

UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO (RCD) EM CONCRETO PARA PISO INTERTRAVADO

Lucas Gabriel Riva de Jesus¹, Maiza Breda Sartório¹, Paulo Henrique Ventura¹, Glacieli da Cruz Costa²

¹Acadêmicos de Engenharia Civil – Faculdade Multivix Nova Venécia.

²Engenheira Civil e de Segurança do Trabalho – Docente Faculdade Multivix Nova Venécia.

RESUMO

O cenário da construção civil está em desenvolvimento constante e acelerado, e apesar de se mostrar cada vez mais evoluído em levar utilidade e conforto, os resíduos gerados nas diferentes etapas da construção crescem em níveis alarmantes, e o descarte irregular continua acontecendo, e causando uma série de problemas sociais, financeiros e ambientais. Neste contexto, a reutilização dos resíduos de construção e demolição (RCD) se mostra como uma alternativa sustentável que contribui com a redução da problemática causada pelo grande volume de entulho gerados nas obras. A presente pesquisa tem como objetivo analisar o impacto causado na resistência à compressão do concreto para pavimentos intertravados, produzido com diferentes percentuais de substituição de agregados reciclados. Para isso, realizou-se uma revisão bibliográfica acerca do uso do RCD como alternativa de substituição dos agregados naturais. Os resultados têm se mostrado satisfatórios, atingindo padrões que atendem as normas vigentes, indicando a viabilidade técnica da utilização do RCD no concreto para pisos intertravados.

Palavras-chave: Reciclagem; análise; reutilização; concreto.

ABSTRACT

The civil construction scenario is in constant and accelerated development, and despite showing itself to be increasingly evolved in bringing utility and comfort, the waste generated in the different stages of construction grows at alarming levels, and irregular disposal continues to occur, causing a series of social, financial and environmental problems. In this context, the reuse of construction and demolition waste (RCD) appears to be a sustainable alternative that contributes to reducing the problems caused by the large volume of debris generated during construction work. This research aims to analyze the impact on the compressive strength of concrete for interlocking pavements, produced with different percentages of recycled aggregate replacement. To this end, a literature review was carried out on the use of RCD as an alternative to replacing natural aggregates. The results have been satisfactory, reaching standards that meet current standards, indicating the technical feasibility of using RCD in concrete for interlocking floors.

Keywords: Recycling; analysis; reuse; concrete.

1 INTRODUÇÃO

Devido ao acelerado processo de evolução tecnológica em todas as áreas industriais, e principalmente no setor da engenharia, que vem acontecendo nos últimos anos, aumentou-se a preocupação com a disponibilidade de recursos, métodos construtivos, e geração de resíduos, e como isso impacta o meio ambiente. É fato que se faz necessário encontrar soluções sustentáveis para vários problemas decorrentes deste setor, entre os quais se destaca a geração desordenada de resíduos de construção e demolição (RCD).

Segundo o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), os RCD's "são os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos" (CONAMA, 2002). Esses resíduos, não podem ser coletados como lixo comum, os mesmos devem ter coleta e destinação final especial, devido sua heterogeneidade e ainda pela possibilidade de presença de elementos contaminantes, sendo necessária uma separação minuciosa daquilo que pode ser reaproveitado e o que deve ser descartado. Porém, o grande problema enfrentado pela situação atual é o volume de resíduos gerados nas diversas etapas de construção, muitas vezes depositados em locais irregulares, causando inúmeros problemas ambientais e urbanos devido ao seu mau gerenciamento.

O concreto está entre os produtos presentes em praticamente todas as obras, sendo utilizado desde a fundação até a cobertura das edificações, com finalidades estruturais e não estruturais. Diante disso, estudos vêm sendo feitos visando a reutilização de RCD na produção de novo concreto, criando um ciclo de reaproveitamento que pode diminuir drasticamente a quantidade de resíduos enviados para seus destinos finais de descarte, se apresentando como uma medida sustentável para a mitigação do problema. Tais pesquisas, visam o desenvolvimento de técnicas e dosagens que possibilitem a utilização do RCD com maior confiança, visto que estes resíduos apresentam características diferentes dos agregados naturais.

