**ANÁLISE DE TECNOLOGIAS DE RECICLAGEM DE RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL: AVANÇOS, DESAFIOS E OPORTUNIDADES**

GEICIANE FONSECA DE SOUZA1

1 Graduanda de Engenharia Civil, CEUNI - FAMETRO, Manaus - AM, geicianesilvan@gmail.com.

Apresentado no

Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC

08 a 11 de agosto de 2023

**RESUMO**: Este estudo analisa as tecnologias inovadoras de reciclagem de resíduos na construção civil, como trituração de concreto e reciclagem de asfalto. Examina os avanços recentes, descreve os desafios enfrentados na implementação dessas tecnologias e destaca os benefícios ambientais e econômicos. Ao impulsionar a inovação e a adoção dessas tecnologias, pretende-se avançar em direção a uma construção civil mais sustentável e eficiente, ao mesmo tempo em que se promove a economia circular e a gestão responsável dos resíduos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Tecnologias, resíduos, reciclagem, construção civil, avanços, oportunidades.

**ANALYSIS OF INNOVATIVE WASTE RECYCLING TECHNOLOGIES IN CIVIL CONSTRUCTION: ADVANCES, CHALLENGES AND OPPORTUNITIES**

**ABSTRACT:** This study analyzes innovative waste recycling technologies in civil construction, such as concrete crushing and asphalt recycling. It examines recent advances, describes the challenges faced in implementing these technologies, and highlights the environmental and medical benefits. The perspective of this analysis seeks to explore business opportunities and possible partnerships between companies, governments and research institutions. By remaining innovative and adopting these technologies, it is intended to move towards more sustainable and efficient civil construction, while promoting the circular economy and responsible waste management.

**KEYWORDS:** Technologies, waste, recycling, civil construction, advances, opportunities.

**INTRODUÇÃO**

A construção civil é uma indústria de grande impacto ambiental, sendo responsável pela geração de uma quantidade significativa de resíduos sólidos. A crescente preocupação com a sustentabilidade e a necessidade de reduzir os impactos negativos levaram ao surgimento e desenvolvimento de tecnologias de reciclagem de resíduos nesse setor. Essas tecnologias visam minimizar a quantidade de resíduos destinados a aterros sanitários, reduzir a extração de recursos naturais e promover a economia circular na construção civil.

A análise das tecnologias de reciclagem de resíduos na construção civil é de extrema relevância para entender os avanços alcançados, os desafios enfrentados e as oportunidades que surgem nesse campo. Compreender essas tecnologias nos permite explorar soluções sustentáveis para lidar com os resíduos gerados pela indústria da construção, além de promover a gestão responsável e eficiente desses materiais.

Nesta pesquisa, iremos examinar as tecnologias de reciclagem de resíduos na construção civil, como a trituração de concreto, reciclagem de asfalto e separação automatizada. Analisaremos os avanços recentes nesse campo, identificando os principais desenvolvimentos tecnológicos e suas aplicações práticas. Compreender esses desafios nos permitirá identificar as lacunas existentes e as áreas que requerem mais pesquisa e investimento.

A análise abrangente das tecnologias inovadoras de reciclagem de resíduos na construção civil é fundamental para incentivar a adoção de práticas sustentáveis, contribuindo para a preservação do meio ambiente, a redução de desperdícios e a promoção do desenvolvimento sustentável nesse setor crucial da economia.

**MATERIAL E MÉTODOS**

Para realizar a análise das tecnologias inovadoras de reciclagem de resíduos na construção civil, foram coletadas informações de diversas fontes. Inicialmente, foi realizada uma revisão bibliográfica abrangente em bases de dados científicas, como Google Acadêmico, Periódicos Capes, além de pesquisa em artigos científicos, livros, relatórios técnicos e publicações relevantes relacionadas ao tema. Essa revisão permitiu obter um panorama geral das tecnologias disponíveis, seus avanços, desafios e oportunidades.

