



Reaproveitamento de resíduos sólidos na construção civil

Gabrielle Fernandes Figueiredo
Júlia Flávia Silva Lopes
Rafael de Matos Gontijo
Renata Cristina de Carvalho

gabrielle.g@hotmail.com
loopsjulia@hotmail.com
rmatos.gontijo@gmail.com
renatacarvalhotst@gmail.com

Professor (a) orientador: Diogo Caio Rocha Amorim

Coordenação de curso de Engenharia Civil: Laylla Gabrielle Borges Correia Freitas

Resumo: O setor da construção civil é responsável por uma quantidade significativa de resíduos sólidos e consumo de recursos naturais, o que gera problemas ambientais. O reaproveitamento desses resíduos na construção civil surge como uma alternativa promissora, pois reduz a extração de recursos, diminui o descarte inadequado e traz benefícios ambientais, sociais e econômicos. Além disso, essa prática pode gerar empregos, inclusão social e contribuir para a educação ambiental. O estudo proposto visa investigar as possibilidades de utilizar esses materiais em diferentes estruturas e edificações, buscando soluções sustentáveis para o setor e seus impactos. Para que essa prática se torne mais comum e efetiva, é necessário investir em pesquisa, tecnologias inovadoras, cooperação entre os envolvidos e conscientização sobre a importância das práticas sustentáveis. Além dos benefícios ambientais, o reaproveitamento de resíduos também pode trazer vantagens econômicas. No entanto, desafios como falta de conscientização e regulamentação adequada precisam ser superados, e é necessário investir em processos de reciclagem mais eficientes e capacitação dos profissionais da área.

Palavras-chave: Resíduos. Reaproveitamento. Construção Civil.

1. INTRODUÇÃO

O setor da construção civil é um dos que mais consome recursos naturais e gera resíduos sólidos no mundo. Estima-se que, somente no Brasil, a construção civil seja responsável por cerca de 50% de todos os resíduos gerados no país (CARDOSO, 2022). Além disso, muitos desses materiais são descartados de forma inadequada, o que pode causar diversos problemas ambientais, como poluição do solo e da água, contaminação do ar e proliferação de doenças (NAGALLI, 2016).

Diante desse cenário, o reaproveitamento de resíduos sólidos na construção civil surge como uma alternativa promissora para minimizar esses impactos e gerar benefícios ambientais, sociais e econômicos. Essa prática consiste em transformar os resíduos em matérias-primas para a construção de novas estruturas e edificações, reduzindo a necessidade de extração de recursos naturais e diminuindo a quantidade de resíduos enviados aos aterros

sanitários. Além disso, o uso de materiais reciclados pode reduzir os custos da construção e aumentar a eficiência energética das edificações, contribuindo para a sustentabilidade do setor (COUTO; BARBOSA; DE CAMPOS, 2021).

As formas mais comuns de agressão ambiental são o uso excessivo de recursos naturais e a poluição ambiental. (RIBEIRO; DE MOURA; DOS SANTOS PIROTE, 2016). Conseqüentemente, fica evidente a relevância de práticas sustentáveis, tanto na esfera social quanto na industrial. Para otimizar o uso dessas práticas, é necessário identificar o setor responsável por intensificar o impacto ambiental. Isso revela que o setor da construção civil, tem contribuído quando o descarte é realizado de forma inadequada. Da maneira que está induz que toda construção gera poluição pois oferece descarte inadequado. Sabe-se, portanto, que por meio da logística reversa é possível planejar, implementar e controlar de forma eficaz e eficiente o retorno ou recuperação de produtos em seu ciclo produtivo. (RIBEIRO; DE MOURA; DOS SANTOS PIROTE, 2016)

Além dos benefícios ambientais e econômicos, o reaproveitamento de resíduos sólidos na construção civil também pode gerar impactos positivos na sociedade, como a geração de emprego e renda em cooperativas de reciclagem e a inclusão social de catadores de materiais recicláveis (SILVA et al., 2016). Essa prática também pode contribuir para a educação ambiental da população, mostrando a importância da redução, reutilização e reciclagem de materiais no cotidiano. Por esses motivos, o reaproveitamento de resíduos sólidos na construção civil é uma tendência crescente no setor, sendo incentivado por políticas públicas e regulamentações que buscam promover a sustentabilidade da construção civil (SILVA et al., 2016).

O estudo será caracterizado como uma pesquisa bibliográfica, com o objetivo de demonstrar a importância do reaproveitamento dos resíduos sólidos que são gerados na construção civil e o seu impacto ao meio ambiente e na sociedade, que de acordo com dados pesquisados este campo de atividade são os que mais geram resíduos e desperdício de materiais que poderão ser reaproveitados na própria execução da obra ou até mesmo em uma parceria com empresas de reciclagem. (GEROLLI; FLORIAN; DE MARCO, 2021).

Nesse contexto, este artigo científico tem como objetivo investigar o reaproveitamento de resíduos sólidos na construção civil, analisando as possibilidades de utilização desses materiais em diferentes tipos de estruturas e edificações.

A justificativa para este estudo reside na necessidade de encontrar soluções sustentáveis para o setor da construção civil, de forma a minimizar os impactos ambientais e

gerar benefícios sociais e econômicos para a sociedade. O uso de resíduos sólidos como matéria-prima para a construção civil é uma alternativa viável e eficiente para alcançar esses objetivos.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Classificação dos resíduos sólidos

Segundo a ABNT – NBR 10.004/2004, a classificação dos resíduos sólidos por si só não pode impedir o estudo de alternativas de uso. No entanto, essa categorização direciona atenção especial ao gerenciamento dos resíduos sólidos, o que pode inviabilizar seu aproveitamento quando não for possível garantir a segurança do trabalhador, do consumidor final ou do meio ambiente. Para a utilização de resíduos sólidos ou misturas de resíduos sólidos para a fabricação de um novo produto ou para outros fins, estes devem atender às exigências dos órgãos responsáveis pela liberação do produto. (SANTOS; MARINHO, 2015)

Conforme dados da ABNT, Resíduos Sólidos são definidos como:

Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível. (NBR 10.004, ABNT, 2004).

