



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CAMPUS DE CRATEÚS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

ANA KELLY FERNANDES MERVILLE

**ANÁLISE DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DA ARGAMASSA PARA
REVESTIMENTO COMPOSTA POR BLENDS DE ÁGUA CINZA**

CRATEÚS

2022

ANA KELLY FERNANDES MERVILLE

ANÁLISE DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DA ARGAMASSA PARA
REVESTIMENTO COMPOSTA POR BLENDS DE ÁGUA CINZA

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

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Janaina Lopes Leitinho.

CRATEÚS

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- M539a Merville, Ana Kelly Fernandes.
Análise das propriedades mecânicas da argamassa para revestimento composta por blends de água cinza / Ana Kelly Fernandes Merville. – 2022.
49 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Crateús, Curso de Engenharia Civil, Crateús, 2022.
Orientação: Profa. Dra. Janaina Lopes Leitinho.
1. Reuso de água. 2. Blends de água cinza. 3. Argamassa.

CDD 620

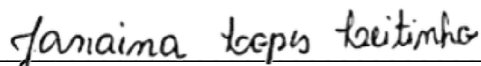
ANA KELLY FERNANDES MERVILLE

ANÁLISE DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DA ARGAMASSA PARA
REVESTIMENTO COMPOSTA POR BLENDS DE ÁGUA CINZA

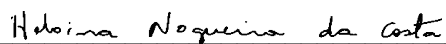
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Engenharia Civil da Universidade
Federal do Ceará, como requisito parcial à
obtenção do título de Bacharel em Engenharia
Civil.

Aprovada em: 25 / 02 / 2022.

BANCA EXAMINADORA



Prof.^a Dr.^a Janaína Lopes Leitinho (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)



Prof.^a Me. Heloína Nogueira da Costa
Universidade Federal do Ceará (UFC)



Prof.^a Dr.^a Luísa Gardênia A. T. Farias
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

Aos meus pais, Eliane e Joel por todo amor e apoio ao longo dessa jornada, sem vocês nada seria possível.

AGRADECIMENTOS

À minhas irmãs Mikaelly e Michelly, que sempre me apoiaram e encorajaram a ir em busca dos meus sonhos, vocês são tudo para mim. As minhas amigas Amanda e Daiany, que sempre estiveram ao meu lado me ouvindo, apoiando e incentivando a seguir em frente, sorte a minha de ter amigas tão incríveis como vocês.

Ao Denilck por fazer com que essa trajetória fosse mais leve e feliz de viver, obrigada por estar sempre ao meu lado, por todo o amor e por ser o melhor companheiro de vida que eu poderia ter. Aos meus cinco gatinhos, que nos meus dias mais difíceis me proporcionaram amor, carinho e boas risadas, cada um de vocês faz parte de mim, minha vida não seria a mesma se não estivessem comigo.

A Prof^ª. Dr^ª. Janaína Lopes Leitinho por todos os anos de orientação e por ter sido uma ponte para descobrir o meu amor pela pesquisa científica.

A UFC por ter me fornecido a bolsa de iniciação à pesquisa por todos esses anos.

A Prof^ª. Me. Heloína por ter sido uma grande fonte de conhecimento para a realização desse trabalho.

As professoras participantes da banca examinadora Heloína e Luísa pela disponibilidade, tempo e valiosas colaborações e sugestões.

“O mundo não se divide em pessoas boas e más. Todos temos luz e trevas dentro de nós. O que importa é o lado o qual decidimos agir. Isso é o que realmente somos.”

(ROWLING, HARRY POTTER, 2003).

RESUMO

As ações praticadas pelo setor da construção civil geram diversos danos ao meio ambiente, tanto em relação ao consumo de recursos naturais para a produção de seus insumos, como com a geração de resíduos. De todos os recursos naturais, a água limpa e potável é essencial para a manutenção da vida. Fatores como demanda excessiva, desperdício e poluição contribuem de forma significativa para a intensificação da escassez desse recurso. Dentro da construção civil o cenário não é diferente, em um canteiro de obras a água é utilizada para realizar a maior parte das atividades. O objetivo desse trabalho é analisar as características físicas e mecânicas do revestimento argamassado composto por blends de água cinza nas proporções de 25%, 50%, 100% água cinza e 100% água cedida pela concessionária (água de referência). A água cinza usada no experimento foi coletada de máquina de lavar e suas análises físico-químicas foram iniciadas entre 6 e 24 horas. Para verificar as propriedades mecânicas, foram moldados corpos de provas prismáticos os quais foram usados para os ensaios de resistência à tração na flexão e à compressão axial. As análises de cloretos, dureza e demanda bioquímica de oxigênio para a água cinza, mostraram-se dentro dos padrões permitidos pela CONAMA 357/05 e portaria MS 518/04. Os valores de alcalinidade encontrados mostraram-se fora do índice exigido pela CONAMA 357/05, mas dentro do estabelecido pela portaria MS 518/04. Os resultados mecânicos, aos 28 dias, realizados para as amostras mostraram que os blends de 25% e 50% água cinza, obtiveram maior resistência quando comparados a argamassa contendo 100% de água cinza. No entanto, o percentual dependerá da qualidade da água, da redução dos custos desejados pela obra e dos estudos patológicos da argamassa.

Palavras-chave: Reuso de água. Blends de água cinza. Argamassa.

ABSTRACT

The actions practiced by the civil construction sector generate several damages to the environment, both in relation to the consumption of natural resources for the production of its inputs, and with the generation of waste. Of all the natural resources, clean drinking water is essential for the maintenance of life. Factors such as excessive demand, waste, and pollution contribute significantly to the intensification of the scarcity of this resource. In the construction industry, the scenario is no different; water is used on a construction site to carry out most of the activities. The objective of this work is to analyze the physical and mechanical characteristics of mortar coating composed by blends of gray water in the proportions of 25%, 50%, 100% and in the proportion of 100% for water provided by the utility company (reference water). The gray water used in the experiment was collected from a washing machine and its physical-chemical analysis was initiated between 6 and 24 hours. To verify the mechanical properties, prismatic specimens were molded and used for flexural tensile strength and axial compression tests. The chlorides, the hardness and the biochemical oxygen demand for the gray water were analyzed within the standards allowed by CONAMA 357/05 and portaria MS 518/04. The alkalinity values found were outside the index required by CONAMA 357/05, but within the established by the ordinance MS 518/04. The mechanical results, at 28 days, performed for the samples showed that the blends of 25% and 50% gray water, obtained greater strength when compared to the mortar containing 100% ash water. However, the percentage will depend on the water quality, cost reduction desired by the work and pathological studies of the mortar.

Keywords: Water reuse. Graywater blends. Mortar.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Fontes de água cinza.....	20
Figura 2 – Locais onde a água cinza pode ser reutilizada.	21
Figura 3– Características das águas cinzas.....	22
Figura 4– Sistema de Revestimento.	26
Figura 5– Produção de Argamassa. A) Misturador mecânico; B) Argamassa na consistência ideal.....	31
Figura 6 – Argamassa para revestimento em molde prismático 4x4x16.....	32
Figura 7– Corpos de prova desmoldados.	33
Figura 8 – Rompimento à tração.	34
Figura 9 – Rompimento à compressão.	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1– Características qualitativas da água cinza segundo autores.....	23
Tabela 2– Demanda Bioquímica de Oxigênio da água cinza coletada no chuveiro na cidade de Passo Fundo – RS.....	23
Tabela 3– Características Químicas das Águas Cinzas: Parâmetros Diversos.....	24
Tabela 4– Classificação da argamassa quanto à tração na flexão.....	27
Tabela 5– Classificação da argamassa quanto à compressão axial.....	27
Tabela 6– Composição granulométrica da areia.....	29
Tabela 7– Traço, relação água/cimento e acréscimo de água.....	30
Tabela 8– Análise química das águas.....	35
Tabela 9– Resistência à tração na flexão aos 7 dias.....	38
Tabela 10– Resistência à tração na flexão aos 28 dias.....	39
Tabela 11– Resistência à compressão axial aos 7 dias.....	40
Tabela 12 – Resistência à compressão axial aos 28 dias.....	41

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1– Curva Granulométrica da areia.....	29
Gráfico 2– Comparação da resistência à tração na flexão para as argamassas constituídas por 25% AC, 50% AC, 100% AC e 100% AR aos 7 e 28 dias.	39
Gráfico 3– Resistência à compressão axial aos 7 e 28 dias.....	42

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Contextualização	14
1.2	Justificativa.....	16
1.3	Objetivos.....	16
1.3.1	Objetivo Geral	16
1.3.2	Objetivo Específico	16
2	REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1	Reuso de água na Construção Civil.....	18
2.2	Água Cinza	20
2.3	Argamassa para Revestimento	25
3	MÉTODO DE PESQUISA.....	28
3.1	Materiais	28
3.1.1	Água Cinza	28
3.1.2	Cimento	28
3.1.3	Areia.....	28
3.2	Verificação da Qualidade da Água	29
3.3	Produção de Argamassa para Revestimento.....	30
3.4	Ensaio de Resistência.....	33
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	35
4.1	Análise química das águas.....	35
4.2	Resistência à tração na flexão da argamassa de revestimento.....	37
4.3	Resistência à compressão da argamassa de revestimento	40
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	43
5.1	Conclusões.....	43
5.2	Sugestões para trabalhos futuros	44
	REFERÊNCIAS	45

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

A construção civil é um dos setores que mais geram impactos no meio ambiente, tanto em relação ao consumo de recursos naturais para a produção de seus insumos, como com a geração de resíduos. “Estima-se que sejam utilizados entre 20% e 50% do total de recursos naturais consumidos pela sociedade” (MESQUITA, 2012, p. 59).

Segundo Mesquita (2012), durante todo o processo construtivo há a realização de atividades que promovem a degradação ambiental, ao ocupar terras, extrair e processar matéria-prima, construir e utilizar edifícios, os recursos naturais são explorados e resíduos são gerados afetando o ar, o clima, o solo, a paisagem, a fauna e a flora.

Nesse sentido, estudos direcionados à diminuição dos impactos ambientais gerados pelo setor construtivo tem crescido substancialmente, com o intuito de diminuir a produção de resíduos, poluição do solo, dos recursos hídricos e o consumo de energia.

De todos os recursos naturais, a água limpa e potável é essencial para a manutenção da vida. Para May (2004), a escassez desse recurso tem crescido devido ao crescimento da demanda e ao crescimento populacional desordenado, o que ocorre principalmente, em grandes centros urbanos. De acordo com a WWAP (2015), a taxa de demanda por água superou o dobro da taxa de crescimento populacional nos últimos vinte anos.

Para a Agência Nacional de Águas (ANA, 2019), a alta vulnerabilidade existente devido ao balanço hídrico desfavorável, concatenada a baixos investimentos em infraestrutura hídrica, principalmente dos sistemas de produção de água e períodos de precipitações abaixo da média, podem agravar a situação e nos encaminhar a períodos de crise hídrica por escassez, como ocorreu em diversas regiões do país nos últimos anos.

