

AGREGADOS RECICLADOS E A SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL.

RECYCLED AGGREGATES AND SUSTAINABILITY IN CIVIL
CONSTRUCTION.

Ribson Lupicínio da Silva¹

risl1@discente.ifpe.edu.br

Ronaldo Faustino da Silva²

ronaldofaustino@recife.ifpe.edu.br

RESUMO

O setor da construção civil apresenta grandes mudanças mercadológicas e, atreladas a elas, surgiram inúmeras possibilidades de reutilização de insumos reciclados através da implantação de políticas de gerenciamento de resíduos sólidos. Assim, a engenharia civil vem avançando significativamente no que tange à utilização de novas metodologias construtivas tecnológicas, impactando positivamente o meio ambiente e os setores econômicos. Neste contexto, o presente trabalho tem por objetivo compreender como a utilização de agregados reciclados pode contribuir efetivamente para a sustentabilidade no setor da construção civil. A estratégia metodológica adotada consistiu em apresentar a contribuição sustentável por meio da utilização de agregados reciclados nas várias aplicações dentro da construção civil, a partir de uma revisão de literatura. Observou-se que o uso de agregados reciclados, através da implantação de tecnologias apropriadas atreladas a políticas sustentáveis nas atividades da construção civil, diminui a extração dos agregados naturais e reduz significativamente o descarte inadequado dos resíduos da construção e demolição, contribuindo para a otimização de custos.

Palavras-chave: Agregados reciclados. Construção. Demolição.

ABSTRACT

The construction sector is undergoing significant market changes, and alongside these changes, numerous possibilities for reusing recycled materials have emerged through the implementation of solid waste management policies. Thus, civil engineering has been advancing significantly in terms of the utilization of new technological construction methodologies, positively impacting the environment and the economic sectors. In this context, the present work aims to understand how the use of recycled aggregates can effectively contribute to sustainability in the construction sector. The adopted methodological strategy consisted of presenting the sustainable contribution through the use of recycled aggregates in various applications within the construction sector, based on a literature review.

It was observed that the use of recycled aggregates, through the implementation of appropriate technologies linked to sustainable policies in construction activities, reduces the extraction of natural aggregates and significantly decreases the inadequate disposal of construction and demolition waste, contributing to cost optimization.

Keywords: Recycled aggregates. Construction. Demolition.

1 INTRODUÇÃO

A construção civil é uma das atividades mais antigas da humanidade. O caráter artesanal das metodologias construtivas sempre foi o principal fator na geração de grandes quantidades de resíduos. Esse fato despertou a atenção dos construtores do Império Romano para a reutilização de resíduos minerais na produção de novas obras (ABRECON, 2018).

Nas últimas décadas, o setor da construção civil tem-se mostrado significativo para o desenvolvimento socioeconômico do Brasil, representando cerca de 6,2% do PIB e faturando anualmente aproximadamente 1,1 trilhão de reais (SEBRAE, 2019). Dessa forma, a indústria da construção civil impulsiona a economia, favorece a geração de empregos diretos e indiretos em todos os níveis sociais e produz bens de consumo para a sociedade (Glória et al., 2020).

Atualmente, com o foco na preservação do meio ambiente, intensificou-se o reaproveitamento de resíduos sólidos na construção civil, o que requer regulamentações que sustentem e orientem os procedimentos de descarte e reaproveitamento adequado desses materiais. O reaproveitamento garante a redução da extração de recursos naturais (FIEB, 2018).

O índice de produção de resíduos de construção e demolição (RCD) é alarmante (ECYCLE, 2011). Ainda segundo a Ecycle (2011), “[...] os números indicam que 60% do lixo sólido das cidades vêm da construção civil e que 70% desse total poderia ser reutilizado.” Esses dados são de fato preocupantes, pois boa parte desses resíduos acaba nas ruas, sendo mal manejados, entupindo bueiros, contribuindo para enchentes e poluindo nossos rios.

Em 2002, a Resolução CONAMA nº 307 estabeleceu diretrizes, critérios e procedimentos para o gerenciamento de resíduos da construção civil. Em 2022, por meio do Decreto Federal nº 10.936/2022, a Política Nacional de Resíduos Sólidos determinou os princípios, objetivos e instrumentos a serem utilizados na gestão integrada dos resíduos sólidos, incluindo os perigosos, a fim de unificar e integrar os planos nacionais, estaduais, regionais, intermunicipais, municipais e locais. O decreto também trouxe a inovação do Programa Nacional de Logística Reversa e sua integração com o Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR) e o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PLANARES), instituído pelo Decreto nº 11.043, de 13 de abril de 2022.

