



FACULDADE DE EDUCAÇÃO E MEIO AMBIENTE

LUCAS KAIKE ALVES GUEDES

**ANÁLISE DA SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO AGREGADO MIÚDO EM
ARGAMASSAS DE CIMENTO PORTLAND, POR REJEITO DE CASSITERITA**

**ARIQUEMES - RO
2020**

LUCAS KAIKE ALVES GUEDES

**ANÁLISE DA SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO AGREGADO MIÚDO EM
ARGAMASSAS DE CIMENTO PORTLAND, POR REJEITO DE CASSITERITA**

Trabalho de conclusão de curso para a obtenção do Grau em bacharelado de Engenharia Civil apresentado à instituição Faculdade de Educação e Meio Ambiente-FAEMA.

Orientadora: Prof. Ms. Silênia Priscila Da Silva Lemes

**Ariquemes - RO
2020**

FICHA CATALOGRÁFICA
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Júlio Bordignon - FAEMA

G924a	GUEDES, Lucas Kaike Alves . Análise da substituição parcial do agregado miúdo em argamassas de cimento Portland, por rejeito de cassiterita. / por Lucas Kaike Alves Guedes. Ariquemes: FAEMA, 2020. 54 p.; il. TCC (Graduação) - Bacharelado em Engenharia Civil - Faculdade de Educação e Meio Ambiente - FAEMA. Orientador (a): Profa. Ma. Silênia Priscila da Silva Lemes. 1. Cimento Portland. 2. Rejeito de cassiterita. 3. Areia natural. 4. Argamassa. 5. Reaproveitamento. I Lemes, Silênia Priscila da Silva. II. Título. III. FAEMA.
CDD:620.1	

Bibliotecária Responsável
Herta Maria de Açucena do N. Soeiro
CRB 1114/11

LUCAS KAIKE ALVES GUEDES

**ANÁLISE DA SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO AGREGADO MIÚDO EM
ARGAMASSAS DE CIMENTO PORTLAND, POR REJEITO DE CASSITERITA**

Trabalho de conclusão de curso para a obtenção do Grau em bacharelado de Engenharia Civil apresentado à instituição Faculdade de Educação e Meio Ambiente-FAEMA.

Banca examinadora

Prof^a. Ms. Silênia Priscila Da Silva Lemes
Faculdade de Educação e Meio Ambiente-FAEMA

Prof^o. Ms. Helena Gouvêa Rocha Alves
Faculdade de Educação e Meio Ambiente-FAEMA

Prof. Esp. Ruan Iuri de Oliveira Guedes
Faculdade de Educação e Meio Ambiente-FAEMA

ARIQUEMES - RO

2020

Dedico para minha família, meus grandes apoiadores.

Obrigado por tanta dedicação.

AGRADECIMENTOS

A Deus.

Agradeço a minha mãe Maria De Fátima Alves Guedes e ao meu irmão Luan Emerson Alves Guedes, por me incentivarem e não me deixarem desistir em momento algum, pois é por vocês que continuo lutando.

Aos familiares, amigos e companheiros de trabalho que sempre entenderam o motivo da minha ausência em determinados momentos.

Agradeço encarecidamente a minha orientadora Silênia Priscila Da Silva Lemes, que dedicou parcela do seu tempo para orientar-me.

"Não podemos resolver nossos
problemas com o mesmo
pensamento que tínhamos
quando os criamos".

Albert Einstein

RESUMO

Atualmente, a busca por soluções inovadoras e sustentáveis tem sido motivos de muitos estudos, torna-se imprescindível diante do grande consumo de recursos naturais e no intuito de reduzir impactos ambientais gerados pelo setor da construção civil. Perante esta realidade, o presente trabalho aborda o uso do rejeito de cassiterita (RC) como agregado miúdo para produção de argamassas de cimento Portland, utilizando o agregado de RC na substituição parcial do agregado miúdo (areia). A cassiterita é comum na Região de Ariquemes, devido estar presente no Garimpo Bom Futuro localizado nessa mesma cidade, no entanto na década de 1980, reduziu significativamente a cassiterita, devido á grande procura desse mineral pelas pessoas. O estudo do uso do rejeito de cassiterita é considerado um material novo para a construção civil, aliado à ideia de redução dos rejeitos lançados ao meio ambiente de forma desastrosa prejudicando solos e rios. Diante o exposto, este rejeito é utilizado para substituir parcialmente a areia natural na composição da argamassa de cimento Portland, visando manter suas propriedades mecânicas. As argamassas foram dosadas segundo proporção, em peso, de 1:3 (cimento: areia) e relação água/cimento de 0,5. Para a atividade experimental foi realizado um traço de referência de argamassa (sem adição de RC), para permitir a comparação entre argamassa de referência (LR) com argamassas com adição de RC (L20, L30 e L50). Foram produzidos traços com substituição da areia natural por RC nas proporções de 20%, 30% e 50%. Em sequência, as argamassas foram submetidas a ensaios, no estado fresco como, determinação do índice de consistência, determinação da densidade de massa e no estado endurecido como, determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Também foi realizado ensaio complementar como de determinação da absorção de água por imersão. Sendo possível assim, classificá-las de acordo com as características e propriedades mecânica de interesse da engenharia. Os resultados alcançados permitiram avaliar que é possível usar o rejeito de garimpo de cassiterita como agregado miúdo para produção de argamassas de cimento Portland de forma técnica.

Palavras-chave: Cimento Portland. Rejeito de Cassiterita. Areia Natural. Argamassa.

ABSTRACT

Currently, the search for innovative and sustainable solutions has been the subject of many studies, it is essential in view of the large consumption of natural resources and in order to reduce environmental impacts generated by the civil construction sector. In view of this reality, the present work addresses the use of cassiterite (RC) waste as recycled aggregate for the production of Portland cement mortars, using the RC aggregate in the partial replacement of fine aggregate (sand). Cassiterite is common in the Region of Ariquemes, due to being present in the Garimpo Bom Futuro located in that same city, however in the 1980s, it significantly reduced cassiterite, due to the great demand for this mineral by people. Cassiterite is considered a new material for civil construction, combined with the idea of reducing the tailings released to the environment in a disastrous way, harming soils and rivers. In view of the above, this waste is used to partially replace natural sand in the composition of Portland cement mortar, in order to maintain its mechanical properties. Mortars were dosed according to a 1: 3 weight ratio (cement: sand) and a water / cement ratio (w / w) of 0.5. For the experimental activity, a mortar reference trace (without addition of RC) was performed, to allow the comparison between reference mortar (LR) with mortars with addition of RC (L20, L30 and L50). Traces were produced with substitution of natural sand for RC in the proportions of 20%, 30% and 50%. In sequence, the mortars were subjected to tests, in the fresh state such as, determination of the consistency index, determination of the mass density and in the hardened state as, determination of the tensile strength in flexion and compression. Complementary testing was also carried out to determine the water absorption by immersion. Therefore, it is possible to classify them according to the characteristics and mechanical properties of engineering interest. The results achieved allowed us to evaluate that it is possible to use cassiterite mining waste as a fine aggregate for the production of Portland cement mortars in a technical way.

Keywords: Portland cement. Cassiterite tailings. Natural sand. Mortar.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Camadas de revestimento de argamassa.....	19
Figura 2 - Ilustração do revestimento em camada única.....	20
Figura 3 - Camadas de revestimento de argamassa, emboço e reboco; massa única	20
Figura 4 - Chapisco convencional (a), chapisco desempenado (b) e chapisco rolado (c).....	21
Figura 5 - Locação do ponto de coleta do rejeito de cassiterita	30
Figura 6 - Misturador Planetário	35
Figura 7 - (a) Forma prismática (b) Forma cilíndrica	37
Figura 8 - Mesa de consistência (flow table)	38
Figura 9 - Ensaio da resistência à tração	40
Figura 10 - Ensaio da resistência à compressão.....	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Espessuras aceitáveis de revestimento interno e externo para parede ...	19
Tabela 2 - Propriedades da argamassa de revestimento	21
Tabela 3 - Caracterização física do cimento	29
Tabela 4 - Composição granulométrica do agregado miúdo (Areia)	30
Tabela 5 - Composição granulométrica do rejeito de cassiterita.....	31
Tabela 6 - Resultado da massa específica	33
Tabela 7 - Resultado rejeito de cassiterita - elementos químicos que compõem a amostra.....	33
Tabela 8 - Nomenclatura das dosagens de argamassas	34
Tabela 9 - Quantidade e idades ensaiadas dos corpos de provas.....	37
Tabela 10 - Índice de consistência	42
Tabela 11 - Densidade de massa das argamassas	43
Tabela 12 - Resistência à tração na flexão das argamassas	44
Tabela 13 - Resistência à compressão das argamassas	46
Tabela 14 - Absorção de água das argamassas	48

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Densidade de massa.....	39
Equação 2 - Absorção de água por imersão	41

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Curva granulométrica do rejeito de cassiterita.....	32
Gráfico 2 - Resistência média à tração na flexão	44
Gráfico 3 - Resistência média à tração na flexão das argamassas com RC.....	45
Gráfico 4 - Resistência média à Compressão	46
Gráfico 5 - Absorção de água por imersão.....	48

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

a/c	Relação água/cimento
ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
cm	Centímetros
CP's	Corpo de Prova
DMC	Dimensão Máxima Característica
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
LR	Argamassa de referência, sem adição de rejeito de cassiterita
L20	Argamassa com 20% de rejeito de cassiterita
L30	Argamassa com 30% de rejeito de cassiterita
L50	Argamassa com 50% de rejeito de cassiterita
Mc	Massa do Recipiente Cilíndrico, contendo a Argamassa de Ensaio
MF	Módulo de Finura
Mi	Massa do corpo de prova saturado por imersão
Mm	Milímetros
MPa	Mega Pascal
Ms	Massa do corpo de prova seco em estufa
Msat	Massa do corpo de prova saturado
Mt	Milhões de toneladas
Mv	Massa do Recipiente Cilíndrico Vazio
NBR	Norma Brasileiras
NM	Normas da Associação Mercosul de Normalização
RC	Rejeito de cassiterita
µm	Micrometro
Vr	Volume do Recipiente Cilíndrico

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 OBJETIVOS	17
2.1 OBJETIVO PRIMÁRIO.....	17
2.2 OBJETIVOS SECUNDÁRIOS.....	17
3 REVISÃO DE LITERATURA	18
3.1 ARGAMASSA	18
3.1.1 Argamassas de Cimento Portland	22
3.2 AREIA	23
3.3 CASSITERITA	25
3.4 APROVEITAMENTO DE REJEITOS DA MINERAÇÃO	26
4 MATERIAIS E MÉTODOS	28
4.1 MATERIAIS.....	28
4.1.1 Cimento Portland	28
4.1.2 Água de amassamento	29
4.1.3 Areia	29
4.1.4 Rejeito de cassiterita	30
4.2 CARACTERIZAÇÃO DO REJEITO DE CASSITERITA.....	25
4.2.1 Análise granulométrica	31
4.2.2 Massa específica	33
4.2.3 Análise Química por Fluorescência de Raios-x	27
4.3 PROCEDIMENTO DE DOSAGEM, MISTURA, MOLDAGEM E CURA DAS ARGAMASSAS	34
4.3.1 Dosagem das argamassas	34
4.3.2 Processo de mistura das argamassas	35
4.3.3 Moldagem e Cura dos Corpos de Prova	36
4.4 CARACTERIZAÇÃO DAS ARGAMASSAS NO ESTADO FRESCO	38
4.4.1 Índice de consistência	38
4.4.2 Densidade de massa	39
4.5 CARACTERIZAÇÃO DAS ARGAMASSAS NO ESTADO ENDURECIDO	39
4.5.1 Resistência à tração na flexão e à compressão	39
4.5.2 Absorção de água por imersão	41
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
5.1 CARACTERIZAÇÃO DAS ARGAMASSAS NO SEU ESTADO FRESCO	42
5.1.1 Índice de consistência	42
5.1.2 Densidade de massa	43
5.2 CARACTERIZAÇÃO DAS ARGAMASSAS NO SEU ESTADO ENDURECIDO	43
5.2.1 Resistência à tração na flexão – NBR 13279/2005	44
5.2.2 Resistência à compressão – NBR 13279/2005	46
5.2.3 Absorção de água por imersão	47
6 CONCLUSÃO	43
REFERÊNCIAS	50

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil é considerada uma das maiores produtoras de resíduos e de gastadoras de matérias-primas naturais. Esse segmento é encarregado pela geração por ano de mais de 70 milhões de toneladas de resíduos. Embora, essa indústria é uma causadora de impacto ambiental, o uso dos agregados reciclados na produção de materiais cimentícios, como concretos e argamassas, vem se demonstrando viável em distintas pesquisas (SANTANA; PEREIRA, 2020).

