



FACULDADE DE EDUCAÇÃO E MEIO AMBIENTE

NATHALIA FERNANDES FERREIRA

**UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE BENEFICIAMENTO DE ROCHAS
ORNAMENTAIS PARA A PRODUÇÃO DE BLOCOS INTERTRAVADOS**

ARIQUEMES – RO

2021

NATHALIA FERNANDES FERREIRA

**UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE BENEFICIAMENTO DE ROCHAS
ORNAMENTAIS PARA A PRODUÇÃO DE BLOCOS INTERTRAVADOS**

Trabalho de Conclusão de Curso para
obtenção do título de Engenheira Civil
apresentado para a Faculdade de
Educação e Meio Ambiente – FAEMA.

Professor Orientador: Dr. Driano
Rezende.

ARIQUEMES – RO

2021

FICHA CATALOGRÁFICA
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

F383u Ferreira, Nathalia Fernandes

Utilização de resíduos de beneficiamento de rochas ornamentais para a produção de blocos intertravados. / Nathalia Fernandes Ferreira. Ariquemes, RO: Faculdade de Educação e Meio Ambiente, 2021.

44 f. ; il.

Orientador: Prof. Dr. Driano Rezende.

Trabalho de Conclusão de Curso – Graduação em Engenharia Civil – Faculdade de Educação e Meio Ambiente, Ariquemes RO, 2021.

1. Resíduo. 2. Reciclagem. 3. Sustentabilidade. 4. Rochas ornamentais. 5. Blocos intertravados. I. Título. II. Rezende, Driano.

CDD 624

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

NATHALIA FERNANDES FERREIRA

**UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE BENEFICIAMENTO DE ROCHAS
ORNAMENTAIS PARA A PRODUÇÃO DE BLOCOS INTERTRAVADOS**

Banca examinadora

Professor Orientador: Dr. Driano Rezende
Faculdade de educação e meio ambiente – FAEMA

Professor Me: Felipe Cordeiro de Lima
Faculdade de educação e meio ambiente – FAEMA

Professor Esp: João Vitor da Silva Costa
Faculdade de educação e meio ambiente - FAEMA

ARIQUEMES – RO

2021

Dedico a minha avó Eva Doroteia Soares, que nunca deixou de me apoiar, e que vivenciou comigo boa parte desse sonho, mas que infelizmente não está mais presente para acompanhar essa realização. Contudo levo-a sempre comigo em minhas memórias e em meu coração.

Ao meu pai Nilvar Ferreira que sempre me incentivou, acreditou em meu potencial e nunca mediu esforços para que eu pudesse realizar esse sonho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado capacidade, sabedoria e força de vontade para superar todos os desafios que traçaram meu caminho.

Ao meu pai por sempre ter me apoiado, orientado, me motivado a nunca desistir, e por não medir esforços para que esse sonho pudesse ser concretizado.

Aos meus avós, minha irmã, familiares e amigos que sempre acreditaram em mim e que sempre estiveram do meu lado nos momentos de desânimo onde eu não me sentia capaz, não deixando que eu desistisse.

Aos meus professores que durante todo o curso tiveram paciência e sabedoria para repassar os seus conhecimentos. Em especial ao meu orientador Dr. Driano Rezende e coordenadora do curso Ma. Silênia Priscila da Silva Lemes que me orientaram com sabedoria e me deram suporte para que eu pudesse hoje estar concluindo este trabalho.

Aos meus colegas de grupo, que me acompanharam e me ajudaram durante esses cinco anos de curso nas realizações de trabalhos e atividades e em todas as dificuldades.

Não fui eu que ordenei a você? Seja forte e corajoso! Não se apavore nem desanime, pois o Senhor, o seu Deus, estará com você por onde você andar".

Josué 1:9

RESUMO

O resíduo de corte de mármore em sua maioria não possui uma destinação adequada, assim como grande parte dos resíduos gerados no setor da construção civil. Deste modo uma das alternativas para que esse resíduo não seja totalmente descartado na natureza, é buscar possibilidades de utilização do mesmo em forma de reciclagem. O objetivo da pesquisa é estudar a viabilidade da utilização de resíduos provenientes do beneficiamento de rochas ornamentais para fabricação de blocos intertravados. A metodologia utilizada foi a realização de uma pesquisa experimental, analisou a implementação do Resíduo de Beneficiamento de Rochas Ornamentais (RBRO) para a fabricação de corpos de provas para blocos intertravado, foram fabricadas 45 amostras (corpos de provas) para a realização dos ensaios, sendo 15 do traço referencial, 15 com substituição de 10% do cimento pelo RBRO e 15 com substituição de 20% do cimento pelo RBRO onde todos foram submetidos a ensaios físicos e mecânicos. Nos resultados do slump test o traço com 10% de substituição do cimento por RBRO ganhou mais trabalhabilidade em relação ao referencial e no traço de 20% houve desagregação. No ensaio de resistência a compressão nenhum dos traços atingiram 35MPa que é a resistência mínima para tráfego de veículos leves de acordo com a ABNT NBR 9781/2013, o traço referencial atingiu 22,43 MPa, o de 10% resistiu a 15,89 MPa e o de 20% a 9,78 MPa ambos em seus 28 dias de cura. Portanto conclui-se que o uso do RBRO nas condições do presente trabalho na fabricação do bloco intertravado torna-se inviável, sendo necessário novos estudos com variação de agregados.

Palavras chaves: Resíduo; Reciclagem; Sustentabilidade; Rochas Ornamentais; Blocos Intertravados.

ABSTRACT

Marble cutting waste, for the most part, does not have an adequate destination, as well as a large part of the waste generated in the civil construction sector. Thus, one of the alternatives so that this waste is not totally discarded in nature, is to look for possibilities of using it in the form of recycling. The objective of the research is to study the feasibility of using residues from the processing of ornamental stones for the manufacture of interlocking blocks. The methodology used was to carry out an experimental research, analyzed the implementation of Dimension Stone Processing Waste (RBRO) for the manufacture of specimens for interlocking blocks, 45 samples were manufactured (bodies of evidence) for the tests, being 15 of the reference mix, 15 with 10% replacement of cement by RBRO and 15 with 20% replacement of cement by RBRO, where all were submitted to physical and mechanics. In the results of the slump test, the mix with 10% replacement of cement by RBRO gained more workability in relation to the reference and in the mix of 20% there was disaggregation. In the compressive strength test, none of the traces reached 35MPa, which is the minimum strength for light vehicle traffic according to ABNT NBR 9781/2013, the referential trace reached 22.43 MPa, the 10% resisted to 15.89 MPa and the 20% to 9.78 MPa, both in its 28 days of cure. Therefore, it is concluded that the use of RBRO under the conditions of this work in the fabrication of the interlocked block becomes unfeasible, requiring further studies with variation in aggregates.

