



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS UNIVERSITARIO DE PALMAS
CURSO DE GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA CIVIL

CLAUDIO ALBERTO FERREIRA NEGRE

**ESTUDO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DA ARGAMASSA DE
ASSENTAMENTO COM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DA AREIA POR FIBRAS DE
PAPEL KRAFT ORIUNDAS DE SACOS DE CIMENTO**

Palmas – TO
2022

CLAUDIO ALBERTO FERREIRA NEGRE

**ESTUDO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DA ARGAMASSA DE
ASSENTAMENTO COM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DA AREIA POR FIBRAS DE
PAPEL KRAFT ORIUNDAS DE SACOS DE CIMENTO**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da
Universidade Federal do Tocantins para a obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Civil.
Orientadora: Prof. Dra. Orieta Soto Izquierdo

Palmas – TO

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

- F383e Ferreira Negre, Claudio Alberto.
 Estudo das propriedades mecânicas da argamassa de assentamento com substituição parcial da areia por fibras de papel kraft oriundas de sacos de cimento. / Claudio Alberto Ferreira Negre. – Palmas, TO, 2022.
 64 f.
- Monografia Graduação - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Palmas - Curso de Engenharia Civil, 2022.
 Orientadora : Indara Soto Izquierdo
 Coorientador: Marcus Vinicius Ribeiro e Souza
1. Substituição parcial da areia por fibras de papel kraft. 2. Propriedades mecânicas da argamassa de assentamento. 3. Papel kraft oriundas de sacos de cimento. 4. Propriedades mecânicas da argamassa de assentamento com substituição parcial da areia por fibras de papel kraft oriundas de sacos de cimento. I. Título

CDD 624

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

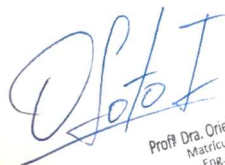
CLAUDIO ALBERTO FERREIRA NEGRE

ESTUDO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DA ARGAMASSA DE
ASSENTAMENTO COM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DA AREIA POR FIBRAS DE
PAPEL KRAFT ORIUNDAS DE SACOS DE CIMENTO

Monografia foi avaliada e apresentada à UFT – Universidade Federal do Tocantins – Campus do Universitário de Palmas, Curso de Engenharia Civil para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Data de Aprovação: 30/11/2022

Banca Examinadora



Profª Dra. Orieta Soto Izquierdo
Matrícula: 2226045
Eng. Civil / UFT

Orientador: Profª. Dra. Orieta Soto Izquierdo, UFT



Profª Dra. Indara Soto Izquierdo
Matrícula: 2360050
Eng. Civil / UFT

Profª. Dra. Indara Soto Izquierdo, UFT



Engenheiro Civil Alyson Alves Sousa

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Impactos ambientais da construção civil	17
Figura 2: Entulho recolhido pela prefeitura de Palmas, 2021..	20
Figura 3: Ilustração esquemática pasta de argamassa entre os blocos	28
Figura 4: Extração de areia, Seropédica - Rio de Janeiro	31
Figura 5: Fluxograma das etapas a realizar	37
Figura 6: Agregado utilizado	38
Figura 7: Tratamento das embalagens para obtenção das fibras	39
Figura 8: Furadeira com haste para mistura e argamassa preparada	41
Figura 9: Moldes prismáticos	43
Figura 10: Ensaio de absorção de água por capilaridade	44
Figura 11: classificados segundo a norma ABNT NBR 13281: 2005.....	45
Figura 12: Ensaio de tração na flexão (a) traço de referência (b) traço com fibras.....	47
Figura 13: Ensaio de compressão (a) traço de referência (b) traço com fibras.	47
Figura 14: Ensaio de granulometria.....	48
Figura 15: Material ensaiado	50
Figura 16: Ensaio de densidade de massa	51
Figura 17: Ensaio de absorção de água por capilaridade	52
Figura 18: Ensaio de massa aparente no estado endurecido.....	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Destinação dos resíduos sólidos produzidos no Brasil, 2020.....	19
Tabela 2: Dados coletados em uma amostra de 16 obras.	21
Tabela 3: Classificação das argamassas segundo suas funções na construção.....	24
Tabela 4: Propriedades relacionadas com a trabalhabilidade.....	27
Tabela 5 : Consumo de areia em construção no Brasil.....	30
Tabela 6: Classificação das principais fibras naturais.	32
Tabela 7: Classificação das principais fibras não naturais.	34
Tabela 8: Tipos de traço em massa.....	40
Tabela 9: Distribuição dos corpos de prova	43
Tabela 10: Ensaio de granulometria, média do material utilizado	49
Tabela 11: Módulo de finura e dimensão máxima do agregado.....	50
Tabela 12: Resultados para caracterização da areia	51
Tabela 13: Resultados dos ensaios de densidade de massa e teor de ar incorporado.....	52
Tabela 14: Resultados do ensaio de absorção de água por capilaridade	53
Tabela 15: Resultados do ensaio de massa aparente no estado endurecido.	54
Tabela 16: Resistência média à tração na flexão para as idades de 14 e 28 dias.	55
Tabela 17: Resistência média à compressão para as idades de 14 e 28 dias.	57

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Materiais produzidos pelas unidades de reciclagem de RCC no Brasil, 2015.....	22
Gráfico 2: Principais canais de escoamento de materiais reciclados de RCC no Brasil.	22
Gráfico 3: Curvas granulométricas.....	49
Gráfico 4: Resistência média à tração na flexão para as idades de 14 e 28 dias.	55
Gráfico 5: Resistência média à compressão para as idades de 14 e 28 dias.....	57

NEGRE, Claudio Alberto Ferreira. **Estudo das propriedades mecânicas da argamassa de assentamento com substituição parcial da areia por fibras de papel kraft oriundas de sacos de cimento**. 2022. 63 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2022.

RESUMO

A construção civil é um setor com grande potencial de geração de impactos ao meio ambiente, especialmente pelo alto consumo de recursos naturais e pela quantidade de resíduos gerados. Dentre esses resíduos, está o papel Kraft, papel utilizado na confecção de sacos de cimento, que, por se contaminar pelo contato com o cimento, é descartado da reciclagem comum. Papel este que é produzido a partir da polpa da madeira e por conta de sua composição e processo de fabricação, contém boas características de resistências mecânicas. Inserida nesse contexto, neste trabalho desenvolveu a análise sobre a substituição parcial da areia com fibras de papel kraft em argamassas de assentamento, proporcionado assim a reciclagem dos sacos de cimento e diminuindo a quantidade de areia utilizada.

Palavras-Chave: Papel Kraft, Reutilização sacos de cimento. Argamassa com fibras Kraft.

NEGRE, Claudio Alberto Ferreira. **Study of the mechanical properties of laying mortar with partial replacement of sand by kraft paper fibers from cement bags**. 2022. 63 f. Monograph of Course Completion (Bachelor of Civil Engineering) - Federal University of Tocantins, Palmas, 2022.

ABSTRACT

Civil construction is a sector with great potential for generating impacts on the environment, especially due to the high consumption of natural resources and the amount of waste generated. Among these residues is Kraft paper, the paper used in the manufacture of cement bags, which, because it is contaminated by contact with cement, is discarded from common recycling. This paper, which is produced from wood pulp and due to its composition and manufacturing process, has good mechanical resistance characteristics. Inserted in this context, this work developed the analysis on the partial replacement of sand with kraft paper fibers in laying mortars, thus providing the recycling of cement bags and reducing the amount of sand used.

Keywords: Kraft paper, Reusing cement bags. Mortar with Kraft fibers.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Problema de pesquisa	13
1.2 Hipótese	13
1.3 Objetivos.....	13
1.3.1 Objetivo geral	13
1.3.2 Objetivos específicos.....	14
1.4 Justificativa	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 Sustentabilidade na construção civil.....	16
2.1.1 Resíduos sólidos	17
2.1.2 Situação dos resíduos sólidos no Brasil e na cidade de Palmas/TO	18
2.1.3 Reciclagem dos resíduos da construção civil	21
2.2 Argamassas de assentamento.....	23
2.2.1 Materiais constituintes das argamassas	25
2.2.2 Propriedades das argamassas de assentamento	26
2.2.2.1 Trabalhabilidade	26
2.2.2.2 Aderência.....	28
2.2.2.3 Resistência mecânica.....	29
2.2.2.4 Resistência à flexão	29
2.3 Importância da areia na construção civil.....	30
2.4 Uso de fibras na construção civil.....	32
2.4.1 Fibras naturais	32
2.4.2 Fibras artificiais e sintéticas	33
2.4.3 Fibras de papel Kraft	34
2.4.4 Propriedades do papel Kraft	35
2.5 Trabalhos relacionados com a pesquisa	35
3 METODOLOGIA.....	37
3.1 Características dos materiais.....	38
3.1.1 Aglomerantes.....	38
3.1.2 Agregado	38
3.1.3 Água	39
3.1.4 Fibras de papel Kraft	39
3.2 Traços estudados	39

3.3 Preparo das argamassas.....	40
3.4 Caracterização das argamassas no estado fresco	41
3.4.1 Densidade de massa e o teor de ar incorporado	41
3.5 Caracterização das argamassas no estado endurecido	42
3.5.1 Moldagem dos corpos de prova.....	43
3.5.2 Determinação da absorção de água por capilaridade.....	44
3.5.3 Densidade de massa aparente no estado endurecido	45
3.5.4 Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão	45
4 RESULTADOS E ANÁLISE.....	48
4.1 Características dos materiais.....	48
4.1.1 Agregado	48
4.2 Caracterização das argamassas no estado fresco	51
4.2.1 Densidade de massa e o teor de ar incorporado	51
4.3 Caracterização das argamassas no estado endurecido	52
4.3.1 Absorção de água por capilaridade.....	52
4.3.2 Massa aparente no estado endurecido	54
4.3.3 Resistência à tração na flexão e à compressão	55
5 CONCLUSÕES.....	59
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61

1 INTRODUÇÃO

A sustentabilidade dos modelos de desenvolvimento criados pelo homem é uma das principais discussões das últimas décadas. Este é o resultado da evolução de longo prazo da noção de que o comportamento humano causa mudanças imprevistas na natureza, tais mudanças necessárias para o desenvolvimento social afetam o meio ambiente e possivelmente trará consequências para as gerações futuras (CARVALHO, 2013). Dentre os setores que promovem estes impactos a construção civil em particular se destaca como o grande responsável no processo de crescimento, no entanto também contribui na mesma proporção com impactos ambientais gerados pelos resíduos das construções (Carasek, 2012).

Segundo Pinto (2005), a construção civil é uma das atividades mais importantes para o desenvolvimento econômico e social, por outro lado é uma das principais fontes de impacto ambiental, por esgotar recursos naturais, modificando paisagens e acumulando grande quantidade de resíduos.

De acordo com a Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição (ABRECON, 2021), o quantitativo de resíduos de construção civil (RCC) que foram coletados pelos municípios brasileiros apresentou um acréscimo de 5,5% de 2019 para 2020. Já na Região Norte, onde se insere a capital Palmas - Tocantins, foram coletadas cerca de 1.812.955 toneladas de RCC em 2020. Assim, surge a preocupação com o descarte e tratamento do RCC, a reciclagem é a maneira mais sustentável.

Segundo Rabelo (2012), os resíduos produzidos pelo setor da construção civil possuem características que permitem sua reutilização no meio construtivo, seja como areia ou brita recicladas para uso em argamassa e no concreto, ou reaproveitados como aterro na pavimentação, ou contenção de encostas. É eminente ressaltar que a reciclagem dos resíduos sólidos da construção civil, se modifica em função do resíduo que será tratado.

Dentre esses resíduos, está o papel Kraft, usado nos sacos de cimento e a cal, dois materiais bastante utilizados em construções de pequeno a grande porte, sendo um resíduo significativo gerado pelo setor construtivo. Ribeiro (2017) destaca que as embalagens apresentam grande resistência, devido sua dupla camada de papel Kraft. Após a utilização do produto é possível notar a presença de micropartículas do aglomerante aderidas a embalagem, dessa forma inviabilizando sua reciclagem. Assim, surge a ideia do tratamento destas embalagens para fornecer fibras a serem utilizadas na própria construção civil, adicionando-as ao concreto e/ou argamassas, nessa visão, o reaproveitamento busca dar destinação adequada a estes resíduos.

Nesta pesquisa foi feito o tratamento das embalagens de papel Kraft, usadas nos sacos de cimento, para obtenção de fibras que posteriormente foram utilizadas no traço de argamassa de assentamento como substituição parcial da areia, para verificação das propriedades físico-mecânicas do composto. O objetivo final é atribuir uma destinação adequada para os resíduos e, se possível, substituir parcialmente a areia utilizada na argamassa de assentamento, e assim contribuir com o grande desafio da sustentabilidade.

Portanto, a pesquisa contribuirá para melhor compreender a problemática em questão, o reaproveitamento das embalagens de cimento como substituição parcial da areia, em proporções definidas de 5, 7,50 e 10%, poderiam melhorar as propriedades físico-mecânicas em argamassas de assentamento.

1.1 Problema de pesquisa

O reaproveitamento de fibras de papel Kraft usadas em embalagens de cimento, em proporções definidas de 5, 7,50 e 10%, poderiam melhorar as propriedades físico-mecânicas em argamassas de assentamento?

1.2 Hipótese

Com o uso de fibras de papel Kraft reaproveitadas de embalagens de cimento, em proporções definidas de 5, 7,50 e 10%, têm capacidade de proporcionar melhoras nas propriedades físico-mecânicas em argamassas de assentamento.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

Esta pesquisa tem como objetivo principal avaliar o comportamento das propriedades física e mecânicas das argamassas de assentamento no estado fresco e endurecido, com substituição parcial da areia por fibras de papel Kraft, visando solucionar a destinação mais sustentável deste resíduo e reduzir a quantidade de areia.

1.3.2 Objetivos específicos

- Realizar coleta e tratamento dos sacos de cimento, e posteriormente obtenção das fibras de papel Kraft;
- Avaliar, através da realização de ensaios na argamassa no estado fresco, o comportamento de densidade de massa e teor de ar incorporado;
- Avaliar, através da realização de ensaios na argamassa no estado endurecido, o comportamento de absorção de água por capilaridade, coeficiente de capilaridade, densidade de massa aparente, resistência à compressão simples e resistência à tração na flexão;
- Avaliar se há alterações nas propriedades da argamassa em seu estado fresco e endurecido, devido a adição de fibras de papel Kraft;

1.4 Justificativa

A construção civil é um dos setores mais importantes para o desenvolvimento econômico e social, em contrapartida é o setor que mais consome recursos naturais e gera grande quantidade de resíduos (PINTO, 2005).