Desse modo, surge a problemática associada com o processamento, tratamento, reutilização, reciclagem dos resíduos fabricados que são depositados na natureza, ocasionando graves impactos ambientais. Então, o reaproveitamento é uma alternativa ecologicamente e econômica viável que possibilita um destino específico para os resíduos originados da construção civil e de indústrias de mineração como, por exemplo, extração de granito e mármore (SANTOS; LIRA; RIBEIRO, 2012).

Moreaes et al. (2016) comenta que tem sido muito estudado o emprego de novas matérias primas como constituinte da argamassa, alcançando resultados sustentáveis, contudo que permaneçam, ou elevem as propriedades mecânicas e físicas do produto final. A principal preocupação com os componentes da argamassa acontece mais particularmente com o agregado natural, sendo a areia. Uma maneira estudada é o rejeito de cassiterita.

Sendo assim, a mineração produz rejeitos, cabe aos engenheiros, empresas, cientistas, governos, cidadãos serem encarregados pela destinação desses produtos, seja por meio da reutilização ou reciclagem. O termo rejeito é relativo, em razão que hoje pode ser considerado rejeito, mas amanhã poderá ser material de elevado valor econômico. Então, na indústria da mineração não acontece diferente, os estabelecimentos destinam seus rejeitos, decorrentes de procedimento de concentração de minério, esperando que cientistas e pesquisadores tracem rotas aceitáveis para a utilização desses rejeitos em outros locais (ROSÁRIO, 2018).

Diante do exposto, a cassiterita é um mineral presente na Região de Ariquemes, sendo muito comum, aliado à ideia de redução dos rejeitos lançados ao meio ambiente de forma desastrosa prejudicando solos e rios. Desta forma, nesse estudo será usado o rejeito de cassiterita para substituir parcialmente o agregado miúdo (areia) na composição da Argamassa de Cimento Portland, mantendo-se suas

propriedades mecânicas, caso a hipótese seja confirmada, a proposta agregará rentabilidade econômica e sustentável ao setor.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO PRIMÁRIO

Analisar o comportamento das propriedades mecânicas das argamassas utilizando o rejeito de garimpo de cassiterita na substituição parcial do agregado miúdo.

2.2 OBJETIVOS SECUNDÁRIOS

Para atingir o objetivo geral, é necessário definir alguns objetivos secundários, são eles:

- Determinar dosagens para os traços das argamassas, a partir da substituição parcial de agregado miúdo (areia) por rejeito de cassiterita (RC);
- Analisar as propriedades das argamassas no estado fresco por meio de ensaios, tais como: determinação do índice de consistência, determinação da densidade de massa;
- Analisar as propriedades das argamassas no estado endurecido por meio de ensaios, tais como: determinação da resistência à tração na flexão e à compressão, determinação da absorção de água por imersão.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 ARGAMASSA

A NBR 13281/2005 conceitua e classifica a argamassa, como produtos de construção com algumas características e propriedades definidas, como, por exemplo, aderência ao substrato, rugosidade, porosidade, estanqueidade e resistência mecânica. No entanto, as argamassas são alcançadas com a mistura de um ou mais aglomerante inorgânico, água, agregados miúdos (areia) podendo possuir adições minerais e aditivos, podendo ser dosada em construção ou instalações específicas (argamassas industrializadas) (SILVA, 2019).

Esse produto bastante usado na construção civil na realização de alvenarias, revestimento externo e interno de edifício, assentamento de pisos e recuperação de estruturas. No revestimento de tetos e paredes normalmente são efetuadas três fases como chapisco, emboço e reboco, são encarregadas por distintas funções e, por esse motivo, demandam de características de resistência e rugosidade diversas, aliadas a correta trabalhabilidade do produto (CAMARGO; MOREIRAS, 2017).

Argamassa de assentamento que é empregada para elevação de alvenarias, contribuindo para aglomerar e produzir elementos estruturais, colaborando para elevar a resistência aos esforços laterais, além de unificar as cargas atuantes em toda a parede. Assegura a estanqueidade também da parede contra a penetração das tempestades, incorpora as deformações naturais, como as retrações por secagem e de origem térmica, dos quais a alvenaria estará sujeita (SILVA, 2019).

As argamassas de revestimento possuem o papel de fornecer um acabamento às paredes de alvenaria, tetos das edificações e paredes de concreto obedecendo aos requisitos arquitetônicos. Apresentam-se como funções: impermeabilizar as superfícies; absorver as deformações naturais; propiciar o acabamento adequado e regularizar as superfícies; e mecanicamente proteger as superfícies compostas por isolamento termoacústico ou sistemas de impermeabilização (FONTES, 2013). Deve possuir propriedades apropriadas no estado endurecido e no fresco, como plasticidade e coesão, capacidade de retenção de água, trabalhabilidade (em termos de consistência), capacidade de aderência, resistência mecânica, durabilidade e

capacidade de absorver deformações (menor módulo de elasticidade) (ISHIKAWA, 2009).

Os constituintes dos revestimentos de argamassa podem ser compostos por uma ou mais camadas, isto é: emboço e reboco, e camada única. A norma NBR 13749/2013 determina as espessuras aceitáveis, assim como graus de aderência mínimos (Tabela 1) (BAUER, 2013).

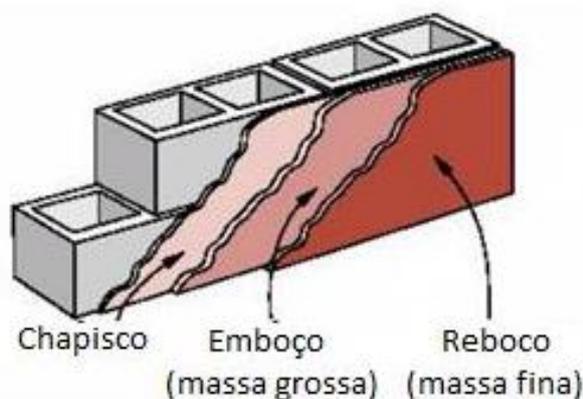
Tabela 1 - Espessuras aceitáveis de revestimento interno e externo para parede

Camada de revestimento	Espessura (mm)	
	Interna	Externa
Emboço	5 a 20	15 a 25
Emboço e Reboco	10 a 30	20 a 30
Camada única	5 a 30	15 a 30

Fonte: Bauer (2013).

Nos revestimentos compostos por duas camadas, sendo o emboço e reboco, então cada uma delas obedece a funções definidas. O emboço é designado como uma camada de regularização da base. No entanto, o reboco é determinado como uma camada de acabamento (Figura 1) (CASAL, 2017).

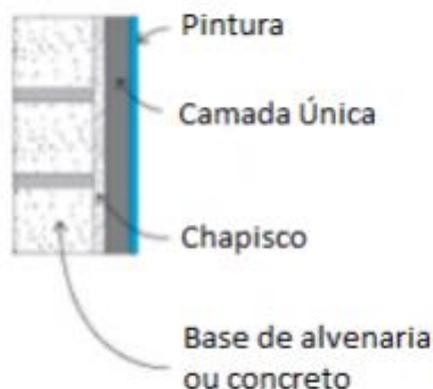
Figura 1 - Camadas de revestimento de argamassa



Fonte: Salvi (2017).

Contudo, os revestimentos que contém uma única camada, realiza as duas atribuições de regularização da base e acabamento (Figura 2) (CASAL, 2017).

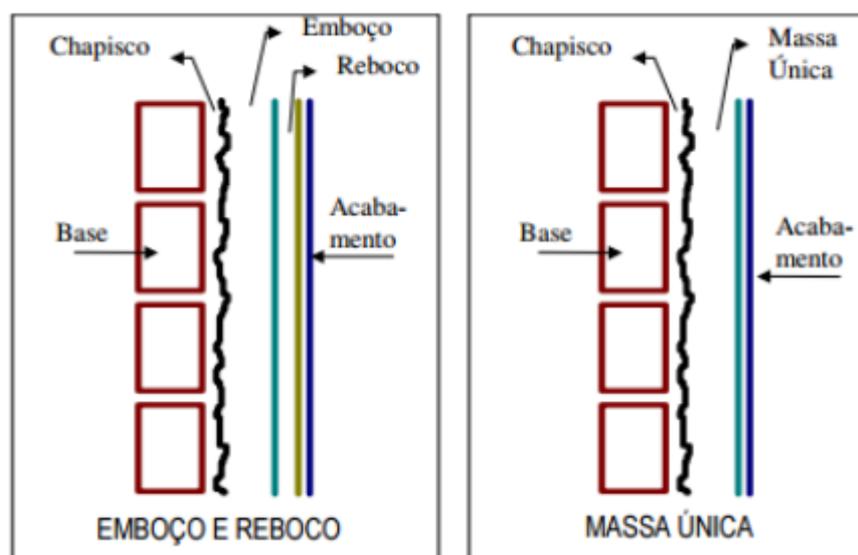
Figura 2 - Ilustração do revestimento em camada única



Fonte: Salvi (2017).

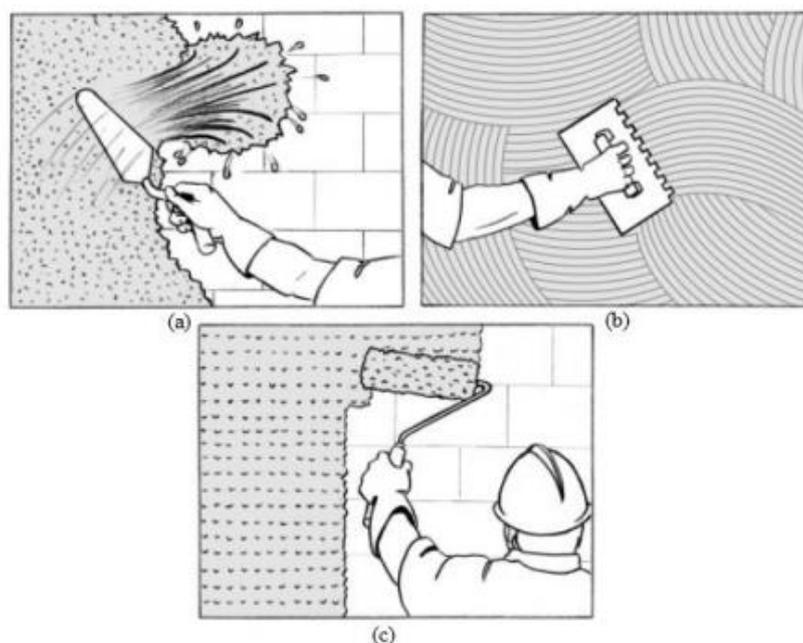
Cada uma das etapas do revestimento é formada por argamassas com propriedades distintas, apropriadas ao cumprimento das funções determinadas. A Figura 3 demonstra o revestimento da vedação vertical, sendo do tipo emboço e reboco e também do tipo massa única. No entanto, esses dois tipos de revestimento podem ser utilizados em relação a uma camada de manipulação da base, designada de chapisco (Figura 4) e podem ter sobre a sua superfície um acabamento decorativo (CASAL, 2017; SALVI, 2017).

