

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS A.C. SIMÕES
CENTRO DE TECNOLOGIA – CTEC
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

ADRIEL BEZERRA ROCHA SILVA

**ANÁLISE DO IMPACTO DA INCORPORAÇÃO DE FINOS DE RESÍDUOS DE
CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO NA PERFORMANCE FÍSICA E MECÂNICA DE
ARGAMASSAS: UM LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO**

MACEIÓ – AL
2023

ADRIEL BEZERRA ROCHA SILVA

**ANÁLISE DO IMPACTO DA INCORPORAÇÃO DE FINOS DE RESÍDUOS DE
CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO NA PERFORMANCE FÍSICA E MECÂNICA DE
ARGAMASSAS: UM LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Roberto Barbosa dos Santos.

Maceió – AL

2023

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico
Bibliotecária: Taciana Sousa dos Santos – CRB-4 – 2062

S586a Silva, Adriel Bezerra Rocha.

Análise do impacto da incorporação de finos de resíduos de construção e demolição na performance física e mecânica de argamassas : um levantamento bibliográfico / Adriel Bezerra Rocha Silva. – 2023.
48 f. : il. color.

Orientador: Roberto Barbosa dos Santos.

Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil)
– Universidade Federal de Alagoas. Centro de Tecnologia. Maceió, 2023.

Bibliografia: f. 45-48.

1. Substituição de cimento. 2. Resíduos de construção e demolição. 3. Argamassa. I. Título.

CDU: 624 : 666.971

Folha de Aprovação

ADRIEL BEZERRA ROCHA SILVA

ANÁLISE DO IMPACTO DA INCORPORAÇÃO DE FINOS DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO NA PERFORMANCE FÍSICA E MECÂNICA DE ARGAMASSAS: UM LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Prof. Dr. Roberto Barbosa dos Santos (Orientador)

Banca examinadora:

Prof. Dr. João Carlos Cordeiro Barbirato - Universidade Federal de Alagoas

Prof^a. Dra. Karoline Alves de Melo Moraes - Universidade Federal de Alagoas

AGRADECIMENTOS

Gostaria de iniciar meus agradecimentos expressando minha profunda gratidão a Deus, fonte de toda sabedoria e inspiração, por me guiar ao longo dessa jornada acadêmica e por conceder força e perseverança para alcançar este momento tão significativo.

Aos meus queridos pais, Adalva e Antônio, e aos meus irmãos, que estiveram ao meu lado em cada etapa desta caminhada, sou imensamente grato por todo o amor, apoio e incentivo incansável. Seu carinho e encorajamento foram fundamentais para que eu superasse os desafios e me dedicasse à conclusão deste trabalho.

À minha saudosa avó Laudiceia, que infelizmente não está mais entre nós, dedico uma lembrança especial. Sua presença em minha vida foi fonte de inspiração e exemplo de perseverança. Seus valores e ensinamentos continuam vivos em minha memória e coração.

À professora Cássia, agradeço pelo papel essencial no início deste projeto. Suas orientações e conhecimentos compartilhados foram fundamentais para que eu pudesse traçar o caminho inicial desta pesquisa.

Ao professor Roberto, meu sincero agradecimento pela confiança depositada em mim, permitindo que eu prosseguisse com meu trabalho. Sua mentoria e orientações preciosas foram determinantes para o aprimoramento deste TCC.

Aos membros da banca examinadora, professor Barbirato e professora Karol, agradeço pela disponibilidade em avaliar este trabalho e pelas contribuições oferecidas. Suas críticas construtivas e feedback foram de grande importância para o aperfeiçoamento deste estudo.

Não posso deixar de estender minha gratidão a todos os professores e colegas que de alguma forma contribuíram para o meu crescimento acadêmico, trocando conhecimentos e experiências ao longo dessa trajetória.

Por fim, dedico este trabalho a todos aqueles que acreditaram em mim e me apoiaram ao longo desta jornada. Seja por palavras de encorajamento, gestos de carinho ou por compartilhar um pouco do seu tempo, sou imensamente grato a cada um de vocês.

Muito Obrigado!

RESUMO

Sendo a construção civil uma das atividades que mais impactam o meio ambiente, tanto no consumo de materiais não renováveis quanto na geração de resíduos, este trabalho de conclusão de curso objetiva realizar uma revisão de literatura analisando o efeito da substituição parcial do cimento por finos de resíduos da construção e demolição (RCD). Nos estudos, foram observados o teor de substituição, o tipo de RCD, os ensaios realizados e os resultados obtidos. Para esta revisão, foram buscados artigos, monografias, dissertações e teses na base de dados do Periódico CAPES, SciELO e Google Acadêmico. O período de busca foi de 2018 a 2023. Foram selecionados oito estudos relevantes sobre o tema. Observou-se uma redução geral na resistência à compressão, entretanto, a resistência à tração na flexão teve melhorias até 15% de substituição, exceto para 20%. As variações na absorção por capilaridade e índice de vazios foram estatisticamente insignificantes.

Palavras chaves: Substituição parcial de cimento; Finos de resíduos de construção e demolição; Propriedades físicas e mecânicas da argamassa; Levantamento Bibliográfico.

ABSTRACT

Since civil construction is one of the activities that most impact the environment, both in the consumption of non-renewable materials and in the generation of waste, this course conclusion work aims to carry out a literature review analyzing the effect of the partial replacement of cement by cement fines. construction and demolition waste (CDW). In the studies, the replacement content, the type of RCD, the tests carried out and the results obtained were observed. For this review, articles, monographs, dissertations and theses were searched in the Periódico CAPES, SciELO and Google Scholar databases. The search period was from 2018 to 2023. Eight relevant studies on the topic were selected. A general reduction in compressive strength was observed, however, the flexural tensile strength improved up to 15% of replacement, except for 20%. Changes in capillary absorption and void ratio were statistically insignificant.

Keywords: Partial replacement of cement; Construction and demolition waste fines; Mortar physical and mechanical properties; Bibliographic Survey.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABCP	Associação Brasileira do Cimento Portland
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
PERS	Plano Estadual de Resíduos Sólidos
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
RCC	Resíduos da Construção Civil
RCD	Resíduos da Construção e Demolição

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
1.1 Considerações iniciais	9
1.2 Objetivos	11
1.2.1 Objetivo geral	11
1.2.2 Objetivos específicos	11
1.3 Justificativa	11
2 REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1 Argamassa	13
2.1.1 Classificação das argamassas	14
2.1.1 Principais constituintes da argamassa	16
2.1.1.1 Aglomerantes	16
2.1.1.1.1 Cimento Portland	17
2.1.1.1.2 Cal	19
2.1.1.3 Agregado miúdo	19
2.1.3 Propriedades da argamassa	20
2.1.3.1 No estado fresco	20
2.1.3.2 No estado endurecido	21
2.2 Resíduos da Construção e Demolição (RCD)	23
2.1. Geração e Composição dos Resíduos da Construção e Demolição	25
2.2. Impactos Ambientais e Sociais dos Resíduos da Construção e Demolição	27
3 METODOLOGIA	31
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	34
4.1 Principais estudos e suas características	34
4.2 Característica do RCD utilizado	38
4.3 Teores de substituição	38
4.4 Ensaio testados	39
4.4.1 Comportamento mecânico	39
4.4.2 Comportamento físico	42
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	44
REFERÊNCIAS	46

1 INTRODUÇÃO

1.1 Considerações iniciais

A história e evolução da construção civil está intrinsecamente ligada à história da humanidade. Essa atividade surge na pré-história. Quando o homem deixa de ser nômade caçador e coletor. Ao desenvolver a agricultura, surge a necessidade de também desenvolver abrigos com o intuito de se proteger do tempo e dos perigos (Queiroz, 2019).

Logicamente, conforme as condições da época, as construções eram bem rudimentares. Possivelmente elas eram constituídas por madeira, palha, barro, pedras. Ou seja, o material era usado da maneira que se encontrava na natureza. Com o passar do tempo, com as evoluções que ocorreram e permitiram o desenvolvimento dessa área, tem-se a construção civil da forma que é conhecida hoje.

É incontestável o quão a construção civil é importante para o desenvolvimento de um país. Ela é responsável pela construção de obras de infraestrutura de grande porte, como estradas, rodovias, pontes, aeroportos, canais, portos, edifícios, usinas hidrelétricas, barragens, hidrovias, sistemas de abastecimento de água, sistemas de drenagem e outros. Estas obras são fundamentais para o crescimento econômico e o desenvolvimento social de um país, além de impactar positivamente a qualidade de vida das pessoas.

No entanto, à medida que a construção civil evoluiu, evoluíram também os impactos ambientais causados por ela. Além de ser a atividade que mais consome recursos naturais, também é a atividade que mais gera resíduos.

Segundo afirmam Scandelari *et al.* (2016, p.2) “o setor da construção civil consome cerca de 15% a 50% de recursos naturais, 66% de toda a madeira extraída, 40% da energia produzida e 16% da água potável, sendo ainda um grande gerador de resíduos, produzindo uma quantidade duas vezes maior que o lixo urbano”.

Da mesma forma, por ser o material mais utilizado na construção, o cimento é um grande poluidor ambiental. Segundo a Associação Brasileira do Cimento Portland (ABCP, 2022), no ano de 2021, mesmo com a pandemia da COVID-19, foram vendidas no Brasil 64,7 bilhões de toneladas de Cimento Portland. Ao mesmo

tempo, a produção desse material é responsável por cerca de 8% da liberação mundial de CO₂, o que corresponde a 2,2 bilhões de toneladas de CO₂ por ano (Silva, 2022).

Diante dos impactos negativos, a construção civil tem intensificado a busca por soluções sustentáveis e inovadoras para atenuar seu impacto ambiental, desenvolvendo novas técnicas construtivas para reduzir consumo de recursos, resíduos e emissões de gases de efeito estufa. A literatura apresenta diversos estudos sobre a diminuição do consumo de cimento por meio de substituições, como o trabalho de Cordeiro *et al.* (2009), onde diferentes proporções de cinzas de casca de arroz substituíram parcialmente o cimento, demonstrando aumento na resistência do concreto a longo prazo (após 180 dias de cura) com substituições de até 20%. Outra pesquisa relevante, conduzida por Paula *et al.* (2009), avaliou a cinza do bagaço de cana-de-açúcar como substituto parcial do cimento Portland em argamassa, concluindo que substituir até 20% do cimento pela cinza não comprometeu a resistência, conforme indicado pelos testes de compressão aos 28 dias.

Entre as várias buscas por uma atividade mais sustentável, a reutilização de materiais de construção e a reciclagem de resíduos também têm ganhado espaço, contribuindo para a redução da demanda por novos recursos naturais. Essas práticas contribuem para a destinação correta e para a valorização dos resíduos como recursos para a produção de novos materiais, como demonstrado no decorrer deste estudo.

