

Assinado digitalmente por: Silenia Priscila da Silva Lemes
Razão: Sou responsável pelo documento
Localização: FAEMA - Ariquemes/RO
O tempo: 19-07-2021 16:50:12



FACULDADE DE EDUCAÇÃO E MEIO AMBIENTE

NEY CORRÊA DE ÁVILA

**DOSAGEM DE CONCRETO COM O USO DE AGREGADO MIÚDO
PROVENIENTE DE RESÍDUOS DE MINERAÇÃO**

ARIQUEMES – RO

2021

Assinado digitalmente por: Joao Victor da Silva Costa
Razão: Sou responsável pelo documento
Localização: FAEMA - Ariquemes/RO
O tempo: 19-07-2021 16:42:37

Assinado digitalmente por: FELIPE CORDEIRO DE LIMA
Razão: Sou responsável pelo documento
Localização: FAEMA - Ariquemes/RO
O tempo: 19-07-2021 15:59:19

NEY CORRÊA DE ÁVILA

**DOSAGEM DE CONCRETO COM O USO DE AGREGADO MIÚDO
PROVENIENTE DE RESÍDUOS DE MINERAÇÃO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Civil da Faculdade de Educação e Meio Ambiente – FAEMA, como requisito parcial à obtenção final do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof.^a Ms. Silênia Priscila da Silva Lemes

ARIQUEMES – RO

2021

NEY CORRÊA DE ÁVILA

**DOSAGEM DE CONCRETO COM O USO DE AGREGADO MIÚDO
PROVENIENTE DE RESÍDUOS DE MINERAÇÃO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Civil da Faculdade de Educação e Meio Ambiente – FAEMA, como requisito parcial à obtenção final do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

COMISSÃO EXAMINADORA

Orientadora: Prof.^a Ms. Silênia Priscila da Silva Lemes
Faculdade de Educação e Meio Ambiente– FAEMA

Prof.^o Ms. Felipe Cordeiro de Lima
Faculdade de Educação e Meio Ambiente– FAEMA

Prof.^o Esp. João Victor da Silva Costa
Faculdade de Educação e Meio Ambiente– FAEMA

ARIQUEMES – RO

2021

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

AV958d	ÁVILA, Ney Corrêa de. Dosagem de concreto com o uso de agregado miúdo proveniente de resíduos de mineração. / por Ney Corrêa de Ávila. Ariquemes: FAEMA, 2021. 52 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. Dosagem de concreto. 2. Rejeito miúdo. 3. Resíduo de mineração. 4. Areia. 5. Concreto. 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

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus, sem ele nada seria possível.

Agradeço à minha esposa, meu filho, meus pais, colegas de turma e professores pelo apoio incondicional em todos os momentos difíceis da minha trajetória acadêmica.

RESUMO

Com a sustentabilidade cada vez mais em foco, se faz necessário buscar alternativas a matérias-primas naturais, para evitar a degradação ambiental. Portanto, o objetivo deste trabalho é analisar o concreto com substituição parcial do agregado miúdo por rejeito de cassiteritas. O “rejeito miúdo areia” estudado é procedente de uma planta de mineração situada na região do município de Ariquemes/RO, e que representa o perfil de mineração de “cassiterita” desenvolvido na região. O módulo de finura do rejeito foi de 2,37 e a dimensão máxima característica foi de 4,75mm. Também obteve boa distribuição granulométrica, permanecendo próximo da zona de utilização. Assim, utilizar esse rejeito de mineração na “Dosagem do concreto” para desenvolvimento de subprodutos e matéria-prima alternativa para o setor da construção civil. Outro fator a ser observado é que as amostras ensaiadas tiveram desempenho semelhante ou superior ao da referência, quando submetidas aos ensaios mecânicos, merecendo destaque a composição AR75%, que obteve melhor desempenho para todas as idades ensaiadas. Evidenciando a necessidade de se promover soluções sustentáveis, viáveis e avaliar a aplicabilidade destes resíduos de forma a possibilitar a minimização de impactos ambientais e efetivar a reutilização dos recursos naturais reduzindo seu consumo.

Palavras chaves: Dosagem. Rejeito Miúdo. Resíduo. Areia. Concreto

ABSTRACT

With sustainability increasingly in focus, it is necessary to seek alternatives to natural raw materials, to avoid environmental degradation. Given the above, the objective of this work is to analyze concrete with partial replacement of fine aggregate by cassiterite tailings. The “fine sand tailings” studied comes from a mining plant located in the region of the municipality of Ariqueemes/RO, and which represents the “cassiterite” mining profile developed in the region. The tailings fineness modulus was 2.37 and the maximum characteristic dimension was 4.75mm. It also obtained good particle size distribution, remaining close to the area of use. Thus, using this mining waste in the “Dosing of concrete” for the development of by-products and alternative raw material for the civil construction sector. Another factor to be observed is that the tested samples performed similarly or better than the reference, when submitted to mechanical tests, with emphasis on the AR75% composition, which obtained better performance for all ages tested. Evidencing the need to promote sustainable, viable solutions and to assess the applicability of these wastes in order to enable the minimization of environmental impacts and effect the reuse of natural resources, reducing their consumption.

Key words: Dosage. Small Reject. Residue. Grit. Concrete

Lista de Figuras

Figura 1- Garimpo Bom Futuro	15
Figura 2- Área de exploração do garimpo Bom Futuro	16
Figura 3- Concreto	17
Figura 4- Coleta da amostra da areia de rejeito (AN).....	24
Figura 5- Coleta da amostra da areia de rejeito (AR).....	24
Figura 6- Peneiras utilizadas no ensaio de determinação granulométrica.....	Erro! Indicador não definido.
Figura 7- a) amostra retida na peneira; b) pesagem das amostras	Erro! Indicador não definido.
Figura 8- Preparo das amostras para determinação de massa unitária e massa específica	29
Figura 9- a) amostra do agregado natural (AN); b) amostra da areia de rejeito (AR).....	Erro! Indicador não definido.
Figura 10- Amostra disposta em frasco de Erlenmeyer	30
Figura 11- Moldes e corpos de prova utilizado nos ensaios	32
Figura 12- a) equipamento forma tronco-cônica para o slump test; b) Ensaio de slump test	33
Figura 13- Ensaio de resistência à compressão simples.....	34
Figura 14- Ensaio de resistência à tração por compressão diametral.....	35
Figura 15- Curvas granulométricas das amostras da areia natural e da areia de rejeito	38
Figura 16- Ensaio de resistência à compressão	43
Figura 17 - Ensaio de resistência à tração por compressão diametral.....	45

Lista de tabelas

Tabela 1 - Características físicas, químicas e mecânicas do cimento	25
Tabela 2- Ensaio adotados na caracterização física	25
Tabela 3- Série de peneiras.....	26
Tabela 4- Limites da distribuição granulométrica dos agregados miúdos	28
Tabela 5- Composição e quantidade dos corpos de prova	31
Tabela 6- Dosagem dos traços de concreto para	32
Tabela 7- Composição granulométrica da areia de AR	35
Tabela 8- Composição granulométrica da areia natural AN (continua).....	36
Tabela 9- Massa específica, massa específica aparente e massa específica saturada de superfície seca dos agregados miúdos e graúdo.....	39
Tabela 10- Ensaio de resistência à compressão simples.....	41
Tabela 11- Ensaio de resistência à tração por compressão diametral.....	44
Tabela 12- Resultado do ensaio de Slump test.....	40
Tabela 13- Tabela de consistência.....	40

Lista de Siglas

FAEMA	Faculdade Educação e Meio Ambiente
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
PNRS	Plano Nacional de Resíduos Sólidos
PNM	Plano Nacional de Mineração
VPM	Valor de produção mineral
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
RCD	Resíduos de construção e demolição
SSS	Saturado de superfície seca
AN	Agregado natural da região
AR	Areia de rejeito
USP	Universidade de São Paulo
MF	Módulo Finura
DMC	Dimensão máxima característica

Sumário

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS	13
2.1 OBJETIVO PRIMÁRIO	13
2.2 OBJETIVOS SEGUNDÁRIOS	13
3. REVISÃO DA LITERATURA	14
3.1 REJEITOS DA MINERAÇÃO	14
3.2 CONCRETO DE CIMENTO	17
3.2.1 Agregados	18
3.2.2 Areia	19
4. MATERIAIS E MÉTODOS	22
4.1 MATERIAIS	22
4.1.1 Areias	23
4.1.2 Cimento	24
4.1.3 Brita	25
4.1.4 Água	25
4.2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DO REJEITO DE MINERAÇÃO	25
4.2.1 Determinação da composição granulométrica	26
4.2.2 Curva granulométrica	28
4.2.3 Determinação da massa unitária e massa específica	28
4.3 DOSAGEM DE CONCRETO E CONFECÇÃO DOS CORPOS DE PROVA	31
4.4 ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO DO CONCRETO	33
4.4.1 Índice de consistência (slump test)	33
4.4.2 Ensaio de resistência à compressão simples	33
4.4.3 Ensaio de resistência à tração por compressão diametral	34
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
5.1 COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA	35
5.1.1 Curva granulométrica	37
5.2 MASSA UNITÁRIA E MASSA ESPECÍFICA	39
5.3 ENSAIO DE ABATIMENTO (SLUMP TEST)	40
5.4 ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO SIMPLES	41
5.5 ENSAIO DE RESISTÊNCIA À TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL	43
6. CONCLUSÃO	47
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	48

1. INTRODUÇÃO

O setor da construção civil é o responsável pela transformação do ambiente natural em ambiente construído, adequando-se ao incremento das mais diversas atividades. Sendo uma das maiores da economia e, também se configura como grande consumidora de matérias primas naturais e energia, e como efeito, resulta em um grande impacto ambiental. A não ser que a construção civil tenha grandes mudanças, não será possível um desenvolvimento sustentável (SANTANA; PEREIRA, 2020).