Keywords: Residue; Recycling; Sustainability; Ornamental Rocks; Interlocked blocks.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Blocos intertravados do tipo I	21
Figura 02 – Blocos intertravados do tipo II	21
Figura 03 – Blocos intertravados do tipo III	22
Figura 04 – Blocos intertravados do tipo IV	22
Figura 05 – Execução de um estacionamento em bloco intertravado	23
Figura 06 – Fluxograma de desenvolvimento	25
Figura 07 – RBRO após o processo de secagem.	28
Figura 08 – Slump test	30
Figura 09 – Moldagem dos corpos de provas	31
Figura 10 – Equipamento utilizado para ensaio de resistência a compressão	32
Figura 11 – Slump test de 10%	34
Figura 12 – Slump test de 20%	35
Figura 13 – Media de resistência a compressão	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Ensaio físico do cimento Portland CP II F 32	26
Tabela 02 – Composição granulométrica de agregados miúdos	26
Tabela 03 – Composição granulométrica de agregados graúdos	27
Tabela 04 – Composição granulométrica do RBRO.....	28
Tabela 05 – Proporções para fabricação do traço	29
Tabela 06 – Ensaio de abatimento de tronco	33
Tabela 07 – Resistência à compressão	36
Tabela 08 – Média de absorção de água e índices de vazios	37

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

RBRO	Resíduo do Beneficiamento de Rochas Ornamentais.
KG	Quilogramas
L	Litros
mm	Milímetros
µm	Micrometro
MPa	Mega Pascal

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS	15
	2.1 OBJETIVO PRIMÁRIO.....	15
	2.2 OBJETIVOS SECUNDÁRIOS.....	15
3	REFERENCIAL TEORICO	16
	3.1 ROCHAS ORNAMENTAIS	16
	3.2 CONCRETO.....	17
	3.2.1 Cimento Portland.....	18
	3.2.2 Agregados	18
	3.2.3 Água	19
	3.3 ADIÇÕES DE RESIDUOS DE BENEFICIAMENTO DE ROCHAS ORNAMENTAIS EM CONCRETO	19
	3.4 BLOCOS INTERTRAVADOS.....	20
	3.5 NORMA TECNICA PARA FABRICAÇÃO E MÉTODOS DE ENSAIOS DOS BLOCOS DE CONCRETO.....	23
4	METODOLOGIA	25
	4.1 DESCRIÇÕES DOS MATERIAIS	25
	4.1.1 Cimento Portland	25
	4.1.2 Agregado Miúdo	26
	4.1.3 Agregado Graúdo.....	27
	4.1.4 Água.....	27
	4.1.5 Resíduos do beneficiamento de rochas ornamentais (RBRO).....	27
	4.2 DOSAGEM DO TRAÇO	29
	4.2 SLUMP TEST.....	29
	4.3 FABRICAÇÃO DOS CORPOS DE PROVAS.....	30
	4.4 ENSAIOS DE RESISTENCIA A COMPRESSÃO	31
	4.5 ENSAIOS DE ABSORÇÃO DE ÁGUA E INDICES DE VAZIOS	32
5	RESULTADOS.....	33
	5.1 ENSAIO DE SLUMP TEST	33
	5.2 RESISTENCIA A COMPRESSÃO	35
	5.3 ABSORÇÃO DE AGUA E INDICES DE VAZIOS.....	37
	CONCLUSÃO	39
	REFERÊNCIAS.....	40

1 INTRODUÇÃO

O crescente aumento da construção civil tem contribuído muito para o desenvolvimento do Brasil. No entanto, isso acaba provocando grandes malefícios ao meio ambiente, pelo consumo de energia, água e recursos naturais, além de gerar um imenso volume de resíduos sólidos que em sua maioria não possui uma destinação adequada, sendo depositado em aterros a céu aberto e até mesmo na natureza, assim afetando a qualidade de vida de toda de todos os seres vivos.

Segundo Floss (2006), a fim de evitar impactos ambientais à utilização de resíduos industriais é tão importante quanto à busca por novas tecnologias.

A produção brasileira de materiais rochosos naturais, para ornamentação e revestimento, foi estimada pela ABIROCHAS em 9,2 Mt no ano 2017 (ABRIROCHAS,2018).

A maior parte das atividades de lavra e beneficiamento primário de rochas ornamentais concentram-se em arranjos produtivos locais, como os de mármore e granitos do Espírito Santo, de ardósias e quartzitos foliados de Minas Gerais, de gnaisses foliados do Rio de Janeiro, de basaltos plaqueados do Rio Grande do Sul, de travertinos da Bahia, etc. Os estados da região Sudeste do Brasil, destacando-se São Paulo, possui a maior concentração de marmorarias sendo cerca de 70% do total brasileiro, possuindo também a maior capacidade instalada para acabamentos (ABRIROCHAS, 2018).

O resíduo do beneficiamento de rochas ornamentais conhecido como “lama” que é o proposto para esse estudo, muitas vezes é deixado no pátio das marmorarias ou serrarias, sendo acumulados por muitos anos e descartados em rios causando a poluição da água e o assoreamento.

De acordo com Silva (2011) é gerada lama do beneficiamento de rochas ornamentais em todos os processos e em todo tipo de empresa responsável pela confecção de peças. Assim são gerados resíduos e o mesmo necessita de uma destinação adequada.

Conforme Mesquita et al. (2015), a reciclagem na construção civil pode gerar muitos benefícios, com reflexo direto na redução no consumo de recursos naturais não renováveis.

Sendo assim o presente trabalho apresenta um estudo da implementação do resíduo de beneficiamento de rochas ornamentais na composição do concreto para a fabricação de blocos intertravados.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO PRIMÁRIO

Avaliar a viabilidade da utilização de resíduos do beneficiamento de rochas ornamentais para a fabricação de pavers em relação às propriedades físicas e mecânicas do produto.

2.2 OBJETIVOS SECUNDÁRIOS

- Relacionar as proporções da substituição do cimento por resíduo de rochas ornamentais;
- Produzir corpos de provas com a adição de resíduo de beneficiamento de rochas ornamentais;
- Caracterizar propriedades físicas e mecânicas dos materiais utilizados e dos corpos de provas;
- Discutir os resultados com base na literatura científica.

3 REFERENCIAL TEORICO

3.1 ROCHAS ORNAMENTAIS

De acordo com Schön (2014) as rochas se formam de maneira natural composta de um ou mais minerais, sendo divididas em rochas ígneas, rochas metamórficas e rochas sedimentares.

