

UNIEVANGÉLICA

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

GABRIELA MENDES DUARTE

NUBIA CRISTINA DA SILVA SANTOS

**APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA PRODUÇÃO DE
PEDRAS DECORATIVAS EM ARGAMASSAS DE
REVESTIMENTOS**

ANÁPOLIS / GO

2019

GABRIELA MENDES DUARTE
NUBIA CRISTINA DA SILVA SANTOS

**APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA PRODUÇÃO DE
PEDRAS DECORATIVAS EM ARGAMASSAS DE
REVESTIMENTOS**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA**

ORIENTADOR: JOÃO SILVEIRA BELÉM JÚNIOR

ANÁPOLIS / GO: 201

FICHA CATALOGRÁFICA

DUARTE, GABRIELA MENDES/ SANTOS, NUBIA CRISTINA DA SILVA

Aproveitamento de resíduos da produção de pedras decorativas em argamassas de revestimentos

80P, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2017).

TCC - UniEvangélica

Curso de Engenharia Civil.

1. Quartzito
3. Argamassas
I. ENC/UNI

2. Agregados
4. Aproveitamento de resíduos
II. Bacharel (10°)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

DUARTE, Gabriela Mendes; SANTOS, Nubia Cristina da Silva. Aproveitamento de resíduos da produção de pedras decorativas em argamassas de revestimentos. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis, GO, 80p. 2019.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Gabriela Mendes Duarte

Nubia Cristina da Silva Santos


TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO:

Aproveitamento de resíduos da produção de pedras decorativas em argamassas de revestimentos

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

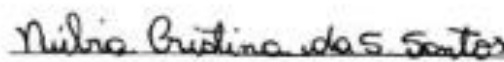
ANO: 2019

É concedida à UniEvangélica a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.



Gabriela Mendes Duarte

E-mail: gabrielamendesduarte@hotmail.com



Nubia Cristina da Silva Santos

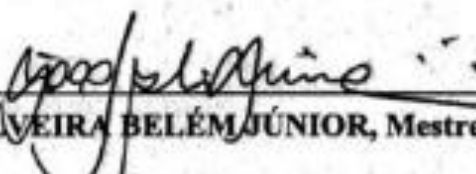
E-mail: nubiacriss2011@hotmail.com

**GABRIELA MENDES DUARTE
NUBIA CRISTINA DA SILVA SANTOS**

**APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA PRODUÇÃO DE
PEDRAS DECORATIVAS EM ARGAMASSAS DE
REVESTIMENTOS**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE
BACHAREL**


APROVADO POR:



JOÃO SILVEIRA BELÉM JÚNIOR, Mestre (UniEvangélica)



HAYDÉE LISBOA VIEIRA MACHADO, Mestra (UniEvangélica)



WANESSA MESQUITA GODOI QUARESMA, Mestra (UniEvangélica)

DATA: ANÁPOLIS/GO, 04 de DEZEMBRO de 2019.

RESUMO

O setor da construção civil é responsável pela extração e uso de diversos recursos naturais, além de produzir uma elevada quantidade de resíduos, por essa razão torna-se necessária a adoção de alternativas para uso dos resíduos que atualmente são descartados na natureza e também de substituições parciais ou totais de materiais que degradam o meio ambiente no seu processo de produção e/ou extração. O processo de extração da pedra do tipo quartzito produz uma elevada quantidade de resíduos que são depositados diretamente no meio ambiente, interferindo no desenvolvimento da vegetação nativa, alterando o relevo e contribuindo para o assoreamento dos corpos d'água. Tendo em vista a necessidade que o setor apresenta, este trabalho tem como objetivo verificar a possibilidade de utilização do resíduo de quartzito para produção de argamassa de revestimento (reboco) bem como verificar a viabilidade técnica e de custos dessa adição. Para tal, as características do agregado miúdo convencional (areia), do quartzito e da argamassa foram estudadas, foi realizada a caracterização do agregado miúdo convencional (areia) e do resíduo de quartzito, além de serem preparadas argamassas utilizando diversas porcentagens de resíduo em substituição à areia e também com utilização de aditivo plastificante para verificar características como trabalhabilidade, resistência à compressão e tração, consistência e aspectos visuais. Também foi realizada comparação de custos para produção da argamassa convencional e com utilização de resíduos e aditivos plastificantes. Através dos ensaios realizados, foi possível observar que a adição do resíduo de quartzito na argamassa de reboco prejudica a trabalhabilidade e a resistência à compressão e favorece o aparecimento de fissuras em decorrência da secagem que ocorre mais rapidamente, com o uso de aditivo plastificante essas características não são observadas. Em relação a aderência, os ensaios apresentaram resultados satisfatórios. Também foi possível verificar que as argamassas preparadas com o resíduo de quartzito possuem menor custo, mesmo nos casos em que é necessário o uso de aditivo plastificante.

PALAVRAS-CHAVE:

Argamassa. Reboco. Quartzito. Aproveitamento de resíduos. Agregados.

ABSTRACT

The construction sector is responsible for the extraction and use of various natural resources, as well as producing a high amount of waste, so it is necessary to adopt alternatives for the use of waste that is currently discarded in nature and also substitutions. partial or total environmental degrading materials in their production and / or extraction process. The quartzite stone extraction process produces a high amount of residues that are deposited directly in the environment, interfering in the development of native vegetation, altering the relief and contributing to the siltation of water bodies. Given the need that the sector presents, this paper aims to verify the possibility of using quartzite residue for the production of coating mortar (plaster) as well as to verify the technical and cost feasibility of this addition. For this purpose, the characteristics of the conventional fine gravel (sand), quartzite and mortar were studied, the characterization of the conventional fine gravel (sand) and quartzite residue was performed, and mortars were prepared using different percentages of residue in substitution. sand and also with the use of plasticizer additive to check characteristics such as workability, compressive and tensile strength, consistency and visual aspects. Cost comparison was also made for the production of conventional mortar and the use of waste and plasticizer additives. Through the tests performed, it was possible to observe that the addition of quartzite residue in the plaster mortar impairs the workability and the compressive strength and favors the appearance of cracks due to the drying that occurs faster, with the use of plasticizer additive. are not observed. Regarding adherence, the tests presented satisfactory results. It was also possible to verify that mortars prepared with quartzite residue have lower cost, even in cases where the use of plasticizer additive is necessary.

KEYWORDS:

Mortar. Plastering Quartzite. Utilization of waste. Aggregates.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Forma dos agregados	23
Figura 2- Quartzito	30
Figura 3- Geração de resíduos nas minerações de quartzitos do Sudoeste mineiro	31
Figura 4- Foto da degradação paisagística promovida pela lavra de Quartzito em Pirenópolis- GO	32
Figura 5- Foto das pilhas de rejeitos (no primeiro plano e ao fundo) na pedreira da prefeitura (Pirenópolis- GO)	32
Figura 6- Alternativas de revestimento	37
Figura 7- Eflorescência em superfície revestida com argamassa devido à percolação	39
Figura 8- Fatores que influenciam na aderência de argamassas em contato com superfícies porosas	44
Figura 9- Coleta de resíduos de quartzito na cidade de Pirinópolis	46
Figura 10 – Resíduos de quartzito passantes no ensaio de granulometria.....	47
Figura 11- Dinamômetro de tração.....	56
Figura 12- Curva Granulométrica	60
Figura 13- Argamassa preparada com 75% de resíduo de quartzito após ensaio de índice de consistência.....	61
Figura 14- Argamassas após o ensaio de determinação do índice de consistência	62
Figura 15- Resultado do ensaio de índice de consistência	62
Figura 16- Tipos de ruptura no ensaio de resistência de aderência à tração de revestimentos de argamassa, considerando o revestimento aplicado diretamente ao substrato (sem chapisco)..	65
Figura 17- Corpos de prova do ensaio de resistência à tração.....	66
Figura 18- Deslocamento ocorrido na perfuração com serra copo	66
Figura 19- Aspectos visuais do revestimento com 28 dias.....	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Limites de resistência de aderência	39
Tabela 2- Análise granulométrica da areia	59
Tabela 3- Análise granulométrica do resíduo de quartzito.....	59
Tabela 4- Resultados da Análise granulométrica	60
Tabela 5- Resultado do ensaio de resistência à compressão	63
Tabela 6- Resistência de aderência dos corpos de prova ensaiados.	64
Tabela 7- Ensaio de resistência de aderência à tração.....	67
Tabela 8- % de adição de resíduo de quartzito x Quantidade de água utilizada	68
Tabela 9- Custos da argamassa convencional	69
Tabela 10- Custos da argamassa com 25% de quartzito	70
Tabela 11- Custos da argamassa com 50% de quartzito	70
Tabela 12- Custos da argamassa com 75% de quartzito	70
Tabela 13- Custos da argamassa com 100% de quartzito	71
Tabela 14- Custos da argamassa com 10% de quartzito mais aditivo.....	71
Tabela 15- Custos da argamassa com 20% de quartzito mais aditivo.....	71
Tabela 16- Custos da argamassa com 50% de quartzito mais aditivo.....	72
Tabela 17- Custos da argamassa em metros cúbicos.....	72

LISTA DE QUADRO

Quadro 1 Consistência da argamassa

41

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLA

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ARI	Alta Resistência Inicial
CP	Cimento Portland
DM	Decímetro
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte
KG	Quilograma
L	Litro
M	Metro
ML	Mililitro
MM	Milímetro
MPa	Megapascal
N	Newton
NM	Norma Mercosul
NBR	Norma Brasileira
PVC	Policloreto de Polivinila
DMC	Diâmetro máximo característico