Resíduos oriundos de todos os tipos de indústrias carecem de tratamento adequado em seu manuseio, porém nem sempre ocorre assim, e resultam em consequências nocivas e prejudiciais ao meio ambiente e à população. Nesse contexto surge a necessidade de se fazer uma gestão adequada dos recursos necessários bem como os resíduos gerados durante o processo de transformação dos ambientes. Então a reciclagem e/ou a reutilização de materiais que são rejeitos em alguns setores produtivos, resultam em benefícios direto ao meio ambiente, e a construção civil pode utilizar esses rejeitos, se tornando menos poluidora (Pinto 2005).

Um exemplo de fonte geradora de resíduo, que pode ser diretamente reutilizado na construção civil, é o da atividade de mineração. Dados do Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS, 2012) do Ministério do Meio Ambiente, “a quantificação do volume de resíduos sólidos gerados pela atividade de mineração é difícil devido à complexidade e diversidade das operações e tecnologias utilizadas no processo de extração e beneficiamento.” Existem vários estudos sobre o emprego desses rejeitos de mineração, como utilização de matéria prima de vários produtos industriais destinados à construção civil, por exemplo, como componentes de argamassas, em concretos de alta performance, substitutos de agregados, produção de areia industrial, entre outros, (NOCITINI, 2011; ARISTIMUNHO; BERTOCINI, 2012).

Diante do exposto surge a temática deste trabalho, propondo o reaproveitamento da areia, apresentada como rejeito no setor de mineração, como matéria prima na produção de concreto.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO PRIMÁRIO

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

2.2 OBJETIVOS SEGUNDÁRIOS

- Equiparar dosagens para os traços do concreto, a partir da substituição parcial de agregado miúdo (areia de rio) por areia de mineração;
- Analisar a influência dos teores de porcentagem de rejeito de mineração como substituição parcial do agregado miúdo no estado fresco do concreto;
- Analisar propriedades mecânicas comparando os corpos de prova de concretos com as porcentagens de areia natural e areia de mineração quanto a resistência por tração por compressão diametral e à compressão simples.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1 REJEITOS DA MINERAÇÃO

A indústria da mineração é um dos segmentos mais antigos e mais produtivos da economia do Brasil. Essa atividade está diretamente ligada à história do Brasil, pois desde o descobrimento, os recursos minerais vêm sendo explorados, e contribuíram para o desenvolvimento da economia nacional (FARIAS; COELHO, 2002).

A mineração é uma atividade que consiste na exploração de recurso natural, o que causa impactos ambientais tanto na área minerada como também nas áreas vizinhas. Ela promove destruição direta do solo com a retirada da cobertura vegetal e altera a qualidade da água com a disposição de rejeitos e assoreamento dos cursos d'água (TONIETTO e SILVA, 2011)

O Plano Nacional de Mineração, PNM 2030 (2011), explica que a mineração contribui de forma colossal no PIB brasileiro, um valor aproximado de 17 bilhões de dólares, o que resulta em um valor de produção mineral (VPM) de 26 bilhões de dólares, sendo que a parcela de exportação é em torno dos 20 bilhões e de importação aproximadamente 11 bilhões de dólares.

No Brasil, a maior parte da produção de estanho relacionado à cassiterita vem dos estados do Amazonas e Rondônia, os quais elevam o país ao patamar de quarto maior produtor mundial desse minério. Apenas no ano de 2015 a produção da classe dos metais correspondeu a 76% de toda a produção mineral brasileira, destacando-se o alumínio, cobre, ferro, manganês, nióbio, níquel e ouro, os quais representaram 98,5% da produção comercializada da classe (DNPM, 2016).

A prática da mineração gera grande quantidade de materiais estéreis (provenientes do processo de extração), e de resíduos de processamento (rejeitos). Os resíduos sólidos são gerados em todo seu processo produtivo desde a extração, manuseio, o arrumação, a coleta, o transporte e a destinação final, afóra todo sistema de tratamento das águas residuais e emissões atmosféricas (OLIVEIRA; LANGE, 2005). Tais materiais são dispostos em pilhas de estéreis e bacias de rejeitos. Esses resíduos possuem composição química e granulometria muito distintas do solo original, demandando outras destinações no sentido de redução de seu impacto sobre o meio ambiente (SILVA et al., 2014).

Em Rondônia a exploração principal é da cassiterita no garimpo Bom Futuro, (Figura 1), sendo essa atividade extratora como impulso para economia da Cidade de Ariquemes, pois alavanca o ranking do Brasil, o tornando o quarto maior país extrator desse minério (ZAN et al, 2012).

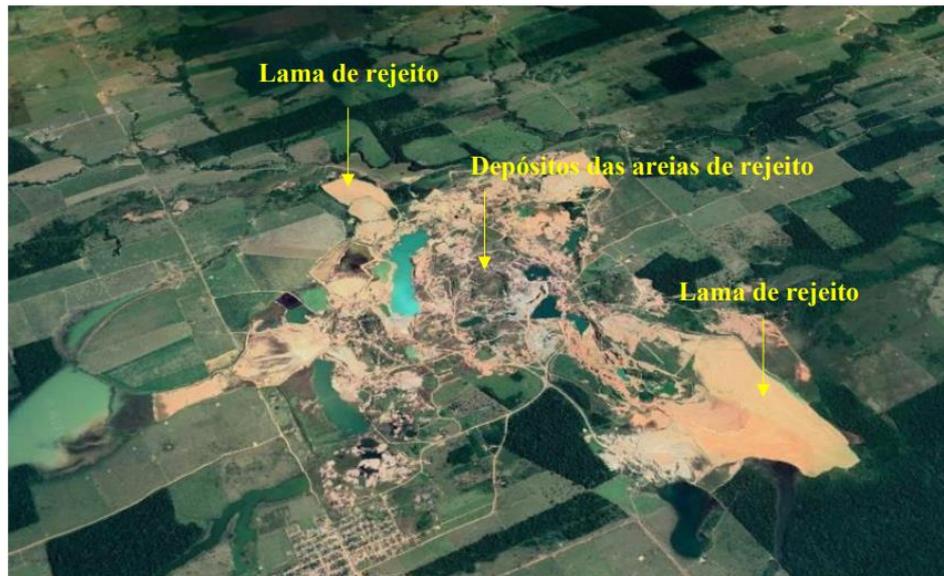
Figura 1- Garimpo Bom Futuro



Fonte: Google Earth 2021, adaptado.

Apesar da grande importância e a contribuição dessa mineração no Estado de Rondônia, a exploração desse minério acabou causando um impacto ambiental de proporção gigantesca (Figura 2). Mais de 800 mil metros cúbicos de resíduos provenientes da exploração eram lançados nos rios localizados ali próximo, consequentemente comprometendo-os em um raio de mais de 200 km (ZAN et al, 2012). Parte desse problema se originou pelo fato da exploração ilegal e descontrolada durante anos, onde até os dias de hoje ainda ocorrem, desrespeitando as autoridades legais e agredindo o meio ambiente (GERMANY, 2002; BRASIL,2010).

Figura 2- Área de exploração do garimpo Bom Futuro



Fonte: Google Earth 2021, Adaptado.

O volume de resíduos produzidos pode mudar de acordo com as características do minério extraído e a eficácia do processo de beneficiamento utilizado. Uma empresa de mineração como a Samarco Mineração S.A., aumentou em 9,5 milhões de toneladas de minério de ferro ao ano, em 2014, totalizando 25 milhões de toneladas de resíduos por ano (TOMAZELA, 2015). Com o potencial de crescimento desses resíduos, torna-se de suma importância o entendimento desses resíduos para estabelecer procedimentos necessários para seu manejo e sua destinação ambientalmente adequada.

Silva et al. (2014) estudou o potencial do uso de resíduos com concentração de minério de ferro como parte do traço na fabricação de concretos para ser usado em blocos intertravados de concreto (Pavers), em permuta à areia de sílica e para a aquisição da cerâmica com adição dos rejeitos na proporção de 0% e 5% em substituição à argila. Os resultados manifestaram que os rejeitos de concentração de minério de ferro mostraram-se tecnicamente viáveis na substituição de agregados dos blocos pavers e materiais cerâmicos.

Contudo, observa-se com as pesquisas citadas que o enfoque principal é para a substituição de areia, a qual corresponde por no máximo de 30 a 50% do produto, e não colabora com a redução do custo do produto, pois é a quantidade de cimento é que determina grande parte do custo do material.

