



CONCRETO SUSTENTÁVEL COM RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO: REVISÃO SISTEMÁTICA

DOI: <http://dx.doi.org/10.55449/conresol.5.22.VII-001>

Denise Cristina Gobbe (*), Romel Dias Vanderlei

*Universidade Estadual de Maringá. E-mail: denisegobbe@hotmail.com.

RESUMO

O crescimento populacional exigiu um rápido desenvolvimento em infraestrutura em todo o mundo, aquecendo o ramo da construção civil. Isso resultou numa elevada demanda por recursos naturais e altos índices de emissão de gases tóxicos. Sendo a sustentabilidade uma alternativa viável para amenizar os impactos ambientais causados por este setor, o objetivo do presente trabalho é apresentar estudos sobre a utilização de resíduos da construção e demolição através de uma revisão sistemática de artigos publicados sobre o tema. Foi utilizada a *string* de busca: “C&D wastes” AND “concrete” e a base de dados *Scopus*. Através da análise do conteúdo verificou-se que embora a adição dos resíduos afete as propriedades mecânicas e durabilidade do concreto, medidas como o aumento do tempo de cura, redução do diâmetro das partículas do resíduo e a incorporação de uma quantidade apropriada, viabiliza o uso dos resíduos dentro do concreto.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos da construção e demolição, Concreto, Sustentabilidade.

ABSTRACT

Population growth required rapid infrastructure development around the world, heating up the construction industry. This has resulted in a high demand for natural resources and high levels of toxic gas emissions. Since sustainability is a viable alternative to mitigate the environmental impacts caused by this sector, the objective of the present work is to present studies on the use of construction and demolition waste through a systematic review of published articles on the subject. The search string: “C&D wastes” AND “concrete” and the *Scopus* database were used. Through the analysis of the content, it was verified that although the addition of waste affects the mechanical properties and durability of the concrete, measures such as increasing the curing time, reducing the diameter of the waste particles and the incorporation of an appropriate amount, enable the use of waste inside the concrete.

KEY WORDS: Construction and demolition waste; Concrete; Sustainability.

INTRODUÇÃO

Acontecimentos mundiais como o êxodo rural, crescimento dos centros urbanos e a globalização exigiram um rápido desenvolvimento em infraestrutura em todo mundo. Como uma das consequências, as buscas intensas pelos recursos naturais têm sido cada vez mais frequentes e tal processo caminha para o esgotamento destes recursos, sejam eles renováveis ou não renováveis, já que a velocidade de produção destes recursos está sendo menor do que a demanda.

Através da mineração são extraídas grandes quantidades de recursos naturais para a fabricação dos materiais utilizados nas construções, sendo que este processo de extração é responsável por sérios danos ambientais, podendo causar inclusive o desequilíbrio do ecossistema da região onde o material é extraído.

Outra grande preocupação é em relação ao principal material utilizado nas edificações, o cimento Portland, que é responsável por até 5% das emissões de gases de efeito estufa incorridas globalmente (XIAO et al, 2018). Desta forma, com a intenção de se reduzir o uso do cimento têm se destacado na literatura acadêmica pesquisas que buscam aditivos minerais para a substituição parcial ou total do aglomerante.

O crescimento das atividades do setor da construção civil e o auto índice de perdas decorrentes de processos de construção, reformas e demolições traz à tona uma grande preocupação que é elevada geração de resíduos. No Brasil, estima-se que a produção desses resíduos é superior a 70 milhões de toneladas por ano (cerca de 500 kg/habitantes/ano), configurando mais de 50% de todo o resíduo sólido urbano do país (CONTRERAS et al, 2016).

Os Estados Unidos e a União Europeia geram aproximadamente 700 e 800 milhões de toneladas de resíduos da construção e demolição todos os anos, respetivamente, e a produção de resíduos na China é superior a 1800 milhões de toneladas por



ano (TANG Q., MA Z., WU H., 2020). Sendo que estes resíduos são descartados por meio de despejo e aterro, afetando a sociedade e o meio ambiente, trazendo problemas como poluição do solo e da água.

Um levantamento feito com 40 países do mundo constatou que a geração de resíduos da construção e demolição foi de 3,0 bilhões de toneladas anuais em 2012 e esta tendência aumenta constantemente (AKHTAR A., 2018).

Em busca de alternativas para os pontos apresentados anteriormente: o esgotamento dos recursos naturais, a emissão de gases tóxicos decorrentes da produção do cimento e a grande quantidade de resíduos produzidos pela construção civil mundialmente, a preocupação com sustentabilidade tem se destacado dentro deste setor. O desenvolvimento de um concreto durável a partir de resíduos urbanos têm sido foco de estudos.