Com base nas legislações mencionadas, as empresas geradoras de resíduos devem implementar seus próprios planos de gestão de resíduos, adotando ciclos que incluem:

1. Mapeamento dos processos da empresa, identificando os pontos de geração de resíduos;
2. Análise dos resíduos gerados por cada processo;
3. Classificação e quantificação dos resíduos;
4. Armazenamento e identificação dos resíduos;
5. Transporte dos resíduos;
6. Destinação final ambientalmente correta.

O uso mais comum empregado atualmente é regido pelas normas técnicas NBR 15116: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural e pela NBR 15115: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação.

Os benefícios do uso seriam enormes, tanto no aspecto ecológico quanto no econômico, uma vez que o custo do material reciclado tende a ser menor que o do material natural, extraído nas pedreiras (Arteiro e Corsini, 2011). Por essa razão, muitas empresas optam por consumir esse tipo de material em aplicações como aterros, execução de camadas de pavimentação, preparo de concreto sem função estrutural, entre outras, todas cobertas pelas normas brasileiras. No entanto, ainda há muito a ser explorado.

A exploração indiscriminada dos recursos naturais preocupa aqueles que pensam no futuro da construção civil. Essa prática tem gerado graves problemas ambientais, além de grandes volumes de entulho em áreas urbanas. Uma opção para reduzir o acúmulo desses resíduos seria a sua reciclagem.

A falta de planejamento e racionalização nas obras é o principal motivo da grande geração de resíduos. A maioria das construções ainda utiliza métodos tradicionais, que aumentam as perdas e geram mais resíduos.

O objetivo deste trabalho é demonstrar como a utilização de agregados reciclados pode contribuir com a sustentabilidade na construção civil, tendo como base as aplicações atuais e perspectivas.

A estratégia metodológica adotada consistiu em uma revisão bibliográfica de livros disponibilizados na biblioteca, e artigos, legislações, estudos e normas publicadas nos últimos anos, encontrados por meio de buscas com os descritores “sustentabilidade”, “agregados reciclados”, “resíduos da construção”, “reciclagem” e “construção civil” no endereço eletrônico do Google. Selecionaram-se com base no envolvimento com o tema e contribuição para uma análise crítica, do que foi proposto.

2 SUSTENTABILIDADE

O conceito de sustentabilidade é derivado do debate sobre o desenvolvimento sustentável, cujo marco inicial é a primeira Conferência Internacional das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano (United Nations Conference on the Human Environment), realizada no ano de 1972 na cidade de Estocolmo, Suécia (Mendonça, 2010). Dada a evolução do termo e conceitos a respeito de Desenvolvimento Sustentável, o termo sustentabilidade aplicado à construção civil ganhou ênfase, primeiramente na década de 1980, com o fundador do Wordwatch Institute (Mendonça, 2010).

“Diz-se que uma comunidade é sustentável quando satisfaz plenamente suas necessidades de forma a preservar as condições para que as gerações futuras também o façam. Da mesma forma, as atividades processadas por agrupamentos humanos não podem interferir prejudicialmente nos ciclos de renovação da natureza e nem destruir esses recursos de forma a privar as gerações futuras de sua assistência (Mendonça, 2010).

A sustentabilidade é um tema importante, que a cada dia chama mais atenção devido à preocupação do homem em relação aos impactos ambientais e o consumo exacerbado dos recursos naturais, que foram utilizados de forma inconsequente durante décadas, ou seja, não havendo preocupação com os impactos causados. (Afonso, 2006).

As ações sustentáveis são de certa forma recentes, um marco a ser lembrado é a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano de 1972, mais conhecida como Convenção de Estocolmo. A Convenção tratou sobre Poluentes Orgânicos Persistentes, e teve como objetivo o banimento e restrição de substâncias químicas prejudiciais ao meio ambiente. Ao final, foi elaborado uma declaração com 26 princípios que deve serem seguidos pelos países participantes acerca das precauções com o meio ambiente. (Costa *et al.*, 2012).

Apesar de estar em alta, o tema da sustentabilidade não pode ser tratado de forma banal, deve ser levado a sério, pois os danos causados até então não serão revertidos de imediato, as mudanças e transformações necessárias são feitas vagarosamente e dependem de toda a sociedade empenhada. (Afonso, 2006).