“Fatores como demanda excessiva, desperdício e poluição contribuem de forma significativa para a intensificação da escassez desse recurso” (Monteiro, 2009, p. 13). A gestão inadequada dos recursos hídricos é um dos fatores que mais contribuem para que a disponibilidade de água limpa e potável esteja ameaçada. De acordo com Gobbi (2018), os maiores responsáveis por limitar a disponibilidade de água no nosso planeta são: a ausência de saneamento básico e o lançamento de esgoto doméstico in natura; o despejo de dejetos industriais sem o tratamento adequado; a contaminação por produtos químicos oriundos das atividades agrícolas.

Além dos aspectos citados anteriormente, o desperdício é um dos grandes responsáveis por diminuir a quantidade de água potável existente. Apesar do desperdício doméstico ser citado como uma significativa contribuição para a redução deste recurso, uma grande quantidade de água é desperdiçada em sistemas de abastecimento, devido a uma fiscalização e manutenção inadequadas das tubulações. Devemos ressaltar ainda, o consumo exacerbado no setor industrial e no setor agrícola, onde medidas que promovem um consumo mais sustentável estão cada vez mais presentes.

Dentro da construção civil o cenário não é diferente. Em um canteiro de obras a água é utilizada para realizar a maior parte das atividades. Ela precisa estar disponível adequadamente para atender as necessidades dos funcionários do canteiro que são asseguradas a eles por meio da NR 18 (2020).

Silva (2021) indica que o consumo diário de um operário não alojado em um canteiro é de aproximadamente 45 litros por dia, sem incluir a refeição, caso a refeição seja preparada na obra o valor aumenta para 65 litros por dia.

Apesar do consumo de água ser elevado, em obras de construção civil a água não é tratada como material de construção. De acordo com Pessarello (2008), para a confecção de um metro cúbico de concreto, gasta-se em média de 160 a 200 litros e, na compactação de um metro cúbico de aterro, podem ser consumidos até 300 litros de água. Além disso, a água é importante para a realização de serviços de limpeza, resfriamento e cura do concreto (CRUZ, 2016).

Em regiões semiáridas, a escassez promove a necessidade de buscar formas de racionar a água, buscando controlar a perda e evitar o desperdício, podendo ainda reutilizá-la. Assim, surge a possibilidade do reuso de águas residuárias, também chamada de água cinza. De acordo com Dantas *et al.* (2019) esses reúsos implicam em redução no volume de água potável utilizado, o que por sua vez, implica em benefícios sociais, econômicos e ambientais.

Santos (2011) diz que, as argamassas são extensivamente consumidas no mundo, em revestimentos de paredes, tetos, pisos, assentamentos de alvenarias de vedação e estrutural. A água é um dos elementos essenciais para a produção de argamassa, devido ao seu grande uso em uma construção, necessitamos de uma grande quantidade de água para produzi-la em uma consistência adequada para uso, porém, em regiões escassas onde haja pouca disponibilidade de água, a produção desse material acaba sendo dificultada, e é nesse cenário que se insere o nosso trabalho, estudar a viabilidade do reuso de água cinza para produzir argamassa de revestimento.

1.2 Justificativa

Ao pesquisar sobre o reuso de água cinza na construção civil, percebemos que existe uma lacuna quanto à exploração acadêmica desse assunto, há uma escassez quanto ao seu uso direto para a produção de materiais de construção, notou-se a viabilidade de realizar uma pesquisa com ênfase no uso da água cinza para a produção de revestimento argamassado.

Além da lacuna quanto a exploração acadêmica, outro incentivo que ratifica a importância dessa pesquisa é a forma como o reuso pode ser importante em regiões de escassez, como no Sertão Nordestino. Sabemos que a insuficiência de água afeta a construção civil diretamente, visto que a realização de diversas atividades não seria possível sem o seu uso. Por essa razão, em regiões onde a sua disponibilidade é limitada, é necessário gerenciar o seu uso a fim de evitar o desperdício. Nesse sentido, medidas que implementem o reaproveitamento de água residuária precisam ser inseridas no cenário construtivo como forma de solução alternativa para prevenir a escassez.

Considerando que a NR 18 (2020) exige que ao instalar um canteiro de obras é preciso ter o fornecimento constante de água potável para atender as necessidades dos trabalhadores (alocados em canteiro e não alocados), reutilizar a água provinda de chuveiros, lavatórios e máquinas de lavar para a produção de argamassa pode ser viável em regiões escassas. Em geral, utiliza-se água potável para a produção de argamassas, no entanto, é válido avaliar os efeitos que a água cinza poderia gerar na qualidade da argamassa de revestimento, analisando as suas características químicas e mecânicas.

1.3 Objetivos

1.3.1 *Objetivo Geral*

O objetivo geral deste trabalho é analisar as características físico-químicas da água cinza e as propriedades mecânicas dos corpos de prova constituídos por argamassa para revestimento composta por blends de 25, 50 e 100% água cinza em relação a quantidade total de água utilizada.

1.3.2 *Objetivo Específico*

Esta pesquisa tem como objetivos específicos:

- a) Avaliar a resistência à tração na flexão;

- b) Avaliar a resistência à compressão;
- c) Analisar as características físico-químicas da água cinza utilizada para a produção dos corpos de prova.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A escassez hídrica é um fator limitante em regiões do Nordeste brasileiro, tanto para o desenvolvimento social quanto econômico. Devido a isso, grandes setores da economia vêm buscando alternativas para mitigar os efeitos provocados pela escassez e com a construção civil não é diferente. O setor construtivo é um dos maiores consumidores de insumos provindos do meio ambiente, utiliza-se a água em todas as fases de uma obra civil, porém, o gerenciamento do seu consumo é pouco realizado, podendo vir a ser um empecilho em regiões escassas. A busca por metodologias que empreguem o reuso, torna-se cada vez mais recorrente, possibilitando o reuso de águas residuárias. Nessa seção serão apresentados aspectos relacionados ao reuso de água na construção civil, conceitos quanto a água cinza e definições sobre o revestimento argamassado.

2.1 Reuso de água na Construção Civil

A construção civil é o setor responsável pela transformação do ambiente natural em meio construído, adequado ao desenvolvimento das mais diversas atividades. Essa cadeia produtiva é uma das maiores da economia e possui enorme impacto ambiental (John, 2000 *apud* Leite; Neto, 2014).

“A água é um recurso renovável, porém sua utilização de forma irresponsável pode comprometer a qualidade e principalmente sua disponibilidade” (Vilela, 2019, p. 02). De acordo com Pinheiro (2002 *apud* Araújo *et al*, 2020), o consumo de água nos países industrializados para uso na construção civil é de 25% do total.

Como a água é fundamental para a execução de obras de construção civil, precisamos implantar medidas que analisem sistematicamente o uso da água, como forma de otimizar o seu consumo e descarte (Silva; Violin, 2013). “O uso exacerbado da água favorece para a atual crise hídrica vivida em todo o mundo, precisando-se de alternativas mais eficazes para um melhor aproveitamento deste valioso bem” (Júnior *et al*, 2019, p. 44). Uma das alternativas comumente utilizadas é o reuso de águas em canteiros de obras.

Para Fiori, Fernandes e Pizzo (2006), reuso da água é a reutilização da água, que, após sofrer tratamento adequado, destina-se a diferentes propósitos, com o objetivo de se preservarem os recursos hídricos existentes e garantir a sustentabilidade. Ainda que não seja considerada um material de construção, a água é fundamental do início ao fim da construção

de qualquer empreendimento, sendo utilizada para atividades essenciais como produção de argamassa e concreto.

A maior vantagem da utilização da água de reuso é a preservação da água potável, utilizando-a somente para atender as necessidades que exijam a sua potabilidade para o abastecimento humano (FIORI; FERNANDES; PIZZO, 2006).

Segundo Silveira (2008), o reaproveitamento de água é o procedimento pelo qual a água tratada ou não, é reutilizada para a mesma ou para outra finalidade. Uma forma de reuso bastante difundida, é o reuso de águas pluviais. Silveira (2008) diz que esse tipo de captação é bastante comum em países como Alemanha e Austrália.

“A captação de água pluvial é uma medida eficaz no combate ao desperdício de água, e necessita ser implantada de forma mais acentuada no Brasil, devidos aos benefícios socioambientais e econômicos gerados por esse sistema” (Júnior *et al.*, 2019, p. 46). De acordo com Ohnuma (2015 *apud* Spezzio *et al.*, 2015), o custo de implantação de um sistema de reaproveitamento de águas pluviais equivale a menos que 1% do valor total da obra.

No Brasil, a NBR 15527 de 2019 – Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis, é a norma responsável por regulamentar o aproveitamento da água da chuva. Rillo (2006) diz que, a água da chuva pode ser utilizada em diversos locais, na confecção de argamassas, para a lavagem do canteiro, para molhar peças de concreto durante a cura, para limpeza de veículos e pneus, para umedecer materiais finos e em usinas de concreto.

Sousa, Lima e Pontes (2019), realizaram um estudo sobre o reuso de água de drenagem em canteiro de obras, o trabalho analisa a viabilidade técnica de reutilizar águas de origem subterrânea proveniente de um sistema de rebaixamento do lençol freático durante a construção de um edifício residencial. O estudo mostra que o reuso da água para amassamento do concreto e argamassa reduziria significativamente o consumo de água potável fornecida pela concessionária, as análises evidenciaram a viabilidade técnica de se reutilizar a água e mostrou que para o amassamento do concreto e argamassa os requisitos estabelecidos pela norma estão sendo atingidos. Além disso, mostraram que o reuso pode ser realizado para outros fins no pós-obra, como irrigação, lavagem de pátios e sacadas, dentre outros.

Apesar de podermos utilizar a água de reuso para a realização de diversas atividades, é necessário o fornecimento de água potável para os trabalhadores do canteiro de obras. O abastecimento de água deve ser o suficiente para suprir todas as necessidades dos funcionários, que são asseguradas a eles por meio da NR 18 (2020), que indica que devemos ter instalações sanitárias, vestiários, alojamento, local de refeições, cozinha, lavanderia, área

de lazer e ambulatório. Todas essas instalações necessitam do fornecimento de água para que atenda às necessidades básicas dos funcionários, a norma exige ainda que existam bebedouros no alojamento. Sendo assim, mesmo que utilizemos o reuso por meio do aproveitamento de água da chuva ou de drenagem, ainda teremos uma boa quantidade de água que poderia estar sendo reaproveitada nos canteiros de obras, sendo estas as águas cinzas que poderiam ser captadas na lavanderia, lavatórios e chuveiros.

