



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
16 a 18 de novembro de 2021

BLOCO ECOLÓGICO

Matheus Maxwell Andrade Lima, Faculdade Pio X, matheus_maxwell@hotmail.com
Michelly Pereira Santos, Faculdade Pio X, michelly.ps@outlook.com

Resumo

A preservação ambiental cada vez mais vem se tornando uma preocupação mundial, a natureza não é capaz de absorver a alta quantidades de resíduos gerados pela sociedade. Grande parte dos resíduos sólidos gerados no mundo é constituído por resíduos da construção civil (RCC), esse volume gerado pelo setor é duas vezes maior que o de resíduos sólidos urbanos. O presente trabalho tem como objetivo confeccionar blocos de concreto com agregados de resíduos da construção civil e adições de pneu e polietileno reciclados, analisando se suas características atendem as normas vigentes. A metodologia adotada para a presente pesquisa, por tratar-se de um estudo onde é abordado as características do agregado reciclado e as alterações que estes causam nos blocos de concreto, tendo como finalidade comparativo entre o bloco de concreto reciclado com os parâmetros descritos nas normas vigentes. Os ensaios foram realizados para caracterizar o material reciclado, suas possíveis aplicações nos blocos de concreto, para dessa maneira notar-se a viabilidade dessa substituição. Conclui-se que de acordo com os resultados obtidos pela pesquisa, a reutilização de agregados reciclados para a confecção de blocos de concreto não estrutural foram satisfatórios.

Palavras-chave: Bloco, Concreto, Reciclado, Resíduo.

1. Introdução

O setor da construção é um dos mais importantes para o desenvolvimento econômico e social, e seu crescimento gera impactos diretos no crescimento do produto interno bruto (PIB) do país. Por outro lado, gera grandes impactos ambientais, que são resultados do consumo de recursos naturais e da geração de resíduo da construção civil (RCC). Esse volume gerado pelo setor é duas vezes maior que o de resíduos sólidos urbanos. Para agravar o problema, grande parte desses resíduos não são destinados corretamente, destes temos o exemplo do plástico o qual demora mais 400 anos para se decompor.

Outro resíduo que causa muito impacto atualmente são os pneus, e segundo a Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos (ANIP, 2015), a produção de pneus no Brasil em 2014 totalizou cerca de 68,8 milhões de pneus, estes quando descartados de forma irregular no meio ambiente se tornam um grande problema pois demoram, em média, 600 anos para se decomponem na natureza. O plástico por sua vez em um estudo feito pelo WWF (Fundo Mundial para a Natureza) mostra o Brasil produz 11 milhões de toneladas de lixo plástico por ano e somente cerca de 2% deste é reciclado.

O bloco ecológico é desenvolvido para ser utilizado no setor da construção civil e a sua fabricação é feita utilizando concretos de consistência seca, o qual é composto por cimento Portland de alta resistência inicial (CPV), como agregado miúdo foi utilizado RCC, além de conter adição de polietileno e borracha reciclados, sendo o último também triturado.



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
16 a 18 de novembro de 2021

O traço do bloco é feito em massa, cotados em quilogramas e utilizando o cimento como base unitária do mesmo, tem os seus componentes seguindo a seguinte ordem: cimento, agregado miúdo, polietileno e borracha, esse se deu na seguinte proporção 1:8:0,2:0,15. Para a sua execução é utilizada a forma com a mísula (espessura da parte central do bloco) maior, pois além de ajudar na desforma aumentar a sua resistência a compressão.

A presente pesquisa tem como objetivo confeccionar blocos de concreto com agregados de resíduos da construção civil (RCC) e adições de pneu e polietileno reciclados, analisando se as suas características atendem as normas vigentes.

Dessa forma justifica-se a importância que a utilização de agregados, pneu e polietileno reciclados na composição de blocos, pois possibilita a minimização dos impactos ao meio ambiente, ademais traz também outro benefício que é a redução dos gastos em sua fabricação.

2. Fundamentação teórica

2.1 Contexto histórico do surgimento de blocos de concreto e uso de agregado reciclado

A utilização de alvenaria pode ser encontrada a milhares de anos atrás, na história de grandes povos como egípcios, gregos e romanos. Após o surgimento do cimento Portland ocorreu uma produção de grande quantidade de concreto, o que levou ao início da utilização de blocos de concreto. Inicialmente foram desenvolvidos e patenteados em 1850 na Inglaterra por Gibbs, porém sua utilização em grande escala foi apenas em 1904, nos EUA por J. Bresser, o qual foi responsável por desenvolver a máquinas automáticas para sua fabricação. Já no Brasil há indicativos do emprego destes para vedação pela primeira vez na década de 40 (ABIBC, 2008). Desde então iniciaram vários estudos para a modernizar a sua fabricação, também como a sua usabilidade na alvenaria. Contudo as alterações se deram principalmente na qualidade dos materiais utilizados, já os procedimentos de dosagem e o esquema produtivo são essencialmente os mesmos.