- As rochas ígneas se formam pela cristalização através do magma fundido, tendo como exemplos granitos e basaltos;
- Rochas metamórficas são formadas por metamorfismo que é a conversão do estado sólido das rochas ígneas e sedimentares estando sob pressão e temperatura da crosta, onde são representadas por filitos, xistos, mármore, quartzitos e gnaisses;
- Rochas sedimentares são formadas através da sedimentação, possui uma sequência de processos, químicos, físicos e biológicos e seus exemplos são arenitos, dolomitos, calcários e folhelhos.

O ciclo das rochas começa através da cristalização do magma onde se dá à rocha magmática, a partir deste entra os processos químicos e os de erosão, desintegração e transporte dando origem às rochas sedimentares de variadas composições e com influência de pressão e temperatura os dois tipos de rochas podem ser transformados em rochas metamórficas. (J.H. SCHÖN, 2014)

Rochas ornamentais são aquelas extraídas e trabalhadas para que se obtenha variadas dimensões, especificações e formatos, a fim de ser utilizada na construção civil, arte funerária, engenharia estrutural entre outros. Entre estas rochas, destacam-se granito, mármore, gnaisses, quartzitos e ardósias. (MOYA, 1995).

O granito é toda rocha não calcária que pode ser polida, desta forma inclui-se as rochas feno-cristalinas, decorativas constituídas na sua maioria por minerais com dureza, conforme a escala de Mohs, entre 6 e 7. Sendo assim, o diorito, granodiorito, basalto, sienito, quartzito, gnaisses e outras rochas ígneas ou metamórficas originam o granito. (MOYA, 1995).

De acordo com Frascá (2014) os mármore são rochas que derivam de calcários e/ou dolomitos contendo 50% de ambos. Ela abrange qualquer rocha

carbonática, podendo ser de origem sedimentar ou metamórfica, que possa ser polida. O Brasil é um grande produtor e exportador de rochas ornamentais e segundo Abrirochas (2021), as exportações de rochas ornamentais e de revestimentos chegaram a 2,16 milhões de toneladas no ano de 2020, somando um total de US\$ 987,4 milhões, sendo de grande importância econômica para o país.

O alto volume de produção de rochas ornamentais acaba gerando uma grande quantidade de resíduos no qual ocasiona um problema ambiental visto que o mesmo, em muitos locais, não possui descarte adequado. Desse modo, aumentando o impacto ambiental, principalmente em rios, afetando também as paisagens naturais (SANTOS; DESTEFANI; HOLANDA, 2014).

3.2 CONCRETO

O concreto é produzido a partir do cimento hidráulico e água. Ele pode ser feito por vários tipos de cimento, contendo pozolanas, como escória de alto-forno, agregados de concreto reciclado, sílica ativa, cinza volante, polímeros, aditivos e fibras. O concreto pode ser curado a vapor, prensado, tratado a vácuo, vibrados por impactos, estruturados e projetados (NEVILLE; BROOKS, 2013).

Esse material é construtivo, podendo ser encontrado em casas de alvenarias, rodovias, pontes, obras de saneamento, entre outros. De acordo com a *Federación Iberoamericana de Hormigón Premesclado* (FIHP), cerca de 11 bilhões de toneladas de concreto são consumidos por ano em todo o mundo. (IBRACON, 2009).

Pode-se afirmar que o concreto é uma forma de rocha que se molda de acordo com desejo humano, pois em estado fresco é composto plástico, assim possibilitando modelagem em formas e tamanhos variados. (IBRACON, 2009).

“O concreto é uma mistura homogênea de cimento, agregados miúdos e graúdos, com ou sem a incorporação de componentes minoritários (aditivos químicos e adições), que desenvolve suas propriedades pelo endurecimento da pasta de cimento” segundo a definição da superintendência do CB-18 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

3.2.1 Cimento Portland

De acordo com a NBR 11578:1991, cimento Portland é um aglomerante hidráulico obtido da moagem de clínquer Portland, onde é adicionado durante a operação, quantidade necessária de uma ou mais formas de sulfato de cálcio. Nessa mistura pode-se adicionar materiais pozolânicos, escórias granuladas de alto-forno e/ou materiais.

O cimento Portland é um material fino que possui propriedades ligantes ou aglomerantes, cujo endurece ao ser adicionado água. Caso seja adicionado água depois de endurecido o cimento não se decompõe mais. (ABCP, 2002).

Ao adicionar materiais como areia, brita, cal e outros materiais ao cimento Portland, resulta-se em concreto e argamassas que são utilizados na construção civil. (ABCP, 2002).

3.2.2 Agregados

Os agregados são materiais que juntamente com o cimento e a água formam concretos e argamassas. Eles são grãos denominados como areias e britas, sendo encontrados na natureza, em leitos de rios ou barrancos e também por métodos artificiais como a trituração de materiais de extração (RIBEIRO; PINTO; STARLING, 2006).

São classificados em naturais e artificiais, os naturais são rochas fragmentadas por ação das chuvas, ventos, temperatura, entre outros, como o pedregulho e a areias. Já os artificiais são materiais triturados ou fragmentados por britadores ou por meio artificial, sendo as britas de granitos, gnaisse, areias artificiais etc. (RIBEIRO; PINTO; STARLING, 2006).

Esses materiais são classificados de acordo com sua origem, granulometria e peso específico e são divididos em agregados miúdos e graúdos. Os miúdos são os quais passam pela peneira de malha 4,75mm e ficam retidos na peneira com malha de 150µm. Os graúdos são os quais passam pela peneira de malha 75mm e ficam retidos na peneira de malha 14,75mm. (ABNT NBR 7211, 2005).

3.2.3 Água

A água é um importante material da construção civil, ela está presente na mistura do concreto e da argamassa. É um solvente universal e influencia diretamente na qualidade e segurança da obra. Possui influência na resistência, durabilidade e retração do concreto. (MAUA, 2017).

A função da água é hidratar, o cimento, fazendo com que o mesmo fique com aspecto pastoso, afim de cumprir esse objetivo a água deve ser adicionada em quantidades específicas para que ele não fique muito líquido e nem com aspecto “farelento”. (MAUA, 2017).

3.3 ADIÇÕES DE RESÍDUOS DE BENEFICIAMENTO DE ROCHAS ORNAMENTAIS EM CONCRETO

Degen et al. (2013), realizaram um estudo utilizando o resíduo do beneficiamento de rochas ornamentais (RBRO), conhecido como lama, essa lama foi utilizada em seu estado natural sem passar por beneficiamentos e a sua aplicação foi feita em substituição parcial do cimento em porcentagem de 5 %, 10% e 15%. Em seus resultados foram comprovados que a incorporação do RBRO não afetou o desempenho do concreto em determinadas proporções e a proporção de 5% de adição foi a que mais se destacou em relação ao ensaio de resistência à compressão e na resistência de tração por compressão diametral as proporções de 5% e 10% se mantiveram a mesma que o concreto de referência.