Uma das soluções sustentáveis encontradas pela construção civil é o uso de finos de RCD (Resíduos de Construção e Demolição) em argamassas como substituto ao cimento. Essa prática é benéfica por reduzir a demanda por cimento, que é um grande poluidor ambiental. Além disso, o uso de resíduos como matéria-prima para produção de novos materiais é uma forma de contribuir para a destinação correta desses resíduos e reduzir o impacto ambiental da construção civil. Estudos, como os discutidos no decorrer deste trabalho, têm mostrado que a substituição de cimento por finos de RCD em argamassas não afeta suas propriedades, às vezes, melhoram-as em alguns aspectos. Assim, essa prática pode ser uma alternativa viável e sustentável para a construção civil.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

O presente trabalho tem como objetivo geral fazer um levantamento bibliográfico sobre o impacto da substituição parcial do cimento Portland por finos de resíduos da construção e demolição em argamassas, com o foco na avaliação de suas propriedades físicas e mecânicas.

1.2.2 Objetivos específicos

Para alcançar o objetivo geral, tem-se como objetivos específicos:

- Identificar quais os teores de substituição mais utilizados e compará-los;
- Identificar tendências e padrões consistentes em relação aos efeitos da substituição do cimento Portland nas propriedades físicas e mecânicas das argamassas;
- Destacar os benefícios e limitações da substituição parcial do cimento Portland em termo de desempenho das argamassas.

1.3 Justificativa

A construção civil é um setor que tem um grande impacto no meio ambiente, desde a extração de matérias-primas até a geração de resíduos durante a construção e a demolição de edificações. Segundo Torres (2022), apenas 16% do resíduo oriundo da construção civil é reciclado no Brasil, o que evidencia a necessidade de se investir em soluções mais sustentáveis para esse setor.

Nesse sentido, a utilização de resíduos de construção e demolição (RCD) na produção de argamassas surge como uma alternativa viável e promissora. Bartoli (2022) estima que o Brasil desperdiça cerca de R\$ 8 bilhões ao ano por não reciclar materiais de construção, o que demonstra o potencial econômico dessa prática. Ademais, a redução do volume de resíduos gerados e a diminuição da demanda por recursos naturais são benefícios ambientais diretos, que contribuem para a promoção do desenvolvimento sustentável.

Para além disso, é importante lembrar que a Constituição Federal de 1988 assegura que “todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações” (Brasil, 1988, art. 225). Essa responsabilidade intergeracional implica em considerar os impactos das ações atuais no ambiente e na qualidade de vida da sociedade de modo geral.

Assim, a adoção de práticas mais sustentáveis na construção civil é uma forma concreta de cumprir esse compromisso com as futuras gerações. A substituição do cimento Portland por uma fração fina de resíduos de construção e demolição na produção de argamassas é uma alternativa que pode contribuir para a promoção do desenvolvimento sustentável nesse setor. Afinal, essa prática reduz a quantidade de resíduos descartados, diminui a demanda por recursos naturais, contribui para a mitigação das emissões de gases de efeito estufa e incentiva a economia circular.

Desse modo, o tema escolhido para este trabalho de conclusão de curso mostra-se de grande relevância e atualidade, pois trata-se de um estudo bibliográfico a partir do levantamento exploratório de pesquisas que abordam o material fino de resíduo de construção e demolição (RCD) como uma alternativa para substituição parcial do cimento, além de trazer à discussão uma medida sustentável que colabora para a mitigação do impacto ambiental. Por meio deste trabalho, espera-se contribuir para o desenvolvimento de pesquisas na Universidade na área de materiais reciclados, bem como promover a discussão sobre um tema universalmente abordado na literatura.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo, serão apresentados de forma teórica conceitos e aspectos gerais relacionados às argamassas e aos resíduos da construção e demolição (RCD), temas relevantes para o trabalho em questão.

2.1 Argamassa

Para Margalha (2011), a argamassa é um produto formado por meio da mistura de um aglomerante, agregado miúdo e água. À essa mistura podem ser adicionados outros aditivos com o objetivo de melhorar determinadas características do produto.

Consoante com autora citada, a NBR 13281 (ABNT, 2005, p.2) define argamassa como “mistura homogênea de agregado(s) miúdo(s), aglomerante(s) inorgânico(s) e água, contendo ou não aditivos, com propriedades de aderência e endurecimento, podendo ser dosada em obra ou em instalação própria (argamassa industrializada)”.

Salienta-se ainda que a argamassa é utilizada como material de revestimento e acabamento em paredes e outras superfícies, bem como para fixação e união de elementos de construção, como tijolos e pedras. Isso é possível devido à maleabilidade da argamassa, uma vez que os grãos dos materiais que a compõem possuem dimensões pequenas.

Na necessidade de construir abrigos, o homem primitivo procurou por materiais que pudessem aglutinar elementos, como pedras, na construção de seus abrigos. Portanto, há mais de 10.000 anos, materiais semelhantes à argamassa têm sido utilizados pelo ser humano (Leal, 2013).

No entanto, é possível que essa "primeira argamassa" fosse constituída de argila e água, uma vez que essa mistura é capaz de aglutinar materiais, como pode ser observado nas construções de casas de taipa. No entanto, essa mistura de argila com água não possui a durabilidade necessária para atender às demandas de uma construção, o que levou à necessidade de descobrir misturas com propriedades semelhantes de aglutinação de elementos, mas com maior durabilidade.

Dessa forma, para conferir maior durabilidade à argamassa, segundo Oliveira (2014), na Pérsia antiga já utilizavam uma argamassa feita com cal para assentar

tijolos secos ao sol. No entanto, foi no Império Romano que surgiu a ideia de misturar um material inerte com um material aglomerante, a pozolana, que era a cinza vulcânica, há mais de 2000 anos. Conclui-se, portanto, que a argamassa já faz parte das construções humanas há bastante tempo. Ao longo dos anos, houve apenas alterações nas formas de produção, mas o propósito de interligar outros materiais nas construções permaneceu o mesmo.

No Brasil, a argamassa começou a ser utilizada no século XVI, durante o período de colonização. Ela era usada para assentamento de alvenaria e pedras. A cal utilizada naquela época era obtida a partir da queima de conchas e mariscos. Além disso, outro material amplamente utilizado como aglomerante naquela época era o óleo de baleia (Oliveira *et al.*, 2014).

Até o século XIX, a cal era o aglomerante mais amplamente utilizado, tanto em argamassas para assentamento quanto para revestimento. No entanto, nesse período ocorreu a descoberta do cimento Portland, que apresentava várias vantagens em comparação com a cal, tais como maior rapidez no endurecimento, alta resistência mecânica e possibilidade de uso em conjunto com o aço, entre outros (Santiago, 2012). Essas vantagens levaram ao declínio do uso da cal como aglomerante em argamassas, e o cimento Portland se tornou o material dominante na construção civil.

Atualmente, o cimento Portland continua sendo o aglomerante mais utilizado. Entretanto, a partir dos anos 70, a tendência de desuso da cal tende a se inverter, com o uso das argamassas mistas, que são argamassas com pelo menos dois aglomerantes, geralmente a cal e o cimento (Margalha, 2011).

2.1.1 Classificação das argamassas

São vários os critérios que classificam as argamassas. Alguns desses critérios podem ser vistos no quadro 1.

Quadro 1: Classificação das argamassas

Critério de classificação	Tipo
Quanto à natureza do aglomerante	<ul style="list-style-type: none"> ● Argamassa aérea ● Argamassa hidráulica
Quanto ao tipo de aglomerante	<ul style="list-style-type: none"> ● Argamassa de cal ● Argamassa de cimento ● Argamassa de cimento e cal ● Argamassa de gesso ● Argamassa de cal e gesso
Quanto ao número de aglomerante	<ul style="list-style-type: none"> ● Argamassa simples ● Argamassa mista
Quanto à consistência da argamassa	<ul style="list-style-type: none"> ● Argamassa seca ● Argamassa plástica ● Argamassa fluida
Quanto à plasticidade da argamassa	<ul style="list-style-type: none"> ● Argamassa pobre ou magra ● Argamassa média ou cheia ● Argamassa rica ou gorda
Quanto à densidade da argamassa	<ul style="list-style-type: none"> ● Argamassa leve ● Argamassa normal ● Argamassa pesada
Quanto à forma de preparo ou fornecimento	<ul style="list-style-type: none"> ● Argamassa preparada em obra ● Mistura semipronta para argamassa ● Argamassa industrializada ● Argamassa dosada em central

Fonte: Autor, adaptado de Carasek (2010).

As argamassas ainda podem ser classificadas segundo sua função na construção. Essa classificação pode ser vista no quadro 2.

Quadro 2: Classificação das argamassas segundo as suas funções na construção

Função	Tipos
Para construção de alvenarias	Argamassa de assentamento (elevação de alvenaria)
	Argamassa de fixação (ou encunhamento) – alv. de vedação
Para revestimentos de paredes e tetos	Argamassa de chapisco
	Argamassa de emboço
	Argamassa de reboco
	Argamassa de camada única
	Argamassa para revestimento decorativo monocamada
Para revestimentos de pisos	Argamassa de contrapiso
	Argamassa de alta resistência para piso
Para revestimentos cerâmicos (paredes/piso)	Argamassa de assentamento de peças cerâmicas – colante
	Argamassa de rejuntamento
Para recuperação de estruturas	Argamassa de reparo

Fonte: Autor, adaptado de Carasek (2010).

2.1.1 Principais constituintes da argamassa

Como já dito anteriormente, as definições clássicas para argamassa são dadas a partir dos materiais que a compõem: aglomerante, agregado miúdo e água. Este tópico tem como objetivo discutir mais detalhadamente sobre esses materiais.

2.1.1.1 Aglomerantes

Os aglomerantes são materiais geralmente encontrados em estado de pó fino, cuja função é unir os grãos dos agregados tanto na argamassa quanto no concreto. Além disso, quando misturados com água ou outros líquidos, têm a capacidade de endurecer. Se o endurecimento ocorrer devido a reações químicas, esse processo é

chamado de endurecimento ativo. Porém, se o processo ocorrer simplesmente pela secagem, é denominado endurecimento inerte (Lopes, 2017).

Os aglomerantes podem ser classificados como aéreos ou hidráulicos. Os aglomerantes aéreos mais comuns são a cal aérea e o gesso, e geralmente seu endurecimento ocorre por meio da hidratação ou por reação química do CO_2 . Já os aglomerantes hidráulicos endurecem e adquirem resistência com o tempo, mesmo em presença de água, sendo a cal hidratada, o cimento natural e o cimento Portland os materiais mais utilizados como esse tipo de aglomerante (Lopes, 2017).

Na construção civil, os aglomerantes mais comumente utilizados em argamassa são o cimento Portland e a cal. A utilização desses dois aglomerantes em conjunto confere à argamassa uma boa plasticidade no estado fresco e uma maior deformabilidade no estado endurecido (Souza *et al.*, 2018), além de proporcionar uma cura mais rápida em comparação com uma argamassa simples de cal (Botelho *et al.*, 2018).

