentes a 3,3 mm conforme Tabela 3. Visualmente, tem aparência de areia média-grossa como mostra a Figura 10.

Tabela 3 - Modulo de finura AREIA /RCD

ABERTURA DA AMOSTRA	MASSA RETIRADA (g)		MASSA RETIDA EM %		VARIACÃO +- 4% (%)	MÉDIA %	ACUMULADA %
	AREIA	RCD	AREIA	RCD			
9,5	0	0	0	0	0	0	0
6,3	0	0	0	0	0	0	0
4,75	7,22	1,48	0,72	0,16	0,57	0,80	0,80
2,36	21,07	42,32	2,11	4,48	-2,37	4,35	5,15
1,18	113,75	156,47	11,38	16,56	-5,17	19,66	24,81
0,6	281,23	208,54	28,15	22,07	6,08	39,18	63,99
0,3	300,44	224,41	30,07	23,75	6,32	41,94	105,93
0,15	193,63	192,83	19,38	20,41	-1,03	29,58	135,52
FUNDO	81,85	118,92	8,19	12,58	-4,39	14,48	150,00
TOTAL	999,19	944,97	100	100			

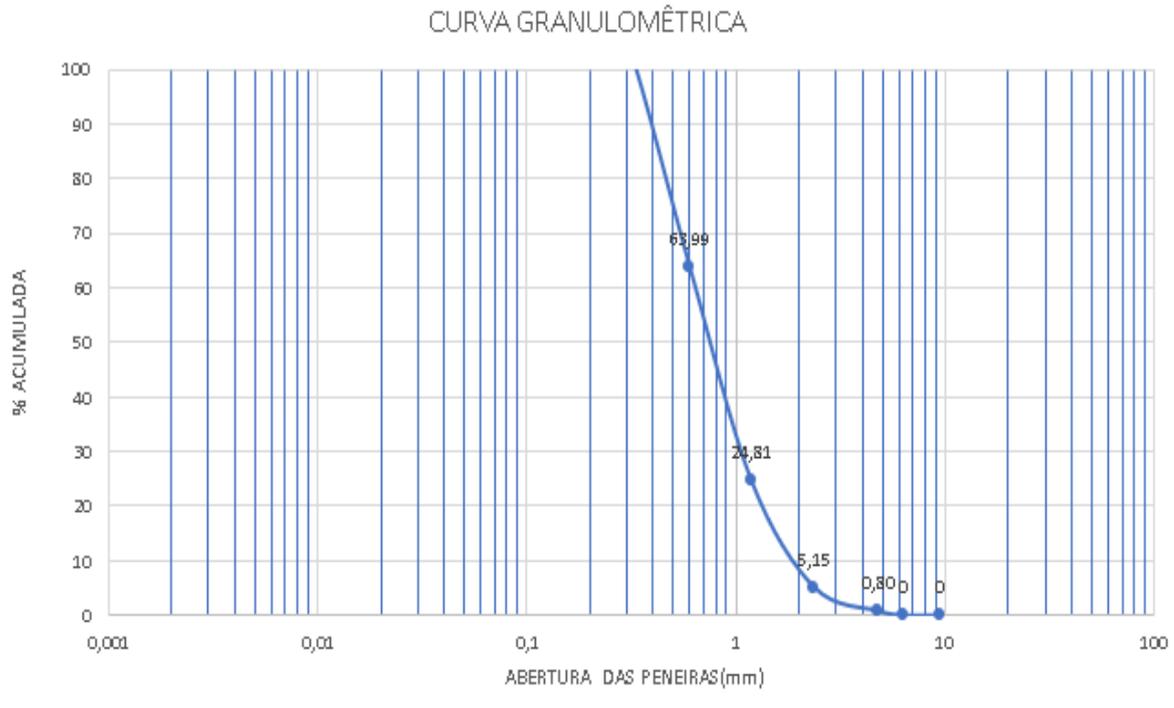
Fonte: Aatoria do pesquisador (2023).

Gráfico 1 - Granulometria AREIA/RCD



Fonte: Aatoria do pesquisador (2023).