De acordo com Vazzoler (2011) que realizou um estudo utilizando o resíduo de rochas ornamentais termicamente tratados em pastas de cimento, concluiu que esse resíduo possui potencial para ser utilizado como pozolanas em matrizes cimentícias.

Já na pesquisa de Colnago, Oliveira e Merlo (2018), utilizam o RBRO em substituição parcial da areia sendo em proporções de 5%, 10% e 15% para a fabricação de blocos intertravados, o mesmo conclui através de seus resultados que a substituição da areia pelo resíduo na proporção de 10% indicou viabilidade técnica para o uso e podendo trazer economia no processo de produção e custos nas obras.

Cruz (2019) desenvolveu uma pesquisa onde substituiu parcialmente o cimento por resíduos de corte de mármore e granito na fabricação de pavers, na porcentagem de 10% de substituição os resultados apresentaram um bom desempenho atingindo em média 35 MPa, assim atendendo as exigências normativas de ensaios de resistência a compressão axial de pavers, sendo assim o autor conclui que é viável a substituição parcial do cimento Portland na produção dos Blocos intertravados.

3.4 BLOCOS INTERTRAVADOS

Conforme a ABNT NBR 9781:2013 o pavimento intertravado também conhecido como pavers é um pavimento considerado flexível, possuindo uma camada de base ou ate mesmo de base e sub-base, posteriormente a camada de revestimento sendo composta por peças de concreto uma camada de assentamento e suas juntas são preenchidas por rejuntamento e assim o intertravamento é ocasionado pela contenção.

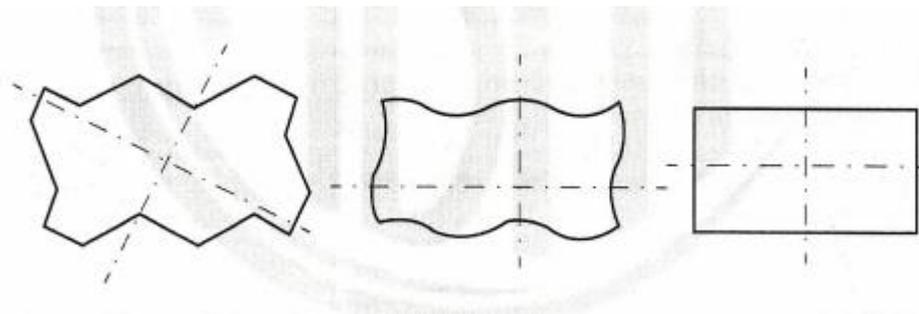
O bloco intertravado é um tipo de pavimentação composto por blocos de concreto, podendo ser utilizados em calçadas, ruas, estacionamentos e entre outros. As cargas que os blocos recebem são distribuídas em conjunto nos mesmos, deste modo faz com que ele necessite de um intertravamento correto e esse intertravamento é realizado por areia de selagem. (PEREIRA, 2019).

O piso intertravado não gira e nem se desloca lateralmente e para garantir o travamento é importante que as faces dos blocos sejam bem produzidas e paralelas. (PEREIRA, 2019). Existem variedades de pisos e de acordo com a ABNT NBR 9781:2013, são classificados em:

TIPO I – peças de concreto em formato retangular podendo ser assentados em fileiras ou em espinha de peixe;

A Figura 1 demonstra três exemplos diferentes de peças do tipo I onde ambas possuem o formato retangular.

Figura 1 Blocos intertravados do tipo I.

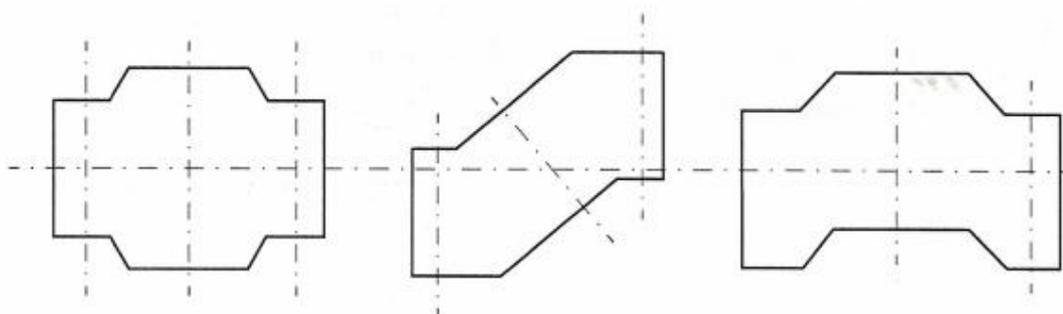


Fonte: ABNT NBR 9781:2013

TIPO II – peças de concreto em formato único que só podem ser assentados em fileiras;

A Figura 2 possui a representação dos blocos de tipo II.

Figura 2 Blocos intertravados do tipo II



Fonte: ABNT NBR 9781:2013

TIPO III – peças de concreto em formato geométrico, sendo trapézios, hexágonos etc, e com pesos superiores a 4 kg.

Na Figura 3 são exemplos dos blocos em modelos geométricos.

O fato das peças serem pré-moldadas faz com que tenha uma economia de recursos, visto que o pavimento possui grande facilidade de ser instalado e removido, permite que tenha uma manutenção sem precisar ter quebra de piso e não gera resíduos sólidos (ABCP, 2011).