2.1.1.1.1 Cimento Portland

De acordo com a NBR 16697 (ABNT, 2018), o cimento Portland é um ligante hidráulico obtido pela moagem de clínquer Portland, ao qual se adiciona, durante a fabricação, a quantidade necessária de uma ou mais formas de sulfato de cálcio e adições minerais nos teores estabelecidos pela norma citada. Essas adições visam modificar suas propriedades ou melhorar sua empregabilidade.

Segundo Bauer (2014), geralmente 95 a 96% da constituição do cimento Portland é Cal (CaO), sílica (SiO_2), alumina (Al_2O_3) e óxido de ferro (Fe_2O_3). Além disso, há também a presença de magnésia (MgO), em torno de 2 a 3%, e um pequeno percentual de anidrido sulfúrico (SO_3), que faz retardar o tempo de pega.

Sendo o material de construção mais utilizado em todo o mundo, devido à sua versatilidade, o cimento Portland está presente em todas as obras (Oliveira, 2021). Da mistura de uma simples argamassa para assentamento de blocos para alvenaria, revestimento de vedações verticais e horizontais até estruturas mais complexas, como grandes edifícios, pontes, etc, o cimento está presente em todas as fases de uma construção (Jupira *et al.*, 2020).

O cimento Portland por ser um ligante hidráulico, forma, na presença da água, uma pasta que endurece com o passar do tempo devido a reações químicas.

Essa característica permite aglomerar materiais inertes, como areias, godos, pedra britada, etc., como isso, há grandes ganhos de resistência e coesão entre esses materiais, permitindo, assim, sua empregabilidade na construção civil (Varela *et al.*, 2005).

Devido aos diferentes tipos de composição do cimento Portland, a NBR 16697 (ABNT, 2018) o atribui a diferentes tipos de usos. Essa classificação pode ser vista no Quadro 3.

Quadro 3: Designação normalizada, sigla e classe do cimento Portland

Designação normalizada (tipo)	Subtipo	Sigla	Classes de resistência	Sufixo
Cimento Portland Comum	Sem adição	CP I	25, 32 ou 40 ^c	RS ^a ou BC ^b
	Com adição	CP I-S		
Cimento Portland Composto	Com escória granulada de alto forno	CP II-E		
	Com material carbonático	CP II-F		
	Com material pozolânico	CP II-Z		
Cimento Portland de alto-forno		CP III		
Cimento Portland pozolânico		CP IV		
Cimento Portland de alta resistência inicial		CP V	ARI ^d	
Cimento Portland branco	Estrutural	CPB	25, 32 ou 40c	
	Não estrutural	CPB	-	-

^a O sufixo RS significa resistente a sulfatos e se aplica a qualquer tipo de cimento Portland que atenda aos requisitos estabelecidos em 5.3, além dos requisitos para seu tipo e classe originais.

^b O sufixo BC significa baixo calor de hidratação e se aplica a qualquer tipo de cimento Portland que atenda aos requisitos estabelecidos em 5.4, além dos requisitos para seu tipo e classe originais.

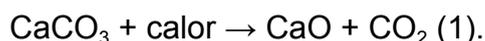
^c As classes 25, 32 e 40 representam os valores mínimos de resistência à compressão aos 28 dias de idade, em megapascals (MPa), conforme método de ensaio estabelecido pela ABNT NBR 7215.

^d Cimento Portland de alta resistência inicial, CP V, que apresenta a 1 dia de idade resistência igual ou maior que 14 MPa, quando ensaiado de acordo com a ABNT NBR 7215 e atende aos demais requisitos estabelecidos nesta Norma para esse tipo de cimento.

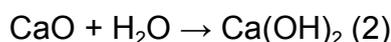
Fonte: Autor, adaptado de NBR 16697(ABNT, 2018).

2.1.1.1.2 Cal

Segundo Bauer (2014), cal é aglomerante que resulta da calcinação de rochas calcárias. Essa calcinação é uma reação química, em que o carbonato de cálcio quando submetido à temperatura de aproximadamente 900°C, decompõe-se em óxidos de cálcio e anidridos carbônicos, conforme a seguinte equação:



Ainda, segundo o autor, para que o óxido possa ser usado como aglomerante, deve ser hidratado, transformando-se em um hidróxido, passando-se a chamar-se de cal hidratada. Esse fenômeno pode ser descrito pela equação a seguir:



2.1.1.3 Agregado miúdo

De modo geral, agregado é um material granular, inerte, e quando é usado juntamente com um aglomerante, formam-se as argamassas e os concretos. Os materiais mais utilizados como agregados são: areia, pedregulho, pedrisco, rocha britada, escória de alto-forno ou resíduos de construção e demolição (RCD) (Mehta; Monteiro, 2014).

Os agregados podem ser classificados segundo sua origem. Os que são usados da maneira que estão na natureza são tipos como agregados naturais, que é o caso da areia e do cascalho. Já os agregados que, embora sejam feitos com a matéria prima natural, passam por algum processo industrial, são denominados agregados industriais, tais como brita, pedra britada, pó de pedra e areia de brita (Bauer, 2014).

Os agregados miúdos estão compreendidos entre os tamanhos de 75 µm e 4,75 mm, ou seja, passam na peneira de nº 4, mas ficam retidos na peneira nº 200. Comumente se utiliza muito o termo areia para se referir a esse tipo de agregado, visto que o tamanho de seus grãos se encaixam nessa definição e também por ser o agregado miúdo mais utilizado (Mehta; Monteiro, 2014).

A areia pode ser classificada ainda pelo módulo de finura, que é a soma dos percentuais, em massa, retidos e acumulados nas peneiras de série normal e divididos por 100. O valor do módulo de finura decresce à medida que o agregado vai se tornando mais fino.

2.1.3 Propriedades da argamassa

2.1.3.1 No estado fresco

O estado fresco da argamassa é aquele em que ela ainda é moldável e trabalhável. Nesse estado, a argamassa ainda pode ser aplicada em superfícies e tem uma consistência pastosa. Quando a argamassa é misturada com água, ela se torna mais fluida, tornando-se mais fácil de aplicar. Uma vez que a argamassa seque e endureça, ela não pode mais ser moldada.

As propriedades apresentadas pela argamassa em seu estado fresco podem ser vistas no quadro 4.

Quadro 4: propriedades da argamassa no estado fresco

Propriedade	Descrição
Trabalhabilidade	Trata-se de um parâmetro que expressa a aptidão da argamassa em ser manipulada durante o processo de aplicação. É definida pela quantidade de água necessária para obter uma determinada consistência, permitindo assim um bom acabamento da superfície da argamassa.
Consistência e plasticidade	A consistência é a resultante de ações de forças internas, como coesão, ângulo de atrito interno e viscosidade. Tais ações condicionam a mudança de forma da mistura. Devido a algum esforço, em resposta, a argamassa tende a deformar-se. Quando esse esforço é reduzido, a deformação retida representa a plasticidade, também uma propriedade da argamassa.
Retenção de água	Corresponde ao quanto a argamassa consegue manter sua água de amassamento e, conseqüentemente, sua trabalhabilidade, mesmo diante de ações não favoráveis a isso, como sucção da base ou evaporação.

Propriedade	Descrição
Densidade de massa e teor de ar incorporado	A densidade de massa ou massa específica refere-se à relação entre massa e volume de determinado material. Quando desconsidera-se o índice de vazios, é denominada absoluta, quando não, relativa. As argamassas podem apresentar vazios devido ao ar aprisionado. O teor de ar incorporado modifica diretamente a massa específica e a trabalhabilidade da argamassa, quanto maior esse índice, melhor a trabalhabilidade e menor a massa específica apresentada pela argamassa. Mas quando em excesso, pode reduzir a aderência dos revestimentos.
Aderência inicial	A aderência inicial é a propriedade mecânica que permite a ancoragem da argamassa na base através da entrada da pasta nos poros, reentrâncias e saliências. Essa aderência depende da trabalhabilidade da argamassa, das características de porosidade e rugosidade da base e da tensão superficial da pasta. A redução da tensão superficial é importante para favorecer a adesão e pode ser alcançada com a redução da quantidade de cimento na pasta.
Retração por secagem	As retrações por secagem podem causar fissuras prejudiciais ou microfissuras na argamassa e permitir a percolação da água, comprometendo a sua função de estanqueidade. Essas retrações ocorrem devido à evaporação acelerada da água de amassamento da argamassa e reações de hidratação do cimento. Argamassas com baixo teor de cimento estão menos sujeitas a tensões que podem causar fissuras prejudiciais e descolamentos da argamassa.

Fonte: Autor, adaptado de Costa, 2014.

2.1.3.2 No estado endurecido

O estado endurecido das argamassas é o resultado de seu processo de cura, que é o processo de aceleração de sua resistência mecânica e estrutural. Durante a cura, as argamassas passam por um processo de endurecimento, durante o qual as

partículas do aglomerante se tornam mais duras e resistentes, ajudando a melhorar a resistência mecânica e estrutural da argamassa.

As propriedades das argamassas referentes ao seu estado endurecido podem ser vistas no quadro 5.

Quadro 5: propriedades da argamassa no estado fresco

Propriedade	Descrição
Densidade de massa	A densidade de massa é uma medida da relação entre a massa e o volume de um corpo de prova, e está relacionada com o material utilizado e a quantidade de vazios na estrutura. Quanto mais densos os materiais e melhor o arranjo do empacotamento, mais densa será a argamassa. Além disso, a densidade de massa tende a ser menor no estado endurecido do que no estado fresco devido à perda de água, havendo uma relação direta entre o teor de água e a redução da densidade no endurecimento.
Permeabilidade	A permeabilidade é a capacidade de um material permitir a passagem de água. Em argamassas, é importante controlar essa propriedade para proteger as edificações da infiltração de água, já que a umidade pode levar a problemas como eflorescências, descolamentos e manchas de bolor. O revestimento deve ser impermeável à água, mas permeável ao vapor para facilitar a secagem da umidade de infiltração. Fatores como a proporção e natureza dos materiais da argamassa e o tipo de fissuras podem influenciar a permeabilidade.
Resistência mecânica	A resistência é uma propriedade importante das argamassas, que devem ser capazes de suportar os esforços aos quais a parede será submetida. Embora a resistência à compressão não seja fundamental para as argamassas, é importante controlar a quantidade de água para garantir a trabalhabilidade. A resistência depende do tipo e quantidade de agregados e aglomerantes, além da técnica de execução utilizada para compactar e acabar a argamassa. Outros fatores, como a energia de amassamento e o uso de aditivos,

	também podem influenciar na resistência.
Aderência	A capacidade da argamassa de se manter firmemente fixada à base é conhecida como aderência, que é obtida através da ancoragem resultante da resistência às tensões normais e tangenciais que ocorrem na interface base-argamassa. Essa aderência é resultado da combinação da resistência à tração e ao cisalhamento da argamassa, juntamente com sua extensão de aderência.
Retração	A retração é um fenômeno que afeta as argamassas, principalmente durante suas primeiras fases. Quando a argamassa está endurecida, a retração ocorre logo após o processo de endurecimento, resultado das reações químicas internas dos aglomerantes, como o cimento Portland e a cal hidratada, bem como da perda de água devido à absorção dos produtos da hidratação e durante a secagem.
Durabilidade	Os materiais não duram para sempre, sua microestrutura e propriedades mudam com o tempo devido a interações ambientais. Quando as propriedades de um material se deterioram ao ponto de torná-lo inseguro e antieconômico para uso, ele atingiu o fim de sua vida útil. A durabilidade é a expectativa de vida de um material em determinadas condições ambientais, influenciando no custo do ciclo de vida da estrutura. A durabilidade da argamassa é sua propriedade resultante das condições externas ao longo do tempo. Vários fatores podem comprometer a integridade da argamassa, incluindo retração por secagem, absorção de água, temperaturas extremas, agentes corrosivos e biológicos, espessura excessiva, falta de manutenção e alta porosidade.