A reciclagem de RC&D como substituição parcial do cimento Portland, ou substituindo outros componentes do concreto, foi considerada pelos pesquisadores como uma abordagem sustentável em potencial. A recuperação de resíduos não só reduz os impactos gerados pelos desperdícios e demolições das edificações, mas também contribui para reduzir os demais impactos ambientais ocasionados pela indústria da construção civil, que é considerada uma das atividades que mais geram impactos ao meio ambiente, seja no processo construtivo, de manutenção ou na demolição de obras.

LEGISLAÇÃO

A resolução nº 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) em 2002, estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Tal resolução visa à elaboração de um diagnóstico da situação dos resíduos gerados pelos construtores, com a finalidade de reduzir os impactos ambientais inerentes à construção civil.

De acordo com a esta resolução os resíduos podem ser classificados em quatro classes: Classe A- resíduos reutilizados ou recicláveis como agregados provenientes de construção, demolição, reforma e reparos; Classe B- resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e gesso; Classe C- resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação e, Classe D- resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde.

Posteriormente, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), lei nº 12.305, sancionada em 2 de agosto de 2010, foi um marco no setor por tratar de todos os resíduos sólidos (materiais que podem ser reciclados ou reaproveitados), sejam eles domésticos, industriais, eletroeletrônicos, entre outros; e também por tratar a respeito de rejeitos (itens que não podem ser reaproveitados), incentivando o descarte correto de forma compartilhada.

No Artigo 15º da lei, é expresso que a União, sob a coordenação do Ministério do Meio Ambiente, é responsável pela elaboração do Plano Nacional de Resíduos Sólidos, que deve conter, conforme descrito no inciso III: “Metas de redução, reutilização, reciclagem, entre outras, com vistas a reduzir a quantidade de resíduos e rejeitos encaminhados para disposição final ambientalmente adequada.” (BRASIL, 2002, Art.15º inciso III)

Sendo o gerenciamento dos resíduos de responsabilidade do gerador do resíduo são necessárias pesquisas que busquem uma destinação ambientalmente adequado para os resíduos da construção e demolição (RC&D)

COMPOSIÇÃO

A origem do material a ser reciclado é de grande importância para as propriedades do concreto. Os materiais oriundos da cerâmica possuem maior absorção de água quando comparados com os de origem cimentícia. Isso se deve ao fato do material cerâmico possuir uma maior porosidade em sua estrutura, além de, gerar uma maior quantidade de partículas finas durante o processo de britagem, no qual eleva sua superfície específica e aumenta sua capacidade de absorção de água.

A absorção de água dos agregados reciclados é muito importante quando se estuda o seu uso em concretos, pois esta taxa interfere diretamente na relação água/cimento final das misturas. Além disso, se a absorção não for considerada, além da redução da relação a/c, haverá uma diminuição substancial da trabalhabilidade do material, deixando o concreto muito seco.

Desta forma, nas usinas de reciclagem os resíduos são separados conforme a sua coloração: cinza e vermelho. Os de coloração cinza é composto de materiais de construção com base cimentícia e é empregado preferencialmente em blocos de concreto, calçadas e mobiliários urbanos à base de cimento, além de bases de pavimentação. Enquanto os de coloração vermelha é predominantemente composta por materiais de construção de natureza cerâmica e é empregada, na maioria dos casos, em atividades de pavimentação.

Os resíduos da construção e demolição (RC&D) são constituídos em sua maioria, mais de 80%, de concreto e tijolo. (TANG Q., MA Z., WU H., 2020). A reciclagem destes resíduos passa pelos seguintes processos de preparação para serem reutilizados:

- i. Os resíduos de concreto e tijolo são coletados e separados dos demais resíduos da C&D;
- ii. Os resíduos são triturados e divididos em 3 classes granulométricas: Classe 1- Agregados grosseiros (5-31,5mm), Classe 2- Agregados finos (0,15-5mm) e Classe 3- Pó de partículas grandes. Conforme mostrado na figura 1.

Estes resíduos possuem em sua composição altos teores de sílica (SiO_2), que no tamanho de partícula adequada, ajudam a promover a atividade pozolânica, podendo ter uma reatividade alta após a moagem profunda e pode ser usado como material cimentício suplementar.