Figura 5 Execução de um estacionamento em bloco intertravado



Fonte: Autor 2021

3.5 NORMA TECNICA PARA FABRICAÇÃO E MÉTODOS DE ENSAIOS DOS BLOCOS DE CONCRETO

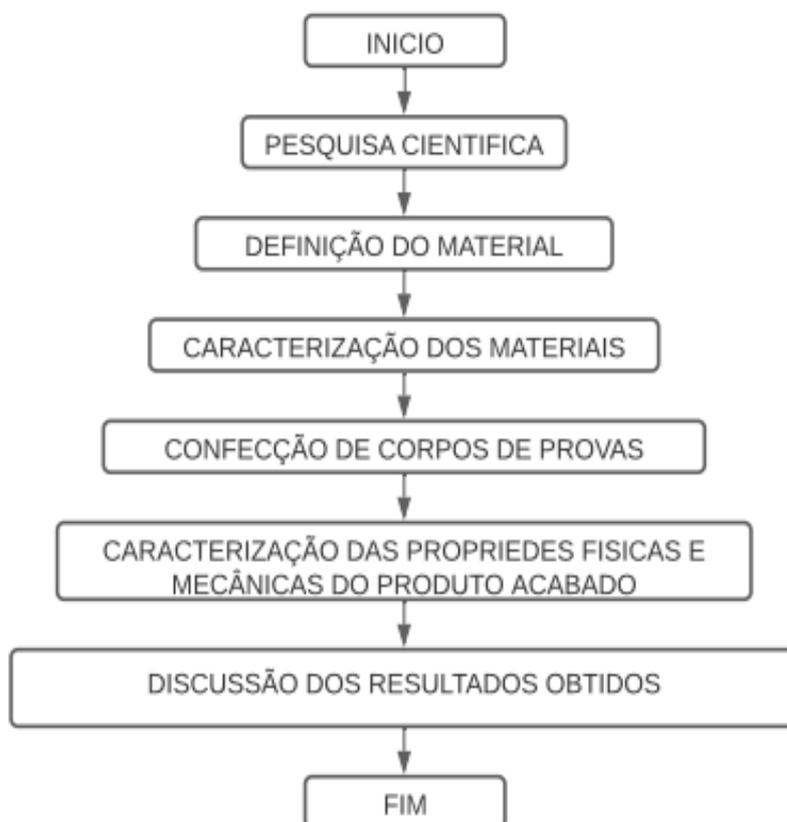
A ABNT NBR 9781/2013 é a norma responsável pelas peças de concreto para pavimentação tendo as devidas especificações e métodos de ensaios. Além de a norma mostrar o método de fabricação, ela também conta com anexos que explica o passo a passo de como deve ser realizado o ensaio de resistência a compressão, o índice de absorção de água, a determinação de resistência à abrasão que é facultativo e a avaliação dimensional. Nos itens abaixo temos os critérios que devem ser seguidos e analisados ao realizar os ensaios conforme a norma citada.

- O ensaio de resistência à compressão deve ser realizado aos 28 dias de cura, onde para tráfego de pedestres, veículos leves e veículos comerciais de linha a resistência deve ser maior ou igual 35 MPa e para tráfego de veículos especiais e solicitações capazes de produzir efeitos de abrasão acentuada deve ser maior ou igual a 50 MPa.
- O índice de absorção de água deve ter valor médio menor ou igual a 6%, amostras que apresentarem valor maior do que 7% não podem ser aceitas.
- Na avaliação dimensional as peças devem possuir dimensões de 250mm de comprimento máximo, largura mínima de 97mm e no mínimo 60mm de espessura, possuindo ainda uma tolerância de aproximadamente 3mm em ambos.

4 METODOLOGIA

O desenvolvimento da pesquisa foi realizado de acordo com o fluxograma da Figura 6, por meio de seis etapas.

Figura 6 Fluxograma de desenvolvimento



Fonte: Autor 2021

4.1 DESCRIÇÕES DOS MATERIAIS

Neste item são apresentados os materiais utilizados na pesquisa.

4.1.1 Cimento Portland

O cimento utilizado neste estudo foi o cimento Portland Pazolânico CP II F 32 da marca ITAU, pois este está sendo o mais utilizado na região. A Tabela 1 demonstra os ensaios físicos do cimento.

Tabela 1 Ensaio Físicos do cimento Portland CP II F 32

Resistência 3 dias	>10,0 MPa
Resistência 7 dias	>20,0 MPa
Resistência 28 dias	>32,0 MPa
Início de pega	>1 hora
Fim de pega	<10 horas

Fonte: cimento.org

4.1.2 Agregado Miúdo

O agregado miúdo utilizado foi areia media proveniente das jazidas do município de Ariquemes-RO. Foi utilizado areia media lavada, recomendada para fabricação de concreto. Sua caracterização foi realizada através dos ensaios de granulometria, conforme a ABNT NBR NM 248/2003 que fala sobre “Agregados - Determinação da composição granulométrica”, podendo ser visto na Tabela 2.

Tabela 2. Composição granulométrica de agregados miúdos.

n°	Peneiras		Areia	
	Abertura das peneiras (mm)	media de retida(%)	Retida acumulada (%)	
8	2,36mm	2,45%	2,45%	
16	1,18mm	20,03%	22,47%	
28	600 µm	28,78%	51,26%	
35	425 µm	12,31%	63,57%	
48	300 µm	22,32%	85,89%	
100	150 µm	12,06%	97,95%	
Fundo	00mm	2,05%	100,00%	

Fonte: autor,2021

4.1.3 Agregado Graúdo

O material utilizado foi a Brita 1, segundo Wiebbelling, (2015) o agregado graúdo mais indicado para a fabricação de bloco intertravado é a brita 0 ou a brita 1. Sua caracterização granulométrica foi realizada de acordo com a NBR NM 248/2003, onde fala sobre “Agregados - Determinação da composição granulométrica”. Tabela 3.

Tabela 3. Composição granulométrica de agregado graúdo.

Peneiras		Brita	
n°	Abertura das peneiras (mm)	media de retida(%)	Retida acumulada (%)
3/4"	19	0,00%	0,00%
16	13	31,46%	31,46%
3/8"	9,5	46,39%	77,85%
1/4"	6,3	21,12%	98,97%
4 -- 4	4,8	0,90%	99,87%
Fundo	0	0,13%	100,00%

Fonte: Autor, 2021

4.1.4 Água

Proveniente de poço tubular profundo, água subterrânea.

4.1.5 Resíduos do beneficiamento de rochas ornamentais (RBRO)

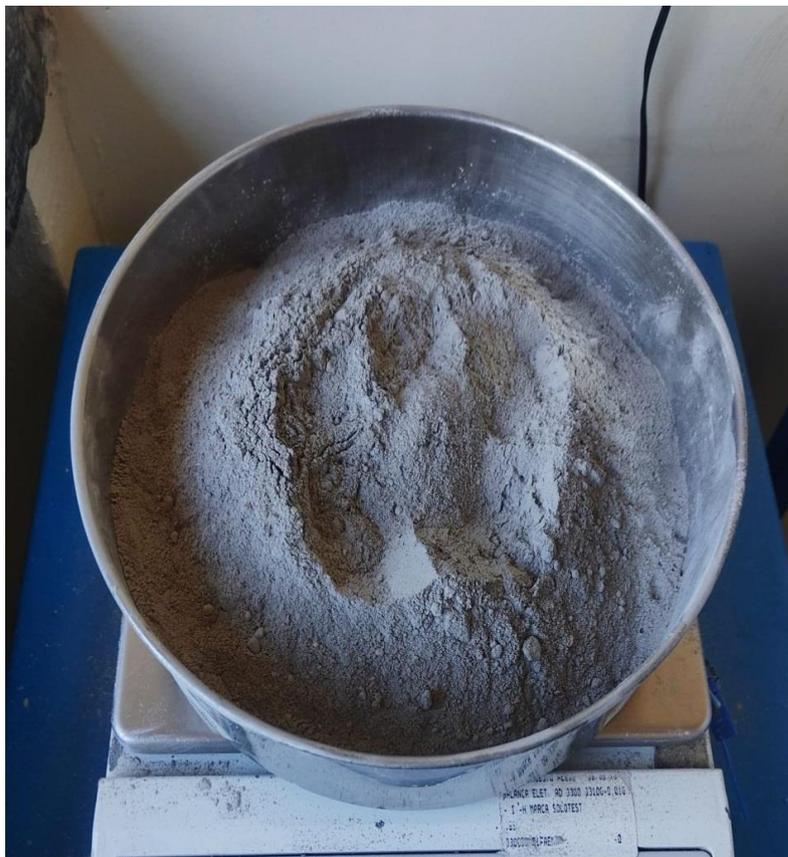
Os resíduos do beneficiamento de rochas ornamentais foram coletados em uma marmoraria do município de Ariquemes, onde foi realizado processo de amostragem do mesmo. O resíduo coletado é conhecido como lama, mistura do pó residual das rochas com a água.