Fonte: Autor, adaptado de Costa, 2014.

2.2 Resíduos da Construção e Demolição (RCD)

Os resíduos da construção e demolição (RCD), conhecidos também, simplesmente por resíduos da construção civil (RCC) são definidos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), em sua resolução 307, de forma sucinta,

como todo e qualquer resíduo gerado por meio a construção civil, seja por meio de construção, reforma e até mesmo demolição. A resolução ainda complementa que esses resíduos começam a ser gerados no processo de preparação e escavação do terreno e continuam surgindo em todas as fases da construção, até o acabamento (Brasil, 2002).

Nesse sentido, os RCD são comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha, e tem em sua composição: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica, etc (Brasil, 2002).

O CONAMA classifica os RCD em quatro classes, conforme o quadro 6.

Quadro 6: Classificação dos RCD de acordo com a CONAMA n° 307/2002.

Classe	Definição
A	São os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como: tijolos, concreto, argamassa, blocos, telhas, placas de revestimentos, solos provenientes de terraplanagem, etc.
B	São os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras, embalagens vazias de tintas imobiliárias e gesso.
C	São os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação.
D	São os resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros, ou aqueles contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos que contenham amianto e outros produtos nocivos à saúde.

Fonte: Autor, adaptado de Brasil, 2002.

Já para a NBR 10.004 (ABNT, 2004), os resíduos oriundos da construção e demolição são classificados como Classe IIB – INERTES, pois são compostos majoritariamente por minerais não poluentes que são quimicamente inertes. No entanto, uma pequena fração desses resíduos é classificada como Classe I (Perigosos), que é o caso das tintas e dos solventes.

2.1. Geração e Composição dos Resíduos da Construção e Demolição

A geração de Resíduos da Construção e Demolição (RCD) é um desafio crescente na indústria da construção devido a diversos fatores, como perdas de materiais durante a execução da obra, desperdícios no armazenamento ou transporte, carência de mão de obra qualificada e demolições, como apontado por Alencar (2022). Essa problemática tem impactos significativos no meio ambiente e na sociedade.

Segundo dados da ABRELPE (2022), em 2021 as prefeituras coletaram pouco mais de 48 milhões de toneladas de resíduos provenientes da construção civil no Brasil, evidenciando a necessidade urgente de uma abordagem mais cuidadosa e sustentável na gestão desses materiais. Isso representa um índice nacional *per capita* de 227 kg/hab/ano.

Ainda, segundo essa mesma associação, no mesmo ano foram gerados quase 82 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos. Portanto, os RCDs representam 59% do total de resíduos sólidos gerados no país (ABRELPE, 2022). Todavia a quantidade gerada de RCD tende a ser maior, dado que “os dados disponibilizados pela ABRELPE referem-se apenas à quantidade coletada pelos municípios” (Ribeiro *et al.*, 2021, p. 375).

Para se ter uma ideia do crescimento da produção de RCD, no ano de 2011 foram geradas um pouco mais de 33 milhões de toneladas de RCD, um índice *per capita* de 174 kg/hab/ano (ABRELPE, 2022). Isso significa que houve um crescimento de 45,5% nos últimos dez anos.

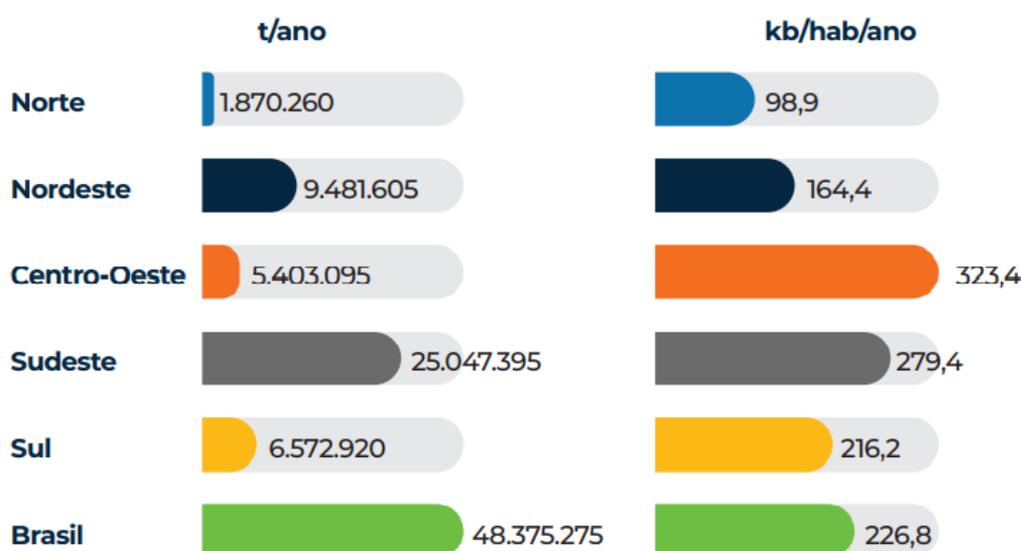
Posto isso, conclui-se que a produção de RCD vem aumentando significativamente nos últimos anos, o que pode ser explicado não apenas pelo aumento da população, visto que não se trata de um crescimento linear, mas também pelo aumento do consumo, pela melhoria da infraestrutura e pela redução e destinação dos resíduos estarem sendo feitas incorretamente.

Ainda, segundo a ABRELPE (2022), a quantidade de RCD gerados no Brasil varia nas regiões do país. No ano de 2021, o RCD coletado na região Sudeste representou 52% do que foi coletado em todo país. No entanto, o Centro-Oeste destaca-se em termos *per capita*, um índice de 323 kg/hab/ano, maior 42,3% em relação ao índice nacional.

Por outro lado, o resíduo que foi recolhido na Região Norte, no mesmo ano, representou menos que 4% do que recolhido em todo o país, tal como o menor índice *per capita*, 98,9 kg/hab/ano.

Desse modo, o gráfico 1 demonstra o que foi coletado nas respectivas regiões brasileiras no ano de 2021.

Gráfico 1: Coleta de RCD pelos municípios no Brasil e regiões em 2021

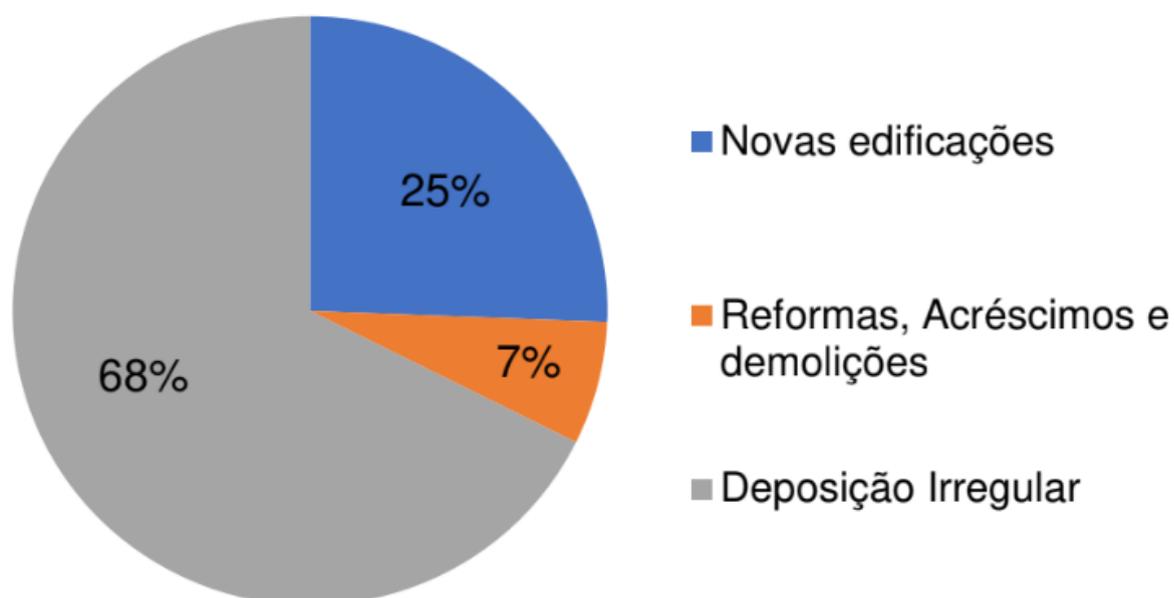


Fonte: Panorama (ABRELPE, 2022, p. 31).

No estado de Alagoas, de acordo com o Plano Estadual de Resíduos Sólidos (PERS), diariamente são geradas aproximadamente 2.819,85 toneladas de RCDs. Além disso, a Região Metropolitana é responsável por 58,40 % da geração de todo o RCD do Estado, o que pode ser explicado pela grande concentração populacional e pela taxa de urbanização (Alagoas, 2015).

Ribeiro *et al.* (2021) estimaram que no município de Maceió são coletadas diariamente cerca de 817,6 toneladas de RCD. É preocupante o fato que 68% desse total provém de deposição irregular, havendo, espalhado na cidade, aproximadamente 197 áreas de depósitos clandestinos. A origem dos RCD do município de Maceió está no gráfico 2.

Gráfico 2: Representação da origem dos RCC em Maceió – AL.



Fonte: Ribeiro *et al.* (2021).

2.2. Impactos Ambientais e Sociais dos Resíduos da Construção e Demolição

A disposição inadequada dos resíduos da construção e demolição (RCD) pode trazer inúmeros impactos ambientais e sociais. Lamentavelmente, essa conduta continua a ser frequente em diversas cidades do Brasil, conforme destacado por Alves *et al.* (2014). Eles ressaltam que é frequente testemunhar a disposição desordenada desse tipo de resíduo nas ruas, nas margens das rodovias, nos terrenos baldios, nas margens dos rios, nos córregos.