O objetivo geral desse estudo é avaliar o impacto na resistência do concreto onde há o uso de resíduos de construção e demolição, com característica voltada para a confecção de piso intertravado. A avaliação consiste principalmente em verificar até que ponto é possível substituir agregados naturais por agregados reciclados, sem comprometer a resistência requerida ao concreto produzido com agregados naturais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 RESÍDUO DE CONSTRUÇÃO CIVIL (RCC)

Ballista (2003) considera que a humanidade mesmo possuindo a capacidade de elaboração de complexos sistemas socioeconômicos, esqueceu-se de considerar que os recursos naturais oferecidos pela natureza podem se esgotar. Ainda segundo o autor, há séculos esses recursos são utilizados de forma indevida e irresponsável pelos seres humanos. A NBR 15116 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT, 2021) define como resíduos de construção civil, os resíduos originados de construção, reformas, reparos e demolições de edificações como tijolos, blocos cerâmicos, concreto, madeira, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica; etc.; e resultantes de preparação e escavação de solo, como terra e rochas, esses resíduos são popularmente denominados entulhos.

O CONAMA (2002) também define agregado reciclado como sendo um material granular proveniente da utilização de resíduos de construção ou demolição de obras civis moídos, como agregados na composição do concreto, esse material deve apresentar características técnicas para a sua aplicação em obras de edificação e infraestrutura.

De acordo com Pinheiro (2003) o ciclo de vida de qualquer construção requer uma grande quantidade de matéria prima, energia e água para sua execução. Há também uma grande geração de resíduos em cada atividade

executada, isso deixa cada vez mais claro que se torna necessário construir de forma sustentável. Os resíduos gerados pelas construções têm diversos destinos, porém com intuito sustentável é possível transformar parte do mesmo em agregados reciclados, podendo ser utilizados na confecção de um novo concreto que irão compor novas edificações, reutilizando algo que seria descartado na natureza e minimizando os impactos causados pela retirada de novos agregados naturais (CONAMA, 2002).

Dessa maneira a NBR 15116 (ABNT, 2021) estabelece que não são todos os tipos de resíduos que podem ser reaproveitados. Isso se deve as suas características. Alguns, por exemplo, podem conter elementos tóxicos ou mesmo serem inviáveis economicamente para o serviço, o que tira a viabilidade de seu uso em substituição do agregado natural por agregados reciclados.

John (2000) relata que de acordo com as normas técnicas vigentes, as possibilidades de reciclagem dos resíduos podem variar conforme a sua composição, o autor cita que as composições específicas de cada material que originou os agregados têm melhor aplicação em concretos com finalidades diferentes. As partes que são compostas em sua maioria por material proveniente de concreto estrutural feitos com rochas naturais, são melhor aproveitados na confecção de um novo concreto estrutural, já quando é um material proveniente de porção mais porosa como argamassa e produtos cerâmicos ou de revestimentos, tem melhor aplicação em concretos onde não necessite de grandes resistências, pois essa característica provoca a perda de resistência e aumento da absorção de água nesse novo concreto.

Dessa forma, os agregados mistos, que tem como composição os dois tipos de materiais, tem aplicação mais fácil em concretos que demandam de menor resistência, como podemos citar contra pisos, camadas drenantes e etc., essas são aplicações já consideradas tradicionais no mercado, mesmo que ainda demandem de alguns problemas técnicos (JOHN, 2000).

Como se pode verificar, segundo a NBR 15116 (ABNT, 2021) cada tipo de resíduo gera um tipo de agregado diferente e que tem melhor aplicação em áreas

específicas, essas características influenciam na viabilidade ou não da substituição, por isso os ensaios e estudos se fazem necessários para a aplicação dos agregados reciclados. Ainda de acordo com a NBR 15116 (ABNT, 2021), é possível ressaltar que os agregados reciclados podem ser divididos em dois tipos, o primeiro é o agregado de resíduo de concreto, ele se diferencia por ser composto em 90% ou mais de resíduos provenientes de cimento Portland ou rochas, já o segundo tipo, agregado de resíduo misto, tem sua composição com esses elementos abaixo dos 90%, sendo que o restante é composto por resíduos originados de outros materiais usados na construção (NBR 15116, ABNT, 2021).

2.2 CARACTERÍSTICAS DOS AGREGADOS RECICLADOS

Os agregados reciclados apresentam características diferentes dos agregados naturais, e quando são utilizados na confecção de concreto, deve ser avaliado seu comportamento na composição desse material. Para Leite (2011) somente uma caracterização sistemática dos agregados produzidos a partir de resíduos de construção e demolição permitirá melhor difusão do seu uso em concretos. Conhecer bem o comportamento do material reciclado dentro das misturas de concreto resultará em produtos de melhor qualidade e romperá possíveis barreiras para o completo reaproveitamento do resíduo. Para suprir a necessidade de obtenção de concretos mais duráveis e resistentes tem-se conduzido estudos mais aprofundados a respeito das propriedades dos agregados.