Ainda de acordo com a NBR 10.004 da ABNT (2004), os resíduos podem ser classificados envolvendo a identificação dos processos ou atividades que os produzem, seus componentes e características, e uma comparação desses componentes. cujo impacto à saúde e ao meio ambiente é conhecido da seguinte forma conforme figura 1:

Figura 1 - Classificação dos resíduos

TIPOS DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL



Fonte: RESÍDUO ALL (2017)

2.2 Resíduos sólidos gerados pela construção civil

A construção civil é responsável por gerar uma grande quantidade de resíduos sólidos, que podem apresentar riscos ambientais e impactar negativamente a saúde pública. Devido ao grande volume de produção e às características dos materiais utilizados na construção, a geração de resíduos na construção civil é um desafio que requer a adoção de medidas adequadas de gerenciamento e destinação final. Neste referencial teórico, serão apresentadas as principais ideias relacionadas à geração de resíduos sólidos na construção civil (ALVES et al., 2015).

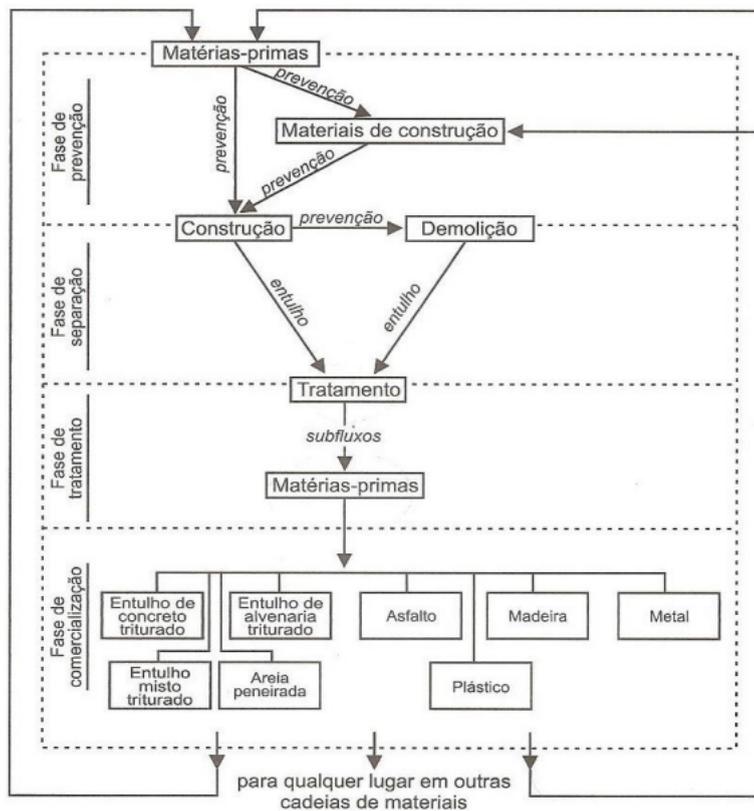
A geração de resíduos sólidos na construção civil ocorre em todas as etapas do processo construtivo, desde a preparação do terreno até a finalização da obra. Os resíduos gerados na construção civil são compostos por diversos materiais, como concreto, madeira, metais, plásticos, vidros, entre outros, e apresentam características distintas. Além disso, os resíduos gerados na construção civil podem ser classificados em dois tipos: resíduos da construção civil e resíduos volumosos (BATISTA, 2022).

Os resíduos da construção civil são gerados na execução de obras de construção, reforma ou demolição de edificações. Esses resíduos incluem materiais como tijolos, blocos de concreto, cerâmicas, argamassas, rebocos, entre outros. A geração de resíduos da construção civil pode ser reduzida por meio da adoção de práticas sustentáveis, como a

utilização de materiais reciclados ou a reutilização de materiais em outras obras (NAGALLI, 2016).

Na construção civil a geração de resíduos sólidos apresenta impactos negativos ao meio ambiente e à saúde pública, como a poluição do solo, do ar e da água. Para reduzir esses impactos, é necessário adotar medidas de gestão adequadas, que visem à redução da geração de resíduos, à segregação dos materiais, ao armazenamento seguro, à coleta e transporte adequado, ao tratamento e destinação final ambientalmente adequados, conforme mostrados na figura 2. (COUTO; BARBOSA; DE CAMPOS, 2021).

Figura 2 - Fluxograma do processo de reciclagem



Fonte: Nagalli, 2016

A legislação brasileira estabelece normas para o gerenciamento de resíduos sólidos na construção civil, com o objetivo de reduzir a geração e a disposição inadequada desses resíduos. A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), por exemplo, estabelece a

obrigatoriedade da elaboração de planos de gerenciamento de resíduos sólidos na construção civil (BATISTA, 2022).

Outro ponto relevante na geração de resíduos na construção civil é a existência de materiais perigosos, como tintas, solventes, amianto, entre outros. A gestão desses materiais requer cuidados especiais, para evitar danos ao meio ambiente e à saúde pública. A destinação final dos materiais perigosos deve ser realizada por empresas especializadas, que possuem tecnologia e equipamentos adequados para a realização do tratamento e destinação final segura desses materiais (ALVES et al., 2015).

Além disso, a geração de resíduos na construção civil também pode ser reduzida por meio da adoção de técnicas construtivas mais eficientes e sustentáveis. A utilização de materiais de construção com menor impacto ambiental, como materiais naturais, é uma opção que pode contribuir para a redução da geração de resíduos. A adoção de técnicas construtivas que reduzam o tempo de obra também pode contribuir para a redução da geração de resíduos, uma vez que o tempo de exposição dos materiais ao ambiente é menor (NAGALLI, 2016).