Essa lama passou por um processo de secagem em um forno aquecido a 105°C por 24 horas, na Figura 7 é possível visualizar como ficou a amostra do

RBRO após a secagem. Sua aplicação foi utilizada na substituição parcial do cimento.

A composição granulométrica do RBRO está detalhado na Tabela 4.

Figura 1 RBRO após o processo de secagem



Fonte: Autor,2021.

Tabela 4. Composição granulométrica do RBRO

n°	Peneiras		RBRO	
	Abertura das peneiras (mm)	Media de retida(%)	Retida acumulada (%)	
16	1,18mm	2,70%	2,70%	
28	600 µm	2,66%	5,36%	
35	425 µm	1,18%	6,54%	
48	300 µm	4,77%	11,31%	
100	150 µm	15,39%	26,70%	
200	75 µm	31,28%	57,98%	

270	53 µm	19,66%	77,65%
Fundo	00mm	22,35%	100,00%

Fonte: Autor,2021.

4.2 DOSAGEM DO TRAÇO

O primeiro passo foi definir o traço para fabricação dos corpos de provas. O traço foi escolhido de acordo com a pesquisa de CRUZ (2019) sendo 1:2,4:2,58:0,6, cimento; areia; brita e água, afim de que a resistência a compressão atinja a 35 MPa.

A Tabela 5 a seguir demonstra as diferentes dosagens do traço com a utilização do resíduo de beneficiamento de rochas ornamentais (RBRO), onde houve substituição de percentual de cimento pelo RBRO.

Tabela 5 Proporções para a fabricação do traço

DOSAGEM DOS MATERIAIS						
Traço	Substituição (%)	Cimento (KG)	Areia (KG)	Brita (KG)	Água (L)	RBRO (KG)
1	Referência	11,26	27,02	29,05	6,75	0
2	10	10,134	27,02	29,05	6,75	1,126
3	20	9,008	27,02	29,05	6,75	2,252

Fonte: Autor 2020

4.2 SLUMP TEST

Utilizou-se o Slump test que é o ensaio de abatimento de tronco onde é utilizado para controle do fator água/cimento, cujo mesmo tem influência na resistência do concreto conforme ilustrado na Figura 8.

Figura 2 Slump test



Fonte: Autor, 2021.

4.3 FABRICAÇÃO DOS CORPOS DE PROVAS

Foram fabricadas 45 amostras para a realização dos ensaios, sendo 15 do traço referencial, 15 com substituição de 10% do cimento pelo RBRO e 15 com substituição de 20% do cimento pelo RBRO. O processo de fabricação foi realizado da seguinte maneira, em uma betoneira adicionada, areia, brita e cimento e as respectivas proporções do resíduo, sendo assim misturados obtendo forma homogênea.

O corpo de prova utilizado para a realização dos ensaios foi de formato cilíndrico 20x10cm, conforme ilustrado na Figura 9.

Figura 3 Moldagem dos corpos de prova



Fonte: Autor, 2021.

4.4 ENSAIOS DE RESISTENCIA A COMPRESSÃO

Os ensaios foram realizados no laboratório da Instituição de ensino superior FAEMA.

Os rompimentos dos moldes foram feitos com idades de 7, 14, 21 e 28 dias de cura, nos respectivos dias as retirou-se as amostras para a realização do ensaio a compressão de acordo com a ABNT NBR 5738:2016, “Concreto — Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova”.

Para cada idade de cura foram rompidos 3 corpos de cada traço para que assim obtivesse uma média no valor da resistência a compressão (equipamento ilustrado na Figura 10).

Os resultados foram obtidos através da Equação 1:

$$\text{Equação 1 : } Fc = \frac{F}{A}$$

Sendo:

F_c = resistência à compressão dada em MPa.

F = carga obtida através do ensaio em N.

A = área do corpo de prova.

Figura 4 Equipamento utilizado para ensaio de resistência a compressão



Fonte: Autor, 2021.

4.5 ENSAIOS DE ABSORÇÃO DE ÁGUA E INDICES DE VAZIOS

Os ensaios de absorção de água e índice de vazios foram realizados de acordo com a NBR 9778:2009 “Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica”, onde foram separados 9 corpos de provas com idade de 28 dias de cura, sendo 3 do traço referencial, e 3 com adição de 10% do RBRO e 3 com 20% do RBRO, posteriormente foram deixados em estufa por 72 horas a uma temperatura de 105 °C. para coleta dos resultados obtidos através do ensaios de absorção de água por imersão.

5 RESULTADOS

Neste tópico são apresentados os resultados de todos os ensaios realizados durante a pesquisa.

5.1 ENSAIO DE SLUMP TEST

A tabela 6 apresenta os resultados dos ensaios de abatimento de tronco, onde foram realizados com o traço referencial e com as adições do RBRO. As figuras 11 e 12 são os resultados do ensaio de slump test.

Tabela 6 – Ensaio de abatimento de tronco.

Traço	Abatimento (mm)
Traço Referencial	25mm
Traço 10%	37mm
Traço 20%	210mm

Fonte: Autor,2021.

Figura 5 Slump test traço de 10%.



Fonte: Autor,2021.

Figura 6 Slump test traço 20%.



Fonte: Autor,2021.

Analisando os resultados da tabela 6 e das figuras 9 e 10, observou-se que o traço de 10% ganhou mais trabalhabilidade em relação ao referencial e no traço de 20% houve desagregação. Segundo Sobrau (2000), a desagregação ocorre pelo fato do concreto estar muito úmido. E essa umidade pode ser devido à troca de porcentagem do cimento pelo RBRO.

De acordo com Degen, (2017), o efeito de rolamento entre as partículas pode ter influenciado para uma redução de consistência, aumentando assim a trabalhabilidade da amostra de 10 %.