Sendo assim, além de uma função econômica na composição do concreto, o RCD pode influenciar não só na trabalhabilidade, como também nas suas propriedades físicas, mecânicas e na durabilidade (LEITE, 2011).

De acordo com Mehta e Monteiro (1994), entre o agregado e a argamassa, a ligação entre esses componentes é feita através da zona de transição, e esse é o ponto mais fraco do concreto, que influencia na resistência à compressão, flexão, tração e módulo de elasticidade do concreto seco. Em concretos produzidos com

agregados reciclados de RCD, existem dois tipos de ligação entre os agregados e a argamassa, uma zona de transição entre o agregado natural e a argamassa antiga (que deu origem ao agregado de RCD) e outra zona de transição entre a argamassa antiga do agregado com a argamassa nova; enquanto que na argamassa comum, há apenas a zona de transição entre a argamassa com o agregado natural (MEHTA; MONTEIRO, 1994).

Cabral (2007) fala a respeito de um outro fato que interfere no desempenho do concreto, que é o teor de argamassa do concreto original. Etxeberria (2006) afirma que 50% de toda a massa de resíduos gerados a partir de demolição de construções, é composta de restos de concreto. Segundo Cabral (2007), geralmente é aceito que quanto menor for a quantidade de concreto menor será o montante de agregado produzido a partir da britagem e moagem desse material. Topçu e Sengel (2004) relatam que é importante conhecer o teor de argamassa do agregado reciclado, uma vez que este influencia nas propriedades do concreto com relação ao módulo de elasticidade, grau de fissuração e a retração por secagem. Os autores, em seus estudos, encontraram um teor de argamassa de 30% nos agregados graúdos e 60% para agregados miúdos, e também perceberam que a quantidade de vezes que o material passa pelo processo de moagem interfere nesse fator, e isso ocorre independentemente da resistência anterior do concreto que deu origem ao agregado reciclado.

Por serem originados de um concreto existente, obviamente as condições em que foi confeccionado o concreto anterior, tem influência nesse novo. Agregados reciclados provenientes de concreto feito com uma baixa relação água/cimento (a/c) ou com adição de pozolonas são menos porosos que os agregados provenientes de concretos ditos convencionais. A relação a/c influencia nas propriedades do concreto determinando que quando essa se encontra elevada, entre outras consequências, ocasiona a formação de uma película de água na superfície do agregado, o que promove o surgimento de uma interface porosa e de baixa resistência (POON, 2004). Confirmando isso, Otsuki (2003) obteve uma redução de 14% na absorção de água feita pelo agregado reciclado de concreto,

apenas com o aumento da resistência em 112% do concreto que deu origem ao agregado. Além disso, Angulo e Figueiredo (2011) dizem que ao utilizar agregados de RCD, há uma interferência nas condições de mistura e na trabalhabilidade do concreto fresco. A quantidade de água adicionada a esse concreto é o que determina essas condições.

Segundo Evangelista e Brito (2010) o agregado miúdo reciclado tem menor massa específica que o agregado natural, decorrente da sua maior porosidade, e a sua absorção de água é em 80% superior à do agregado natural. Mehta e Monteiro (2008) afirmam que essa característica do agregado utilizado interfere na massa específica do concreto durante o estado fresco, assim como a textura e forma das partículas.

Gomez-soberion (2010) constatou em seus estudos que os agregados reciclados apresentaram poros em média 40% maiores que os agregados naturais. Da mesma forma, Latterza (1998) diz que o agregado de RCD é mais poroso e por isso absorve parte da água adicionada à pasta de cimento.

Leite (2011) diz que concretos produzidos com agregados reciclados são mais porosos que concretos produzidos de forma convencional a partir de agregados naturais. As características dos agregados que influenciam no concreto dizem respeito à porosidade, formato das partículas sólidas e a natureza do material a ser usado na confecção do concreto, podendo assim aumentar a relação a/c , o que acarreta posteriormente a diminuição da massa específica do concreto. O autor também afirma que concretos produzidos a partir de agregados reciclados, apresentam perda de trabalhabilidade e aumento no consumo de cimento, resultante da alta absorção de água desse material devido a porosidade.