Afonso (2006) estabelece a definição de sustentabilidade como a manutenção quantitativa e qualitativa dos recursos naturais, utilizando-os sem danificar suas fontes ou limitar a capacidade de suprimento futuro, para atender as necessidades atuais e futuras satisfatoriamente.

3 CONSTRUÇÃO CIVIL E SUSTENTABILIDADE

A definição de Afonso (2006) para sustentabilidade se encaixa em outro termo, desenvolvimento sustentável, que se baseia no desenvolvimento sem comprometer as necessidades das gerações futuras. A interação que existe do solo, água, ar, fauna, flora e o homem deve ser de dependência harmônica, para manutenção da vida o uso dos recursos tem que ser feito de forma igualitária e equitativa. (Sartori *et al.*, 2014).

Dito isso, o setor da construção civil também deve seguir esses pensamentos, buscando ações e inovações que possibilitem o desenvolvimento sustentável. A sustentabilidade na construção civil requer tecnologias e técnicas que respeitem as necessidades de uso dos recursos naturais e do consumo humano, sem acabar com tais recursos, preservando-os para as futuras gerações (Guia de Sustentabilidade na Construção, 2008).

No Guia de Sustentabilidade na Construção (2008), são apresentados alguns princípios básicos, como: aceitação cultural, viabilidade econômica, adequação ambiental e justiça social. Com isso, as empresas devem poder se comprometer e se responsabilizar sobre seguir tais princípios, para que os

empreendimentos sejam enquadrados dentro dos parâmetros sustentáveis.

A moderna Construção Sustentável é um sistema construtivo que promove intervenções sobre o meio ambiente, adaptando-o para suas necessidades de uso, produção e consumo humano, sem esgotar os recursos naturais, preservando-os para as gerações futuras (Mendonça, 2010). A Construção Sustentável faz uso de ecomateriais e de soluções tecnológicas inteligentes para promover o bom uso e a economia de recursos finitos (água, energia elétrica e outros), a redução da poluição e a melhoria da qualidade do ar no ambiente interno e o conforto de seus moradores e usuários (Mendonça, 2010).

É de se esperar que uma empresa que adota tais princípios em suas obras irá produzir menos resíduos, visto que, a construção civil tem um grande potencial gerador.

4 RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL

O descarte irregular de resíduos é um dos maiores causadores de impactos ambientais e, como consequência, influencia o cenário de degradação ambiental. Há três formas básicas para a deposição final desses resíduos, sendo elas o lixão, o aterro controlado e o aterro sanitário, no qual apenas a última opção é, ambientalmente, aceitável (Sousa e Fernandes, 2016).

O tipo mais recomendado de destinação é o tratamento com empresas especializadas, onde, para cada tipo de resíduo, é possível verificar o tratamento mais adequado. No entanto, é comum que haja impeditivos para isso, como a distância entre os pontos de geração e as

unidades de tratamento, o que, por sua vez, inviabiliza o processo. Além disso, o custo não previsto para tais tratamentos, devido a erros de planejamento e orçamento, pode obrigar a obra a não tratar os resíduos, optando por destinações mais econômicas e menos ecológicas.

A construção civil é o setor que mais explora os recursos naturais, causando severos impactos no meio ambiente. Além da exploração, a geração de resíduos também é um fator preocupante, uma vez que o descarte inadequado desses resíduos são cada vez mais frequentes (Glória *et al.*, 2020).

A reciclagem na sociedade se popularizou a partir dos anos 80, quando a importância e necessidade da preservação do meio ambiente começou a se difundir. Reciclar nada mais é que processar um material para que seja reaproveitado num novo produto. (Teodoro, 2011).

O aproveitamento dos resíduos da construção e demolição - RCD é uma das ações que devem ser popularizadas na construção civil. Esses resíduos apresentam elevado potencial de reaproveitamento e reciclagem. A exigência da incorporação desses materiais em alguns produtos podem ser uma alternativa para economia de matéria prima e energia (Sposto, 2006; Oliveira, 2022).

Quase todo processo construtivo gera algum tipo de resíduo, a depender do tipo do resíduo, é possível trata-lo, modifica-lo e transforma-lo a ponto de reaproveita-lo no mesmo processo ou num processo novo, para isso podemos aplicar o ciclo da gestão dos resíduos visto anteriormente. Assim, a adoção da reciclagem na construção civil só traz benefícios, sejam sociais, ambientais ou econômicos.