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
1.1 JUSTIFICATIVA.....	15
1.2 OBJETIVOS	15
1.2.1 Objetivo geral	15
1.2.2 Objetivos específicos.....	15
1.3 METODOLOGIA	16
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	16
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1 AGREGADOS	18
2.1.1 Histórico	18
2.1.2 Definição.....	19
2.1.3 Classificação dos agregados.....	19
2.1.3.1 Segundo a sua obtenção	19
2.1.3.2 Segundo a massa unitária	20
2.1.3.3 Segundo a forma dos grãos	20
2.1.3.4 Segundo a dimensão dos grãos	20
2.1.3.5 Segundo o módulo de finura	21
2.1.4 Características dos agregados	21
2.1.4.1 Granulometria	21
2.1.4.2 Forma dos grãos e textura superficial	22
2.1.4.3 Absorção e umidade.....	23
2.1.4.4 Resistência a esforços mecânicos	24
2.1.4.5 Impurezas orgânicas.....	25
2.1.4.6 Torrões de argila	25
2.1.4.7 Materiais pulverulentos.....	26
2.1.4.8 Massa específica	26
2.1.4.9 Massa unitária	27
2.1.4.10 Durabilidade.....	27
2.1.5 Agregado Miúdo	28
2.1.5.1 Agregados miúdos alternativos	29
2.1.5.2 Quartzito	29
2.2 AGLOMERANTES	33
2.2.1 Cimento Portland	33

2.3	ARGAMASSAS	35
2.3.1	Definição e histórico	35
2.3.2	Classificações	36
2.3.2.1	Argamassa de assentamento de alvenaria	36
2.3.2.2	Argamassa de revestimento	37
2.3.3	Características	40
2.3.3.1	Trabalhabilidade.....	40
2.3.3.1.1	<i>Consistência e plasticidade</i>	40
2.3.3.1.2	<i>Retenção de água</i>	41
2.3.3.1.3	<i>Densidade de massa</i>	42
2.3.3.1.4	<i>Adesão inicial</i>	42
2.3.3.2	Retração	42
2.3.3.3	Aderência	43
3	PROGRAMA EXPERIMENTAL.....	45
3.1	MATERIAIS CONSTITUINTES	45
3.2	AGREGADOS- DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA	46
3.2.1	Aparelhagem.....	46
3.2.2	Materiais.....	46
3.2.3	Execução do ensaio.....	46
3.3	ARGAMASSA PARA ASSENTAMENTO E REVESTIMENTO DE PAREDES E TETOS- PREPARO DA MISTURA PARA A REALIZAÇÃO DE ENSAIOS	47
3.3.1	Aparelhagem.....	47
3.3.2	Materiais.....	48
3.3.3	Execução do ensaio.....	48
3.4	ARGAMASSA PARA ASSENTAMENTO E REVESTIMENTO DE PAREDES E TETOS - DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE CONSISTÊNCIA	48
3.4.1	Aparelhagem.....	49
3.4.2	Execução do ensaio.....	49
3.4.3	Quantidade de materiais utilizados	49
3.4.3.1	Traço convencional	49
3.4.3.2	Traço utilizando 25% de resíduo de quartzito	50
3.4.3.3	Traço utilizando 50% de resíduo de quartzito	50
3.4.3.4	Traço utilizando 75% de resíduo de quartzito	50
3.4.3.5	Traço utilizando 100% de resíduo de quartzito	50

3.4.3.6	Traço utilizando 10% de resíduo de quartzito com adição de aditivo plastificante.	50
3.4.3.7	Traço utilizando 20% de resíduo de quartzito com adição de aditivo plastificante.	51
3.4.3.8	Traço utilizando 50% de resíduo de quartzito com adição de aditivo plastificante.	51
3.5	CIMENTO PORTLAND- DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO	51
3.5.1	Aparelhagem	51
3.5.2	Materiais	51
3.5.3	Execução do ensaio	52
3.5.4	Quantidade de materiais utilizados	52
3.5.4.1	Traço convencional	52
3.5.4.2	Traço utilizando 25% de resíduo de quartzito	52
3.5.4.3	Traço utilizando 50% de resíduo de quartzito	53
3.5.4.4	Traço utilizando 75% de resíduo de quartzito	53
3.5.4.5	Traço utilizando 100% de resíduo de quartzito	53
3.5.4.6	Traço utilizando 10% de resíduo de quartzito com aditivo plastificante	53
3.5.4.7	Traço utilizando 20% de resíduo de quartzito com aditivo plastificante	53
3.5.4.8	Traço utilizando 50% de resíduo de quartzito com aditivo plastificante	54
3.6	REVESTIMENTO DE PAREDES DE ARGAMASSAS INORGÂNICAS- DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO	54
3.6.1	Aparelhagem	54
3.6.2	Execução do ensaio	54
3.6.3	Quantidade de materiais utilizados	56
3.6.3.1	Traço convencional	56
3.6.3.2	Traço utilizando 25% de resíduo de quartzito	56
3.6.3.3	Traço utilizando 50% de resíduo de quartzito	57
3.6.3.4	Traço utilizando 75% de resíduo de quartzito	57
3.6.3.5	Traço utilizando 100% de resíduo de quartzito	57
3.6.3.6	Traço utilizando 10% de resíduo de quartzito com aditivo plastificante	57
3.6.3.7	Traço utilizando 20% de resíduo de quartzito com aditivo plastificante	58
3.6.3.8	Traço utilizando 50% de resíduo de quartzito com aditivo plastificante	58
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	59
4.1	DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA	59
4.2	DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE CONSISTÊNCIA	61
4.3	DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO	63

4.4	DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À TRAÇÃO	64
4.5	ASPECTOS TÁCTEIS-VISUAIS	67
4.6	ANÁLISE DE CUSTOS	69
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	73
5.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	74
	REFERÊNCIAS	75

1 INTRODUÇÃO

O uso de materiais de construção torna-se cada vez mais comum em nossa sociedade, eles estão presentes desde as rochas naturais em revestimentos até o aço de grandes pontes e é importante levar em consideração os impactos na economia e meio ambiente ocasionados pela extração de suas matérias primas. A produção para construção civil é responsável por extrair da natureza uma quantidade entre 40% e 75% dos recursos (JOHN, 2010).

O setor da construção civil contribui diretamente no desenvolvimento do país e, conseqüentemente, também é responsável por consumir grande parte dos recursos naturais e produzir uma grande quantidade de resíduos. É necessário que esses resíduos sejam aproveitados de forma consciente para que o setor não seja insustentável ao longo dos anos (SALLES, 2014).

Em decorrência da utilização de uma quantidade elevada de materiais na construção e das perdas ocasionadas pelos processos, o setor é responsável por uma grande produção de resíduos que resultam em diversos problemas ambientais, como o acúmulo de sedimentos que prejudicam a drenagem urbana, além dos problemas sociais, pois o descarte de maneira irregular faz com que o poder público desembolse altos valores para a solução do problema (JOHN, 2010).

O fato do Brasil apresentar problemas sociais e econômicos faz necessária uma visão de planejamento baseada no tripé ambiente-economia-sociedade, para tornar possível um desenvolvimento sustentável, de modo que a economia cresça, a sociedade fique satisfeita e o ambiente fique equilibrado (AGOPYAN; JONH, 2011).

Alcançar tal desenvolvimento requer tanto uma preocupação por parte da sociedade, como a busca constante por inovações, felizmente ambos estão sendo feitos. Por parte da sociedade pode-se citar a aprovação da Política Nacional sobre Mudança de Clima – PNMC (Lei Nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009) e da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei Nº 12.305, de 2 de agosto de 2010), demonstrando atenção com o tema (JOHN, 2010). Quanto as inovações, pesquisas estão sendo realizadas constantemente, em 2010 3% dos artigos publicados em periódicos internacionais foram de origem brasileira (AGOPYAN; JONH, 2011).

Assim como em diversas áreas de produção voltadas para a construção civil, o processo de extração e beneficiamento do quartzito, que é um tipo de pedra decorativa, resulta em uma quantidade de resíduos elevada e que geralmente é descartada no meio ambiente, causando danos ao mesmo (SILVA; CAMPOS; SANTANA, 2018). A extração da areia, que é

o agregado miúdo comumente utilizado, a longo prazo, causa grandes impactos, além de não haver o material em quantidade suficiente em algumas regiões, tornando necessário o aumento na distância do transporte (JOHN, 2010).

Nesse trabalho será avaliado o uso do resíduos da produção do quartzito como adição para argamassas de revestimentos, visando diminuir o descarte de tais resíduos no meio ambiente, além de substituir o agregado miúdo (que também impacta o meio ambiente com sua produção), parcial ou totalmente.

1.1 JUSTIFICATIVA

A produção das pedras decorativas de quartzito resulta em uma elevada quantidade de resíduos e não é interessante que todo esse material seja desperdiçado, tanto do ponto de vista ambiental como econômico, por essa razão iremos estudar a adição do material em argamassas de revestimentos, que são amplamente utilizadas na construção civil.

Com essa adição, os resíduos deixam de ser descartados diretamente no meio ambiente e são utilizados na produção da argamassa, que por sua vez pode se tornar mais barata pois terá parte de sua composição proveniente de um material que seria descartado. Serão realizados ensaios comparativos entre as argamassas de material convencional e com a adição do quartzito para analisar a viabilidade técnica dessa adição, verificando se alguma propriedade necessária ao bom desempenho da argamassa pode ser prejudicado pela adição do quartzito. Além disso serão comparados os custos, para verificar se a adição torna a argamassa mais barata em relação às convencionais.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Analisar a viabilidade técnica e de custos da utilização de resíduos de pedras decorativas, do tipo quartzito, na produção de argamassa de reboco.