2.2 Água Cinza

Henze e Ledin (2001, *apud* May, 2009) definem que a água cinza pode ser dividida em duas categorias: águas cinzas claras e águas cinzas escuras. As águas cinzas claras são provenientes de chuveiros, lavatórios e máquinas de lavar roupa, já as águas cinzas escuras são oriundas das pias de cozinhas e de máquinas de lavar pratos. O reuso da água cinza promove benefícios nos aspectos ambientais, econômicos e sociais.

Figura 1- Fontes de água cinza.



Fonte: (GUIDA, 2015).

“No Brasil começa a se praticar o uso de águas cinza claras tratadas, que, pelo fato de conter carga orgânica e de organismos patogênicos inferior aos esgotos domésticos, envolvem custos relativamente menores para tratamento” (HESPANHOL, 2008, p. 13).

O reaproveitamento de água cinza ainda é pouco realizado no Brasil, Vilela (2019, p. 03) afirma que “[...] existem poucas experiências sobre gerenciamento deste tipo de água nas edificações, licenciamento, operação e manutenção. Sua aplicação envolve questões como controle ambiental, processos construtivos de edificações e saúde pública”. Entretanto, em

países desenvolvidos como EUA, Inglaterra, Alemanha e Japão, o reuso das águas residuárias é uma tendência (PETERS *et al.*, 2015).

Para viabilizar o uso de água cinza, é necessário conhecer suas características físico-químicas. Foram constatados em estudos realizados no Brasil e no exterior, a baixa contaminação por material fecal, e altos índices de turbidez, matéria orgânica e sulfatos, presentes nas águas cinzas (Ottoson; Stenstrom, 2003; Feitosa *et al.*, 2011 *apud* Ferreira, 2018).

“Devido as características das águas cinza como: alto volume, baixa concentração de nutrientes e matéria orgânica de fácil degradação, elas são consideradas uma das águas residuárias mais adequadas para reuso” (Ferreira, 2018, p. 18). Cada vez mais regiões áridas e semiáridas, estão fazendo uso de águas residuais, tratadas ou não, pois é um recurso considerável e de grande importância (Cirelli *et al.*, 2009 *apud* Ferreira, 2018).

Para May (2009), as águas cinzas devidamente tratadas, podem ser usadas para diversos fins não potáveis, como descarga de vasos sanitários, lavagem de ruas e calçadas, irrigação de jardins, construção civil, entre outros.

Figura 2 – Locais onde a água cinza pode ser reutilizada.



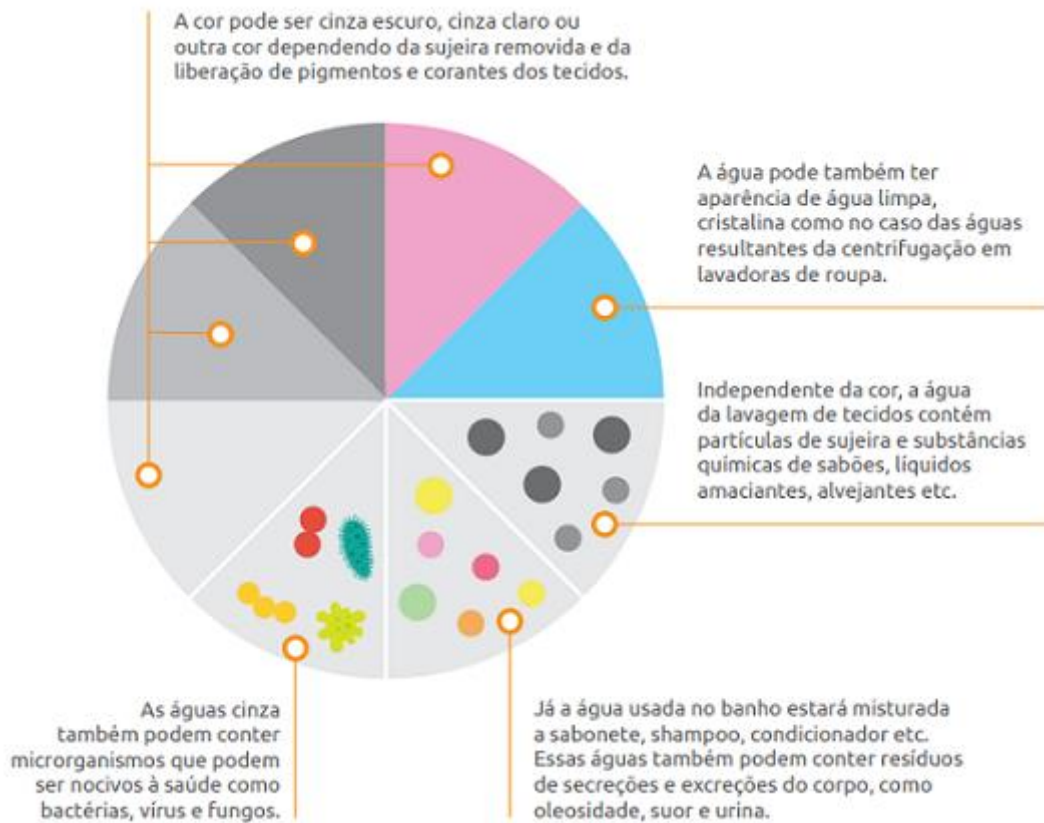
Fonte: (ALVES *et al.*, 2016).

Além disso, Alves *et al.* (2016), ressalta que mesmo que a água cinza tenha aparência de uma água limpa, esta não deve ser utilizada para fins que exijam potabilidade, como banhos, lavar as mãos, dar banhos em animais domésticos, regar plantas comestíveis e em hipótese alguma deve ser utilizada para beber.

As características da água cinza irão variar de acordo com a localidade, nível de ocupação da residência, faixa etária, estilo de vida, cultura, classe social e costumes dos

moradores das residências, além disso, variam ainda de acordo com o ponto de amostragem, a água cinza coletada da máquina de lavar será diferente da água cinza obtida do chuveiro (Nsw health, 2002 *apud* May, 2009).

Figura 3– Características das águas cinzas.



Fonte: (ALVES *et al.*, 2016).

Na Tabela 1, temos a caracterização qualitativa da água cinza advinda de chuveiros, lavatórios e máquinas de lavar realizada por Rabelo (2011), Valentina (2009), Fiori (2005) e Rappoport (2004).

Tabela 1– Características qualitativas da água cinza segundo autores.

Autor	Ano	Contribuições para a geração do efluente	Cor (uH)	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)	pH	Turbidez (NTU)
Rabêlo	2011	Lavatórios, chuveiros e máquinas de lavar	103	19	131	7,3	107
Valentina	2009	Lavatórios, chuveiros e máquinas de lavar	85	106	237	7,8	73
Fiori	2005	Lavatórios, chuveiros e máquinas de lavar	-	317	606	7,05	340
Rappoport	2004	Lavatórios, chuveiros e máquinas de lavar	-	177	401	6,11	87

Fonte: (Dell' Uomo, 2014 *apud* Biazus, 2015).

Fiori, Fernandes e Pizzo (2006) realizaram um estudo sobre as características qualitativas da água cinza provinda do chuveiro na cidade de Passo Fundo – RS entre os meses de março de dezembro de 2004, na Tabela 2 observamos que a demanda bioquímica de oxigênio é de 324 mg/L, os registros da literatura mostram que o DBO varia entre 59 a 273 mg/L (Reis, 2010), com isso podemos concluir que somente os valores encontrados no mês de julho estão fora do esperado e assim, a água cinza do referido mês não poderá ser utilizada de forma direta.

Tabela 2– Demanda Bioquímica de Oxigênio da água cinza coletada no chuveiro na cidade de Passo Fundo – RS.

	DBO (mg/L)	Média (mg/L)
Amostra 1 - Março/2004	258	
Amostra 2 - Julho/2004	648	324
Amostra 3 - Dezembro/2004	66	

Fonte: (Fiori, Fernandes e Pizzo, 2006).

May (2009) analisou alguns parâmetros químicos da água cinza como, pH, alcalinidade, dureza e cloretos, os quais estão indicados na Tabela 3.

Tabela 3– Características Químicas das Águas Cinzas: Parâmetros Diversos.

Autor	Ano	Local	Fonte de Água Cinza	Parâmetros Químicos			
				pH	Alcalinidade (mg/L)	Dureza (mg/L)	Cloretos (mg/L)
Borges	2003	Curitiba - PR	Banheiro	6,7 - 8,5	-	-	-
			Lavatório	8,03	88	44,2	10,1
			Chuveiro	7,34	38,3	30,1	20
Bazzarella	2005	Vitória - ES	Tanque	8,85	206,9	38,5	76,3
			Máquina de Lavar	9,06	74,2	38,7	23,6
			Cozinha	5,14	1,9	12,1	130
			Água Misturada	7,05	114,7	21,2	64
			Apartamento com crianças	7,1	6,7	5,7	26,9
Fiori, Fernandes e Pizzo	2004	Passo Fundo - PA	Apartamento com animais	6,9	5	13,6	14,7
			Apartamento sem crianças e sem animais	7,1	8,2	10,7	29,4

Fonte: (Adaptado de May, 2009).

Alguns países sofrem com problemas muito sérios relacionados a escassez de água, nesses locais a adoção de um sistema de reuso de água cinza é fundamental para amenizar os efeitos provocados pela falta de água. De acordo com Cebds (2018), a Austrália possui um sistema de tratamento e reuso, em que as águas residuais das casas vão para reservatórios onde são tratadas, para depois voltarem para serem utilizadas em uma torneira especial, destinada a realizar a limpeza da casa, lavagem de roupas e outras atividades. Em Israel 91% do esgoto é coletado e 80% deste é tratado e reutilizado na agricultura, além disso o país também possui um controle rígido de perdas, totalizando 7% do total, sendo que no Brasil temos 40% do total. Em Cingapura 100% do esgoto é coletado e tratado, o que torna o país um dos mais eficazes quando se trata de reaproveitamento de água.

Muito se fala sobre o reuso da água cinza para realizar atividades de limpeza, irrigação e uso em indústrias, entretanto, pouco é estudado sobre o reuso dentro da construção civil, na produção de materiais como concreto e argamassa. Devido a escassez de água dos últimos anos, essa é uma área de pesquisa em ascensão.

2.3 Argamassa para Revestimento

A NBR 13281 (2005), diz que a argamassa é uma mistura homogênea de agregados miúdos, aglomerantes inorgânicos e água, contendo ou não aditivo, com propriedades de aderência e endurecimento, podendo ser dosada em obra ou em instalação própria como no caso da argamassa industrializada. Esta norma define ainda que, a argamassa para revestimento interno é a argamassa indicada para o revestimento dentro da edificação, sendo caracterizada como camada de regularização (emboço ou camada única). A referida norma define também, que a argamassa para revestimento externo é indicada para o revestimento de fachadas, muros e outros elementos da edificação em contato com o meio externo, sendo caracterizada também como camada de regularização (emboço ou camada única).