A construção civil é uma das atividades mais antigas da humanidade, e por muito tempo foi executada artesanalmente, gerando desta forma grande quantidade de resíduos. O setor é também responsável pelo grande consumo de recursos naturais vindo de fontes finitas.

Nos últimos anos, em função do rápido crescimento populacional e conseqüentemente do espaço urbano, há uma preocupação em relação ao saneamento, este que por sua vez, envolve de maneira mais significativa o RCC.

De acordo com Angulo (2000), a busca pelo desenvolvimento sustentável e a busca de novos contatos entre a população e o meio ambiente, gera diversas mudanças no setor da construção civil, pois a busca pela redução de desperdício, reciclagem de seus resíduos, elaboração projetos visando a sustentabilidade ambiental, aumento de durabilidade e da qualidade de seus componentes, ainda encontra-se defasada necessitando de mais atenção.

2.2 RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Segundo a resolução do CONAMA n° 307/2002, em seu Art. 2° no Inciso I, define os resíduos da construção civil (RCC) da seguinte forma:

São os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais,



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
16 a 18 de novembro de 2021

resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, calça ou metralha. (CONAMA 307, 2002, p. 1)

Os resíduos da construção e demolição comumente conhecidos por entulhos, definidos como materiais resultantes como tijolos, blocos cerâmicos, concretos, metais, madeiras, argamassas, telhas, resinas, tintas, colas, calça, provenientes do desperdício na construção, reforma, e/ou demolições de estruturas, como prédios, residências e pontes.

Os resíduos da construção e demolição comumente conhecidos por entulhos, definidos como materiais resultantes como tijolos, blocos cerâmicos, concretos, metais, madeiras, argamassas, telhas, resinas, tintas, colas, calça, provenientes do desperdício na construção, reforma, e/ou demolições de estruturas, como prédios, residências e pontes.

O CONAMA é o órgão consultivo e deliberativo do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) e foi instituído pela Lei 6.938/81. Este dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, regulamentada pelo Decreto 99.274/90. A Resolução nº 307/2002, do CONAMA estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos RCC. Dessa forma, disciplinando as ações necessárias de forma a minimizar os impactos ambientais. Segundo essa resolução, em seu art. 3º os resíduos da construção civil são classificados, da seguinte forma:

- Classe A – São os resíduos que podem ser reutilizados ou reciclados como agregados. Se enquadram nessa definição os resíduos de construção, demolição, reformas e reparos de edificações, de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, os no processo de fabricação e demolição de peças pré-moldadas em concreto produzidas nos canteiros de obras entre outros;
- Classe B – Essa trata sobre os recicláveis para outras utilizações, como por exemplo: plásticos, papelão, metais, vidros, madeiras e outros;
- Classe C – São os que não possuem tecnologias ou utilização economicamente viáveis que admitam a sua reutilização;
- Classe D – Essa foi atualizada pela Resolução nº 348/04, e trata dos resíduos perigosos vindos da construção, os contaminados e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde. São exemplos dessa classificação as tintas, os solventes, os óleos, demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais, as telhas ou objetos com amianto.

Um ponto de suma importância é a destinação final desses resíduos, de acordo com a Lei 12.305 (2010), em seu artigo 3º, Inciso VII, trata sobre a destinação final ambientalmente adequada, cujo é definida como a destinação dos resíduos que compreende a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes, entre elas a disposição final, seguindo as normas operacionais específicas, visando evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança além de tornar mínimo os impactos ambientais.

Com ausência de preocupação com o destino do entulho acabam surgindo áreas de “bota-fora” e aterros clandestinos, degradação de áreas urbanas, assoreamento de córregos e entupimento de bueiros e galerias, tanto no Brasil como no exterior (GAVILAN; BERNOLD, 1994; ZORDAN, 1997; BRITO, 1999 *apud* ÂNGULO, ANGULO, 2000).



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
16 a 18 de novembro de 2021

Em áreas de “bota-foras” e de despejos irregulares é de fácil verificação a presença de roedores, aranhas, escorpiões e insetos transmissores de endemias, causando problemas a saúde pública. Desta forma, os danos causados ao meio ambientais são consequências das atitudes má planejadas. O plano nacional de resíduos sólidos, de 2011, expõe que os RCC estão contidos na classe como poucos perigosos, todavia neles são descobertas substâncias maléficas ao meio ambiente, originando disposições impróprias de outros resíduos como, os orgânicos, materiais químicos, tóxicos e que causam estragos no ocasião em que são destinados em ambientes impróprios (BRASIL, 2010).