1.2.2 Objetivos específicos

Realizar a caracterização dos resíduos de pedras decorativas;

Realizar a análise comparativa entre traços com diferentes proporções de resíduos.

Verificar aspectos tácteis-visuais da argamassa de estudo, quando aplicada como reboco.

1.3 METODOLOGIA

O método de pesquisa utilizado será do tipo experimental, no qual buscaremos manipular o objeto estudado por meio de ensaios para atingir os objetivos. Conforme Gil (2007) a pesquisa experimental baseia-se em definir um objeto de estudo, selecionar os fatores que podem influenciá-lo, para controlar e observar os efeitos que esses fatores produzem no objeto. O estudo será desenvolvido inicialmente através da revisão bibliográfica visto que nos últimos anos, diversos pesquisadores apresentaram trabalhos relevantes sobre a adição de resíduos da fabricação de pedras decorativas em argamassas, iremos examinar essas pesquisas com intuito de aprofundar os conhecimentos.

Na sequência serão realizados ensaios tanto para caracterizar os agregados, quanto para analisar as propriedades no estado fresco e endurecido da argamassa para revestimento convencional e da argamassa para revestimento com o quartzito substituindo o agregado miúdo, nas seguintes proporções: 25% , 50%, 75%,100% e também 10%, 20% e 50% com aditivo plastificante. Serão desenvolvidos os seguintes ensaios: preparo da mistura e índice de consistência (NBR 13276:2005), resistência à compressão (NBR 7215: 2019), resistência de aderência à tração em revestimentos em obra (NBR 13528:2010). Também será realizado o ensaio de granulometria (NBR NM 248:2003) com o resíduo da fabricação de quartzito e com a areia.

Consumados os ensaios, serão feitas as análises necessárias dos resultados para atingirmos os objetivos. Então os resultados serão apresentados com intuito de explicar e ampliar os conhecimentos sobre o tema.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho foi dividido em cinco capítulos., no primeiro está a introdução, que aborda os materiais usados na construção civil e os impactos ambientais e sociais que podem causar, tratando especialmente da areia e do quartzito, que são aprofundados no capítulo dois. Na introdução constam ainda os objetivos geral e específicos, a justificativa do estudo e a metodologia que será adotada.

No capítulo dois foi realizada uma revisão bibliográfica, conceituando fatores importantes como definição, características e ensaios sobre agregados em geral, aglomerantes e argamassas. Centrando nos fatores agregados miúdos, quartzito, cimento e argamassa de reboco que são o foco principal do trabalho.

O capítulo três apresenta o programa experimental realizado no trabalho descrevendo como procederam os ensaios, os materiais e equipamentos usados, além de apresentar os traços que foram feitos.

Os resultados dos ensaios são apresentados no capítulo quatro. Nele constam os resultados de ensaios de caracterização física dos materiais utilizados nas argamassas, os ensaios realizados em argamassas no estado fresco e endurecido e os ensaios de resistência a compressão axial moldada com as argamassas estudadas, mostrando ainda a verificação quanto aos aspectos técnicos e tácteis-visuais.

No capítulo quatro, também é abordado o custo das argamassas, apresentando tabelas comparativas de custo entre argamassa convencional e as argamassas com diferentes proporções de quartzito para mostrar a viabilidade de custos.

No capítulo cinco encontram-se as conclusões do trabalho e algumas sugestões para trabalhos futuros relacionados ao tema.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 AGREGADOS

2.1.1 Histórico

Os materiais eram usados nas civilizações primitivas tal qual eram encontrados na natureza, não eram trabalhados. Na construção, a pedra era um dos materiais predominantes (BAUER, 2012).

Os materiais mais antigos utilizados pelo homem são os de origem natural, a madeira e a pedra, por exemplo, puderam ser usados praticamente sem necessidade de alteração de sua forma natural. Com a destruição da madeira e a permanência da pedra, a época do aparecimento do Homem, é chamada de Idade da Pedra.

As pirâmides de Quéops, Quefrem e Miquerinos e a Esfinge no Egito, o Partenon de Atenas, entre diversas obras em pedra, demonstram sua importância como material de construção. Vale ressaltar, que civilizações contemporâneas dos egípcios que utilizavam tijolos de barro seco ao ar, deixaram poucos traços de sua passagem, suas construções foram praticamente todas destruídas, o que demonstra a excelência da pedra como material de construção.

Os etruscos construíram os primeiros aquedutos de pedra, os fenícios executaram as primeiras estradas revestidas de pedras, mas os romanos são responsáveis por obras que ainda causam admiração.

Na Idade Média, é possível encontrar em todos os países europeus obras clássicas construídas em pedra como o Museu do Louvre, construído no século XI, a catedral de Notre Dame, o Escorial na Espanha (castelo, mosteiro e igreja), o Palácio de Granada, entre outros.

Com o surgimento da construção metálica no século XIX e o desenvolvimento do concreto armado no século XX, a pedra por ser um material que resiste bem apenas aos esforços de compressão, sofreu impacto frente aos materiais que resistiam também à tração. Diante dessa situação, a pedra passou a ter sua aplicação limitada a muros de arrimo, fundações rasas, blocos para pavimentação e, principalmente, como material agregado.

Por sua durabilidade e qualidades, o material tornou a ocupar importante papel nas construções, como revestimento de materiais menos nobres com efeitos arquitetônicos devido à cor, textura e beleza. Porém é como agregado para concretos de cimento e asfálticos, que as rochas ocupam o lugar na primeira linha entre os materiais de construção. (PETRUCCI, 1979)

2.1.2 Definição

Os agregados são rochas fragmentadas e são conhecidos popularmente como “pedras” e “areias”, ao serem adicionados ao cimento e a água resultam em argamassas e concretos. (FARIAS; PALMEIRA, 2010). Tais materiais não devem reagir quimicamente, ou seja, são inertes. Além disso tem grande influência no custo total do produto em que são utilizados, visto que representam em torno de 70% da composição dos mesmos, sendo responsáveis por diminuir a retração das pastas compostas por cimento e água, e aumentar a resistência ao desgaste superficial de concretos e argamassas (RIBEIRO; PINTO; STARLING, 2002).

Segundo a norma NBR 9935 (ABNT, 2011, p.02), agregado é definido como: “material granular, geralmente inerte, com dimensões e propriedades adequadas para a preparação de argamassa ou concreto.”

Os agregados possuem dimensões variadas, desde grandes blocos até partículas milimétricas, possibilitando sua ampla utilização na construção e infraestrutura civil, como em barragens, edificações, pavimentação e saneamento (FARIAS; PALMEIRA, 2010).

2.1.3 Classificação dos agregados

2.1.3.1 Segundo a sua obtenção

A obtenção dos agregados pode se dar diretamente da natureza (extração de barrancos e leito de rios) ou artificialmente (trituração ou fragmentação dos materiais extraídos). Pela sua obtenção, os agregados são classificados em naturais ou artificiais.

Os naturais são aqueles fragmentados pela ação da natureza, como chuvas, variação de temperatura e vento, areia e pedregulhos são exemplos desse tipo de agregado. Os materiais que tiveram sua fragmentação ou trituração realizada por meio artificial (britadores, por exemplo) são considerados como agregados artificiais, areias artificiais e britas de granito, gnaiss e calcário são exemplos de agregados artificiais (RIBEIRO; PINTO; STARLING, 2002).

Para a NBR 9935 (ABNT, 2011), o agregado natural é um material pétreo e granular que pode ser utilizado da maneira em que é encontrado na natureza. Já o agregado artificial, é definido pela mesma norma como material granular que é resultado de processo industrial que compreende alteração química, físico-química ou mineralógica do insumo inicial.

2.1.3.2 Segundo a massa unitária

De acordo com a massa unitária (relação entre massa e volume de sólidos, incluindo os vazios), os agregados podem ser classificados em leves, normais e pesados e essa classificação é importante na escolha do tipo de aplicação em que serão utilizados.

Os agregados leves tem a massa unitária (kg/dm^3) inferior a 1, escórias de alto forno e argila expandida são exemplos desse tipo de agregado e pré-moldados exemplo de sua utilização. Os agregados normais tem sua massa unitária (kg/dm^3) entre 1 e 2, são utilizados em obras correntes e areia, brita e pedregulho são exemplos de agregados normais. Os agregados pesados tem a massa unitária (kg/dm^3) superior a 2, barita, limonita e magnetita são exemplos desse tipo de agregado e sua utilização se dá em concretos de estruturas especiais, como em blindagem contra radiações (RIBEIRO; PINTO; STARLING, 2002).

2.1.3.3 Segundo a forma dos grãos

A forma dos grãos tem grande influência nas características dos produtos em que os agregados serão empregados, principalmente no que diz respeito à trabalhabilidade. Quanto a forma dos grãos, os agregados se dividem em arredondados, angulosos e irregulares.

Os arredondados são aqueles que foram desgastados pela água ou por atrito como os seixos e areias de rio ou de praia. Os angulosos possuem pontas bem definidas, como as pedras britadas. Os irregulares são aqueles que possuem irregularidades naturais, como os seixos de escavação (RIBEIRO; PINTO; STARLING, 2002).

2.1.3.4 Segundo a dimensão dos grãos

De acordo com a dimensão dos grãos, os agregados podem ser classificados como miúdos e graúdos. Os grãos do agregado miúdo passam pela peneira ABNT 0,15mm e não passam pela peneira ABNT 4,8mm, como as areias em geral. Os agregados graúdos possuem grãos que passam pela peneira ABNT 76mm e ficam retidos na peneira ABNT 4,8mm, como as britas (RIBEIRO; PINTO; STARLING, 2002).