A NBR 13530 (1995) informa que, os revestimentos são aplicados em paredes e tetos com o intuito de obter uma aparência desejada, e em casos específicos deve atender as exigências de conforto térmico e de proteção contra radiação e umidade. Além disso, os revestimentos são considerados como sistemas que são constituídos por uma ou mais camadas de argamassa, podendo ainda ter uma função característica.

A NBR 13529 (2013) define o revestimento argamassado quanto ao número de camadas, revestimento de camada única e revestimento de duas camadas. O revestimento de camada única é constituído por um único tipo de argamassa (exceto chapisco), que é aplicado sobre a base em uma ou mais demãos. O revestimento em duas camadas, é constituído de dois tipos de argamassa (exceto chapisco), aplicados sobre a base em uma ou mais demãos.

De acordo com Dubaj (2000) as camadas de argamassa podem ser definidas da seguinte forma:

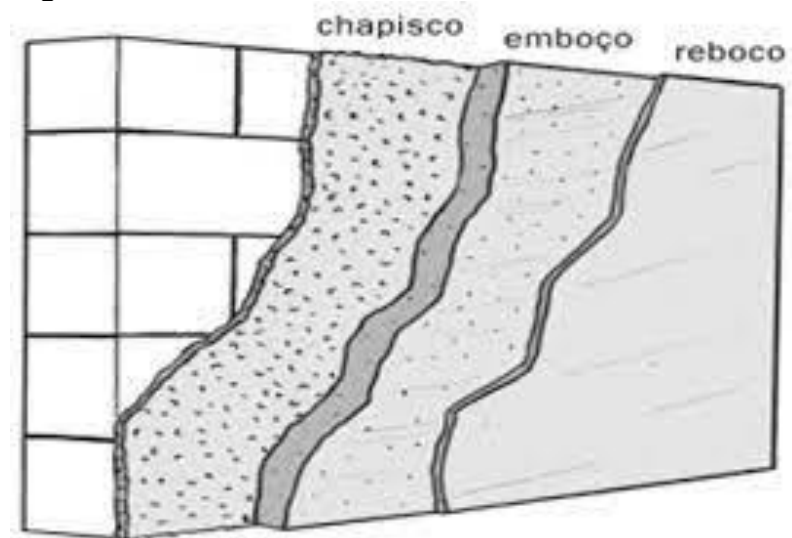
- Chapisco: não é considerado como uma camada de revestimento, mas como uma preparação da base, possui espessura irregular e pode ou não ser necessário, dependendo das características da base. Seu objetivo é melhorar a aderência da primeira camada de revestimento ao substrato.
- Emboço: também conhecido como massa grossa, é uma camada que tem como principal função a regularização da superfície da alvenaria, sua espessura varia entre 15 e 25 mm. Ele é aplicado diretamente sobre a base – com ou sem chapisco – e se destina a receber as próximas camadas do revestimento, como reboco, cerâmica ou outro acabamento final. Ele deve apresentar porosidade e

texturas superficiais compatíveis com a capacidade de aderência do acabamento final.

- Reboco: também chamado de massa fina, é a camada de acabamento dos revestimentos de argamassa. Ela é aplicada sobre o emboço em uma espessura suficiente para formar uma película fina e contínua sobre o emboço, possui no máximo 5 mm de espessura. Ele é responsável por fornecer a textura superficial final aos revestimentos de múltiplas camadas. Não pode apresentar fissuras, principalmente em revestimentos externos.
- Massa única: também conhecido como reboco paulista, é o revestimento com acabamento em pintura executado em uma camada. A argamassa utilizada e a técnica de execução deverão resultar em um revestimento capaz de cumprir a função tanto do emboço quanto do reboco, ou seja, deve ter função de regularização e de acabamento.

A Figura 4 apresenta de forma esquemática a representação do sistema de revestimento com argamassa.

Figura 4– Sistema de Revestimento.



Fonte: (Construção, 2022).

Santos (2014) diz que, a resistência mecânica é a propriedade das argamassas de suportarem as ações de diferentes naturezas como as oriundas da abrasão superficial, do impacto e de movimentação higroscópica e/ou estrutural, a resistência à tração na flexão e à compressão axial são determinadas de acordo com o descrito pela NBR 13279 (2005).

“A resistência mecânica depende basicamente do consumo e da natureza dos agregados e aglomerantes da argamassa empregada e da técnica de execução, que busca a compactação da argamassa durante a sua aplicação e acabamento” (Santos, 2008, p. 62). De acordo com Santos (2014), existe uma influência significativa entre a temperatura e umidade no desempenho e na vida útil da argamassa, assim como a resistência é inversamente proporcional a relação água/cimento, por conta do aumento do índice de vazios. A argamassa deverá ser forte o suficiente para suportar as forças as quais será submetida. As Tabelas 4 e 5 mostram a classificação da resistência à tração e à compressão da argamassa, segundo a NBR 13281 (2005).

Tabela 4– Classificação da argamassa quanto à tração na flexão.

Classe	Resistência à Tração na Flexão (MPa) – ABNT 13279: 2005
R1	≤1,5
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: (ABNT NBR 13281, 2005).

Tabela 5– Classificação da argamassa quanto à compressão axial.

Classe	Resistência à Compressão Axial (MPa) – ABNT 13279: 2005
P1	≤ 2,0
P2	1,5 a 3,0
P3	2,5 a 4,5
P4	4,5 a 6,5
P5	5,5 a 9,0
P6	> 8,0

Fonte: (ABNT NBR 13281, 2005).

3 MÉTODO DE PESQUISA

3.1 Materiais

3.1.1 Água Cinza

Para a realização dos ensaios, coletou-se a água cinza gerada pelo uso da máquina de lavar. Essa água foi armazenada em dois galões de transporte com capacidade de 5 litros, que foram previamente esterilizados para garantir que os ensaios não fossem comprometidos por fatores externos. É importante ressaltar que a água foi coletada e utilizada para os ensaios em um intervalo entre 6 a 24 horas, com o intuito de preservar as suas características físico-químicas.

3.1.2 Cimento

O cimento utilizado para a realização dos experimentos foi o CP II Z 32, que é o tipo de cimento mais encontrado nas lojas de materiais de construção da cidade de Crateús, em sacos de 50 kg, sendo este muito utilizado para as construções na região. Suas especificações atendem ao descrito pela NBR 16697 (2018).

3.1.3 Areia

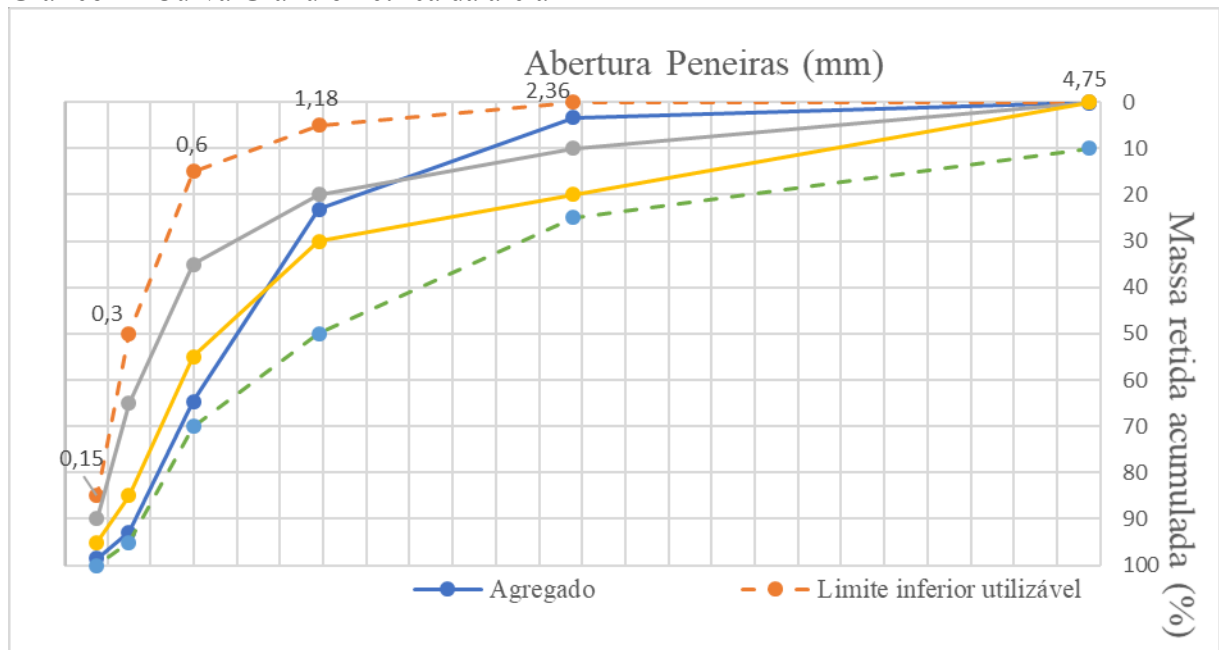
A areia utilizada na realização dos experimentos foi cedida pelo laboratório de Materiais de Construção Civil da UFC – Campus Crateús. O procedimento de caracterização foi realizado pelos alunos da disciplina de Materiais de Construção Civil, seguindo o procedimento descrito pela NBR NM 248 (2003), a Tabela 6 apresenta os resultados da composição granulométrica da areia obtida pelos alunos, seguida pelo Gráfico 1 que mostra a curva granulométrica correspondente.

Tabela 6– Composição granulométrica da areia.

Peneiras (mm)	Massa 1 (g)	Massa 2 (g)	Massa média	Massa Retida (%)	Massa Retida acumulada (%)
4,75	0,91	0,62	0,77	0,26	0,26
2,36	9,31	9,45	9,38	3,13	3,39
1,18	64,63	53,93	59,28	19,81	23,20
0,6	125,30	122,75	124,03	41,44	64,64
0,3	80,85	87,80	84,33	28,18	92,82
0,15	15,66	18,46	17,06	5,70	98,52
Fundo	2,88	5,98	4,43	1,48	100,00
Total	299,54	298,99	299,27	100,00	-
Massa Específica (g/cm ³)				2,62	
Módulo de Finura (mm)				2,83	
DMC (mm)				4,75	

Fonte: (Costa, 2022).

Gráfico 1– Curva Granulométrica da areia



Fonte: (Costa, 2022).

3.2 Verificação da Qualidade da Água

As análises de caracterização da água cinza foram realizadas volumetricamente e em triplicata. Os ensaios realizados foram, demanda bioquímica de oxigênio (DBO),

alcalinidade, cloretos e dureza, estes foram realizados no Laboratório de Química da Universidade Federal do Ceará – Campus de Crateús.