Mediante a uma escassa fiscalização da disposição do RCC e a ausência de punições mais rigorosas, é de fácil observação que os transgressores permanecem destinando os materiais em locais impróprios, desta forma notasse a evolução do problema acerca do RCC.

2.3 CARACTERÍSTICA DO PNEU E DO POLIETILENO RECICLADOS

Para a reciclagem dos pneus, estes são coletados e por meio de um procedimento industrial, onde inicialmente é retirada toda sua impureza proveniente da coleta, como o arame, o nylon e outros, dessa forma tornando a borracha adequada para ser moída e triturada, por fim alcançando o seu resultado final com a granulometria variando entre 2 à 3 milímetros (mm).

De acordo com a UTEP, a borracha tem sua aplicação frequente em campos de futebol com gramado sintético, com a função de amortecer é colocada em cima de uma camada de areia ainda no preparo da base, além de ser aplicada, de forma homogênea, após a aplicação da grama sintética.

Segundo Carvalho, et al (2018), o pneu reciclado gera um aumento da resistência à tração e um ganho na resistência a compressão, porém somente quando são utilizados em pequena quantidade, pois com o aumento da concentração a resistência a compressão acabou tendo um déficit.

Já o polietileno é uma variação de plástico, e de acordo o Fundo Mundial para a Natureza (WWF, sigla em inglês, 2019):

O Brasil, segundo dados do Banco Mundial, é o 4o maior produtor de lixo plástico no mundo, com 11,3 milhões de toneladas, ficando atrás apenas dos Estados Unidos, China e Índia. Desse total, mais de 10,3 milhões de toneladas foram coletadas (91%), mas apenas 145 mil toneladas (1,28%) são efetivamente recicladas, ou seja, reprocessadas na cadeia de produção como produto secundário (WWF, 2019 p. 6)

Para Candian, et al (2009), os polímeros estão presentes na construção há muito tempo, mas são usualmente aplicados em elementos não estruturais, como nas tubulações de água e de esgoto, telhas plásticas, calhas, esquadrias, etc.

O polietileno reciclado tem a característica de um elemento dúctil quando sofre à tração e à compressão, por causa deste seu comportamento quando ensaiado à tração, ele apresenta baixo módulo de elasticidade e baixa tensão de escoamento (Candian, et al, 2009).

2.4 CIMENTO

Cimento Portland é o nome técnico para o material mundialmente usado conhecido no mundo da construção civil como cimento. Este é um pó fino com propriedades aglomerantes,



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
16 a 18 de novembro de 2021

aglutinantes ou ligantes, que endurece sob ação da água (ABCP, 2002). Depois de endurecido, ainda que entre em conta com a água, ele não se decompõe mais.

2.5 BLOCO DE CONCRETO

Na construção civil vários fatores devem ser avaliados antes de escolher os elementos de sua obra, dessa forma para a utilização do bloco de concreto é necessário analisar os benefícios da sua utilização em substituição de outro elemento de alvenaria.

Os blocos de concreto podem ser utilizados para diversos fins desde formar as divisórias de uma obra com a função de vedação ou até utilizado como a própria estrutura. Mesmo podendo ser utilizado como vedação e estrutura, são semelhantes no quesito visual e possuem o mesmo processo produtivo. Contudo, os blocos estruturais além de ter suas paredes mais espessas também tem maior resistência a compressão.

Mesmo tendo finalidades diferentes a resistência à compressão do bloco é um dos principais parâmetros a ser observados para que possam ser utilizados. Logo, essa característica se torna um ponto crucial no controle produtivo do mesmo. Outros parâmetros que devem ser analisados, para se garantir o desempenho, segundo Bastos, I. A. et al. (2016) são: a matéria-prima, fator água/cimento, granulometria dos agregados, traço, tempo de mistura, vibração, condições de cura, execução e manuseio do material.

A resistência à compressão é determinada segundo a NBR 6136/2016, dessa forma os blocos são classificados quanto ao seu uso em elementos com função estrutural (classes A, B e C) ou sem função estrutural (classe D).

Habitualmente, no processo de fabricação dos blocos, são utilizados cimento Portland de alta resistência inicial (CP V), agregado miúdo e agregado graúdo. Recomenda-se utilizar cimento de alta resistência inicial, pois este acelera a desmoldagem.