Diante desse fator, Oliveira e Vazquez (1996) afirmam que se o agregado reciclado não for previamente molhado, isso faz com que ocorra uma redução da relação a/c efetiva do concreto, ocasionando diminuição na consistência da massa, porém ocorre um pequeno aumento na sua resistência mecânica, no entanto, se o agregado é completamente saturado, há uma migração da água sobressalente para a pasta de cimento, o que implica em uma diminuição dessa resistência.

Diante disso, Latterza (1998) recomenda que seja feita uma pré-molhagem de aproximadamente 80% a 90% da absorção de água em 24 horas, para que essa migração de água seja corrigida, evitando a necessidade da adição de aditivos além de possibilitar melhora no comportamento mecânico do concreto.

Oliveira e Vazquez (1996) afirmam que a água usada na pré molhagem, não deve ser levada em conta no cálculo da relação a/c do concreto, isso faria com que a relação água cimento efetiva diminuísse, dando assim a falsa impressão de que o agregado mais poroso, promove um concreto mais resistente.

Essa prática também já é especificada na norma NBR 15116 (ABNT 2021) que diz que para o preparo de concreto sem função estrutural utilizando agregado reciclado dentro das especificações citadas anteriormente, faz-se necessária a pré-molhagem dos agregados miúdo e graúdo.

A definição dos traços do concreto referência (sem substituição) e do concreto com substituição de agregados reciclados, foi baseado, principalmente, na pesquisa de Barboza e Bastos (2008), onde o traço é pré-estabelecido em função da resistência à compressão que se deseja alcançar em determinada idade, sendo de 35 MPa a referência requerida para esta pesquisa como coeficiente de segurança.

Para determinar as características dos agregados, os seguintes ensaios são requeridos: ensaios de compressão, determinação da composição granulométrica; determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água do agregado graúdo; (ABNT, NBR NM 53:2003).

No procedimento, a primeira etapa é a seleção, a coleta e a trituração do material RCD. A segunda é caracterizar a granulometria do material, utilizando-se dos testes de massa unitária, massa específica e o de absorção de água para avaliar o material. A terceira etapa é determinar o traço que será utilizado no processo. A quarta se define em testes: fabricar o corpo de prova cilíndrico, realizar o teste de resistência a compressão com diferentes porcentagens de substituição do agregado por RCD triturado. A última etapa é a caracterização dos corpos após

os testes e análise dos resultados de desempenho, incluindo absorção de água, índice de vazios e massa específica. Após, se dá a realização da confecção dos PPC retangular e o teste físico. A resistência à compressão do concreto deve ser realizada de acordo com a NBR 5739 (ABNT, 2018).

O concreto referência e o concreto com substituição é preparados seguindo o seguinte roteiro: Mistura dos agregados por 1 minuto; adição do cimento misturando por mais 1 minuto; adição da água misturando por mais 1 minuto, além de mais 1 minuto de mistura com todos os materiais já inseridos, após isso o amassamento de maneira uniforme e lenta para que a mistura fique homogênea. Vale ressaltar, que nas misturas que são utilizados agregado reciclado miúdo, o mesmo passa pela pré-molhagem para controle da absorção de água, devido a granulometria do agregado graúdo, sua pré molhagem é realizada apenas em forma de lavagem. Os procedimentos utilizados para a moldagem dos corpos de provas são regidos pela NBR 5738 (ABNT, 2015), sendo desmoldados após 24 horas, sendo mantidos em processo de cura até o momento do rompimento.

2.3 PAVIMENTO INTERTRAVADO

Segundo a NBR 9781 (2013), pavimento intertravado é um pavimento flexível cuja a estrutura é composta por sub-base e base, seguida por uma camada de revestimento constituída por blocos de concreto colocados lado a lado sob uma camada de assentamento, cuja as juntas entre as peças são preenchidas com areia e o intertravamento do sistema é proporcionado pelas contenções.

Na Figura 1, é apresentado de forma detalhada a estrutura do pavimento.

Figura 1 – Elementos do Pavimento Intertravado



Fonte: ABCP (2001 apud KOHLER, 2013)

A NBR 9781 (2013) também descreve o intertravamento, como a “capacidade das peças de concreto de resistir a deslocamentos individuais, sejam elas verticais, horizontais, de rotação ou giração, em relação às peças adjacentes.” A obtenção dessa característica entre os blocos é essencial, pois é o fator que garantirá a durabilidade do pavimento.