3.3 Produção de Argamassa para Revestimento

A produção dos corpos de prova foi feita com argamassa constituída por areia e cimento em massa no traço de 1:3, e com relação água cimento de 0,48. Entretanto, a quantidade de água teve que se adequar de acordo com os blends de água cinza, visto que por meio de uma observação visual, foi percebido que a consistência adequada não havia alcançada. Devido à ausência da mesa de consistência no Laboratório de Materiais, não foi possível fazer o ensaio de consistência seguindo o descrito pela norma para fazer essa avaliação adequadamente. A Tabela 7, mostra o traço, a relação água/cimento bem como a quantidade adicional usada para garantir a argamassa a consistência ideal.

Tabela 7– Traço, relação água/cimento e acréscimo de água.

Porcentagens	Traço	Relação a/c Inicial	Acréscimo de Água (mg/L)	Nova Relação a/c
25% Água Cinza	01:03	0,48	95	0,57
50% Água Cinza	01:03	0,48	90	0,57
100% Água Cinza	01:03	0,48	82	0,56
100% Água de Referência	01:03	0,48	100	0,58

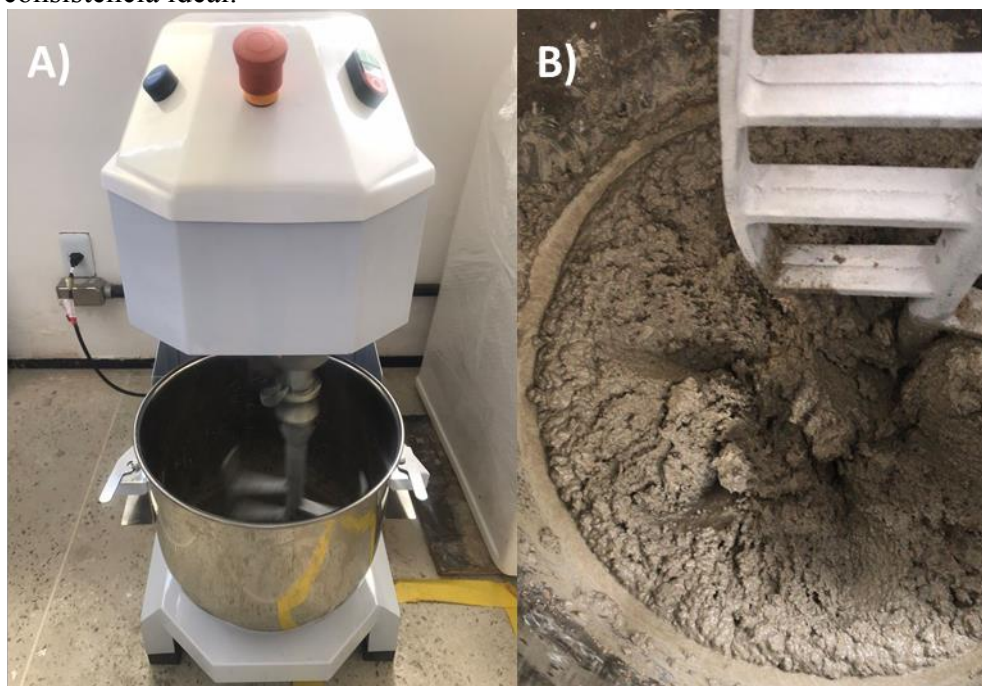
Fonte: (Autora, 2022).

É importante ressaltar que os acréscimos de águas foram feitos seguindo as porcentagens dos blends, ao afirmar que foram acrescentados 95 ml de água em um blend de água cinza, significa que foram adicionados 23,75 ml de água cinza e 71,25 ml de água de referência (água cedida pela Concessionária de água e esgoto do estado do Ceará), o mesmo ocorre para os blends seguintes, a proporção é aplicada tanto para a quantidade de água usual que é 480 ml, quanto para os acréscimos. O procedimento foi realizado no laboratório de Materiais do Campus de Crateús, alguns aparelhos foram adaptados de acordo com os itens disponíveis para que fosse possível realizar os ensaios adequadamente.

A argamassa foi preparada e misturada conforme o descrito pela NBR 16541 (2016). Os itens utilizados para a produção da argamassa foram, balança, misturador mecânico, proveta, cronômetro digital e uma espátula.

Inicialmente, os materiais anidros foram pesados seguindo o traço de 1:3. Em seguida, a água que seria utilizada foi medida em proveta seguindo a relação água/cimento mencionada anteriormente. Por conseguinte, os materiais secos foram colocados na cuba do misturador mecânico, a adição de água seguiu minuciosamente o que foi descrito pela norma, entretanto, ao observar que a consistência ideal não havia sido alcançada, foi adicionada mais água até que se atingisse o ponto desejado, resultando em uma nova relação água/cimento, como foi indicado na Tabela 7. A Figura 5 mostra o misturador mecânico em funcionamento durante a produção da argamassa e a consistência de argamassa considerada ideal.

Figura 5– Produção de Argamassa. A) Misturador mecânico; B) Argamassa na consistência ideal.



Fonte: (Autora, 2022).

Concluído o preparo da mistura para a realização dos ensaios, deu-se início ao procedimento para moldagem dos corpos de prova, que foi realizado seguindo a NBR 13279 (2005). Para a execução desse ensaio, utilizou-se 6 moldes prismático de três compartimentos, um soquete metálico, uma colher para nivelar as camadas de argamassa nos moldes e uma régua metálica. Fizemos 6 corpos de prova para cada um dos blends, 3 para cada idade, eles foram rompidos aos 7 e 28 dias.

Antes de iniciar o processo de moldagem, aplicou-se uma fina camada de óleo mineral nos moldes prismáticos, que facilitou a posterior desmoldagem dos corpos de prova. A argamassa foi adicionada ao molde utilizando uma colher, o processo foi feito em três camadas, em cada camada foram aplicados 30 golpes com o soquete metálico, ao fim da terceira seção de golpes rasamos os moldes com o auxílio de uma régua metálica. A Figura 6 mostra com detalhe os corpos de prova produzidos com 50% de água cinza e em seguida, na Figura 7 vemos estes mesmos corpos de prova desmoldados após 24 horas de cura.

Figura 6 – Argamassa para revestimento em molde prismático 4x4x16.



Fonte: (Autora, 2022).

Figura 7– Corpos de prova desmoldados.

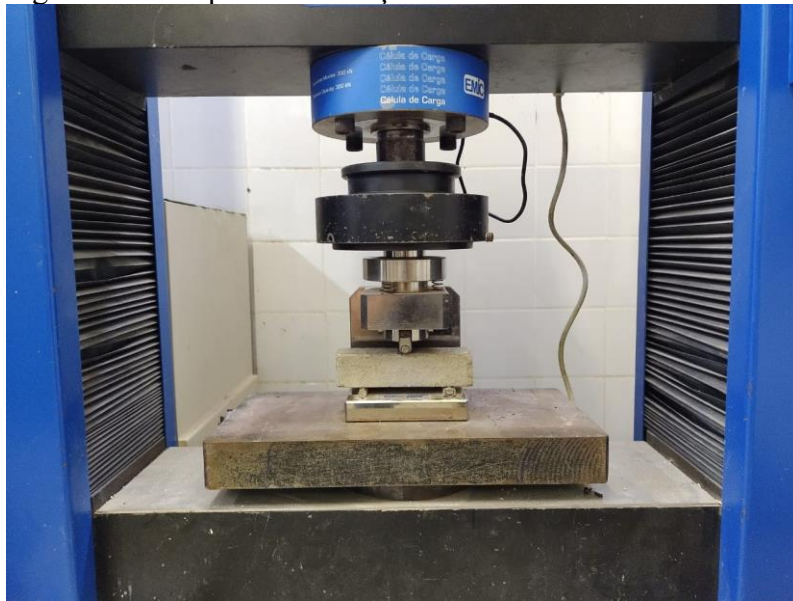


Fonte: (Autora, 2022).

3.4 Ensaios de Resistência

Os ensaios mecânicos foram realizados seguindo a NBR 13279 (2005). Como mencionado anteriormente, foram moldados 6 corpos de prova para cada um dos blends de água cinza. Os corpos de prova foram transportados para o Laboratório de Materiais de Construção Civil (LMCC) da Universidade Federal do Ceará – Campus do Pici, onde foram realizados os ensaios de resistência à tração e à compressão, seguindo os requisitos da referida norma, os corpos de prova foram rompidos após os intervalos de 7 e 28 dias. As Figuras 8 e 9 mostram o rompimento de um corpo de prova à tração e à compressão, respectivamente.

Figura 8 – Rompimento à tração.



Fonte: (Autora, 2022).

Figura 9 – Rompimento à compressão.



Fonte: (Autora, 2022).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Análise química das águas

A composição de água cinza seja ela, baixa carga ou alta carga poluente, varia muito com a fonte que a fornece. Em geral os valores e parâmetros podem oscilar bastante de país para país, mas, para fins de comparação usaremos a resolução CONAMA 357/05 e a Portaria 518 de 2004 do Ministério Público como base para analisar os fatores químicos inorgânicos. Os resultados obtidos na análise química estão descritos na Tabela 8.

Tabela 8– Análise química das águas.

Análises	Concentração Média	CONAMA 357/05	Portaria MS 518/04
Cloretos (mg/L)	90,24	<250	250
Alcalinidade (mg/L)	149,33	80 a 120	250
Dureza (mg/L)	102,76	100 a 150	500
DBO5 (mg/L)	23,39	≤5	-

Fonte: (Autora, 2022).

*Limites da resolução CONAMA 357/05 para águas doces, classes 1,2 e 3.

* Valor Permissível Máximo de água para consumo humano e seu padrão de potabilidade de acordo com a portaria do Ministério da Saúde.

O íon cloreto (Cl^-) presente em águas residuárias pode estar correlacionado com dejetos humanos e de animais, geralmente associados a alimentação dos mesmos. Os cloretos podem estar associados, em geral, com cátions como Na^+ , Ca^{+2} e Mg^{+2} . Em esgotos domésticos a concentração de cloreto encontra-se entre 30 e 100 mg/L, porém em águas residuárias industriais este valor pode ser encontrado com índices maiores a depender da atividade desenvolvida pelo setor. Em caso de valores muito elevados os cloretos podem provocar danos a superfícies metálicas, agindo com acelerador da corrosão, o que vir a ser preocupante quando o reuso é feito no concreto, o que não é o caso. O valor de cloreto encontrado na água cinza estudada foi de 90,24 mg/L e encontra-se abaixo dos valores limites citados pela CONAMA 357/05 e Portaria MS 518/04. É importante lembrar que, como a água cinza foi recolhida de máquina de lavar, o valor encontrado era esperado, no entanto, em canteiros de obras este valor pode alcançar valores maiores.