Além do efeito deteriorante do ambiente local, a disposição incorreta de RCD pode causar obstrução de vias públicas e assoreamento de rios e córregos. Isso pode levar a enchentes e outros problemas relacionados a desastres naturais (Alves *et al.*, 2014).

No entanto, os impactos dos resíduos da construção e demolição não se limitam ao ambiente. A disposição inadequada dos RCD tem impactos negativos significativos, incluindo a poluição do solo, a degradação das paisagens e uma séria ameaça à saúde pública. O acúmulo desses resíduos proporciona um ambiente propício para o desenvolvimento de vários agentes patogênicos, como roedores,

baratas, moscas, vermes, pernilongos, fungos, vírus e outros organismos. Esses vetores têm o potencial de transmitir uma variedade de doenças, incluindo aquelas de natureza respiratória, epidérmica, viral e intestinal (Paschoalin Filho; Graudenz, 2012).

Diante desse cenário, é fundamental que sejam adotadas medidas efetivas para a gestão adequada dos resíduos da construção e demolição. Isso inclui a conscientização dos geradores de resíduos sobre a importância da destinação correta, a implementação de políticas públicas eficientes para a gestão desses materiais e a utilização de técnicas adequadas para a disposição final dos resíduos (Alves *et al.*, 2014).

Portanto, a disposição inadequada de resíduos da construção e demolição pode trazer impactos ambientais e sociais significativos. É fundamental que sejam adotadas medidas efetivas para a gestão adequada desses materiais, visando minimizar os impactos negativos e promover a sustentabilidade ambiental e social.

2.3. Gestão Sustentável dos Resíduos da Construção e Demolição

A gestão sustentável dos resíduos da construção e demolição é um tema de grande importância para a promoção da sustentabilidade ambiental na indústria da construção civil. Há diversas normas e leis no Brasil que estabelecem diretrizes e procedimentos para a gestão adequada desses materiais.

No entanto, legislações no sentido de destinar corretamente os resíduos da construção civil são recentes, se comparadas a todo o período que essa atividade é desenvolvida. Brasileiro e Matos (2015) destacam que na Europa, práticas que visam o incentivo da reciclagem desses resíduos surgiram apenas no final da década de 1980. Já no Brasil, um pouco mais tarde, pois, conforme os autores defendem, as políticas públicas com esse propósito só surgiram em 2002, com a Resolução nº 307 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), que entrou em vigor no dia 05 de Julho do corrente ano.

No entanto, a gestão adequada dos resíduos da construção e demolição é uma questão fundamental para promover a sustentabilidade ambiental na indústria da construção civil. No Brasil, existem várias normas e leis que regulamentam a gestão dos resíduos gerados nas atividades de construção e demolição, visando à prevenção da degradação do meio ambiente e à promoção da reciclagem e

reutilização dos materiais, de forma a minimizar o impacto ambiental e promover a economia circular.

A resolução nº 307 do CONAMA é uma das principais legislações que regula a gestão dos resíduos da construção e demolição. Esta resolução estabelece critérios e procedimentos para a gestão adequada desses materiais, visando minimizar os impactos ambientais e promover a reciclagem e reutilização dos materiais (Brasil, 2002, art. 1º).

Outra importante legislação é a Lei nº 12.305/2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). A PNRS estabelece princípios, objetivos, instrumentos e diretrizes para a gestão integrada e o gerenciamento de resíduos sólidos, incluindo os resíduos da construção e demolição. A lei estabelece a hierarquia na gestão dos resíduos, com prioridade para a prevenção, a redução, a reutilização, a reciclagem e a destinação final ambientalmente adequada. Ela também prevê a responsabilidade compartilhada entre os geradores, fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de produtos e embalagens, assim como a logística reversa, que é o retorno dos produtos após o uso para serem reciclados ou destinados adequadamente (Brasil, 2010).

As normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) também desempenham um papel importante na gestão de resíduos da construção e demolição. A ABNT possui normas específicas que abordam diferentes aspectos da gestão de resíduos, como a NBR 15112, que estabelece diretrizes para o projeto, implantação e operação de áreas de transbordo e triagem de resíduos da construção civil e resíduos volumosos, visando a gestão adequada desses resíduos (ABNT, 2004a). Além disso, a ABNT possui a NBR 15114, que trata das diretrizes para o projeto, implantação e operação de áreas de reciclagem de resíduos sólidos da construção civil, com o objetivo de promover a reciclagem desses materiais (ABNT, 2004c).

Outra norma relevante é a NBR 15113, que estabelece as diretrizes para o projeto, implantação e operação de áreas de disposição de resíduos sólidos da construção civil, com o objetivo de promover a disposição adequada dos resíduos não passíveis de reciclagem (ABNT, 2004b).

Além das normas e leis citadas, alguns estados e municípios também possuem regulamentações específicas para a gestão de resíduos da construção e

demolição. É importante verificar as legislações locais para garantir o cumprimento das normas vigentes em cada região.

Apesar da existência dessas legislações, a produção e o descarte inadequado dos resíduos da construção e demolição ainda são uma realidade. Portanto, é fundamental que as empresas e os profissionais da indústria da construção civil se conscientizem da importância da gestão adequada desses materiais e adotem práticas sustentáveis em todas as etapas do processo construtivo, desde a seleção dos materiais até a destinação final dos resíduos. Isso contribuirá para minimizar os impactos ambientais e promover a economia circular, que é fundamental para a construção de um futuro mais sustentável.

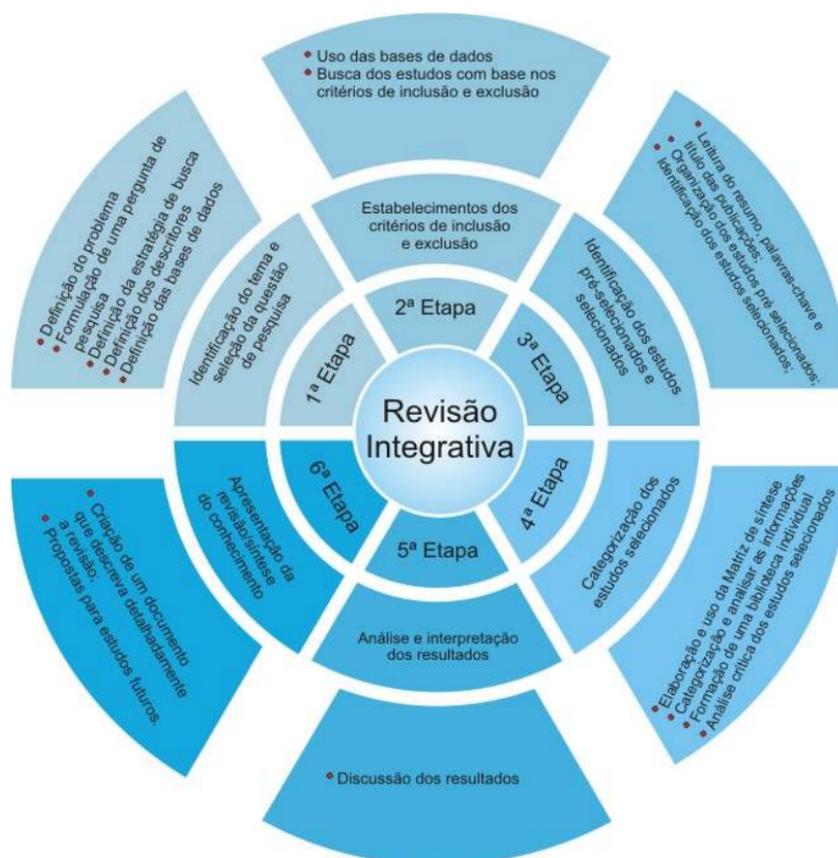
3 METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho consiste em uma pesquisa bibliográfica por meio de uma revisão integrativa de literatura, conduzida com o objetivo de analisar o desempenho de argamassas com a substituição parcial do cimento por finos de resíduos de construção e demolição.

De acordo com Botelho *et al* (2011), a revisão integrativa é um método específico que sintetiza a literatura empírica ou teórica anterior, com o intuito de proporcionar uma compreensão mais ampla de um fenômeno específico. Essa abordagem de pesquisa visa analisar o conhecimento já estabelecido em estudos anteriores sobre um tema particular. Ao reunir diversos estudos previamente publicados, a revisão integrativa possibilita a criação de novos conhecimentos baseados nos resultados dessas pesquisas anteriores.

Botelho *et al* (2011) também enfatizam a importância de seguir uma sequência clara de etapas no processo de revisão integrativa. Essas etapas podem ser observadas na Figura 1.

Figura 1 - Processo de revisão integrativa.



Fonte: Botelho *et al* (2011).

Vale ressaltar ainda que a utilização dos finos de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) como substitutos do cimento em argamassas é um tema emergente na construção civil, com potencial para contribuir para a sustentabilidade do setor. No entanto, a busca por referências acadêmicas sobre esse assunto pode ser desafiadora. Bandeira (2018) destaca que, apesar da importância dessas análises, há poucos trabalhos que apresentam alternativas para a substituição do cimento tanto em concretos quanto em argamassas. Além disso, Schiller (2021) ressalta que ainda são escassos os estudos que utilizam resíduos cimentícios como componentes de argamassas, especialmente quando se trata da utilização deles como substitutos dos aglomerantes.

A dificuldade em estudos que abordem o uso dos finos de RCD em substituição ao cimento em argamassas pode ser justificada pela escassez de pesquisa, disponibilidade limitada de publicações, dificuldades na disseminação da informação, variedade de terminologias, desafios técnicos e normativos.

Dito isso, com base nos passos apresentados para uma revisão integrativa, foi elaborado o quadro 7 que apresenta as etapas realizadas neste trabalho.

Quadro 7: Etapas do processo e revisão integrativa da literatura.

1ª Etapa	<p>Identificação do tema: estudos que avaliaram experimentalmente a influência da substituição parcial do cimento por finos de resíduos da construção e demolição;</p> <p>Pergunta de Pesquisa: como a substituição parcial do cimento por finos de resíduos da construção e demolição afeta as propriedades físicas e mecânicas das argamassas?</p> <p>Bases de dados: Google acadêmico, SciELO e Periódico CAPES;</p> <p>Estratégia de buscas: busca por artigos, monografias, dissertações e teses por meio do título e palavras-chaves.</p>
2ª Etapa	<p>Crterios de inclusão: estudos que analisem diferentes proporções de substituição do cimento Portland por finos de resíduos da construção e demolição em argamassas.</p> <p>Crterios de exclusão: estudos publicados antes de 2018; estudos internacionais, a fim de manter uma padronização; estudos que abordam o RCD como substituto do agregado em argamassas; estudos que não forneçam acesso ao texto completo ou cujas fontes não sejam acessíveis de forma gratuita.</p>
3ª Etapa	<p>Pré-seleção dos estudos: por meio da leitura do resumo, palavras-chave e título das publicações;</p> <p>Seleção dos estudos: por meio de uma leitura minuciosa do estudo;</p> <p>Organização dos estudos selecionados.</p>

4ª Etapa	Síntese dos resultados: elaboração de uma tabela contendo os estudos selecionados e suas informações relevantes, tais como materiais empregados, resultados, teor de substituição, características do resíduo e tipos de cimento utilizados.
5ª Etapa	Análise e interpretação dos resultados.
6ª Etapa	Apresentação dos resultados obtidos.