Além disso, por se tratar de uma técnica de uso externo e bastante exposto à umidade, também deve levar em consideração o fator de absorção de água dos blocos. Segundo Cruz (2003 apud KOHLER, 2013) a absorção de água pode mensurar a durabilidade dos blocos, pois aponta o volume de vazios existentes e, com isso, sua permeabilidade. Quanto maior a permeabilidade, menor a resistência ao processo de eflorescência. A NBR 9781 (2013) define que a taxa de absorção de água deve apresentar um valor médio menor que 6%, porém pode-se considerar valores que não ultrapassem 7% de absorção.

Os bloquetes pré-moldados recebem o nome de *pavers* e podem ser de diversos formatos e cores. No Brasil, “[...] o assentamento é dado por um processo manual, mas em países que utilizam esse sistema há mais tempo, já são empregados equipamentos automatizados na execução [...]” (KOHLER, 2013, p. 20)

Os *pavers* “[...] apresentam benefícios a curto e a longo prazo” (PIRÂMIDE, 2020), que tem como finalidade “[...] suportar as cargas e as tensões provocadas pelo tráfego, protegendo a camada de base do desgaste por abrasão e a mantendo com baixos níveis de umidade, permitindo melhor estabilidade do material constituinte. (HALLACK, 1998 apud KÖHLER, 2013, p. 18)

Conseqüentemente, por ser de fácil aplicação e de ótimo resultado, os *pavers* “[...] tem substituído o famoso paralelepípedo e, frequentemente, é muito utilizado em espaços públicos, como praças, estacionamentos, avenidas, calçadas, pátios, ciclovias [...]” (MAPA DA OBRA, 2017)

Assim, como descreve Kohler (2013), o uso de resíduos de construção, na confecção de blocos do pavimento intertravado, pode se tornar uma forma de utilização sustentável, gerando um melhor conforto na sociedade e diminuição do impacto ambiental causado pela indústria da construção civil.

2.4 RESULTADOS ENCONTRADOS APÓS ANÁLISE EM TESTES REALIZADOS EM TRABALHOS ESPECÍFICOS

Os trabalhos analisados foram ensaios feitos por Muller e Savaris (2013) e Bins et al. (2019), que desenvolveram o estudo através da substituição dos agregados naturais, por agregados provenientes da reciclagem de resíduos de construção e demolição (RCD), onde os mesmos não foram declarados nos artigos estudados. Bins et al. (2019), definiram quatro dosagens de substituição de agregados miúdos, para realizar a comparação entre eles, foi usado 0%, 25%, 50% e 100% de substituição por RCD. E Muller e Savaris (2013) utilizaram a substituição desses mesmos agregados em 0%, 20%, 30% e 40% por RCD.

Nas Tabelas 1 e 2 é possível verificar o traço utilizado por Muller e Savaris (2013) e Bins et al. (2019), respectivamente:

Tabela 1 – Quantidade de material empregada em cada traço.

Traço RCD (%)	Cimento (kg)	Agregado natural (kg)	Agregado reciclado (kg)	Água (kg)
ref.	1	7,74	-	0,32
20	1	6,19	1,54	0,32
30	1	5,41	2,32	0,32
40	1	4,65	3,10	0,32

Fonte: Adaptado de Muller e Savaris (2013).

Tabela 2 – Quantidade de material empregada em cada traço.

Traço RCD (%)	Cimento (kg)	Agregado natural (kg)	Agregado reciclado (kg)	Água (kg)
0	1	2,30	-	0,32
25	1	1,72	0,48	0,33
50	1	1,75	0,96	0,34
100	1	-	1,92	0,35

Fonte: Adaptado de Bins et al. (2019).

Bins et al. (2019) verificaram que ao utilizar o RCD na substituição de um agregado natural, deve ser levado em consideração fatores de uma característica modificada, portanto haverá diferença na quantidade a ser substituída. Dessa forma, antecipadamente, uma análise do RCD deve ser feita, para diminuir a chance de erros no traço. A análise feita por Bins et al. (2019), foi através da densidade de cada material, que procuraram uma equivalência entre eles, por meio

da fórmula apresentada na equação 1. O autor não revelou os resultados obtidos, mas deixou claro que a fórmula a seguir, foi o método que o levou a conclusão da substituição dos materiais.

Equação 1:

$$M_{RCD} = \frac{M_{Areia}}{\gamma_{Areia}} \cdot \gamma_{RCD}$$

Sendo:

M_{RCD} = a Massa do RCD, em Kg;

M_{Areia} = a Massa da Areia natural, em Kg;

γ_{RCD} = Peso específico do RCD, em Kg/m³; e γ_{Areia} = Peso específico da Areia natural, em Kg/m³.