3. Metodologia

A metodologia adotada para a presente pesquisa, por tratar-se de um estudo onde é abordado as características do agregado reciclado e as alterações que estes causam nos blocos de concreto. Tendo como finalidade comparativo entre o bloco de concreto reciclado com os parâmetros descritos nas normas vigentes, analisados os resultados dos ensaios que foram realizados e os seus procedimentos. Dessa forma, esta pesquisa pode ser definida como um estudo do tipo comparativo-qualitativo.

Para que a sua composição seja feita de forma correta precisa-se seguir as Normas Técnicas brasileiras (NBR's) específicas para esse tipo de produto e para os seus componentes, cada um deles deve ser ensaiado de forma a descobrir se sua utilização é possível segundo as definições requisitadas pelas normas e se conseguem conceder ao bloco as características necessárias para sua fabricação e utilização. A forma utilizada dispõe de uma mísula maior, para além de ajudar na desforma aumentar a sua resistência a compressão. A forma tem as dimensões úteis de 39 centímetros (cm) de comprimento, 11,5 cm de largura e por fim 19 cm de altura. O aglomerante utilizado é cimento portland de alta resistência inicial (CP V), o qual tem a peculiaridade de atingir altas resistências já nos primeiros dias da aplicação. A borracha deve estar triturada e sem partes aglomeradas, para que possa ter uma boa mistura e não crie pontos de



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
16 a 18 de novembro de 2021

falha. O polietileno deve ter dimensões inferiores a 5 milímetros de diâmetro, e o aglomerante utilizado ser o CPV.

As características do agregado reciclado são obtidas através de ensaios, para assim saber se esse está dentro dos parâmetros para a sua utilização. É necessário então encontrar a sua massa específica, definir a granulometria e encontrar seu módulo de finura, além de realizar um peneiramento prévio para retirar as impurezas e grãos maiores que 9,5 mm, pois causam influências negativas aos blocos.

Para a análise granulométrica do agregado o ensaio adotado está disposto na norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 7217/1987. Para assim analisar módulo de finura do agregado reciclado, utilizando a norma da ABNT NBR 7211/2005, para a sua definição soma-se as porcentagens retidas acumuladas em massa nas peneiras e dividiu esse valor por 100. Para definição da massa específica do agregado miúdo reciclado toma-se como base a norma da Associação Mercosul de Normalização (AMN) NM 52/2009.

A fabricação dos blocos é feita utilizando concretos de consistência seca, esse é composto por cimento Portland de alta resistência inicial (CPV), agregado miúdo reciclado, além de conter adição de polietileno e borracha reciclados e triturados. A utilização do CPV é recomendada por causa da desmoldagem imediata.

Para a execução do bloco de concreto é necessária uma pá para manuseio da massa, uma betoneira para fazer a mistura, uma forma do bloco e um balde para dosagem do concreto. A areia natural é totalmente substituída pelo agregado reciclado, a qual é colocado na betoneira com cimento, água, o polietileno e a borracha (Figura 01) e a água é dosada aos poucos a mistura, até obter uma consistência em que pode ser aglomerada na mão, depois da consistência adequada ser definida permanece por 3 minutos, em seguida é despejada. Posterior na forma do bloco é aplicada uma camada de óleo mineral, para facilitar a desmoldagem.

Em sequência o concreto é colocado na forma, em camadas, e compactado com alguns golpes do molde no chão, após isto acrescenta-se então o material novamente, porém até ultrapassar o limite da forma que foi compactada para então ter a sua borda arrasada e regularizada com o auxílio da pá, por fim o bloco é desmoldado (Figura 02). O mesmo fica em repouso no local, onde é desmoldado, por 48 horas.

Figura 01 – CPV e agregado reciclado (A), borracha e polietileno (B) e betoneira (C).



Fonte: Autor (2019).



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
16 a 18 de novembro de 2021

Figura 03 – Blocos desmoldados.



Fonte: Autor (2019).

Para uma comparação com os blocos de concreto convencionais os blocos de concreto ecológicos tiveram seus ensaios descritos de acordo com a norma ABNT NBR 12118/2013, para dessa maneira comparar com os parâmetros descritos na NBR 6136/2016.

O ensaio de absorção de água do bloco, é importante para saber onde este pode ser utilizado, este seguiu o procedimento descrito na NBR 12118/2013.