De acordo com informações da ABRELPE, 2021 “o Brasil gera cerca de 84 milhões de metros cúbicos de resíduos de construção civil e demolição por ano, destes apenas cerca de 45 milhões de toneladas de RCC foram coletados pelos municípios em 2018, já em 2020, foram coletados cerca de 47 milhões de toneladas de RCC, o que representa um crescimento de 5,5% ao ano”.

A maior dificuldade encontrada pelas empresas que agregam em seus processos a gestão de resíduos, está relacionada a estabelecer uma destinação adequada, uma solução que somente poderá ser encontrada se houver a efetiva participação da cadeia produtiva (PINTO, 2005).

O poder público busca através da Lei nº 12.305 de 2010, que estabeleceu a Política Nacional de Resíduos Sólidos, tem como fundamento garantir que os setores públicos e as empresas privadas lidem com os resíduos gerados de forma adequada. É eminente ressaltar que a construção e sua cadeia produtiva tem estimativa de produzir aproximadamente 70% da quantidade de resíduos sólidos nos grandes centros urbanos (CARVALHO, 2013).

Neste seguimento o concreto é um material mundialmente aceito, de fácil execução e excelente custo benefício. Utiliza materiais de fácil aquisição, tornando-o acessível desde o

pequeno até o grande consumidor. Seu insumo de maior custo é o cimento, e a quantidade adicionada deste está diretamente ligada às suas propriedades mecânicas (IBRACON, 2009). Devido à ampla aplicação do cimento, seu uso é essencial para o setor construtivo. Mas vale ressaltar a quantidade de resíduos gerados pelo uso do material, como as embalagens utilizadas neste aglomerante, estas que não poderiam ser recicladas da maneira convencional, como é feito com papel comum, pois as embalagens têm contato direto com cimento.

Como um dos componentes essenciais para o setor da construção civil, a areia natural tem características adequadas para agir como agregado miúdo, e destaca-se em sua utilização na composição do concreto. A demanda por areia natural devido ao crescimento urbano e de tantas outras aplicações, sua extração cresceu em uma velocidade maior do que sua capacidade de renovação (O globo, 2015). Além disso, segundo o relatório da ONU, como as areias dos desertos não são consideradas ideais para a construção civil, a disponibilidade do material em leitos de rios, várzeas e pedreiras caiu significativamente nas últimas décadas.

Como alternativa para a reutilização das embalagens vazias de cimento e para reduzir o consumo de areia, surgiu a ideia de incrementar as embalagens ao processo construtivo, realizando a substituição parcial da areia pelas fibras de papel Kraft nas argamassas de assentamento. Neste contexto, os resultados apresentados na pesquisa realizada por Amaral, Coll e Silva (2017), estudo que visou avaliar as propriedades mecânicas das argamassas de assentamento com adição da fibra de papel Kraft, e demonstrou que com essa adição houve melhorias tanto na resistência a compressão quanto na flexão, devido as fibras agirem no interior das argamassas auxiliando na distribuição das tensões. Já no estudo realizado por Martins e Soares (2016), demonstrou que o desempenho na aderência e trabalhabilidade foram prejudicados, devido à má dispersão da fibra na mistura, isto também impactou na resistência mecânica e na absorção de água.

Portanto, o estudo do desempenho das argamassas de assentamento com fibras de papel Kraft vem contribuir na implantação desse resíduo no processo produtivo nas obras.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Para avaliar o comportamento das propriedades mecânicas das argamassas de assentamento com adição de fibras de papel Kraft, é necessário compreender a importância da argamassa no processo construtivo e suas características. Bem como, entender o problema gerado pelo descarte incorreto dos sacos de cimento vazios, e a possível reutilização das fibras de papel Kraft proveniente destes sacos.

2.1 Sustentabilidade na construção civil

O termo sustentabilidade faz referência ao uso de todos os recursos naturais necessário para a sobrevivência e o desenvolvimento da sociedade, visando o uso responsável dos recursos naturais sem prejudicar o meio ambiente e garantindo que as gerações futuras possam usufruir destes recursos. A ONU adota desde 1983 o conceito formal de desenvolvimento sustentável como “aquele que atende as necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem as suas próprias necessidades” (ONU, 1983).

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (2019), na construção civil o conceito de sustentabilidade implica na obtenção do desenvolvimento urbano responsável, buscando uma solução a minimizar os impactos ambientais causados pelos inúmeros projetos desenvolvidos.

Os impactos ambientais gerados pela construção civil são decorrentes dos descartes ilegais dos entulhos derivado do setor. A construção civil produz resíduos nas etapas de extração de recursos naturais, atividades de canteiro, execução de manutenções e reformas, produção de matérias-primas e associados e na remoção de edificação ou de infraestruturas (JOHN, 2011).

Com a crescente demanda por centros urbanos e industriais decorrentes da centralização populacional, alavancou-se o setor da construção civil, simultaneamente elevou-se os impactos ambientais decorrentes da falta de destinação adequado para os RCC produzidos pelo setor. Segundo Gomes (2011), devido à falta de incentivo ou gestão de recursos, empresas perdem as oportunidades de utilizar os resíduos em outras obras e agregar valor a algo que seria descartado. A boa prática de reutilização dos RCC busca atribuir um descarte eficiente e minimizar ao máximo os impactos gerados, conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1 : Impactos ambientais da construção civil



Fonte: ABRECON (2020).

Segundo Gottfried (2003), no fim da década de 1980, onde a construção sustentável começou a ser incorporada na construção civil, após a conscientização dos impactos ambientais gerados pela construção civil, na intenção de reportar os impactos feitos por essa indústria. O conjunto dessas iniciativas ajustou em apelidar de construção “verde”, “sustentável” ou “construção de alto desempenho”.

Desse modo, a reciclagem de resíduos é uma das muitas condições para aumentar a sustentabilidade da economia social e reduzir os impactos gerados pelo setor construtivo, uma vez que a geração desses é inevitável. As vantagens potenciais geradas pela reciclagem para a sociedade são, entre outras, a preservação de recursos naturais, economia de energia, redução do volume de aterros, redução da poluição, geração de empregos, redução do custo do controle ambiental pelas indústrias, aumento da durabilidade e, até mesmo, a economia de divisas (JOHN, 2000).

2.1.1 Resíduos sólidos

É comum que empreendedores do setor de construção civil enfrentem o desafio de proporcionar o equilíbrio entre o desenvolvimento ecológico e sustentabilidade, nessa visão percebe-se que o grande problema que acontece com frequência, é de não haver uma destinação correta aos resíduos sólidos, sendo estes oriundos de demolições de obras, reformas, reparos e os efeitos da escavação de terrenos, entre outros.

Conforme a resolução CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) nº 307 de julho de 2002, os resíduos da construção civil não podem ser dispostos em aterros de resíduos sólidos urbanos, em áreas de "bota fora", em encostas, corpos d'água, lotes vagos e em áreas protegidas por Lei. A responsabilidade pelos mesmos é de seus geradores, devendo ter como objetivo prioritário a não geração de resíduos e, secundariamente, a redução, a reutilização, a reciclagem, o tratamento dos resíduos sólidos e a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

Estes RCC são classificados segundo a Resolução do CONAMA, em seu artigo 3º, da seguinte forma:

- a) Classe A - são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:
 - a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;
 - b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;
 - c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meio-fio, etc.) produzidas nos canteiros de obras;
- b) Classe B - são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras, embalagens vazias de tintas imobiliárias e gesso;
- c) Classe C - são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação;
- d) Classe D - são resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde.

Portanto, de acordo com a resolução nº 307 do CONAMA, os sacos de cimento são classificados como resíduo classe B, devendo ser reutilizados, reciclados ou destinados a áreas de armazenamento adequado.

Assim, cabe aos responsáveis pelas obras dar destinação adequada aos RCC, mas para realizar o tratamento eficiente destes produtos existem dificuldades logísticas e financeira, ou mesmo por falta de uma rigorosa fiscalização. Logo, estes resíduos acabam sendo depositados em aterros ou lixões, que geram problemas sociais, como riscos à saúde.

2.1.2 Situação dos resíduos sólidos no Brasil e na cidade de Palmas/TO

- No Brasil

Conforme a Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição (ABRECON, 2015), a maioria das unidades de reciclagem de RCC no Brasil está operando abaixo da capacidade, as informações disponibilizadas mostram que 93 unidades produzem 431.500 m³ por mês de agregados reciclados, ao passo que possuem capacidade instalada para produção de até 958.000 m³ por mês.

De acordo com levantamento do Sistema Nacional De Informações Sobre Saneamento

(SNIS-RS, 2020), nas 5.018 unidades de processamento de resíduos sólidos urbanos (RSU) em operação foram destinados 92,7 milhões de toneladas de massa de resíduos sólidos, destes cerca de 3,6% são oriundos da construção civil e apenas 0,9% do RCC recolhido é reciclado, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1: Destinação dos resíduos sólidos produzidos no Brasil, 2020.

TIPOS DE UNIDADES DE PROCESSAMENTO DE RSU EM OPERAÇÃO (por tipo e % do total, em 2020)	
Lixão - 1.545 (30,1%)	Vala específica de RSS (Resíduos Serviços de Saúde) - 16 (0,3%)
Aterro controlado - 617 (12,3%)	Unidade de tratamento por micro-ondas ou autoclave - 21 (0,4%)
Aterro sanitário - 652 (13,0%)	Queima em forno de qualquer tipo - 2 (0,0%)
Unidade de triagem (galpão ou usina) - 1.325 (26,4%)	Área de transbordo e triagem de RCC e volumosos (ATT) - 64 (1,3%)
Unidade de compostagem (pátio ou usina) - 74 (1,5%)	Área de reciclagem de RCC (Resíduos de Construção Civil) - 44 (0,9%)
Unidade de transbordo (RDO+RPU) - 202 (4,0%)	Aterro de RCC (aterros inertes) - 78 (1,6%)
Unidade de tratamento por incineração - 16 (0,3%)	Outro - 315 (6,3%)
Unidade de manejo de galhadas e podas - 47 (0,9%)	

Fonte: Adaptado de SNIS-RS, 2021 (ano base 2020).

- Em Palmas/TO

Segundo a Secretaria de Infraestrutura e Serviços Públicos (SEISP, 2021), em Palmas o aterro de resíduos da construção civil é a área licenciada para destinação de todo resíduo produzido pela construção civil desde 2017. O direcionamento dos RCC ao aterro de inertes só pode ser feito por empresas habilitadas que certifica a destinação final correta dos resíduos de obra recolhidos.

Por dia, chegam a ser descarregados, em média, 60 contêineres de cinco metros cúbicos no aterro de construção civil, segundo a empresa Ambiental Comércio e Indústria de Produtos Recicláveis. Na usina é feita a separação de matérias-primas, seja elas plástico, concreto, terra, ferro ou papel, para direcionamento de uma fração a cooperativas de recicláveis, enquanto outra fração é redirecionada à construção civil para reaproveitamento (SEISP, 2021).

O descarte clandestino de entulho é uma prática comum na capital, principalmente em

obras e reformas de pequeno porte. A Figura 2 mostra a situação que ocorre em algumas das áreas de descarte clandestino.

Figura 2 : Entulho recolhido pela prefeitura de Palmas, 2021.



Fonte: prefeitura de Palmas, 2021.

Ainda conforme o SEISP (2021), em dezembro, do ano referido, em apenas dois dias foram recolhidas 434 toneladas de entulho descartadas clandestinamente em trechos da estrada de acesso ao aterro sanitário de Palmas. O volume coletado é 27% superior à média diária, que é de 340 toneladas/dia, de lixo recolhido em toda a Capital, a Figura 2 (acima) apresenta a coleta do entulho.

- Descarte de sacos de cimento em Palmas/TO

Segundo o trabalho realizado pela LIEST (Liga Acadêmica de Engenharia de Estruturas) da UFT, onde foram feitas pesquisas de campo em 16 obras de construção civil na cidade de Palmas, e através de entrevistas com os responsáveis pelas obras foi possível fazer um levantamento que detalha o consumo e a forma de descarte dos sacos de cimento. A Tabela 2 apresenta os dados coletados na pesquisa.

Tabela 2: Dados coletados em uma amostra de 16 obras.

Tipo	Embalagens/Mês	Tipo de Descarte	Tempo de Obra (Mês)
Residencial	100	Container	-
Garagem	100	Container	-
Residencial	200	Container	4
Residencial	100	Container	6
Residencial	200	Container	0,25
Residencial	100	Container	4
Residencial	600	Container	5
Residencial	100	Container	6
Residencial	150	Outro	-
Residencial	100	Container	1
Residencial	160	Container	2,5
Residencial	100	Queima	3
Galerias Comerciais	100	Queima	36
Edifício Residencial	960	Empresa Especializada	36
Edifício Residencial	200	Container	36
Residencial	200	Container	8
Média/Obra	216,875		11,36
Embalagens/Ano	41.664		

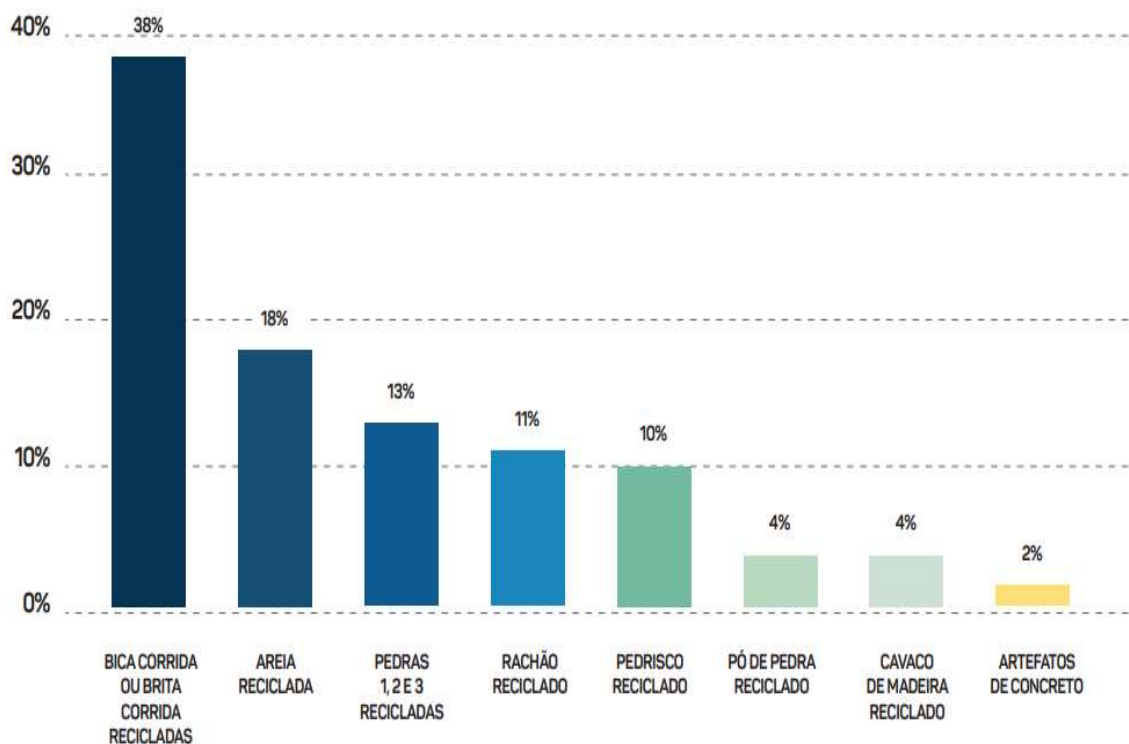
Fonte: LIEST, 2022.