A reutilização de resíduos do qual se tenha como objetivo a produção de artefatos para o setor da construção civil, pode reduzir custos e ter destinação final correta se feita de maneira acertada. Assim, deve-se a importância quanto ao estudo da utilização desses rejeitos na construção civil para que impactos como os vistos anteriormente, sejam diminuídos.

3.2 CONCRETO DE CIMENTO

“Concreto é basicamente o resultado da mistura de cimento, água, pedra e areia, sendo que o cimento ao ser hidratado pela água, forma uma pasta resistente e aderente aos fragmentos de agregados (pedra e areia), formando um bloco monolítico (Bunder 2016).”

Figura 3- Concreto



Fonte: Autor 2021

O concreto é o material de construção mais utilizado. Com a evolução da ocupação da zona urbana, houve uma crescente no consumo de concreto. A estimativa de produção/ de acordo com a Associação Brasileira de cimento Portland, a produção de concreto em 2012 foi de 51 milhões de m³, e com projeção de crescimento de 41,2% nos cinco anos consecutivos. A composição do concreto é formada por cimento Portland, areia, brita e água. No entanto, a necessidade de melhorias nas características do concreto, tanto no início da pega como no endurecido, fez com que se adotassem alguns outros constituintes na mistura, materiais estes, destinados a conferir propriedades especiais ao concreto, denominados de aditivos e/ou adições, (Metha e Monteiro 2014).

Bastos (2002), afirma que a desigualdade da estrutura dos materiais que constituem os concretos é responsável por comportamentos diferentes tanto no estado fresco como no endurecido. Essa transformação traz grandes desafios técnicos desde a produção, distribuição e emprego do concreto. Sendo assim, é importante não fazer a dosagem dos materiais empiricamente, quando se quer obter aglomerado compacto e sólido.

3.2.1 Agregados

De acordo com a norma 7211:2009, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), agregado para concreto deve ser “composto por grãos de minerais duros, compactos, duráveis, estáveis, limpos e que não interfiram no endurecimento e hidratação do cimento também na proteção contra corrosão da armadura”. São grãos que não têm volume nem forma definidos. Geralmente, tais materiais são inertes com propriedades e dimensões adequadas para serem utilizados em obras de engenharia civil.

Por constituir cerca de 75% do volume do concreto, é importante considerar a qualidade do agregado, em se tratando do resultado do produto. Para Neville e Brooks (2013), os agregados, além de limitarem a resistência para concretos de alta resistência, afetam, através de suas propriedades, a durabilidade e o desempenho do concreto.

A NBR 7211:2009 classifica o agregado quanto ao tamanho, da seguinte forma:

- a) agregado miúdo: areia natural, artificial ou mistura de ambas, cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 4,8 mm, com possibilidade de retenção de 5%, e ficam retidos na peneira ABNT 0,075 mm;
- b) agregado graúdo: pedregulho ou brita proveniente de rochas estáveis, ou a mistura de ambos, cujos grãos passam por uma peneira de malha quadrada com abertura nominal de 152 mm e ficam retidos em peneira com abertura de malha 4,8 mm;

- c) material pulverulento: partículas minerais com dimensões inferiores a 0,075 mm, inclusive os materiais solúveis em água presentes nos agregados, definida na NBR 46 vigente.

3.2.2 Areia

A areia é um agregado natural, e geologicamente 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).

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)

O concreto é o material de construção mais empregado pelo homem. Este material é difundido e bem utilizado, por se constituir uma ótima alternativa para construções diversas. A anexação de outros subsídios no concreto, como aditivos, adições minerais, pigmentos e fibras e o uso de técnicas de execução distintas, como a cura a altas temperaturas e pressões, pode resultar em concretos de última geração, que poderiam atender a qualquer solicitação de projeto, tolerando a execução de boas estruturas, duráveis e seguras (TUTIKIAN, 2011).

Na construção civil, o reaproveitamento dos resíduos já é bastante difundido, seja na produção de blocos de concreto ou de concretos magros sem fins estruturais (ARULRAJAH et al., 2014; VIEIRA; DAL MOLIN, 2004; RAO et al., 2007; YANG et al., 2011; COELHO; DE BRITO, 2013). Mas para concretos mais nobres e estruturais com a utilização dos resíduos de construção e demolição (RCD), necessita de estudos

sobre as características e propriedades, uma vez que os resultados encontrados até hoje ainda não são conclusivos para uma aplicação imediata.

A reutilização de resíduos do qual se tenha como objetivo a produção de artefatos para o setor, pode reduzir custos e ter destinação final correta se feita de maneira criteriosa. De acordo com o boletim técnico do departamento de Engenharia de Construção Civil, da escola politécnica da Universidade de São Paulo (USP), os estudos ligados ao uso de concretos produzidos com agregados reciclados, vêm ganhando uma atenção especial nas pesquisas. Ainda que tenha necessidade e grande potencial de reaproveitamento dos agregados reciclados, alterações são necessárias para uma gestão adequada de tais resíduos, começando com a demolição seletiva, equipamentos de concentração e britagem e metodologia de dosagem.

O desempenho de concretos utilizando agregados reciclados é alvo de estudos e vem se expandindo em busca de novos conhecimentos. Os agregados de RCD reciclados, geralmente têm propriedades bastante variáveis e o desempenho oferecido por essa adição em concretos pode variar de acordo com a origem e tratamento recebido.

Leite (2001) em seu estudo obteve um valor aproximado de 11% maior para o índice de forma do agregado graúdo reciclado em relação ao agregado natural. Já Malysz (2018) encontrou resultados quase 40% maiores para o agregado reciclado em comparação ao agregado natural estudado. Ferraz 2020 utilizou RDC como substituto, e a amostra que obteve melhor desempenho foi o traço com adição de 75% de RCD com a idade de 28 dias apresentou um desempenho satisfatório, com um acréscimo de resistência de 20,68% em relação ao de referência. Guedes (2020), fez um estudo utilizando agregado miúdo como substituição em argamassas de cimento Portland, e a amostra que teve melhor resultado no ensaio de resistência à compressão foi o traço L30 com 30% de Rejeito de Cassiterita, 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. Os autores ainda conferem aos agregados reciclados uma textura áspera e rugosa. Todas essas características intrínsecas aos agregados reciclados, como baixa massa específica, alta porosidade, alta taxa de absorção de água, alto índice

de forma e textura áspera contribuem para uma redução da densidade dos grãos, reduzindo também sua resistência. Por consequência, precisa ter um conhecimento das características físicas dos agregados, bem como a sua correlação com o concreto, a fim de viabilizar sua utilização.

Assim, deve-se a importância quanto ao estudo da utilização desses rejeitos na construção civil para que impactos como os vistos anteriormente, sejam diminuídos.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Para elaboração desta pesquisa foi realizada uma revisão bibliográfica, consultando-se obras já consagradas no meio técnico (NBR`S), artigos científicos, entre outras bibliografias versadas na área de Engenharia Civil.

A parte experimental do trabalho foi realizada no laboratório de pesquisas do curso de engenharia civil da Faculdade de Educação e Meio Ambiente – FAEMA, com a finalidade de aplicar os métodos de dosagem, apresentar a caracterização dos materiais que compõe o concreto e realizar os ensaio de consistência, resistência à compressão simples e de resistência à tração por compressão diametral, utilizando o auxílio de equipamentos e ferramentas.

A atividade experimental foi dividida em cinco etapas: A primeira etapa é a revisão de bibliografia e os materiais que foram empregados para a criação dos concretos experimentais seguindo NBR 12655:2006. Na segunda etapa foi realizada a caracterização das amostras dos agregados a areia natural (NA) e da areia de rejeito do garimpo (AR) para substituição na dosagem do concreto. A terceira etapa foi feito a dosagem seguindo NBR 7212:2012, moldagem e cura dos traços seguindo NBR 5738:2016. Já na quarta etapa da pesquisa, foram analisadas as propriedades os concretos no seu estado fresco seguindo NBR NM 67:1996, com o ensaio de determinação do índice de consistência do concreto. E por fim verificado as propriedades do concreto no seu estado endurecido onde, constitui a caracterização mecânica do concreto. Para análise do comportamento mecânico foi determinado resistência à compressão simples de acordo com a NBR 12025:2012 e à tração por compressão diametral, seguindo as diretrizes da norma NBR 7222:2011.

4.1 MATERIAIS

Na realização deste estudo foram utilizados os seguintes materiais: Areia natural e areia de rejeito do garimpo, brita, cimento e água.

4.1.1 Areias

Para composição dos traços de concreto de referência foi utilizado uma areia média de origem natural, proveniente do município de Ariquemes. A escolha foi baseada na ampla disponibilidade do material no município, pois essa areia é comercializada em larga escala, conforme (Figura 4):

Figura 4- Coleta da amostra da areia de rejeito (AN)



Fonte: Autor 2021

Já para os traços de concretos utilizando a areia de rejeito do garimpo, as amostras foram coletadas em diferentes pontos das áreas abertas que são destinadas ao armazenamento da areia de rejeito (Figura 5), sendo que a coleta dessa areia (AR) foi realizada no Garimpo Bom Futuro. Esse rejeito é proveniente dos processos de lavagem da mineração de cassiterita, o qual pode ser lavado duas vezes, sendo que após a lavagem, o material é armazenado seguindo a quantidade de lavagens.