Por fim, é importante destacar que a geração de resíduos na construção civil é um problema que afeta a todos, e que requer ações efetivas por parte de todos os atores envolvidos. A conscientização e a adoção de práticas sustentáveis e adequadas de gerenciamento de resíduos sólidos são fundamentais para reduzir os impactos negativos desse setor sobre o meio ambiente e a saúde pública (SILVA et al., 2016).

2.3 Caracterização dos materiais utilizados na construção civil

A caracterização dos materiais utilizados na construção civil é uma etapa fundamental para garantir a qualidade e a segurança das edificações. A escolha adequada dos materiais utilizados na construção civil é crucial para assegurar a durabilidade e a resistência das estruturas, bem como para reduzir os impactos ambientais e os custos da obra (GOMES et al., 2021).

Os materiais utilizados na construção civil podem ser classificados em diversas categorias, de acordo com as suas propriedades e características. Os principais materiais utilizados na construção civil incluem: concreto, aço, madeira, vidro, cerâmica, plásticos, entre outros. A caracterização dos materiais utilizados na construção civil envolve a análise de diversos fatores, como a resistência, a durabilidade, a estabilidade dimensional, a permeabilidade, a densidade, entre outros (COUTO; BARBOSA; DE CAMPOS, 2021).

O concreto é um dos principais materiais utilizados na construção civil. A caracterização do concreto envolve a análise de diversos fatores, como a resistência à compressão, à tração e à flexão, a durabilidade, a permeabilidade, a retração, entre outros. A escolha adequada dos materiais utilizados na composição do concreto é crucial para a obtenção de um material de qualidade, que atenda às necessidades estruturais da edificação (GOMES et al., 2021).

O aço é outro material amplamente utilizado na construção civil. A caracterização do aço envolve a análise de diversos fatores, como a resistência à tração, a resistência à flexão, a ductilidade, a tenacidade, entre outros. A escolha adequada do tipo de aço utilizado na construção civil é crucial para assegurar a segurança e a durabilidade das estruturas metálicas (COUTO; BARBOSA; DE CAMPOS, 2021).

A madeira é um material tradicionalmente utilizado na construção civil, especialmente em estruturas de madeira. A caracterização da madeira envolve a análise de diversos fatores, como a densidade, a resistência à tração e à compressão, a resistência ao cisalhamento, entre outros. A escolha adequada do tipo de madeira utilizada na construção civil é crucial para assegurar a segurança e a durabilidade das estruturas de madeira (SILVA et al., 2015).

O vidro é outro material utilizado na construção civil, especialmente em fachadas de edifícios. A caracterização do vidro envolve a análise de diversos fatores, como a resistência mecânica, a resistência ao impacto, a durabilidade, a transparência, entre outros. A escolha adequada do tipo de vidro utilizado na construção civil é crucial para assegurar a segurança e a eficiência energética das fachadas de edifícios (NAGALLI, 2016).

A cerâmica é um material amplamente utilizado na construção civil, especialmente em revestimentos e pisos. A caracterização da cerâmica envolve a análise de diversos fatores, como a absorção de água, a resistência mecânica, a resistência ao desgaste, entre outros. A escolha adequada do tipo de cerâmica utilizada na construção civil é crucial para assegurar a segurança e a durabilidade dos revestimentos e pisos (BRASILEIRO; MATOS, 2015).

Os plásticos são materiais utilizados na construção civil em diversas aplicações, como tubos, filmes, isolantes térmicos e acústicos, entre outros. A caracterização dos plásticos envolve a análise de diversos fatores, como a densidade, a resistência mecânica, a resistência à abrasão, a resistência química, entre outros. A escolha adequada do tipo de plástico utilizado na construção civil é crucial para assegurar a segurança e a eficiência dos sistemas construtivos (RIBEIRO; DE MOURA. PIROTE, 2016).

Além disso, é importante destacar a importância da caracterização dos materiais na avaliação de sua adequação ao uso em obras de construção civil. A análise das características dos materiais utilizados na construção civil permite identificar potenciais problemas relacionados à qualidade dos materiais, bem como determinar a adequação desses materiais aos requisitos técnicos e normativos exigidos pela legislação (SILVA et al., 2016).

Por fim, é importante destacar a importância da utilização de materiais sustentáveis na construção civil. A escolha de materiais sustentáveis, que apresentam menor impacto ambiental e maior eficiência energética, é uma tendência crescente na construção civil. A utilização de materiais sustentáveis também pode contribuir para a redução dos custos da obra, uma vez que esses materiais apresentam maior durabilidade e menor necessidade de manutenção (NAGALLI, 2016).

Em resumo, a caracterização dos materiais utilizados na construção civil é uma etapa fundamental para garantir a qualidade, a segurança e a sustentabilidade das edificações. A escolha adequada dos materiais utilizados na construção civil é crucial para assegurar a durabilidade e a resistência das estruturas, bem como para reduzir os impactos ambientais e os custos da obra. A caracterização dos materiais também é importante para a definição das etapas de execução da obra, incluindo o controle de qualidade dos materiais utilizados (BATISTA, 2022).

2.4 Resolução CONAMA 307/2002

A Resolução CONAMA 307/2002 é uma norma que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil no Brasil. A norma é de extrema importância, uma vez que a geração de resíduos na construção civil é um problema grave que pode acarretar impactos ambientais e de saúde pública. Neste referencial teórico, serão apresentadas as principais ideias relacionadas à Resolução CONAMA 307/2002 (RIBEIRO; DE MOURA. PIROTE, 2016).

A Resolução CONAMA 307/2002 (CONAMA, 2002) define os tipos de resíduos da construção civil, que são divididos em classe A, B e C. A classe A é composta por resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como concreto, argamassa, tijolos, telhas, entre outros. A classe B é composta por resíduos recicláveis para outras destinações, como plásticos, papel e papelão, madeira e metais. A classe C é composta por resíduos que não

apresentam viabilidade técnica e econômica para reciclagem ou reutilização, como gesso, forros de PVC, entre outros (BARROS, 2018).