5 AGREGADOS RECICLADOS

Muitas definições são dadas ao agregado, segundo Mehta e Monteiro (1994), é o material granular usado na formação de concreto ou argamassa junto ao meio cimentante. O Portal do Concreto (2015), dá um complemento, “[...] além de sua influência benéfica quanto à retração e à resistência, o tamanho, a densidade e a forma dos seus grãos podem definir várias das características desejadas em um concreto”.

De acordo com a norma 7211:2009, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), agregado para concreto deve ser composto por grãos de minerais duros, compactos, duráveis, estáveis, limpos e que não interfiram no endurecimento e hidratação do cimento e também na proteção contra corrosão da armadura. No Brasil, a Resolução nº 307 do CONAMA (2002), estabelece a classificação dos Resíduos de Construção e Demolição (RCD) em Classes A, B, C e D, onde os resíduos de Classe A são aqueles que podem ser reutilizáveis ou recicláveis como agregados.

No entanto, as diretrizes brasileiras para a utilização desses resíduos de classe A como agregados reciclados são apresentadas apenas nas normas ABNT NBR 15115:2004 e ABNT NBR 15116:2004 destinando-os às obras de pavimentação e ao preparo de concreto sem função estrutural.

O concreto com agregados de resíduos de construção e demolição é caracterizado pela substituição total ou parcial dos agregados naturais por agregados reciclados de Resíduos de Construção e Demolição (RCD). Ainda segundo Gerin *et al.*, (2019), algumas características do concreto são modificadas pelo uso de agregados reciclados, sobretudo as propriedades

de resistência mecânica, absorção de água, porosidade e permeabilidade; retração por secagem; módulo de elasticidade, fluência e massa específica. As mudanças de tais propriedades dependem diretamente da origem dos agregados reciclados, método de reciclagem, teor de substituição, entre outros.

Por outro lado, de acordo com a ABNT NBR 15116 (2004), é definido como agregado reciclado qualquer material granular proveniente dos resíduos de construção ou demolição de obras civis, que possam ser reutilizados na aplicação em obras de edificação e infraestrutura. Outra definição para os agregados reciclados é a de Corsini (2011), descrevendo como o produto do processamento dos resíduos de Classe A, que está de acordo com as definições vistas anteriormente. O concreto e a argamassa, assim como os resíduos cerâmicos, provenientes principalmente de alvenarias e revestimentos, constituem a maior parte do que é chamado de resíduos de construção e demolição (RCD) (Salles *et al.*, 2021). As enormes quantidades produzidas desses resíduos se tornaram um problema com vertentes social e ambiental de difícil solução, principalmente no que tange à sua disposição final. Os RCD são responsáveis por aproximadamente 50% do volume total de resíduo produzido nos grandes centros urbanos (Ryou e Lee, 2014; Zhang *et al.*, 2015; Xiao *et al.*, 2018; Duan *et al.*, 2020).

Em diversos países do mundo, já é possível encontrar normatização referente à fabricação de concretos estruturais com agregados reciclados (AR), contudo essa viabilidade se encontra na maioria das vezes, ligada à segregação das diversas frações

constituintes dos resíduos (Salles *et al.*, 2021).

Entre os benefícios do reuso/reciclagem dos RCD, encontram-se o aumento da vida útil dos aterros sanitários, a diminuição da ocorrência de deposições irregulares, a redução do consumo de recursos naturais não renováveis, a redução dos impactos da construção civil no meio ambiente e a criação de novas cadeias produtivas, gerando economia e empregos (Corinaldesi e Moriconi, 2009; de Brito, Domingues de Figueiredo e John, 2020).

Apesar de estar pautado em uma sólida fundamentação teórica e técnica, o uso de AR ainda encontra diversas barreiras. É notória a grande variabilidade desses resíduos, principalmente quando não há separação na fonte geradora, como no caso brasileiro (Hendriks, Nijkerk e Van Koppen, 2007; Angulo *et al.*, 2009; Liu *et al.*, 2014).

5.1 Origem x destinação dos resíduos

A construção civil é um dos setores que mais cresce no mundo, com isso, há grande índice de desperdício de material utilizado na construção e quase nada se é aproveitado (da Silva Barbosa, 2018).

Os resíduos da construção civil também chamados de entulhos, caliça ou metralha são os resíduos provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes de preparação e da escavação de terrenos (Brasil, 2002).