Figura 1: Classes granulométricas dos resíduos de concreto e tijolo. Fonte: (Adaptado de TANG Q., MA Z., WU H., 2020)

OBJETIVOS

O objetivo do presente trabalho é apresentar estudos sobre a utilização de resíduos da construção e demolição através de uma revisão sistemática de artigos publicados sobre o tema..

METODOLOGIA

Este trabalho pode ser classificado como uma revisão bibliográfica sistemática (RBS), que trata de uma investigação científica com métodos pré-definidos, utilizada para sintetizar os resultados de diversas investigações. Desenvolvida com base em material já elaborado como livros, artigos, teses, entre outros, a pesquisa bibliográfica possui caráter exploratório, pois permite maior familiaridade com o problema e aprimoramento de ideias.

Os primeiros passos para a realização desta RBS foram a formulação do problema a ser abordado e a seleção das fontes primárias de pesquisa. Como fontes primárias de pesquisa utilizou-se a base de dados Scopus por apresentar um volume considerável de pesquisas disponíveis na área de engenharia.

Outra definição fundamental é a utilização de *strings* de busca utilizadas nas fontes primárias. Ela foi definida como “C&D wastes” e “concrete”, visto que ambos os termos estão fortemente relacionados com o assunto a ser abordado. Gerando como resultado um total de 300 publicações sobre o assunto.



Os critérios de inclusão foram definidos para que os artigos mais recentes e relevantes fossem analisados, assim, a base de dados foi afinada, para os tipos de documentos artigo; os artigos publicados entre 2018 e 2021, e revisões disponíveis em inglês ou português, totalizando 124 artigos.

A obtenção de ao menos 10 citações por artigo foi aplicada como critério de qualificação, e permaneceram 52 artigos. Após a busca nas fontes primárias, as publicações encontradas passaram por um processo de seleção e filtragem envolvendo 3 etapas principais, chamadas de filtros 1, 2 e 3, respectivamente. O número de artigos que passaram por cada etapa de revisão é apresentado na Figura 2.

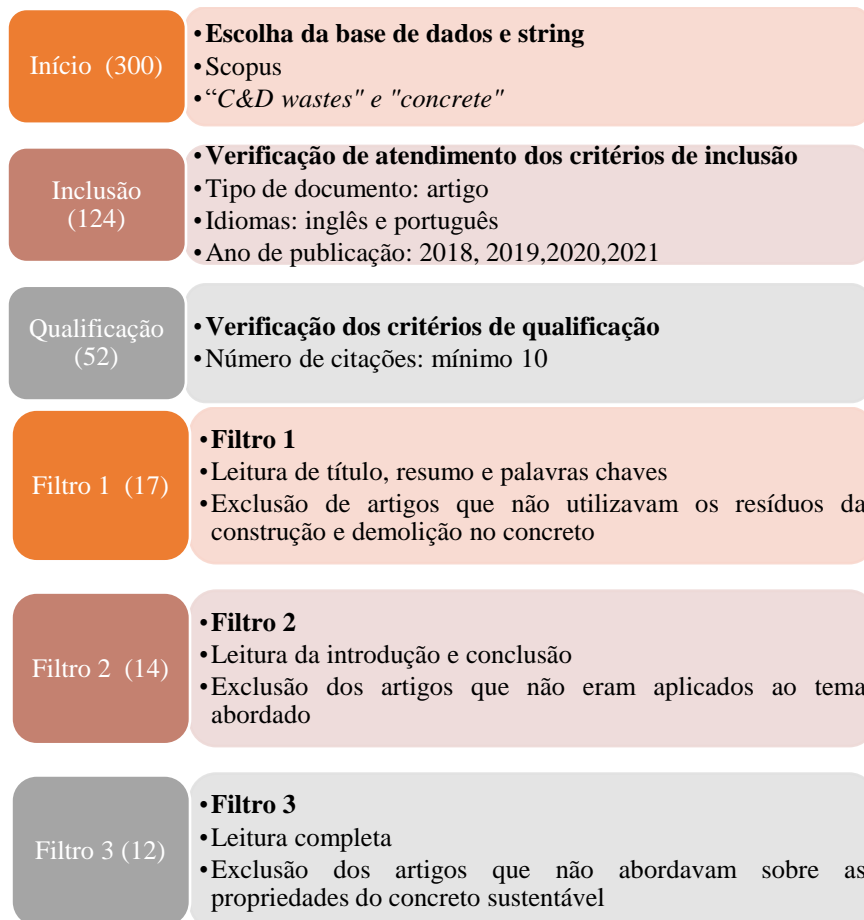


Figura 2: Resultado das etapas do processo de revisão. Fonte: O autor (2022)

RESULTADOS

A figura 3 exemplifica o fluxo esquemático dos resíduos gerados pela construção e demolição e quais as possíveis destinações.