Assim, a média de consumo/obra resultou em aproximadamente 217 embalagens ao mês. Desse modo, chega-se a um valor de 41.664 sacos de cimentos gastos durante o ano. É importante destacar que o consumo de cimento em sua totalidade é muito maior do que o referido valor, visto que boa parte das obras avaliadas utilizavam cimento ensacado apenas para obras de revestimento, como reboco, emboço, chapisco e pequenos reparos. Sendo assim, a maioria do concreto das obras é utilizada em sua forma (LIEST, 2022).

2.1.3 Reciclagem dos resíduos da construção civil

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (2020), devido à predominância do padrão construtivo do Brasil, o material encontrado em maior proporção nos RCC é a argamassa, principalmente a argamassa de concreto utilizada para compor estruturas, razão pela qual a maior parte dos produtos gerados pelas unidades de reciclagem do RCC é a bica ou brita corrida reciclada, conforme aponta o Gráfico 1.

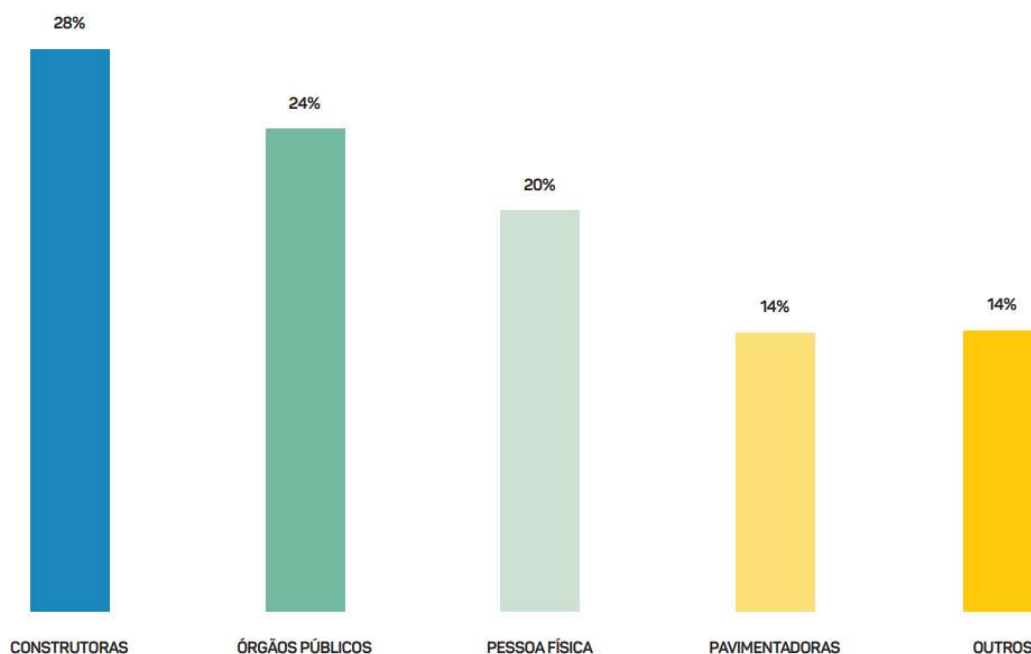
Gráfico 1: Materiais produzidos pelas unidades de reciclagem de RCC no Brasil, 2015.



Fonte: ABRECON, 2015.

Dos materiais produzidos pelas unidades de reciclagem de RCC no Brasil, os principais compradores são empresas de construção, seguidas de órgãos públicos. O Gráfico 2 ilustra os principais canais de escoamento de materiais recicláveis de RCC no Brasil.

Gráfico 2 : Principais canais de escoamento de materiais reciclados de RCC no Brasil.



Fonte: ABRECON, 2015.

Nota-se que os serviços de coleta e aproveitamento de RCC ainda são largamente efetuados por profissionais autônomos, que na sua maioria operam de forma individual e não cumprem qualquer normativa, com graves riscos para o meio ambiente e a qualidade dos produtos finais. Esse fato se deve principalmente à falta de rastreabilidade desses resíduos, à falta de fiscalização adequada, aos custos associados à destinação desse material e à impressão de ser um resíduo de baixo impacto ao meio ambiente e ao bem-estar humano, aponta o Ministério do Meio Ambiente (2022).

No entanto, é importante destacar que qualquer material utilizado pela indústria da construção civil deve atender aos requisitos técnicos que visam a segurança e o bem estar dos usuários.

Sendo assim, para a reutilização do RCC é necessário que o processo de reciclagem atenda aos requisitos técnicos vigentes, assim como disposto nas normas da ABNT NBR 15115: 2004 (Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos) e da ABNT NBR 15116:2004 (Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos).

Desta forma, as normas buscam garantir o desempenho e qualidade dos produtos obtidos pela reciclagem dos RCC. Isso, exige que os produtores de materiais reciclados a partir destes resíduos busquem tecnologias e certificações que garantam o atendimento das legislações vigentes.

2.2 Argamassas de assentamento

As argamassas são materiais de construção, caracterizadas por propriedades de aderência e endurecimento. São obtidas "a partir da mistura homogênea de um ou mais aglomerantes, agregado miúdo (areia) e água, podendo conter ainda aditivos e adições minerais" (CARASEK, 2010).

No setor da construção civil as finalidades da argamassa são amplas, podendo ser utilizadas em várias etapas do processo construtivo, as mais utilizadas em obras são as argamassas de assentamento, de revestimento, colante ou de rejuntamento. Deste modo, podem ser classificadas a partir de diferentes critérios como: natureza, tipo e número de aglomerantes (CARASEK, 2005). Na tabela 3, é apresentada a classificação das argamassas de acordo com suas funções na construção.

Tabela 3 : Classificação das argamassas segundo suas funções na construção.

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

Fonte: Adaptado de CARASEK, 2010, p.887.

No presente trabalho será avaliada a argamassa utilizada para assentamento, suas características específicas serão dispostas de formas mais aprofundadas ao longo do trabalho.

A argamassa de assentamento é usada para assentamento de blocos e revestimento de paredes e tetos. A NBR 13281 (ABNT, 2001) define a argamassa de assentamento como “um composto de consistência uniforme de agregados em pequenos e agrupados inorgânicos e água, podendo conter ou não aditivos ou adições, com propriedades de aderência e endurecimento, sendo dosada em obra ou em instalação própria, argamassa industrializada”.

Segundo Sabattini (1986) e Carasek (2010) as argamassas de assentamento utilizadas comumente para o levante de alvenarias de tijolos ou blocos, têm como principais funções:

- Unir os componentes da alvenaria (tijolos ou blocos) formando vínculos capazes de distribuir uniformemente sob os componentes as cargas atuantes na parede. De forma a constituir um elemento monolítico, contribuindo na resistência aos esforços laterais;
- Vedar as juntas garantindo a estanqueidade da parede à penetração de água das chuvas;
- Absorver as deformações naturais, como as de origem térmica e as de retração por secagem (origem higroscópica), a que alvenaria estiver sujeita.

A argamassa de assentamento é o material normalmente utilizado para fazer a ligação entre os componentes sejam blocos, tijolos cerâmicos convencionais ou estruturais. De forma a utilizar a argamassa na espessura de 1 cm entre os blocos, o processo ocorre através da ancoragem mecânica, em que a argamassa forma uma espécie de “raíz” nos poros do bloco e os fixa, aponta Carasek (2010).

Geralmente as argamassas são preparadas in loco, com a utilização de uma betoneira para a homogeneização dos materiais, mas pode ser encontrada prontas, industrializada. A argamassa industrializada utilizada com maior frequência é a do tipo estabilizada, que recebe polímeros que retardam o processo de hidratação do cimento, esta apresenta diversos benefícios, como por exemplo a supressão da mão de obra ociosa e a diminuição do desperdício, (Silva, 2013).

Na composição da argamassa, cada componente tem função específica, sendo o cimento responsável pelo ganho de resistência mecânica, a cal é acrescentada para aumentar a trabalhabilidade e a areia, como material inerte não reage quimicamente com os outros componentes, é utilizada como elemento de ganho de volume e economia de cimento, além de ajudar a evitar a perda de umidade, que muitas vezes pode causar rachaduras e trincas na construção. No entanto, a areia é um recurso natural extraída principalmente de leitos de rios, assim, seu uso promove impactos ambientais, reforça Pedroso (2009).

2.2.1 Materiais constituintes das argamassas

Para garantir o desempenho adequado das argamassas no seu estado fresco e no endurecido, é recomendado estabelecer as características e compreender a influência de cada material utilizado na composição das argamassas. Deste modo, será exposto a seguir as principais características destes materiais, conforme a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP, 2016).

- Cimento Portland:
O cimento Portland é um aglomerante hidráulico de origem mineral. O produto se origina da calcinação de misturas bem proporcionadas de calcário com alto teor de cálcio e baixo em magnésio, e argilas. O cimento Portland tem ação aglomerante desenvolvida pela reação de seus constituintes com a água, sendo então denominado aglomerante hidráulico. A contribuição do cimento nas propriedades das argamassas está voltada sobretudo para a resistência mecânica e durabilidade. Além disso, pelo fato de ser constituído por finas partículas, contribui na retenção da água de mistura. Em princípio, quanto maior a quantidade de cimento presente na mistura, maior será o potencial de retração e a aderência com a base.
- Cal:
A cal é um aglomerante aéreo é obtida pela decomposição térmica de calcário. Quando

usada em argamassa como aglomerante principal (sem cimento), sua função principal é funcionar como aglutinante da mistura. Neste tipo de argamassa, destacam-se as propriedades de trabalhabilidade e a capacidade de absorver deformações. Entretanto, são reduzidas as suas propriedades de resistência mecânica e aderência.

Já em argamassas mistas, de cal e cimento, a cal tem a função de reter água para a hidratação do cimento, melhorar a trabalhabilidade do produto fresco e aumentar a capacidade do produto endurecido, absorver deformações sem danos ao revestimento.

- Areia:

O agregado ou areia é um constituinte das argamassas de origem mineral, na qual predomina o quartzo, de forma particulada, com diâmetros entre 0,06 e 2,0mm. A granulometria do agregado influencia na dosagem do aglomerante e na quantidade de água da mistura. Desta forma, quando há deficiências na curva granulométrica (isto é, a curva não é contínua) ou excesso de finos, ocorre um maior consumo de água de amassamento, reduzindo as propriedades mecânicas e causando maior retração por secagem.

- Água:

A água confere continuidade à mistura, permitindo a ocorrência das reações entre os diversos componentes, sobretudo as relacionadas com a química do cimento. A água também é o meio diretamente utilizado pelo pedreiro para regular a consistência da mistura, fazendo a sua adição até a obtenção da trabalhabilidade desejada. Considera-se a água potável como a melhor para elaboração de produtos à base de cimento Portland. Não deve ser utilizada água que contenha matéria orgânica.

2.2.2 Propriedades das argamassas de assentamento

De acordo com os requisitos estabelecidos pela ABNT NBR 13281:2005 para argamassas de assentamento e revestimento, o desempenho das mesmas depende de um conjunto de parâmetros específicos das suas propriedades físicas e mecânicas. Para defini-las é necessário a realização dos ensaios tanto para o estado fresco, quanto para o estado endurecido.

2.2.2.1 Trabalhabilidade

A trabalhabilidade é um conjunto de características que garantem que a argamassa fique mais manuseável, possa ser aplicada de forma rápida e correta. Tais características estão relacionadas a coesão, consistência, plasticidade, viscosidade e adesão inicial. As propriedades das argamassas em estado fresco determinam a facilidade com que podem ser misturadas, transportadas, aplicadas, reforçadas e desbastadas em um estado homogêneo (CARASEK, 2010).

A trabalhabilidade pode ser medida de forma empírica pelo pedreiro durante a execução do traço, com base na experiência e critérios subjetivos como: a facilidade de manuseio e espalhamento sobre a superfície; adesão para formação de juntas verticais; manutenção da espessura das juntas após a colocação de blocos sucessivos, entre outros (Prudêncio Jr, Oliveira e Bedin 2002).

De acordo com Metha e Monteiro (2014) e Cascudo et al (2005), avaliar quantitativamente e especificar valores para a trabalhabilidade da argamassa por meio de ensaios é uma tarefa difícil, uma vez que depende não só das propriedades inerentes da argamassa, mas também das habilidades dos profissionais que executam o serviço e manuseiam o material. Além da técnica de aplicação, materiais com várias propriedades de substrato são considerados uma propriedade qualitativa muito complexa.

As principais propriedades da trabalhabilidade são consistência, plasticidade, retenção de água, coesão, exsudação, densidade de massa e adesão inicial. A Tabela 4 apresenta a definição de cada uma das propriedades.

Tabela 4 : Propriedades relacionadas com a trabalhabilidade.

PROPRIEDADES	DEFINIÇÃO
Consistência	É a maior ou menor facilidade de a argamassa deformar-se sob ação de cargas.
Plasticidade	É a propriedade pela qual a argamassa tende a conservar-se deformada após a retirada das tensões de deformação.
Retenção de água e de consistência	É a capacidade de a argamassa fresca manter sua trabalhabilidade quando sujeita a solicitações que provocam a perda de água.
Coesão	Refere-se às forças físicas de atração existentes entre as partículas sólidas da argamassa e as ligações químicas da pasta aglomerante.
Exsudação	É a tendência de separação da água (pasta) da argamassa, de modo que a água sobe e os agregados descem pelo efeito da gravidade. Argamassas de consistência fluida apresentam maior tendência à exsudação.
Densidade de massa	Relação entre a massa e o volume de material.
Adesão inicial	União inicial da argamassa no estado fresco ao substrato.

Fonte: Fonte: Adaptado de ABNT NBR 12744:1992.

A trabalhabilidade não está apenas correlacionada as propriedades do material empregado, mas também ao método de preparo e aplicação utilizado. Alguns dos métodos mais utilizados para avaliar a consistência, de acordo com o conceito de trabalhabilidade são

dropping-ball, mesa de fluidez e *squeeze-flow* (CARDOSO, PILEGGI, JOHN, 2005).