Fonte: Autor (2023).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo, será realizada a análise dos resultados obtidos a partir da revisão bibliográfica sobre o estudo de argamassa com fração fina de resíduo de construção e demolição como substituto ao cimento Portland. Serão apresentados os principais estudos e pesquisas que abordam o tema. A análise dos resultados permitirá uma melhor compreensão sobre a viabilidade e potencialidade do uso de resíduos na produção de materiais de construção, contribuindo para a busca de soluções mais sustentáveis para o setor.

4.1 Principais estudos e suas características

No quadro 8 constam os principais estudos e suas características, tais como: parâmetros testados, teor de substituição, traço da argamassa e as conclusões dos autores. São estudos que abordaram, de forma prática, o tema em questão.

Ressalta-se também que nesse levantamento foram usados apenas estudos nacionais. Isso é justificado pela padronização das normas e dos materiais empregados na confecção das argamassas. Visto que a padronização é um fator importante na pesquisa científica, pois contribui para a confiabilidade e a replicabilidade dos resultados obtidos.

Percebeu-se uma dificuldade em encontrar estudos que abordam o uso de finos de RCD em substituição ao cimento ou outro aglomerante. Alguns fatores podem justificar isso, tais como a escassez de pesquisa, a disponibilidade limitada de publicações, a variedade de terminologias, desafios técnicos e normativos.

Quadro 8: Estudos levantados da revisão de literatura

Autor	Parâmetros testados	Teor de substituição	Tipo de Cimento	Característica do Resíduo	Traço da argamassa e fator a/c	Resultados
Bandeira (2018)	Resistência à compressão, resistência à tração na flexão, absorção por capilaridade, retração, carbonatação e durabilidade.	5%, 10% e 15%	Cimento Portland CP II Z 32	RCD de característica mista. Granulometria: < 0,075mm.	1:1:4 e 1:1:6 (cimento, cal e areia) a/c = não informa	Foi observado que a substituição parcial de cimento por resíduos de construção civil em argamassas de revestimento, na proporção de 10% de RCC, apresentou os melhores resultados para o traço 1:1:4. No entanto, para o traço 1:1:6, os melhores resultados foram obtidos com uma substituição na proporção de 5%.
Fortunato <i>et al.</i> (2019)	Fluidez, trabalhabilidade, aparência de borda, densidade de massa, teor de ar incorporado, resistência à tração na flexão e resistência à compressão e densidade de massa aparente.	5%, 10% e 20%	Cimento Portland CP II F 32	RCD proveniente da britagem. Granulometria: <0,15mm.	1:1,25 (cimento, areia) a/c=0,51	As argamassas com 5% e 10% de substituição são adequadas para se tornarem argamassas autoandesáveis no estado fresco. Houve uma pequena redução na resistência mecânica devido ao aumento da relação água/cimento e do teor de ar incorporado. No entanto, os valores de resistência à compressão ainda atendem ao limite mínimo para todas as argamassas testadas.
Formigoni, Godinho, Junca e Antunes (2019)	Índices de consistência, absorção da água por capilaridade, índice de vazios, massa específica, resistências à tração na flexão e resistência à compressão axial.	5%, 12% e 20%	Cimento Portland CP IV 32	RCD proveniente de placa cerâmica esmaltada de corpo vermelho. Granulometria: < 100 µm	1:0,25:5,5 a/aglom=0,88	Conforme observado pelos autores, a diminuição da porosidade dos corpos de prova foi verificada com os teores de substituição de 5% e 12%. Além disso, eles notaram que as argamassas contendo resíduos apresentaram melhores resultados em termos de resistência à tração na flexão. No entanto, houve uma redução de 0,9% e 2,5% nos testes de resistência à compressão axial para as substituições de 5% e 12%, respectivamente.

Autor	Parâmetros testados	Teor de substituição	Tipo de Cimento	Característica do Resíduo	Traço da argamassa e fator a/c	Resultados
Pinz (2019)	Desempenho mecânico (compressão axial e tração na flexão) e físico (absorção por capilaridade e absorção por imersão e índices de vazios).	5%, 10% e 15%	Cimento Portland CP IV 32	RCV: resíduo de cerâmica vermelha. Granulometria: 45 µm.	1:6 (cimento e areia) 1:2:8 (cimento, cal e areia) a/c = variável de acordo com o índice de consistência	O uso de RCV na proporção 1:6 resultou em melhorias mecânicas notáveis nas argamassas, especialmente quando o aglomerante foi substituído em 5% ou 15%. Entre as argamassas mistas, a melhor performance física foi observada naquela em que o aglomerante foi substituído em 5%.
Oliveira et al. (2020)	Resistência à compressão.	15%, 25% e 50%	Cimento Portland CP V - ARI	RCD obtido a partir do concreto. Granulometria: < 0,15 mm.	Não informa o traço utilizado. a/c = 0,48	O resíduo investigado apresenta propriedades físico-químicas similares às do cimento Portland, permitindo que seja utilizado em até 25% na fabricação de materiais à base de cimento, respeitando a resistência à compressão mínima exigida pela norma brasileira.
Mateus Jr, Silva (2021)	No estado fresco: viscosidade (Mini V Funil), fluidez (Mini Slump) e a densidade real (Método Gravimétrico). No estado endurecido: compressão axial.	10%, 20%, 30%, 35%	Cimento Portland CP V - ARI	RCD obtido de cerâmica de telhas brancas. Granulometria: < 0,045mm	1:2,7 (cimento e areia) a/c = varia de 0,38 a 0,58	A substituição parcial do cimento por RCD demonstrou-se viável. No entanto, o fator água/cimento aumentou à medida que o percentual de substituição também aumentava. Nesse sentido, essa substituição torna-se inviável para teores acima de 35%, pois o aumento da demanda por água confere à argamassa uma queda na resistência à compressão.

Autor	Parâmetros testados	Teor de substituição	Tipo de Cimento	Característica do Resíduo	Traço da argamassa e fator a/c	Resultados
Schiller (2021)	Desempenho mecânico (resistência à compressão axial, resistência à tração na compressão diametral, resistência à tração na flexão) e físico (absorção de água por capilaridade, absorção por imersão e índices de vazios).	5%, 10% e 15%	Cimento Portland CP IV 32	RCD de característica mista. RIPM: resíduo proveniente da indústria de artefatos de cimento. Granulometria: entre 0,15 mm e 45 µm.	1:2:8 (cimento, cal e areia) a/c = 0,70 a 0,74	A análise estatística indicou que é possível substituir o cimento pelo RIPM em até 15% na confecção de argamassas de revestimento sustentáveis, sem comprometer o desempenho mecânico e físico em relação ao traço de referência aos 28 dias. No caso do RCD, foi observado que um teor de 5% é suficiente para obter resistência mecânica equivalente ao traço de referência aos 28 dias, enquanto os demais traços necessitaram de um tempo maior para alcançar o mesmo nível de desempenho. Quanto aos parâmetros físicos, o teor de 10% do RCD apresentou o melhor desempenho.
Alencar <i>et al.</i> (2022)	No estado fresco: índice de consistência. No estado endurecido: compressão axial.	3%, 5% e 7%	Cimento Portland CP II Z 32 RS	RCD fornecido por uma fábrica de marmoraria	1:4 (cimento, areia) a/c = 0,7	O incremento de resíduos resultou num aumento significativo na melhora do índice de consistência. A resistência à compressão diminuiu, no entanto continuou atendendo à resistência mínima necessária.

Fonte: Autor (2023).

4.2 Característica do RCD utilizado

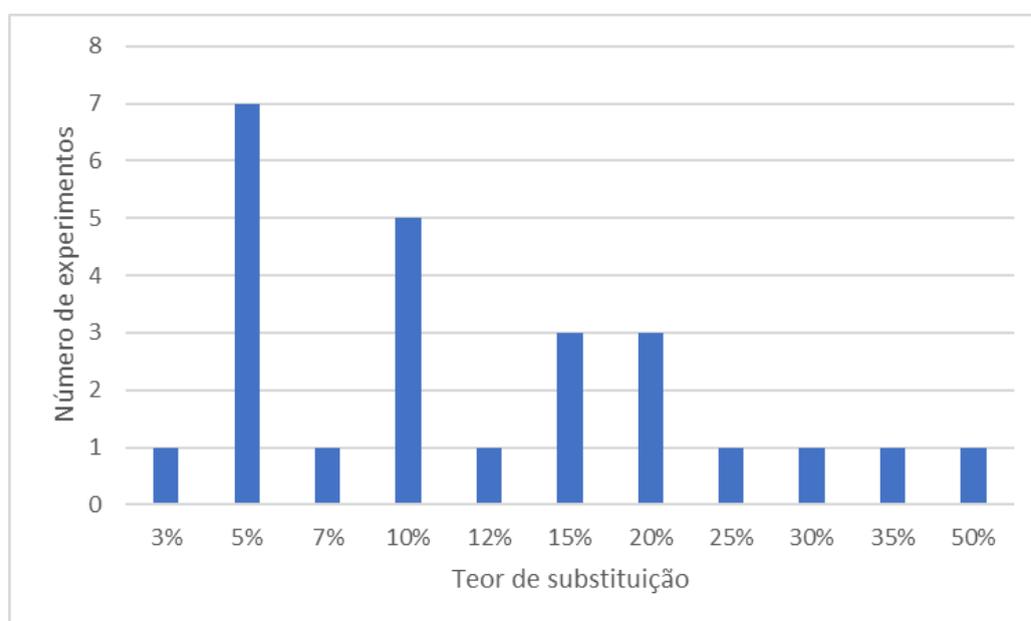
Os estudos levantados apresentaram diferentes tipos de Resíduos da Construção e Demolição (RCD) no que tange granulometria e origem. Isso e outras características relevantes podem ter um impacto significativo nos resultados quando ocorre a substituição parcial do cimento Portland em argamassas.

A composição química do RCD pode variar dependendo do tipo de material que o originou. A composição química de RCD obtido do concreto é diferente de um RCD obtido de cerâmica vermelha. Essas diferentes composições podem interagir de maneiras diversas com o cimento Portland e influenciar as reações de hidratação e desenvolvimento das propriedades da argamassa.

4.3 Teores de substituição

O teor de substituição do cimento Portland pelos finos de RCD é um fator chave para determinar o desempenho final da argamassa. Dessa forma, o gráfico 3 apresenta os teores de substituição analisados nos estudos revisados.