A Resolução CONAMA 307/2002 (CONAMA, 2002) exige que os geradores de resíduos da construção civil elaborem o Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC), que estabelece as medidas a serem adotadas para a gestão adequada dos resíduos gerados. O PGRCC deve ser elaborado por todos os geradores de resíduos da construção civil, independentemente da quantidade gerada (NAGALLI, 2016).

É importante destacar que a Resolução CONAMA 307/2002 (CONAMA, 2002) é uma norma de extrema importância para a gestão dos resíduos da construção civil no Brasil. A norma tem como objetivo principal reduzir a quantidade de resíduos destinados a aterros sanitários, promovendo a reciclagem e a reutilização dos materiais gerados nas obras. Com isso, a norma busca minimizar os impactos ambientais e de saúde pública decorrentes da geração de resíduos da construção civil (RIBEIRO; DE MOURA. PIROTE, 2016).

A Resolução CONAMA 307/2002 (CONAMA, 2002) também estabelece a necessidade de fiscalização e monitoramento da gestão dos resíduos da construção civil. Os órgãos ambientais são responsáveis por fiscalizar o cumprimento da norma e aplicar as sanções previstas em caso de descumprimento. Além disso, a norma prevê a necessidade de monitoramento da qualidade do ar, do solo e da água nos locais de disposição final dos resíduos da construção civil (SILVA et al., 2015).

Cabe destacar que a gestão adequada dos resíduos da construção civil é uma obrigação de todos os agentes envolvidos na cadeia produtiva da construção. Os geradores de resíduos da construção civil, os transportadores e os destinatários dos materiais devem estar cientes de suas responsabilidades e adotar medidas adequadas para a gestão dos resíduos gerados. A conscientização e a educação ambiental são fundamentais para a implementação efetiva da Resolução CONAMA 307/2002 (CONAMA, 2002; BRASILEIRO; MATOS, 2015).

2.5. Impactos Provocados pelos Rejeitos da Construção Civil

Os resíduos sólidos são considerados a expressão mais visível e concreta da contaminação ambiental, desempenhando importante papel na estrutura sanitária de uma comunidade urbana e também em aspectos relacionados à saúde pública. Além do impacto na saúde da sociedade, o efeito da remoção insuficiente desses resíduos no solo, atmosfera, vegetação e recursos hídricos também deve ser considerado (SANTOS; MARINHO, 2015).

A partir de material reciclado é possível fabricar peças com economia de até 70 % em relação a produtos similares utilizando matéria-prima não reciclada. Obviamente, essa proporção pode variar dependendo da tecnologia usada na planta de processamento, custo de materiais comuns e o custo do processo de processamento utilizado. As metas utilizadas para alcançar o desenvolvimento sustentável com resíduos na construção civil devem incluir a reciclagem, que é a base de um mercado de resíduos eficiente (SANTOS; MARINHO, 2015).

A reciclagem de resíduos da construção civil busca integrar os processos de produção e garantia de qualidade para um mercado mais diversificado e eficaz por meio de ações discutidas por algumas construtoras, associações, prefeituras e órgãos federais (MARTINS, 2012).

Embora existam tecnologias técnica e economicamente viáveis para a reciclagem de entulhos, o país continua produzindo resíduos cuja destinação final causa impacto no meio ambiente. O fato deste material não ser reaproveitado também representa um atentado à natureza pois não conseguimos economizar recursos como cascalho e areia (SANTOS; MARINHO, 2015).

O impacto negativo causado pela geração de grande quantidade de lixo e descarte irregular constitui um problema mais grave da administração pública. Para Martins (2012), esses efeitos levam a esgotamento de áreas de disposição de resíduos, degradação de fontes de água e disseminação de vetores de doenças, além de enormes gastos para o município (SANTOS; MARINHO, 2015).

3. METODOLOGIA

A investigação utilizou o método de uma Revisão bibliográfica, onde, para a realização do presente estudo, foi realizada a consulta a livros, dissertações, exemplos que estimulam a compreensão do tema e em artigos científicos selecionados através de busca nas seguintes bases de dados: Google Scholar, Scientific Eletrônic Library Online (SCIELO) e Portal Periódicos CAPES.

Como critérios inclusivos, foram considerados conteúdos publicados completos no que se relaciona a estrutura metodológica de desenvolvimento; publicados nos últimos dez anos; que envolvam como estudo o reaproveitamento de resíduos sólidos na construção civil; artigos científicos originais ou de revisão.

O período cronológico (últimos dez anos) foi estabelecido com o intuito de se pesquisar os conteúdos científicos mais recentes (com referência à data corrente do Trabalho de Conclusão de Curso), elucidando assim eficientemente o estado da arte. Como critérios de exclusão, foram estabelecidas resenhas críticas e pesquisas que não incluem o reaproveitamento de resíduos sólidos com os aspectos estudados no presente trabalho. Para tal, foram utilizadas as seguintes Palavras-chave: Resíduos Sólidos. Construção Civil. Reaproveitamento.

Após a coleta dos conteúdos, foi necessária a realização de uma leitura analítica de resumos, de maneira a desqualificar estudos que não sejam compatíveis com a proposta estabelecida. Como última etapa de seleção de referências, foi desenvolvido um estudo completo dos dados metodológicos e dos resultados obtidos no intuito de selecionar apenas as publicações que contribuam diretamente para o tratamento do problema de pesquisa proposto.

As metodologias adotadas para os resultados, foram a análise de trabalhos com observações das propriedades físicas em laboratório por outros autores, dos quais foram selecionados os que apresentarão resultados dentro da realidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ao longo da pesquisa realizada sobre o tema do reaproveitamento de resíduos sólidos na construção civil, foram encontrados cinco trabalhos acadêmicos que discorrem sobre diferentes formas de utilização desses materiais em aplicações específicas no setor. Esses estudos abordam a incorporação de resíduos como cerâmica vermelha, RCD, vidro, borracha de pneus e PET. Os resultados apresentados nestes trabalhos reforçam a viabilidade técnica e sustentável do uso desses resíduos na construção civil.