2.1.3.5 Segundo o módulo de finura

A NBR 9935 (ABNT 2011, p.3) define o módulo de finura como: “soma das porcentagens retidas acumuladas, em massa de um agregado nas peneiras da série normal, dividida por 100”.

Os agregados miúdos podem ser classificados, considerando o módulo de finura, em areias grossas, médias e finas. As areias grossas são aquelas que possuem módulo de finura maior do que 3,3 e são utilizadas para concreto e chapisco. As areias médias possuem módulo de finura entre 2,4 e 3,3 e são utilizadas para emboço e concreto. As areias finas possuem módulo de finura inferior a 2,4 e são utilizadas para reboco (RIBEIRO; PINTO; STARLING, 2002).

2.1.4 Características dos agregados

A escolha dos materiais para uma boa dosagem da argamassa depende diretamente do conhecimento das características dos agregados, visto que as propriedades da mistura e o consumo dos materiais como cimento baseiam-se na porosidade dos grãos, na massa específica aparente, composição granulométrica, e na forma e textura dos agregados.

A microestrutura da rocha matriz, o intemperismo e o processo de fabricação pelos quais ela passa são fatores determinantes das características do agregado. De acordo com esses fatores podemos classificar as características em: dependentes da porosidade (como massa específica aparente), dependentes da composição química e mineralógica (como módulo de elasticidade) e dependentes das condições de fabricação (como forma e textura das partículas (FARIAS; PALMEIRA, 2010).

Através de ensaios laboratoriais podemos determinar diversas características e comparar os resultados com as normas para avaliar a qualidade do agregados em diversos parâmetros, como, por exemplo, a resistência aos esforços mecânicos (RIBEIRO; PINTO; STARLING, 2002).

2.1.4.1 Granulometria

A análise granulométrica é o nome dado ao estudo da distribuição de variadas dimensões de grãos em uma massa de materiais granulares. Para que o tamanho dos fragmentos de rocha sejam determinados, podem ser utilizadas a medição direta que é realizada

individualmente com trena em fragmentos com dimensão superior a 750mm ou indiretamente através de ensaios de sedimentação (que determinam o tamanho de partículas menores que 0,075mm) ou o peneiramento (pode ser empregado em agregados graúdos e miúdos). A distribuição granulométrica fornece a proporção relativa, em porcentagem, das massas dos fragmentos com tamanhos em diferentes faixas granulométricas, em relação ao peso total da amostra (RIBEIRO; PINTO; STARLING, 2002).

A NBR NM 248 (ABNT, 2003) normatiza a determinação da distribuição granulométrica por peneiramento de agregados para concreto. As peneiras padronizadas possuem aberturas quadradas e são utilizadas duas séries: a série normal e a série intermediária. A série normal é composta pelas peneiras com abertura de: 76mm, 38mm, 19mm, 9,5mm, 4,8mm, 2,4mm, 1,2mm, 0,6mm, 0,3mm e 0,15mm. A série intermediária é constituída pelas peneiras com abertura de 64mm, 50mm, 32mm, 25mm, 12,5mm e 6,2mm e são utilizadas apenas como auxílio na composição da curva granulométrica.

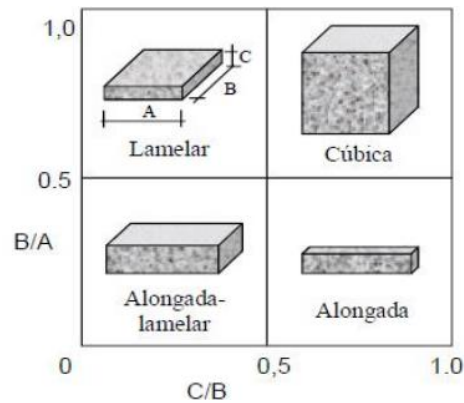
A curva granulométrica é responsável por apresentar o resultado da análise granulométrica graficamente, tornando mais simples a interpretação. No gráfico da curva granulométrica, as porcentagens acumuladas passantes são representadas pelas ordenadas e a abertura das peneiras ou dimensão dos grãos (em escala logarítmica) são representados pelas abcissas (FARIAS; PALMEIRA, 2010).

2.1.4.2 Forma dos grãos e textura superficial

Os agregados não possuem uma representação definida de sua forma, como são corpos de formato tridimensional irregular torna-se mais viável classificá-los de acordo com as suas características geométricas. Assim, um agregado quanto a sua forma pode ser: alongado, lamelar, cúbico, esférico, entre outros ou até a junção de mais de um desses.

Alguns fatores influenciam no formato do agregado como: a estrutura e textura da rocha matriz e o processo de demolição das rochas para obter os agregados. A análise da forma do agregado é feita através de métodos diretos, com uso do paquímetro por exemplo, ou indiretos através de comparações e uso de peneiras. Para facilitar, foram definidos a dimensão maior como comprimento (A), intermediária como largura (B) e a menor dimensão a espessura (C). O alongamento é a relação da espessura com a largura (C/B), a lameridade a relação largura com comprimento (B/A) (FARIAS; PALMEIRA, 2010). Os limites para as formas são definidos na Figura 1:

Figura 1- Forma dos agregados



Fonte: (POWERS, 1953).

É importante ressaltar que quanto aos agregados graúdos é preferível grãos equidimensionais, já que nesses casos a superfície de contato é menor, e em misturas de concreto fornecem mais resistência à flexão (NEVILLE, 1997).

Ainda sobre a forma dos agregados, podem haver grãos de forma arredondada, variando de bem arredondada até muito angulosa. Esse formato fornece maior resistência devido o melhor entrosamento, mas ao mesmo tempo a sua superfície maior torna necessária maior quantidade de água para manter uma boa trabalhabilidade.

Uma boa aderência da pasta com o agregado depende dentre outros fatores da textura superficial. Essa textura está ligada com o polimento superficial dos grãos, agregados com um textura mais rugosa proporcionam melhor aderência nas misturas (FARIAS; PALMEIRA, 2010).

2.1.4.3 Absorção e umidade

A quantidade de água existente em um material trata-se da umidade (w). Em termos gravimétricos umidade é definida pela relação entre a massa de água com a massa totalmente seca de uma amostra, dada pela expressão 1:

$$w = \frac{M_{\text{água}}}{M_{\text{sólidos}}} 100 \quad (1)$$

Uma amostra pode variar quanto à condição de umidade, na condição ambiente sempre haverá uma absorção ou perda de água, é importante ressaltar que nessa condição a absorção não será suficiente para saturar e a perda não irá esgotar a água restando a umidade higroscópica.

Na condição saturada com superfície úmida a amostra fica imerge em água por 24 horas para preencher todos os vazios entre os grãos, e cria uma película úmida em sua superfície. Mas, mesmo nesta situação, restam vazios fazendo necessário o uso de métodos para retirar todo ar presente. A película existente na amostra saturada com superfície úmida pode ser eliminada manualmente ou com uma corrente de ar, alterando o material para a condição saturada com superfície seca.

A condição seca é considerada quando a massa da amostra é igual a massa de sólidos, ou seja, está completamente seca, o que pode ser observado após 24 horas em estufa a 105°C +/- 5°C (FARIAS; PALMEIRA, 2010).

Junto a umidade tem-se a absorção que está ligada à porosidade aparente dos grãos sólidos em uma amostra saturada com superfície seca. É conhecida uma absorção inferior a 0,5% que raramente ultrapassa 1,0% em rochas metamórficas como o quartzito (MOIZINHO, 2007). Através da absorção determina-se quanto de água pode preencher os poros no grãos do agregado, a qual é calculada pela expressão 2 (M_{sss} trata-se da amostra com partículas saturadas com superfície seca) (FARIAS; PALMEIRA, 2010):

$$a = \frac{M_{sss} - M_{seca}}{M_{seca}} 100 \quad (2)$$

O teor de umidade deve ser observado, visto que a água aumenta o volume aparente do agregado, principalmente miúdo, causando inchamento e ainda aumenta a quantidade de água presente na mistura. Cuidados no armazenamento são de suma importância, evitar o contato do material com a chuva impede aumento do teor de umidade além de diminuir as chances de dispersão (RIBEIRO; PINTO; STARLING, 2002).

2.1.4.4 Resistência a esforços mecânicos

Para uma argamassa ou concreto de qualidade, os agregados devem ainda ter grãos resistentes e duráveis de modo que resistam aos esforços solicitados. Essa resistência deve ser no mínimo maior que a resistência da pasta de cimento, visto que do contrário haveria um rompimento dos grãos antes que da pasta (RIBEIRO; PINTO; STARLING, 2002).

Os agregados são submetidos a todos os esforços que atuam na estrutura em que estão empregados. Esforços mecânicos como compressão, esforços de impacto, esmagamento abrasão, entre outros (FARIAS; PALMEIRA, 2010).

Ensaio são necessários para determinar a resistência dos agregados, no que diz respeito a resistência mecânica, geralmente os ensaios são feitos comparando misturas realizadas com agregados conceituados, com misturas feitas produzidas com agregados ainda em estudo (RIBEIRO; PINTO; STARLING, 2002).

Quanto a resistência ao desgaste um ensaio conhecido é o de “abrasão Los Angeles”, que segue a norma NBR NM 51 (ABNT, 2000). O ensaio consiste em colocar o agregado em contato com esferas de aço para degradação, para avaliar a perda de massa percentual, quanto menor essa perda, mais resistente o material (FARIAS; PALMEIRA, 2010).

2.1.4.5 Impurezas orgânicas

O agregado miúdo pode apresentar impurezas que são nocivas a qualidade da argamassa e do concreto, tais substâncias se formam através de resíduos vegetais, mas quando essas impurezas se apresentam junto ao agregado em quantidades prejudiciais é possível detectá-las através do ensaio colorímetro.