5.2 RESISTENCIA A COMPRESSÃO

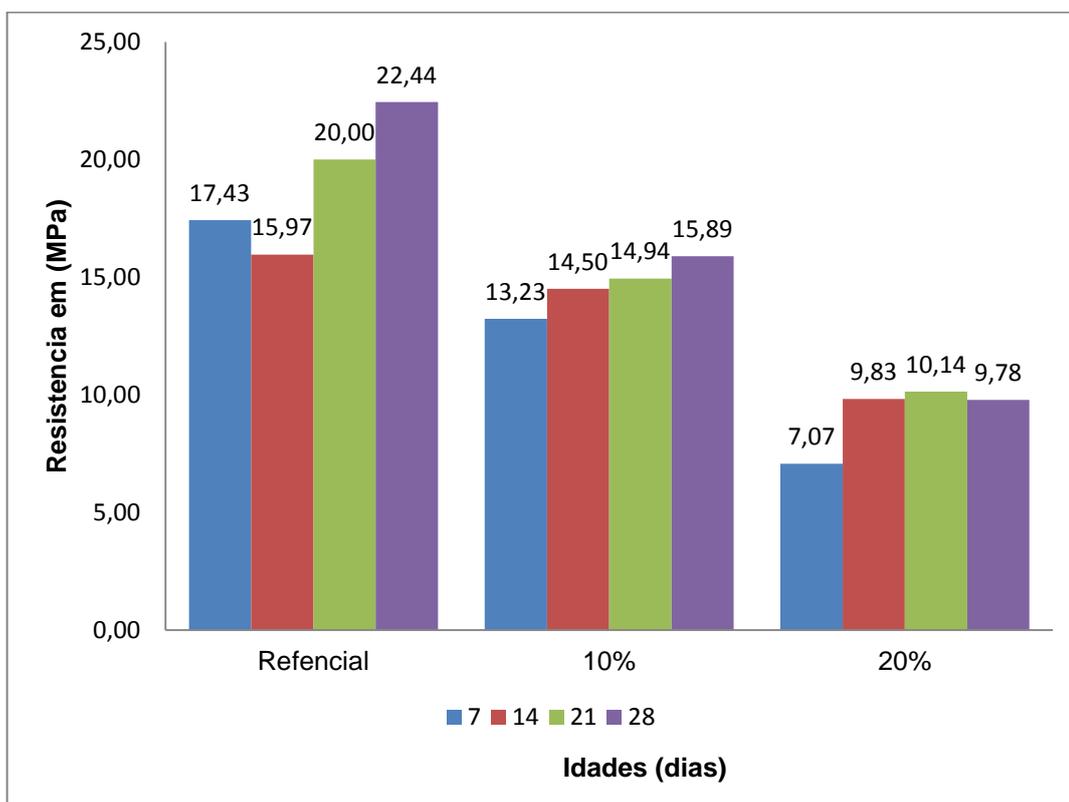
Os resultados obtidos do ensaio de resistência à compressão estão representados na Tabela 7 e no gráfico da Figura 12 para melhor compreensão.

Tabela 7 – Resistência à compressão

Dias de cura	Traço referencia (MPa)	Traço 10% (MPa)	Traço 20% (MPa)
7 dias	17,42710414	13,22960809	7,070782038
14 dia	15,96547605	14,50384796	9,831635096
21 dias	20,00056898	14,94108713	10,14394879
28 dias	22,4366158	15,89052076	9,781664904

Fonte: Autor, 2021.

Figura 7 Média da Resistência a Compressão



Fonte: Autor, 2021.

Analisando os resultados pode-se observar que nem mesmo o traço referencial atingiu os 35 MPa em resistência a compressão, e isso pode ter ocorrido pelo fato do traço base para essa pesquisa ter utilizado como agregado graúdo a brita 0 e a adição de 10 ml de aditivo, cujo nesta pesquisa não foi utilizado. Os traços com adição RBRO não superaram o traço referencial. O de 10% foi o que

mais se aproximou tendo como diferença 6,55MPa do molde referencial com idade de 28 dias.

Sendo assim fica inviável a utilização desse material para a fabricação de bloco intertratavado. Ainda, são necessários mais trabalhos científicos com a utilização do RBRO.

No estudo de Cruz, (2019), os resultados foram diferentes, o traço com 10% de adição foi superior ao referencial atingindo assim a resistência de 35,14 MPa, as amostras de 10 % tiveram aumento de 1,05% e as de 20% tiveram uma queda de 0,94% em relação ao traço referencial que ficou com uma resistência de 33,47 MPa. Nesta pesquisa foi adicionado 10 ml de aditivo "hagenblocoR1" do fabricante HAGEN DO BRASIL, desenvolvido para ser aplicado a concretos para fabricação de blocos e pavers, em cada um dos traços, o que pode ter influenciado para uma maior resistência.

Figueiredo (2019), realizou uma pesquisa onde substituiu 5%, 7,5% e 10% de cimento pelo resíduo na fabricação de concreto, e no traço de 10% houve uma redução de 16,09% de resistência em relação ao traço referencial. Comparando com esse estudo nota-se que a resistência diminui quando maiores porcentagens de cimento são substituídas.

5.3 ABSORÇÃO DE AGUA E INDICES DE VAZIOS

Os ensaios de absorção de água e índices de vazios foram realizados em amostras com 28 dias de cura dos respectivos traços, na tabela a seguir está sendo apresentado o resultado dos ensaios

Tabela 8 - Média de absorção de água e índices de vazios.

TRAÇO	ABSORÇÃO POR IMERSÃO (%)	INDICES DE VAZIOS (%)
REFERENCIAL	7,25	15,53
10%	7,47	15,85
20%	7,94	16,95

Fonte: Autor, 2021.

Analisando a Tabela 8 nota-se que houve similaridade nas porcentagens de absorção de água e índice de vazios e quanto maior a porcentagem de adição de RBRO, maior foi o índice de absorção de água, podendo decorrer da diferença de granulometria e porosidade do cimento com o RBRO.

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos na presente pesquisa foram de grande importância, cujo objetivo principal foi analisar a utilização do RBRO na substituição parcial do cimento para a produção de blocos intertravados, nas proporções de 10% e 20% de RBRO, foi possível fazer as seguintes considerações.

No ensaio de *slump test* os traços com adições ganharam trabalhabilidade, porém o traço de 20% se desagregou podendo ser por falta de coesão. Nos ensaios de absorção de água e índices de vazios notou-se que, nos traços de 10% e 20% os resultados foram maiores que o traço referencial, ou seja, o RBRO influenciou na absorção de água do concreto.