A resistência a compressão do bloco é um dos parâmetros mais importantes, pois com ela podemos definir em quais funções esses podem ser utilizados. De acordo com a ABNT NBR 12118/2013 foram ensaiados 6 blocos, que é amostragem mínima descrita. Inicialmente o bloco é capeado para deixar as faces superior e inferior dos blocos planas e uniformes, com espessura de 2 cm cada face, esse passo precisa ser realizado para que a compressão ocorra de forma uniforme em todo o bloco. Após capeados ficaram 24 horas curando a argamassa, em seguida no laboratório são aferidas as suas dimensões, após é levado a prensa hidráulica, e os dados dos blocos, como as dimensões, quantidade de corpos de prova, e o tempo total de cura, foram alimentados no programa da prensa. Em seguida os blocos foram alocados, de forma centralizada, e rompidos, assim definida a resistência a compressão de cada bloco.

Após os resultados encontrados no ensaio de resistência a compressão, a NBR 6136/2016 pede que seja definido o valor estimado da resistência característica à compressão ($f_{bk,est}$) do lote, este é feito para minorar a resistência assim dando uma maior segurança a este resultado. Os valores de resistência a compressão são medidos em megapascals (Mpa) segundo esta norma.

4. Resultados

Através dos ensaios realizados em conformidade com as normas técnicas NM 52/2009 e NBR 7217/1987 o material reciclado foi caracterizado. O ensaio de peneiramento foi importante para descobrir a granulometria desse agregado e se teriam problemas em sua aplicação para a confecção do bloco. Utilizando os dados do peneiramento de cada amostra (Figura 04 e 05) e da média entre as amostras (Figura 06), utilizou a abertura da peneira e o material pas-



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
 VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
 16 a 18 de novembro de 2021

sante, o último em porcentagem, para construir um gráfico (Figura 07) para análise da sua granulometria, traçando-se no mesmo a curva de cada ensaio e foi também elaborada a curva média. Tomando como base o peneiramento adotou o material retido médio em cada peneira, em porcentagem, para assim definir o módulo de finura do agregado.

Segundo a NBR 7211/2005 a distribuição granulométrica do agregado miúdo deve se adequar limites estabelecidos na Figura 08. Comparando os valores obtidos na Figura 06, nota-se que o agregado se encaixa nos limites superiores ente a zona ótima e a utilizável, dessa forma podendo ser empregado como agregado. Já o módulo de finura foi definida utilizando a tabela da média (Figura 06) entre as amostras do agregado reciclado, este se enquadrou segundo a NBR 7211/2005 na zona utilizável superior da Figura 08.

Figura 04 – Peneiramento amostra 1.

Peneira		Amostra 1			
n°	mm	Retida (g)	% Retida	% Retida Acm.	% Passante
3/8	9,5	0	0,00	0,0	100,0
4	4,75	8,7	0,9	0,9	99,1
8	2,36	113,2	11,3	12,2	87,8
16	1,18	251,6	25,2	37,4	62,7
30	0,6	307,8	30,8	68,1	31,9
50	0,3	215,8	21,6	89,7	10,3
100	0,15	81,9	8,2	97,9	2,1
CUBA		20,9	2,1	100,0	0,0

Fonte: Autor (2019).

Figura 05 – Peneiramento amostra 2.

Peneira		Amostra 2			
n°	mm	Retida (g)	% Retida	% Retida Acm.	% Passante
3/8	9,5	0	0,0	0,0	100,00
4	4,75	14,9	1,5	1,5	98,5
8	2,36	123,2	12,3	13,8	86,2
16	1,18	141,5	14,2	28,0	72,0
30	0,6	457,8	45,8	73,7	26,3
50	0,3	149,4	14,9	88,7	11,3
100	0,15	89,1	8,9	97,6	2,4
CUBA		23,9	2,4	100,0	0,0

Fonte: Autor (2019).

Figura 06 – Peneiramento médio das amostras e módulo de finura.

Peneira		% Retida Acm. Média	% Passante Me- dia	Módulo de Finura
n°	mm			
3/8	9,5	0	100	3,06
4	4,75	1,2	98,8	