Deve-se verificar também o teor de amônia que, associada aos cloretos, pode reagir com hidróxido de cálcio de acordo com a reação (1) deslocando o equilíbrio para a formação do cloreto de cálcio e gás NH_3 . Dois fatores podem interferir na qualidade da

argamassa através desta reação: o primeiro está relacionado a presença de bolhas ainda durante a cura do cimento o que pode aumentar a porosidade do revestimento final e a segunda está no depósito de cloreto de amônia na massa seca que pode, em presença de umidade, ser solubilizado provocando desprendimento do amassamento (Battagin, 2015). Em caso de revestimentos secos e úmidos, a velocidade da solubilização associada a destacamento, dependerá da quantidade do referido sal presente e do tempo de exposição do mesmo a umidade.



A alcalinidade refere-se ao teor de carbonatos (CO_3^{2-}), bicarbonatos (HCO_3^-), hidróxidos (OH^-) e que muitas vezes estão associados a cátions como cálcio e magnésio. Portanto, há uma relação entre a alcalinidade e a dureza da água. A alcalinidade está associada a atuação tamponante e pode ter relação com desenvolvimento de microrganismos (Silva, 2019). Apesar da alcalinidade não ser considerada um padrão para avaliar a qualidade da água, suas medidas tornam-se importante pois são utilizadas na interpretação e no controle no processo de tratamento (Parron; Muniz; Pereira, 2011). O valor encontrado na água cinza usada para produzir o revestimento argamassado foi de 149,33 mg/L, encontrando-se fora do limite descrito pela CONAMA 357/05 e abaixo do limite previsto pela Portaria MS 518 de 2004. A concentração destes tipos de íons na água da lavagem de roupa está associada a cargas adicionadas ao sabão em pó, usadas para dar volume e estabilizar o pH na dissolução. Por possuir pH básico, é possível que o sabão tenha uma maior quantidade de hidróxido de cálcio.

A dureza em água refere-se a presença dos cátions de cálcio e magnésio, mas podemos encontrar cátions de ferro, manganês, estrôncio, zinco, alumínio e ânions de carbonato e sulfato. Os resultados de dureza são expressos em mg/L de CaCO_3 e de acordo com a quantidade do mesmo pode-se classificar a água como mole, dureza moderada, dura e muito dura. O valor observado para água cinza em estudo foi de 102,76 mg/L e desta forma pode ser classificada como dureza moderada e dentro dos padrões estabelecidos pela CONAMA 357/05 e Portaria MS 518/04. Apesar do valor encontrado ser aceitável é importante lembrar que é possível que no canteiro de obra esses valores sejam relativamente maiores, devido a presença de resíduos inorgânicos como areia, calcário, dentre outros. O magnésio, um dos cátions que corrobora com a dureza total da água, quando em elevada concentração, é prejudicial ao processo de hidratação do cimento. De acordo com Battagin

(2015), uma das formas de explicar a interferência do magnésio fundamenta-se na substituição do cálcio no silicato de cálcio hidratado, principal componente da hidratação da pasta de cimento, pelo magnésio que gera uma porosidade maior no revestimento argamassado.

O DBO₅ é a medida que indica o consumo de oxigênio pela matéria orgânica viva durante um período de 5 dias de incubação a 20°C. O valor encontrado para água cinza foi de 23,39 mg/L, essa concentração está dentro do descrito pela CONAMA 357/05, não há um consenso quanto ao máximo permitido para água cinzas no Brasil, entretanto, o valor máximo para o esgoto é de 60 mg/L. Fiori, Fernandes e Pizzo (2006) mostram em seu estudo a água cinza com teor de DBO entre 66 a 258 mg/L de oxigênio. Estudos microbiológico de argamassa feita com água de poço, água cinza e água concedida pela concessionária, após um período de 3 meses da massa seca, realizados por Merville, Farias e Leitinho (2021), mostraram a ausência de coliformes. Esse estudo constatou também que, apesar do caldo de cultura usado nos experimentos fornecer alimento para micro-organismos em geral, não houve crescimento fúngico, apenas crescimento bacteriano do tipo cocos gram positivas, o que indica que não há interferência do crescimento fúngico na argamassa, mas é necessário analisar de forma mais aprofundada sobre o crescimento bacteriano.

4.2 Resistência à tração na flexão da argamassa de revestimento

De acordo com a Associação Brasileira de Cimento Portland (2002), a resistência mecânica é a capacidade com que os revestimentos suportam esforços de diversas naturezas, que causam tensões internas de cisalhamento, tração e compressão. A Tabela 9 e 10 apresentam os valores referentes a tração na flexão para as argamassas compostas pelos blends de 25%, 50%, 100% água cinza e argamassa com 100% de água concedida pela concessionária que aqui chamaremos de água de referência. Na Tabela 9 estão os dados obtidos para os corpos de prova rompidos com 7 dias de cura e na Tabela 10 estão os valores referentes aos corpos de provas rompidos após 28 dias conforme estabelecido pela NBR 13279 (2005).

Observa-se os seguintes valores médios de tração na flexão em MPa, seguidos de seus desvios padrões, rompidos após o período de 7 dias para as argamassas feitas com blends de 25% e 50% são 2,80 ($\pm 0,17$) e 3,00 ($\pm 0,28$), respectivamente. Os valores médios de tração na flexão em MPa, obtidos para as argamassas feitas com 100% de água cinza e 100% de água de referências são de 2,80 ($\pm 0,09$) e 3,30 ($\pm 0,29$). Levando em consideração os desvios

padrões para as amostras, verifica-se uma proximidade entre os valores indicando que, para esta idade, a resistência à tração na flexão é semelhante para as amostras estudadas.

Tabela 9– Resistência à tração na flexão aos 7 dias.

Resistência à tração (MPa)				
Corpos de Prova	25% Água Cinza	50% Água Cinza	100% Água Cinza	100% Água de Referência
CP1	3,00	3,20	2,90	3,50
CP2	2,80	3,20	2,80	3,10
CP3	2,60	2,70	2,70	-
Média	2,80	3,00	2,80	3,30
Desvio Padrão	0,17	0,28	0,09	0,29

Fonte: (Autora, 2022).

Os valores médios de tração na flexão em MPa e os seus respectivos desvios padrões para o período de 28 dias estão apresentados na Tabela 10. Observa-se uma proximidade entre as medidas registradas para os blends de 25% e 50% são de 5,70 ($\pm 0,12$) e 5,20 ($\pm 0,38$), respectivamente. Os resultados para argamassa feita com 100% de água cinza e 100% de água de referência apresentam entre si uma aproximação registrada pelos respectivos valores 3,30 ($\pm 1,76$) e 3,30($\pm 0,20$).

Ressalta-se que os valores apresentados para os blends são de magnitude maior que os observados para as demais argamassas, indicando que estes possuem uma melhor resistência ao esforço de tração na flexão. O comportamento da argamassa feita com água de referência pode ser justificado pela relação água/cimento (a/c) (Senf, Folguras e Hotza, 2005). É importante observar também, que à medida que a proporção de água cinza adicionada aumenta, há a menor necessidade de adicionar uma quantidade extra de água na proporção desejada, o que pode indicar uma relação da água cinza com a trabalhabilidade.

Para garantir uma consistência adequada da massa feita com água de referência, adicionou-se 100 mL a mais de água em relação ao calculado. Esta variação na quantidade de água pode provocar um aumento na porosidade e, conseqüentemente, espaços vazios que refletem em sua resistência. A NBR 13279 (2005), estabelece valores para classificar a resistência à tração e a compressão, avaliando os valores obtidos para tração na flexão após o período de 28 dias, pode-se classificar as argamassas compostas por blends de 25% e 50%

água cinza como R6 e as argamassas feitas com 100% água cinza e 100% água de referência como R4.

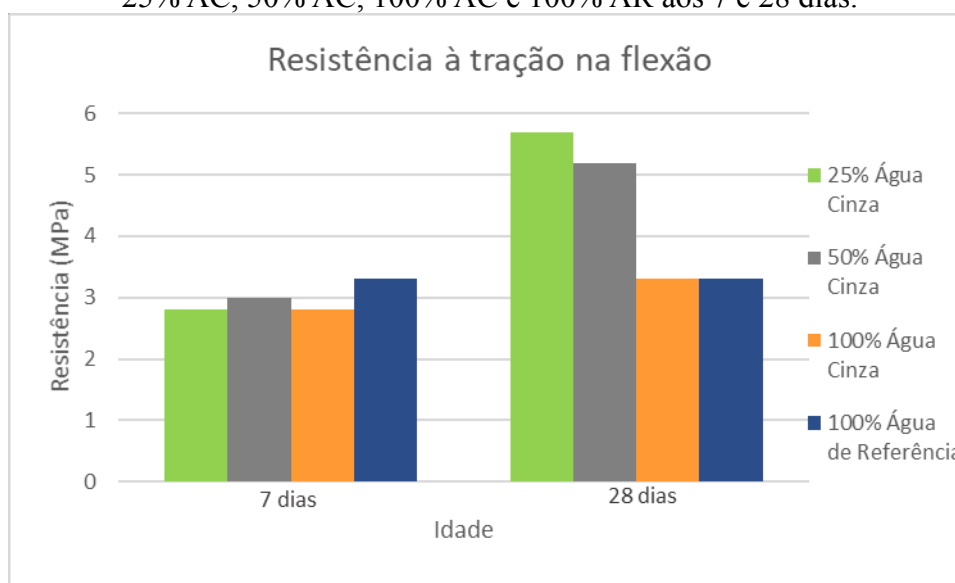
Tabela 10– Resistência à tração na flexão aos 28 dias.

Resistência à tração (MPa)				
Corpos de Prova	25% Água Cinza	50% Água Cinza	100% Água Cinza	100% Água de Referência
CP1	5,70	5,70	4,20	3,50
CP2	5,80	4,90	4,80	3,10
CP3	5,50	4,90	0,80	-
Média	5,70	5,20	3,30	3,30
Desvio Padrão	0,12	0,38	1,76	0,20

Fonte: (Autora, 2022).

O Gráfico 2 mostra os valores de resistência a tração na flexão de forma gráfica para ambos os períodos. Ao analisar o gráfico, observa-se um aumento dos valores de resistência a tração para as argamassas compostas pelos blends de 25% e 50%, enquanto que os valores observados para as revestimento feitos com 100% água cinza e 100% água de referência não apresentaram evolução da resistência, indicado pouca ou nenhuma mudança na resistência à tração na flexão do corpo de prova após 28 dias de cura.

Gráfico 2– Comparação da resistência à tração na flexão para as argamassas constituídas por 25% AC, 50% AC, 100% AC e 100% AR aos 7 e 28 dias.



Fonte: (Autora, 2022).

Por meio do Gráfico 2, é possível inferir que os blends de 25% e 50% tiveram uma boa evolução na resistência à tração com o aumento da idade, já os moldes constituídos por 100% água cinza e 100% água de referência, não mostraram grande ganho de resistência com a idade.