O ensaio consiste na mistura de uma amostra do agregado seco ao ar com uma solução de hidróxido de sódio, esta mistura permanece em repouso por 24 horas, após isto é colocada em um tubo e comparada com a solução padrão que ficou em repouso pelo mesmo tempo. Quando comparadas, se a mistura com agregado for mais escura que a solução padrão é o indicativo de impurezas. Assim, é necessária a realização do ensaio previsto na norma NBR 7221 de qualidade do agregado miúdo (RIBEIRO; PINTO; STARLING, 2002).

2.1.4.6 Torrões de argila

A NBR 7218 (ABNT, 2010) determina as quantidades permitidas de torrões de argila e partículas friáveis presentes nos agregados. O procedimento consiste em espalhar a amostra em um recipiente inoxidável, cobrir a amostra com água destilada e deixar em repouso por aproximadamente 24 horas, após isto quebra-se a amostra, então é feito o peneamento úmido, as partículas de cada peneira são levadas para estufa. Após secas, é feita a pesagem para finalmente ser feito o cálculo da massa percentual em cada peneira (FARIAS; PALMEIRA, 2010).

No agregado miúdo, a quantidade de torrões e partículas friáveis permitidas é dada de acordo com perda na peneira de 1,18 m, sendo o limite de torrões igual a 3,0% conforme a NBR

7211 (ABNT, 2009). Para agregados graúdos é feita a média das peneiras 4,8 mm, 9,5 mm, 19,0 mm e 37,5mm, (FARIAS; PALMEIRA, 2010).

2.1.4.7 Materiais pulverulentos

Partículas minerais menores que 0,075 mm presentes nos agregados são chamadas de materiais pulverulentos (RIBEIRO; PINTO; STARLING, 2002). Assim como as impurezas e os torrões de argila, a quantidade de material pulverulento presente no agregados é prescrita em norma e pode ser determinada a partir de ensaio.

São usadas duas amostras inicialmente pesadas, após isto, elas são colocadas em bastões e passam por um processo de lavagem sendo sacudidas, depois peneiradas e o processo se repete até que a água de lavagem esteja aparentemente limpa. A amostra é então seca e pesada. A partir da equação 3, obtemos o índice permitido de materiais pulverulentos em meio aos agregados (FARIAS; PALMEIRA, 2010).

$$\frac{100 (M_i - M_f)}{M_i} \quad (3)$$

Para produção de argamassas, o teor de materiais pulverulentos não é uma desvantagem, podendo ser até uma vantagem pela melhoria da trabalhabilidade e contribuindo na melhoria da porosidade da argamassa e, por consequência, na sua durabilidade (GRIGOLI, 2001).

2.1.4.8 Massa específica

“É a relação entre a massa do agregado seco e seu volume, excluindo os poros permeáveis” segundo a NBR NM 52 (ABNT, 2009).

A massa específica (γ) distingue-se entre massa específica real ou absoluta e massa específica aparente. De modo geral é definida pela relação entre a massa e o volume de um material, sendo a massa tomada completamente seca.

Quando considerado o volume real (V_r) do material, ou seja, o volume dos sólidos menos os vazios nos grãos e entre os grãos, obtem-se a massa específica real ou absoluta, dada pela equação 4:

$$\gamma_r = \frac{M}{V_r} \quad (4)$$

O volume aparente (V_a) inclui todos os vazios presentes nos grãos, e resulta na massa específica aparente, que pode ser calculada usando a equação 5 (FARIAS; PALMEIRA, 2010):

$$v_a = \frac{M}{V_a} \quad (5)$$

Para determinar os vazios presentes nos agregados segundo a NBR 9776 deve ser usado o frasco de Chapman para agregados miúdos, e para agregados graúdos este frasco deve ser substituído por um com volume aferido.

2.1.4.9 Massa unitária

A NBR NM 45 (ABNT, 2006) define a massa unitária como a relação entre a massa do agregado lançado no recipiente definido pela norma e volume deste recipiente. A amostragem para a realização do ensaio deve ser realizada conforme a norma NBR NM 27 (ABNT, 2001), a aparelhagem é determinada na NBR NM 45.

Os agregados naturais, como areia e pedregulho, em sua maior parte possuem massa unitária entre 1500 e 1700kg/m³. A ABNT NBR 9935: 2011 define os agregados entre leves e pesados. Os agregados que são fabricados a partir da expansão térmica da argila, a parte mineral dos resíduos de esgoto, escórias e vermiculita exemplificam os agregados leves. Os minérios de ferro e bário, respectivamente, hematita e barita, além da limonita, que são crostas de materiais ferruginosos hidratadas, são exemplos de agregados pesados (SBRIGHI NETO, 2011).

2.1.4.10 Durabilidade

Toda estrutura está sujeita a ação dos ventos, inclusive os agregados, os quais têm como resultado dessa ação a desintegração. Com isso, é necessário o ensaio de durabilidade que objetiva determinar a resistência a essa desintegração.

O ensaio é realizado conforme a norma ME 089 (DNER, 1994), a qual determina que os agregados inicialmente sejam separados em graúdos e miúdos passando pelas peneiras e

sejam pesados de acordo com as mesmas, para então serem imergidos em uma solução de sulfato de sódio ou de magnésio, onde permanecem de 16 a 18 horas, em seguida as amostras são drenadas e o ciclo é repetido geralmente 5 vezes. As partes são novamente pesadas e é realizada uma média das perdas de acordo com as peneiras em que ficaram retidas inicialmente. Essa média define o valor da durabilidade do agregado (FARIAS; PALMEIRA, 2010).

2.1.5 Agregado Miúdo

A NBR 9935 (ABNT, 2011, p. 4) define agregado miúdo como “agregado cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 4.75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 150 μ m, atendidos os requisitos da ABNT NBR 7211.”

As areiais, finas, médias e grossas exemplificam os agregados miúdos (RIBEIRO; PINTO; STARLING, 2002). São a parte inerte, ou quase inerte, da argamassa tendo como uma das funções minimizar o efeito das mudanças de volume da argamassa, além de diminuir o seu custo (MEHTA; MONTEIRO, 1994).

As areias utilizadas na construção civil podem ter sua origem em rios, cavas (depósitos em fundos de vales, que são cobertos por solo), escórias de alto forno também podem ser resfriadas com jatos de água e serem transformadas em grãos com dimensões inferiores a 12,7mm, obtendo-se a areia de escória, além disso temos as areias resultantes do processo de britagem e as areias de praias e dunas. As areias provenientes das praias e dunas próximas ao litoral do Brasil geralmente não são utilizadas na produção de concreto por possuírem grande finura e teor de cloreto de sódio.

A areia tem diversos usos na construção civil como no preparo de argamassas, juntamente com cimento e cal e utilizada tanto para revestimentos quanto para assentamento de peças de alvenaria. No concreto betuminoso é adicionada com o fíler para impedir que o concreto amoleça nos dias de calor intenso, é o agregado miúdo no concreto de cimento. Também é utilizada como material para correção do solo nos pavimentos rodoviários. Além disso, pode ser utilizada para construir filtros de interceptação do fluxo de água de infiltração em muros de arrimo e barragens de terra, em decorrência de sua alta permeabilidade (BAUER, 2012).

2.1.5.1 Agregados miúdos alternativos

Tendo em vista o amplo uso dos recursos naturais pela indústria da construção e consequente produção de resíduos, torna-se necessário que alternativas para minimizar ou solucionar os impactos causados sejam estudadas, essas soluções podem ser aplicadas através de reutilização, deposição dos resíduos de maneira correta, processamento e reciclagem. Serão apresentados alguns exemplos de agregados alternativos para argamassas, buscando exemplificar a reutilização de materiais que seriam descartados, muitas vezes de forma incorreta na natureza (SANTOS; LIRA; RIBEIRO, 2012).

Pesquisas sobre o emprego de materiais alternativos estão sendo realizadas com o objetivo de minimizar os impactos ambientais causados pelo setor de construção civil. Temos alguns exemplos como “Utilização do entulho reciclado para produção de argamassas” (BAVARESCO, 2001), “Argamassa com substituição de agregados naturais por resíduo de britagem do granito” (SANTOS; LIRA; RIBEIRO, 2012), “Substituição parcial e total do agregado miúdo utilizando resíduo de revestimento cerâmico na argamassa de revestimento” (SILVA; BELLEI, 2018), entre outras diversas pesquisas publicadas.

2.1.5.2 Quartzito

Segundo Franklin Junior (2009), “quartzitos são rochas metamórficas provenientes do metamorfismo dos arenitos e, por isso podem ser confundidas com eles.” Apresentam diversas cores e aspectos, tendo em vista que não são em todos os casos que sua rocha de origem trata-se de um arenito puro.

Os grãos de quartzo que compõem o quartzito são finos e unidos, bem compactados e duros. Minerais resultantes da metamorfização, mica e feldspato podem também ser encontrados na composição do quartzito. Geralmente, o quartzito apresenta uma coloração branca, porém pode variar entre amarelo, vermelho e acastanhado. Sua composição química é em sua maioria referente à sílica, podendo conter pequenas porções de alumínio, ferro, cálcio e outros minerais. Sua aparência é semelhante a alguns tipos de calcários, sendo distinto de tais por sua dureza (ALECRIM *et al.*, 2009 *apud* COSTA, 1950).

Figura 2- Quartzito

Fonte: FRAZÃO *et al.* (2014).

Superfícies planas, antiderrapantes e com temperaturas constantes(homeotermas) são algumas características próprias do quartzito que conferem propriedades adequadas para o uso na construção civil, em revestimentos externos e internos. Os quartzitos são usualmente aplicados em muros, escadas, fontes e bordas de piscinas (ALECRIM, 2009).