De tudo modo, com uma trabalhabilidade adequada é possível garantir que quando a argamassa de assentamento for aplicada, deverá fixar-se na superfície, de modo a permitir o espalhamento sem escorrer, garantindo contato efetivo entre os elementos da alvenaria.

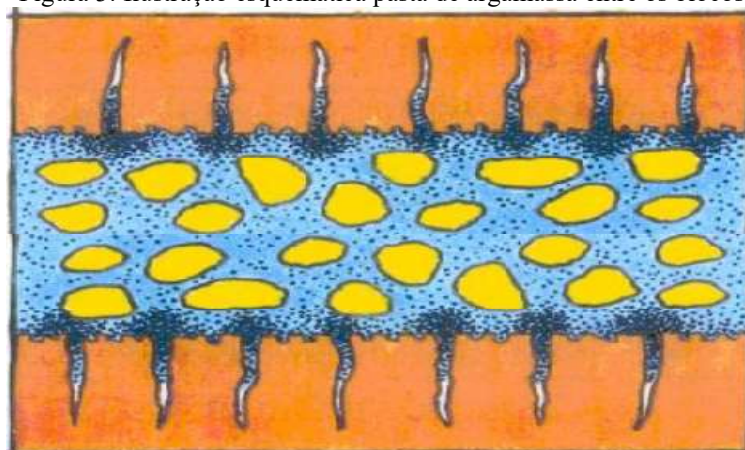
2.2.2.2 Aderência

Uma propriedade indispensável da argamassa no estado endurecido é a aderência, pois sem sua presença nenhuma das finalidades da argamassa seria atendida, esta propriedade permite que os elementos da alvenaria se unam de forma a constituir um elemento monolítico Carasek (2010).

A aderência inicial está presente na argamassa em seu estado fresco, e permite que ao se aplicar sobre os elementos da alvenaria, a mesma fique aderida a base sem se desprender, pois, tal propriedade está relacionada diretamente às características reológicas da pasta aglomerante (Gomes 2008).

A ligação que a argamassa fornece aos componentes da alvenaria é oriunda da penetração dos cristais de cimento hidratado (etringita) nos poros dos blocos e depende da interação hídrica entre a argamassa e a base, da plasticidade adequada, composição da argamassa, granulometria da areia e da qualidade do processo construtivo (GALLEGOS, 1995), a Figura 3 ilustra esta junção entre a argamassa e os blocos.

Figura 3: Ilustração esquemática pasta de argamassa entre os blocos



Fonte: (FRANCO, 2006)

Portanto, a aderência deriva da conjunção de três propriedades da interface argamassa-substrato: a resistência de aderência à tração; a resistência de aderência ao cisalhamento; a extensão de aderência (razão entre a área de contato efetivo e a área total possível de ser unida). (FRANCO, 2006).

2.2.2.3 Resistência mecânica

A resistência mecânica é a propriedade responsável por resistir a ações de diversas naturezas, às quais a argamassa pode ser submetida no estado endurecido, devido a impacto ou sobrecarga.

As proporções dos materiais constituintes (traços) da argamassa, além de inúmeras outras propriedades, também têm grande influência na resistência mecânica. Segundo Baía e Sabbatini (2008), a resistência da argamassa é inversamente proporcional à relação água/cimento e ao tipo de proporções de cimento e cal na argamassa mista, sendo que a proporção de cimento é reduzida quanto maior a proporção de cal, além do efeito do teor de ar, e da técnica de execução que deve ser buscada para a compactação da argamassa durante a aplicação e acabamento.

Silva (2007) afirma que, para argamassas com finalidade de assentamento a resistência mecânica não é um fator importante no dimensionamento da alvenaria e só deve ser supervisionada para evitar que fique muito abaixo da resistência do bloco. Para Ramalho e Corrêa (2003), argamassas com até 50% da resistência do bloco não implicam em perda de resistência da parede. Assim, dependendo do fator água/cimento utilizado poderá resultar em aumento da trabalhabilidade e redução da resistência à compressão.

2.2.2.4 Resistência à flexão

A ABNT NBR 13281:2005, estabelece a classificação de argamassas para assentamento e revestimento de paredes e tetos por resistência à compressão, densidade aparente no estado endurecido, resistência à tração à flexão, coeficiente de capilaridade, densidade de massa no estado fresco, retenção de água e potencial aderência à tração. Assim, as argamassas de assentamento devem possuir capacidade de absorverem deformações, deformar-se sem fissurar e/ou fissurar, de modo a não comprometer a sua aderência, estanqueidade e durabilidade. Esta propriedade está relacionada ao módulo de elasticidade e resistência mecânica (SILVA, 2016).

Como as cargas são distribuídas por toda extensão da alvenaria é possível ocasionalmente que parte da mesma sofra deformações por flexão, essas deformações deveram ocorrer nas juntas entre os blocos, feita pela argamassa de assentamento. Logo é necessário entender o comportamento da argamassa ao sofrer tais deformações.

Portanto, neste estudo pretende-se avaliar o desempenho em termos de aderência, trabalhabilidade e resistência à flexão de argamassas de assentamento com fibras de papel Kraft.

2.3 Importância da areia na construção civil

De acordo com a Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção (ANEPAC, 2010), a areia é conceituada na indústria como um bem mineral constituído predominantemente por quartzo de granulação fina e pode ser obtida a partir de depósitos de leitos de rios e planícies aluviais, rochas sedimentares e mantos de alteração de rochas cristalinas. Areias de praias e dunas litorâneas não apresentam boa qualidade como material para construção civil devido à presença de sais.

A ABNT define areia para uso em engenharia civil como solo constituído por grãos minerais cuja maioria aparente têm diâmetro entre 0,05 e 4,8 mm, caracterizando-se pela sua textura, compacidade e forma dos grãos. E classifica a areia em subdivisões, que são:

- Areia grossa (-2,0mm +1,2mm)
- Areia, média (-1,2mm +0,42mm)
- Areia fina (-0,42mm +0,074mm)

De acordo com ANEPAC (2010), A areia é matéria-prima de inúmeros produtos e compostos. Na construção civil, é praticamente indispensável. Os segmentos ligados à construção no Brasil que mais consomem areia estão apresentados na Tabela 5:

Tabela 5 : Consumo de areia em construção no Brasil.

SEGMENTO	PARTICIPÇÃO (%)
Concreteiras	20
Construtoras	15
Pré-moldados	10
Revendedor	10
Usinas de asfalto	5
Argamassas	35
Outros	5

Fonte: (ANEPAC, 2010)

Na construção civil, quase não há desperdício de areia, a qual é usada em sua totalidade nas estruturas onde faz-se necessária. Apenas quando os empreendimentos são destruídos que é possível notar o descarte da areia que, por sua vez, está misturada em compostos de difícil separação (Cardoso, 2012).

A conscientização sobre a importância da gestão do RCC tem crescido e as soluções

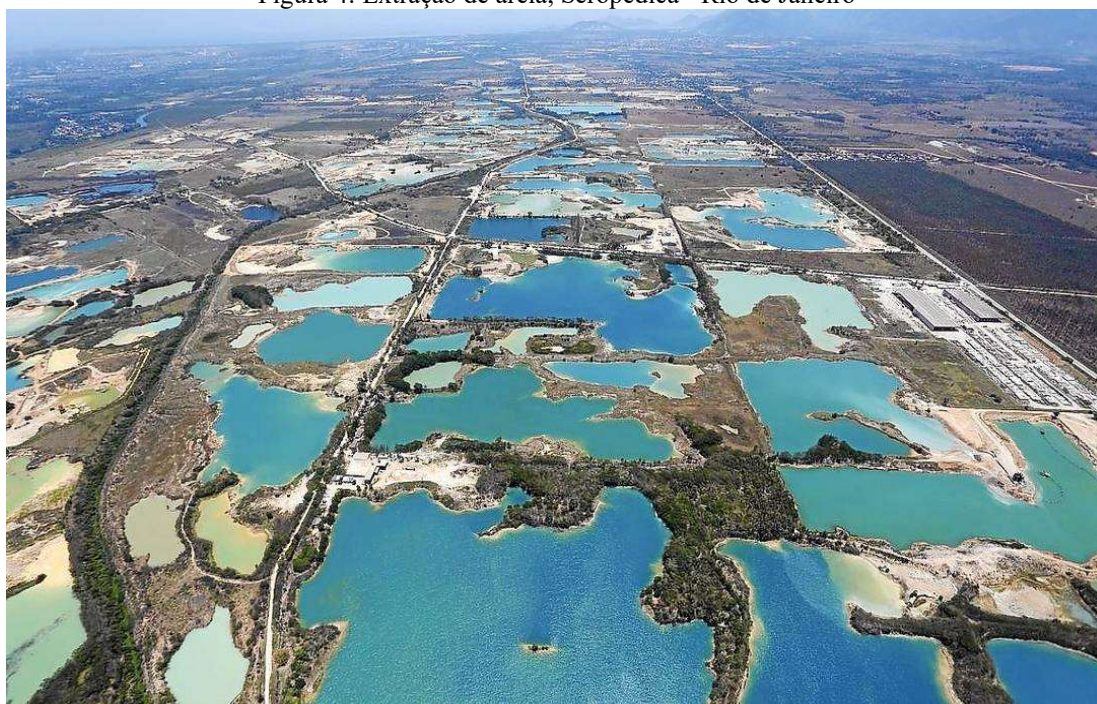
surtem na forma de centros de reciclagem, que reaproveitam tais materiais, reintroduzindo-os em novos ciclos produtivos para fabricar novos produtos, afirma Cardoso (2012). Os RCC podem ser utilizados como matéria-prima para agregados reciclados, que além de diminuir o consumo dos recursos naturais (rochas, cascalhos, areia), a reciclagem dos RCC pode trazer vantagens sociais, econômicas e ambientais. Para as prefeituras, traria a redução de despesas com transporte e área nos aterros que recebem esses entulhos.

No processo de extração de areia natural em leitos de rios ocorrem diversos impactos na fauna, flora e na topografia da região. Quando a extração atinge o nível do lençol freático podem causar a subsidência do terreno, bem como, pode gerar a desativação de poços de captação de água nos arredores do local de extração (Cardoso, 2012).

Por ocorrer em locais próximos às áreas de várzeas, margens e leito de rios, e lagos, coincidindo muitas vezes com as matas ciliares, a exploração das areias naturais pode ser responsável principalmente por causar a destruição desses ecossistemas. A extração desse importante recurso mineral da natureza, além de promover o esgotamento das reservas, deixa o solo exposto a processos erosivos após a retirada da vegetação natural da área, expõe e provoca um rebaixamento do lençol freático, e ainda contamina a água com resíduos de óleos provenientes de bombas e dragas utilizadas na operação. (Corbelli, 2021).

O processo de extração de areia natural na cidade de Seropédica - Rio de Janeiro, provocou a exposição do lençol freático e a formação de Lagoas artificiais. Como mostrado na Figura 4.

Figura 4: Extração de areia, Seropédica - Rio de Janeiro



Fonte: (O Globo, 2015)

Segundo a Associação Nacional de Produtores de Agregados para Construção (ANEPAC), em 2020, houve um consumo de 605 milhões de toneladas de agregados (areia + brita). Em 2021, esse número subiu para 659 milhões. E ainda segundo a ANEPAC, a expectativa é de um crescimento de 5% em 2022.

A demanda de areia natural na construção civil vem aumentando, em quanto a capacidade de renovação do recurso está diminuindo exponencialmente, fazendo com que a exploração do recurso avance e provoque aumento do preço. Com isso, nota-se os crescentes problemas ambientais gerados por esta demanda, e levanta o dilema, a areia sendo um recurso natural extraído em grandes quantidades, futuramente isto poderá acarretar em sua escassez. Para solucionar este problema o presente trabalho sugere a substituição parcial da areia por fibras de papel Kraft.

2.4 Uso de fibras na construção civil

A utilização de fibras na construção civil pode ser observada há milhares de anos, sendo possível identificar resquícios da utilização de palha nos tijolos de barro nas construções dos egípcios. Devido sua constituição, composta por vários filamentos, pode auxiliar para o ganho de resistência, evitar surgimento de fissuras, uma vez que as fibras atuam como ponte de transferência de tensões entre as fissuras, e para economia de aglutinante, tornando o uso das fibras um método construtivo eficaz e eficiente.

2.4.1 Fibras naturais

As fibras podem ser classificadas a partir da sua origem, como vegetais (natureza celulósica), animais (possuem cadeias proteicas) e minerais (formadas por cadeias cristalinas com grande comprimento, como as do asbesto). A Tabela 6 representa essa classificação segundo a NBR 12744:1992.

Tabela 6: Classificação das principais fibras naturais.

NOME	CLASSIFICAÇÃO	ORIGEM	FIBRA	SIGLA
NATURAIS	Vegetal	Semente	Algodão	CO
		Caule	Cânhamo	CH
			Juta	CJ
			Linho	CL

		Rami	CR
		Sisal	CS
		Coco	CC
		Seda	S
	Animal	Alpaca	WP
		Cashmere	WS
		Lã	WO
		Mohair	WM
	Mineral	Rochas	Amianto
			A

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 12744:1992.

Segundo Izquierdo (2011), os principais benefícios no uso das fibras naturais são o consumo reduzido de energia necessário para sua produção quando comparado ao envolvido para fabricação das fibras sintéticas, além da vasta variedade e disponibilidade.

Hoje, a utilização de fibras no concreto convencional (sem armadura) é bastante comum e aconselhável, visto que, o concreto convencional ser um material quebradiço por possui baixa resistência a tração, favorecendo o aparecimento de fissuras e trincas, Watanabe (2008).

Contudo, vários estudos têm indicado que as fibras vegetais uniformemente dispersadas no compósito, trazem ganhos de desempenho em relação à matriz sem reforço, pela melhor distribuição das tensões no material, maior resistência à fissuração, ao impacto, aumento da resistência à flexão, da capacidade de suportar carregamento pós-fissuração, maior ductilidade e tenacidade. Podem ser obtidas, adicionalmente, melhores propriedades de isolamento térmico e acústico (SALES, 2005, p. 28).

2.4.2 Fibras artificiais e sintéticas

Conforme a NBR 12744:1992 as fibras artificiais são aquelas obtidas a partir de uma molécula ou macromolécula, já existente na natureza, que sofre uma transformação química e/ou mecânica. Podem ser classificadas em fibras artificiais e fibras sintéticas.

As fibras artificiais são obtidas através do processo extrusão de polímeros naturais, utiliza-se em sua maioria para a fabricação de fibras artificiais o polímero natural celulose, extraída do líter do algodão ou na pasta da madeira. As fibras sintéticas são obtidas por processos químicos a partir de elementos sintéticos provenientes do petróleo (FIBERNAMICS, 2009). Na Tabela 7, é exposta a classificação presente na ABNT NBR 12744:1992.