Figura 5- Coleta da amostra da areia de rejeito (AR)



Fonte: Autor 2021

A amostra da areia de rejeito recebeu a seguinte nomenclatura: AR. Nesse processo de coleta das amostras foi necessário auxílio dos trabalhadores local, seguindo a NBR NM 26/2009.

Após coleta as amostras, devidamente identificadas com a data e local de coleta, foram levadas para o laboratório da Faculdade de Meio Ambiente (FAEMA), para caracterização física.

4.1.2 Cimento

O cimento utilizado foi o Portland composto CII Z32, produzido pela Empresa CIPLAN Cimentos Planalto S/A, indicado para uso em concreto armado e protendido, concretos para pavimentos, elementos pré-moldados e artefatos de cimento. As características físicas, químicas e mecânicas são fornecidas pelo fabricante. Na Tabela 1 estão dispostas essas informações.

Tabela 1 - Características físicas, químicas e mecânicas do cimento

Resistência 1 dia	Resistência 7 dias	Resistência 14 dias	Resistência 28 dias	Blaine	Início de pega	Final de Pega
15.0 MPa	23.0 MPa	28.0 MPa	33 MPa	5000	195 min	270 min
Valores médios de referência						

Fonte: CIPLAN Cimentos Planalto S/A 2005.

4.1.3 Brita

A brita utilizada foi a brita 01, de origem natural, oriunda da cidade de Ariquemes. Esse material tem bastante disponibilidade no comércio local, direcionando a escolha por seu uso. Foi realizado o ensaio de massa específica e massa aparente conforme NBR 16917:2021.

4.1.4 Água

A água usada na fabricação do concreto, objeto desse estudo, foi proveniente de poço artesiano localizado na Faculdade de Educação e Meio Ambiente – FAEMA, situada no município de Ariquemes/ RO.

4.2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DO REJEITO DE MINERAÇÃO

Após a coleta de amostra, iniciou os ensaios de caracterização física da mesma. Todas as análises foram realizadas seguindo as normas ABNT respectiva a seu ensaio. Os ensaios de caracterização física das amostras foram realizados no laboratório de mecânica dos solos da FAEMA. No Quadro 1 está descrito um resumo dos ensaios realizados para caracterização da areia de rejeito.

Quadro 1- Ensaio adotados na caracterização física

Métodos de ensaio	Norma utilizada
Agregados – Determinação da composição granulométrica– Agregados	NBR NM 248 / 2003 Agregado miúdo

Determinação da massa específica e massa específica aparente	NBR NM 52 / 2009
--	------------------

Fonte: Autor 2021

4.2.1 Determinação da composição granulométrica

Para realização desta etapa foram utilizadas as peneiras de série normal com abertura de malha 9,5 mm, 4,75 mm, 2,36 mm, 1,18 mm, 600 μm , 300 μm e 150 μm e, também as de série intermediária com abertura de malha 12,5 mm e 6,3 mm, seguindo a norma NBR NM 248/2001, que classifica as peneiras de acordo com a abertura de malha em série normal e intermediária, como mostra a tabela 3.

Tabela 2- Série de peneiras

Série Normal	Série Intermediária
75 mm	-
-	63 mm
-	50 mm
37,5	-
-	31,5 mm
-	25 mm
19 mm	-
-	12,5 mm
9,5 mm	-
-	6,3 mm
4,75 mm	-
2,36 mm	-
1,18 mm	-
600 μm	-
300 μm	-
150 μm	-

Fonte: NBR 248/2001

Foram tomadas amostras de 1000 g para a realização deste ensaio. Antes do ensaio propriamente dito, as amostras foram secas por 24h em estufa a 105° C, esfriadas à temperatura ambiente. O processo de peneiramento ocorreu por meio de agitador mecânico disponível no laboratório de mecânica de solos da FAEMA, conforme ilustrado na figura 6.

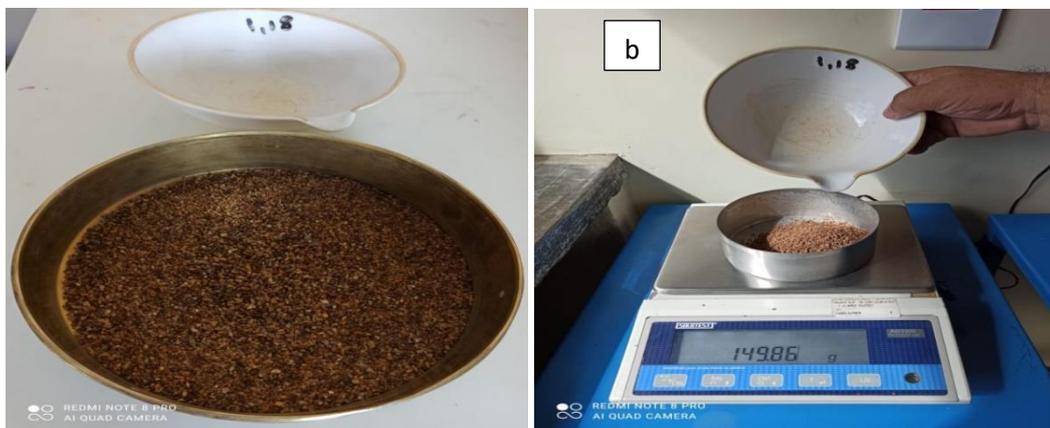
Figura 6- Peneiras utilizadas no ensaio de determinação granulométrica



Fonte: O autor 2021

Após a agitação, o material retido em cada peneira foi pesado e contabilizado para identificar as porcentagens retidas, conforme ilustrado na figura 6. Dessa forma, foi encontrado também o Módulo de Finura (M.F.) e a Dimensão Máxima Característica (D.M.C.).

Figura 7- a) amostra retida na peneira; b) pesagem das amostras



Fonte: O autor 2021

4.2.2 Curva granulométrica

A curva granulométrica é gerada utilizando os resultados obtidos no ensaio de determinação de granulometria, conforme descrito na norma NBR 7211:2019, permitindo distinguir se as amostras se encontram dentro das zonas utilizáveis ou zona ótima determinadas. Na tabela 4 pode se conferir os limites da distribuição granulométrica do agregado miúdo determinados pela norma em questão, pois o agregado miúdo só poderá ser utilizado na produção de concreto Portland, se estiver dentro dos limites máximo e mínimo previsto nessa norma.

Tabela 3- Limites da distribuição granulométrica dos agregados miúdos

Peneiras	Porcentagem em massa retida/ acumulada			
	Limites inferiores		Limites Superiores	
	Zona utilizável	Zona ótima	Zona ótima	Zona utilizável
9,5 mm	0	0	0	0
6,3 mm	0	0	0	7
4,75 mm	0	0	5	10
2,36 mm	0	10	20	25
1,18 mm	5	20	30	50
600 µm	15	35	55	70
300 µm	50	65	85	95
150 µm	85	90	95	100

Fonte: NBR 7211/2019

4.2.3 Determinação da massa unitária e massa específica

3.2.3.1 Agregado miúdo

De acordo com a NBR NM 45/2006 “a massa unitária de um agregado é a relação entre sua massa e seu volume sem compactar, considerando-se também os vazios entre os grãos.” Essa análise é utilizada para transformar massa em volume e vice-versa. Já a massa unitária compactada é a relação entre sua massa e seu volume

compactado segundo um determinado processo, considerando-se também os vazios entre os grãos. Pode ser feita com um único agregado ou com uma composição destes.

Neste experimento foi empregado o método C da norma NBR NM 26/2001, já que o material em questão se encontrava em estado solto, conforme figura 8.

Figura 8- Preparo das amostras para determinação de massa unitária e massa específica



Fonte: O autor 2021

As amostras foram secas em estufa a 105° C como prescrito em norma. Então foi pesado a amostra de areia natural e a de areia de rejeito, figura 9.

Figura 9- a) amostra do agregado natural (AN); b) amostra da areia de rejeito (AR)



Fonte: O autor 2021

Após a pesagem, as amostras foram colocadas em frascos Erlenmeyer, e completado o volume com água até a marca de 500 mL, conforme demonstrado na figura 10. Os frascos foram tampados e agitados para eliminar os vazios entre os

grãos de areia, aguardou-se 3 minutos e, só então foi feita a leitura do nível resultante do conjunto água e areia.