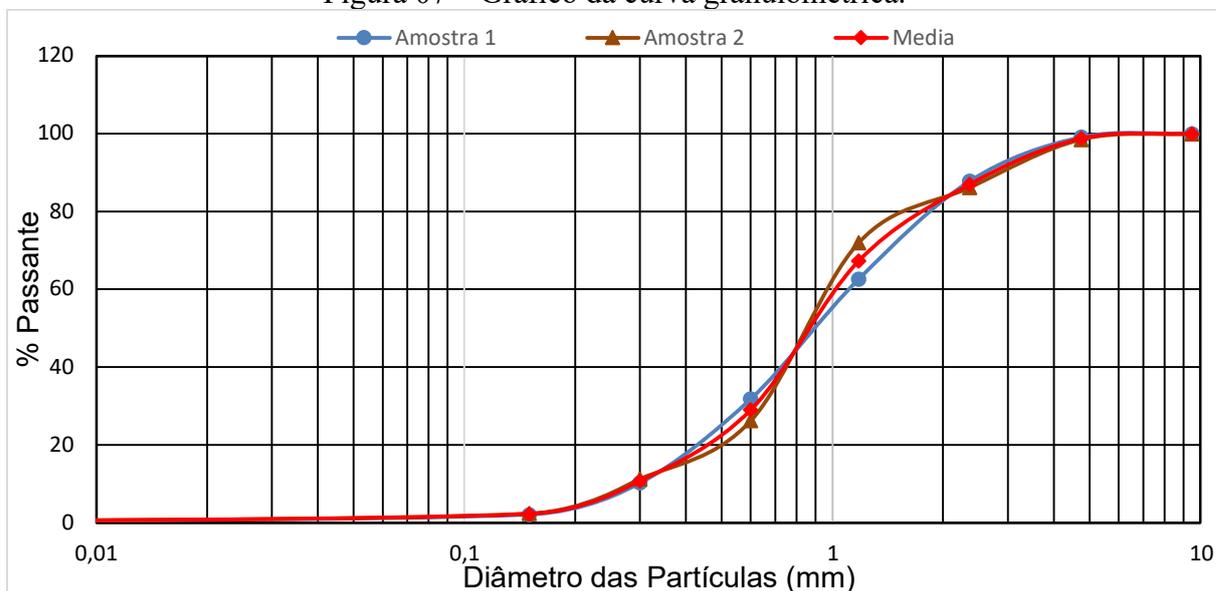


III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
 VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
 16 a 18 de novembro de 2021

8	2,36	13	87
16	1,18	32,7	67,3
30	0,6	70,9	29,1
50	0,3	89,2	10,8
100	0,15	97,7	2,3
CUBA		100	0

Fonte: Autor (2019).

Figura 07 – Gráfico da curva granulométrica.



Fonte: Autor (2019).

Figura 08 -Limites da distribuição granulométrica do agregado miúdo.

Peneira com abertura de malha (ABNT NBR NM ISO 3310-1)	Porcentagem, em massa, retida acumulada			
	Limites inferiores		Limites superiores	
	Zona utilizável	Zona ótima	Zona ótima	Zona utilizável
9,5 mm	0	0	0	0
6,3 mm	0	0	0	7
4,75 mm	0	0	5	10
2,36 mm	0	10	20	25
1,18 mm	5	20	30	50
600 µm	15	35	55	70
300 µm	50	55	85	95
150 µm	85	90	95	100



NOTAS

- O módulo de finura da zona ótima varia de 2,20 a 2,90.
- O módulo de finura da zona utilizável inferior varia de 1,55 a 2,20.
- O módulo de finura da zona utilizável superior varia de 2,90 a 3,50.

Fonte: NBR 7211 (2005).

Já o ensaio para definir o peso específico serviu para comparação com o peso específico da areia comum. Utilizando os valores encontrados no ensaio e aplicando nas Equações 01, assim encontrando o volume de água adicionada ao frasco (V_a), e na Equação 02, desta forma definindo a massa específica da areia reciclada (m_{agm}) (Figura 09).

De acordo com Buttler (2007 apud GLAVIND e HAUGAARD, 1998), a Associação Dinamarquesa de Concreto apresentou sugestões para a aplicação de agregados reciclados de concreto, essas dividindo-os em duas classes, nota-se que o agregado desta pesquisa se enquadra na classe GP1, cujo essa é composta por agregados a massa específica acima de $2,2 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ e podem ser aplicados em concreto armado ou simples, em ambientes com classe de agressividade baixa ou moderada, e para resistência de até 40 Mpa.

Figura 09 – Massa retida por peneira.

$m_{a2} \text{ (g)}$	$m_{a2} \text{ (g)}$	$\rho_a \text{ (g} \cdot \text{cm}^{-3}\text{)}$	$V_a \text{ (cm}^3\text{)}$	$V \text{ (cm}^3\text{)}$	$m_{as} \text{ (g)}$	$m_{agm} \text{ (g} \cdot \text{cm}^{-3}\text{)}$
764,6	1051,5	1	286,9	500	500	2,35

Fonte: Autor (2019).