Figura 3 - Camadas de revestimento de argamassa, emboço e reboco; massa única



Fonte: Casal (2017).

Figura 4 - Chapisco convencional (a), chapisco desempenado (b) e chapisco rolado (c)



Fonte: Salvi (2017).

O agregado utilizado na argamassa de revestimento deve ser empregado o agregado miúdo, por possuir propriedades e dimensões corretas, e essa classificação é determinada por apresentar os seus grãos percorrendo na peneira de abertura 4,8 mm, e confinados na peneira de abertura 0,075 mm de acordo com a NBR 9935 (MORAES et al., 2016).

As argamassas de revestimento possuem propriedades de desempenho no estado fresco e no estado endurecido conforme o quadro abaixo (SELMO et al., 2010).

Tabela 2 – Propriedades da argamassa de revestimento

Propriedades no estado fresco	Propriedades no estado endurecido
<ul style="list-style-type: none"> • Adesão inicial • Coesão • Consistência • Endurecimento • Exsudação de água • Retenção de água • Retenção de consistência • Tixotropia • Trabalhabilidade 	<ul style="list-style-type: none"> • Aderência • Retração por secagem, movimentos térmicos e higroscópicos • Umidade de equilíbrio e máximo de umidade adsorvida • Fissuração • Resistência superficial • Permeabilidade à água • Absorção de água • Textura e cor • Estabilidade • Condutibilidade térmica • Resistência ao congelamento • Resistência ao fogo

Fonte: Selmo et al. (2010).

Além disso, as argamassas são classificadas conforme diversos critérios:

- Em relação a propriedades: argamassa comum, de revestimento, colante, aditivada, de proteção radiológica, para rejuntamento, hidrófuga, de impermeabilização, refratária, termoisolante e acústica;
- Quanto à maneira de manipulação ou fornecimento: argamassa preparada em contrução, dosada em central, industrializada ou também mistura semipronta para argamassa;
 - Referente à natureza do aglomerante: argamassa hidráulica e aérea;
 - Em relação a quantidade de aglomerantes: argamassa mista e simples;
 - Quanto ao tipo de aglomerante: argamassa de gesso, de cal, de cimento e de cimento e cal. Normalmente nas construções, as argamassas são divididas pelo tipo de aglomerante, isto é, argamassas de cimento Portland, argamassas de cal e argamassas de cimento Portland e cal, e denominadas como argamassas mistas. (FONTES, 2013).

No Brasil, na criação de concretos e de argamassas, consome em torno 220 milhões de toneladas de agregados naturais, uma vez que perto das grandes cidades, agregados naturais e areia tendem a ficar insuficiente, resultante da retirada de matérias primas. Desta maneira, prevenindo-se a escassez do agregado, a melhor forma é o reaproveitamento de resíduos (LIMA et al., 2016).

3.1.1 Argamassas de Cimento Portland

A característica aglomerante da argamassa acontece pela existência do cimento na mistura, que apresentam a capacidade de juntar os fragmentos minerais, produzindo uma massa consistente. O cimento Portland é designado como um aglomerante hidráulico oriundo da moagem do clínquer, possui como composição química essencialmente calcário, alumina, óxido de ferro e sílica. Desta maneira, endurece sobre a atividade da água e, após endurecido, mesmo que novamente seja submetido à água, ele não se decompõe mais. Então, o cimento é o constituinte principal de argamassas e do concreto. Por ser considerado o mais ativo quimicamente, possui a função de combinar os agregados e colaborar para conseguir a resistência final desejada (CABRAL; AZEVEDO, 2016).

Devido a ampla utilização, advém das características que lhe são específicas, como trabalhabilidade, elevada durabilidade, resistência ao fogo e à cargas e maleabilidade. Entretanto, apesar de todos os benefícios do emprego do cimento na construção civil, a fabricação de tal produto ocasiona graves problemas ambientais (SILVA; CABRAL; PINTO 2016).

Argamassas de cimento Portland são consideradas argamassas simples e constituída por agregado miúdo, água e cimento. Em razão, às propriedades do cimento, obtêm alta resistência mecânica em um período curto, no entanto, possuem pouca trabalhabilidade e pequena retenção de água. São utilizadas para empregos que recomendam alta trabalhabilidade, requisitos de aderência, resistência, durabilidade e impermeabilidade. Além disso, este tipo de argamassa apresenta emprego definido para certas condições, como, na criação de revestimentos de alvenaria; é bastante usada na confecção de chapisco para elevar a resistência de aderência em revestimento de argamassas misturadas (FONTES, 2013; MILAGRES et al, 2018).

Ademais, conseguem resistências iniciais e finais muito altas, comparando com outras argamassas. Tem elevada resistência à compressão, todavia, pouca flexibilidade e custo alto em relação à cal. O procedimento de cura influencia na resistência e qualidade final dessas argamassas. Já a cura úmida possibilita um produto excessivamente forte, proporcionando alcançar um material muito resistente à compressão (FONTES, 2013).

3.2 AREIA

Segundo Isaia (2011), pode-se conceituar areia como sendo um agregado natural, e também geologicamente como um sedimento de grãos, normalmente quartzosos, com diâmetro limite não excedendo 2mm. Portanto, para a areia ser material de construção, é exigido que seus grãos possuam formatos de produtos consistentes, não precisamente quartzosos (SILVA; VIEIRA; OLIVEIRA, 2018).

No Brasil, a extração de areia alcança anualmente 320 milhões de metros cúbicos, o corresponde a 7.100 estádios idênticos ao Maracanã. Essas informações fornecem um pouco da extensão do impacto ambiental que a retirada excessiva e intensa de areia pode acarretar. Produtos exagerados, sem utilidade determinados,

ocasionados pelas mais distintas tarefas, e que não precisam de reprocessamento para serem empregados novamente, são considerados prioridades nos estudos, devido possuírem um custo baixo econômico. De acordo com essa linha ideia, o resíduo da remoção de cassiterita, apresenta as características certas para ser utilizado como um produto que possa substituir de modo total ou parcial a areia na argamassa (ROLIM, 2017).

Contudo, apesar desse rejeito se enquadrar nos parâmetros de sustentabilidade, é primordial conhecer e averiguar as suas composições, o seu comportamento na argamassa e as suas características, por meio da execução de ensaios laboratoriais (MORAES et al., 2016).

Os depósitos com predomínio de agregado miúdo, denominados de areia, acontecem principalmente no leito dos rios, especialmente nas curvas, porém também podem ser situadas nas camadas superiores. O pesquisador comenta ainda que nas jazidas denominadas de cascalheiras ocorrem bastante seixos e pedregulhos, que são frequentemente designados de cascalhos, sendo que os pedregulhos e particularmente os seixos já têm sido empregados como matéria-prima para geração de areia (SILVA; VIEIRA; OLIVEIRA, 2018).

A exploração de canais, dunas, planícies de inundação de rios, objetivando à retirada de areias para uso como agregados em construções, vem sendo efetuada há muito tempo no Brasil, nas regiões metropolitanas, acarretando o esgotamento desses bens minerais pertos dos centros grandes urbanos, causando graves problemas ambientais (CAVALCANTI; FREIRE, 2007).

Os problemas principais da remoção de areia localizadas nos leitos de rio é o desgaste da mata ciliar; a compactação do solo acarretada pela remoção da mata e o trânsito de máquinas; a modificação dos percursos dos rios e o seu assoreamento provocado pela deposição de solo no profundidade do rio pela falta de mata ciliar para impedir o solo das margens; a fuga da fauna em consequência do barulho e movimentação no lugar; a erosão do solo, pois foi destruído e desprotegido com a extração das árvores. O maior impacto é a falta de identificação do lugar em razão à degradação que ocasiona a retirada da areia em leito de rios (SILVA; VIEIRA; OLIVEIRA, 2018).

Além do mais, a escassez de areia é uma realidade grande em várias regiões, como no Paquistão, Índia e Nigéria, os elevados lucros ocasionados pelo comércio

desse produto, normalmente causam conflitos políticos e sociais, envolvendo extração ilegal desenfreada, tensões entre as nações e violência. Na Índia, possui a “máfia de areia”, sendo um dos grupos de crime organizado mais violentos e poderosos e inúmeros indivíduos já foram mortos nas “guerras de areia”. Dessa forma, tem feito com que a procura por alternativas de materiais torne-se uma realidade precisa para suprir o consumo de argamassas e de concreto (PIMENTEL; PAES, 2020).

Múltiplas pesquisas recomendam uma diversidade de materiais que podem ser empregados como integrante suplementar à areia, podendo obedecer as tendências de desenvolvimento atuais, como, por exemplo, a escória de alto forno, que resfriada bem lentamente fica inviabilizada de ser usada como produto adicional ao cimento Portland, por motivo de sua baixa reatividade, porém tem se revelado promissora para o emprego como substituto de agregados em obras. Outros exemplos são a aplicação de resíduos de rochas trituradas para a fabricação de minérios metálicos, resíduos gerados na criação do granito e mármore, rejeitos de mineração de metais, resíduos agroindustriais (PIMENTEL; PAES, 2020).

3.3 CASSITERITA

O minério de cassiterita é fundamental a nível nacional para a economia, principalmente para os estados que a utilizam para obtenção de estanho, bastante empregado na criação de ligas em conjunto com outros metais, usado especialmente na produção de soldas e também em revestimentos de placas metálicas, o que acarreta em uma característica antioxidante à essas placas. Além disso, a cassiterita é considerada quimicamente como um óxido estanoso (SnO_2) e, por ser composta particularmente de estanho, ela possui um teor alto desse metal que pode diversificar de 60% a 78,9%, e apresenta como características físicas principais a densidade que pode variar de 6,8 - 7,1 g/cm³, a dureza entre 6 e 7 e o brilho adamantino a submetálico. (BEVILAQUA, 2011).

A cassiterita apresentando coloração preta ou castanha, podendo as vezes possuir coloração avermelhada e está associada especialmente a rochas ígneas como o riólitos ou granito. Outras maneiras que o estanho pode ter são: estanita ($\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$), tealita (PbSnS_2), cilindrita ($\text{PbSn}_4\text{FeSb}_2\text{S}_{14}$) e canfieldita (Ag_8SnS_6) (ROSÁRIO, 2018).

No mundo, a cassiterita é o mineral principal de estanho extraído e o único no Brasil fabricado comercialmente. O seu cristal puro apresenta a fórmula química SnO_2 , e em peso, o estanho representa 78,6% e o oxigênio a 21,4%. O Brasil possui a terceira maior reserva mundial com 7 Mt (milhões de toneladas) cerca de 13% do estanho e é o quinto maior produtor mundial com 10.400 t produzidas no ano de 2010 correspondendo a 4 % do total. No país as minas principais de cassiterita, levando em conta a disponibilidade das reservas, estão localizadas em dois estados: Amazonas (58,0%) e Rondônia (34,0%), em torno desses valores. É na região amazônica também onde tem o potencial maior de recursos estaníferos, tendo em consideração os ambientes geologicamente favoráveis (estruturas graníticas) e a extensão territorial (LIMA, 2009; ROSÁRIO, 2018).

O garimpo Bom Futuro, situado na cidade de Ariquemes - Rondônia, descoberto em 1987, utilizado por garimpeiros, ressaltou-se por possuir uma área com uma quantidade significativa de cassiterita com elevado teor de estanho. Neste tempo, até 1989, teve um crescimento em mais de 49% na fabricação, e outros 29% em 1989, possuindo em torno de 54.700 toneladas, desse modo, tornando o Brasil o produtor mundial maior de estanho. Vale destacar que, no término da década de oitenta, a geração em Bom Futuro, reduziu significativamente em razão do esgotamento da cassiterita com elevado teor de estanho e extração fácil (BEVILAQUA, 2011).