Os resultados desses estudos indicam que, em geral, é possível substituir parcialmente os agregados convencionais por resíduos sólidos, mantendo ou até melhorando as propriedades físicas e mecânicas dos materiais, sem comprometer o atendimento às normas técnicas aplicáveis. Essas descobertas destacam o potencial do reaproveitamento de resíduos sólidos na construção civil como uma alternativa viável e sustentável, com benefícios para o meio ambiente e a economia, e reforçam a necessidade de continuar investindo em pesquisas e inovações nesta área.

4.1. Utilização de resíduos de cerâmica vermelha como agregado na fabricação de Argamassas cimentícias

A cerâmica vermelha é amplamente utilizada na fabricação de tijolos, telhas e outros materiais de construção. Durante o processo de produção, é comum ocorrer quebras, falhas de qualidade ou sobras de materiais, resultando em resíduos. Esses resíduos podem ser reaproveitados como agregado em concretos e argamassas, substituindo parcialmente a areia ou a brita convencional.

Foi realizado um estudo por Cardoso e Forti (2015) que teve como objetivo investigar a viabilidade da utilização de resíduos de cerâmica vermelha na produção de argamassas. No estudo, foram coletados resíduos de cerâmica vermelha de uma fábrica local e realizados testes para avaliar suas propriedades físicas e químicas. Os resíduos foram triturados e peneirados para obter partículas com granulometria adequada para serem incorporadas à argamassa.

Em seguida, foram produzidas argamassas cimentícias contendo diferentes porcentagens de resíduos de cerâmica vermelha. Foram realizados testes de resistência mecânica, absorção de água, porosidade, aderência e durabilidade das argamassas.

Os resultados obtidos mostraram que a adição de resíduos de cerâmica vermelha na produção de argamassas cimentícias é viável. A presença dos resíduos melhorou algumas propriedades das argamassas, como a redução da absorção de água e o aumento da resistência mecânica em determinadas proporções conforme a tabela 1.

Tabela 1 – Resultados da resistência.

Traço	Tensão Média (MPa) - 28 dias
Argamassa A – sem adição de resíduo de cerâmica vermelha	33.21
Argamassa B – com adição de resíduo de cerâmica vermelha	34.26

Autor: Cardoso e Forti (2015)

É importante ressaltar que a utilização de resíduos de cerâmica vermelha como agregado requer um estudo prévio e a adoção de algumas precauções. É necessário analisar a qualidade dos resíduos, garantindo que estejam isentos de contaminantes e impurezas que possam comprometer as propriedades do concreto ou argamassa. Além disso, é preciso

realizar ensaios de dosagem para determinar a proporção adequada de substituição e avaliar as propriedades e o desempenho dos materiais.

4.2. Uso de resíduos de construção e demolição como agregado para produção de blocos de concreto

O uso de resíduos de construção e demolição (RCD) como agregado para a produção de blocos de concreto é uma prática sustentável que pode ajudar a reduzir o impacto ambiental da indústria da construção. Os RCDs são materiais resultantes de demolições, reformas ou construções, como concreto quebrado, tijolos, telhas, argamassa, entre outros. Ao utilizar os RCDs como agregado para a produção de blocos de concreto, é possível reduzir a extração de recursos naturais, como areia e brita, que são comumente usados na produção de concreto convencional.

Os RCDs triturados ou britados podem ser utilizados como substitutos parciais ou totais dos agregados convencionais na produção de blocos de concreto. No entanto, é importante garantir que as características técnicas do concreto, como resistência e durabilidade, sejam atendidas. Por isso, é recomendável realizar estudos e testes laboratoriais para determinar as proporções adequadas de substituição e garantir que os blocos de concreto produzidos atendam às normas e especificações técnicas aplicáveis.

Foi realizado uma análise da viabilidade técnica da utilização de resíduos de construção e demolição (RCD) na fabricação de blocos de vedação por Mesquita et al. (2015) e apresentaram os seguintes resultados: Estudos e pesquisas têm demonstrado que é possível obter resistências mecânicas adequadas ao utilizar RCDs como agregados na fabricação de blocos de vedação. Os resultados podem variar dependendo das proporções de substituição dos agregados convencionais e das características específicas dos RCDs utilizados.

A utilização de RCDs na produção de blocos de vedação pode afetar a absorção de água dos blocos. Os resultados podem indicar variações na absorção de água em comparação com blocos convencionais, devido às características dos RCDs utilizados. É importante garantir que os valores de absorção de água estejam dentro dos limites estabelecidos pelas normas técnicas.

4.3. Resíduos de vidro na fabricação de concretos e argamassas

A utilização de resíduos de vidro na fabricação de concretos e argamassas tem sido uma prática estudada e adotada com o objetivo de promover a sustentabilidade na construção civil. O resíduo de vidro, proveniente da reciclagem de embalagens, vidros quebrados ou descartados, é triturado e utilizado como adição mineral nos materiais de construção à base de cimento Portland.

Existem várias formas de incorporar o resíduo de vidro nas misturas de concreto e argamassa. Ele pode substituir parcialmente o agregado miúdo (areia) ou o agregado graúdo (brita), ou ainda ser utilizado como material de enchimento em substituição parcial do cimento. A granulometria do resíduo de vidro também pode variar de acordo com a aplicação desejada.

Estudos como o de Jardim (2022) mostram que, ao adicionar o resíduo de vidro, podem ser obtidos alguns benefícios na produção desses materiais em termos de sustentabilidade, propriedades mecânicas, durabilidade e isolamento. No entanto, é necessário um planejamento adequado e a adoção de boas práticas para garantir a qualidade dos materiais produzidos.