Tabela 7 : Classificação das principais fibras não naturais.

NOME	CLASSIFICAÇÃO	ORIGEM	FIBRA	SIGLA
Não Naturais	Artificiais	Celulose	Carbono	CAR
			Liocel	CLY
			Modal	CMD
			Vidro	GF
			Viscose	CV
	Sintéticas	Petróleo	Acrílica	PAC
			Aramida	AR
			Elastano	EL/PUE
			Poliamida	PA
			Poliéster	PES
			Polipropileno	PP

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 12744:1992.

De acordo com Izquierdo (2011), as fibras artificiais são produto do crescente desenvolvimento na área de engenharia dos materiais, também conhecidas de fibras sintéticas, devido a inúmeras pesquisas desenvolvidas relacionadas as cadeias carbônicas dos derivados de petróleo e do desenvolvimento da tecnologia têxtil. As mais utilizadas na construção civil são: a aramida, o nylon, o poliéster e o polipropileno.

2.4.3 Fibras de papel Kraft

O termo Kraft em alemão significa força, resistência, também é usado para se referir a um tipo de produção de papel fabricado a partir da polpa de microfibras obtidas através do método que consiste no cozimento da matéria prima em altas temperaturas (170°C) em soluções alcalinas. Esse papel é oriundo de madeiras maciças, se caracteriza por alta resistência mecânica, a qual se dá pela sua composição de fibras celulósicas com teores mínimos de lignina, devido ao processo de produção Kraft (Santos e Carvalho, 2011).

O papel Kraft é utilizado em embalagens de diversos produtos, na construção civil é responsável por embalar produtos como cimento e cal. devido seu processo de fabricação e as características de sua matéria prima, o papel Kraft é conhecido por ter alta resistência ao rasgo, à tração e ao estouro. (Silva, 2016).

Portanto, como o papel Kraft é utilizado nas embalagens dos principais materiais utilizados na construção civil, pode-se considerar que um percentual notável dos resíduos gerados pelo setor é composto por papel Kraft. Após o uso dos materiais as embalagens são descartadas, mas constituem fontes considerável de fibra celulósica, podendo ser reutilizada na produção de novos componentes para o setor construtivo (Santos e Carvalho, 2011). Assim, surge a necessidade de procurar uma forma de reutilizar os resíduos que compõem os sacos de cimento. No entanto, vale ressaltar que isso requer uma compreensão mais profunda das propriedades mecânicas das fibras Kraft e sua influência no processo construtivo.

2.4.4 Propriedades do papel Kraft

As fibras de celulose são compostas por matéria orgânica e são classificadas como fibras naturais e podem ser oriundas de vegetais fibrosos ou de madeiras. As fibras de celulose, segundo com Ilston, (1994 apud SILVA, 2002) são compostas basicamente por três elementos, que são: celulose, lignina e hemicelulose, sendo todos formados por cadeias poliméricas.

Em relação à durabilidade dos componentes da fibra, a celulose apresenta maior resistência à deterioração do que outros elementos devido à sua alta cristalinidade. Portanto, quanto mais "pura" for a fibra da celulose, mais resistente ela será ao meio alcalino (Silva, 2016).

Outra característica das fibras definidas pela concentração de celulose é sua resistência à tração, que se dá de forma diretamente proporcional. Assim, fibras compostas por teores mais elevados desse material, tendem a apresentar bons desempenhos de durabilidade e resistência a esforços de tração (SAVASTANO, 2000).

Buson (2009) afirma que, o papel Kraft possui alta resistência, pois atende aos padrões de qualidade estabelecidos pelos fabricantes e consumidores de cimento. Além disso, as especificações técnicas para produção de embalagens exigem celulose produzida pelo método do sulfato, com alta resistência e fibras longas, geralmente puras (de madeira ou celulose de bambu), o que garante fibras com excelentes propriedades físicas e mecânicas.

2.5 Trabalhos relacionados com a pesquisa

Amaral, Coll e Silva (2017), realizaram um estudo com o objetivo de analisar o comportamento da argamassa com 12,5 % de polpa de Kraft extraída através das embalagens de cimento vazias, utilizada como substituição da areia. O estudo demonstrou que o

desempenho de resistência à compressão da argamassa com polpa de Kraft, aos 14 dias de idade, apresentou cerca de 11,15 % a mais de resistência, quando comparado com a argamassa convencional de referência. Assim, concluíram que devido ao ganho de resistência, o uso da fibra de papel Kraft é uma alternativa viável e, principalmente, sustentável.

Santos e Carvalho (2011), apresentaram em seu estudo com objetivo de avaliar a viabilidade do emprego de polpa de sacos de cimento como incremento às argamassas de assentamento de alvenaria de blocos cerâmicos como solução para esse resíduo da construção civil. A partir dos ensaios elaborados pelos autores, determinou-se que com 10% de polpa de embalagens de cimento em substituição à areia, a argamassa apresentou resultados cerca de 17% maiores na avaliação da resistência de aderência e valores semelhantes para resistência à compressão, em comparação com a argamassa de referência. Também, mostrou melhor desempenho quanto à retração, revelando-se superior no que diz respeito ao desempenho desejável para combater o surgimento de fissuras, principal patologia das alvenarias, aumentando a vida útil das paredes. Os autores também apontaram que economicamente é viável, pois os custos para aplicação da polpa de sacos de cimento são baixos e inferiores aos gastos despendidos pelos construtores com a destinação e tratamento desse resíduo. Além disso, afirmam que o emprego da argamassa com fibra gera economia de materiais de 27%. Por fim, concluem que é uma destinação aplicável e extremamente vantajosa em comparação com as demais opções de tratamento. Pois, de fato soluciona a problemática dos resíduos, gera economia, não emite poluentes e ainda melhora a qualidade da argamassa.

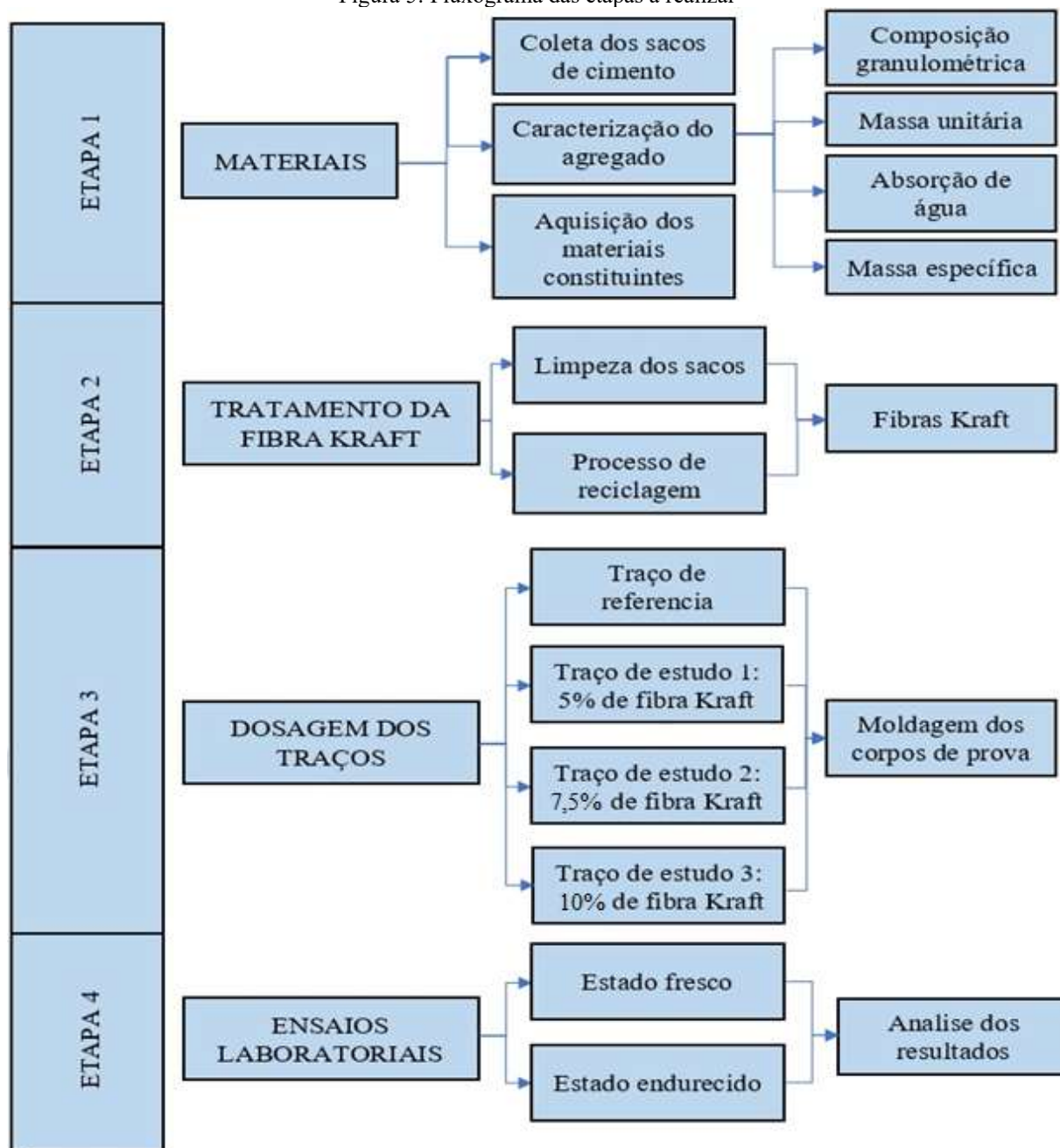
Por outro lado, Martins e Soares (2016), observaram que com o uso da betoneira como instrumento de mistura, ocorreu uma concentração de fibras em algumas regiões da mistura, o que não aconteceu com tanta intensidade em estudos prévios quando foi utilizada a argamassadeira de eixo horizontal. Os autores apontaram que o desempenho na aderência foi prejudicado, além da heterogeneidade da mistura afetar a argamassa em outros sentidos, tais como na resistência mecânica e na absorção de água. Mas, segundo os autores, garantindo um processo de execução padrão e com a correta dispersão da fibra na mistura, isto é, utilizando a argamassadeira, o desempenho da argamassa com fibra pode ser satisfatório, representando uma alternativa para o reaproveitamento das embalagens.

3 METODOLOGIA

Neste Capítulo estão expostos os principais materiais utilizados, bem como sua caracterização e os procedimentos experimentais elaborados com o objetivo de estudar a influência do uso de fibras de papel Kraft na argamassa de assentamento.

As etapas adotadas nos procedimentos ao longo do trabalho estão especificadas na Figura 5:

Figura 5: Fluxograma das etapas a realizar



Fonte: Autoria própria

3.1 Características dos materiais

Os materiais empregados na confecção das argamassas foram cimento, cal, areia, água e a fibra de papel Kraft. A seguir, serão apresentadas as caracterizações de cada um dos materiais.

3.1.1 Aglomerantes

Os aglomerantes utilizados foram o cimento composto VOTORAN CP II – F 32 e Cal hidratada tipo CH III. A escolha pelo tipo de cimento e cal foi feita devido à disponibilidade dos produtos e serem bem recomendados. O cimento foi fornecido pela empresa Grupo Alves da Cunha.

3.1.2 Agregado

Para confecção do traço, foi utilizado o agregado miúdo, areia média lavada (Figura 6), fornecida pela empresa Grupo Alves da Cunha, facilmente encontrada e utilizada na região. Os ensaios de caracterização do agregado miúdo realizados foram conforme as recomendações das normas da ABNT citadas abaixo:

- NBR NM 248 (2003): Agregados - Determinação da composição granulométrica;
- NBR NM 45 (2006): Agregados - Determinação da massa unitária;
- NBR NM 30 (2001): Agregado miúdo - Determinação da absorção de água;
- NBR NM 52 (2009): Agregado miúdo - Determinação de massa específica;

Figura 6: Agregado utilizado



Fonte: Acervo pessoal.

3.1.3 Água

A água utilizada foi a fornecida pela rede pública de abastecimento. A quantidade de água utilizada na argamassa foi estabelecida de acordo com a trabalhabilidade, tendo em vista, a quantidade necessária para o índice de consistência, conforme ABNT NBR 16541:2016.

3.1.4 Fibras de papel Kraft

As fibras de papel Kraft utilizadas na argamassa foram obtidas através de sacos de cimento vazios, coletados em canteiros de obras na cidade de Palmas - TO. Levando em consideração estudos realizados anteriormente, foi adotado o procedimento de corte dos sacos de cimento em pequenas partes, em seguida foram submersos em água, a quantidade de água utilizada foi de 3 litros para cada embalagem de cimento vazio, onde permaneceram por aproximadamente 2 horas.

O processo de triturar os sacos de cimentos foi feito utilizando um liquidificador convencional. Após trituradas as fibras permaneceram em temperatura ambiente até secarem por completo. A Figura 7 apresenta o procedimento realizado e o resultado final.

Figura 7: Tratamento das embalagens para obtenção das fibras



Fonte: Acervo pessoal.

3.2 Traços estudados

Foram feitos dois tipos de traços distintos para avaliação das propriedades das argamassas, sendo um sem o acréscimo da fibra Kraft (traço de referência) e o segundo tipo em

que a fibra foi utilizada em substituição de parte da areia nas proporções de 5, 7,5 e 10%. As porcentagens de substituição de areia por fibras de papel Kraft foram definidas a partir da análise de outros trabalhos relacionados ao tema, como realizado por Pereira (2017) que usou 0,5%, 1% e 1,5%, de forma a avaliar qual é a porcentagem adequada para substituição da areia por fibras Kraft. Assim o presente trabalho apresenta a avaliação com as proporções de 5, 7,5 e 10%.

No primeiro tipo, o traço de referência, foi preparado de acordo com a ABNT NBR 16541:2016, e baseado em outras pesquisas como de Vieira (2014) e Dias (2017), a proporção escolhida foi a de 1:1:4 (Cimento, Cal e Areia), e como definido pela norma foi utilizado 2,5 kg do conjunto de materiais secos. E conforme as especificações do fabricante do cimento para esta quantidade a relação água/cimento (A/C) foi de 0,6.

Já para o segundo tipo, foram preparados 3 traços com as diferentes proporções de fibra utilizadas como substituição do agregado, a quantidade de fibras no traço foi de acordo com a proporção de areia retirada, a distribuição dos traços em massa apresentados na Tabela 8:

Tabela 8: Tipos de traço em massa

Traço	Cimento (kg)	Cal (kg)	Areia (kg)	Fibra Kraft (kg)	A/C
Ref.	0,417	0,417	1,667		0,6
5,0%	0,417	0,417	1,583	0,083	0,78
7,5%	0,417	0,417	1,542	0,125	0,96
15,0%	0,417	0,417	1,508	0,158	1,14
TOTAL	2,083	2,083	7,375	0,367	

Fonte: Autoria própria.