Entretanto, para que a exploração mineral seja viável economicamente é necessário que os rejeitos agregados sejam considerados, o minério tem que passar por um processamento em que despeja a massa recusada. A cassiterita percorre o exemplo do minério de scheelita, que apresenta uma quantidade de 0,35% óxido de tungstênio (WO_3) antes do beneficiamento e depois do tratamento executado mediante técnicas e equipamentos apropriados como concentração gravítica (jig, mesa) ou por flotação, a quantidade decorrente do minério alcança por volta de 70% WO_3 (BEVILAQUA, 2011).

3.4 APROVEITAMENTO DE REJEITOS DA MINERAÇÃO

Segundo a NBR 13028, rejeito é definido como todo e qualquer material não economicamente aproveitável, produzido durante o procedimento de beneficiamento de minério (MILAGRES et al, 2018).

A mineração, ocasiona vários problemas como modificações ambientais, depreciação de imóveis circunvizinhos, conflitos de uso do solo, transtornos ao tráfego urbano, produção de áreas degradadas, entre outros. No Brasil, os problemas principais originados desta tarefa podem ser envolvidos em quatro categorias: poluição do ar, poluição da água, subsidência do terreno e poluição sonora (GOMES, 2017).

Ademais, os impactos da mineração em local urbano vêm do seu elevado grau de ocupação, que é piorada, quanto maior a proximidade de lugares onde acontece a atividade extrativa. Esta proximidade agrava também os impactos visuais resultantes dos volumes altos de solos movimentados e rocha e às dimensões da frente de lavra ou da cava. O desconforto ambiental consegue ser sentido até quando as emissões de gases, níveis de vibrações, ruído e poeira estiverem abaixo dos valores ambientais definidos. Os danos ocasionados sobre a saúde, são reduzidos, ou não existem quando essa imediação for menor (GOMES, 2017).

Desse modo, os pesquisadores descobriram uma forma de reutilizar os rejeitos da mineração como a cassiterita, que, diversas vezes, são despejadas em barragens. Além da utilização de todo esse produto em concreto, também são empregados esses rejeitos para efetuar a argamassa que fica situada entre os blocos e utilizada para assentar os azulejos, pois é considerado economicamente viável (GAMA, 2020).

O conhecimento desses rejeitos propicia a viabilização de seu reaproveitamento em outro segmento industrial ou como subproduto na própria usina. Então, viabilizando-se sua reutilização, diminui o impacto ambiental e propicia um retorno econômico. O setor da construção civil vem aproveitando, com uma frequência e quantidade bem maior, os descartes da mineração, considerando como fonte de produtos alternativos, o que pode diminuir preços, o gasto de energia e matérias primas (GOMES, 2017).

Além dos benefícios de sustentabilidade pode permitir redução energética da exploração, diminuição de transportes e gastos de manutenção dos resíduos caracterizando-se em uma oportunidade ambiental, técnica e econômica (DIAS et al., 2016).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

O presente capítulo descreve os materiais, equipamentos e métodos experimentais que foram utilizados para o desenvolvimento da pesquisa.

A atividade experimental é dividida em quatro etapas. A primeira etapa é descrita é os materiais que foram empregados para a criação das argamassas experimentais. Na segunda etapa foi realizada a dosagem, moldagem e cura dos traços. Já na terceira etapa da pesquisa, foram analisadas as propriedades das argamassas no seu estado fresco, com os ensaios de determinação do índice de consistência, determinação da densidade de massa.

Por fim, a quarta etapa foram analisadas as propriedades das argamassas no seu estado endurecido onde, constitui a caracterização mecânica das argamassas. Para análise do comportamento mecânico foi determinado resistência à tração na flexão e à compressão ABNT NBR 13279:2005. Também foi realizado ensaio complementar como de determinação da absorção de água por imersão.

A produção das argamassas, os ensaios no estado fresco, ensaios mecânicos, e ensaio complementar foram realizados nos Laboratório de Construção Civil e Mecânica dos Solos da Faculdade de Educação e Meio Ambiente (FAEMA), Ariquemes-RO.

4.1 MATERIAIS

Os materiais utilizados nas argamassas experimentais foram cimento Portland CP II 32 Z; e o rejeito de cassiterita (RC) que foi utilizado com diferentes percentuais em relação à substituição parcial ao agregado miúdo. Argamassas naturais, constituídas sem a presença do RC, também foram confeccionadas com o objetivo de servir de referência nas análises comparativas entre seus dados e os de argamassas compostas com agregado de RC.

4.1.1 Cimento Portland

O cimento utilizado como aglomerante para produção das argamassas do trabalho experimental foi o cimento Portland CP II 32 Z, produzido pela empresa

Ciplan de acordo com os critérios especificados pela ABNT NBR 16697:2018 – Cimento Portland – Requisitos, com disponibilidade e custo acessíveis. É considerado um aglomerante hidráulico alcançado pela combinação homogênea de clínquer Portland e produtos pozzolânica, moídos em conjunto ou separado. O que confere ao cimento impermeabilidade e durabilidade. Além de ser um cimento que pode ter aplicação geral em argamassas de assentamento, revestimento, concreto armado, entre outras.

O cimento utilizado nas argamassas experimentais encontra-se conforme os requisitos determinados pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO). As propriedades físicas do cimento Portland CP II 32 Z estão descritas na Tabela 3 apresentada a seguir.

Tabela 3 - Caracterização física do cimento

Resist. 1dia	Resist. 3dias	Resist. 7dias	Resist. 28dias	Blaine	Início da pega	Fim da pega
15,0 Mpa	23,0 Mpa	28,0 Mpa	33,0 Mpa	5000	195 min	270 min

Fonte: Ciplan (2020), adaptado.

4.1.2 Água de amassamento

A água utilizada para a mistura nas argamassas é proveniente da rede pública de distribuição de água da cidade de Ariquemes, fornecida pela empresa Águas de Ariquemes (AEGEA).

4.1.3 Areia

Para a composição dos traços de argamassas experimentais foi utilizado como agregado, uma areia média, de origem natural, areia de procedência das jazidas do Rio Jamari e proveniente do município de Ariquemes. Esta areia é limpa, característica relevante na análise e escolha do material e também em função da disponibilidade já que é amplamente comercializado na região.

A caracterização desse agregado foi executada segundo o procedimento recomendado pela ABNT NBR NM 248:2003 – Agregados – Determinação da composição granulométrica. Conforme apresentada na Tabela 4 a seguir.

Tabela 4 - Composição granulométrica do agregado miúdo (Areia)

PENEIRA	% RETIDA MÉDIA	% RETIDA ACUMULADA	% PASSANTE
4,75 mm	01,19	01,19	98,81
2,36 mm	06,21	07,40	92,60
1,18 mm	25,18	32,58	67,42
0,600 mm	30,69	63,27	36,73
0,300 mm	29,27	92,54	07,46
0,150 mm	06,78	99,32	00,69
Fundo	00,69	100,00	00,00
<i>Dimensão máxima característica</i>	4,75 mm	<i>Módulo de finura</i>	2,96

Fonte: Próprio Autor, 2020

Para obter a qualidade desejada das argamassas experimentais e dos ensaios, a areia foi seca em estufa, em seguida peneirada e armazenada em bandejas de alumínio e identificadas. Os processos demonstrados foram efetuados no Laboratório de Construção Civil e Mecânica dos Solos da FAEMA, Ariquemes-RO.

4.1.4 Rejeito de cassiterita

A princípio foi realizada a identificação do rejeito de cassiterita (RC) no Garimpo Bom Futuro no município de Ariquemes/RO, em seguida, do ponto de coleta das amostras utilizadas para produção das argamassas experimental, conforme apresentado na Figura 5.

Figura 5 - Localização do ponto de coleta do rejeito de cassiterita



Fonte: Peres (2020)

Posteriormente, o RC utilizado como matéria prima reaproveitada para a produção de argamassas. Após a coleta, as amostras do RC foram transportadas e depositadas no pátio do Laboratório de Construção Civil e Mecânica dos Solos da FAEMA, onde se realizaram as preparações destas amostras. As amostras foram secas em estufa, peneiradas e armazenadas em bandejas de alumínio e identificadas, distintos conforme a granulometria.

4.2 CARACTERIZAÇÃO DO REJEITO DE CASSITERITA

Neste tópico da pesquisa, apresentam-se os ensaios de caracterização física e química dos rejeitos de cassiterita como: Determinação da composição granulométrica – NBR NM 248:2003; Determinação da massa específica e massa específica aparente - NBR NM 52:2009 e Fluorescência de Raio-X (FRX), realizado por Peres (2020), o autor fez a caracterização desse mesmo material em sua pesquisa de trabalho de conclusão de curso.

4.2.1 Análise granulométrica

A distribuição granulométrica do agregado de RC, obtiveram os resultados da granulometria conforme apresentados na Tabela 4 e Gráfico 1. A Tabela 5 mostra a composição granulométrica do agregado ensaiado, Dimensão Máxima Característica (DMC) e Módulo de Finura (MF).

Tabela 5 - Composição granulométrica do rejeito de cassiterita

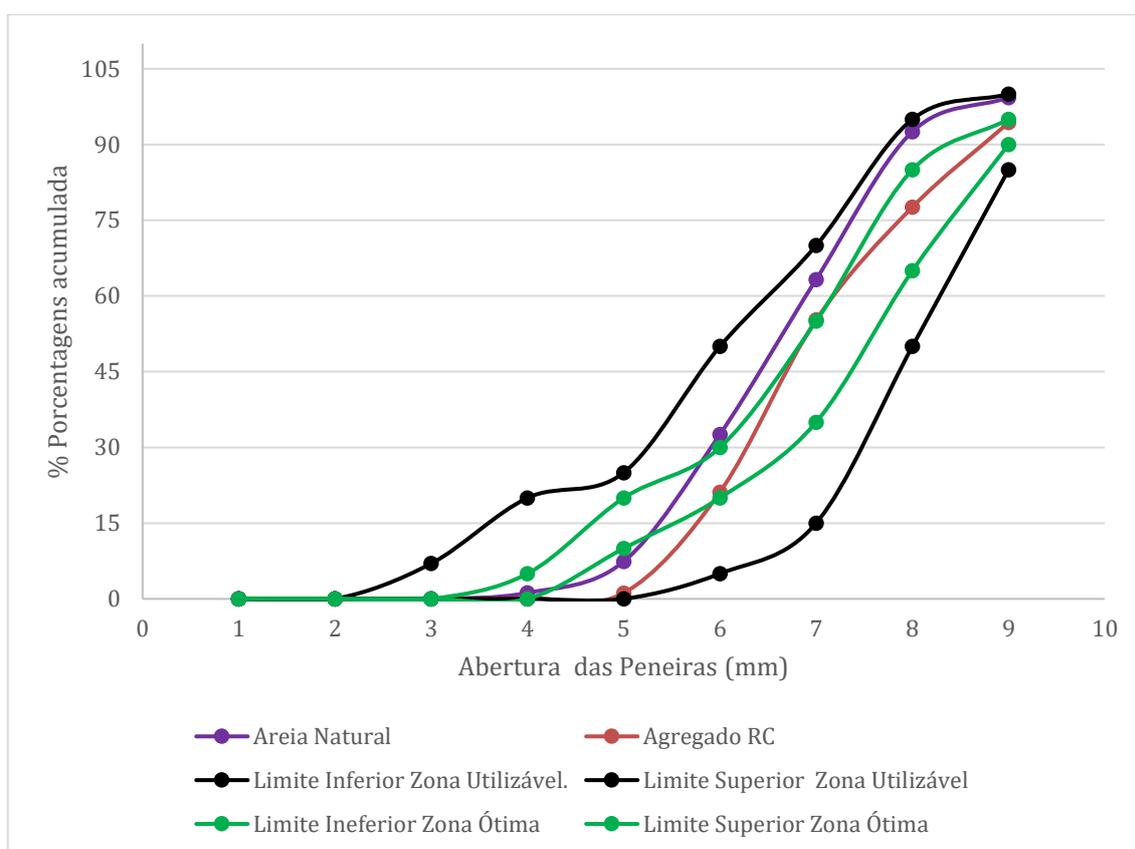
PENEIRA	% RETIDA MÉDIA	% RETIDA ACUMULADA	% PASSANTE
4,75 mm	0,15	0,15	99,85
2,36 mm	1,00	1,15	98,85
1,18 mm	20,00	21,15	78,85
0,600 mm	34,10	55,25	44,75
0,300 mm	22,35	77,60	22,40
0,150 mm	16,74	94,34	5,66
Fundo	5,66	100,00	00,00
<i>Dimensão máxima característica</i>	2,36 mm	<i>Módulo de finura</i>	2,50

Fonte: Peres (2020), adaptado

Observa-se a partir dos resultados encontrados pelo autor que o valor da dimensão máxima característica resultou na peneira de 2,36mm e o módulo de finura apresentou um valor de 2,50, esse resultado é obtido devido à maior porcentagem retida acumulada entre as peneiras.