Muller e Savaris (2013) não previram essa circunstância, portanto, o traço inicial adotado pelo autor, teve uma maior absorção de água do que o esperado. No momento da fabricação dos corpos de prova, foi observada alguma anomalia que certificava o caso, porém, não foi especificada pelos autores. Dessa forma, o traço inicial teve que passar por um aumento na quantidade de água adicionada. Entretanto, Muller e Savaris (2013), explica que a absorção se intensificou devido aos resíduos cerâmicos presentes no agregado reciclado.

Na Tabela 3, é apresentado a modificação do traço após a perspectiva da falta de análise do RCD.

Tabela 3 – Quantidade de material empregada em cada traço após adição de água.

Traço RCD (%)	Cimento (kg)	Agregado natural (kg)	Agregado reciclado (kg)	Água (kg)
ref.	1	7,74	-	0,32
20	1	6,19	1,54	0,40
30	1	5,41	2,32	0,49
40	1	4,65	3,10	0,49

Fonte: Adaptado de Muller e Savaris (2013).

Baseado nas NBR 9780 e NBR 9781, foi confeccionado os corpos de prova e realizado o ensaio de resistência à compressão e de absorção de água, seguindo os critérios definidos.

Nas Tabelas 4 e 5, pode-se verificar os resultados da resistência média à compressão, em MPa, do estudo de Bins et al. (2019) e Muller e Savaris (2013), respectivamente, com idade de 28 dias.

Tabela 4 - Resultados da média de resistência à compressão aos 28 dias.

Substituição por RCD (%)	Resistência à Compressão (MPa)
0	39,74
25	28,49
50	14,98
100	8,81

Fonte: Adaptado de Bins et al. (2019).

Tabela 5 - Resultados da média de resistência à compressão aos 28 dias.

Substituição por RCD (%)	Resistência à Compressão (MPa)
0	34,67
20	21,07
30	30,20
40	28,13

Fonte: Adaptado de Muller e Savaris (2013).

Assim como Bins et al. (2019) observaram, há uma respectiva queda da resistência, de acordo com o aumento do uso de RCD. Em um estudo de Kohler (2013), onde também foi feito a substituição por RCD, o ensaio de concreto com maior desempenho, foi o de 25% de RCD, onde obteve uma resistência de 20,28MPa, as outras com 50%, 75% e 100%, apresentaram uma queda na resistência de acordo com o aumento de RCD usado. Tornando essa, uma característica provável na maioria dos estudos de uso de RCD.

Apenas no estudo de Muller e Savaris (2013), que o concreto com 30% de substituição teve um aumento de 43,33% na resistência em comparação com o concreto de 20% de RCD, e o concreto de 40% também teve um aumento significativo comparado com o de 20%. Porém, posteriormente, os próximos traços continuaram com o padrão de declividade.

Em análise geral, o traço de 30% estudado por Muller e Savaris (2013), teve um melhor desempenho, chegando a 30,20 MPa. A NBR 9781 (2013), define que a resistência à compressão na idade estudada (28 dias), deve ser de 35MPa. Portanto, analisando as tabelas, e comparando com a definição da norma, percebe-se que todos os ensaios com agregados reciclados, não atenderam a resistência exigida, pois os resultados obtidos foram inferiores ao exigido pela norma, chegando na resistência máxima de apenas 28,49MPa.

Além da resistência, também foi analisada a taxa de absorção de água, portanto, nas Tabelas 7 e 8, é possível observar resultados dos ensaios de absorção feito pelos autores em estudo, Bins et al. (2019) e Muller e Savaris (2013).

Tabela 7 - Resultados da taxa de absorção de água aos 28 dias.

Substituição por RCD (%)	Absorção Média (%)
0	5,81
25	6,14
50	12,52
100	15,88

Fonte: Adaptado de Bins et al. (2019).

Tabela 8 - Resultados da taxa de absorção de água aos 28 dias.

Substituição por RCD (%)	Absorção Média (%)
0	2,93
20	3,70
30	4,38
40	5,30

Fonte: Adaptado de Muller e Savaris (2013).

Pode-se concluir, que quanto maior a utilização de RCD, maior a absorção de água, isso se dá, como já previsto, ao volume de resíduos cerâmicos presentes nos agregados reciclados.