Segundo Glória *et al.*, (2020), a construção civil é o setor que mais explora os recursos naturais, causando severos impactos no meio ambiente. Além da exploração, a geração de resíduos também é fator preocupante, uma vez que o descarte

inadequado desses resíduos são cada vez mais frequentes, onde a geração de RCC e RCD interfere no meio físico, biótico e antrópico do local da construção, como consequência da falta de organização e gestão de qualidade e gerenciamento da obra.

Estudos feitos por Malta *et al.*, (2013), revelam que o mercado da construção civil tem desenvolvido alternativas para reaproveitar os resíduos oriundos de construção e demolição, uma vez que o aumento do número de construções necessita de elevada quantidade e diversidade de materiais. A incorporação do RCD e RCC na produção de materiais e elementos construtivos reduz, significativamente, o consumo de energia e de matérias primas naturais, logo há a redução do custo final das construções.

5.2 Reciclagem de resíduos

As usinas de reciclagem é o local ambientalmente adequado para receber os resíduos provenientes da construção civil, sendo subdivididas em duas categorias fixas e móveis (Portal dos Resíduos Sólidos na Construção, 2014).

Assim, as usinas de beneficiamento de resíduos sólidos da construção civil podem ser definidas como empresas focadas no tratamento de Resíduos da Construção Civil (RCC), com capacidade para processar grandes quantidades, através de britagem e separação balística dos resíduos da construção civil atendendo a Resolução CONAMA 307, realizando o beneficiamento dos mesmos, tornando-os aptos a serem incorporados novamente nos processos construtivos. Em outras palavras, agem ativamente para evitar o consumo exacerbado dos recursos naturais.

Segundo a Ciclo Ambiental (2021), o processo de reciclagem desses resíduos começa nas obras onde se faz a correta segregação para auxiliar o processo de reciclagem, onde o material é transportado para a usina, pesado e despejado na área de triagem, onde possíveis contaminantes são identificados e retirados. Em seguida, o material parte para britagem, onde suas dimensões são reduzidas, o produto final é peneirado e separado conforme o tamanho comercial.

Na tabela 1, podemos ver os produtos que são mais comercializados nas usinas de reciclagem resíduos de classe A, assim como suas características:

Tabela 1 - Produtos Derivados da Reciclagem

Produto	Características
Areia reciclada	Material com dimensão máxima característica inferior a 4,8 mm, isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto.
Pedrisco reciclado	Material com dimensão máxima característica de 6,3 mm, isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto.
Brita reciclada	Material com dimensão máxima característica inferior a 39 mm, isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto.
Bica corrida	Material proveniente da reciclagem de resíduos da construção civil, livre de impurezas, com dimensão máxima característica de 63 mm (ou a critério do cliente).

Rachão	Material com dimensão máxima característica inferior a 150 mm, isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto.
--------	---

Fonte: ABRECON, (2021).

5.3 Aplicação dos Agregados Reciclados

Quanto a utilização e aplicação desses produtos, pode-se dizer que são das mais variadas, segundo a ABRECON (2021), podendo substituir os produtos originais em boa parte das aplicações, tais como:

- Areia reciclada: Argamassas de assentamento de alvenaria de vedação, contrapisos, solo-cimento, blocos e tijolos de vedação;
- Pedrisco reciclado: Fabricação de artefatos de concreto, como blocos de vedação, pisos intertravados, manilhas de esgoto, entre outros;
- Brita reciclada: Fabricação de concretos não estruturais e obras de drenagens;
- Bica corrida: Obras de base e sub-base de pavimentos, reforço e subleito de pavimentos, além de regularização de vias não pavimentadas, aterros e acerto topográfico de terrenos;
- Rachão: Obras de pavimentação, drenagens e terraplenagem.

Essas aplicações estão normatizadas, pelas já citadas NBR 15115 e NBR 15116. Para concreto estrutural, de até 20 MPa, é definido que apenas o resíduo de classe A é recomendado, devendo ser composto na sua fração gráuda de, no mínimo, 90% em massa de fragmentos à base de Cimento Portland e rochas.

Ou seja, além de ser da classe A, o resíduo deve pertencer à subclasse ARCO, que significa Agregado Reciclado de Concreto (ARCO).

Além disso, ela define o percentual que pode ser incluído na mistura. Admitindo a possibilidade do uso de agregados reciclados para dosagens de concretos com fins estruturais, desde que sejam respeitadas as devidas recomendações: uso restrito de ARCO, teor de substituição de 20% dos agregados convencionais pelo reciclado e uso em concretos das classes de agressividade I e II, de acordo com a ABNT NBR 6118:2014.