No Gráfico 1 está apresentada a composição granulométrica do agregado de rejeito de cassiterita obtida pelos ensaios, segundo as zonas ótima e utilizável para agregado miúdos.

Gráfico 1 - Curva granulométrica do rejeito de cassiterita



Fonte: Peres (2020), adaptado

Nota-se que a amostra de agregado de RC na distribuição granulométrica se apresenta de forma contínua dentro dos limites da zona utilizável estabelecida pela NBR 7211:2009. No entanto, teve sua distribuição parcial dentro da zona ótima a partir da abertura da peneira com tamanho de 6,0 mm.

4.2.2 Massa específica

Pelo ensaio realizado na amostra de agregado de rejeito de cassiterita, de acordo com os parâmetros da ABNT NBR NM 52:2009, obteve-se a massa específica do agregado de RC de 2,93 g/cm³, conforme apresentado na Tabela 6 a seguir.

Tabela 6 - Resultado da massa específica

Agregado	Massa específica do agregado (g/cm³)
RC	2,93

Fonte: Peres (2020), adaptado

4.2.3 Análise Química por Fluorescência de Raios-X

Conforme visto na tabela abaixo, alguns elementos químicos foram observados no estudo. A tabela 7 destacam esses elementos que formam o rejeito de cassiterita.

Tabela 7 - Resultado rejeito de cassiterita - elementos químicos que compõem a amostra

Rejeito de Cassiterita			
Nº	Componente	Descrição	% Massa
1	Al ₂ O ₃	Trióxido de Alumínio	23,7870
2	SiO ₂	Dióxido de Silício	59,2980
3	P ₂ O ₅	Pentóxido de Fósforo	0,2184
4	TiO ₂	Dióxido de Titânio	2,7168
5	MnO	Óxido de Manganês	1,4326
6	Fe ₂ O ₃	Trióxido de Ferro	11,1619
7	CuO	Óxido de Cobre	0,0643
8	ZnO	Óxido de Zinco	0,0606
9	As ₂ O ₃	Trióxido de Arsênio	0,0000
10	Rb ₂ O	Óxido de Rubídio	0,0242
11	Y ₂ O ₃	Trióxido de Ítrio	0,0141
12	ZrO ₂	Dióxido de Zircônio	0,5477
13	Nb ₂ O ₅	Pentóxido de Nióbio	0,1105
14	SnO ₂	Dióxido de Estanho	0,4166
15	PbO	Óxido de Chumbo	0,1470

Fonte: Peres (2020), adaptado

Peres (2020) relata que na amostra selecionada foram encontrados metais pesados como o Al, Fe, Ti, Pb, Zn e o Cr que podem interferir nas características das

misturas cimentícias. Dessa forma, quando contém em produtos que possuem cimento na mistura (materiais cimentícios), podem influenciar no estado fresco da mistura as propriedades e durabilidade.

4.3 PROCEDIMENTO DE DOSAGEM, MISTURA, MOLDAGEM E CURA DAS ARGAMASSAS

4.3.1 Dosagem das argamassas

Para a atividade experimental foi realizado um traço de referência de argamassa (sem a presença de RC), para permitir a comparação entre argamassa de referência com argamassas com adição de RC. As dosagens realizadas seguem as informações da NBR 7215:2019, que determinam o traço de argamassa padrão, de 1:3 (cimento: areia) e relação água/cimento (a/c) de 0,5. O teor de RC utilizado parcialmente foi de 20%, 30% e 50% em relação com areia. A relação a/c foi estabelecida em 0,5 para todos os traços, desse modo, o teor de água não influencia na comparação futura dos traços. O planejamento da dosagem destas argamassas receberá as seguintes nomenclaturas conforme na Tabela 8 apresentada a seguir.

Tabela 8 - Nomenclatura das dosagens de argamassas

Nomenclatura	Cimento	Areia	RC (%)	a/c
LR	1	3	-	0,5
L20	1	3	20	0,5
L30	1	3	30	0,5
L50	1	3	50	0,5

Fonte: Próprio Autor, 2020

A produção das argamassas foi realizada no Laboratório de Construção Civil e Mecânica dos Solos da FAEMA, Ariquemes-RO.

4.3.2 Processo de mistura das argamassas

Para a produção da argamassa de referência (LR) e para argamassa com substituição de areia por rejeito de cassiterita (L20, L30 e L50) seguiu-se as prescrições da ABNT NBR 7215:2019, na qual para a mistura, foi utilizado um misturador do tipo planetário, conforme apresentado na Figura 6.

Figura 6 - Misturador Planetário



Fonte: Próprio autor, 2020

Foram utilizadas as seguintes sequências de misturas dos materiais para produção da argamassa de referência:

- Primeiramente foi despejada toda quantidade de água na cuba de alumínio, em seguida, foi adicionado o cimento portland e misturado por 30 segundos em velocidade baixa;
- Posteriormente, adicionou-se o agregado miúdo (areia) no decorrer de 30 segundos, aumentando a velocidade do misturador para alta, misturando-se

todos os materiais por mais 2 minutos, totalizando 3 minutos de mistura dos insumos;

- Por fim, ao término do tempo foi desligado o misturador, retirando toda a argamassa existente na cuba e na pá. Imediatamente, colocados nas formas para a continuação do processo de ensaios da argamassa.

Foram utilizadas as seguintes sequências de misturas dos materiais para produção da argamassa com adição de rejeito de cassiterita:

- Primeiramente foi despejada toda quantidade de água na cuba de alumínio, em seguida, foi adicionado o cimento portland e misturado por 30 segundos em velocidade baixa;
- Posteriormente, adicionou-se o agregado miúdo (areia) no decorrer de 30 segundos, aumentando a velocidade do misturador para alta;
- Após, ainda em velocidade alta, foi adicionado o percentual do rejeito de cassiterita no decorrer de mais 30 segundos, misturando-se todos os materiais por mais 2 minutos, totalizando 3 minutos e meio de mistura dos insumos;
- Por fim, ao término do tempo foi desligado o misturador, retirando toda a argamassa existente na cuba e na pá. Imediatamente, colocados nas formas para a continuação do processo de ensaios da argamassa.

4.3.3 Moldagem e Cura dos Corpos de Prova

Para os testes de resistência à tração na flexão e à compressão, foram usados moldes prismáticos metálicos tendo as dimensões 40 x 40 x 160 mm, os quais dispõem três compartimentos acoplados, servindo de forma para três corpos-de-prova (CP's). A moldagem dos CP's foi realizada segundo o procedimento estabelecido pela ABNT NBR 13279:2005. Para cada tipo de traço, foram moldados 9 (nove) corpos-de-prova, ou seja, um total de 36 (trinta e seis) CP's.

Já no ensaio de absorção de água, foram empregados moldes cilíndricos tendo dimensões de 50 mm de diâmetro e 100 mm de altura, segundo os critérios especificados pela NBR 7215:2019. Para cada tipo de traço, foram moldados 3 (três)

CP's, ou seja, totalizando 12 (doze) CP's. A figura 7(a) e 7(b) ilustra os moldes utilizados.

Figura 7 - (a) Forma prismática (b) Forma cilíndrica



(a)

(b)

Fonte: Próprio autor, 2020

A Tabela 9 a seguir mostra a quantificação de CP's que foram produzidas para os ensaios e suas respectivas idades de ensaios.

Tabela 9 - Quantidade e idades ensaiadas dos corpos de provas

Quantidade de Corpos de Prova			
Ensaio	Idades Ensaiadas		
	7 dias	14 dias	28 dias
Resistencia à Tração na Flexão e à Compressão (40x40x160) mm			
LR	3	3	3
L20	3	3	3
L30	3	3	3
L50	3	3	3
TOTAL	36		
Absorção de água (50x100) mm	7 dias	14 dias	28 dias
LR	-	-	3
L20	-	-	3
L30	-	-	3
L50	-	-	3
TOTAL	12		

Fonte: Próprio Autor, 2020

A desforma dos CP's realizadas após 24 horas. Em seguida, os CP's prismáticos e cilíndricos, foram curados em reservatório contendo cal e água saturada ficando até a data de rompimento.

4.4 CARACTERIZAÇÃO DAS ARGAMASSAS NO ESTADO FRESCO

4.4.1 Índice de consistência

Esse ensaio foi executado segundo as exigências da NBR 13276:2016 – Argamassa para Assentamento e Revestimento de Paredes e Tetos – Preparo da Mistura e Determinação do Índice de Consistência. Para o ensaio foi utilizada a mesa de consistência (Figura 8), também conhecida como flow table, para proporcionar o espalhamento da argamassa quando colocada sobre o tampo através do manuseio da manivela, de forma que a mesa suba e caia 30 vezes, uma queda por segundo de maneira uniforme gerando um impacto no tampo.

Figura 8 - Mesa de consistência (flow table)



Fonte: Próprio autor, 2020

Esse ensaio foi realizado para analisar a interferência da introdução do RC nas argamassas no estado fresco, então, a relação água/cimento foi fixada em 0,5 para

não influenciar nos resultados. A realização deste ensaio foi no Laboratório de Construção Civil e Mecânica dos Solos da FAEMA, Ariquemes-RO.

4.4.2 Densidade de massa

Esse teste foi estabelecido conforme os processos definidos pela NBR 13278:2005 – Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado. A densidade de massa, foi calculada com a Equação 1.

Equação 1 – Densidade de massa

$$A = (M_c - M_v) / V_r$$

Onde:

M_c = massa do recipiente cilíndrico, contendo a argamassa de ensaio, em g;

M_v = massa do recipiente cilíndrico vazio, em g

V_r = volume do recipiente cilíndrico, em cm^3 .

4.5 CARACTERIZAÇÃO DAS ARGAMASSAS NO ESTADO ENDURECIDO

4.5.1 Resistência à tração na flexão e à compressão

O ensaio foi realizado segundo critérios especificados pela ABNT NBR 13279:2005 – Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão.

Para a realização do ensaio da resistência à tração na flexão e à compressão, inicia-se, primeiramente, com a determinação da resistência dos CP's submetidos ao ensaio à tração na flexão. Os CP's foram posicionados nos aparatos para ensaio e então submetidos à ruptura, como apresentado na Figura 9 abaixo.

Figura 9 - Ensaio da resistência à tração



Fonte: Próprio autor, 2020

Após serem determinadas as resistências à tração na flexão de todos os CP's, passa-se a determinação da resistência à compressão, para isso, foram utilizadas as duas metades dos CP's do ensaio de tração na flexão. A Figura 10 mostra a realização do ensaio a compressão.

Figura 10 - Ensaio da resistência à compressão



Fonte: Próprio autor, 2020

Os CP's foram ensaiados nas idades de 7, 14 e 28 dias em que, foram rompidos 3 CP's em cada idade. Este teste foi efetuado no Laboratório de Construção Civil e Mecânica dos Solos da FAEMA, Ariquemes-RO.