3.3 Preparo das argamassas

O processo de preparo dos traços de argamassa foi feito seguindo o procedimento descrito na ABNT NBR 16541:2016, que estabelece o uso de 2,5 kg com aproximação de 1,0g de material seco (cimento e cal).

No preparo das argamassas foram utilizados alguns aparatos como: balança de laboratório, recipiente para preparo de argamassas, recipientes para os componentes, colher de pedreiro e furadeira com arte haste para misturar os componentes das argamassas, como apresentado na Figura 8.

Primeiro os componentes foram pesados e preparados conforme indicado nos traços em massa, com auxílio da balança digital. Com os componentes preparados foi realizada a mistura das argamassas conforme está descrito a seguir.

Figura 8: Furadeira com haste para mistura e argamassa preparada



Fonte: Acervo pessoal.

A sequência adotada para a mistura foi de acordo com a norma citada acima, sendo adicionado os materiais aglutinantes e agregado miúdo, e em seguida adicionando água até que atingiu uma trabalhabilidade aceitável. No traço do segundo tipo foi adicionado a fibra Kraft após a argamassa atingir a trabalhabilidade ideal, mas foi necessário acrescentar mais água para mantê-la no estado aceitável. Não houve controle do tempo de mistura.

3.4 Caracterização das argamassas no estado fresco

Para caracterização das argamassas no estado fresco foi realizado ensaio densidade de massa e do teor de ar incorporado.

3.4.1 Densidade de massa e o teor de ar incorporado

A densidade de massa e o teor de ar incorporado foram determinados com a realização dos ensaios conforme a norma ABNT NBR 13278: 2005, no traço de referência e nos traços com adição de fibras.

Durante a realização do ensaio foram necessários alguns utensílios como balança com resolução de 0,1g, espátula e um recipiente cilíndrico, rígido, de material não absorvente.

O procedimento foi realizado logo após o preparo da argamassa, onde a mesma foi introduzida suavemente no recipiente em três camadas de igual altura, foram aplicados 20 golpes após cada camada preenchida. Ao completar as camadas, foram efetuadas três quedas a

uma altura de aproximadamente 3cm, afim de retirar os vazios presentes entre a argamassa e a parede do recipiente, logo após foi rasado o recipiente com a espátula em movimentos de vai-e-vem.

Em seguida, com o recipiente cilíndrico cheio e rasado, a massa do molde com a argamassa (m_c) foi pesada e registrada. Assim, o cálculo da densidade de massa (d), em (kg/m^3), pode ser feito através da Equação 1, onde v_r é o volume e m_v a massa do recipiente.

$$d = \frac{m_c - m_v}{v_r} 100 \quad [1]$$

A determinação do teor de ar incorporado (A), em porcentagem, foi feito utilizando a Equação 2, sendo (d_t) a densidade de massa teórica da argamassa sem vazios.

$$A = 100 \left(1 - \frac{d}{d_t} \right) \quad [2]$$

Para densidade de massa teórica da argamassa sem vazios, foi considerado argamassas dosadas e preparadas em obra. Assim, d_t foi determinado através da Equação 3.

$$d_t = \frac{\sum m_i}{\sum \frac{m_i}{\gamma_i}} \quad [3]$$

Onde:

m_i é a massa seca de cada componente da argamassa, mais a massa da água;

γ_i é a massa específica de cada componente da argamassa.

3.5 Caracterização das argamassas no estado endurecido

No estado endurecido foram realizados ensaios para avaliar as propriedades responsáveis pela durabilidade e resistência das argamassas. Para as propriedades físicas os ensaios realizados foram: absorção de água, coeficiente de capilaridade e densidade de massa aparente. Já para as propriedades mecânicas: ensaio de resistência à compressão simples e resistência à tração na flexão.

3.5.1 Moldagem dos corpos de prova

O procedimento adotado para moldagem dos corpos de prova foi de acordo com as recomendações estabelecidas pela norma ABNT NBR 13279: 2005. Onde orienta-se a utilização de moldes prismáticos de dimensões 40 mm x 40 mm x 160 mm, conforme mostrado na Figura 9.

Figura 9: Moldes prismáticos



Fonte: Acervo pessoal.

Os corpos de prova foram moldados, imediatamente, após o preparo da argamassa, introduzindo a mesma em camadas uniformes. Entre as camadas, para garantir o adensamento foram aplicadas 10 quedas de uma altura de aproximadamente 3cm. O processo foi repedido até completar o molde, por fim com a régua metálica o CP foi rasado.

De modo a garantir a execução adequada dos ensaios foram moldados 16 corpos de provas. A Tabela 9 aponta a distribuição por traço.

Tabela 9: Distribuição dos corpos de prova

TRAÇO	QUANTIDADE DE CP POR ENSAIO	
	FLEXÃO	COMPRESSÃO
Ref.	2	2
5,0%	2	2
7,5%	2	2
10,0%	2	2
Total	16	

Fonte: Autoria própria.

3.5.2 Determinação da absorção de água por capilaridade

O ensaio de determinação de absorção de água por capilaridade das argamassas seguiu os procedimentos recomendado pela norma ABNT NBR 15259: 2005, que consiste em lixar a superfície e determinar a massa inicial (m_0), em gramas, de cada corpo de prova com auxílio de uma balança com resolução mínima de 0,01g.

Em seguida, os corpos de prova foram colocados na água com nível constante de (5 ± 1) mm acima da face em contato com a água. A partir da colocação dos corpos de prova na água, foram determinadas as massas, em gramas, aos 10 min (m_{10}) e aos 90 min (m_{90}). Os corpos de prova foram previamente enxutos com pano úmido, antes de cada pesagem, e retornados imediatamente ao recipiente com água. A figura 10 demonstra como foi a realização do ensino.

Figura 10: Ensaio de absorção de água por capilaridade



Fonte: Acervo pessoal.

A absorção de água por capilaridade (A_t) foi calculada, em gramas por centímetro quadrado, a partir da Equação 4.

$$A_t = \frac{m_t - m_0}{16} \quad [4]$$

Onde:

m_t é a massa do corpo de prova em cada tempo, em gramas;

t corresponde aos tempos de 10 min e 90 min, em segundos;

16 é a área do corpo de prova, em centímetros quadrados;

3.5.3 Densidade de massa aparente no estado endurecido

A densidade de massa aparente no estado endurecido foi determinada através da realização do ensaio conforme a norma ABNT NBR 13280:1995, nos corpos de prova aos 28 dias de idade.

Os corpos de prova foram colocados em estufa com temperatura de $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$, onde permaneceram até que atingiram constância de massa.

Em seguida, foram retirados da estufa e deixados até atingir a temperatura ambiente. posteriormente com auxílio de um paquímetro foram registrados as dimensões, altura, largura e o comprimento de cada corpo de prova, e aferida sua massa para o cálculo.

O valor da densidade de massa aparente, em kg/m^3 , foi obtido pela Equação 5.

$$\gamma_{\text{ap}} = 1000 \frac{M}{V} \quad [5]$$

Onde:

V é o volume do corpo de prova, em cm^3 ;

M é a massa do corpo e prova após seco na estufa, em kg;

3.5.4 Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão

Como recomendado pela norma ABNT NBR 13279: 2005 os corpos de prova prismáticos de 4 cm x 4 cm x 16 cm, foram utilizados para a realização dos ensaios de resistência à tração na flexão e à compressão.

A partir dos resultados obtidos os CP's foram classificados segundo a norma ABNT NBR 13281: 2005. Figura 11.

Figura 11: classificados segundo a norma ABNT NBR 13281: 2005

Tabela 1 — Resistência à compressão

Classe	Resistência à compressão MPa	Método de ensaio
P1	$\leq 2,0$	ABNT NBR 13279
P2	1,5 a 3,0	
P3	2,5 a 4,5	
P4	4,0 a 6,5	
P5	5,5 a 9,0	
P6	$> 8,0$	

Tabela 3 — Resistência à tração na flexão

Classe	Resistência à tração na flexão MPa	Método de ensaio
R1	≤ 1,5	ABNT NBR 13279
R2	1,0 a 2,0	
R3	1,5 a 2,7	
R4	2,0 a 3,5	
R5	2,7 a 4,5	
R6	> 3,5	

Fonte: Acervo pessoal.

Após o procedimento de moldagem descrito no item 3.5.1, os corpos de prova foram desmoldados com 48 horas e permaneceram em temperatura ambiente até a ruptura. Após 14 e 28 dias de idade os corpos de prova foram rompidos com o auxílio de prensa, no ensaio de resistência à tração na flexão e para o ensaio de compressão.

A resistência à tração na flexão foi calculada através da Equação 6:

$$R_f = \frac{1,5 F_f L}{40^3} \quad [6]$$

Onde:

R_f é a resistência à tração na flexão, em Mega Pascals;

F_f é a carga aplicada verticalmente no centro do prisma, em Newtons;

L é a distância entre os suportes, em milímetros;

A resistência à compressão foi calculada através da Equação 7:

$$R_c = \frac{F_c}{1\,600} \quad [7]$$

Onde:

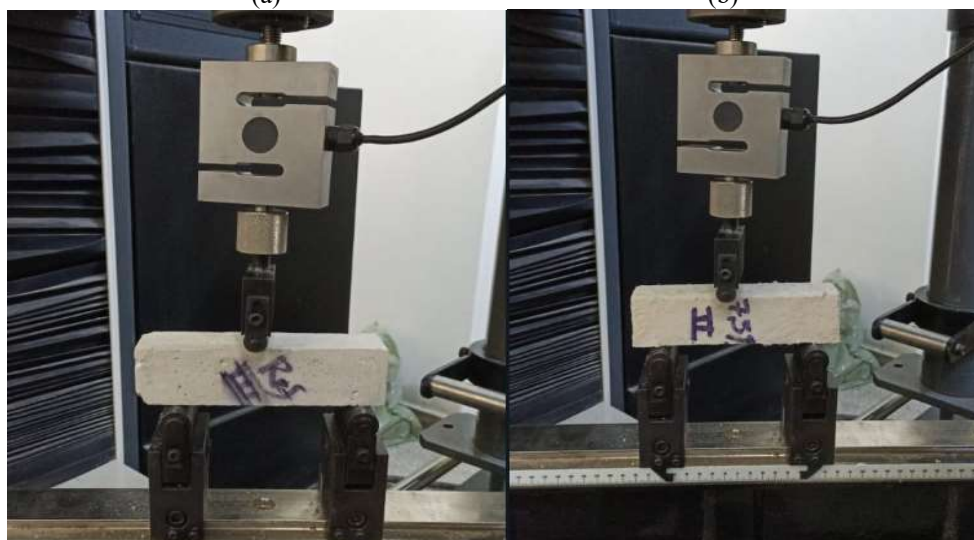
R_c é a resistência à compressão, em Mega Pascals;

F_c é a carga máxima aplicada, em Newtons;

1600 é a área da seção considerada quadrada do dispositivo de carga 40 mm x 40 mm, em milímetros quadrados.

A Figura 12 e 13 mostra a execução ensaios.

Figura 12: Ensaio de tração na flexão (a) traço de referência (b) traço com fibras.



Fonte: Acervo pessoal.

Figura 13: Ensaio de compressão (a) traço de referência (b) traço com fibras.



Fonte: Acervo pessoal.

Todos os ensaios do presente trabalho foram realizados no Laboratório de Materiais de Construção, do curso de engenharia civil da Universidade Federal do Tocantins (UFT).

4 RESULTADOS E ANÁLISE

Neste capítulo estão apresentados os resultados obtidos nos ensaios executados como descritos no capítulo anterior. Os resultados estão apresentados conforme a ordem definida das etapas da metodologia.

4.1 Características dos materiais

4.1.1 Agregado

Para composição do traço foi utilizada a areia lavada, e os ensaios realizados para a caracterização do agregado foram: determinação da composição granulométrica, massa unitária, massa específica e absorção de água. Sendo os resultados da caracterização desses apresentados a seguir.

- Granulometria

A partir do ensaio de granulométrica (Figura 14), foi possível obter-se média das massas acumuladas em cada peneira Tabela 10.

Figura 14: Ensaio de granulometria



Fonte: Acervo pessoal.

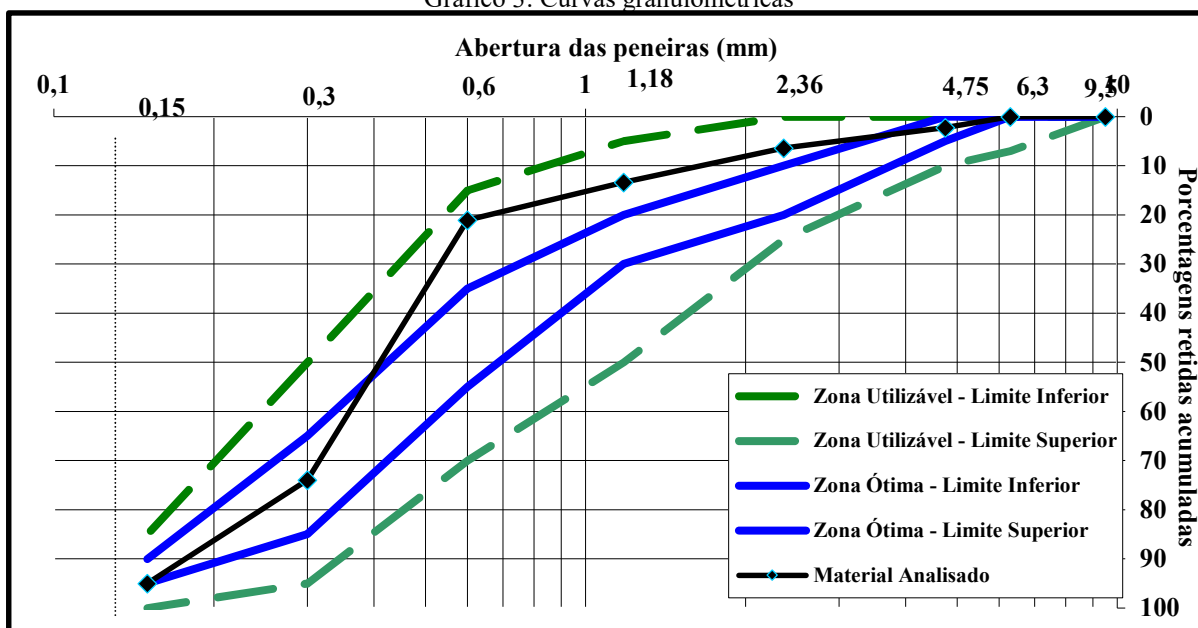
Tabela 10: Ensaio de granulometria, média do material utilizado

Abertura das Peneiras (mm)	Massa retida (%)		Variação das % retidas ≤ 4 %	Média das massas retidas (%)	Massa retida acumulada (%)
	Ensaio n° 1	Ensaio n° 2			
9,5	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
6,3	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
4,75	2,2%	2,2%	0,0%	2,2%	2,2%
2,36	4,5%	3,9%	0,6%	4,2%	6,4%
1,18	6,9%	7,0%	0,0%	7,0%	13,4%
0,6	7,6%	7,8%	0,2%	7,7%	21,0%
0,3	51,2%	54,7%	3,5%	52,9%	74,0%
0,15	22,6%	19,4%	3,3%	21,0%	95,0%
Fundo	4,9%	5,1%	0,2%	5,0%	100,0%

Fonte: Autoria própria.