4.4. Resíduos de borracha de pneus como agregado para concreto permeável

A utilização de resíduos de borracha de pneus como agregado para concreto permeável tem sido estudada como uma alternativa sustentável na construção civil. O concreto permeável é um tipo de concreto poroso projetado para permitir a infiltração da água no solo, ajudando a reduzir problemas de drenagem e enchentes.

Ao incorporar resíduos de borracha de pneus na mistura do concreto permeável, podem ser obtidos alguns benefícios como mostra Deleprani (2022): Contribuição para a redução do descarte inadequado desses materiais, evitando seu acúmulo em aterros sanitários e promovendo a economia de recursos naturais. Apresentação de características porosas que podem ajudar a melhorar a capacidade de absorção de água do concreto permeável. Isso contribui para a redução do escoamento superficial e a recarga dos lençóis freáticos.

A borracha de pneus é um material leve, o que pode resultar em uma diminuição do peso do concreto permeável. Essa característica pode ser vantajosa em estruturas onde o peso é um fator importante, como em pisos de estacionamento ou pavimentos de tráfego leve.

Em resumo, a utilização de resíduos de borracha de pneus como agregado para concreto permeável pode trazer benefícios em termos de sustentabilidade, absorção de água, redução de peso e conforto.

4.5. Blocos de intertravados de concreto utilizando resíduos de PET

A utilização de resíduos de PET (Polietileno Tereftalato) na fabricação de blocos intertravados de concreto tem sido estudada como tem sido objeto de estudo por Pires (2015), como uma alternativa sustentável na construção civil. Os blocos intertravados são elementos pré-moldados utilizados em pavimentos, calçadas, pátios e áreas externas, formando uma superfície resistente e permeável.

O PET possui propriedades isolantes, o que pode contribuir para melhorar o isolamento térmico dos blocos intertravados. Isso pode resultar em uma menor transferência de calor para o ambiente e proporcionar maior conforto térmico.

Estudos têm mostrado que a incorporação de resíduos de PET em teores adequados não compromete significativamente a resistência e a durabilidade dos blocos intertravados. No entanto, é importante realizar testes e ensaios específicos para garantir que as propriedades mecânicas e de desempenho atendam aos requisitos necessários.

Em resumo, a utilização de resíduos de PET na fabricação de blocos intertravados de concreto apresenta benefícios potenciais em termos de sustentabilidade, redução de peso, isolamento térmico e resistência.

Além das alternativas já mencionadas, a pesquisa e o desenvolvimento de tecnologias inovadoras que utilizem resíduos sólidos na construção civil são essenciais para impulsionar a sustentabilidade no setor. Novos materiais e técnicas construtivas podem surgir a partir da combinação de diferentes tipos de resíduos, gerando soluções que atendam às demandas específicas de cada projeto e que estejam em conformidade com as normas técnicas.

Para que o reaproveitamento de resíduos sólidos na construção civil se torne uma prática comum e efetiva, é necessário também fomentar a cooperação entre as diversas partes interessadas, como fabricantes, profissionais da construção, órgãos reguladores e pesquisadores. A troca de informações e a criação de parcerias podem auxiliar na identificação e superação de obstáculos que dificultam a implementação dessas práticas sustentáveis, garantindo, assim, o cumprimento das normas técnicas estabelecidas, e o desenvolvimento de soluções inovadoras e ambientalmente responsáveis.

Por fim, cabe ressaltar a importância de se promover a conscientização sobre a necessidade do reaproveitamento de resíduos sólidos na construção civil, tanto por parte dos profissionais do setor quanto dos órgãos reguladores e da sociedade em geral. A adoção de práticas sustentáveis na construção civil contribui para a preservação do meio ambiente, a redução do desperdício de recursos naturais e a minimização dos impactos negativos no ecossistema. Neste contexto, é fundamental que os materiais reaproveitados estejam em conformidade com as normas técnicas, para garantir a qualidade e a segurança das construções.

Em suma, diversos estudos têm apontado o potencial do reaproveitamento de resíduos sólidos na construção civil, contribuindo para a promoção de práticas mais sustentáveis no setor. A utilização desses resíduos como agregados em concretos, argamassas e outros elementos construtivos, desde que respeitadas às normas técnicas aplicáveis, é uma tendência que tende a se consolidar cada vez mais, com benefícios tanto para o meio ambiente quanto para a economia.

4.6. Comparação entre os processos de reutilização

Além das alternativas já mencionadas, a pesquisa e o desenvolvimento de tecnologias inovadoras que utilizem resíduos sólidos na construção civil são essenciais para impulsionar a sustentabilidade no setor. Novos materiais e técnicas construtivas podem surgir a partir da combinação de diferentes tipos de resíduos, gerando soluções que atendam às demandas específicas de cada projeto e que estejam em conformidade com as normas técnicas.

Quadro 1 - Comparação entre os processos de reutilização

Processo	Material de Reutilização	Aplicação	Benefícios	Desvantagens
Utilização de resíduos de cerâmica vermelha como agregado na fabricação de Argamassas cimentícias	Resíduos de cerâmica vermelha	Argamassas cimentícias	Redução da absorção de água; aumento da resistência mecânica	Necessidade de análise da qualidade dos resíduos; ensaios de dosagem necessários
Uso de resíduos de construção e demolição como agregado para	Resíduos de construção e demolição (RCD)	Blocos de concreto	Redução da extração de recursos naturais;	Variações na absorção de água; necessidade de testes específicos

produção de blocos de concreto			atendimento às normas	
Resíduos de vidro na fabricação de concretos e argamassas	Resíduos de vidro	Concretos e argamassas	Sustentabilidade; propriedades mecânicas, durabilidade e isolamento	Necessidade de planejamento adequado e boas práticas
Resíduos de borracha de pneus como agregado para concreto permeável	Resíduos de borracha de pneus	Concreto permeável	Redução do descarte inadequado; absorção de água; redução de peso	Necessidade de avaliar a resistência e durabilidade dos blocos
Blocos de intertravados de concreto utilizando resíduos de PET	Resíduos de PET (Polietileno Tereftalato)	Blocos intertravados de concreto	Sustentabilidade; redução de peso; isolamento térmico	Necessidade de realizar testes e ensaios específicos

Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

Diversos modelos de reutilização de materiais de construção têm sido estudados e implementados na indústria da construção civil, visando promover a sustentabilidade e reduzir o impacto ambiental. Alguns desses modelos incluem a utilização de resíduos de cerâmica vermelha como agregado na fabricação de argamassas cimentícias, o uso de resíduos de construção e demolição (RCD) como agregado para produção de blocos de concreto, a incorporação de resíduos de vidro nas misturas de concreto e argamassa, a utilização de resíduos de borracha de pneus como agregado para concreto permeável, e a utilização de resíduos de PET na fabricação de blocos intertravados de concreto (SILVA; SOUZA, 2019).

No modelo de reutilização de resíduos de cerâmica vermelha, os resíduos provenientes da produção de tijolos, telhas e outros materiais de construção são coletados, triturados e peneirados para obter partículas com granulometria adequada. Esses resíduos são então incorporados às argamassas cimentícias, substituindo parcialmente a areia ou a brita convencional. Estudos têm demonstrado a viabilidade técnica dessa prática, evidenciando benefícios como a redução da absorção de água e o aumento da resistência mecânica (BRASILEIRO; MATOS, 2015).

Já no modelo de reutilização de resíduos de construção e demolição, os RCDs provenientes de demolições, reformas ou construções são triturados ou britados e utilizados como agregado para a produção de blocos de concreto. A substituição parcial ou total dos agregados convencionais é viável, e estudos têm indicado que é possível obter resistências mecânicas adequadas. No entanto, é importante realizar estudos e testes específicos para

determinar as proporções adequadas de substituição e garantir que os blocos de concreto produzidos atendam às normas técnicas aplicáveis (RIBEIRO; DE MOURA; PIROTE, 2016).

No contexto da reutilização de resíduos de vidro, esses materiais, provenientes da reciclagem de embalagens, vidros quebrados ou descartados, são triturados e incorporados às misturas de concreto e argamassa. O resíduo de vidro pode substituir parcialmente o agregado miúdo (areia) ou o agregado graúdo (brita), ou ainda ser utilizado como material de enchimento em substituição parcial do cimento. Estudos têm mostrado benefícios em termos de sustentabilidade, propriedades mecânicas, durabilidade e isolamento. No entanto, é necessário um planejamento adequado e a adoção de boas práticas para garantir a qualidade dos materiais produzidos (JARDIM et al., 2022).

No modelo de reutilização de resíduos de borracha de pneus, esses resíduos são utilizados como agregado para a produção de concreto permeável. A incorporação dos resíduos de borracha de pneus contribui para a redução do descarte inadequado desses materiais, evitando seu acúmulo em aterros sanitários (FERREIRA; SANTOS, 2019).

Para que o reaproveitamento de resíduos sólidos na construção civil se torne uma prática comum e efetiva, é necessário também fomentar a cooperação entre as diversas partes interessadas, como fabricantes, profissionais da construção, órgãos reguladores e pesquisadores. A troca de informações e a criação de parcerias podem auxiliar na identificação e superação de obstáculos que dificultam a implementação dessas práticas sustentáveis, garantindo, assim, o cumprimento das normas técnicas estabelecidas, e o desenvolvimento de soluções inovadoras e ambientalmente responsáveis.

Por fim, cabe ressaltar a importância de se promover a conscientização sobre a necessidade do reaproveitamento de resíduos sólidos na construção civil, tanto por parte dos profissionais do setor quanto dos órgãos reguladores e da sociedade em geral. A adoção de práticas sustentáveis na construção civil contribui para a preservação do meio ambiente, a redução do desperdício de recursos naturais e a minimização dos impactos negativos no ecossistema. Neste contexto, é fundamental que os materiais reaproveitados estejam em conformidade com as normas técnicas, para garantir a qualidade e a segurança das construções.

Em suma, diversos estudos têm apontado o potencial do reaproveitamento de resíduos sólidos na construção civil, contribuindo para a promoção de práticas mais sustentáveis no setor. A utilização desses resíduos como agregados em concretos, argamassas e outros elementos construtivos, desde que respeitadas às normas técnicas aplicáveis, é uma tendência

que tende a se consolidar cada vez mais, com benefícios tanto para o meio ambiente quanto para a economia.

6. CONCLUSÃO

Em conclusão, o reaproveitamento de resíduos sólidos na construção civil é uma prática promissora, e fundamental para promover a sustentabilidade no setor. Os estudos apresentados neste trabalho demonstram que é possível utilizar diferentes tipos de resíduos, como cerâmica vermelha, RCD, vidro, borracha de pneus, e PET, em diversas aplicações na construção civil.

Os resultados dessas pesquisas indicam que a substituição parcial de agregados convencionais por resíduos sólidos pode resultar em materiais com propriedades físicas e mecânicas similares ou até superiores, sem comprometer a qualidade e a segurança das construções. Isso evidencia o potencial do reaproveitamento de resíduos na construção civil como uma alternativa sustentável e viável, com benefícios para o meio ambiente e a economia.

Para que essa prática se torne mais comum e efetiva, é essencial investir em pesquisa e desenvolvimento de tecnologias inovadoras, promover a cooperação entre fabricantes, profissionais da construção, órgãos reguladores e pesquisadores, e fomentar a conscientização sobre a importância da adoção de práticas sustentáveis no setor. Através desses esforços, será possível construir um futuro mais sustentável e responsável para a indústria da construção civil.