4.3 Resistência à compressão da argamassa de revestimento

As Tabelas 11 e 12 apresentam os resultados da análise de resistência a compressão após os períodos de 7 e 28 dias para as argamassas compostas por blends de 25% e 50% água cinza, 100% água de referência e 100% água cinza.

Observa-se na Tabela 11 que os valores obtidos de compressão axial para as argamassas formadas por 25% de água cinza foi 12 MPa ($\pm 0,40$), 50% de água cinza 11,10 MPa ($\pm 0,60$), 100% água cinza 9,90 MPa ($\pm 0,50$) e 100% água de referência 11,80 MPa ($\pm 0,80$), dessa forma, todas as amostras estão classificadas como P6 segundo a NBR 13281 (2005). Esta classificação corresponde aos maiores valores de compressibilidade.

De acordo com os valores indicados na Tabela 11, verifica-se que a argamassa com maior resistência à compressão no período de 7 dias, foi a constituída com o blend de 25% de água cinza, seguido pela argamassa produzida com 100% água de referência. A menor resistência à compressão axial aos 7 dias foi da argamassa produzida com 100% água cinza, que resistiu à 9,94 MPa.

Tabela 11– Resistência à compressão axial aos 7 dias.

Resistência à compressão (MPa)				
Corpos de Prova	25% Água Cinza	50% Água Cinza	100% Água Cinza	100% Água de Referência
CP1	12,24	10,30	10,24	12,92
CP2	11,43	10,72	09,39	11,65
CP3	12,40	11,30	10,18	11,50
CP4	12,30	11,29	09,15	10,92
CP5	11,56	11,37	10,30	-
CP6	12,01	11,63	10,37	-
Média	11,99	11,10	9,94	11,75
Desvio Padrão	0,41	0,49	0,53	0,84

Fonte: (Autora, 2022).

As amostras também foram submetidas ao ensaio de compressão axial na idade de 28 dias, período estimado para que o material atinja resistência próxima a sua resistência máxima, os valores estão apresentados na Tabela 12.

Aos 28 dias, a maior resistência alcançada foi da argamassa produzida com 100% água de referência, registrando o valor de 17,70 MPa ($\pm 0,60$), seguido pela argamassa produzida com 25% de água cinza, que resistiu a 14,50 MPa ($\pm 2,50$). A menor resistência à compressão axial aos 28 dias foi da argamassa encontrada para a argamassa constituída de 100% água cinza, com 10,80 MPa ($\pm 1,00$).

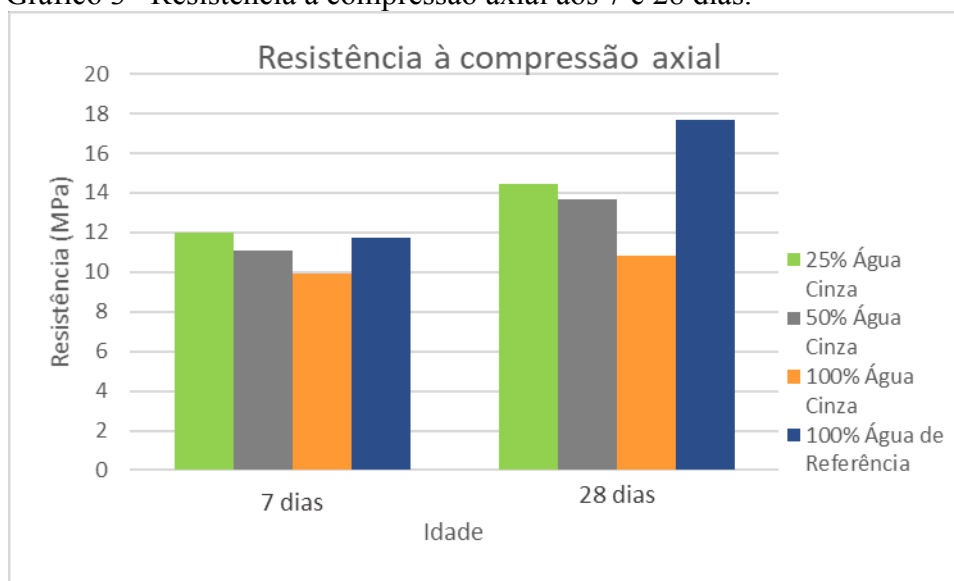
Tabela 12 – Resistência à compressão axial aos 28 dias.

Resistência à compressão (MPa)				
Corpos de Prova	25% Água Cinza	50% Água Cinza	100% Água Cinza	100% Água de Referência
CP1	12,46	13,76	11,52	18,02
CP2	16,10	9,93	12,17	17,69
CP3	15,38	15,14	11,74	16,68
CP4	16,57	14,38	09,99	18,19
CP5	09,74	13,92	09,34	-
CP6	16,57	14,83	10,16	-
Média	14,47	13,66	10,82	17,65
Desvio Padrão	02,54	01,74	1,04	0,59

Fonte: (Autora, 2022).

O Gráfico 3 apresenta um comparativo entre os valores das compressões axiais obtidas para os períodos de 7 e 28 dias. A maioria das argamassas estudadas apresentaram valores maiores para o período de 28 dias quando comparada com período de 7 dias. Observa-se que a argamassa composta por 100% água cinza teve um aumento de apenas 0,90 MPa. Se levarmos em consideração o desvio padrão para esta mesma argamassa, após 28 dias, verifica-se que este aumento está dentro da margem de erro indicando que a argamassa composta por 100% água cinza teve seu processo de cura finalizada ainda no período de 7 dias o que reflete no valor encontrado para a compressibilidade no período de maior idade.

Gráfico 3– Resistência à compressão axial aos 7 e 28 dias.



Fonte: (Autora, 2022).

Comparando os valores de tração na flexão e compressão axial para o período de maior idade (28 dias), pode-se inferir que as argamassas feitas com blends de 25% e 50% água cinza, podem ser classificadas pela NBR 13281 (2005) como R6 para tração na flexão e P6 para compressão axial, essas amostras apresentaram maior resistência.

Apesar da argamassa feita com 100% água cinza obter valores de resistência inferiores para os dois experimentos, o seu uso sem passar por nenhum tipo de tratamento prévio, apresentou valores aceitáveis de acordo com a NBR 13281 (2005).

O uso de água cinza seja com blends ou de forma integral na composição da argamassa, dependerá da qualidade da água e de estudos patológicos, em especial, os que podem gerar descolamento e empolamento do revestimento a longo prazo. Estudos quanto ao possível desenvolvimento de microrganismos, derivados da água cinza, também tem sua importância, uma vez que deve ser levado em consideração a saúde dos operários, tempo de sobrevivência destes na argamassa e exposição futura aos usuários e patologias no amassamento provocadas por bactérias e fungos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 Conclusões

O estudo da qualidade da água realizado através das análises de cloretos, alcalinidade, dureza e DBO₅, mostraram que a água cinza utilizada se caracteriza como de baixa carga poluente. O valor encontrado para DBO₅ foi de 23,39 mg/L valor inferior ao exigido por lei para esgotos domésticos.

O valor encontrado para cloretos foi de 90,24 mg/L indicando que a água cinza usada possui índice menor que os padrões da CONAMA 357/05 e da portaria MS 518/04 e, desta forma, as implicações por teores elevados de cloretos não devem ser um problema na característica final da argamassa, porém é importante ter o controle deste padrão no canteiro de obra para evitar possíveis danos no amassamento.

A análise de alcalinidade apresentou valor de 149,33 mg/L, valor maior que o padrão de águas classe 2 na CONAMA 357/05, porém, a medida apresenta-se com valor menor ao descrito na Portaria MS 518/04. O controle da alcalinidade é de extrema importância, pois corrobora com a reação álcali-agregado que a longo prazo pode gerar danos ao amassamento.

A dureza encontrada foi de 102,76 mg/L valor que classifica esta água como dureza moderada. O valor encontrado está dentro dos limites exigidos pela CONAMA 357/05 e portaria MS 518/04 para águas de classe 2.

De forma geral, é preciso realizar mais análises quanto a influência da água cinza para concluir se o seu uso irá gerar interferências significativas no revestimento argamassado, para verificação das possíveis interferências, é necessário o uso de técnicas como infravermelho que verificará mudanças químicas, o BET que indicará o diâmetro dos poros e a Microscopia Eletrônica de Varredura, que verificará possíveis produtos formados na argamassa por interferentes presentes na água.

Os valores obtidos de tração na flexão e compressão axial para o período de 28 dias, para as argamassas feitas com blends de 25 e 50% de água cinza, apresentaram maior resistência. Entretanto, para chegar a uma conclusão quanto a viabilidade técnica de utilizar a água cinza para a produção do revestimento argamassado, é necessário realizar outros ensaios, como trabalhabilidade, teor de ar incorporado e o teste de arrancamento.

Apesar da argamassa feita com 100% água cinza obter valores de resistência menor que os blends, os registros encontrados são aceitáveis pela norma NBR 13281 (2005). Além disso, ainda é necessário o estudo de patologias como descolamento e empolamento do revestimento argamassado.

A escolha entre a porcentagem dos blends o uso de forma integral de água cinza dependerá da qualidade da água, da redução dos custos desejados pela obra, dentre outros requisitos almejados pelo construtor.

5.2 Sugestões para trabalhos futuros

Como sugestão futuras, visando a melhoria dos resultados, os seguintes testes e análises podem ser realizados:

- a) Análise do teor de ar incorporado nos CPs;
- b) Teste de arrancamento;
- c) Avaliação da trabalhabilidade da argamassa produzida com água cinza;
- d) Obtenção dos valores da densidade de massa no estado endurecido dos CPs;
- e) Investigação microbiológica da água cinza antes de ser utilizada para a moldagem de corpos de prova e depois de ter sido moldada em corpos de prova;
- f) Realizar uma análise química mais aprofundada, comparando os valores dos parâmetros descritos na norma com os obtidos por meio de ensaios;
- g) Analisar a água cinza de diversos pontos e comparar os seus valores;

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, Cleane Cruz de *et al.* Reuso de água no canteiro de obra: sustentabilidade, viabilidade e insumos. **Acta Scientia**, São Paulo, v. 2, n. 2, p. 1-12, jul. 2020. Semestral. Disponível em: <https://periodicos.iesp.edu.br/index.php/actascientia/article/viewFile/393/304>. Acesso em: 2 fev. 2022.
- ALVES, Wolney Castilho *et al.* **Manual para aproveitamento emergencial de águas cinza do banho e da máquina de lavar**. São Paulo: Ipt - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2016. 32 p. Disponível em: https://www.ipt.br/download.php?filename=1334-Manual_para_aproveitamento_emergencial_de_aguas_cinza_do_banho_e_da_maquina_de_lavar.pdf. Acesso em: 15 fev. 2022.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. ABCP. **Guia básico de utilização do cimento Portland**. 7.ed. São Paulo, 2002. 28p. (BT-106).
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16697**: Cimento Portland: Requisitos. Rio de Janeiro: Abnt, 2018. 16 p.
- 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: Abnt, 2016. 6 p
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13279**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos — Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro: Abnt, 2005. 13 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13281**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Requisitos. 2 ed. São Paulo: Abnt, 2005. 11 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13530**: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas. São Paulo: Abnt, 1995. 2 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13529**: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Terminologia. 2 ed. São Paulo: Abnt, 2013. 17 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248**: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro: Abnt, 2003. 13 p.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA), 2019. **Relatório Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil**. Disponível em: <http://conjuntura.ana.gov.br/>. Acesso em: 13 jun. 2021.
- BATTAGIN, Arnaldo Forti. Agressividade de solos e água em contato com estruturas enterradas de concreto. **Concreto e Construções**: IBRACON, [s. l], v. 79, p. 79-86, jul. 2015. Trimestral.