Os blocos de concreto tiveram seus ensaios executados de acordo com a norma ABNT NBR 12118/2013, para dessa maneira comparar com os parâmetros descritos na NBR 6136/2016. O ensaio de absorção de água tem função primordial pois este influencia muito nas características do bloco e na sua utilização, a Figura 10 mostra os dados coletados e os resultados da Equação 3 aplicada para cada bloco utilizado, observando-a nota-se que a absorção de água média do ensaio é 16,90%.

Com análise do ensaio de absorção de água, notou-se que o índice de absorção não atende os parâmetros dispostos na NBR 6136/2016, a qual dispõe que para blocos não-estruturais sua absorção de água tem que ser menor ou igual a 10%. Para Buttler (2007), os agregados reciclados quando usados em blocos de concreto, proporciona a este uma alta absorção de água, proveniente da presença da argamassa e a da cerâmica em sua composição, o que confirma os dados obtidos no experimento realizado.

Figura 10 – Absorção de água.

Bloco	$m_b \text{ 1 (g)}$	$m_b \text{ 2 (g)}$	Variação de massa (%)	$m_b \text{ s (g)}$	Absorção de água (%)
1	1003	999	0,40	1162	16,32
2	1003	999	0,40	1170	17,12
3	998	997	0,10	1169	17,25

Fonte: Autor (2019).



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
 VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
 16 a 18 de novembro de 2021

O ensaio de resistência a compressão, seguiu os requisitos solicitados na ABNT NBR 12118/2013, para que o ensaio obtivesse valores realmente condizentes e pudessem ser utilizados como comparativos nessa pesquisa. Os resultados do ensaio foram inseridos nas Equações 5 e 6 para assim definir o valor do f_{bk} adotado para esta pesquisa, o qual minora o valor real para uma maior segurança, após os valores foram descritos na Figura 11.

Segundo a NBR 6136/2016, os blocos de concreto são divididos em três classes, que variam de acordo com a sua resistência a compressão, esses se dividem conforme a Figura 12. Tomando como base está NBR, notou-se que os blocos têm sua resistência se enquadrando na classe B, sem função estrutural. Segundo Buttler (2007), a resistência dos blocos tem uma grande influência da energia de compactação utilizada em seu processo de fabricação, dessa maneira ressalta a eficiência e a qualidade final que a utilização da vibro-prensa causa unidades produzidas.

Figura 11 – Blocos da fábrica de pré-moldados.

Corpo de Prova	Força Máxima (N)	Resistência à compressão (Mpa)				
		Individual	Media	$\psi \cdot f_{(b1)}$	$f_{bk,est}$	f_{bk} , adotado
1	280705	6,3	4,8	3,56	3,7	3,7
2	200821	4,5				
3	226536	5,1				
4	203341	4,5				
5	178368	4,0				
6	189409	4,2				

Fonte: Autor (2019).

Figura 12 – Classe de resistência NBR 6136.

Classificação	Classe	Resistencia característica à compressão axial (Mpa)
Com função estrutural	A	$f_{bk} \geq 8$
	B	$4 \leq f_{bk} < 8$
Sem função estrutural	C	$f_{bk} \geq 3$

Fonte: NBR 6136 (2016).

Por fim foi definido o custo unitário do bloco, levando em conta os valores do quilo dos materiais utilizados, valores base descritos na Figura 13. Segundo Bastos, et al (2016), o custo unitário do bloco de concreto convencional é 1,34 reais (R\$), fora a mão de obra, contando somente os valores dos materiais. Para a confecção do bloco o valor unitário é de 1,29 R\$. Para comparar os resultados encontrados sobre o bloco de convencional e o reciclado, executou-se o Figura 14.

Figura 13 – Custo por quilo dos materiais.

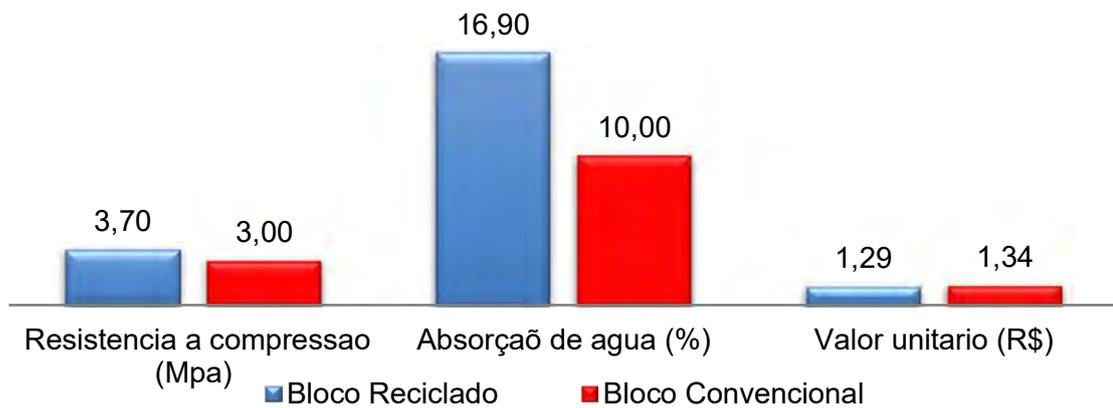
Cimento	Agregado Reciclado	Polietileno Reciclado	Pneu Reciclado
R\$ 0,40	R\$ 0,03	R\$ 1,60	R\$ 1,40