Figura 10- Amostra disposta em frasco de Erlenmeyer



Fonte: O autor 2021

Os resultados da massa unitária, massa unitária na condição Saturado Superfície Seca (SSS) e volume de vazios foram obtidos através dos cálculos realizados de acordo com a equação 1, disponibilizadas na NBR NM 45/2006 utilizada para a realização deste ensaio.

$$\gamma = \frac{m}{V} \quad (\text{equação 1})$$

Onde:

Y é a massa específica dada em g/cm³;

M é a massa em gramas;

V é o volume final menos o volume inicial em cm³

4.3 DOSAGEM DE CONCRETO E CONFECÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Dosagem é um conjunto de procedimentos teóricos e/ou experimentais necessários à obtenção do traço do concreto, ou seja, a proporção dos ingredientes (cimento, areia, brita, aditivos e água), e cuja combinação supra as condições explicitados pelo projeto estrutural e pelas condições da obra. A dosagem deve sempre ser seguida à risca, pois implica em fatores como resistência, durabilidade e trabalhabilidade do concreto. Quando essas medidas não são respeitadas, pode acontecer acidentes com a estrutura da obra HELENE:2011

Nessa etapa foi realizado a dosagem seguindo NBR 7212:2012 para concreto de referência e com substituição de 25%, 50% e 75% de areia natural por material de rejeito AR, moldagem e cura do traço 1:2:3 e relação a/c 0,89, seguindo NBR 5738:2016. Cada composição conteve 6 corpos de provas para cada idade, sendo 3 para ensaio de resistência à compressão simples e 3 para ensaio de resistência à tração por compressão diametral para as idade de 7, 14, 21 e 28 dias, conforme descrito na Tabela 5.

Tabela 4- Composição e quantidade dos corpos de prova

Ensaio	Idades Ensaçadas			
	7 dias	14 dias	21 dias	28 dias
Resistência à compressão simples e tração por compressão diametral				
AN (referência)	6	6	6	6
Concreto com AR 25%	6	6	6	6
Concreto com AR 50%	6	6	6	6
Concreto com AR 75%	6	6	6	6

Fonte: Autor 2021

O traço exibe a quantidade de areia e brita necessária para uma unidade de cimento. Ou seja, um traço com a configuração 1:2:3 recomenda que a grandeza para 1 parte de cimento é de 2 partes de areia e 3 de brita, procurando sempre satisfazer essa ordem, traço em volume. A dosagem dos traços de concreto foi feita conforme está demonstrado na tabela 6.

Tabela 5- Dosagem dos traços de concreto para

Traço 3:2:1	Cimento (Kg)	Areia Natural (Kg)	Areia de Rejeito (Kg)	Brita (Kg)	Água (L)
AN (referência)	6,500	16,500	-	26,300	5,700
Concreto com AR 25%	6,500	12,375	4,125	26,300	5,700
Concreto com AR 50%	6,500	8,250	8,250	26,300	5,700
Concreto com AR 75%	6,500	4,125	12,375	26,300	5,700

Fonte: O autor 2021

Os moldes utilizados nos testes, foram cilíndricos com diâmetro de 10cm e altura de 20cm, conforme ilustrado na figura 10, seguindo as diretrizes da norma NBR 5378/2016, que versa sobre os procedimentos para moldagem e cura dos corpos de prova. Conforme já descrito na Tabela 5, para cada composição foram confeccionados 3 corpos de prova por ensaio e por idade, sendo que a desenforma ocorreu 24 horas após o processo de moldagem e colocados em cura submersa em tanque de água saturada em cal até a idade de ensaio.

Figura 11- a) Moldes; b) corpos de prova utilizado nos ensaios.



Fonte: Autor 2021

4.4 ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO DO CONCRETO

4.4.1 Índice de consistência (slump test)

A classificação dos concretos é baseada no índice de consistência no seu estado fresco, determinada a partir do ensaio de abatimento, (slump test), contido na norma NBR NM 67/98. O ensaio consiste na compactação do concreto dentro de um molde com forma de um tronco cônico oco sobre uma base plana metálica quadrada ou retangular, conforme figura 12, o resultado e mostrado em milímetros (mm). Vale ressaltar que a relação a/c foi mantida a mesma para todos os traços.

Figura 12- a) Ensaio de consistência (slump test); b) Equipamento forma tronco-cônica (slump test).



Fonte: Autor 2021

4.4.2 Ensaio de resistência à compressão simples

Foram analisadas as diferenças dos materiais **AN** e **AR** do concreto no seu estado endurecido onde, constitui a caracterização mecânica do concreto. O ensaio de resistência à compressão é considerado uma medida importante da qualidade de estrutura do concreto. Este ensaio foi realizado para as diferentes composições das

dosagens do concreto, seguindo os métodos necessários para ensaio de compressão dos corpos-de-prova cilíndrico de concreto presentes na norma ABNT NBR 5379:2018, sendo realizados análises de 7, 14, 21 e 28 dias.

Para avaliação do comportamento mecânico foi determinada resistência à compressão realizado no laboratório da FAEMA, utilizando a máquina Prensa Eletro hidráulica Digital – Modelo A, Ref. 1.501.220 – 220V – 60Hz da SOLOTEST, conforme figura 13.

Figura 13- Ensaio de resistência à compressão simples



Fonte: O autor 2021

4.4.3 Ensaio de resistência à tração por compressão diametral

É um ensaio utilizado para obter indiretamente a resistência mecânica à tração do concreto e argamassas, conforme requisitos da norma NBR 7222:2011. É aplicada uma força até a sua ruptura por tração indireta ou ruptura por fendilhamento, figura 14. Esse ensaio foi realizado na máquina Prensa Eletro hidráulica Digital – Modelo A, Ref. 1.501.220 – 220V – 60Hz da SOLOTEST, observando os parâmetros

estabelecidos

na

ABNT NBR 7222:2011. Respeitando as idades de ensaio de 7, 14, 21 e 28 dias.

Figura 14- Ensaio de resistência à tração por compressão diametral



Fonte: O autor 2021

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA

A granulometria dos agregados é característica essencial para o estudo da dosagem dos concretos. Os valores obtidos da areia de rejeito (AR), bem como da areia natural para o cálculo da composição granulométrica estão dispostos nas tabelas 7 e 8 respectivamente. O módulo de finura também está descrito na tabela respectiva da amostra.

Tabela 6- Composição granulométrica da areia de AR

Areia de Rejeito			
Peneiras	Massa retida (g)	Massa retida (%)	Massa retida acumulada (%)
9,5	0,00	0	0
4,75	14,74	1,47	1,47
2,36	65,88	6,59	8,06
1,18	149,86	14,99	23,05
600	200,08	20,02	43,07
300	267,83	26,79	69,86
150	217,87	21,80	91,66
Fundo	83,34	8,34	100,00
Total	999,6	100%	337,17
MF: 2,37		DMC= 4,75mm	

Fonte: O autor 2021

Tabela 7- Composição granulométrica da areia natural AN (continua)

Areia Natural			
Peneiras (mm)	Massa retida (g)	Massa retida (%)	Massa retida acumulada (%)
9,5	5,4	0,54	0,54
4,75	28,98	2,90	3,44
2,36	110,28	11,04	14,48
1,18	234,35	23,45	37,93
0,60	280,13	28,03	65,96
0,30	262,56	26,27	92,23
0,15	68,69	6,87	99,11
Fundo	8,94	0,89	100,00
Total	999,33	100	
MF: 3,14		DMC= 4,75mm	

Fonte: O autor 2021

Conforme demonstrado nas tabelas 7 e 8, a D.M.C tanto da amostra da areia de rejeito (AR), como da areia natural (AN), foi de 4,75mm, isto é, a distribuição

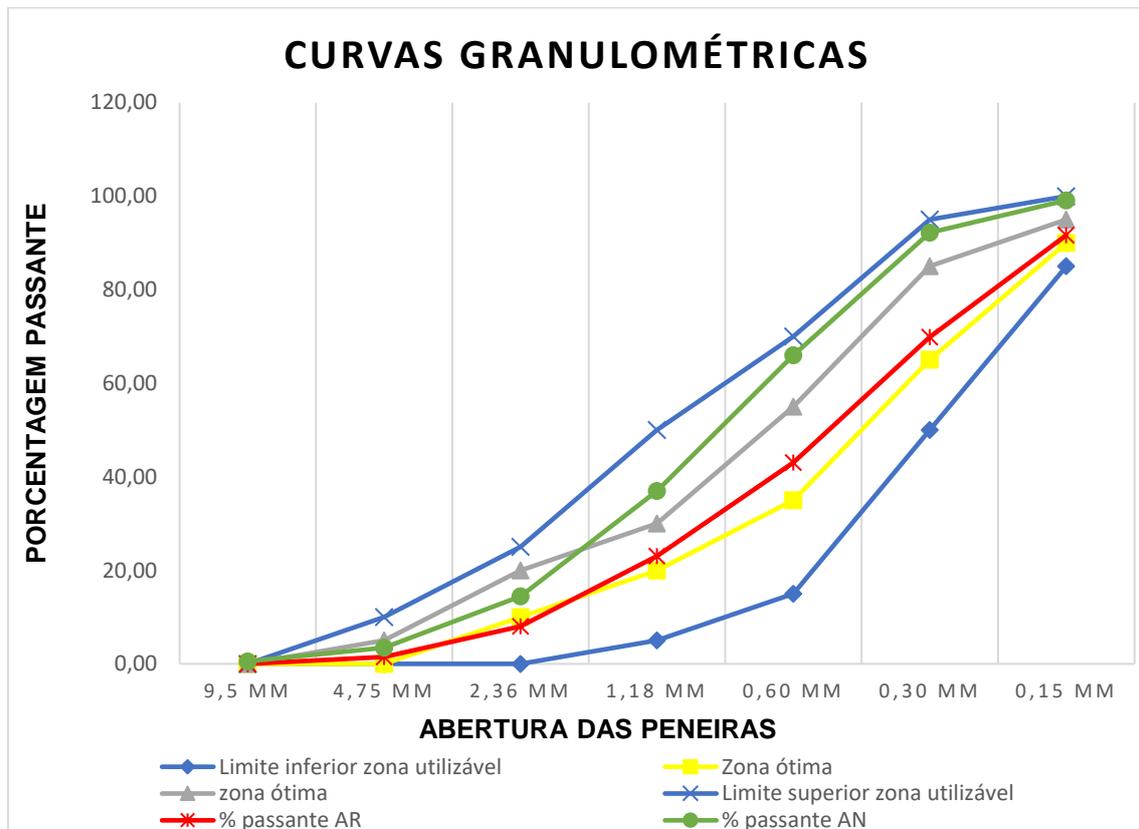
granulométrica do agregado, apropriada à abertura nominal, em milímetros, da malha da peneira da série normal ou intermediária apresenta uma porcentagem retida acumulada igual ou imediatamente inferior a 5% em massa, conforme NBR 7211/2009.