Glória *et al.*, (2020) explicam que como a massa específica dos agregados reciclados é menor que a dos convencionais, é possível usa-los com bons resultados na confecção de artefatos de concreto, já que terão peso menor quando comparado aos fabricados com agregados normais. Em seus diversos experimentos visando a utilização de agregados reciclados da construção civil observou-se a possibilidade de reutilização dos RCDs a fim de contribuir para o desenvolvimento sustentável do setor.

Leite *et al.*, (2011), por sua vez, identificou comportamentos similares entres os agregados reciclados e os convencionais quando empregados em ensaios de resiliência, no que concerne ao emprego de pavimentação em vias urbanas. Por outro lado, Herrador *et al.*, (2012) constatou que a capacidade de suporte apresentada em ambos os agregados também foi similar, o que ratifica que os agregados reciclados possuem propriedades mais que satisfatórias.

A NBR 15115 delimita o uso dos agregados reciclados para pavimentação, como correta segregação, evitando poluentes e materiais indesejados como a presença de madeiras, vidros, plásticos, gessos, forros, tubulações, fiações elétricas e papéis ou quaisquer materiais orgânicos ou não inertes, classificados

como classe “B”, “C” e “D” pela Resolução CONAMA nº 307. A porcentagem que passa na peneira 0,42 mm (nº 40) deve ficar entre 10% e 40%, dentre outros requisitos.

Para Malaquias *et al.*, (2018), estudos sobre resistência à abrasão de agregados reciclados demonstraram que tais materiais possuem menor resistência ao contato e impacto, fazendo com que ocorra um maior desgaste por abrasão em relação aos agregados comuns.

De acordo com Gomes (2015), o emprego dos agregados reciclados no concreto leve demonstra bons resultados quando são compostos por resíduos de alvenaria cerâmica e blocos de concreto com EPS, possuindo pouca resistência e boa aderência à pasta, podendo ser utilizados em concretos sem resistência estrutural. Nessa lista inclui-se a utilização de agregado reciclado para cascalhamento de estradas; preenchimento de vazios em construções; preenchimento de valas de instalações; reforço de aterros (taludes).

Malta *et al.*, (2013), ratifica que a incorporação do RCD e RCC na produção de materiais e elementos construtivos reduz, significativamente, o consumo de energia e de matérias primas naturais, com redução do custo final das construções. Entretanto salienta a necessidade de avaliar a viabilidade técnica do RDC e RCC como material de construção, como mostra os trabalhos apresentados nesta seção.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observou-se que, há benefícios e vantagens referentes ao uso de agregados reciclados na construção civil, bem como otimização de custos,

contribuindo com isso, para a manutenção da sustentabilidade, e baseando-se em aplicações e diretrizes mercadológicas atuais e futuras inerentes a ferramentas ambientais. Outrossim, evidenciou-se que, a utilização de agregados reciclados na construção civil permite além de reduzir significativamente novas extrações de agregados naturais, a minimização de descartes inadequados de resíduos inerentes das atividades de construção e/ou demolição.

REFERÊNCIAS

ABRECON – História do Entulho. Disponível em <http://abrecon.org.br/entulho/história-do-entulho/>. Acesso em 03 de ago. 2022.

ABRECON (org.). Mercado. Disponível em: <https://abrecon.org.br/entulho/mercado/> Acesso em 22 de ago. 2021.

AFONSO, C. M. **Sustentabilidade**: caminho ou utopia? 2006. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=dYt96N2rN3gC&oi=fnd&pg=PA9&dq=Sustentabilidade:+caminho+ou+utopia%3F&ots=IB3bPVSuTT&sig=J8GvdzYa0o_zcPmNsxYDLTZrObY#v=onepage&q=Sustentabilidade%3A%20caminho%20ou%20utopia%3F&f=false Acesso em 15 ago. 2021.

ANGULO, S. C. *et al.* On the classification of mixed construction and demolition waste aggregate by porosity and its impact on the mechanical performance of concrete. **Rev Materials and Structures**, v. 43, p. 519–528, 2009.

ARTEIRO; C. R. Agregados reciclados. Construção Mercado, São Paulo, 2011. Disponível em: <http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/123/artigo299541-1.aspx>. Acesso em 15 ago. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7211 – Agregados para Concreto – Especificação. Disponível em: http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/17827/material/Nbr_7211_2005.pdf Acesso em 05 de ago. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004: Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15115: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos. Rio de Janeiro: ABNT, p. 12, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15116: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural - Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, p. 12, 2004.