Comparando os resultados das tabelas com o imposto pela norma (NBR 9781:2013), na Tabela 7, apenas o concreto de 0% e 25% de substituição por RCD atende ao requisitado e a tabela 8, foi alcançado um melhor controle de absorção, portanto, todos se enquadram a norma.

3 METODOLOGIA

A metodologia aplicada neste trabalho foi a revisão de literatura, com abordagem qualitativa e descritiva, tendo origem em análise em referencial teórico, bibliográfico e documental, trabalhando em artigos aprovados em que possuíam procedimentos experimentais para verificar os resultados do objeto de estudo.

Foram escolhidas obras relacionadas ao tema para comparação dos resultados obtidos, como os trabalhos de Muller e Savaris (2013) e Bins et al. (2019), onde obtiveram resultados semelhantes quanto ao empregado.

Partindo do conceito de que a reutilização dos resíduos de construção e demolição (RCD) se mostra como uma alternativa sustentável que contribui com a redução da problemática causada pelo grande volume de entulho gerados nas obras, o presente estudo se faz necessário para analisar os resultados obtidos através de revisão de literatura e apontar soluções seguras, seguindo as normas e procedimentos que as mesmas exigem.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O cenário do RCD no Brasil e no mundo, para que alcance grande escala, e surjam novas normas que padronizem sua utilização, necessita de vários estudos, e cada nova informação adquirida, é um acréscimo importante para alcançar esse objetivo. Diante do que foi exposto, é possível afirmar que esta é uma solução sustentável, e que pode contribuir significativamente com a preservação ambiental.

No presente estudo, pode-se concluir que com os devidos cuidados e análises, o uso do RCD demonstra-se como alternativa viável para o uso de concretos não estruturais.

As propriedades dos agregados reciclados são um dos principais fatores que influenciam no declínio de resistência do concreto produzido com estes materiais. Diante disso, pesquisas que possam identificar processos que permitam a melhorias destas propriedades, bem como o desenvolvimento de novas metodologias de dosagem, são indispensáveis para possibilitar o uso do RCD na confecção de blocos para piso intertravado. Cabe destacar ainda, que fatores como localidade, transporte, logística, e falta de conhecimento, também têm sido barreiras para o aumento do uso destes resíduos, que possuem grande potencial sustentável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. **NBR NM 53:2003** – Agregado graúdo – Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. **NBR 5739** – **Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. **NBR 15116** – Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos.

BALLISTA, L. P. Z. **Avaliação de algumas propriedades de concretos estruturais com agregados graúdos reciclados modificados com látex estireno-butadieno.** Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos. 2003.

BARBOZA, Marcos R.; BASTOS, Paulo Sérgio. **Traços de concreto para obras de pequeno porte**. In: UNESP, Faculdade de Engenharia de Bauru. [S. l.], 2008. Disponível em: http://www.feb.unesp.br/pbastos/site_paulo/Artigo%20Tracos%20Concreto-Paulo%20Bastos.pdf. Acesso em: 06 out. 2022.

BINS, Gabriel de Oliveira; ARROYO, Felipe Nascimento; CHRISTOFORO, André Luís; PANZERA, Túlio Hallak; SILVA, Diogo Aparecido Lopes. Análise de pisos intertravados com substituição do agregado miúdo por resíduo de construção e demolição. **Revista Principia**, Paraíba, v. 59, n. 2, p. 427-444, jun. 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.18265/1517-0306a2021id4975>. Acesso em: 09 nov. 2022.

CABRAL, Antonio E. B. **Modelagem de propriedades mecânicas e de durabilidade de concreto produzidos com agregados reciclados, considerando-se a variabilidade da composição do RCD**. 2007. Tese (Doutorado), Universidade de São Paulo USP, São Carlos, 2007.

CARRIJO, Priscila M. **Análise da influência da massa específica de agregados graúdos provenientes de resíduos de construção e demolição no desempenho mecânico do concreto**. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005, 146 p.

CASTRO, R. H. **Estudo da adição de resíduos de construção e demolição em concreto não estrutural**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade do Vale do Taquari, Lajeado 2018.

CASTRO, Ricardo Hister de. **Estudo da adição de resíduos de construção e demolição em concreto não estrutural**. Bachelor's thesis, 2018.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. CONAMA. Resolução 307. **Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil**, 2002. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>. Acesso em: 07 out. 2022.

ETXEBERRIA, M.; VÁZQUEZ, E.; MARÍ, A. Microstructure analysis of hardened recycled aggregate concrete. **Magazine of Concrete Research**, v. 58, p. 683-690, 2006.