A partir dos parâmetros estabelecidos pela norma foi possível determinar que os resultados obtidos no ensaio de granulometria são válidos. A norma ABNT NBR NM 248 determina que a soma das massas retidas individualmente nas peneiras não deve diferir mais de 0,3% da massa ensaiada, e que a diferença entre as porcentagens retidas nas duas amostras e para cada abertura deve ser igual ou menor que 4%. Assim, foi possível traçar a curva granulométrica do agregado, apresentada no Gráfico 3.

Gráfico 3: Curvas granulométricas



Fonte: Autoria própria.

A distribuição granulométrica apresentada pela curva do agregado indica que este está dentro da zona utilizável. Assim, seguindo as recomendações da norma, foi possível determinar os valores de módulo de finura e o diâmetro máximo característico. Os resultados estão dispostos na Tabela 11.

Tabela 11: Módulo de finura e dimensão máxima do agregado

MÓDULO DE FINURA	2,12
DIÂMETRO MÁXIMO CARACTERÍSTICO	2,36

Fonte: Autoria própria.

De acordo com a NBR 7211 as areias que possuem módulo de finura entre os limites de $1,55 < MF < 2,2$ são classificadas como finas (zona utilizável inferior), entre $2,2 < MF < 2,9$ como médias (zona ótima) e de $2,9 < MF < 3,5$ como grossas (zona utilizável superior). Assim, com os resultados obtidos pôde-se determinar que o agregado utilizado é classificado como areia fina.

- Massa específica, Massa unitária e Absorção de água

A partir dos ensaios de determinação da massa específica, Massa unitária e Absorção de água respectivamente (Figura 15). Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 12.

Figura 15: Material ensaiado



Fonte: Acervo pessoal.

Tabela 12: Resultados para caracterização da areia

DETERMINAÇÃO	RESULTADO
Massa unitária (g/cm ³)	1,72
Massa específica (g/cm ³)	2,23
Absorção de água (%)	0,14

Fonte: Autoria própria.

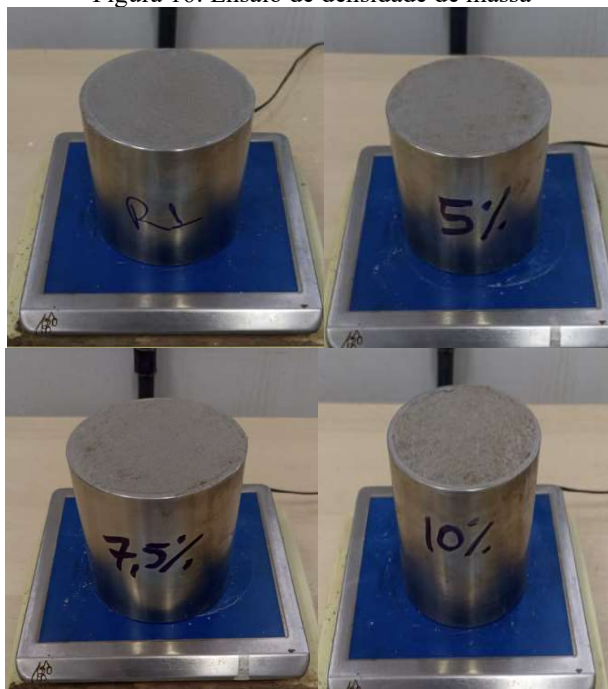
Os resultados obtidos demonstram que o agregado utilizado está dentro dos parâmetros definidos pelas normas. A partir destes resultados poderia ser calculado os traços para o preparo das argamassas, mas estes foram produzidos seguindo as recomendações da norma ABNT NBR 16541:2016.

4.2 Caracterização das argamassas no estado fresco

4.2.1 Densidade de massa e o teor de ar incorporado

Seguindo os parâmetros estabelecidos pela norma ABNT NBR 13278: 2005, foram realizados os ensaios de determinação da densidade de massa e o teor de ar incorporado, como apresentado na Figura 16.

Figura 16: Ensaio de densidade de massa



Fonte: Acervo pessoal.

Os resultados dos ensaios de densidade de massa e teor de ar incorporado podem ser observados na Tabela 13.

Tabela 13: Resultados dos ensaios de densidade de massa e teor de ar incorporado

TRAÇO	d (kg/m ³)	A (%)
Ref.	2108,00	18,94
5,00%	1899,75	26,95
7,50%	1853,50	28,73
10,00%	1567,25	39,73

Fonte: Autoria própria.

Os resultados dos ensaios demonstraram que quanto maior o teor de fibra utilizada como substituição da areia, maior será redução do valor da densidade de massa, pois as fibras tornam a argamassa mais porosa e proporcionam maior quantidade de ar incorporado à mistura e maior consumo de água.

Como apontado por Vieira (2014), as fibras Kraft têm menor densidade de massa que os outros materiais utilizados no preparo da argamassa, e ao realizar o acréscimo de fibras por substituição da areia, proporciona-se uma densidade de massa média menor do que no traço de referência.

4.3 Caracterização das argamassas no estado endurecido

4.3.1 Absorção de água por capilaridade

O ensaio foi realizado de acordo com a norma ABNT NBR 15259: 2005, como demonstra na Figura 17.

Figura 17: Ensaio de absorção de água por capilaridade





Fonte: Acervo pessoal.

A Tabela 14 mostra os resultados de absorção de água por capilaridade (A_t) aos 10 minutos e aos 90 minutos e coeficiente de absorção (C).

Tabela 14: Resultados do ensaio de absorção de água por capilaridade

TRAÇO	A_t				C (g/dm ² .min ^{1/2})
	10 min	Desvio	90 min	Desvio	
Ref.	1,14	3,68%	1,78	5,71%	10,10
5,0%	0,64	2,39%	1,41	5,28%	12,30
7,5%	0,79	3,23%	1,64	6,72%	13,60
10,0%	1,91	11,13%	2,96	17,21%	16,70

Fonte: Autoria própria.

Os valores de absorção foram obtidos segundo as especificações da norma, o desvio relativo máximo permitido pela norma é de 20%. Portanto, os resultados estão dentro dos parâmetros.

A partir da análise dos resultados obtidos, observou-se que nos traços com as fibras Kraft, ocorreram a alteração na absorção de água por capilaridade da argamassa, destacando-se que o maior teor de fibras apresentou o maior resultado para a absorção. Pois as fibras tornaram o a argamassa mais porosa.

Como foi apontado na pesquisa realizada por Pereira (2018), a trabalhabilidade no estado fresco permite a produção de argamassas mais fluidas e com melhor adensamento, o que garante menor quantidade de espaços vazios, mesmo nos traços com as fibras, os resultados não apresentaram alta porosidade.

4.3.2 Massa aparente no estado endurecido

Para determinar a massa aparente foi realizado o ensaio segundo a norma ABNT NBR 13280: 2005, Figura 17. E os resultados estão apresentados na Tabela 15.

Figura 18: Ensaio de massa aparente no estado endurecido



Fonte: Acervo pessoal

Tabela 15: Resultados do ensino de massa aparente no estado endurecido.

TRAÇO	d (kg/m ³)
Ref.	1,92
5,00%	1,67
7,50%	1,52
10,00%	1,07

Fonte: Autoria própria.

A partir dos resultados obtidos no ensaio e apresentados na Tabela 15, foi possível classificar cada tipo de traço pelos parâmetros estabelecidos pela norma ABNT NBR 13281: 2005. Sendo M6, M5, M4 e M1 a classificação dos traços de referência, 5, 7,5 e 10% respectivamente.

Através da análise dos resultados, observou-se que nos traços em que houve substituição da areia por fibras a densidade de massa diminuiu, tornando a argamassa mais leve. Podendo esse fato ser explicado pela porosidade das fibras inseridas na composição.

Segundo Vieira (2014), a densidade de massa diminuiu devido ao fato de ter sido utilizado maior quantidade de água nessas misturas obtendo-se uma matriz mais porosa e ao fato da fibra, durante a produção da argamassa, armazenar bastante água em seus poros, os quais se esvaziavam e secam após a fase de hidratação do cimento.

4.3.3 Resistência à tração na flexão e à compressão

Os ensaios de resistência à tração na flexão e à compressão foram realizados seguindo as recomendações da norma ABNT NBR 13279: 2005.

- Resistência à tração na flexão

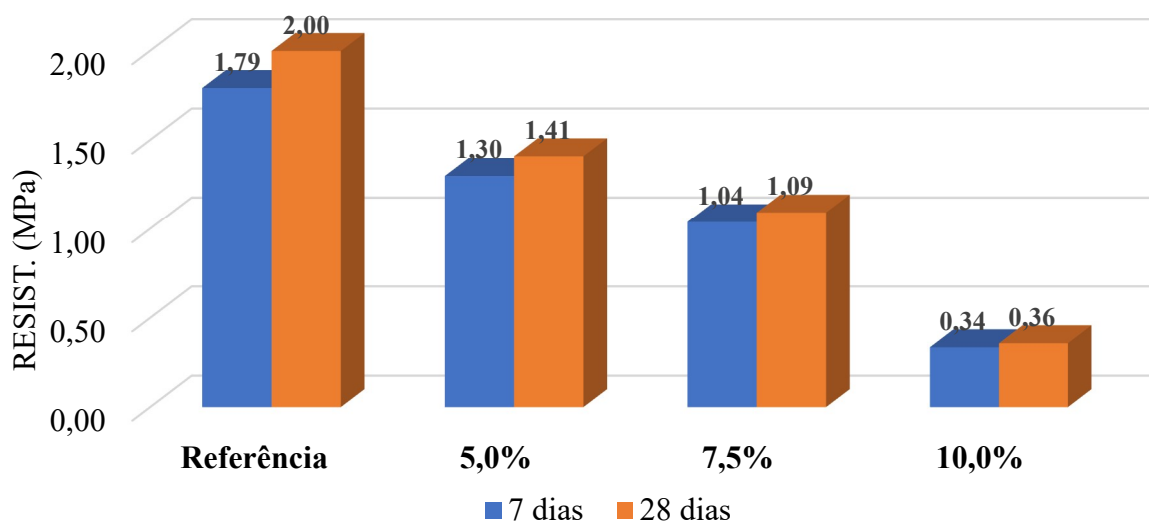
A Tabela 16 e o Gráfico 4 apresenta os resultados dos ensaios feitos com as argamassas com idade de 14 e 28 dias.

Tabela 16: Resistência média à tração na flexão para as idades de 14 e 28 dias.

TRAÇO	IDADE: 14 DIAS		IDADE: 28 DIAS	
	FORÇA (kN)	RESIST. FLEXÃO (MPa)	FORÇA (kN)	RESIST. FLEXÃO (MPa)
Ref	0,764	1,79	0,853	2,00
5,00%	0,554	1,30	0,601	1,41
7,50%	0,443	1,04	0,466	1,09
10,00%	0,143	0,34	0,153	0,36

Fonte: Autoria própria.

Gráfico 4: Resistência média à tração na flexão para as idades de 14 e 28 dias.



Fonte: Autoria própria.

Segundo a norma ABNT NBR 13281: 2005 os traços de referência, 5, 7,5 e 10% são classificados, respectivamente como R4, R2 R1 e R1. Todos estando dentro dos limites

estabelecidos.

Em todos os resultados obtidos, observou-se que não houve ganho na resistência à tração na flexão para a argamassa. Assim, a substituição do agregado por fibras não trouxe ganhos para a resistência à tração da argamassa. Os traços com teores mais altos de fibras foram os que obtiveram menor valores de resistência. Isso se deve ao fato do teor de fibras influenciar diretamente na porosidade da argamassa, além da relação água/cimento ser mais elevada devido ao ajuste dos traços.

Posto que as fibras conferem uma maior incorporação de ar durante a mistura, obteve-se como resultado um maior número de vazios (MARTINS e SOARES, 2016).

Esses resultados são contrários aos encontrados por Vieira (2014) e Dias (2017), que afirmaram que o ganho na resistência à tração na flexão é um dos principais atrativos ao uso das fibras celulósicas em compostos cimentícios. Nas pesquisas realizadas pelos autores, a argamassa com 0,5% de substituição da areia por fibras apresentou valores superiores ao de referência. Isso se deve ao fato da fibra apresentar uma considerável resistência à tração e, por esse teor ser pequeno, não houve uma grande porosidade, o que reduziria a resistência mecânica.

Na pesquisa de Vieira (2014) a relação água/cimento foi reduzida devido ao uso de aditivo. Assim as argamassas obtiveram maior trabalhabilidade, o que possibilitou melhor adensamento dos corpos de prova, fator que também influi no resultado à resistência à tração. Portanto, podem ser necessárias outras avaliações comparativas a fim de obter a influência específica da adição das fibras.

- Resistência à tração à compressão

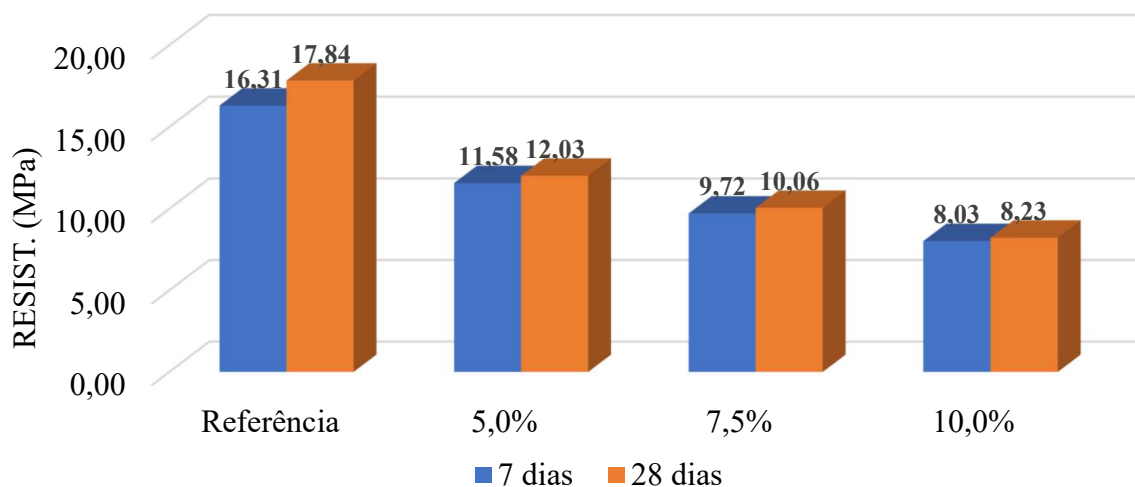
A Tabela 17 e o Gráfico 5 apresenta os resultados dos ensaios feitos com as argamassas com idade de 14 e 28 dias.