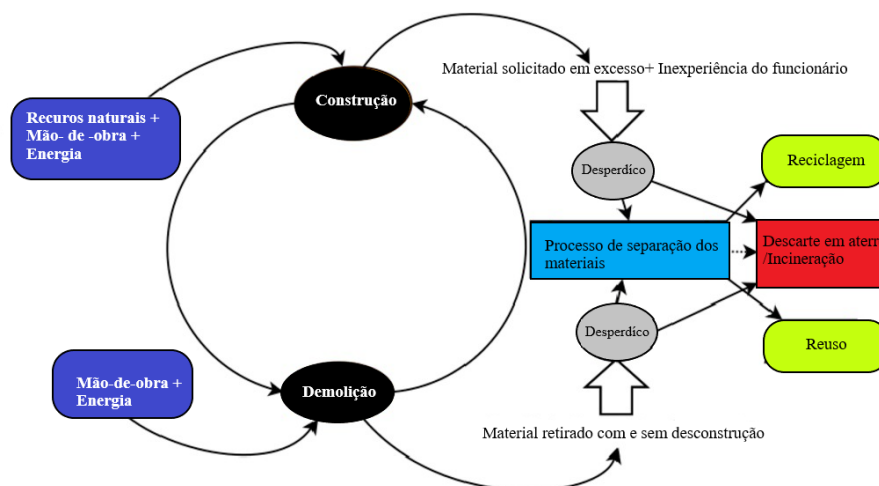


Figura 3: Diagrama esquemático da circulação de materiais da construção e demolição. Fonte: (Adaptado de AKHTAR A., 2018)

O reuso deste resíduo dentro da própria indústria da construção civil, como material a ser reaproveitado para fabricação de concreto sustentável é abordado nesta revisão sistemática. E os resultados referentes às propriedades deste material são abordados pelos autores.

Para melhor explanação do assunto, os artigos foram separados em grupos de concreto, conforme explicado abaixo:

- i. Concreto convencional;
- ii. Concreto auto adensável;
- iii. Concreto de ultra alto desempenho;
- iv. Bloco de concreto.

CONCRETO CONVENCIONAL

Os agregados finos provenientes de resíduos da construção e demolição (RC&D) reduzem as propriedades mecânicas e durabilidade do concreto, devido à existência de argamassa velha aderida aos grãos. À medida que se aumentou a taxa de substituição dos agregados reciclados pela areia fina, verificou a redução dessas propriedades (HADAVAND B., 2019). Porém constatou-se que a substituição de até 30% não afeta tais propriedades e contribui para a sustentabilidade. (TANG Q., MA Z., WU H., 2020), (J. XIAO et AL, 2018), (KIRTHIKA S.K., 2020)

De forma geral, a resistência à compressão tende a diminuir à medida que a taxa de inserção dos resíduos de concreto e tijolo aumentam. Porém, esse efeito negativo pode ser amenizado com o aumento do tempo de cura, uma moagem mais intensa das partículas e a incorporação de um conteúdo apropriado.

Tang, Ma e Wu (2020) afirmam que o diâmetro médio das partículas e a taxa de substituição no concreto devem ser de até 30 μ m e 30%, respectivamente. E com o aumento da idade de cura, a água livre absorvida pode ser liberada para o material cimentício circundante, o que promove a reação de hidratação e melhora a resistência do concreto.

Xiao et al (2018) também estudou a adição dos resíduos em pó e afirma sobre a importância da finura dos RC&D e sua interferência na reatividade e propriedades mecânicas. E o limite da substituição dos resíduos em pó por cimento é de 30%, pois acima deste valor as resistências mecânicas são afetadas.

Em relação à durabilidade, quando a finura dos resíduos de concreto e tijolo são menores que a finura do cimento, ocorre a diminuição da absorção de água e de entrada de cloreto, que são prejudiciais ao concreto. Isso ocorre pois, a adição do microagregado promove o aumento da reação pozolânica, melhora a estrutura dos poros, e resulta na formação de CSH com baixas quantidades de Ca/Si e Ca/ (Si + Al), o que ajuda a melhorar a resistência à entrada de cloreto. (TANG Q., MA Z., WU H., 2020)

No entanto, a resistência à carbonatação é prejudicada com a adição dos resíduos. Isto porque ao substituir uma porcentagem do cimento pelos resíduos, ocorre a diminuição do hidróxido de cálcio na matriz do concreto, resultando numa redução da alcalinidade, que contribui a uma predisposição à carbonatação (TANG Q., MA Z., WU H., 2020).