Com base na revisão bibliográfica, foram estabelecidos critérios de inclusão para selecionar os estudos relevantes. Foram considerados estudos que abordavam tecnologias inovadoras de reciclagem de resíduos na construção civil, incluindo métodos de separação, processamento, transformação e aplicação dos materiais reciclados. Além disso, foram considerados estudos que apresentavam informações atualizadas e com embasamento científico sólido.

Os dados coletados foram analisados e sintetizados de forma qualitativa. Foram identificados os principais avanços alcançados pelas tecnologias de reciclagem na construção civil, como novos métodos de separação, processos de tratamento avançados e aplicações inovadoras dos materiais reciclados. Também foram identificados os principais desafios enfrentados, como questões técnicas, econômicas e regulatórias. Além disso, foram destacadas as oportunidades proporcionadas por essas tecnologias, como a redução de custos, a conservação de recursos naturais e a promoção da sustentabilidade.

Para compreender de forma mais clara os principais fatores que geram impacto ambiental na sociedade brasileira, foram analisados diversos artigos científicos, bem como leis regionais, legislações do Ministério do Meio Ambiente e decisões do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). O objetivo dessa análise é examinar em detalhes os aspectos que contribuem significativamente para o impacto ambiental, com foco especial nos resíduos de construção civil (RCC), uma vez que ainda há uma demanda insuficiente em relação ao seu descarte adequado.

Por fim, os resultados da análise foram discutidos e confrontados com a literatura existente, a fim de fornecer uma visão abrangente sobre as tecnologias inovadoras de reciclagem de resíduos na construção civil. Com base nas informações coletadas e analisadas, foi possível identificar tendências, desafios emergentes e oportunidades futuras nesse campo. As conclusões foram elaboradas com base nos dados obtidos e nos insights provenientes da análise realizada.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A NBR 15114/04 define os critérios para a seleção dos resíduos de concreto a serem reciclados, incluindo aspectos relacionados à sua composição, qualidade e condições de aceitação. Além disso, a norma estabelece os procedimentos para a trituração dos resíduos, a separação dos materiais recicláveis e a caracterização dos agregados reciclados resultantes.Através dos resultados obtidos, observa-se que a reciclagem de concreto é uma das tecnologias utilizadas na gestão de resíduos da construção civil. Consiste em processos que permitem a separação e reutilização dos componentes do concreto, como os agregados (brita), cimento e água. Os resíduos de concreto, provenientes de demolições, construções ou descartes de concreto fresco, são coletados e processados para recuperação dos materiais, essa prática reduz a demanda por recursos naturais, como a brita, e diminui a quantidade de resíduos descartados em aterros sanitários.

Os resíduos de concreto provenientes da construção civil podem apresentar uma ampla variedade de composições e características, o que dificulta o processo de reciclagem. A presença de impurezas, como armaduras metálicas, tintas ou aditivos, pode afetar a qualidade dos agregados reciclados. Além disso, a granulometria e a resistência do concreto variam consideravelmente, exigindo métodos de reciclagem adequados para garantir a qualidade dos materiais reciclados. A reciclagem de concreto requer uma infraestrutura adequada para a coleta, transporte e processamento dos resíduos. A falta de instalações de reciclagem próximas aos locais de geração de resíduos pode aumentar os custos e a pegada ambiental devido ao transporte de longas distâncias. Além disso, é necessário desenvolver sistemas eficientes de coleta e triagem para separar os diferentes tipos de resíduos de concreto e facilitar o processo de reciclagem.

Uma outra tecnologia adotada para o reaproveitamento é a reciclagem de asfalto, uma prática cada vez mais adotada na construção e manutenção de vias, devido às suas vantagens ambientais, econômicas e técnicas significativas. Ao reutilizar o asfalto degradado ou removido de estradas, pistas de aeroportos e outros pavimentos asfálticos, é possível reduzir o impacto ambiental associado à extração de recursos naturais e à geração de resíduos. No entanto, é importante destacar que a reciclagem de asfalto também enfrenta desafios. A qualidade do asfalto reciclado pode variar de acordo com as técnicas de reciclagem utilizadas e a composição do material de origem. Portanto, é fundamental adotar práticas adequadas de triagem, trituração e mistura para garantir a qualidade do asfalto reciclado. Além disso, a conscientização e o engajamento de todos os envolvidos na cadeia de produção de asfalto são essenciais para promover a reciclagem e garantir sua efetiva implementação.