Em relação ao teste de resistência à compressão, constatou-se que as amostras não atingiram a resistência mínima de 35 MPa, que é considerada ideal para o tráfego de veículos leves em blocos intertravados. Portanto conclui-se que, o uso do RBRO na fabricação de bloco intertravado torna-se inviável.

Neste caso faz-se necessário à realização de mais pesquisas quanto ao uso do RBRO em substituição do cimento para a fabricação do bloco intertravado, variando os traços bem como a variação de aditivo, a fim de comprovar se o uso aditivo influenciou ou não nos resultados obtidos e os respectivos traços.

REFERÊNCIAS

ABCP - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Guia básico de utilização do cimento Portland**. São Paulo, 2002.

ABCP - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. PAVIMENTO INTERTRAVADO É ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL PARA ECONOMIA DE RECURSOS. São Paulo, 2011.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. ABNT NBR 7211: **Agregados para concreto – especificação**. [S.l.], 2005.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 11578: **Cimento Portland composto**. 1991.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 9781: **Peças de concreto para pavimentação Especificação e métodos de ensaio**. 2013

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR NM 248: **Agregados - Determinação da composição granulométrica**. JUL 2003.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 5738: **Concreto — Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova**. 2016.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 9778: **Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica**. 2009.

ANDRADE, T; HELENE, P. **Concreto de cimento Portland**. In: Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais. IBRACON. São Paulo, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS – ABIROCHAS. **Balço das Exportações e Importações Brasileiras de Rochas Ornamentais em 2020**. Brasília/DF, 2021

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS – ABIROCHAS. **O setor brasileiro de rochas ornamentais**. Brasília, DF Julho/2018

BROOKS,J.J; NEVILLE,A.M. **Tecnologia do concreto**. 2 ed. Brookman editora Ltda. Porto Alegre - RS., 2013.

CRUZ, A. C. F. **Caracterização do resíduo de corte de mármore e granito de marmoraria e análise da viabilidade de substituição parcial do cimento Portland para produção de pavers**. 2019. Dissertação (Mestrado Profissional em Materiais). – Fundação Oswaldo Aranha, Centro Universitário de Volta Redonda, Volta Redonda, 2019.

DEGEN, M. K. *et al.* **Concretos produzidos com resíduos provenientes do beneficiamento de rochas ornamentais como substituto parcial de cimento** Rio Grande do Sul, out./2013.

DEGEN, Maxwell Klein. **Avaliação de desempenho mecânico e de durabilidade em concretos produzidos com resíduo de beneficiamento de rochas ornamentais tratado termicamente (RBROTT)**. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil: Construção civil) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2017.

FIGUEIREDO, Gabriela Sarti. **Análise da substituição parcial do cimento pelo resíduo de beneficiamento de mármore e granito (rbmg) na produção de concretos**. Dourados/MS, 2019.

FLOSS, M. F.; THOMÉ, A. (2006). **Adição de resíduo proveniente do corte e polimento de rochas basálticas em materiais de cerâmica vermelha**. RECIFE, Uberlândia, v. 15, n. 1/2, p. 1-7, jan.-dez. 2006.

FRASCÁ, M. H. B. O. **Tipos de rochas ornamentais e características tecnológicas.** In: Tecnologia de Rochas ornamentais: pesquisa, lavra e beneficiamento. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2014. Cap.2, p.44-98.

INSTITUTO BRASILEIRO DE CONCRETO – IBRACON. **Concreto e construções – concreto: material construtivo mais consumido no mundo.** Nº 53. São Paulo, 2009.

MAUÁ, **Traço de concreto: a importância da água para a mistura do material.**, (08 de Abril). 2017.

Max M. Aguiar Santos; A.Z. Destefani; J.N.F. Holanda. **Caracterização de resíduos de rochas ornamentais provenientes de diferentes processos de corte e beneficiamento.** Rio de Janeiro, jul./2014.

MESQUITA. et al. **Análise da viabilidade técnica de utilização de resíduos de construção e demolição na fabricação de blocos de vedação.** V.10. REEC,2015.

MOYA, Mauro Moreno. **A indústria de rochas ornamentais: estudo de caso na região de Bragança Paulista, SP.** 1995. 130 f. - UNICAMP, São Paulo,1995.

PEREIRA, Caio. **Piso intertravado: Oque é, principais, tipos, vantagens e desvantagens.** – Escola Engenharia, 2019.

RIBEIRO, C. C.; PINTO, J. D. S.; STARLING, T. **Materiais de Construção Civil**, 2. ed. Belo Horizonte, editora UFMG, 2006

SCHÖN, J. **Propriedades físicas das rochas aplicadas à engenharia: Fundamentos teóricos e práticos / J. Schön; tradução Edson Furmankiewicz.** – 1. ed. – Rio de Janeiro: Elsevier, 2015. il.; 24.

SILVA, A. Z. D. **Metodologia de avaliação das práticas de gerenciamento ambiental dos resíduos de empresas de beneficiamento de rochas ornamentais**– Vitória/ES, 2011.

SOBRAL, H. S. **Propriedades do concreto fresco**. 5.ed. São Paulo, Associação Brasileira de Cimento Portland, 2000.

TOZZI DOS SANTOS COLNAGO, A. .; FERNANDO OLIVEIRA, E. .; BONATTO MERLO, K. . **Produção de pisos intertravados tipo pavieess com utilização de resíduo de mármore e granito**. REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil, [S. l.], v. 14, n. 2, 2018.

VAZZOLER, J. D. S. **Investigação de potencialidade pozolânica do resíduo de beneficiamento de rochas ornamentais após tratamento térmico para produção de pasta cimentícia** Vitória/ES, 2015.

WIEBBELLING, P. O. G. **PAVIMENTO COM BLOCOS INTERTRAVADOS DE CONCRETO: ESTUDO DE CASO NA UNIVATES**. Lajeado,2015.



RELATÓRIO DE VERIFICAÇÃO DE PLÁGIO

DISCENTE: Nathália Fernandes Ferreira

CURSO: Engenharia Civil

DATA DE ANÁLISE: 27.08.2021

RESULTADO DA ANÁLISE

Estatísticas

Suspeitas na Internet: **5,38%**

Percentual do texto com expressões localizadas na internet ⚠

Suspeitas confirmadas: **4,59%**

Confirmada existência dos trechos suspeitos nos endereços encontrados ⚠

Texto analisado: **85,36%**

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 2.7.1
sexta-feira, 27 de agosto de 2021 09:49

PARECER FINAL

Declaro para devidos fins, que o trabalho da discente **NATHÁLIA FERNANDES FERREIRA**, n. de matrícula **21680**, do curso de Engenharia Civil, foi **APROVADO** na verificação de plágio, com porcentagem conferida em 5,38%, devendo a aluna fazer as correções necessárias.

Herta Maria de Açuena do N. Soeiro

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