4.5.2 Absorção de água por imersão

O ensaio de absorção foi realizado de acordo com a NBR 9778:2009 – Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção de água por imersão – Índice de vazios e massa específica. Desse modo, para a execução deste ensaio foram usados três CP's para cada traço, sendo ensaiados aos 28 dias, onde através da massa do corpo de prova saturada e da massa do corpo de prova seca em estufa foi possível quantificar o percentual da absorção de água por imersão para cada traço das argamassas estudadas de acordo com Equação 2.

Equação 2 - Absorção de água por imersão

$$((M_{sat} - M_s) / M_s) \times 100$$

Onde:

M_{sat} – Massa do corpo de prova saturado

M_s – Massa do corpo de prova seco em estufa

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O presente capítulo tem o objetivo de avaliar os resultados obtidos dos ensaios experimentais em laboratório para cada uma das misturas produzidas e compará-las, quanto ao comportamento das argamassas com e sem adições de RC, no seu estado fresco e endurecido.

5.1 CARACTERIZAÇÃO DAS ARGAMASSAS NO SEU ESTADO FRESCO

Nos tópicos a seguir são relatados os resultados alcançados na caracterização das argamassas no seu estado fresco.

5.1.1 Índice de consistência

A Tabela 10 apresenta os valores para relação água/cimento (a/c) e o índice de consistência das argamassas composta com agregado de areia natural e agregado de RC realizada conforme recomendação ABNT NBR 13276:2016. Dessa forma, conforme observado, quanto maior o teor de agregados com grãos finos proporcionados às argamassas, menor será o índice de consistência e, conseqüentemente, menor a sua trabalhabilidade.

Tabela 10 - Índice de consistência

Traço	RC (%)	a/c	Índice de consistência (mm)
LR	-	0,5	198
L20	20	0,5	165
L30	30	0,5	162
L50	50	0,5	153

Fonte: Próprio Autor, 2020

Os resultados obtidos permitiram considerar que os traços compostos com agregado de RC em substituição parcial da areia natural (L20, L30 e L50), apresentaram maior absorção da água quando comparados ao traço de referência (LR), isso devido à granulometria do agregado de RC apresentar uma quantidade

maior de grãos finos na composição. Entretanto, optou-se por fixar a quantidade de água em 0,5 em todos os traços das argamassas. Fator importante, pois sabe-se que o excesso de água embora eleve a trabalhabilidade das argamassas de cimento Portland no canteiro é prejudicial, pois enfraquece a resistência final da argamassa: as propriedades mecânicas da argamassa endurecida são melhores se a quantidade de água é reduzida (RIBEIRO, 2009).

5.1.2 Densidade de massa

Para realização do ensaio em conformidade com a NBR 13278:2005, obtiveram-se os resultados da densidade de massa conforme apresentados na Tabela 10.

Analisando a Tabela 11, verifica-se que ocorre um crescimento no valor da densidade de massa. As argamassas com a presença de RC tiveram resultados parecidos com argamassa de referência. E a de referência revelou ter melhor desempenho.

Tabela 11 - Densidade de massa das argamassas

Argamassas	LR	L20	L30	L50
Densidade de massa (g/cm³)	2,14	2,16	2,17	2,19

Fonte: Próprio Autor, 2020

Conforme Bezerra (2011), referente a densidade de massa, os valores alcançados nas trocas do rejeito de minério nas porcentagens de 5%, 10% e 15% usando o rejeito em lama obteve valores superiores ao de referência, sendo compatíveis com esse estudo.

5.2 CARACTERIZAÇÃO DAS ARGAMASSAS NO SEU ESTADO ENDURECIDO

Os tópicos a seguir são apresentados os resultados dos ensaios de resistência à tração na flexão e à compressão, e será apresentado resultado do ensaio complementar de absorção de água por imersão.

5.2.1 Resistência à tração na flexão – NBR 13279/2005

Pela realização de ensaios em conformidade com a ABNT NBR 13279:2005, obtiveram-se os resultados referentes à resistência à tração na flexão da argamassa de referência e com adição de rejeito de cassiterita, nas proporções de 20%, 30% e 50%, apresentadas na Tabela 12 e Gráfico 2. As argamassas foram ensaiadas nas idades de 7, 14 e 28 dias. A Tabela 12 mostra os valores referentes à média da resistência à tração na flexão das argamassas com RC em relação à argamassa de referência.

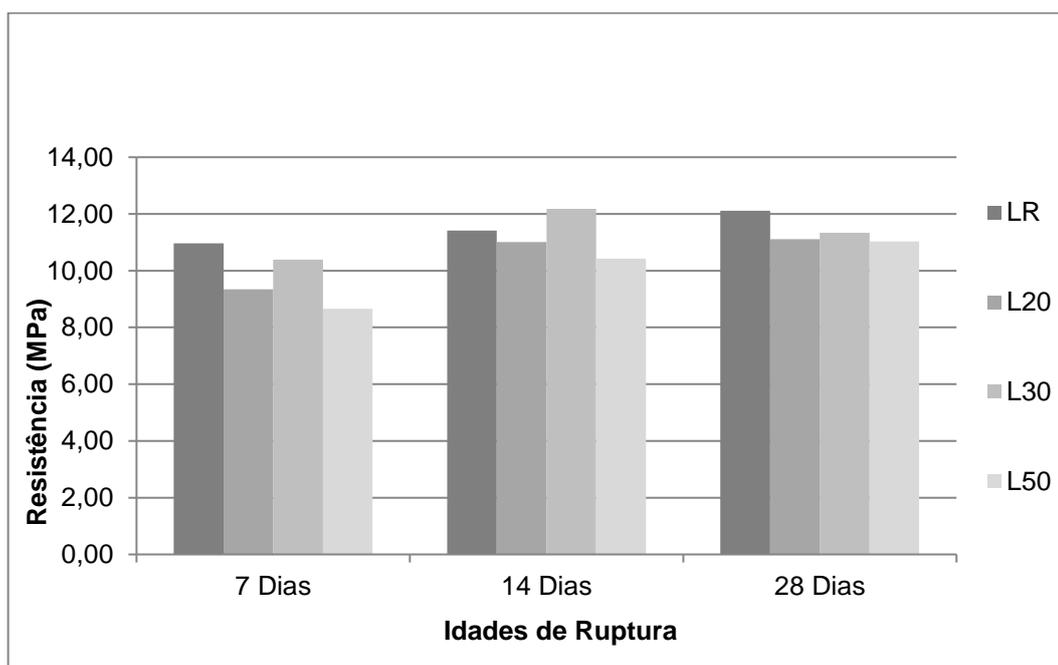
Tabela 12 - Resistência à tração na flexão das argamassas

Argamassas	Tensão (MPa) 07 dias	Tensão (MPa) 14 dias	Tensão (MPa) 28 dias
LR	10,96	11,42	12,11
L20	09,35	11,01	11,11
L30	10,39	12,18	11,34
L50	8,66	10,42	11,03

Fonte: Próprio Autor, 2020

No Gráfico 2 revela as informações das resistências à tração na flexão das argamassas distribuídas em um histograma, para melhor visualização.

Gráfico 2 - Resistência média à tração na flexão

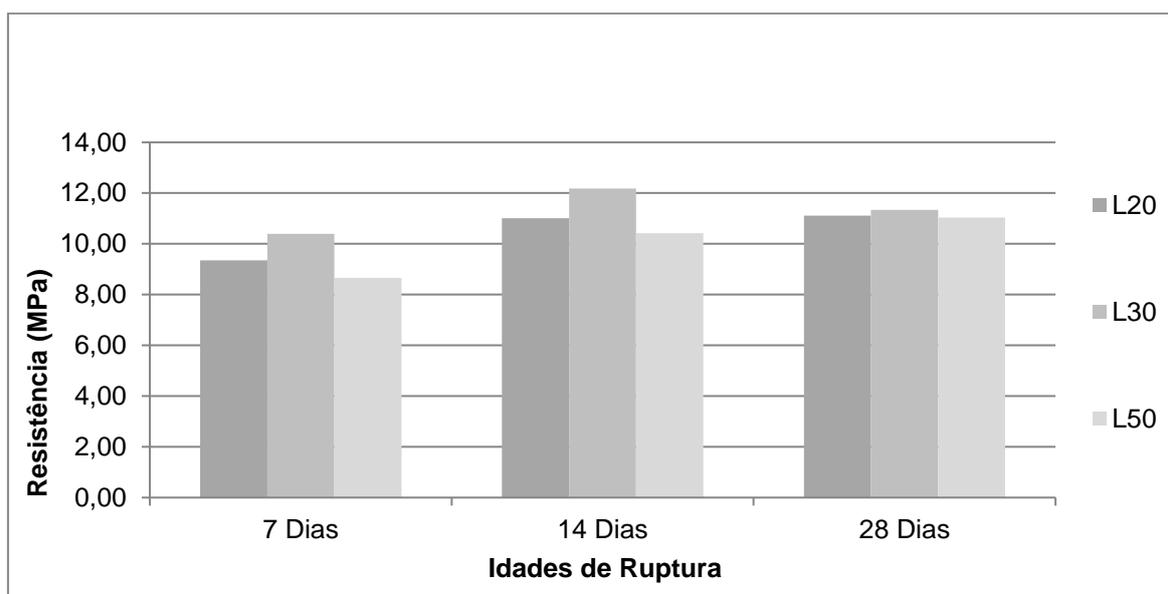


Fonte: Próprio Autor, 2020

Ao averiguar a resistência à tração na flexão é possível perceber que a resistência das amostras com acréscimo de rejeito de cassiterita, nas idades verificadas, foram inferiores a amostra de referência (LR), com exceção do traço L30 com 30% de adição de RC, ensaiada aos 14 dias, obteve um acréscimo de 6,65% em relação à amostra LR.

Porém, de acordo com a observação feita, não ocorreu diferença significativa entre as combinações com RC e a referência, por apresentar resultados de resistência à tração na flexão bastante semelhante. Ao comparar somente as amostras com adição de RC, no Gráfico 3, averigua-se para todas as idades mencionadas, que a mistura L30, com 30% de adição, alcançou o melhor desempenho.

Gráfico 3 - Resistência média à tração na flexão das argamassas com RC



Fonte: Próprio Autor, 2020

De acordo com Viveiros (2017), averiguou-se que a resistência a tração não ocorreu variação importante dos concretos C15Mn, C20Mn, C25Mn, C30Mn com a presença de rejeito do minério de manganês em comparação com o de referência. Contudo, verificou-se que as amostras tiveram uma tendência crescente referente a amostra de referência, com exceção para o C20Mn.

Já no estudo de Shettima et al. (2016), verificou-se que as trocas de agregado miúdo pelo rejeito de minério de ferro (25, 50, 75,100%), elevou-se a resistência à tração referente ao concreto de referência.

5.2.2 Resistência à compressão – NBR 13279/2005

Pela realização de ensaios em conformidade com a ABNT NBR 13279:2005, obtiveram-se os resultados referentes à resistência à compressão da argamassa de referência e com adição de RC, nas proporções de 20%, 30% e 50%, apresentadas na Tabela 13 e Gráfico 4. As argamassas foram ensaiadas nas idades de 7, 14 e 28 dias. A Tabela 13 mostra os valores referentes à da resistência à compressão das argamassas com RC em relação à argamassa de referência.