Kiryhika (2020) afirma que o concreto com substituição de 100% de agregado fino reciclado apresentou uma profundidade de carbonatação 36,80% maior que o concreto convencional.

Quanto à retração, devido à alta capacidade de absorção de água por parte dos resíduos, que resulta em uma absorção rápida de águas livres nos poros capilares, este concreto tem maior propensão à fissuração por retração. Isto pode afetar negativamente a durabilidade.

Kiryhika (2020) afirma que uma maior porcentagem de resíduos finos reciclados aumenta os valores de retração por secagem. A substituição de 100% apresentou 8,2% a mais de retração e, quando a taxa de substituição da areia natural pelo resíduo foi reduzida para 30% a retração foi reduzida em 14% a menos que do concreto convencional.

A penetração de cloretos no concreto sustentável, está diretamente ligada ao volume de RC&D, sendo que para uma adição de 100% de agregado fino o aumento é de 100% de penetração em relação ao concreto convencional aos 28 dias (KIRTHIKA S.K., 2020).

A porosidade e a permeabilidade são altas devido a presença da velha argamassa aderida aos grãos dos resíduos e os vazios presentes no concreto, tendo um aumento de 0,16% e 94,31% respectivamente, quanto de a taxa de agregado fino reciclado é de 100%. Porém a porcentagem de 30% é ideal, pois não compromete tais propriedades (KIRTHIKA S.K., 2020).

Quanto à emissão de dióxido de carbono, os resíduos emitem 48 kg/t, enquanto o cimento cerca de 1095kg/t, isso resulta numa redução de mais de 1000kg para cada tonelada de resíduos da construção civil que é substituído pelo cimento. Também ocorre redução no consumo de energia, sendo que no processo de preparação de 1 tonelada dos resíduos em pó é de 18 Kwh/t enquanto para a produção da mesma quantidade de cimento é de 105 kwh/t. (J. XIAO et al 2018).

CONCRETO AUTO ADENSÁVEL

O concreto auto adensável possui como propriedades principais a fluidez, habilidade passante e a resistência à segregação. Entretanto para alcançar tais características, esse concreto necessita ser dosado com alto teor de finos, que são responsáveis pela coesão e resistência à segregação, e com aditivo modificador de viscosidade. Desta forma, a utilização da fração fina dos agregados reciclados é vista como uma opção a ser investigada a ser utilizadas no CAA.

Duan, Singh e Xiao (2020) fizeram um estudo utilizando resíduos da construção e demolição com partículas de agregado fino reciclável de 16 µm, menores que as partículas do cimento e agregado grosso reciclável. A substituição de 100% de agregado grosso e 20% de agregado fino, ambos provenientes dos RC&D, reduziram a resistência à compressão aos 28 dias em 19,76%. Porém esta redução foi consideravelmente diminuída para somente 5% quando a substituição foi de 25% de agregado graúdo e 20% de agregado fino. Em relação à fluidez e segregação, o concreto sustentável apresentou boa fluidez e sem tendência de segregação. Os autores não citam sobre a habilidade passante.

Behera e Minocha (2019) substituíram a areia fina pelo agregado fino reciclado e a resistência à compressão aos 28 dias foi reduzida em 9,5% e 27,5% para a taxa de substituição de 50% e 100%, respectivamente. Em relação às principais propriedades do concreto auto adensável, também concluíram os agregados provenientes de restos da construção civil apresentam resultados positivos quanto à fluidez e segregação, entretanto apresentou influência negativa na habilidade passante, isto pois a superfície angular porosa dos resíduos de agregado fino facilita a entrada de parte da água livre disponível na mistura; isso aproxima as partículas mais grossas, aumentando assim as forças de atrito entre as partículas sólidas durante o fluxo. Como consequência, confere mais resistência ao escoamento horizontal.

Rajhans e Panda (2018a) e Rajhans e Panda (2018b) observaram que a resistência à compressão do CAA é reduzida com o aumento do percentual de RC&D. Esta redução é explicada pela elevada propriedade de absorção de água dos resíduos devido à aderência da pasta de argamassa velha nos resíduos. Tal propriedade enfraquece até mesmo a zona de transição, que é o ponto mais susceptível ao colapso. Sendo que para substituição de 100% de agregado grosso reciclável ocorreu uma redução de 17,20% na resistência à compressão.