No estado de Goiás, os principais municípios produtores do quartzito são Pirenópolis, Corumbá e Cocalzinho, o quartzito é extraído pelo método de lavra (extração do mineral) em mina a céu aberto desde o período colonial por mão de obra familiar. Muito antes da mineração ser regulamentada, a extração do quartzito já acumulava um passivo ambiental que é resultado de mais de cem anos da atividade sendo desenvolvida sem aperfeiçoamento técnicos (FALEIRO; LOPES, 2010).

A exploração desse minério é em sua maioria voltada para o uso na construção civil e tem ocasionado debates quanto às questões ambientais e sócio-econômicas, levando-se em consideração que o aproveitamento é entre 8% e 10%, sendo visto pelos profissionais da área ambiental como uma exploração predatória. Porém, ao se avaliar do ponto de vista sócio-econômico, as pedreiras são responsáveis por empregar grande parte da população dos municípios em que estão localizadas. (ALECRIM, 2009 *apud* ALECRIM; FABBRI, 2004)

O aproveitamento reduzido é resultado de uma combinação de fatores como o uso de técnicas não adequadas de desmontes, a grande ocorrência de fissuras no maciço rochoso e a intercalação de níveis compostos unicamente de quartzo que não possuem delaminação (FRAZÃO *et al.*, 2014).

Devido a grande quantidade de material, os resíduos que são decorrentes do processo de extração e processamento do quartzito tornam-se um problema para os responsáveis pelas minas, pois impactam negativamente o ambiente ocasionando desconfigurações na paisagem,

mudanças no relevo natural, assoreamento dos corpos d'água, além de impedir o crescimento da vegetação nativa. Na Figura 3 podem ser observados, respectivamente, o processo de extração das placas de quartzito, os rejeitos gerados nas minerações e o acúmulo desses rejeitos nas proximidades das minas.(FRANCKLIN JUNIOR, 2009).

Figura 3- Geração de resíduos nas minerações de quartzitos do Sudoeste mineiro



Fonte: FRANCKIN JUNIOR (2009).

As etapas de lavra contribuem para a poluição do ar, por meio dos processos de desmonte, transporte e beneficiamento. Grandes impactos na paisagem são causados pela retirada da cobertura vegetal, armazenamento dos rejeitos e pela mina ser disposta a céu aberto. Em Pirenópolis pode-se observar os resultados da exploração comprometendo a paisagem, o meio ambiente e a sociedade, como pode ser observado nas Figuras 4 e 5.

Figura 4- Foto da degradação paisagística promovida pela lavra de Quartzito em Pirenópolis-GO



Fonte: FALEIRO; LOPES (2010).

Figura 5- Foto das pilhas de rejeitos (no primeiro plano e ao fundo) na pedreira da prefeitura (Pirenópolis- GO)



Fonte: FALEIRO; LOPES (2010).

2.2 AGLOMERANTES

2.2.1 Cimento Portland

O cimento Portland é um pó fino, de coloração acinzentada, composto por silicatos e aluminatos de cálcio e características de grande importância para a construção civil, como a de ser moldável ao ser adicionado com a água, além de ser capaz de possibilitar uma alta resistência mecânica com o passar do tempo. Recebe esse nome por sua semelhança com a pedra de Portland, um calcário extraído na Inglaterra (RIBEIRO; PINTO; STARLING, 2002).

A obtenção do cimento Portland vem da moagem do clínquer Portland, juntamente com uma ou mais formas de sulfato de cálcio, com proporções variando entre 3% a 5%, em massa. Podem ser acrescentados aditivos durante a fabricação de acordo com o tipo de cimento que está sendo produzido.

É o aglomerante com utilização mais expressiva na construção civil, visto que abrange diversos tipos de aplicação como, por exemplo, a preparação de pastas, argamassas e concretos, além da produção de blocos, telhas, postes, tubos, vasos, pavimentos e mourões para cercas e, ainda, os elementos estruturais pré-moldados, como vigas, pilares, lajes, painéis, estacas e demais estruturas moldadas *in loco*.

A resistência à compressão é considerada como a principal propriedade dos produtos de cimento Portland, mas além disso deve-se destacar a facilidade no manuseio, a possibilidade de diversas formas serem moldadas, a durabilidade e sua boa interação com os demais materiais.

Atualmente, o mercado brasileiro oferece oito tipos de cimento Portland, que se diferenciam de acordo com as quantidades de clínquer e sulfatos de cálcio, materiais carbonáticos e adições, essas diferenças também podem ser na resistência inicial e na coloração, sendo eles:

- Cimento Portland Comum (CP I)
 - a. CP I: Cimento Portland comum
 - b. CP I-S: Cimento Portland comum com adição
- Cimento Portland composto (CP II)
 - a. CP II- E: Cimento Portland composto com escória
 - b. CP II- Z: Cimento Portland composto com pozolana
 - c. CP II- F: Cimento Portland composto com fíler
- Cimento Portland de alto forno (CP III)

- Cimento Portland pozolânico (CP IV)
- Cimento Portland de alta resistência inicial (CP V- ARI)
- Cimento Portland resistente a sulfatos (RS)
- Cimento Portland de baixo calor de hidratação (BC)
- Cimento Portland branco (CPB)

Em geral, todos os tipos de cimento podem ser utilizados em todos os tipos de estrutura e aplicações, porém, alguns tipos de cimento adequam-se melhor a determinados tipos de aplicações. Os cimentos CPI e CP II são indicados para aplicações gerais, já o CP III, CP IV E CPV- ARI são melhor aproveitados nas situações específicas para as quais foram desenvolvidos (BATTAGIN; BATTAGIN, 2010).

O cimento Portland tem um controle de qualidade eficiente, por essa razão dificilmente é responsável por patologias que ocorrem em revestimentos de argamassa. Alguns problemas que são atribuídos ao cimento, na maior parte das vezes tem sua origem na adoção de traço inadequado. Um traço com uma grande quantidade de cimento pode resultar em uma rigidez elevada e em consequência a retração, fissuração e até mesmo o descolamento do revestimento. Já um traço com quantidade de cimento inferior à necessária resulta na desagregação do revestimento.

Para utilização em argamassa de revestimento, é preciso atentar-se com sua finura pois cimentos muito finos tendem a resultar em maior retração plástica ocasionando fissuras que possibilitam a entrada de água, o que implica na durabilidade dos revestimentos. O cimento CP V- ARI possui alta velocidade de hidratação e retração inicial superior em comparação com os outros tipos de cimento, em decorrência de possuir uma elevada área específica, essas propriedades fazem com que ocorram fissuras nos revestimentos nas primeiras idades.

Ao se utilizar cimentos que possuem maior classe de resistência (40MPa) é preciso ter cuidado, pois são mais finos em relação aos de classes mais baixas (25MPa e 32MPa). Quanto ao uso de cimentos com teores de adição minerais elevados, como as pozolanas e escórias de alto forno em regiões que possuam baixa umidade relativa, ventos fortes e altas temperaturas, é necessário que a cura úmida adequada seja realizada para que o aglomerante tenha a hidratação adequada garantida.

Os cimentos que possuem altos teores de álcalis (Na_2O e K_2O) podem ocasionar a formação de eflorescências nas argamassas pois durante o processo de hidratação do cimento os óxidos transformam-se em hidróxidos e ao entrar em contato com o CO_2 presente na

atmosfera, se transformam em carbonatos de sódio e potássio que são altamente solúveis em água (CARASEK, 2010).

2.3 ARGAMASSAS

2.3.1 Definição e histórico

Devido as características de aderência e endurecimento, a argamassa é um material muito usado na construção civil em assentamentos e fases de revestimento. Para obter a argamassa é feita uma mistura homogênea de aglomerantes, agregado miúdo e água, nessa mistura pode haver mais de um aglomerante e ainda aditivos e adições (OLIVEIRA, 2008).

Segundo Petrucci (1979), as argamassas são compostas pela pasta (aglomerante e água) que é um material ativo, junto com um material inerte, o agregado miúdo.

Registros de aplicação da argamassa nas construções iniciam desde a pré-história, em 1985 no sul da Galileia, em uma escavação para construção de uma rua foi encontrado um piso polido de 180 m² feito de pedra e uma argamassa composta de cal e areia, este é o registro mais antigo de uso de argamassa, a qual foi produzida por volta de 7000 a.C. e 9000 a.C.

Outro exemplo é uma laje de 25 cm de espessura, a qual foi produzida em 5600 a.C. este é o segundo registro mais antigo do emprego de argamassa também feita de cal, e foi encontrado onde hoje é Iugoslávia. Após estes foram feitos diversos registros do uso de argamassa de cal e gesso no Egito, Grécia e Roma.

As primeiras argamassas eram simples, quase sempre compostas de cal e areia, com o passar dos anos as construções evoluíram, tornando necessária uma melhora na composição das argamassas. O primeiro avanço significativo foi o emprego do cimento Portland na argamassa, tal mistura é usada em abundância até os dias atuais. Também foram adicionados aditivos orgânicos, como incorporadores de ar, visando uma melhora nas propriedades.

A evolução não parou, existem hoje argamassas industrializadas, as quais vêm para as obras prontas, sendo necessário apenas adicionar água para uso. Essas argamassas foram desenvolvidas na Europa e Estados Unidos, no final do século XIX, e atualmente são muito usadas no Brasil (CARASEK, 2010).