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
 VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
 16 a 18 de novembro de 2021

Fonte: Autor (2019).

Figura 14 – Bloco convencional X Bloco reciclado.



Fonte: Autor (2019).

5. Conclusões

Conclui-se que de acordo com os resultados obtidos pela pesquisa, levando em conta a NBR 6136/2016, a reutilização de agregados reciclados para a confecção de blocos de concreto não estrutural foi satisfatória. Ressalta-se que a aplicação de agregados, pneu e polietileno reciclados na composição de blocos possibilita a minimização dos impactos ao meio ambiente, além da redução dos gastos em sua fabricação.

Os ensaios realizados no agregado reciclado ficaram dentro do parâmetro permitido para os agregados miúdos disposto pela NBR 7211/2005 e pela Associação Dinamarquesa de Concreto. O ensaio de resistência a compressão do bloco está de acordo com o solicitado pela norma para blocos não estruturais, já o índice de absorção de água ficou acima do que está estabelecido na NBR 6136/2016, excedendo o limite de 10%, possivelmente pela compactação manual do bloco.

Logo o bloco deve ser utilizado em áreas internas, de forma a evitar sua utilização em áreas molhadas ou que possuam uma umidade elevada, assim evitando futuros problemas. Ademais, a sua confecção pode ser feita através de vibro prensas para assim ter um melhor adensamento de forma a diminuir a quantidade de vazios, outro método pode ser ajustando a sua dosagem com a utilização de aditivos para reduzir a quantidade de cimento e de água em seu traço, solucionando, assim, este problema e expandindo suas formas de aplicações.

7. Referências bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 5738: Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro, 2008.

_____. NBR 5739: Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndrico. Rio de Janeiro, 2007.



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
16 a 18 de novembro de 2021

_____. NBR 6136: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria estrutural: requisitos. Rio de Janeiro, 2016.

_____. NBR 7211: Agregados para concreto - Especificação. Rio de Janeiro, 2005.

_____. NBR 7217: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 1987.

_____. NBR 8953: Concreto para fins estruturais – Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência. Rio de Janeiro, 2015.

_____. NBR 10004: Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

_____. NBR 12118: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria: métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2013.

_____. NBR 12655: Concreto de cimento Portland – Preparo, controle de recebimento – Procedimento. Rio de Janeiro, 2006.

_____. NBR 16697: Cimento Portland – Requisitos. Rio de Janeiro, 2018.

Associação Mercosul de Normalização (AMN). NM 52: Agregado miúdo - Determinação de massa específica e massa específica aparente. 2009.

Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos (ANIP). LIVRO BRANCO DA INDÚSTRIA DE PNEUS: uma política industrial para o setor. 1. ed. [S. l.: s. n.], 2015. 43 p. Disponível em: <http://www.anip.com.br/arquivos/f8201-white-book-versao-final.pdf>. Acesso em: 1 nov. 2019.

BASTOS, Isadora Andrade *et al.* Revista Científica FAESA. Fabricação de blocos de concreto para vedação com o uso de agregados reciclados em canteiro de obras, [s. l.], v. 12, ed. 1, 1 dez. 2016. Disponível em: <http://revista.faesa.br/revista/index.php/Faesa/issue/view/2>. Acesso em: 24 out. 2019.

BUTTLER, Alexandre Marques. USO DE AGREGADOS RECICLADOS DE CONCRETO EM BLOCOS DE ALVENARIA ESTRUTURAL. 2007. Tese (Doutor em Engenharia de Estruturas) - Universidade de São Paulo, [S. l.], 2007. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-16102007-111106/pt-br.php>. Acesso em: 25 out. 2019.

Fundo Mundial para a Natureza (WWF). Brasil é o 4º país do mundo que mais gera lixo plástico. [S. l.], 2019. Disponível em: <https://www.wwf.org.br/?70222/Brasil-e-o-4-pais-do-mundo-que-mais-gera-lixo-plastico>. Acesso em: 31 out. 2019.