Como alternativa para melhoria nas propriedades mecânicas é feita a adição de sílica ativa. Por ser um material pozzolânico, ao ser hidratado forma os silicatos hidratados de cálcio (CSH) resultando numa melhor resistência à compressão. Também foi utilizado uma abordagem de mistura diferente da convencional, que acrescenta 7% de sílica e a água, o cimento e superplastificantes são divididas em 2 partes e adicionadas em 2 momentos da mistura. Tal procedimento resultou numa redução de resistência de 9,23%, bem melhor que a redução de resistência inicial de 17,20%.



Quanto à durabilidade, a concentração de Cloretos (Cl⁻) e a permeabilidade do CAA, aumentaram com a incorporação de RC&D. Para o uso alternativo de 10% de agregado fino e 50% de agregado grosso, ambos recicláveis, pode-se notar que a concentração de cloreto foi apenas um pouco maior que a do concreto controle, sendo este o limite tolerável encontrados por Duan, Singh e Xiao (2020). Uma maior quantidade de resíduos do agregado fino conduz à aglomeração de partículas que levam a uma maior porosidade no concreto gerando uma menor durabilidade ao concreto auto adensável.

Em relação à retração, o concreto controle, sem adição de resíduos, apresentou uma retração de 464 $\mu\text{m}/\text{m}$ em 180 dias. No entanto, a substituição de 50% e 100% de agregado fino, proveniente de RC&D mostraram uma retração do concreto de 592 $\mu\text{m}/\text{m}$ e 986 $\mu\text{m}/\text{m}$, respectivamente. Isso demonstra que os resíduos da construção e demolição possuem uma característica porosa, o que pode contribuir para aprisionar mais água nas partículas e reduzir a hidratação do cimento, levando à uma maior retração (BEHERA M., MINOCHA A.K., 2019)

Segundo Rajhans e Panda (2018a) a profundidade de penetração de água do CAA aumenta com o teor de RC&D devido à velha pasta de argamassa porosa fixada na superfície dos resíduos, sendo a porcentagem de absorção de água é de 17%, levando a um concreto com menor tempo de vida útil.

CONCRETO DE ULTRA ALTO DESEMPENHO

O concreto de ultra auto desempenho (UHPC) apresenta como principais características sua alta resistência mecânica e excelente durabilidade, quando comparado aos concretos convencionais. Salahuddin, Qureshi e Nawaz (2020) compararam concretos feito com dois tipos de agregados finos provenientes de resíduos da construção e demolição em substituição à areia do rio. Um obtido de concreto demolido convencional, ou seja, de resistência normal e outro de resíduo de UHPC demolido.

Aos 28 dias a resistência à compressão do concreto convencional (C), com 50% de adição de resíduos de concreto convencional (N-50) e com 50% de resíduos de UHPC (H-50), foram de 95MPa, 108 MPa e 113 MPa, respectivamente. O aumento da resistência à compressão foi até o percentual de substituição de 50%, a partir do qual ela foi decrescendo. Conforme pode ser visto na figura 4. Isso é atribuído à presença de quantidade de água excessiva na mistura, que repercutiu sobre os efeitos positivos dos materiais reciclados.

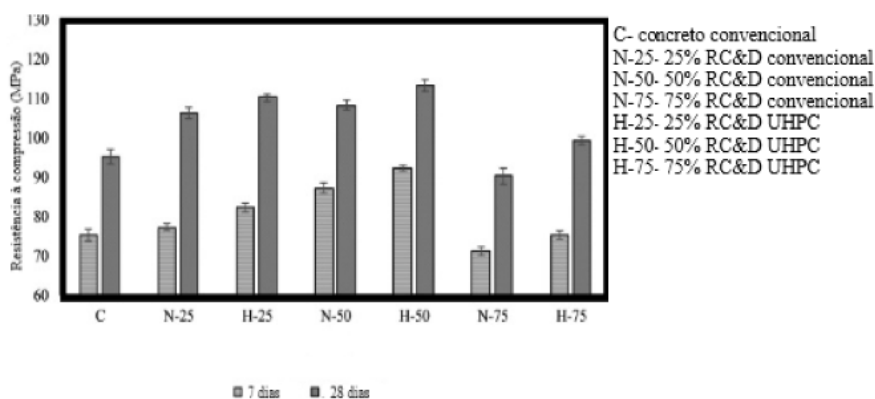


Figura 4: Resistência à compressão UHPC substituindo RC&D por areia do rio- A. Fonte: (Adaptado de SALAHUDDIN H., QURESHI L.A., NAWAZ A., 2020)

Wang et al (2019) analisou a substituição de até 50% de cimento e 19% de agregado fino por resíduos da construção e demolição. No estudo as partículas menores (0 – 160 μm) foram substituídas pelo cimento e as de maior diâmetro (160 – 600 μm) pela areia de rio. A resistência à compressão até 30% de cimento apresenta resultados favoráveis e só a partir desta taxa começa a apresentar queda de resistência em relação ao concreto convencional (U). Os resultados são apresentados na figura 5.