O módulo finura é o resultado da soma das porcentagens retidas acumuladas em massa de um agregado, nas peneiras série normal, dividida por 100. O módulo de finura é importante para saber a dimensão dos grãos, ou seja, a superfície específica. Acima nas tabelas 7 e 8 está demonstrado os valores do MF. Sendo que a AR apresentou MF de 2,37, enquanto a AN apresentou um MF de 3,14. De acordo com a NBR 7211/2009 o MF da zona ótima varia de 2,20 até 2,90, logo a amostra da AR está dentro dos parâmetros desejáveis. E a AN estaria no limite superior da zona utilizável. Diante do exposto, presume que a AR apresenta boas características para ser usada como substituta de agregado natural. Vale ressaltar que quanto maior o módulo de finura, maior é o agregado.

5.1.1 Curva granulométrica

O entendimento da curva granulométrica do agregado é imprescindível para estabelecer a dosagem dos concretos e argamassas, pois influencia diretamente na quantidade de água a ser acrescentada ao concreto, que se arrola com a resistência e; na trabalhabilidade do concreto, se constituindo em fator importante na obtenção de um concreto econômico. Na figura 15 é possível observar as curvas granulométricas das amostras também as zonas ótimas, bem como seus limites inferior e superior.

Figura 15- Curvas granulométricas das amostras da areia natural e da areia de rejeito



Fonte: O autor 2021

Nota-se que tanto a amostra da areia de rejeito quanto a de areia natural estão enquadradas de forma contínua dentro dos limites da zona utilizável, definida pela NBR 7211/2009. Porém quando se observa os limites de zona ótima, a amostra da areia de rejeito está totalmente dentro dos limites ótimos, enquanto a amostra de areia natural inicia dentro da zona ótima, porém a partir de 2,36 mm, o comportamento da amostra ultrapassa a zona ótima, tendendo a permanecer próxima ao limite superior utilizável. Outro fator a salientar é o formato da curva granulométrica:

- Contínua: curva suave em formato de S;
- Descontínua: patamar horizontal;
- Uniforme: curva em formato de S alongado na vertical.

Nesse estudo as curvas granulométricas das amostras analisadas, apresentaram forma contínua, ou seja, possui todas as frações em sua curva de distribuição granulométrica sem mudança de curvatura, que é o resultado ideal de acordo com a norma NBR 7211/2009.

5.2 MASSA UNITÁRIA E MASSA ESPECÍFICA

Na tabela 9 está listado os resultados obtidos de massa específica, massa aparente e massa específica saturada de superfície seca (SSS).

Tabela 8- Massa específica, massa específica aparente e massa específica saturada de superfície seca dos agregados miúdos e graúdo

Determinações	AN	AR	Brita
Massa específica g/cm ³	2,77	3,64	3,40
Massa aparente g/cm ³	2,76	3,32	3,48
Massa específica saturado de superfície seca g/cm ³	2,76	3,41	3,40

Fonte: O autor 2021

Por definição da NBR 52:2009 a massa específica é a relação entre a massa do agregado seco e seu volume, excluindo os poros permeáveis. Com isso verifica a importância da determinação da massa específica, pois através dela pode se determinar a quantidade de cada material utilizado na dosagem do concreto.

A amostra AN obteve uma massa específica menor quando comparado a amostra AR, isso se deve ao fato que a amostra de rejeito pode ter maior porosidade, uma vez que passa por mais processos durante o processamento no garimpo. Uma vez que o agregado reciclado é diferente do agregado natural encontrado na natureza, pois o reciclado sofreu modificações físico-químicas e em sua composição. Quando um material agregado reciclado apresenta alta porosidade, é importante redobrar a atenção, pois pode atribuir perda de resistência à compressão e aumentar a permeabilidade do concreto, (TENÓRIO 2007).

Já o agregado graúdo apresentou uma massa específica de 3,40g/cm³, sendo que de acordo com a norma NBR 7251:1982 o valor habitual para agregado graúdo é de aproximadamente 2,7 g/cm³, logo o agregado graúdo usado teve uma massa específica 26% maior que a média habitual.

5.3 ENSAIO DE CONSISTÊNCIA (SLUMP TEST)

Os resultados obtidos no ensaio de abatimento (slump test) estão dispostos na tabela 10.

Tabela 9- Resultado do ensaio de Slump test

Amostra	Abatimento (mm)
AN	20
AR 25%	35
AR 50%	45
AR 75%	55

Fonte: O autor, 2021

Os resultados de abatimento servem para classificar o concreto para determinar em qual aplicação será usado. A NBR 8953:2015 traz uma classificação dos concretos de acordo com sua consistência no estado fresco e, de acordo com essa classificação o concreto estudado está classificado:

Tabela 10- Tabela de consistência

Classe	Abatimento (mm)	Aplicações
S10	$10 \leq A < 50$	Concreto extrusado, vibro prensado ou centrifugado.
S50	$50 \leq A < 100$	Alguns tipos de pavimentos e de elementos de fundações
S100	$100 \leq A < 160$	Elementos estruturais, com lançamento convencional do concreto
S160	$160 \leq A < 220$	Elementos estruturais com lançamento bombeado do concreto
S220	≥ 220	Elementos estruturais esbeltos ou com alta densidade de armaduras.

Fonte: NBR 8953:2015

Ao analisar os dados obtidos em ensaio, a amostra referência AN, e as amostras AR 25% e AR 50% se enquadram como concreto S10, ou seja, serve para aplicação de concreto extrusado, vibroprensado ou centrifugado. Já a amostra AR 75% pode ser aplicada em alguns tipos de pavimentos e elementos de fundações. O

que faz-se necessário mais alguns testes e análises para validar a sua eficácia nos elementos estruturais, a utilização da areia de rejeito como substituição da areia natural na dosagem de concreto.

5.4 ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO SIMPLES

Os resultados do ensaio de resistência à compressão simples estão listados na tabela 12. Os valores demonstrados, são as médias dos três corpos de prova para cada composição e idade ensaiada, bem como o desvio padrão e o coeficiente de variação de cada amostra.

Tabela 11- Ensaio de resistência à compressão simples

Idade	Parâmetros	AN (referência)	AR 25%	AR 50%	AR 75%
7 dias	Resistência média (Mpa)	7,62	5,81	7,00	8,49
	Desvio Padrão	0,72	0,40	0,07	0,68
	Coeficiente de variação (%)	11,80	8,60	1,25	10,00
14 dias	Resistência média (Mpa)	7,28	6,01	7,39	8,62
	Desvio Padrão	0,21	0,42	0,59	0,54
	Coeficiente de variação (%)	3,60	8,73	9,97	7,83
21 dias	Resistência média (Mpa)	6,09	5,92	7,77	9,79

	Desvio Padrão	0,71	0,42	0,78	0,23
	Coeficiente de variação (%)	14,55	8,86	12,53	2,93
28 dias	Resistência média (Mpa)	9,05	7,98	8,79	11,60
	Desvio Padrão	0,27	0,83	0,68	0,35
	Coeficiente de variação (%)	3,73	12,99	9,66	3,77

Fonte: O autor 2021

O ensaio de compressão simples é a característica mecânica mais importante para avaliar o concreto. De acordo com Mehta e Monteiro 2008, os concretos são divididos em até três categorias gerais:

Baixa resistência: menor que 20Mpa

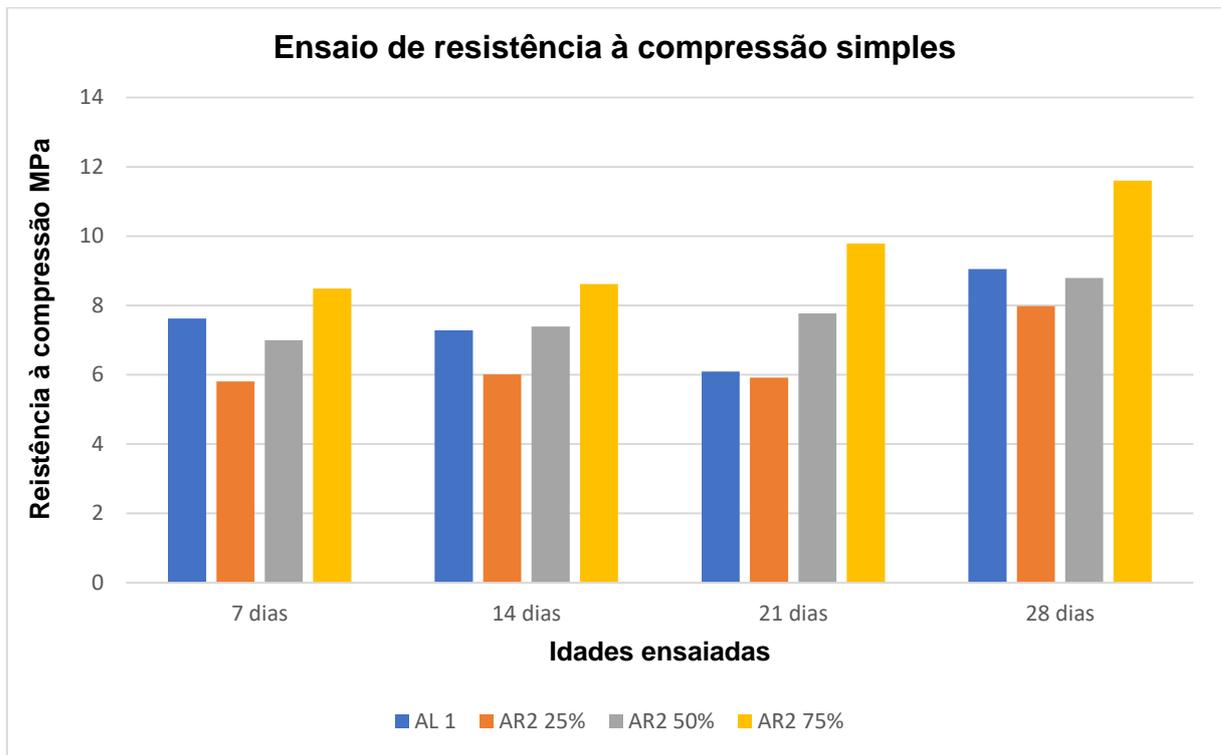
Média resistência: de 20 a 40 Mpa

Alta resistência: acima de 40 Mpa

Os autores ressaltam ainda, que o ensaio de resistência à compressão simples, realizado na idade de 28 dias, é admitido globalmente como índice geral da resistência do concreto, (Metha e Monteiro 2008). A partir dos resultados obtidos em ensaio, foi plotado um gráfico para melhor demonstrar o desempenho das amostras, quando submetidas ao ensaio de compressão.

A figura 16 apresenta os resultados dos resultados dos ensaios de resistências à compressão simples para melhor visualização.

Figura 16- Ensaio de resistência à compressão



Fonte: O autor, 2021

Para todas as idades ensaiadas, a amostra que apresentou melhor desempenho foi a com areia de rejeito AR 75%. Essa amostra teve desempenho melhor do que a referência. Sendo que este resultado da areia de rejeito AR 75% atingindo 28,17% de maior eficácia em comparação a areia de referencia AN.

Os resultados obtidos no ensaio de compressão simples, demonstram que o concreto não apresentou resistência mecânica superior à 20Mpa, dessa forma fazendo-se necessário mais análises para verificação de uma possível melhora no comportamento de sua resistência.

5.5 ENSAIO DE RESISTÊNCIA À TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL

Os resultados obtidos no ensaio de resistência à tração por compressão diametral estão listados na tabela 13.

Tabela 12- Ensaio de resistência à tração por compressão diametral

Idade	Parâmetros	AN (referência)	AR 25%	AR 50%	AR 75%
7 dias	Resistência média (Mpa)	1,06	0,99	1,02	1,37
	Desvio Padrão	0,06	0,54	0,15	0,30
	Coeficiente de variação (%)	1,78	17,09	4,62	6,85
14 dias	Resistência média (Mpa)	1,22	1,20	1,02	1,47
	Desvio Padrão	0,67	0,21	0,19	0,47
	Coeficiente de variação (%)	18,80	5,47	5,79	9,98
21 dias	Resistência média (Mpa)	1,19	1,16	0,98	1,37
	Desvio Padrão	0,33	0,24	0,11	0,35
	Coeficiente de variação (%)	8,68	6,48	3,52	7,97
28 dias	Resistência média (Mpa)	1,16	1,17	1,01	1,47
	Desvio Padrão	0,41	0,32	0,12	0,4

	Coeficiente de variação (%)	11,06	8,51	3,71	8,47
--	-----------------------------	-------	------	------	------

Fonte: O Autor, 2021

É importante ressaltar que quanto menor o coeficiente de variação, mais homogêneos são os dados obtidos. Ou seja:

Valores $\leq 15\%$, significa dados homogêneos;

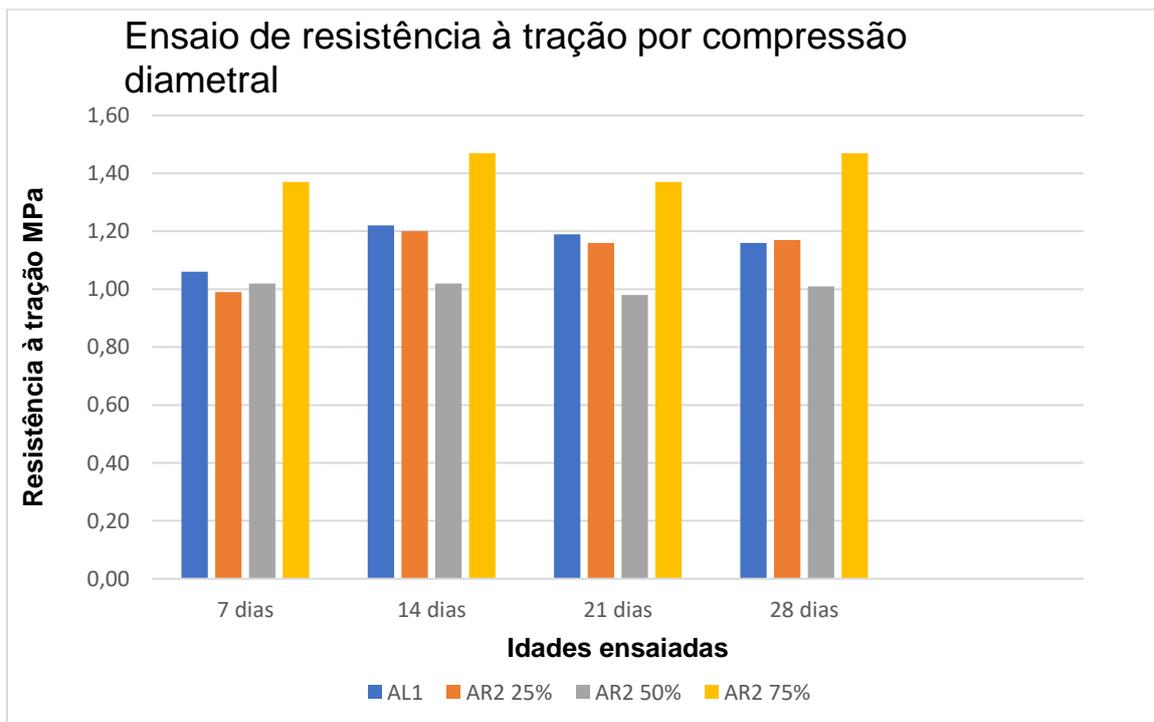
Valores $\geq 15\% \leq 30\%$ são dados com média dispersão, e;

Valores $\geq 30\%$ alta dispersão.

Os coeficientes de variação obtidos estão abaixo de 15%, com exceção de um valor que está ligeiramente acima (17,8%), esses valores reforçam a homogeneidade dos dados obtidos, sendo importante observar que as amostras, bem como os ensaios foram realizados de maneira adequada e coerente.

A figura 17 apresenta os resultados dos resultados dos ensaios de resistências à tração por compressão diametral para melhor visualização.

Figura 17 - Ensaio de resistência à tração por compressão diametral



Fonte: O autor, 2021

O concreto é classificado como um material frágil e tem baixa capacidade de resistência à tração. As características de sua resistência dependem essencialmente da dosagem do concreto, do tempo e temperatura de cura. Devido a essa baixa resistência, o concreto é quase sempre reforçado com barras e hastes de aço para suportar cargas de tração, (R.C. Hibbeler, 2010).

Assim como no ensaio de compressão simples, a amostra que teve melhor desempenho foi a areia de rejeito AR 75% para todas as idades ensaiadas com 26,7% de desempenho acima da amostra de referencia.

6. CONCLUSÃO

A sustentabilidade é cada vez mais urgente, e ao analisar os resultados obtido em ensaios, foi possível apresentar algumas considerações importantes, que estão apresentadas a seguir.

O aproveitamento deste resíduo como agregado para o concreto, certamente, virá a se constituir em uma alternativa de substituição das areias naturais, contribuindo para a preservação ambiental.

A areia de rejeito do garimpo proveniente do Garimpo Bom Futuro é uma opção viável como substituição parcial da areia natural para ser utilizada na fabricação de artefatos de cimentos como Paviers para passagem de veículos leves, Blocos entre outros.