Grafico2 - Gráfico Modulo de finura AREIA/RCD



Fonte: Autoria do pesquisador (2023).

Nessa etapa, cumpriram-se os procedimentos descritos na NBR 5738 (ABNT, 2015) e utilizou-se o RCD em 25%, 50% e 75% de substituição do agregado natural. Fixou-se no primeiro traço em 1:4,32:2,16 (cimento: agregado :brita 0), e foi dividido em 03 (três) partes iguais em massa, sendo a massa de agregado constituída de 25% de agregado RCD e 75% de agregado miúdo (tipo areia média grossa), no segundo traço a massa de agregado constituída de 50% de agregado RCD e 50% de agregado miúdo (tipo areia média grossa), no terceiro traço a massa de agregado constituída de 75% de agregado RCD e 25% de agregado miúdo (tipo areia média grossa). Essa proporção foi escolhida com base nos estudos anteriores desenvolvidos com auxílio da Empresa Parafita pré-moldados e nos resultados da primeira etapa. Conforme descrito acima, na Tabela 3.

Tabela 3 - Quantidade de materiais utilizados para fabricação em série

Betonada	RCD( kg)	Areia (kg)	Brita 0 (kg)	Cimento (kg)	Água( kg)	Água/Cimento
<b>1 - 25%</b>	3,375	10,125	6,75	3,125	2,5	0,8
<b>2 - 50%</b>	6,75	6,75	6,75	3,125	2,9	0,92
<b>3 - 75%</b>	10,125	3,375	6,75	3,125	3,2	1,02

Na segunda etapa, buscou-se padronizar o processo produtivo, sendo controladas as quantidades de agregado, de água e de cimento (empregados em massa). Primeiramente, o RCD (seco), logo em seguida o agregado miúdo convencional (Areia média grossa), a brita 0 e foram colocados na betoneira de eixo vertical, conforme apresentado nas Figura 13. Após, colocou-se o cimento CII-Z-32, misturando-se por aproximadamente 6 minutos. Adicionou-se água lentamente até completar o tempo de 6 minutos e verificar-se uma mistura homogênea. O mesmo processo se repetiu nas três betonadas realizadas.

Figura 13 - Betoneira de eixo vertical (a) Homogeneização de agregados (b)



Fonte: Autoria do pesquisador (2023).

O processo de cura foi realizado no laboratório do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá - IFAP, sendo os blocos submetidos a imersão em tanque como mostra a Figura 14, foram armazenados em local coberto. E no 28º dia, quando já tinham resistência suficiente para o manejo, foram transportados para o laboratório, onde ficaram aguardando a realização dos ensaios.

Figura 14 – Mostra os blocos em processo de cura



Fonte: Autoria do pesquisador (2023).

O ensaio de resistência à compressão foi realizado nas idades de 28 dias. Utilizou-se uma máquina de prensa EMIC- Máquina de ensaios universal, resistente a 300KN. Verificou-se conformidade de dimensões dos blocos e utilizaram-se os procedimentos descritos na NBR 5739 (ABNT, 2018).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os blocos devem ser homogêneos e compactos, não quebrar com facilidade, ter arestas vivas, não apresentar trincas, fraturas ou outros defeitos que possam prejudicar o seu assentamento ou afetar a resistência e a durabilidade da construção, não sendo permitido qualquer reparo que oculte defeitos eventualmente existentes no bloco.

Os lotes devem ser identificados pelo fabricante no documento de entrega, indicando a resistência característica à compressão e a idade do seu atendimento, as dimensões nominais, a classe, a data de fabricação e o número de identificação do lote de fábrica.

Os blocos vazados de concreto devem atender, quanto ao seu uso, às seguintes classes: conforme Tabela 2. (ABNT NBR 6136:2016).

Classe A – Com função estrutural, para o uso em elementos de alvenaria acima ou abaixo do nível do solo.

Classe B – Com função estrutural, para o uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo.