Além disso, o reaproveitamento de resíduos sólidos na construção civil também pode trazer benefícios econômicos. A utilização de materiais reciclados pode representar uma redução significativa nos custos de produção, uma vez que a obtenção desses materiais geralmente é mais barata do que a aquisição de materiais novos. Além disso, a prática de reaproveitamento pode gerar oportunidades de negócios para empresas especializadas em reciclagem e gestão de resíduos.

No entanto, é importante ressaltar que o reaproveitamento de resíduos sólidos na construção civil ainda enfrenta alguns desafios. A falta de conscientização e de regulamentação adequada em relação ao descarte e à gestão dos resíduos são obstáculos a serem superados. Além disso, é necessário investir em tecnologias e processos de reciclagem mais eficientes, além de promover a capacitação e treinamento dos profissionais envolvidos na construção civil.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 10004: **resíduos sólidos – classificação**. Rio de Janeiro, 2004. 71 p

BARROS, Murillo Vetroni. **Plano de gerenciamento de resíduos sólidos da construção civil: um panorama de análise a partir da Resolução 307 do CONAMA**. Revista Gestão Industrial, v. 13, n. 4, 2018.

BATISTA, Marcelo Lopes. **Gestão de resíduos na construção civil: ênfase no desenvolvimento sustentável Waste management in civil construction: emphasis on sustainable development**. *Brazilian Journal of Development*, v. 8, n. 4, p. 23356-23373, 2022.

BRASILEIRO, Luzana Leite; MATOS, José Milton Elias de. Revisão bibliográfica: **reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil**. *Cerâmica*, v. 61, p. 178-189, 2015.

CARDOSO, Julia Thais de Oliveira; FORTI, Nádia Cazarim da Silva. **Estudo para a aplicação de resíduos de cerâmica vermelha na produção de argamassas cimentícias**. Disponível em: <file:///C:/Users/Julia/Downloads/2015819_153039_538753445_resadi.pdf> Acesso em: 20 de maio de 2023.

CARDOSO, Luiza Moura. **Tudo sobre os Resíduos Sólidos da Construção Civil**. Disponível em: <<https://www.sienge.com.br/blog/residuos-solidos-da-construcao-civil/>>. Acesso em: 24 abr. 2023.

CONAMA. Resolução N. 307 de 05 de julho de 2002. **Estabelece diretrizes, critérios, procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil**. Diário Oficial da União (Brasília). 2002.

COUTO, Karina de Fátima; BARBOSA, José Eduardo do Couto; DE CAMPOS, Patrícia Klinkerfus. **Estudo de caso sobre o processo de reaproveitamento de resíduos sólidos da construção civil**. Revista Científica e-Locução, v. 1, n. 19, p. 20-20, 2021.

DELEPRANI, Fernanda Bianchi. **Concreto permeável com utilização de materiais reciclados**. 2022. Acesso em 22 de maio de 2023.

GEROLLI, M.; FLORIAN, F. .; DE MARCO, G. . **Reaproveitamento de resíduos na construção civil**: TCC. REVISTA CIENTÍFICA ACERTTE - ISSN 2763-8928, [S. l.], v. 1, n. 5, p. e1545, 2021. DOI: 10.47820/acertte.v1i5.45. Disponível em: <<https://acertte.org/index.php/acertte/article/view/45>>. Acesso em: 13 abr. 2023.

GOMES, Carla Pinheiro et al. **Impacto Ambiental e Gerenciamento de Resíduos Sólidos Advindos da Construção Civil no Brasil: Uma Revisão de Literatura/Environmental Impact and Solid Waste Management Arising from Civil Construction in Brazil: A Literature Review**. ID on line. Revista de psicologia, v. 15, n. 55, p. 729-742, 2021.

GOMES, F. P.; SOUZA, L. M. **Aplicação de resíduos de rochas ornamentais na produção de placas cimentícias: uma proposta sustentável**. Revista Inovação e Tecnologia na Construção Civil, v. 22, n. 4, p. 410-423, 2020.

JARDIM, Pedro Ignácio Lima Gadêlha et al. **ANÁLISE DA UTILIZAÇÃO DO RESÍDUO DE VIDRO EM CONCRETOS E ARGAMASSAS DE CIMENTO PORTLAND**. REVISTA DE ENGENHARIA E TECNOLOGIA, v. 14, n. 1, 2022.

MARTINS, Danyela. **Goiânia não Entrega Plano de Resíduos Sólidos**. Diário da Manhã (Online), Goiânia: 04 ago. 2012. Disponível em: www.dm.com.br/ Acesso em: 08 maio 2023.

MESQUITA, Leonardo Carvalho; AZEVEDO, Izabel Christina d'Almeida Duarte de; CÂNDIDO, Eduardo Souza; CATHOUD, Gabriel Almeida. **Análise da Viabilidade Técnica de Utilização de Resíduos de Construção e Demolição na Fabricação de Blocos de Vedação**. [s. l.], 9 nov. 2015.

NAGALLI, André. **Gerenciamento de resíduos sólidos na construção civil**. Oficina de Textos, 2016.

PIRES, Giselle Waldtraut Mathes Orcioli et al. **Avaliação de blocos intertravados manufaturados com concreto dosado com resíduos de PET como alternativa sustentável na construção civil**. 2015.

RIBEIRO, Denise; DE MOURA, Larissa Santos; DOS SANTOS PIROTE, Natália Stéfanie. **Sustentabilidade: formas de reaproveitar os resíduos da construção civil**. Revista de Ciências Gerenciais, v. 20, n. 31, p. 41-45, 2016.

SILVA, FC da et al. **Mapeamento de tecnologias associadas ao reaproveitamento de resíduos sólidos e reciclagem de materiais utilizados no setor da construção civil brasileira**. In: Anais do International Symposium on Technological Innovation. 2016.

SANTOS, Thainara Rocha; MARINHO, Jaqueline Pereira. **Resíduos sólidos gerados pela construção civil em Goiânia**. 2015.