2.3.2 Classificações

Diversos critérios podem ser usados para classificar as argamassas, alguns exemplos desses são: segundo o aglomerante, a consistência, plasticidade, e a forma de preparo da argamassa. Podem ser classificadas ainda quanto à sua função na construção, podendo ser para construção de alvenarias (argamassa de assentamento), para revestimentos de paredes (argamassa de reboco), para revestimento de pisos (argamassa de contrapiso), para revestimentos cerâmicos (argamassa de rejuntamento) entre outras funções.

Quando classificadas segundo à função, é definido para a argamassa sua finalidade, como serão aplicadas na obra. As argamassas de assentamento de alvenaria e de revestimento de paredes são as mais usadas nas construções, por essa razão, esses tipos de argamassa serão abordadas (COUTINHO; PRETTI; TRISTÃO, 2013).

2.3.2.1 Argamassa de assentamento de alvenaria

Usada para edificar paredes e muros de tijolos ou blocos, a argamassa de assentamento de alvenaria tem como principais funções, conectar os blocos ou tijolos de modo a formar um conjunto rígido indivisível que auxilie na resistência de esforços laterais, distribuir as cargas atuantes por toda área dos blocos, selar as juntas de modo a impedir a infiltração de água, e por fim diminuir as imperfeições da alvenaria.

Algumas propriedades no estado fresco e no estado endurecido, são primordiais para que as funções atribuídas a argamassa sejam alcançadas. Ter trabalhabilidade, com consistência e plasticidade que permitam a realização do processo executivo conforme previsto, mantendo as juntas com altura adequada, e uma parede com alinhamento e prumo. Deve-se ressaltar que a trabalhabilidade precisa variar com a forma que a argamassa será aplicada.

Junto com a trabalhabilidade, a retenção de água também é uma propriedade importante, após a aplicação a argamassa começa a secar e caso isso ocorra rapidamente, irá interferir no alinhamento dos blocos na próxima fiada, assim como no prumo e na distribuição de cargas na parede, além de atrapalhar na aderência fazendo com que haja uma melhor ligação com o bloco inferior em relação ao superior (CARASEK, 2010).

O que impede a penetração de água das chuvas nas paredes, é uma boa estanqueidade, que junto com a resistência aos esforços de tração e cisalhamento dependem da aderência da argamassa, com isso, tal fator também se torna uma das propriedades primordiais para argamassa de assentamento. A resistência de aderência da argamassa é definida como, a

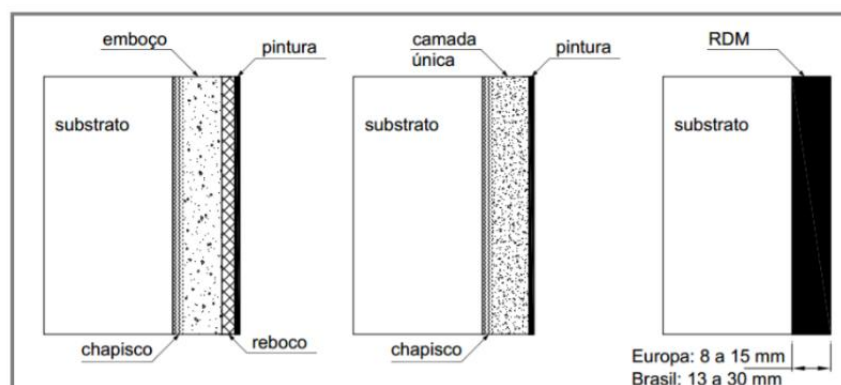
capacidade que a conexão bloco-argamassa possui de absorver tensões tangenciais e normais a ela, sem que haja rompimento. (SABBATINI, 1986)

As resistências mencionadas junto a aderência, são incluídas nas propriedades básicas para uma argamassa de assentamento, mas deve-se citar principalmente a resistência à compressão, uma vez que, para que possam ser assentadas várias fiadas em um dia a argamassa precisa atingir rapidamente certa resistência. Mas, é importante que a resistência da argamassa não seja superior a dos blocos, visto que essa exerce pouca influência na resistência à compressão da alvenaria, e que para obter argamassas de alta resistência é necessário uma quantidade elevada de cimento, o que as tornam mais caras e diminuem a capacidade de absorver deformações, outro fator fundamental para a argamassa de assentamento (SELMO *et al.*, 2002).

2.3.2.2 Argamassa de revestimento

Com função de aprimorar o acabamento e o conforto termo-acústico, as argamassas de revestimento são aplicadas para revestir paredes, muros e tetos, que poderão ou não receber ainda outros acabamentos. São utilizadas em forma de chapisco, emboço e reboco, tais camadas possuem características e funções distintas, que podem ser entendidas de acordo com determinado a seguir e com a Figura 6:

Figura 6- Alternativas de revestimento



Fonte: CARASECK (2010)

O chapisco é uma camada aplicada sobre o concreto ou alvenaria, prepara a base, serve para uniformizar a superfície, e como base para o emboço pois melhora a aderência do revestimento. Essa camada apresenta uma textura superficial áspera e irregular.

Emboço é a base para o reboco ou para o material cerâmico, é aplicado sobre o chapisco com objetivo de regularizar a superfície, protege contra oscilações de umidade, e tem textura superficial áspera e regular (RIBEIRO; PINTO; STARLING, 2002). Após o emboço tem-se o reboco, que é utilizado para cobrimento do emboço de forma que resulte em uma superfície suave e regular que permita receber revestimentos decorativos, ou convenha como acabamento final.

A camada única popularmente conhecida como, “massa única” ou “reboco paulista” é a camada de revestimento mais usada atualmente no Brasil, é composta por apenas um tipo de argamassa que é aplicado sobre o chapisco, e tem a mesma finalidade que o reboco, receber acabamentos decorativos ou constituir acabamento final.

Concluindo as camadas de revestimento, tem-se o revestimento decorativo monocamada (RDM), realizada com uma argamassa industrializada, que apesar de não ser normalizado no Brasil, é muito usado na Europa. É aplicado em apenas uma camada com função de regularização e decorativa.

Um revestimento de argamassa de parede tem como principais funções, compor o sistema de vedação auxiliando no isolamento térmico, isolamento acústico, estanqueidade à água, resistência ao fogo e a desgastes superficiais. Proteger a alvenaria, principalmente em casos de revestimentos externos. Tornar a superfície regular para receber acabamentos decorativos (CARASEK, 2010).

Para alcançar as funções desejadas com qualidade, propriedades como trabalhabilidade, aderência, permeabilidade, resistência mecânica e capacidade de absorver deformações são fundamentais .

A trabalhabilidade da argamassa deve ser ajustada de acordo com a forma que será aplicada, de modo que tenha consistência e plasticidade adequada, assim garantindo aderência, um bom desempenho do revestimento, além de facilitar o processo de execução. Por exemplo, se a argamassa for projetada mecanicamente ela deve ser mais fluida e com maior plasticidade, do que se for aplicada por meio de colher de pedreiro. Ligada a trabalhabilidade, a adesão inicial é muito importante para que a argamassa seja trabalhada e tenha aderência após o seu endurecimento. Quando a argamassa no estado fresco é lançada na parede ela deve se unir imediatamente a mesma, de modo a permitir os procedimentos necessários.

A aderência permite que a argamassa absorva tensões normais ou tangenciais na superfície por exemplo da parede. No estado endurecido é tida como a propriedade fundamental, da qual todas as outras funções dependem (ISHIKAWA, 2003). Tanto que é uma das únicas que tem critério de desempenho especificado em norma no Brasil, segundo a Tabela

1, onde constam os limites de resistência de aderência à tração para revestimentos de argamassa de paredes segundo a NBR 13749 (ABNT, 2013).

Tabela 1- Limites de resistência de aderência

Local	Acabamento	Ra (MPa)
Interna	Pintura ou base para reboco	$\geq 0,20$
	Cerâmica ou laminado	$\geq 0,30$
Externa	Pintura ou base para reboco	$\geq 0,30$
	Cerâmica	$\geq 0,30$

Fonte: ABNT (2013).

O revestimento, principalmente quando em ambientes externos, deve proteger o edifício da infiltração de água da chuva, o que diz respeito a permeabilidade da argamassa. A permeabilidade interfere na vida dos indivíduos, e também na estética da edificação principalmente quando não há acabamento final (pintura) ou este está com fissuras ou deslocamentos, já que problemas patológicos como eflorescências (Figura 7) estão ligados a umidade que infiltra nas paredes (CARASEK, 2010).

Figura 7- Eflorescência em superfície revestida com argamassa devido à percolação



Fonte: UEMOTO (1988).

Para que não haja comprometimento da aderência, estanqueidade e durabilidade, a argamassa deve também ser capaz de absorver deformações, sem que ocorram fissuras e rupturas. A fim de obter tal propriedade, é necessária uma argamassa que contenha tanto um módulo de elasticidade adequado, como também resistência mecânica. Tal resistência deve

resistir a tração, compressão e cisalhamento, que podem ocorrer por exemplo através do desgaste superficial, ao qual está ligado um dos principais problemas dos revestimentos, a baixa resistência superficial o que resulta em uma superfície com esfolação (CARASEK; CASCUDO; SCARTEZINI, 2001).

2.3.3 Características

As argamassas possuem propriedades importantes, tanto no estado fresco como no endurecido, algumas dessas propriedades devem ser estudadas, mas deve ser ressaltado que muitas delas variam de acordo com o material que a argamassa está em contato. Em relação as obras o controle de qualidade é realizado por meio do ensaio de compressão simples, e as demais propriedades da argamassa são analisadas de acordo com as necessidades determinadas na obra (CARASEK, 2010).