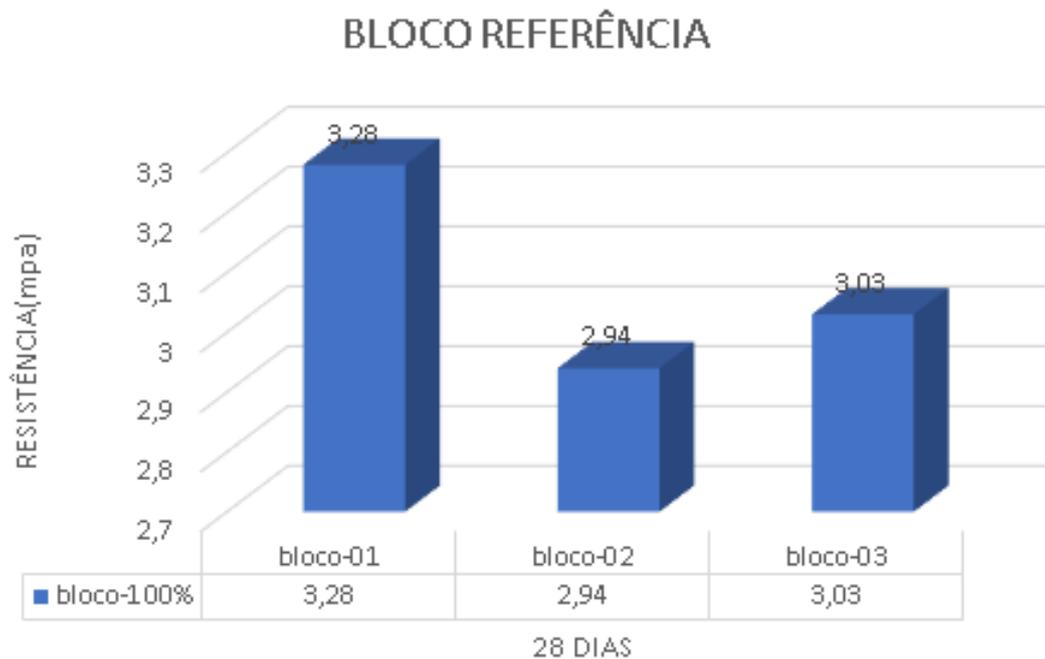
Classe C – Com e sem função estrutural, para o uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo.

### 5.1 Ensaio de resistência a compressão dos blocos da produção empírica

Do total de 03 blocos fabricados na primeira etapa da pesquisa de produção atual, 03 chegaram ao laboratório do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá - IFAP em condições de serem testados, significando perda de 0%. De acordo com o gráfico da Figura 15, é possível notar que, dos 03 blocos rompidos para teste de resistência à compressão, 02 ficaram acima de 3,0MPa na média total e acima de 3,0MPa na média individual.

Nota-se que, os blocos não tiveram uma diferença significativa, como não teve nenhum teor de substituição de agregado, o traço 1:4,32:2,16 (cimento: agregado: brita) em massa demonstrou melhor desempenho o bloco-01, já os blocos 02 e 03 não tiveram o mesmo desempenho. Isso pode ter ocorrido devido à falta de controle de produção. A fabricação controlada em série, que será descrita a seguir, fixará este traço padrão para as amostras a serem testadas em blocos.

Figura 15 - Resistência à compressão dos blocos produção empírica.



Fonte: Autoria do pesquisador (2023).