A reciclagem de asfalto requer tecnologias e equipamentos específicos para trituração, mistura e processamento dos materiais. Nem todas as empresas possuem acesso a essas tecnologias e equipamentos especializados, o que pode ser um obstáculo para a implementação da reciclagem de asfalto. Além disso, a manutenção e a operação desses equipamentos podem representar desafios adicionais. Em termos técnicos, a reciclagem de asfalto tem mostrado resultados promissores. O asfalto reciclado pode apresentar características comparáveis ao asfalto convencional, desde que sejam adotadas técnicas adequadas de reciclagem. Os avanços tecnológicos têm permitido aprimorar os processos de trituração, mistura e estabilização do asfalto reciclado, garantindo sua qualidade e desempenho nas vias. Dessa forma, é possível obter um pavimento durável e funcional, ao mesmo tempo em que se promove a sustentabilidade ambiental.

Há também a separação automatizada de resíduos da construção civil, uma solução inovadora que busca otimizar o processo de triagem e recuperação de materiais recicláveis provenientes dessa atividade. Tradicionalmente, a separação dos resíduos era realizada manualmente, o que demandava tempo, mão de obra e poderia resultar em erros e baixa eficiência. No entanto, com os avanços tecnológicos, surgiram sistemas automatizados capazes de agilizar e aprimorar esse processo.

Os sistemas de separação automatizada utilizam técnicas como visão computacional, sensores, esteiras transportadoras e algoritmos de inteligência artificial para identificar, classificar e separar os resíduos de forma rápida e precisa. Esses sistemas são capazes de reconhecer diferentes tipos de materiais, como concreto, cerâmica, metais, plásticos e madeira, permitindo a sua recuperação e posterior reciclagem. Uma das principais vantagens da separação automatizada é a sua eficiência. Os equipamentos são capazes de processar grandes volumes de resíduos em um curto período de tempo, aumentando a produtividade e reduzindo os custos associados à separação manual. Além disso, a precisão na classificação dos materiais minimiza o risco de contaminação, garantindo que os materiais recicláveis sejam devidamente direcionados para as etapas de reciclagem adequadas.

Outro benefício importante da separação automatizada é a melhoria na qualidade dos materiais reciclados. Ao eliminar a interferência humana e os erros humanos, é possível obter materiais reciclados de melhor qualidade, com menor teor de impurezas e maior uniformidade. Isso possibilita a utilização desses materiais em novas aplicações na construção civil, contribuindo para a economia circular e reduzindo a demanda por recursos naturais.

No entanto, é importante mencionar que a implementação da separação automatizada de resíduos da construção civil também enfrenta desafios. Um dos principais desafios é a adaptação dos equipamentos às diferentes características e composições dos resíduos, considerando que esses materiais podem variar amplamente em termos de tamanho, forma e densidade. Além disso, a instalação e manutenção dos sistemas automatizados requerem investimentos financeiros e conhecimento técnico especializado. Apesar dos desafios, a separação automatizada de resíduos da construção civil representa uma solução promissora para otimizar o processo de reciclagem e contribuir para a sustentabilidade do setor. Com a capacidade de processar grandes volumes de resíduos de forma eficiente e precisa, essa tecnologia oferece benefícios significativos, como aumento da produtividade, melhoria na qualidade dos materiais reciclados e redução do impacto ambiental associado à geração de resíduos na construção civil.

**CONCLUSÃO**

Em conclusão, a análise das tecnologias de reciclagem de resíduos na construção civil revela uma série de avanços, desafios e oportunidades para o setor. Os avanços tecnológicos têm impulsionado o desenvolvimento de métodos inovadores de reciclagem, permitindo a recuperação de materiais valiosos e a redução do impacto ambiental da construção civil. A adoção dessas tecnologias traz benefícios significativos, como a preservação dos recursos naturais, a redução da geração de resíduos e a diminuição das emissões de gases de efeito estufa. Além disso, a reciclagem de resíduos na construção civil contribui para a economia circular, promovendo a utilização sustentável dos materiais e fechando o ciclo de vida dos produtos.