Tabela 17: Resistência média à compressão para as idades de 14 e 28 dias.

TRAÇO	IDADE: 14 DIAS		IDADE: 28 DIAS	
	FORÇA (kN)	RESIST. COMPRESSÃO (MPa)	FORÇA (kN)	RESIST. COMPRESSÃO (MPa)
Ref	26,100	16,31	28,548	17,84
5,00%	18,520	11,58	19,245	12,03
7,50%	15,550	9,72	16,100	10,06
10,00%	12,842	8,03	13,175	8,23

Fonte: Autoria própria.

Gráfico 5: Resistência média à compressão para as idades de 14 e 28 dias.



Fonte: Autoria própria.

Segundo a norma ABNT NBR 13281: 2005 os traços de referência, 5, 7,5 e 10% são classificados, respectivamente como P6, P5, P5 e P4. Todos estando dentro dos limites estabelecidos.

Os resultados dos ensaios das argamassas com fibras em 14 e 28 dias demonstraram uma resistência à compressão menor em relação ao traço de referência. Comparativamente, a argamassa sem substituição de areia por fibras Kraft apresentou um ganho de resistência de 9,4% aos 28 dias, e as argamassas com fibras apresentaram ganhos de 3,9, 3,4 e 2,6%, respectivamente.

Durante o ensaio observou-se que os corpos de prova com fibras ao atingir cargas

máximas de resistência de ruptura, não rompem bruscamente, sendo que os corpos de prova deformaram lateralmente até que o limite da prensa fosse atingido. Por outro lado, os CP's de referência a ruptura foi brusca.

No entanto, os resultados encontrados nas pesquisas de Vieira (2014) e Dias (2017), onde os traços com fibras (0,5% e 2% de substituição, respectivamente), apresentaram ganho de resistência aos 28 dias superior ao traço de referência. O fator preponderante para a diminuição das resistências foi a adição de água para ajuste de trabalhabilidade dos traços.

Este fato pode ser justificado por nesta pesquisa os teores de fibras serem elevados, o que resultou na perda de trabalhabilidade e na relação água/cimento das argamassas. Esses fatores são determinantes nos resultados a serem obtidos de resistência, pois possibilitam que os corpos de prova sejam fabricados com melhor adensamento, e, portanto, com menor porosidade, o que influi na diminuição da resistência (Pereira, 2018).

Martins e Soares (2016), também afirmam que o fator preponderante para a diminuição das resistências poderia ter sido a adição de água para ajuste de trabalhabilidade dos traços, o que diminuiu a relação água/cimento e o fato de obter, para os teores de fibras adicionados, argamassas cada vez menos adensáveis.

5 CONCLUSÕES

De acordo com o exposto neste trabalho, é possível afirmar que o objetivo deste foi alcançado de forma satisfatória. A metodologia experimental foi realizada, e esta possibilitou que análises fossem feitas sobre o material desenvolvido. Os ensaios propostos foram realizados e foi possível avaliar as características das argamassas ao substituir parcialmente a areia por fibras de papel Kraft.

Destaca-se o avanço quanto ao conhecimento da influência da adição de fibras Kraft em argamassas, que, nesta pesquisa, pode ser melhor avaliada. Dos resultados obtidos, conclui-se que as fibras diminuem a trabalhabilidade da argamassa, conforme são adicionadas.

Conforme os resultados das propriedades no estado fresco, os traços com maiores teores de fibra apresentaram uma menor trabalhabilidade, justificada pela maior dificuldade de dispersão das fibras e a absorção de parte da água do traço pelas mesmas, tornando necessário a adição de mais água. Além do prejuízo na trabalhabilidade, a heterogeneidade da mistura também influenciou na incorporação de ar excessiva.

No estado endurecido, as argamassas produzidas com as fibras apresentaram desempenho insatisfatório na resistência à tração na flexão. Os traços com fibras Kraft obtiveram menores resistências, em comparação ao traço de referência, em ambas as idades de 14 e 28 dias. Também, a resistência à compressão foi afetada negativamente pela adição das fibras Kraft, as resistências obtidas foram inferiores à da argamassa de referência. Bem como, o ganho de resistência no decorrer dos 28 dias foi inferior ao de referência, que teve um acréscimo de 9,4%, enquanto os traços com fibras não ultrapassaram 3,9%.

Por fim, avaliou-se a adição das fibras quanto à absorção de água e o índice de vazios resultante no material final. Pôde-se observar que a adição de fibras eleva o índice de vazios das argamassas, tornando-as mais porosas, o que gera um aumento na absorção de água. Este fato pode ser justificado pela menor trabalhabilidade na qual esses corpos de prova foram moldados, com maior dificuldade de adensamento.

Um fator relevante para os baixos resultados está relacionado à execução, pois não foi utilizado uma argamassadeira para o preparo dos traços. Assim, a concentração de fibras dificultou a trabalhabilidade, a moldagem dos corpos de prova e o sarrafeamento, tornando a superfície dos corpos de prova irregulares. Desta forma, constata-se a necessidade de ajustar a trabalhabilidade com a adição de aditivos, além do uso de uma argamassadeira que poderia proporcionar uma melhor dispersão das fibras na argamassa.

Assim como proposto por Martins e Soares (2016), embora os resultados obtidos

estarem abaixo do esperado. É possível que com a utilização de teores menores de fibras Kraft e/ou com o uso de aditivo, e com a utilização de uma argamassadeira, de modo a garantir melhor dispersão das fibras na mistura.

Com base nas análises efetuadas e, considerando a motivação de produção deste material, é possível considerar a substituição parcial da areia por fibras Kraft na produção de argamassas, sendo uma alternativa para o reaproveitamento dos sacos de cimento.

Apresenta-se algumas sugestões de pesquisas futuras sobre argamassas com fibras de papel Kraft:

- Refazer os procedimentos deste estudo com teores menores de fibras de papel Kraft;
- Utilização das fibras de papel Kraft, junto com aditivos para o ajuste da trabalhabilidade;
- Analisar a viabilidade econômica da substituição parcial da areia por fibras de papel Kraft em argamassas produzidas em obra;
- Análise da aplicabilidade da argamassa com fibras de papel Kraft em obra;

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16541**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos — Preparo da mistura para a realização de ensaios. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13278**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos — Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15839**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos — Caracterização reológica pelo método *squeeze-flow*. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15259**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos — Determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13280**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos — Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido. Rio de Janeiro, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13279**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos — Determinação da resistência à tração na flexão e compressão. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 52**: Agregado miúdo - Determinação de massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 30**: Agregado miúdo - Determinação da absorção de água. Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 45**: Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248**: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

CARASEK, Helena. Argamassas. In: G. C. Isaia. (Org.). **Materiais de Construção Civil**. São Paulo: Instituto Brasileiro do Concreto - IBRACON, 2005, v. 1, p. 863-904. Disponível em: <http://transportes.ime.eb.br/~moniz/matconst2/argamassa_ibracon_cap26_apresentacao.pdf>. Acesso em: 20 de abril. 2022.

Prefeitura de Palmas, **Secretaria Municipal de Infraestrutura**. Disponível em: <<https://www.palmas.to.gov.br/portal/noticias/em-apenas-dois-dias-prefeitura-retira-434-mil-quilos-de-lixo-clandestino-de-estrada-na-capital/29797/>>. Acesso em: 10 maio 2022
PINTO, Tarcisio de Paulo (Org.). **Gestão Ambiental de Resíduos da Construção Civil**, 2005. Disponível em: <http://www.sindusconsp.com.br/downloads/prodserv/publicacoes/manual_residuos_solidos.pdf>. Acesso em: 30 abr. 2022.

CARVALHO, P. E. F. **Estudo das propriedades e do desempenho de argamassas de assentamento com fibras de papel kraft**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2013.

IZQUIERDO, Indara Soto. **Uso de fibra natural de sisal em blocos de concreto para alvenaria estrutural**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2011.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002**. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Disponível em:
<<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30702.html>>. Acesso em: 30 abr. 2022

INSTITUTO BRASILEIRO DE CONCRETO. REVISTA CONCRETO & CONSTRUÇÕES: Concreto (IBRACON): **material construtivo mais consumido no mundo**. 2009. Edição Nº 53 ISSN 1809-7197. Disponível em: <<http://www.ibracon.org.br/>>. Acesso em: 30 abr. 2022.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS-RS). **Diagnóstico Temático Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos**. 2021. Disponível em <http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/rs/2020/DIAGNOSTICO_TEMATICO_VI_SAO_GERAL_RS_SNIS_2021.pdf>. Acesso em: 30 abr. 2022

CARASEK, Helena. **Argamassas**. In: G. C. Isaia. (Org.). **Materiais de Construção Civil**. São Paulo: Instituto Brasileiro do Concreto - IBRACON, 2010, v. 1, p. 863-904. Disponível em:< <https://pdfcoffee.com/carasek-argamassas-ibraconpdf-pdf-free.html>>. Acesso em: 8 de maio 2022.

SILVA, Ingrid Ribeiro De Oliveira. **Estudo comparativo de argamassas de assentamento na alvenaria estrutural de blocos de concreto**. 2019. Monografia (Bacharel em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Tocantins – Campus Universitário de Palmas. Palmas, 2019.

RIBEIRO, Fernanda Barbosa. **Adição de papel Kraft no concreto: estudo das propriedades mecânicas**. 2017. Projeto de Pesquisa (Bacharel em Engenharia Civil) – Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA). Palmas, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO (ABRECON). **Resíduos da construção e demolição: geração de emprego e renda**, 2016 Disponível em:< <https://abrecon.org.br/residuos-da-construcao-e-demolicao-geracao-de-emprego-e-renda/>>. Acesso em: 12 de maio 2022.

BUSON, M. A. **Desenvolvimento e análise preliminar do desempenho técnico de componentes de terra com a incorporação de fibras de papel kraft provenientes da reciclagem de sacos de cimento para vedação vertical**. Tese (Doutorado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

FRANCO, L.S. **Desempenho da alvenaria à compressão**. **Boletim técnico** - Departamento de Engenharia de Construção Civil, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006. 14f. BT -20/8

GOMES, Adailton O. **Propriedades das Argamassas de Revestimentos e Fachadas**. Escola

Politécnica da Universidade Federal da Bahia - UFBA. Comunidade da Construção, Salvador, 2011.

CARASEK, H. Argamassas. In: Isaia, G.C. (Ed.). **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. São Paulo: IBRACON, 2010. p. 892-944

CARDOSO, Fábio Alonso. PILEGGI, Rafael Giuliano.; JOHN, Vanderley Moacyr. **Caracterização reológica de argamassas pelo método de *squeeze-flow***. ANAIS, Florianópolis, VI SBTA, p. 121-143, 2005.

GALLEGOS, Hector. **Adhesion entre el mortero v las unidades de albanileria**. 1º Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, Goiânia, 1995. Anais UFG/ANTAC, p. 117-132.

WATANABE, Paula Sumie. **Concretos especiais: propriedades, materiais e aplicações**. 2008. Relatório Final de Pesquisa Bolsa de Iniciação Científica FAPESP. UNESP - CAMPUS DE BAURU/SP. São Paulo, 2008. Disponível em:<<http://wwwp.feb.unesp.br/pbastos/c.especiais/Conc%20Esp%20Paula.pdf>>. Acesso em: 16 de maio 2022.

GOTTFRIED, David. A blueprint for green building economics. **UNEP Industry and Environment**, Japão, v. 26, n. 2-3, p. 20-21, set. 2003. Disponível em:<<http://www.uneptie.org/media/review/vol26no2-3/005-098.pdf>>. Acesso em: 05 de junho 2022.

JOHN, Vanderley M. **Aproveitamento de resíduos sólidos como materiais de construção**. In: LLATAS, C.A. A model for quantifying construction waste in projects according to the European wast list. Waste Management, v.31, n.6, p. 1261-1276, 2011.

JOHN, Vanderley M. **Reciclagem De Resíduos Na Construção Civil: Contribuição metodologia de pesquisa e desenvolvimento**, Universidade de São Paulo – USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). **Revestimento de Argamassa**, 2016. Disponível em:< <https://www.comunidadeconstrucao.com.br/sistemas-construtivos/4/materiais>>. Acesso em: 12 de maio 2022.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS ENTIDADES DE PRODUTORES DE AGREGADOS PARA CONSTRUÇÃO (ANEPAC). **História da Areia e Brita**, 2010. Disponível em:<<https://www.anepac.org.br/agregados/areia-e-brita>>. Acesso em: 25 de maio 2022.

Cardoso, Filipe Bezerra. **Avaliação do Ciclo de Vida brita** - Materioteca Sustentável, 2012. Disponível em:<<https://materioteca.paginas.ufsc.br/files/2016/09/ACV-Brita.pdf>>. Acesso em: 25 de maio 2022.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **ONU alerta que entre 40 e 50 bilhões de toneladas de areia são extraídas por ano, 2019**. Disponível em:<<https://news.un.org/pt/story/2019/05/1671251>>. Acesso em: 13 junho 2022.

O Globo. **Base da construção civil, areia é um dos recursos mais valiosos e explorados do mundo**, 2015. Disponível em:<<https://oglobo.globo.com/brasil/sustentabilidade/base-da->

construcao-civil-areia-um-dos-recursos-mais-valiosos-explorados-do-mundo-14960573>. Acesso em: 13 junho 2022.

Corbelli, Gustavo. **Escassez de Areia Natural para Construção**, Webinar Sinduscon-Rio, 2021. Disponível em: < <https://www.sinduscon-rio.com.br/wp/noticias/solucoes-para-a-escassez-das-reservas-de-areia-natural-para-construcao-sera-tema-de-webinar-do-sinduscon-rio/>>. Acesso em: 13 junho 2022.

Vieira, Isabella Póvoa. **Durabilidade de argamassas com Resíduos de papel kraft da construção Civil**, Universidade Federal De Goiás, 2014. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/140/o/durabilidade_d&_argamassas_residuos_papel_kraft.pdf>. Acesso em: 13 junho 2022.