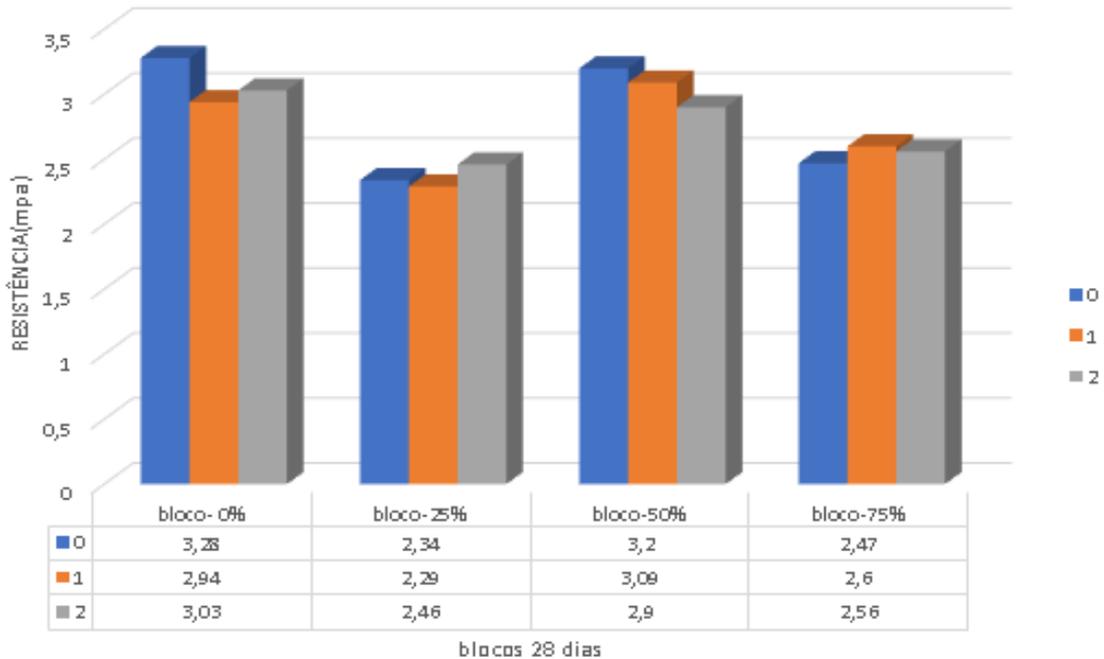
### 5.2 Ensaio de resistência a compressão dos blocos com diferentes porcentagens de RCD

Nessa etapa de produção controlada em série, foram enviados 09 blocos para ensaio e os 09 blocos de vedação, chegaram ao laboratório do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá - IFAP em condições de serem testados, significando perda de 0%. Os resultados obtidos estão apresentados a seguir.

A Figura 16 apresenta a variação da resistência à compressão dos blocos de vedação, que foi aos 28 dias. O desempenho mais destacado entre as variações de substituição dos agregados miúdos de RCD na produção dos blocos, foram os blocos com 50% de RCD. Em

contraste, os blocos com 25% e 75% não tiveram a mesma performance nesse período. Além disso, observou-se que os blocos contendo 50% de RCD substituição de agregados apresentaram em alguns testes uma resistência superior aos blocos de referência (sem substituição) de RCD.

Figura 16 - Resistência à compressão simples em bloco com diferentes porcentagens de RCD.



Fonte: Autoria do pesquisador (2023).

O bloco com teor de 50% de substituição em massa do agregado miúdo natural pelo RCD atende à resistência mínima estabelecida pela norma ABNT NBR 6136:2016 e é classificado como classe C, com ou sem função estrutural. Já os blocos com 25% e 75% apresentaram perda de resistência devido ao teor empregado de substituição, por isso, consequentemente, ficaram em desconformidade com a normativas pertinentes. Levando-se em consideração os aspectos relativos à resistência à compressão, os resultados obtidos a partir dos ensaios realizados demonstraram viabilidade da confecção de blocos de concreto utilizando RCD como agregado.

## 5 CONCLUSÃO

Diante dos princípios de sustentabilidade, estudos têm sido orientados para explorar opções que controlem ou minimizem os impactos causados pelo consumo excessivo de matéria-prima e pelos grandes volumes de resíduos gerados na produção. A reutilização de resíduos de construção e demolição tem sido revelada uma perspectiva promissora, especialmente em aplicações como agregado e na integração desse material ao concreto, por exemplo, na fabricação de blocos de alvenaria. No sentido de ampliar ainda mais o conhecimento acerca do comportamento destes resíduos em concreto, analisou-se a viabilidade técnica da utilização de agregados miúdos produzidos a partir de RCD, em substituição aos materiais convencionais, na produção de blocos vazados de concreto simples para alvenaria de vedação. O agregado reciclado foi devidamente caracterizado, e com base em uma mistura padrão empregada por uma empresa de pré-moldados, foram projetadas três novas composições de concreto, variando a relação entre os agregados naturais (areia convencional) e os agregados miúdos de RCD. Em

relação à resistência à análise, os resultados obtidos por meio de ensaios padronizados confirmam a técnica do uso de agregados reciclados de resíduos de construções e demolições como uma alternativa na produção de blocos vazados de concreto simples para alvenaria de construções.