BRASIL. Resolução CONAMA No 307, de 5 de julho de 2002, que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Brasília, 2002.

CÂMARA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (org.). Guia de Sustentabilidade na Construção. Belo Horizonte: FIEMG, 2008. Disponível em: <https://www.sinduscon->

mg.org.br/site/arquivos/up/comunicacao/guia_sustentabilidade.pdf Acesso em 15 ago. 2021.

CICLO AMBIENTAL (org.). Serviços Prestados. Disponível em: <https://cicloambientalrcc.com.br/site/conteudo/?id=3> Acesso em 22 ago. 2021.

CONAMA. Resolução Nº 307, de 05 de julho de 2002. Brasília, Disponível em: http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=305 Acesso em 08 ago. 2021.

CORINALDESI, V.; MORICONI, G. Influence of mineral additions on the performance of 100% recycled aggregate concrete. **Rev Construction and Building Materials**, v. 23, n. 8, p. 2869-2876, 2009.

COSTA, L. G. *et al.* A Conferência de Estocolmo e o pensamento ambientalista: como tudo começou. 2012. Disponível em: <https://ambitojuridico.com.br/cadernos/direito-ambiental/a-conferencia-de-estocolmo-e-o-pensamento-ambientalista-como-tudo-comecou/> Acesso em 15 ago. 2021.

DA SILVA BARBOSA, U. *et al.* Reutilização Do Concreto Como Contribuição Para A Sustentabilidade Na Construção Civil. **Rev Multidisciplinar Do Nordeste Mineiro - Unipac Issn**, v. 2178, p. 6925, 2018.

DE BRITO, L.; DOMINGUES DE FIGUEIREDO, A.; JOHN, V. M. Evaluation of the use of crushed returned concrete as recycled aggregate in ready-mix concrete plant. **Journal of Building Engineering**, v. 31, p. 101408-101422, set. 2020.

DECRETO Nº 10.936. Política Nacional de Resíduos Sólidos, de 12 de janeiro de 2022. Brasília. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2022/Decreto/D10936.htm Acesso em 07 ago. 2021.

DUAN, Z. *et al.* Study on the essential properties of recycled powders from construction and demolition waste. *Journal of Cleaner Production*, v. 253, 2020.

ECYCLE (Brasil) (org.). Brasileiro produz meia tonelada de resíduo na construção civil por ano. 2011. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/brasileiro-produz-meia-tonelada-de-residuo-na-construcao-civil-por-ano/> Acesso em 08 ago. 2021.

HENDRIKS, C. H.; NIJKERK, A. A.; VAN KOPPEN, A. E. O Ciclo da Construção. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2007.

GERIN, M. T.; STORCH, I. S.; ALMEIDA FILHO, F. M.; NARDIN, S. **Utilização de agregados de RCD em elementos estruturais: Panorama atual**. 2º Congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade, Foz do Iguaçu – PR, 2019.

Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/conresol/conresol2019/VII-067.pdf> Acesso em 06 de nov. 2024.

GLÓRIA, M. V. A.; RIBEIRO JUNIOR, L. C.; SOUSA, F. H. F. Reciclagem e reutilização de resíduos da construção civil e demolição. Gurupi. **Rev Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, v. 05, n. 11, p. 61-80, 2020. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/reciclagem-e-reutilizacao> Acesso em 22 ago. 2021.

GOMES, P. C. C. *et al.* Obtenção de concreto leve utilizando agregados reciclados. **Rev Ambiente Construído**, v. 15, n. 3, p. 31-46, jul./set. 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/QtC7TjwjZjRrX9q7m6Rftxz/?lang=pt> Acesso em 22 ago. 2021.

HERRADOR, R. *et al.* Use of Recycled Construction and Demolition Waste Aggregate for Road Course Surfacing. **Journal Of Transportation Engineering**, [S.L.], v. 138, n. 2, p. 182-190, fev. 2012. American Society of Civil Engineers (ASCE). Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1061/\(asce\)te.1943-5436.0000320](http://dx.doi.org/10.1061/(asce)te.1943-5436.0000320) Acesso em 22 ago. 2021.

LEITE, M. B. Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição. 2001. 290 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/21839> Acesso em 22 ago. 2021.

LIU, Q. *et al.* Investigation of using hybrid recycled powder from demolished concrete solids and clay bricks as a pozzolanic supplement for cement. **Rev Construction and Building Materials**, v. 73, p. 754–763, 2014.