EVANGELISTA, L.; BRITO, J. Durability Performance of Concrete Made With Fine Recycled Concrete Aggregates. **Cement and Concrete Composites**, v. 32, n. 1, p. 9-14, jan. 2010.

GÓMEZ-SOBERÓN, J. M. V. Relationship between gas absorption and the shrinkage and creep of recycled aggregate concrete. **Cement, Concrete and Aggregates**, v. 25, n. 2, p. 42-48, 2003.

GONÇALVES, Rodrigo D. C. **Agregados reciclados de resíduos de concreto – um novo material para dosagens estruturais**. 2001. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia de Estruturas, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.

Disponível em: http://web.set.eesc.usp.br/static/data/producao/2001ME_RodrigoDantasCasilloGoncalves.pdf. Acesso em: 09 out. 2022.

JOHN, Vanderley M. **Reciclagem de resíduos na construção civil**: contribuição para metodologia de pesquisa e desenvolvimento. 2000. Tese (Docente), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000. Disponível em: http://www.ietsp.com.br/static/media/media-files/2015/01/23/LV_Vanderley_John_-_Reciclagem_Residuos_Construcao_Civil.pdf. Acesso em: 15 out. 2022.

KOHLER, Lucas Guilherme. **Desempenho Técnico de Blocos de Concreto para Pavimento Intertravado com Resíduos de Construção e Demolição**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Pampa, Alegrete/RS, 2013. Disponível em: <https://dspace.unipampa.edu.br/bitstream/rii/1637/1/Desempenho%20t%C3%A9cnico%20de%20blocos%20de%20concreto%20para%20pavimento%20intertravado%20com%20res%C3%ADduo%20de%20constru%C3%A7%C3%A3o%20e%20demoli%C3%A7%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 09 nov. 2022.

LATTERZA, L.M. **Concreto com agregado graúdo proveniente da reciclagem de resíduos de construção e demolição: um novo material para fabricação de painéis leves de vedação**. 1998. 130f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

LEITE, M. B. **Avaliação de Propriedades Mecânicas de Concretos Produzidos Com Agregados Reciclados de Resíduos da Construção e Demolição**. Porto Alegre, 2001. 290 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Porto Alegre, 2001.

MEHTA, P.; MONTEIRO, P. **Concreto**: estrutura, propriedades e materiais. São Paulo: Pini, 1994. 573 p.

MULLER, D.; SAVARIS, G. **Utilização de resíduos da construção civil para a confecção de blocos para pisos intertravados.** *In: CONGRESSO BASILEIRO DE CERÂMICA*, 57; CONGREDDO IBEROAMERICANO DE CERÂMICA, 5, 2013, Natal. **Anais** [...]. Natal: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2013. p. 3167-3175.

NICOLAU, Sandra. H. F. **Potencial de uso de resíduos da construção civil de João Pessoa como agregados miúdos em concretos.** 2008. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Paraíba. João Pessoa, 2008. Disponível em: <http://livros01.livrosgratis.com.br/cp092348.pdf>. Acesso em: 12 out. 2022.

OLIVEIRA, M.B.; VAZQUEZ, E. The influence of retained moisture in aggregates from recycling on the properties of new hardened concrete. **Waste Management**. v.16, n.1-3, 1996, p. 113-117.

OTSUKI, N.; YODSUDJAI, W.; NISHIDA, T.; YAMANE, H. Developed method for measuring flexural strength and modulus of elasticity of micro-regions in normal and recycled aggregate concretes. **Magazine of Concrete Research**, v. 55, N. 5, pg. 439-448, 2003.

PINHEIRO L.M, MUZARDO C.D, SANTOS S.P., Catoia T, Catoia B. **Características do Concreto.** Estruturas de Concreto. 2010.

PINHEIRO, Manuel Duarte. **Construção sustentável – mito ou realidade?** 2003. Disponível em: https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/3779571242058/PaperAPEA_ConstrucaoSustentavel.pdf. Acesso em: 04 out. 2022.

POON, C. S.; SHUI, Z. H.; LAM, L. Effect of microstructure of ITZ on compressive strength of concrete prepared with recycled aggregates. **Construction and Building Materials**, v.18, p. 461-468, 2004.

TOPÇU, I. B.; SENDEL, S. Properties of concretes produced with waste concrete aggregate. **Cement and Concrete Research**, v. 34, p. 1307-1312, 2004.