Na caracterização física, no ensaio de classificação granulométrica a AR teve desempenho satisfatório, permanecendo toda curva dentro da zona ótima de utilização, comportamento melhor do que a amostra de AN.

Referente aos ensaios de caracterização do concreto, no estado fresco o índice de abatimento a classificação de uso dos concretos foi igual (S10) para as amostras AR traço 25%, AR traço 50%, se diferenciando apenas para a amostra AR traço 75% (S50), sendo que essa pode ser utilizada em concretos vibroprensados.

Já a avaliação do desempenho do concreto em seu estado endurecido, todos os resultados demonstraram desempenho que classifica os concretos como concretos leves, uma vez que os valores obtidos no ensaio de compressão simples ficaram abaixo de 20Mpa. As amostras utilizando a areia de rejeito do garimpo tiveram um desempenho tão bom quanto a amostra referência, e em especial a amostra com a fração AR 75%, obteve desempenho superior em todos os ensaios de compressão simples e de tração por compressão diametral.

Com esses resultados experimentais e as considerações supracitadas, conclui-se que a utilização da areia de rejeito do garimpo para concretos não estruturais, pode ser uma alternativa viável para minimizar impactos ambientais, com isso o objetivo desse estudo foi alcançado.

Como trabalho futuro, sugere desenvolver amostras que tenham maior resistência aos ensaios mecânicos, para que possam ser utilizadas em concretos estruturais. As amostras ensaiadas no presente trabalho obtiveram resistência menores que 20MPa. Assim cabendo mais alguns ensaios e análises para possível melhora no desempenho do material AR.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ARISTIMUNHO, P.B.; BERTOCINI, S.R. Application of iron ore mud in powder form in portland cement presence. Rev. IBRACON Estrut. Mater. V.5 n.2, 153-165, 2012.

ARULRAJAH A., PIRATHEEPAN J., DISFANI, M. Reclaimed asphalt pavement and recycled concrete aggregate blends in pavement subbases: laboratory and field evaluation. J. Mater. Civ. Eng. 26 (2), p. 349–357, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 26: Agregados – Amostragem. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5738: Concreto: Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 67: Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1998.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7211: Agregado para concreto — Especificação. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 45: Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios. 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento: NBR 12655. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone: NBR NM 67. Rio de Janeiro, 1998.

BASTOS, Sandra Regina Bertocini. Uso da areia artificial basáltica em substituição parcial à areia fina para produção de concreto convencional. Florianópolis: UFSC, 2002. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/84274/212200.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acesso em 09/05/2021.

BRASIL. Plano Nacional de Mineração 2030: Geologia, Mineração e Transformação Mineral. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2010.

BUNDER J. O Concreto: sua origem, sua história. 2016. Universidade de São Paulo Faculdade de Arquitetura e Urbanismo.

COELHO, A; DE BRITO A. C. J. Preparation of concrete aggregates from construction and demolition waste (CDW). Handbook of Recycled Concrete and Demolition Waste. Chapter 9. Civil and Structural Engineering 2013, Pages 210–245.

DNPM, Departamento Nacional de Produção Mineral. Sumário Mineral 2015. Brasília: DNPM, 2016.

FARIAS, C. E. G.; COELHO, J.M. Mineração e Meio Ambiente no Brasil. Relatório para CGEE- PNUD 2002/001604. Outubro, 2002.

FERRAZ, Marcio Sena. Caracterização do comportamento mecânico do concreto com adição de resíduos de construção e demolição (RCD) cinza. / por Marcio Sena Ferraz. Ariquemes: FAEMA, 2020. 51 p.

GUEDES, Lucas Kaike Alves. Análise da substituição parcial do agregado miúdo em argamassas por rejeito de cassiterita. Por Lucas Kaike Alves Guedes. Ariquemes: FAEMA, 2020, 54p.

GERMANI, D. J. A mineração no Brasil. Relatório Final, Brasil, 2002.

Hibbeler, Russell Charles Resistência dos materiais I Russell Charles Hibbeler tradução Arlete Simille Marques; revisão técnica Sebastião Simões da Cunha Jr.- 7. ed. - São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

ISAIA, G. C. Materiais de construção civil. IBRACON (2 Vol.). São Paulo, 2007

<https://www.institutodeengenharia.org.br/site/wpcontent/uploads/2017/10/argnot10052.pdf> acesso em 20/06/2021.

JOHN, Vanderley M.; AGOPYAN, Vahan. Reciclagem de resíduos da construção. Seminário–Reciclagem de resíduos sólidos domiciliares. São Paulo, 2000.

LEITE, M. B. Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição. 2001. 270f. Tese (Doutorado em Engenharia) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

MALYSZ, G. N. Estudo da influência da jigagem nas propriedades do concreto com agregado graúdo reciclado. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Programa de PósGraduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. Concreto: estrutura, propriedades e materiais. São Paulo: Pini, 1994.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. Concreto: estrutura, propriedades e materiais. Editora Pini. 3ª edição, São Paulo 2008

MEHTA, P. Kumar; MONTEIRO, Paulo J. M. Concreto: microestrutura, propriedade e materiais. 2. Ed. São Paulo. IBRACON, 2014.

NEVILLE, A. M.; BROOKS J. J. Tecnologia do concreto. 2. Ed. Porto Alegre. Bookman, 2013.

NOCITI, D. M. Aproveitamento de rejeitos oriundos da extração de minério de ferro na fabricação de cerâmicas vermelhas. 2011. 101 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, 2011.

OLIVEIRA, G. A. G., LANGE, L. C. Gerenciamento dos Resíduos Sólidos Industriais na Área Mineira da Bacia Hidrográfica do Médio São Francisco. Saneamento Ambiental Brasileiro. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES, 2005. p. 1-13.

PINTO, T. P. et al. Guia profissional para uma gestão correta dos resíduos da construção. São Paulo/SP, 2005

RAO, A.; JHA, K.; MISRA, S. (2007). Use of aggregates from recycled construction and demolition waste in concrete. Resources, Conservation and Recycling, nº 50, p. 71–81, 2007.

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: 13/04/2021.

SILVA, R.V., BRITO, J., DHIR, R.K. Properties and composition of recycled aggregates from construction and demolition waste suitable for concrete production. Construction and Building Materials. Vol .65, p.201-217, 2014.

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.

TENÓRIO, J. L. T. Avaliação de propriedades do concreto produzido com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição visando aplicações estruturais. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió.

TOMAZELA, J. M. Samarco passou a acumular mais rejeitos em 2014 nas barragens rompidas. 2015. Acesso: 14/04/2021. Disponível em: <http://www.estadao.com.br/noticias/geral,samarco-passou-a-acumular-mais-rejeitos-em2014-nas-barragens-rompidas,1792688>

TONIETTO, A.; SILVA, J.J.M.C. Valoração de danos nos casos de mineração de ferro no Brasil. Revista Brasileira de Criminalística, 1:31-38, 2011.

VIEIRA, G. L. Estudo do processo de corrosão sob a ação de íons cloreto em concretos obtidos a partir de agregados reciclados de resíduos de construção e

demolição. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC), UFRGS, Porto Alegre. 2003.

YANG, J.; DU, Q; BAO, Y. Concrete with recycled concrete aggregate and crushed clay bricks, *Constr. Build. Mater.* 25 (4) (2011) 1935–1945.

ZAN, R. A. et al. O garimpo bom futuro como ferramenta para o ensino de química e da educação ambiental. *Revista Monografias Ambientais*, v. 7, n. 7, p. 1657-1669, 2012.

<https://www.cimentoitambe.com.br/massa-cinzenta/rejeitos-da-mineracao-na-construcao/> acesso em 13/04/2021

<https://abcp.org.br/imprensa/noticias/pesquisa-inedita-e-exclusiva-revela-cenario-do-mercado-brasileiro-de-concreto/> acesso em 05/05/2021

<http://www.clubedoconcreto.com.br/2014/05/modulo-de-finura-mf.html>
acesso em 20/05/2021

Hibbeler, Russell Charles Resistência dos materiais I Russell Charles Hibbeler; tradução Arlete Simille Marques; revisão técnica Sebastião Simões da Cunha Jr.- 7. ed. - São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.



RELATÓRIO DE VERIFICAÇÃO DE PLÁGIO

DISCENTE: Ney Corrêa de Ávila

CURSO: Engenharia Civil

DATA DE ANÁLISE: 14.07.2021

RESULTADO DA ANÁLISE

Estatísticas

Suspeitas na Internet: **15,84%**

Percentual do texto com expressões localizadas na internet ⚠

Suspeitas confirmadas: **7,12%**

Confirmada existência dos trechos suspeitos nos endereços encontrados ⚠

Texto analisado: **83,34%**

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
quarta-feira, 14 de julho de 2021 17:36

PARECER FINAL

Declaro para devidos fins, que o trabalho do discente **NEY CORRÊA DE ÁVILA**, n. de matrícula **23773**, do curso de Engenharia Civil, foi **APROVADO** na verificação de plágio, com porcentagem conferida em 15,84%. Em decorrência das falsas acusações de plágio, o trabalho foi analisado pela professora orientadora Silênia Priscila da Silva Lemes, que o considerou apto para aprovação.

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