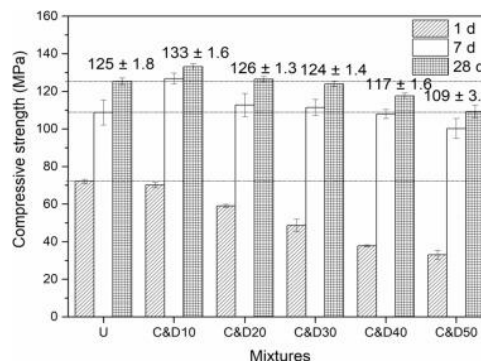


Figura 5: Resistência à compressão UHPC substituindo RC&D por areia do rio- B. Fonte: (WANG X., YU R., SHUI Z., SONG Q., LIU Z., BAO M., LIU Z., 2019)

O aumento da resistência à compressão pode ser atribuído aos seguintes fatores: Parte do material reciclado continha uma granulometria mais fina do que a areia de rio, dessa forma ele atuou como filler, preenchendo os espaços vazios e fornecendo uma matriz mais densa; outra razão é quanto ao efeito de cura interna, na qual a água absorvida inicialmente ficou disponível posteriormente para a hidratação dos anidros e, outro motivo é que os materiais reciclados contêm partículas de cimento não hidratadas que atuam como materiais pozolânicos.

BLOCO DE CONCRETO

Zhao et al (2020) avaliaram a viabilidade do uso de resíduos de antigos blocos de concreto pré-moldado para a produção de novos blocos. As taxas de substituição da areia natural por resíduos foram de 30% e 100%.

Em relação a análise dimensional, os resultados indicaram que todos as dimensões estavam de acordo com as exigências da norma, não sendo percebido visualmente diferenças entre os blocos fabricados com areia natural ou com resíduos. E devido à presença de cimento endurecido aderido aos resíduos, os blocos contendo RC&D com substituição de 30% e 100% apresentaram um aumento de absorção de 26,07% e 38,65%, respectivamente. E atendem aos requisitos da norma para a absorção de água.

A resistência à compressão aos 28 dias do bloco confeccionado com 100% RC&D foi de 11MPa. Mesmo atendendo aos requisitos da norma, as resistências dos blocos diminuíram com a adição dos resíduos, apresentando uma redução de 6% e 16,5%, para as taxas de substituição de 30% e 100% respectivamente.

Embora ocorra um aumento de absorção de água e diminuição da resistência à compressão, os resultados demonstram que é viável o uso de resíduos de blocos de concreto para confecção de novos blocos.

CONCLUSÕES

O elevado índice de carbono emitido pela indústria da construção civil e a alta demanda por recursos naturais faz com que seja necessário a implantação de medidas que visem a sustentabilidade deste setor. Neste estudo verificou-se que umas das possíveis alternativas é a utilização de resíduos da construção e demolição.

Como resultado tem-se que a adição de RC&D reduziu as propriedades mecânicas e a durabilidade do concreto convencional, do concreto auto adensável e dos blocos de concreto. Entretanto há medidas a serem tomadas de forma a se minimizar ou até mesmo reduzir estes efeitos.

Para o concreto convencional é recomendada a taxa de substituição de até 30%, sendo que esta porcentagem não afeta negativamente nem a resistência à compressão e nem a vida útil.

No concreto auto adensável a adição de sílica ativa e uma abordagem de mistura diferente da convencional, no qual o cimento e superplastificantes são divididas em 2 partes e adicionadas em 2 momentos da mistura resultou num aumento de resistência do concreto.

Nos blocos de concreto a taxa de substituição de 100% da areia natural pelos resíduos atendeu aos requisitos da norma, sendo possível a sua utilização.



As argamassas antigas aderidas nos RC&D interferem negativamente na resistência mecânica e na durabilidade. Isso ocorre pois este material tende a apresentar maior porosidade. A elevada absorção de água acaba interferindo na resistência, pois a água que deveria ser utilizada para hidratar os anidros e fornecer maior resistência acaba sendo absorvida pelos resíduos. Isso também interfere na retração deste material, causando maiores fissurações neste concreto.