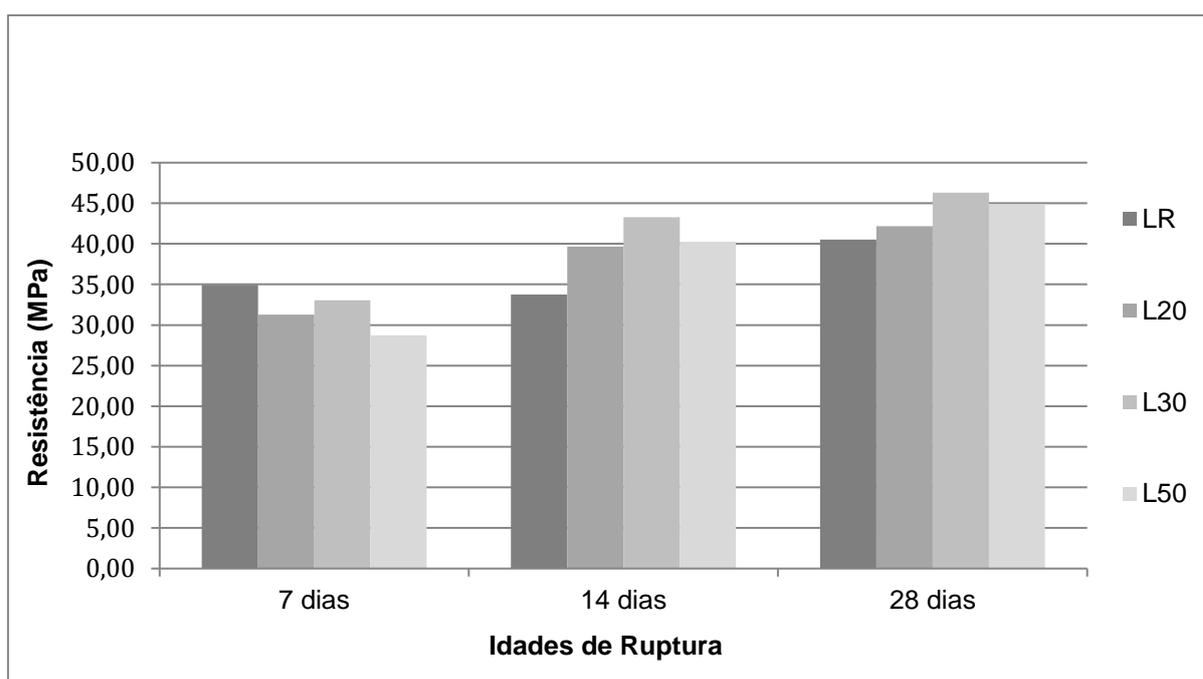
Tabela 13 - Resistência à compressão das argamassas

Argamassas	Tensão (MPa) 07 dias	Tensão (MPa) 14 dias	Tensão (MPa) 28 dias
LR	34,92	33,76	40,54
L20	31,28	39,64	42,17
L30	33,06	43,27	46,29
L50	28,74	40,24	44,83

Fonte: Próprio Autor, 2020

O Gráfico 4 mostra os dados das médias das resistências à compressão das argamassas distribuídas em um histograma, para melhor visualização.

Gráfico 4 - Resistência média à Compressão



Fonte: Próprio Autor, 2020

Ao verificar a resistência à compressão das argamassas, é possível observar que a resistência das amostras com adição de rejeito de cassiterita, aos 7 dias, foi menor que a de referência. Contudo, não apresentaram variações significantes em comparação com à de referência.

Além disso, nota-se o progresso da resistência à compressão ao longo do período. Já aos 14 e 28 dias, as argamassas com RC possuíram valores maiores que o de referência.

A amostra L30 teve ganho maior de resistência à compressão por volta de 14%, seguida pela L50, com aproximadamente 11% e por último a amostra L20, com uma pequena diferença de 4% comparada com à de referência. No entanto, a argamassa L30, com 30% de rejeito de cassiterita foi a que possuiu desempenho melhor nas idades mostradas.

Segundo Viveiros (2017), no teste de resistência à compressão, não ocorreu variação importante nos valores dos concretos com manganês C15Mn, C20Mn, C25Mn, C30Mn em comparação com o concreto de referência, sendo compatível com o estudo. Possibilitando um resultado positivo para as duas amostras, especialmente para os concretos com 15 e 20%.

Porém no estudo de Zhao et al. (2014), foi realizado a fabricação de concretos nas porcentagens de 20, 30, 40, 50 e 100% de substituição de minério de ferro, desse modo, até 40% ficaram equiparadas com o de referência, após 50% as misturas obtiveram uma perda acima de 10%.

5.2.3 Absorção de água por imersão

Pela realização de ensaios em conformidade com a NBR 9778:2009, obtiveram-se os resultados referentes absorção de água por imersão das argamassas, conforme demonstrados na Tabela 13 e Gráfico 5.

Analisando a Tabela 13, de acordo com os resultados, observa-se que os traços compostos com RC em substituição parcial ao agregado miúdo, L20 e L30, absorveram maior absorção de água quando comparado ao traço natural, LR. Pois o agregado de RC contribui para o aumento da absorção de água nas argamassas, devido possuir quantidade maior de grãos finos em relação areia natural. No entanto,

o traço L50 também com adição de RC apresentou uma significativa melhora na absorção por imersão comparando com à argamassa de referência, chegando próximo de 11% menor que a amostra de referência.

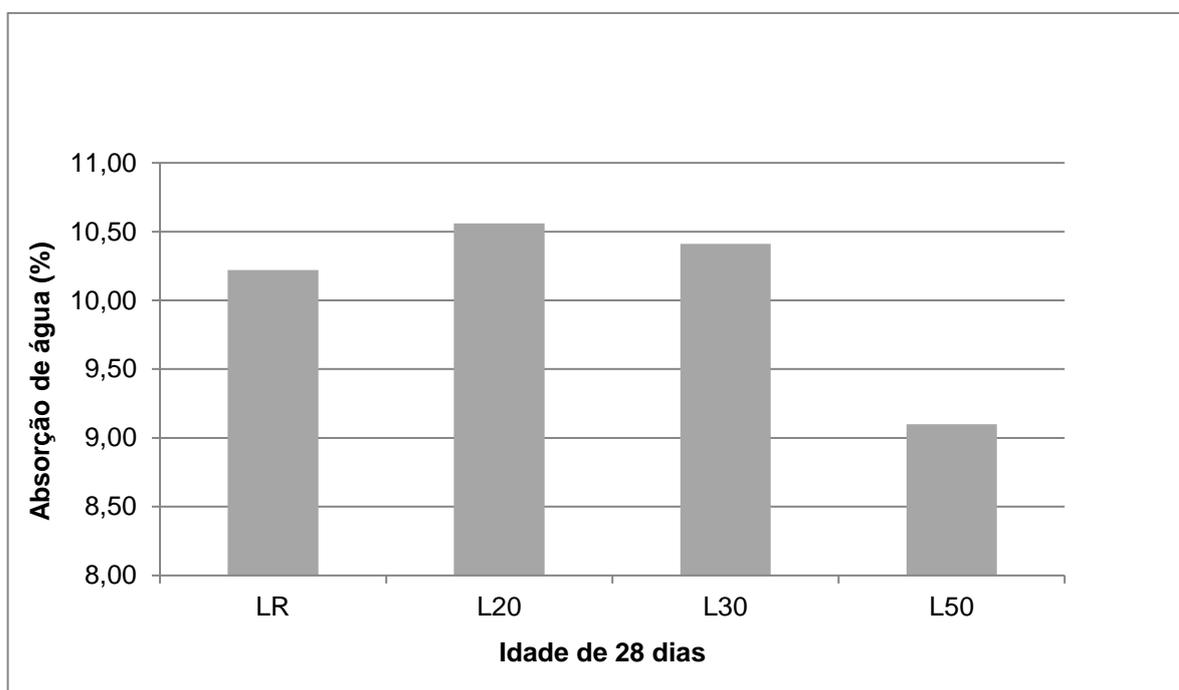
Tabela 13 - Absorção de água das argamassas

Argamassas	LR	L20	L30	L50
Absorção de água (%)	10,22	10,56	10,41	9,10

Fonte: Próprio Autor, 2020

O Gráfico 5 tem uma pesquisa relatando a comparação entre a absorção por imersão do traço de referência com os resultados obtidos dos traços compostos com RC, definidos em um histograma, para visualização melhor.

Gráfico 5 - Absorção de água por imersão



Fonte: Próprio Autor, 2020

No estudo de Viveiros (2017), os resultados foram ao contrário dessa pesquisa, pois houve uma variação grande na absorção de água com os concretos com manganês, já nesse estudo a variação maior foi L50, as outras tiveram pouca variação.

6 CONCLUSÃO

No que se refere ao índice de consistência, conforme o que já era esperado, quanto maior a adição de RC nas argamassas, menor o índice de consistência, isto está ligado ao fato de que a relação a/c permaneceu constantes.

As argamassas com adição de RC apresentaram resultados semelhantes que as de referência em relação a densidade de massa, porém a argamassa de referência mostrou ter melhor desempenho.

A resistência à tração na flexão das argamassas com RC não obteve valores significativos em relação com argamassa de referência. Porém, comparando as argamassas com RC, o melhor desempenho obtido foi para o traço L30 com 30% de RC.

O ganho maior de resistência à compressão foi para o traço L30 com 30% de RC, com aumento de resistência após o período cura de 14% em relação a de referência. Confirmando a viabilidade de substituição parcial da areia natural com agregado de rejeito de cassiterita.

Já a absorção de água por imersão, observou-se que as argamassas com RG, L20 e L30, absorveram mais água por imersão quando comparado ao traço natural, LR. No entanto, traço L50, obteve resultados mais satisfatórios, chegando próximo de 11% menor que a amostra de referência.

Dessa forma, levando em conta a elevada quantidade de rejeitos eliminados nas barragens, é fundamental a continuidade de mais estudos, para realizar o reaproveitamento desse produto na construção civil, mostrando sua viabilidade.

Portanto, necessita-se de mais estudos aprofundados em relação a caracterização química do rejeito de cassiterita devido a possibilidade de existência de metais pesados que podem vir a influenciar nos resultados da argamassa. Mas também o uso desse rejeito é fundamental na região de Ariquemes devido a alta quantidade desses rejeitos descartados que podem causar males ao meio ambiente.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13278 - Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado.** 2005. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=3682>. Acesso em: 11 ago. 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13276 - Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação do índice de consistência.** 2016. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=361653>. Acesso em: 08 maio 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9479 - Argamassa e concreto - Câmaras úmidas e tanques para cura de corpos-de-prova.** 2006. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=1693>. Acesso em: 07 jun. 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13279 - Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão.** 2005. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=3685>. Acesso em: 07 jun. 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR NM 9778 - Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica.** 2005. Disponível em: <https://www.target.com.br/produtos/normas- tecnicas/36398/nbr9778-argamassa-e-concreto-endurecidos-determinacao-da-absorcao-de-agua-indice-de-vazios-e-massa-especifica>. Acesso em: 07 jun. 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR NM 52 - Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente e absorção de água.** 2003b. Disponível em: <http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/17827/material/NBR%20NM%2052%20.pdf>. Acesso em: 08 jun. 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7211 - Agregados para concreto – Especificação.** 2019. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=418809>. Acesso em: 08 jun. 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR NM 248 - Agregados - Determinação da composição granulométrica.** 2003a. Disponível em: http://professor.pucgoias.edu.br/sitedocente/admin/arquivo supload/17827/material/nbr_nm248_2003.pdf. Acesso em: 07 jun. 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR NM 7215 - Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão.** 1995. Disponível

em: <http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivos Upload/17827/material/NBR%207215%20-.pdf>. Acesso em: 05 jun. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 16697 - Cimento Portland — Requisitos**. 2018. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5011098/mod_resource/content/0/NBR16697%20-%20Arquivo%20para%20impress%C3%A3o.pdf. Acesso em: 05 jun. 2020.

BAUER, Elton. **Revestimentos de argamassa: características e peculiaridades**. 2013. Disponível em: <http://www.comunidadeconstrucao.com.br/upload/ativos/123/anexo/revesar.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2020.