Em conclusão, a pesquisa compreendeu duas etapas distintas na produção de blocos de concreto. A primeira etapa da pesquisa de produção atual resultou na fabricação de três blocos, todos os quais chegaram ao laboratório do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá (IFAP) em condições ideais para testes, indicando uma perda de 0%. O estudo realizado buscou avaliar a viabilidade de utilizar resíduos de construção e demolição (RCD) na fabricação de blocos de concreto em uma empresa localizada na região metropolitana de Macapá. Inicialmente, a produção dos blocos foi conduzida sem controle, utilizando-se um processo fabril empírico adotado pela Empresa Parafita pré-moldados. Os resultados da primeira etapa indicaram a falta de uniformidade nos blocos e a necessidade de um processo controlado. Na segunda etapa, foram realizadas produções em série, com variações de substituição de RCD de 25%, 50% e 75% em substituição ao agregado miúdo natural.

Os ensaios de resistência à compressão revelaram que os blocos com 50% de substituição de RCD apresentaram desempenho superior. Os resultados indicaram que a resistência mecânica à compressão, aos vinte e oito dias, para os blocos produzidos com diferentes traços, apresentou resistência característica igual ou superior a 3,0 MPa, conforme estabelece a NBR 6136 (ABNT, 2016), atendendo aos requisitos mínimos estabelecidos pelas normativas. A padronização do processo produtivo e o controle rigoroso nas proporções resultaram em blocos homogêneos e conformes às normas, indicando a possibilidade viável de produção de blocos de concreto sustentáveis, contribuindo para a economia de recursos e promovendo a reutilização de resíduos na construção civil. Esses resultados ressaltam a importância da implementação de práticas mais sustentáveis na indústria da construção.

Sendo assim, pode-se concluir, que o presente trabalho indicou que o uso do RCD como agregado na produção de blocos sem função estrutural, em proporções convenientemente dosadas, pode ser satisfatório, desde que sejam tomadas medidas corretas na fabricação e normatização desses materiais. O uso do RCD pode servir também como alternativa para a minimização dos impactos ambientais. Sob o ponto de vista da resistência, de acordo com os ensaios de resistência à compressão axiais simples realizados, é possível afirmar que embora seja necessário melhorar aspectos relacionados à variabilidade de resistência, se pode utilizar o agregado reciclado em concretos para produção de blocos sem função estrutural e, após ajuste de traço, são potencialmente certificáveis para o uso na construção civil. O próximo passo será investigar se é possível enquadrar este produto na norma para que se possa certificá-los e comercializá-los no mercado da construção Civil.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6136**: Blocos vazados de concreto para alvenaria simples – requisitos. Rio de Janeiro, 2016. 10p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12118**: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738**: Emenda 1:2008 – Concreto – Procedimentos para moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2015.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248**: Agregado-Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA nº. 307, de 5 de julho de 2002**. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão de resíduos da construção civil. Diário Oficial da União. Brasília: Imprensa Oficial. 2002.

CARNEIRO, F.P. **Diagnóstico e ações da atual situação dos resíduos de construção e demolição na cidade do Recife**. Dissertação. Engenharia Urbana. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2005. 131 p.

LUCENA, L. F. L. et.al. Diagnóstico da geração de resíduos da construção civil no Município de Campina Grande. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 4., Encontro Latino-americano de Gestão e Economia da Construção, 1., Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, 2005.

PAULA, P.R.F. **Utilização dos resíduos da construção civil na produção de blocos de argamassa sem função estrutural**. Dissertação. Tecnologia das Construções. Universidade Católica de Pernambuco, Recife, PE, 2010. 131 p.

PINTO, T. P. **Metodologia para gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. 1999. Tese (Doutorado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

VIEIRA, Geilma Lima; DAL MOLIN, Denise Carpena Coutinho. Viabilidade técnica da utilização de concretos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 4, n. 4, p. 47-63, 2004.