No entanto, diversos desafios precisam ser superados para a implementação eficiente dessas tecnologias. Questões relacionadas à legislação e regulamentação, capacitação técnica, infraestrutura adequada e conscientização são alguns dos obstáculos a serem enfrentados. É fundamental que governos, empresas, instituições de pesquisa e sociedade trabalhem em conjunto para promover políticas e incentivos que impulsionem a adoção e o desenvolvimento contínuo das tecnologias de reciclagem na construção civil. A viabilidade econômica da reciclagem também é um desafio importante a ser enfrentado. A disponibilidade de materiais virgens a preços competitivos e a falta de incentivos financeiros para a utilização de materiais reciclados podem dificultar a adoção da reciclagem.

Diante desses desafios, também surgem oportunidades para inovação e crescimento. A demanda por soluções sustentáveis na construção civil está em ascensão, abrindo espaço para o surgimento de novas empresas especializadas em reciclagem e tecnologias relacionadas. Estratégias como a implementação de políticas públicas de incentivo, a criação de mercados para materiais reciclados e a conscientização sobre os benefícios econômicos da reciclagem são fundamentais para superar esse desafio.Além disso, a colaboração entre diferentes setores e a troca de conhecimentos podem impulsionar a criação de parcerias estratégicas e o compartilhamento de melhores práticas. Em resumo, a análise das tecnologias de reciclagem de resíduos na construção civil revela um cenário promissor, com avanços significativos, mas também desafios a serem superados. A transição para uma indústria mais sustentável e circular depende da adoção de tecnologias inovadoras, da conscientização de todos os envolvidos e do comprometimento em promover ações concretas para reduzir o impacto ambiental da construção civil. Somente através de um esforço conjunto será possível explorar plenamente as oportunidades oferecidas pela reciclagem de resíduos, tornando a construção civil mais sustentável, resiliente e alinhada com os princípios do desenvolvimento sustentável.

**REFERÊNCIAS**

ABRECON – Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolições. Disponível em:https://abrecon.org.br/leis-e-normas. Acesso em: 15 de junho de 2023.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução 307 (2002). Publicada no DOU nº 136, de 17/07/2002, págs. 95-96. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.

BRASIL. Ministério do Planejamento e Orçamento. Secretaria de Política Urbana – SEPURB-MPO. Projeto BRA/92/017 Gestão e Tecnologias de Tratamento de Resíduos. SEPURB/MPO, SMA/SP, Projeto BRA-093/013 e Projeto BRA-092/017. Brasília, Agosto de 1996.

JOHN, V. M. Reciclagem de resíduos na construção civil: Contribuição para metodologia de pesquisa e desenvolvimento. Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 2000. 113p.

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

HAWLITSCHEK, Gustavo. Caracterização das propriedades de agregados miúdos reciclados influência no comportamento reológico de argamassas. 2014. 173 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2014.

GUERRA, Adriana Gumeri. Mestrado em Construção Civil. Apostila. Aproveitamento de Resíduos na Construção Civil. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG. 2012. 78p.

IBRACON - Revista IBRACON de Estruturas e Materiais. Volume 5. Estudo do reaproveitamento de resíduos de construção em concretos empregados na fabricação de blocos. Disponível em: https://www.scielo.br/j/riem/a/dQWNJzXhYBZQJpMjmzCP3Yq/?lang=pt&format=html#. Acesso em: 21 de junho de 2023.

CÔRREA, Lásaro Roberto. Sustentabilidade na Construção Civil. 2009. 70 f. Monografia (Curso de

 Especialização em Construção Civil) – Departamento de Engenharia de Materiais e Construção,

 Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

TRICHES, G.; Kryckyj, P.R.. Aproveitamento de entulho da construção civil na pavimentação urbana.

 Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.