MALAQUIAS, R. A. F.; AJAIME, T. I.; PEDROSO, A. M.; SILVA, C. M. RCC – resíduos da Construção Civil e sua viabilidade de utilização em relação ao material não reciclado. CENTRO DE ENSINO SUPERIOR DOS CAMPOS GERAIS – CESCAGE, 18ª Edição, jul-dez, 2018.

MALTA, J. O.; SILVA, V. S.; GONÇALVES, J. P. Argamassa contendo agregado miúdo reciclado de resíduo de construção e demolição. **Rev Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA)**, v. 1, n. 2, p. 176-188, 2013.

MENDONÇA, M. M. **Sustentabilidade na Construção Civil: Realidade ou utopia?** Monografia apresentada ao curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUBD-9K9H7L/1/sustentabilidade_na_constru___o_civil_realidade_ou_utopia.pdf Acesso em 03 de ago. 2022.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. Concreto: estrutura, propriedades e materiais. São Paulo: PINI, p. 573, 1994.

OLIVEIRA, M. R.; BONETTO, N. C. F. Reutilização de resíduos na Construção Civil. Centro de Pós-Graduação, Pesquisa e Extensão Oswaldo Cruz. Disponível em: https://oswaldocruz.br/revista_academica/content/pdf/Edicao_22_MIGUEL_RAMOS_DE_OLIVEIRA.pdf?fbclid=IwAR1k2WUs6S6gKqT9Gq6oKRvfJ9XWJGsYgOX124YT XhEEKaX-F20KMA26Dkk Acesso em 03 de ago. 2022.

PORTAL DO CONCRETO (Brasil) (org.). Agregados para Concreto. 2018. Disponível em: <https://www.portaldoconcreto.com.br/agregados> Acesso em 15 ago. 2021.

RYOU, J. S.; LEE, Y. S. Characterization of Recycled Coarse Aggregate (RCA) via a surface coating method. **International Journal of Concrete Structures and Materials**, v. 8, n. 2, p. 165–172, 2014.

SALLES, P. V.; GOMES, C. L.; POGGIALI, F. S. J.; RODRIGUES, C. de S. A importância da segregação do agregado reciclado na resistência e na durabilidade do concreto estrutural. **Rev Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 21, n. 3, p. 177-196, jul./set. 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/sBkpcRRznX757JkkMkhwCfr/?format=pdf&lang=pt> Acesso em 03 de ago. 2022.

SARTORI, S. *et al.* **Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: uma taxonomia no campo da literatura**. São Paulo: Ambiente & Sociedade, 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/315948872_Sustentabilidade_e_desenvolvimento_sustentavel_uma_taxonomia_no_campo_da_literatura Acesso em 15 ago. 2021.

SEBRAE. **Panorama do setor de construção civil: cenários 2018-2020**. Florianópolis – SC. Disponível em: <https://atendimento.sebrae-sc.com.br/inteligencia/infografico/panorama-do-setor-de-construcao-civil> Acesso em 03 de ago. 2022.

SOUSA, F. H. F; FERNANDES, A. J. M. M. A problemática dos impactos ambientais causados pelo funcionamento do lixão do município de Imperatriz- MA. Fórum Internacional de Resíduos Sólidos- Resíduos Sólidos e Mudanças Climáticas. Porto Alegre, 2016.

SPOSTO, R. M. Os resíduos da construção: problema ou solução? **Rev Espaço Acadêmico**, v.4, n.61, jun. 2006. **Resíduos de Construção e Demolição: Aspectos e Diretrizes**, 2017. Henrique Teixeira Godoi de Barros. Disponível em: http://www.monografias.ufop.br/bitstream/35400000/400/1/MONOGRAFIA_Residuos_Constru%C3%A7%C3%A3oDemoli%C3%A7%C3%A3o.pdf. Acesso em 21 de ago. 2022.

TEODORO, N. F. G. **Contribuição para a Sustentabilidade na Construção Civil: reciclagem e reutilização de materiais**. 2011. 91 f. Dissertação (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2011. Disponível em:

<https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395143118002/dissertacao.pdf> Acesso em 15 ago. 2021.

XIAO, J. *et al.* Mechanical properties of concrete mixed with recycled powder produced from construction and demolition waste. **Journal of Cleaner Production**, v. 188, p. 720-731, jul. 2018.

ZHANG, J. *et al.* Influence of carbonated recycled concrete aggregate on properties of cement mortar. **Rev Construction and Building Materials**, v. 98, p. 1-7, 2015.