BEZERRA, Péricles Tadeu da Costa; HOLANDA, Romildo Morant de. Reuso da água na indústria da construção. In: DANTAS NETO, José. **Uso eficiente da água: aspectos teóricos e práticos**. Campina Grande, Paraíba: Eumed, 2008. p. 1-108. Disponível em: <https://www.eumed.net/libros-gratis/2008c/447/#indice>. Acesso em: 26 jun. 2021.

BIAZUS, Ana Caroline. **Reúso de águas cinzas para fins não potáveis em edificação residencial multifamiliar**. 2015. 78 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2015.

CEBDS, Conselho Empresarial Brasileiro Para O Desenvolvimento Sustentável (org.). **6 soluções de países diferentes contra a escassez de água**. 2018. Disponível em: https://cebds.org/escassez-de-agua/#.YgqOXt_MLIV. Acesso em: 1 dez. 2021.

CONSTRUÇÃO, Comunidade da (org.). **Revestimento de Argamassa**. sd. Disponível em: <http://www.comunidadeconstrucao.com.br/sistemas-construtivos/4/caracteristicas/o-sistema/61/caracteristicas.html>. Acesso em: 10 fev. 2022.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2005. **Resolução nº 357**, 17 de Março de 2005. Ministério do Meio Ambiente, 2005.

CRUZ, Fernando. **Como a qualidade da água pode influenciar a sua obra**. 2016. Disponível em: <https://baktron.com.br/como-a-qualidade-da-agua-pode-influenciar-a-sua-obra/>. Acesso em: 2 jul. 2021.

DANTAS NETO, José. **Uso eficiente da água: aspectos teóricos e práticos**. Campina Grande, Paraíba: Eumed, 2008. p. 1-108. Disponível em: <https://www.eumed.net/libros-gratis/2008c/447/#indice>. Acesso em: 26 jun. 2021.

DANTAS, Paulo Ricardo; CHAVES, Maria Tatiane Leonardo; CAVALCANTE, Douglas Monteiro; ALBUQUERQUE, Walker Gomes de; MEDEIROS, Weverton Pereira de; BEZERRA, Andreza Maiara Silva. Reúso de água cinza tratada em sistema de alagado construído com resíduos da construção civil. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, [S.L.], v. 14, n. 1, p. 62, 1 jan. 2019. Grupo Verde de Agroecologia e Abelhas. <http://dx.doi.org/10.18378/rvads.v14i1.5819>. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/5819>. Acesso em: 25 jun. 2021.

DUBAJ, Eduardo. **Estudo comparativo entre traços de argamassa de revestimento utilizadas em Porto Alegre**. 2000. 115 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Construção Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

FERREIRA, Daniela de Matos. **Proposta de tratamento e reúso de águas cinza em Várzea Comprida dos Oliveiras, POMBAL-PB**. 2018. 45 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, Paraíba, 2018.

FIORI, Simone; FERNANDES, Vera Maria Cartana; PIZZO, Henrique. Avaliação qualitativa e quantitativa do reúso de águas cinzas em edificações. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 6, n. 1, p. 19-30, 2006.

GUIDA, Fernando. **Reuso de águas cinzas**. 2015. Disponível em: <https://vivagreen.com.br/agua/reuso-de-aguas-cinzas/>. Acesso em: 23 jan. 2022

HESPANHOL, Ivanildo. Um novo paradigma para a gestão de recursos hídricos. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, p. 131-158, 2008. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-40142008000200009>. Acesso em: 1 dez. 2021.

LEITE, Januaria Cecilia Pereira Simões; NETO, Mario Teixeira Reis. Meio ambiente e os embates da construção civil. **Construindo**, Belo Horizonte, v. 6, n. 2, p. 40-49, jun. 2014. Semestral.

MAY, Simone. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**. 2004. 189 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Engenharia de Construção Civi, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-02082004-122332/en.php>. Acesso em: 28 jun. 2021.

MAY, Simone. **As águas cinzas são classificadas em claras e escuras**. 2009. 223 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Engenharia Hidráulica e Sanitária, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3147/tde-17082009-082126/en.php>. Acesso em: 2 jul. 2021.

Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. **Portaria nº 518**, de 25 de março de 2004. Brasília, 2004.

MERVILLE, Ana Kelly Fernandes; FARIAS, Luisa Gardênia Alves Tomé; LEITINHO, Janaina Lopes. Investigação microbiológica em revestimentos de argamassa produzidos com água cinza. **Brazilian Journals Of Development**, [S.L.], v. 7, n. 7, p. 1-10, 23 ago. 2021. South Florida Publishing LLC. <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv7n7-300>.

MESQUITA, A. S. G. Análise da geração de resíduos sólidos da construção civil em Teresina, Piauí. **Holos**, v. 2, p. 58-65, maio 2012. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=481549265005>. Acesso em: 25 jun. 2021.

MELO JÚNIOR, Ariston Silva *et al.* Análise do padrão de qualidade para reuso de água em canteiro de obras. **Inovae**, São Paulo, v. 7, p. 40-59, jan. 2019. Anual.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **NR 18: Segurança e saúde no trabalho na indústria da construção**. Guia Trabalhista, 2020. Disponível em: <http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr18.htm>. Acesso em: 1 fev. 2022.

MONTEIRO, Rodrigo Cesar de Moraes. **Viabilidade técnica do emprego de sistemas tipo "wetlands" para tratamento de água cinza visando o reuso não potável**. 2009. 89 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3147/tde-09032009-110147/pt-br.php>. Acesso em: 15 jun. 2021.

PARRON, Lucilia Maria; MUNIZ, Daphne Heloisa de Freitas; PEREIRA, Claudia Mara. Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água. **Documento 232**: Embrapa Florestas, Colombo, PR, v. 1, p. 1-69, dez. 2011.

PETERS, Madelon Rebelo *et al.* Quantificação e caracterização de águas cinzas em uma residência. **Researchgate**, Florianópolis, SC, nov. 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/267706937_QUANTIFICACAO_E_CHARACTERIZACAO_DE_AGUAS_CINZAS_EM_UMA_RESIDENCIA. Acesso em: 17 fev. 2022.

REIS, Ricardo Prado. Avaliação do Desempenho de Sistema de Reúso de Água de uma Edificação Unifamiliar em Goiânia-GO. **Reec - Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, Goiás, v. 1, n. 1, p. 1-13, 13 fev. 2010. Universidade Federal de Goiás.

RILLO, Joaquin. **Viabilidade econômica do reúso da água na construção civil**. 2006. 71 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2006.

ROWLING, J K. **Harry Potter e a Ordem da Fênix**. Reino Unido: Rocco, 2003. 640 p.

SANTOS, White José dos. **Argamassa de alto desempenho**. 2011. 209 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Mestrado em Ambiente Construído, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Mg, 2011.

SANTOS, White José dos. **Desenvolvimento de metodologia de dosagem de argamassas de revestimento e assentamento**. 2014. 179 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Mg, 2014.

SANTOS, Maria Luiza Lopes de Oliveira. **Aproveitamento de resíduos minerais na formulação de argamassas para a construção civil**. 2008. 165 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2008. Disponível em: https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/12711/1/AproveitamentoRes%c3%adduosMinerais_Santos_2008.pdf. Acesso em: 8 fev. 2022.

SENEFF, L.; Folgueras, M. V.; Hotza, D., 2005, São Pedro. **Hidratação do cimento CP VARI - RS: influência da água nas reações de hidratação**. Joinville, Sc: Congresso Brasileiro de Cerâmica, 2005. 12 p.

SILVA, Amado Gabriel. **Dicas ao Orçamentista: Estimativa do Consumo de Água**. Disponível em: <https://www.engwhere.com.br/chao-da-obra/dicas-ao-orcamentista/>. Acesso em: 29 jun. 2021.

SILVA, R. R.; VIOLIN, R. Y. T. **Gestão da Água em Canteiros de Obras de Construção Civil**. VIII Encontro Internacional de Produção Científica (EPCC), Maringá, 2013.

SILVA, Aldeni Barbosa da *et al.* Diagnóstico físico-químico da água de bebedouros nas escolas públicas da cidade de Esperança/PB. **Desafios - Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins**, Paraíba, v. 6, n. 4, p. 75-90, 30 dez. 2019. Universidade Federal do Tocantins. <http://dx.doi.org/10.20873/uftv6-6476>.

SILVEIRA, B. Q. **Reuso da água em edificações residenciais**. 2008. 44 p. Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia da UFMG.

SPEZZIO, Allan *et al.* **PHA2537 – Água em Ambientes Urbanos**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2015. 14 slides, color. Disponível em: <https://docplayer.com.br/19025129-Seminarios-consumo-de-agua-em-canteiros-de-obras.html>. Acesso em: 2 fev. 2022.

SOUSA, Camila Mareco de; LIMA, Igor Andrade; PONTES, Roberto José Almeida de. Um estudo de caso sobre o reuso de água de drenagem em canteiro de obras. In: Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental., 10., 2019, Fortaleza. **Anais [...]**. Ceará: Ibeas, 2019. p. 1-6.

OOTOSON, J.; STENSTROM, T.A. Faecal contamination of Grey water Associated Microbial Risk. **Water Research**, v.37, n.3, p.645-655, 2003.

PESSARELLO, Regiane Grigoli. **Estudo exploratório quanto ao consumo de água na produção de obras de edifícios: avaliação e fatores influenciadores**. 2008. 114 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008. Disponível em: <http://poliintegra.poli.usp.br/library/pdfs/36321ef2ece6a6108dbca2b017009f27.pdf>. Acesso em: 1 jul. 2021.

VILELA, Letícia Rezende. **Análise da viabilidade econômica de um sistema de reaproveitamento de água cinza, em edificação residencial, através do uso do BIM**. 2019. 26 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/26251>. Acesso em: 2 jul. 2021.

WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME (WWAP), 2015. **The United Nations World Water Development Report 2015: Water for a sustainable world**. Disponível em: <https://www.unwater.org/publication_categories/world-water-development-report/>. Acesso em: 12 jun. 2021.