Gráfico 3: Teores de substituição

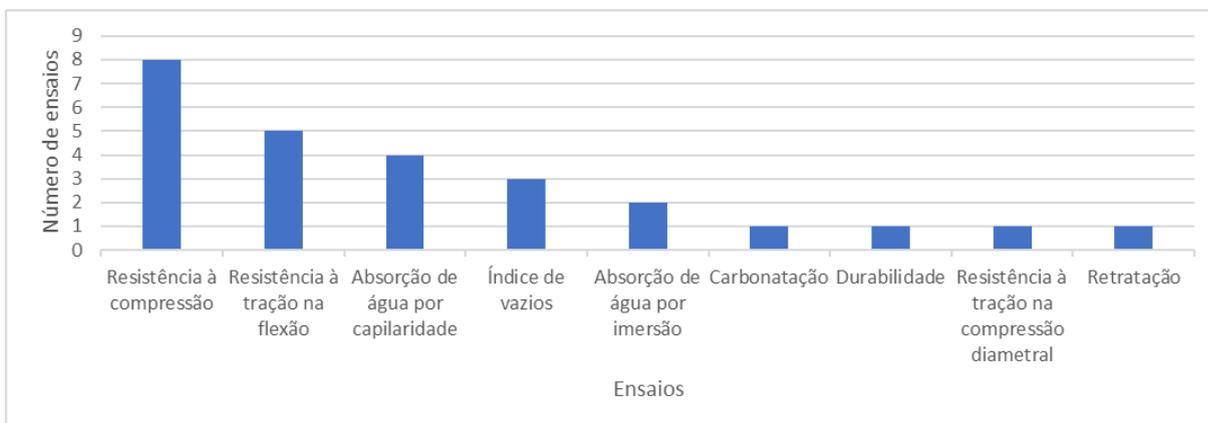


Fonte: Autor (2023).

4.4 Ensaios testados

Neste estudo, foram analisados os ensaios que investigam e descrevem o comportamento mecânico e físico das argamassas. A partir dos estudos revisados, foi possível obter o gráfico 4, que quantifica cada ensaio.

Gráfico 4: Quantidade de ensaios



Fonte: Autor (2023).

Os ensaios mais realizados para comportamento mecânico foram resistência à compressão e resistência à tração na flexão. Já para o comportamento físico foram os ensaios de absorção por capilaridade e índice de vazios. Portanto, esses serão os ensaios discutidos a seguir.

4.4.1 Comportamento mecânico

No que diz respeito ao comportamento mecânico das argamassas, o desempenho mais testado nos estudos levantados foi a resistência à compressão, presente em oito estudos. O segundo mais testado foi a resistência à tração na flexão. Portanto, foram avaliados o comportamento mecânico das argamassas nesses dois quesitos.

Os estudos testaram a resistência à compressão ao longo de dias diferentes. Como é possível verificar no quadro 9:

Quadro 9: Resistência testada a determinado número de dias

Autor	Dias
Bandeira (2018)	7, 28 e 56 dias
Fortunato <i>et al.</i> (2019)	28 dias
Formigoni, Godinho, Junca e Antunes (2019)	28 dias
Pinz (2019)	7, 28 e 56 dias
Oliveira <i>et al.</i> (2020)	7, 28 e 91 dias
Mateus Jr, Silva (2021)	3, 7, 28, 63 dias
Schiller (2021)	7, 28 e 63 dias
Alencar <i>et al.</i> (2022)	7, 14, 28 dias

Fonte: Autor (2023).

Dessa forma, o ensaio de resistência à compressão aos 28 dias será analisado. Esse período é amplamente mencionado na maioria dos estudos encontrados, uma vez que o desenvolvimento da resistência do concreto normalmente acontece nesse período.

De acordo com os dados coletados, dispostos no quadro 10, verificou-se que a resistência à compressão das argamassas com algum teor de fino diminuiu de forma geral em comparação com a argamassa convencional, sendo que apenas 1/3 das amostras com teor de substituição de 5% e 3/8 das amostras com teor de 10% apresentaram resistência maior que a argamassa convencional. Altas taxas de substituição podem comprometer a resistência mecânica, enquanto níveis moderados podem equilibrar as características físicas e mecânicas desejadas.

Os estudos defendem que, apesar dessa diminuição na resistência à compressão, as argamassas ainda mantêm uma certa resistência considerada aceitável, com exceção daquelas com teor de 50%. Essa constatação sugere que a adição de fino pode ser viável em níveis mais baixos de substituição, porém, em altas proporções, pode comprometer significativamente a resistência do material.

Quadro 10: Resultados da resistência à compressão em relação à argamassa convencional.

Autor	Observação	Teor de substituição										
		3%	5%	7%	10%	12%	15%	20%	25%	30%	35%	50%
Bandeira (2018)	Traço 1:1:4		Diminuiu		Aumentou		Diminuiu					
	Traço 1:1:6		Diminuiu		Aumentou		Diminuiu					
Fortunato et al. (2019)			Aumentou		Diminuiu			Diminuiu				
Formigoni, Godinho, Junca e Antunes (2019)			Diminuiu			Diminuiu		Diminuiu				
Pinz (2019)	Traço 1:6		Aumentou		Aumentou		Diminuiu					
	Traço 1:2:8		Diminuiu		Diminuiu		Diminuiu					
Oliveira et al. (2020)							Diminuiu		Diminuiu			Diminuiu
Mateus Jr, Silva (2021)					Diminuiu			Diminuiu		Diminuiu	Diminuiu	
Schiller (2021)	RCD misto		Aumentou		Diminuiu			Diminuiu				
	RIPM		Diminuiu		Diminuiu			Diminuiu				
Alencar et al. (2022)		Diminuiu	Diminuiu	Diminuiu								

Fonte: Autor (2023)

Quanto à resistência à tração na flexão, foi possível montar o quadro 11 que compara os resultados obtidos em amostras teores de finos de RCD com argamassas convencionais.

Quadro 11: Resultados da resistência à tração na flexão em relação à argamassa convencional.

Autor	Observação	Teor de substituição				
		5%	10%	12%	15%	20%
Bandeira (2018)	Traço 1:1:4	Diminuiu	Aumentou		Diminuiu	
	Traço 1:1:6	Diminuiu	Diminuiu		Diminuiu	
Fortunato et al. (2019)		Aumentou	Diminuiu			Diminuiu
Formigoni, Godinho, Junca e Antunes (2019)		Aumentou		Aumentou		Aumentou
Pinz (2019)	Traço 1:6	Aumentou	Aumentou		Aumentou	
	Traço 1:2:8	Aumentou	Diminuiu		Aumentou	
Schiller (2021)	RCD misto	Aumentou	Aumentou		Aumentou	
	RIPM	Aumentou	Aumentou		Aumentou	

Fonte: Autor (2023)

No que diz respeito à resistência à tração na flexão, verificou-se um aumento significativo em todos os teores testados de argamassa com adição de finos. No entanto, para o teor de 20% houve apenas duas amostras, uma estando acima, outra estando abaixo da resistência da argamassa de referência, não sendo possível definir se para esse teor realmente ocorrem melhorias significativas, sendo importante estudar mais sobre esse teor e outros mais elevados.

Contudo, é importante destacar que para teores de até 15%, pôde-se constatar melhorias significativas na resistência à tração na flexão. Estes resultados indicam que a adição de finos até esse nível é benéfica para o material em questão.

4.4.2 Comportamento físico

Para o comportamento físico, os ensaios mais testados foram absorção por capilaridade e índice de vazios. O desempenho obtido, em relação a argamassas convencionais, pelas argamassas com teor de finos, está disposto nos quadros 12 e 13.

Quadro 12: Desempenho em relação à absorção por capilaridade

Autor	Observação	Teor de substituição				
		5%	10%	12%	15%	20%
Bandeira (2018)	Traço 1:1:4	Reduziu	Aumentou		Aumentou	
	Traço 1:1:6	Aumentou	Reduziu		Aumentou	
Formigoni, Godinho, Junca e Antunes (2019)		Aumentou		Aumentou		Reduziu
Pinz (2019)	Traço 1:6	Aumentou	Reduziu		Reduziu	
	Traço 1:2:8	Aumentou	Aumentou		Aumentou	
Schiller (2021)	RCD misto	Reduziu	Reduziu		Reduziu	
	RIPM	Reduziu	Reduziu		Reduziu	

Fonte: Autor (2023).

Quadro 13: Desempenho em relação ao Índice de vazios

Autor	Observação	Teor de substituição				
		5%	10%	12%	15%	20%
Formigoni, Godinho, Junca e Antunes (2019)		Aumentou		Aumentou		Reduziu
Pinz (2019)	Traço 1:6	Reduziu	Reduziu		Reduziu	
	Traço 1:2:8	Reduziu	Reduziu		Reduziu	
Schiller (2021)	RCD misto	Aumentou	Aumentou		Aumentou	
	RIPM	Aumentou	Aumentou		Aumentou	

Fonte: Autor (2023).

A absorção por capilaridade demonstrou um leve aumento em seu desempenho para o teor de 5%, enquanto os demais teores apresentaram uma redução no desempenho em comparação com a argamassa de referência. No entanto, os autores argumentam que esse aumento ou queda no desempenho é estatisticamente irrelevante. O mesmo raciocínio é válido para o índice de vazios, indicando que o aumento de desempenho no índice de vazios significa dizer que houve a sua redução.

Ambos os estudos revelam um comportamento variado, e essa variação pode ser explicada principalmente pelo tipo de RCD utilizado. A composição química e a granulometria desse tipo de RCD têm um papel fundamental nas reações que ocorrem e na quantidade de poros formados nas argamassas.

Essas observações destacam a necessidade de uma análise cuidadosa e abrangente ao estudar o comportamento das argamassas com adição de finos de RCD. Essa compreensão permitirá a utilização mais eficiente e sustentável de materiais, buscando equilibrar as vantagens ambientais da utilização de finos com a necessidade de garantir o desempenho adequado das argamassas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de fração fina de resíduo de construção e demolição como substituto ao cimento Portland em argamassas é um tema de extrema relevância na atualidade, dada a crescente preocupação com questões ambientais, sustentabilidade e reaproveitamento de materiais na indústria da construção civil. A pesquisa sobre esta temática é de fundamental importância para a busca de alternativas mais sustentáveis na produção de argamassas, reduzindo o impacto ambiental causado pela extração de recursos naturais e pela geração de resíduos.

No entanto, a pesquisa sobre essa temática revelou algumas dificuldades, sendo a limitada disponibilidade de materiais sobre o assunto uma das principais barreiras enfrentadas. O fato de ser uma área ainda em desenvolvimento e com estudos relativamente recentes dificultou a obtenção de informações detalhadas e aprofundadas, tornando a revisão bibliográfica um desafio para o desenvolvimento do trabalho acadêmico.