No caso do concreto de ultra auto desempenho o efeito positivo com a adição dos RC&D pode ser atribuído aos seguintes fatores: i) Ao efeito de cura interna que é proporcionado pela porosidade do material, no qual a água absorvida inicialmente pelos resíduos fica disponível posteriormente para hidratação dos cimentos não hidratados; ii) o outro fator é a granulometria fina dos resíduos, que faz com que este material atue como filler, preenchendo os espaços vazios e fornecendo uma matriz mais densa, na qual uma matriz com alta densidade é uma das principais características deste concreto.

Os efeitos negativos podem ser amenizados com o aumento no tempo de cura, uma moagem mais intensa para aumentar a finura das partículas, a incorporação de uma quantidade apropriada de resíduos e a adição de sílica ativa para melhoria das propriedades mecânicas.

Embora ainda exista muita resistência em aceitar a utilização de resíduos dentro da indústria da construção civil, a intervenção crescente no meio ambiente faz que se sejam necessárias medidas de forma a contribuir para a conservação dos recursos naturais, essenciais para o desenvolvimento global. Sendo a sustentabilidade um rumo necessário a ser tomado para contribuir com a natureza.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AKHTAR A., S. A. K. Construction and demolition waste generation and properties of recycled aggregate concrete: A global perspective. **Journal of Cleaner Production**, v. 186, p. 262–281, 2018.
2. BRASIL, Política nacional de resíduos sólidos - **Lei n. 12.305**, de 2 de agosto de 2010. Brasília: Câmara dos Deputados, Edições Câmara, 2012. 73 p. – (Série legislação; n. 81)
3. BEHERA M., MINOCHA A.K., B. S. K. Flow behavior, microstructure, strength and shrinkage properties of self-compacting concrete incorporating recycled fine aggregate. **Construction and Building Materials**, v. 228, 2019.
4. CONTRERAS, M.; TEIXEIRA, S. R.; LUCAS, M.C.; LIMA, L.C.N.; CARDOSO, D.S.L., DA SILVA, G.A.C.; GREGÓRIO, G.C.; DE SOUZA, A.E.; DOS SANTOS, A. Recycling of construction and demolition waste for producing new construction material (Brazil case-study). **Construction and Building Materials**, v. 123, p. 594–600, 2016.
5. DUAN Z., SINGH A., XIAO J., H. S. Combined use of recycled powder and recycled coarse aggregate derived from construction and demolition waste in self-compacting concrete. **Construction and Building Materials**, v. 254, 2020.
6. HADAVAND B., I. R. Assessing the influence of construction and demolition waste materials on workability and mechanical properties of concrete using statistical analysis. **Springer**, 2019.
7. J. XIAO, Z. MA, T. SUI, A. AKBARNEZHADA, Z. DUAN, D. G. Mechanical properties of concrete mixed with recycled powder produced from construction and demolition waste. **Journal of Cleaner Production**, v. 188, p. 720–731, 2018.
8. KIRTHIKA S.K., S. S. K. Durability studies on recycled fine aggregate concrete. **Construction and Building Materials**, v. 250, 2020.
9. RAJHANS P., PANDA S.K., N. S. Sustainable self compacting concrete from C&D waste by improving the microstructures of concrete ITZ. **Construction and Building Materials**, v. 163, p. 557–570, 2018a.
10. RAJHANS P., PANDA S.K., N. S. Sustainability on durability of self compacting concrete from C&D waste by improving porosity and hydrated compounds: A microstructural investigation. **Construction and Building Materials**, v. 174, p. 559–575, 2018b.
11. SALAHUDDIN H., QURESHI L.A., NAWAZ A., R. S. S. Effect of recycled fine aggregates on performance of Reactive Powder Concrete. **Construction and Building Materials**, v. 243, 2020.
12. TANG Q., MA Z., WU H., W. W. The utilization of eco-friendly recycled powder from concrete and brick waste in new concrete: A critical review. **Cement and Concrete Composites**, v. 114, 2020.



13. WANG X., YUR., SHUI Z., SONG Q., LIU Z., BAO M., LIU Z., W. S. Optimized treatment of recycled construction and demolition waste in developing sustainable ultra-high performance concrete. **Journal of Cleaner Production**, v. 221, p. 805–816, 2019.
14. ZHAO Z., COURARD L., GROSLAMBERT S., JEHIN T., LÉONARD A., X. J. Use of recycled concrete aggregates from precast block for the production of new building blocks: An industrial scale study. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 157, 2020.