BEVILAQUA, Cassiane Gomes. **Comparação dos teores de estanho presentes na cassiterita de minas da região do vale do Jamari – Rondônia**. 2011. 34f. Monografia (Graduação em Química), Faculdade de Educação e Meio Ambiente – FAEMA. Ariquemes, 2014. Disponível em: <http://repositorio.faema.edu.br/bitstream/123456789/551/1/BEVILAQUA%2C%20C.%20G.%20-%20COMPARA%C3%87%C3%83O%20DOS%20TEORES%20DE%20ESTANHO%20PRESENTES%20NA%20CASSITERITA%20DE%20MINAS%20DA%20REGI%C3%83O%20DO%20VALE%20DO%20JAMARI%20-%20ROND%C3%94NIA.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2020.

BEZERRA, Carolina Goulart. **Caracterização do rejeito de minério de ferro (IOT) e avaliação da sua influência no comportamento físico-químico e mecânico de pastas de cimento**. 2017. 158f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal do Rio de Janeiro. Disponível em: www.coc.ufrj.br/mestrado/3006-bezerra-cg-tm-17. Acesso em: 20 nov. 2020.

CABRAL, Stênio Cavalier Cabral; AZEVEDO, Marina Álvares. Materiais alternativos para adição ao cimento Portland. **Revista Científica Vozes dos Vales**, UFVJM – MG – Brasil, n. 10, 2016. Disponível em: <http://site.ufvjm.edu.br/revista multidisciplinar/files/2016/09/Stenio23.pdf>. Acesso em: 12 out. 2020.

CAMARGO, Dayane Jackes; MOREIRAS, Sergio Trajano Franco. **Estudo da influência granulométrica do agregado miúdo para uso em argamassas de revestimento**. 26º Encontro Anual de Iniciação Científica Júnior, 2017. Disponível em: <http://www.eaic.uem.br/eaic2017/anais/artigos/1727.pdf>. Acesso em: 14 jul. 2020.

CASAL, Jocacio. **Estudo do desempenho de aderência em revestimentos argamassados de alvenarias internas de vedação na cidade de Ijuí-RS**. 2017. 126f. Trabalho de Conclusão do Curso (Graduação em Engenharia Civil), Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Ijuí, 2017. Disponível em: <https://bibliodigital.unijui.edu.br:8443/xmlui/bitstream/handle/123456789/5119/Jocacio%20Casal.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 24 nov. 2020.

CAVALCANTI V.M.M.; FREIRE G.S.S. A Possibilidade de Utilização de Areias Marinhas como Agregado na Construção Civil na Região Metropolitana de Fortaleza, Estado do Ceará. **GRAVEL**, Porto Alegre, n.5, p. 11-24, 2007. Disponível em: https://www.ufrgs.br/gravel/5/Gravel_5_02.pdf. Acesso em: 12 out. 2020.

FONTES, Wanna Carvalho. **Utilização do rejeito de barragem de minério de ferro como agregado reciclado para argamassas de revestimento e assentamento**. 2013. 95f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2013. Disponível em: https://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/5709/1/DISSERTA%c3%87%c3%83O_Utiliza%c3%a7%c3%a3oRejeitoBarragem.pdf. Acesso em: 12 out. 2020.

GAMA, Evandro Moraes. Pesquisa da UFMG aproveita rejeitos de mineração na construção civil. **G1**, 2020. Disponível em: <https://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2020/01/01/pesquisa-da-ufmg-aproveita-rejeitos-de-mineracao-na-construcao-civil.ghtml>. Acesso em: 14 ago. 2020.

GOMES, Ana Cláudia Franca. **Estudo de aproveitamento de rejeito de mineração**. 2017. 98f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Metalúrgica, Materiais e de Minas), Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2017. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUOS-AN9QQC/1/anacl_udiagomes_disserta__ofinal.pdf. Acesso em: 22 nov. 2020.

ISHIKAWA, Paulo Hidemitsu. Argamassa para revestimento de alvenaria com areia artificial. **Boletim Técnico da FATEC-SP**, p. 22 - 27, 2009. Disponível em: <http://bt.fatecsp.br/system/articles/860/original/artigo66.pdf>. Acesso em: 22 set. 2020.

LIMA, José Maria Gonçalves. **Relatório Técnico 27 - Perfil da Mineração do Estanho**. Ministério de Minas e Energia – MME, 2009. Disponível em: http://www.mme.gov.br/documents/36108/448620/P18_RT27_Perfil_da_Minerao_do_Estanho.pdf/9c8b1661-1a31-51d5-7373-099d32439ffc?version=1.0. Acesso em: 22 set. 2020.

LIMA, W.E.F et al. **Avaliação de argamassas com substituição do agregado miúdo natural por resíduos cerâmicos**. 22º CBECiMat - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, Natal, RN. Disponível em: http://www.metallum.com.br/22_cbecimat/anais/PDF/204-058.pdf. Acesso em: 15 jul. 2020.

MILAGRES, Anderson Nascimento et al. Fabricação de argamassa mista utilizando areia contaminada com resíduos de rejeito da barragem de fundão – Mariana/MG. **Revista UniScientiae**, UNIVIÇOSA, v. 1, n. 2, p.85-94, 2018. Disponível em: <https://academico.univicoso.com.br/revista/index.php/RevistaTecnologiaeCiencia/article/view/765>. Acesso em: 25 nov. 2020.

MORAES, Guilherme Amaral et al. **Estudo sobre a possibilidade da substituição de agregado natural em argamassa por resíduo de extração de pedras semipreciosas**. XXIV Seminário de Iniciação Científica, Unijuí, 2016. Disponível em: <https://www.publicacoeseventos.unijui.edu.br/index.php/salaconhecimento/article/view/7181>. Acesso em: 12 out. 2020.

PERES, Giovane Lucas. **Caracterização do rejeito de minério de cassiterita do garimpo Bom Futuro em Ariquemes – RO**. 43f. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil), Faculdade de Educação e Meio Ambiente – FAEMA. Ariquemes, 2020.

PIMENTEL, Maurílio Gomes; PAES, Isaura Nazaré Lobato. Análise microestrutural de argamassa de revestimento com substituição parcial do agregado natural por sedimento do Rio Amazonas. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v.20, n.3, 2020. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1678-8621202000300319&script=sci_arttext. Acesso em: 25 nov. 2020.

ROLIM, Neide Duarte. **Me proteja ou te devoro**: Uma análise da extração de areia em cursos de água doce frente às novas tecnologias. II Congresso Interdisciplinar de Pesquisa, Iniciação Científica e Extensão Centro Universitário Metodista Izabela Hendrix, Belo Horizonte, 2017. Disponível em: <http://izabelahendrix.edu.br/pesquisa/anais/arquivo-2017/me-proteja-ou-te-devoro-uma-analise-da-extracao-de-areia-em-cursos-de-agua-doce-frente-as-novas-tecnologias>. Acesso em: 12 out. 2020.

ROSÁRIO, Evandro Costa. **Potencialidade do rejeito mineral de estanho na amazônia como fonte de elementos terras raras e urânio**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Materiais), Universidade Federal do Pará, 2018. Disponível em: https://bdm.ufpa.br:8443/jspui/bitstream/prefix/938/1/TCC_PotencialMetalurgicoRejeito.pdf. Acesso em: 12 out. 2020.

SALVI, Chanalisa Ruggini. **Avaliação da resistência de aderência á tração de argamassas de revestimento sobre diferentes substratos na cidade Guaporé/RS**. 2017. 113f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil), Universidade do Vale do Taquari – UNIVATES. Lajeado, 2017. Disponível em: <https://www.univates.br/bdu/bitstream/10737/1920/1/2017ChanalisaSalvi.pdf>. Acesso em: 12 out. 2020.

SANTANA, Thiago da Silva; PEREIRA, Cláudio Henrique de Almeida Feitosa. Avaliação da influência da utilização de agregado miúdo reciclado em argamassas estabilizadas. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 20, n. 3, p. 305-318, 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/342679078_Avaliacao_da_influencia_da_utilizacao_de_agregado_miudo_reciclado_em_argamassas_estabilizadas. Acesso em: 12 out. 2020.

SANTOS, R. A.; LIRA, B. B.; RIBEIRO, A. C. M. Argamassa com substituição de agregado natural por resíduo de britagem de granito. **Holos**, v. 5, p. 125-135, 2012. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/4815/481549279013.pdf>. Acesso em: 12 out. 2020.

SELMO S. M.S. **Propriedades e especificações de argamassas industrializadas de múltiplo uso**. 2010. Disponível em: http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/BT_00310.pdf. Acesso em: 13 dez. 2020.

SHETTIMA A. U.; HUSSIN M. W.; AHMAD Y.; J. MIRZA, **Evaluation of iron ore tailings as replacement for fine aggregate in concrete**. **Constr. Build. Mater.**, v.120, p. 72–79, 2016.

SILVA, A. R.; CABRAL, K. C., E. N.; PINTO, M. G. I. **Substituição parcial do cimento portland por resíduo de cerâmica vermelha em argamassas**: estudo da

atividade pozolânica. 22º CBECiMat - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, Natal - RN, 2016. Disponível em: <http://www.metallum.com.br/22cbecimat/anais/PDF/104-228.pdf>. Acesso em: 02 ago. 2020.

SILVA, Gabriel Almeida; VIEIRA; Rogério Borges; Oliveira, Douglas. Viabilidade do uso de areia de praia aplicada em argamassas de revestimento. **Revista Perquirere**, v.15, n.3, p. 40-54, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/328942079_Viabilidade_do_uso_de_areia_de_praia_aplicada_em_argamassas_de_revestimento. Acesso em: 12 out. 2020.

SILVA, Polyana Marta. **Argamassa de cimento portland com diferentes teores de substituição da areia por resíduo de rochas ornamentais**. 2019. 67f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande - PB, 2019. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/bitstream/riufcg/12658/1/POLYANA%20MARTA%20DA%20SILVA%20-%20DISSERTA%C3%87%C3%83O%20%28PPGEA%29%202019.pdf>. Acesso em: 28 out. 2020.

VIVEIROS, Danielle de Cássia Santos. **Rejeito do minério de manganês como material de construção civil**. 2017. 103f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal do Pará. Disponível em: <http://ppgec.propesp.ufpa.br/ARQUIVOS/dissertacoes/2017/danielle.pdf.pdf>. Acesso em: 28 out. 2020.

ZHAO S.; FAN J.; SUN W., Utilization of iron ore tailings as fine aggregate in ultrahigh performance concrete. **Constr. Build. Mater.**, v.50, p. 540–548, 2014.



RELATÓRIO DE VERIFICAÇÃO DE PLÁGIO

DISCENTE: Lucas Kaike Alves Guedes

CURSO: Engenharia Civil

DATA DE ANÁLISE: 10.12.2020

RESULTADO DA ANÁLISE

Estatísticas

Suspeitas na Internet: **8,1%**

Percentual do texto com expressões localizadas na internet ⚠️

Suspeitas confirmadas: **6,18%**

Confirmada existência dos trechos suspeitos nos endereços encontrados ⚠️

Texto analisado: **87,48%**

Percentual do texto efetivamente analisado (frases curtas, caracteres especiais, texto quebrado não são analisados).

Sucesso da análise: **100%**

Percentual das pesquisas com sucesso, indica a qualidade da análise, quanto maior, melhor.

Analisado por Plagius - Detector de Plágio 2.4.11
quinta-feira, 10 de dezembro de 2020 21:04

PARECER FINAL

Declaro para devidos fins, que o trabalho do discente **LUCAS KAIKE ALVES GUEDES**, n. de matrícula **14758**, do curso de Engenharia Civil, foi **APROVADO** na verificação de plágio, com porcentagem conferida em 8,1%. Devendo o aluno fazer as correções que se fizerem necessárias.

(assinado eletronicamente)
HERTA MARIA DE AÇUCENA DO N. SOEIRO
Bibliotecária CRB 1114/11
Biblioteca Júlio Bordignon
Faculdade de Educação e Meio Ambiente