Ao analisar os resultados dos estudos, verificou-se que a substituição da fração fina de RCD pelo cimento Portland em argamassas ocorreu em teores variados, desde 3% até 50%. Em relação à absorção por capilaridade e ao índice de vazios, observou-se um leve aumento no desempenho da argamassa com 5% de substituição, enquanto os demais teores apresentaram redução em relação à argamassa de referência. No entanto, os estudos destacam que essas variações são estatisticamente irrelevantes, o que sugere que a adição de finos não afeta significativamente essas características do material.

No que diz respeito à resistência à compressão, a substituição pelo RCD resultou em uma diminuição geral na resistência das argamassas, sendo que apenas uma parte das amostras apresentou resistência superior à argamassa convencional. Esses resultados indicam a necessidade de adotar teores de substituição mais baixos, até 15%, para garantir uma resistência aceitável. Por outro lado, quanto à resistência à tração na flexão, os teores testados de adição de finos resultaram em um aumento significativo, especialmente até 15%.

Por fim, os estudos apresentados demonstram que a utilização da fração fina de resíduo de construção e demolição como substituto ao cimento Portland em argamassas é uma prática viável e promissora, sobretudo em teores de substituição mais baixos, até 15%. Essa abordagem pode contribuir para a redução do impacto

ambiental causado pela indústria da construção civil, incentivando a sustentabilidade e a reutilização de recursos. No entanto, é importante ressaltar a necessidade contínua de pesquisas para aprofundar o conhecimento nessa área e explorar o comportamento em teores mais elevados, a fim de ampliar as possibilidades de utilização dessa tecnologia. Com esforços nessa direção, poderá consolidar ainda mais essa tendência promissora, trazendo benefícios não apenas para o setor da construção, mas também para o meio ambiente e a sociedade como um todo.

REFERÊNCIAS

- ABCP – Associação Brasileira do Cimento Portland. **Vendas do cimento crescem 6,6% em 2021**. 2022. Disponível em: <https://abcp.org.br/vendas-de-cimento-crescem-66-em-2021/#:~:text=As%20vendas%20de%20cimento%20no,Nacional%20da%20Ind%C3%BAstria%20de%20Cimento>). Acesso em 10 dez. 2022.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004**: Resíduos Sólidos - Classificação. Rio de Janeiro, 2004.
- _____. **NBR 13281**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Requisitos. Rio de Janeiro, 2005.
- _____. **NBR 15112**: Resíduos da Construção Civil e Resíduos Volumosos - Áreas de Transbordo e Triagem - Diretrizes para Projeto, Implantação e Operação. Rio de Janeiro, 2004a.
- _____. **NBR 15113**: Resíduos Sólidos da Construção Civil - Áreas de Disposição - Diretrizes para Projeto, Implantação e Operação. Rio de Janeiro, 2004b.
- _____. **NBR 15114**: Resíduos Sólidos da Construção Civil - Áreas de Reciclagem - Diretrizes para Projeto, Implantação e Operação. Rio de Janeiro, 2004c.
- _____. **NBR 16697**: Cimento Portland - Requisitos. Rio de Janeiro, 2018.
- ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2021**. São Paulo, 2022. Disponível em: <<https://abrelpe.org.br/panorama/>>. Acesso em 17 Nov. 2022.
- ALENCAR, A. G. de L.; OLIVEIRA, S. P.; SILVA, R. S.; LEITE, M. O. .; SOUSA, D. S. V. Utilização de Resíduo do Corte de Mármore e Granito em Argamassa de Contrapiso. **ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO**, v. 19, p. 1-14, 2022.
- ALVES, L. A., SILVA; A. R. P.; SANTOS, G.R. Uma breve discussão do papel da gestão integrada dos resíduos de construção e demolição (RCD) para transformá-los em recurso. **Para Onde!?**, v. 8, n. 2, p. 123-136, 2014.
- ALAGOAS. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Plano Estadual de Resíduos Sólidos de Alagoas (PERS)**. FLORAM Engenharia e Meio Ambiente Ltda. Maceió, Alagoas, 2015.
- BARTOLI, H. **Brasileiro produz por ano meia tonelada de resíduos de construção civil**. 2022. ABRECON. Disponível em: <https://abrecon.org.br/brasileiro-produz-por-ano-meia-tonelada-de-residuos-de-construcao-civil/>. Acesso em 17 Nov. 2022.

BANDEIRA, F. I. **Utilização da fração fina de resíduo da construção civil como substituição parcial do cimento em argamassa de revestimento**. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Engenharia Civil, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUÍ, Ijuí, 2018.

BAUER, L. A. F. **Materiais de construção**, V.1. 5ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014.

BOTELHO, L. C. G.; ALEXANDRE, J.; PAES, A. L. C.; MARVILA, M. T.; AZEVEDO, A. R. G. DE; ZANELATO, E. B.; MONTEIRO, S. N. **Influência da Incorporação de Resíduos em Argamassas**. In: 73º Congresso Anual da ABM, São Paulo, 2018, p. 270-278.

BOTELHO, L. L. R., CUNHA, C. C. A., MACEDO, M. (2011). O método da revisão integrativa nos estudos organizacionais. *Gestão e sociedade*, 5 (11), 121-136, 2011.

BRASIL. **Resolução Conama nº 307**, de 5 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Ministério do Meio Ambiente. Diário Oficial da União, Brasília, 17 jul. 2002.

_____. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1998**. Brasília, DF: Senado Federal, 2022. 496 p. Disponível em: https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/518231/CF88_Livro_EC91_2016.pdf. Acesso em: 10 dez. 2022.

_____. Lei Nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 24 mar. 2023.

BRASILEIRO, L. L.; MATOS, J. M. E. Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil. **Cerâmica**, v. 61, p. 178-189, 2015.

CARASEK, H. Argamassas. In: ISAIA, G. C (Org.). **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. 2ªed. São Paulo, IBRACON, 2010. Vol.1. p. 893-943.

CORDEIRO, G. C.; TOLEDO FILHO, R. D. ; FAIRBAIRN, E. M. R. Influência da substituição parcial de cimento por cinza ultrafina da casca de arroz com elevado teor de carbono nas propriedades do concreto. **Ambiente Construído**, v. 9, n. 4, p. 99–107, out. 2009.

COSTA, F. M. S. **Estudo da viabilidade da utilização de cinza de lodo de esgoto como adição em argamassa de cimento Portland**. 2014. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

FORTUNATO, M.; MARTINS, B. H. R.; CASALI, J. M.; COLLODETTI, G.; BETIOLI, A. M. Estudo da substituição de cimento portland pelo fino de britagem em argamassa autoadensável. **Revista Técnico-Científica**, 2019.

FORMIGONI, W. F., GODINHO, D. S. S., JUNCA, E., & ANTUNES, E. G. P. Substituição do cimento Portland por resíduo de placa cerâmica em argamassa. **Revista Tecnologia em Metalurgia, Materiais e Mineração**, v. 16, n. 1, p. 62-67, 2019.

JUPIRA, J.; THOMÉ, A.; ZANCHETTA, A. S.; LIRIO, B. H. Biomineralização em argamassa sem adição de cimento portland. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2020.

LEAL, M. M. R. **Desenvolvimento de argamassas de revestimento com comportamento térmico melhorado**. 2013. Tese de Doutorado. Instituto Politécnico de Setúbal.

LOPES, L. F. **Materiais de construção civil I**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2017.

MARGALHA, M. G. **Argamassas**. 2011.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: microestrutura, propriedades e materiais**. 2. ed. São Paulo: Ibracon, 2014.

MATEUS JR, O. P.; SILVA, B. V. **Uso de resíduos de telhas cerâmicas como material cimentício suplementar em matrizes de cimento Portland**. 2021.

OLIVEIRA, K. A. S.; LIMA, T. D. A.; JONES, K. M. Análise comparativa entre argamassa de assentamento preparada em obra e argamassa industrializada. **CONSTRUINDO**, 2014.

OLIVEIRA, F. B. **Influência do tipo de cimento Portland na consistência de pastas cimentícias**. 2021.

OLIVEIRA, T. C. F.; DEZEN, B. G. S.; POSSAN, E. **Aproveitamento da fração fina de resíduo de concreto como substituto ao cimento portland**. ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, v. 18, n. 1, p. 1-8, 2020.

PAULA, M. O.; TINÔCO, I. F. F.; RODRIGUES, C. S.; SILVA, E. N.; SOUZA, C. F. Potencial da cinza do bagaço da cana-de-açúcar como material de substituição parcial de cimento Portland. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, p. 353-357, 2009.

PASCHOALIN FILHO, J. A.; GRAUDENZ, G. S. Destinação irregular de resíduos de construção e demolição (RCD) e seus impactos na saúde coletiva. **Environmental & Social Management Journal/Revista de Gestão Social e Ambiental**, v. 6, n. 1, 2012.

PINZ, F. P. **Influência do resíduo de cerâmica vermelha em argamassas na substituição parcial do agregado ou do cimento**. 2019. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2019.

QUEIROZ, R. C. **Introdução à engenharia civil: História, principais áreas e atribuições da profissão**. Editora Blucher, 2019.

RIBEIRO, A. K. S. P.; MARQUES, S. K. J.; RIBEIRO, I. B. G.; MAIA, S.M. F. Quantificação e classificação dos resíduos procedentes da construção civil no município de maceió-AL. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 10, n. 1, p. 363-384, 2021.

SANTIAGO, C. O Restauro de Argamassa de cal no Brasil. **CONSTRUINDO**, 2012.
SCANDELARI, V. R. N.; RISSARDI, J. L.; PINHEIRO, M. D. Lidera - um sistema voluntário de apoio ao desenvolvimento e avaliação da sustentabilidade de materiais e produtos da construção civil. **XII Congresso Nacional de Excelência em Gestão & III Inovarse – Responsabilidade Social Aplicada**. 2016.

SCHILLER, A. P. S. **Análise do uso de resíduos da construção civil como substituinte parcial do aglomerante em argamassa de revestimento**. 2021. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pelotas.

SILVA, L. S. INDÚSTRIA BRASILEIRA DO CIMENTO: CONSUMO E IMPACTOS AMBIENTAIS. **CONSTRUINDO**, v. 14, n. 1, 2022.

SOUZA, R. S.; SILVA NETO, A.; OLIVEIRA, A. M.; AMARAL, E. C.; TOLENTINO, E. Desempenho de argamassas produzidas com a incorporação de resíduo de lama de cal da indústria de celulose. In: **73º Congresso Anual da ABM**. 2018.

TORRES, L. **Encontro Nacional das Usinas de Reciclagem de RCD apresenta dados inéditos sobre a reciclagem de entulho no Brasil**. ABRECON, 2022.

Disponível em:

<https://abrecon.org.br/encontro-nacional-das-usinas-de-reciclagem-de-rcd-apresenta-dados-ineditos-sobre-a-reciclagem-de-entulho-no-brasil/>. Acesso em 07 Dez. 2022.

VARELA, N.; VIEIRA, F. S. Cimento: Uma matéria-prima essencial no fabrico de argamassas. In: **1º Congresso Nacional de Argamassas de Construção, APFAC**, Lisboa. 2005.