2.3.3.1 Trabalhabilidade

Subjetivamente trabalhabilidade é compreendida como a facilidade no manuseio, como as argamassas se comportam ao serem trabalhadas. Tal característica trata da argamassa no estado fresco, e em condição homogênea. Compreendida como uma propriedade complexa, a trabalhabilidade é síntese de diversas propriedades realógicas da argamassa como, consistência, plasticidade, coesão, exsudação, adesão inicial entre outras. O que define a importância das propriedades é a aplicação da argamassa (ISHIKAWA, 2003).


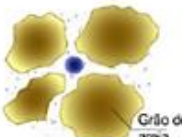
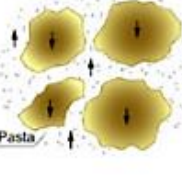
Um fator que interfere na trabalhabilidade é o módulo de finura, quanto menor mais trabalhável se torna a argamassa, assim agregados com grãos muitos angulosos tendem a piorar a trabalhabilidade. Quanto aos aglomerantes, a variação das classes de cimento não interferem significativamente, mas cimento com grãos mais finos melhoram a trabalhabilidade. Quando adicionada cal, há aumento na trabalhabilidade, mas é necessário atentar as influências em outras propriedades. A trabalhabilidade também sofre alterações de acordo com o material que a argamassa permanece em contato (CINCOTTO; SILVA; CASCUDO,1995).

2.3.3.1.1 Consistência e plasticidade

Segundo Ishikawa (2003) consistência trata de quanto a argamassa resiste as tensões de escoamento que lhes são impostas. Para Rosello (1976) consistência está relacionada a

quantidade de pasta em torno dos agregados, ou seja, sua fluidez, classificando a argamassa em seca, plástica ou fluida, o que varia de acordo com a quantidade de pasta presente. A classificação da argamassa quanto a consistência está representada no Quadro 1:

Quadro 1 Consistência da argamassa

Argamassa Seca	A pasta aglomerante somente preenche os vazios entre os agregados, deixando-os ainda em contato. Existe o atrito entre as partículas que resulta em uma massa áspera.	
Argamassa Plástica	Uma fina camada de pasta aglomerante "molha" a superfície dos agregados, dando uma boa adesão entre eles com uma estrutura pseudo-sólida.	
Argamassa Fluida	As partículas de agregado estão imersas no interior da pasta aglomerante, sem coesão interna e com tendência de depositar-se por gravidade (segregação). Os grãos de areia não oferecem nenhuma resistência ao deslizamento, mas a argamassa é tão líquida que se espalha sobre a base, sem permitir a execução adequada do trabalho.	

Fonte: CARASEK (2010)

A plasticidade está relacionada com a viscosidade da argamassa e é influenciada pela natureza e teor do aglomerante e agregados, pela quantidade de ar incorporado, pelo método de mistura, e pela presença de aditivos. Quanto a plasticidade a argamassa pode ser classificada em pobre (áspera, baixa quantidade de aditivo), média (plástica) e rica (maior quantidade de aditivo). A quantidade de água é fator determinante na plasticidade da argamassa, a mistura irá variar de acordo com finalidade e modo de aplicação (CARASEK, 2010).

2.3.3.1.2 Retenção de água

Retenção de água é a capacidade da argamassa no estado fresco de reter água mesmo em contato com uma superfície de alta sucção, ou por evaporação (SABBATINI, 1986). A capacidade de retenção de água da argamassa está ligada a área específica dos agregados e aglomerantes que a constituem, apresenta-se uma boa retenção quando a água presente é capaz de molhar a superfície desses constituintes (GUIMARAES, 2002). A retenção também

influencia o comportamento da argamassa no estado endurecido, já que os aglomerantes necessitam de água para realizar reações de endurecimento, interferindo assim nos resultados quanto a resistência mecânica final e durabilidade (CARASEK, 2010).

2.3.3.1.3 *Densidade de massa*

A densidade, também chamada de massa específica, interfere na trabalhabilidade pois quanto mais leve for a argamassa mais fácil será seu manuseio. Fatores como, teor de ar incorporado e a massa específica dos agregados presentes, interferem na densidade. Há uma relação direta entre o teor de água e a densidade, uma vez que após endurecer a argamassa apresenta uma redução no valor da massa específica devido à perda de parte da água, corpos de prova secos ao ar livre, por exemplo, apresentam uma redução entre 3% e 11% (CARASEK, 2010).

2.3.3.1.4 *Adesão inicial*

Também chamada de “pegajosidade” a adesão é a capacidade da argamassa no estado fresco, de se unir a base no momento em que é aplicada na mesma. A adesão inicial está diretamente relacionada com a tensão superficial. Uma tensão superficial mais baixa facilita o alcance da pasta aos agregados e à superfície do substrato (base), favorecendo a “molhagem”, resultando em uma adesão maior. A alteração da composição da argamassa, principalmente em relação a quantidade de cimento interfere na tensão superficial, de modo que quanto maior a quantidade de cimento menor será a tensão superficial ocasionando uma melhor adesão inicial (CINCOTTO, SILVA; CASCUDO, 1995).

2.3.3.2 *Retração*

A retração está associada a variação de volume da pasta de aglomerante (cimento e água), ela é produto de um mecanismo complexo que afeta principalmente a entanqueidade e durabilidade das argamassas.

Ocorre retração quando a pasta perde grande quantidade de água, desde o estado fresco até após o endurecimento do material, uma parcela do que retrai é em decorrência dos processos de hidratação do cimento, mas a maior parte é consequência da secagem. A areia quando adicionada à pasta auxilia no controle das variações de volume por secagem (CARASEK,

2010). Ishikawa (2003), diz que uma argamassa com menor quantidade de água e cimento retrai menos, devido ao fato que a retração ocorre na pasta.

Para adquirir uma boa resistência a tração e evitar fissuras de retração é fundamental que a secagem ocorra de forma lenta. Quando o clima propicia uma secagem rápida ou quando a argamassa é colocada em uma substrato de superfície muito absorvente aparecem fissuras de retração. Em casos de revestimentos essas fissuras são identificadas quando fazem ângulos próximos de 90 graus (ISHIKAWA, 2003).

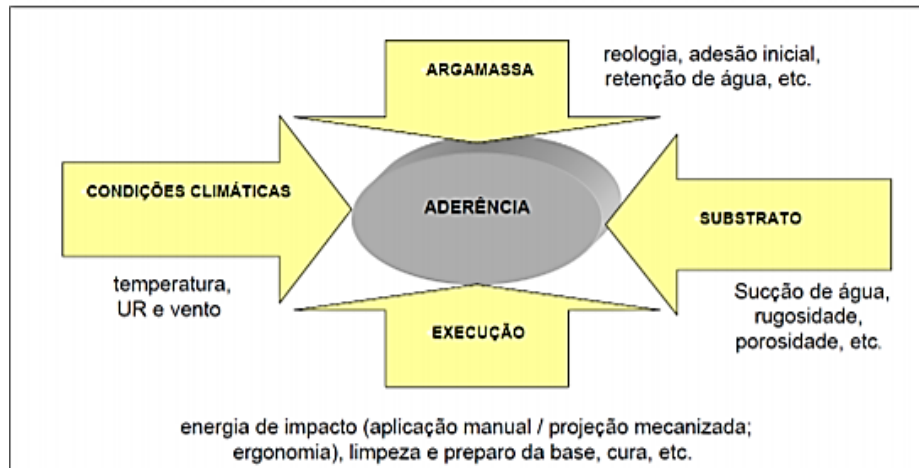
2.3.3.3 Aderência

Segundo Sabbatini (1986) a resistência de aderência da argamassa é definida como, a capacidade que a conexão bloco-argamassa possui de absorver tensões tangenciais e normais a ela, sem que haja rompimento. Para Carasek (2010) a resistência e a dimensão do contato entre a argamassa e a superfície em que foi aplicada, definem a aderência. Assim, essa propriedade depende da interação dos dois materiais, e como a argamassa pode ser aplicada em diferentes superfícies, para avaliar a aderência é necessário analisar o conjunto, argamassa e substrato. Em relação a interface argamassa-substrato existem três propriedades importantes, a resistência de aderência à tração, a resistência de aderência ao cisalhamento e a total que pode ser unida (extensão de aderência), da junção dessas propriedades provem a aderência (CARASEK, 2010).

O que impede a penetração de água das chuvas nas paredes, é uma boa estanqueidade, que junto com a resistência aos esforços de tração e cisalhamento dependem da aderência da argamassa, com isso, tal fator se torna uma das propriedades primordiais para argamassa, como mencionado no item 2.3.2.2 é tida como a propriedade fundamental, da qual todas as outras funções dependem estado endurecido (SABBATINI, 1986).

Quanto melhor for o contato entre a argamassa e o substrato melhor será a aderência, a ligação entre os dois inicia desde o momento em que têm contato, nesse instante, através da água presente na mistura, os componentes do aglomerante penetram pelos poros do substrato onde ocorrem processos de hidratação do cimento e cal, gerando a resistência de aderência, tal decorre do intertravamento principalmente da estringita (um dos produtos de hidratação do cimento) (ISHIKAWA 2003). Diversos fatores interferem na aderência, a Figura 8 apresenta alguns desses:

Figura 8- Fatores que influenciam na aderência de argamassas em contato com superfícies porosas



Fonte: CARASEK (2010).

Os materiais presentes na mistura da argamassa também interferem na aderência, o cimento por exemplo, quanto mais fino, mais auxilia na qualidade da aderência, mas é necessário atenção pois cimentos muito finos possuem maior resistência e influenciam no aparecimento de fissuras por retração. A aderência depende também do agregado miúdo, de forma simples quanto maior a quantidade de areia menor será a resistência de aderência.

3 PROGRAMA EXPERIMENTAL

Foram estudadas as características da argamassa de reboco produzida com agregado convencional (areia) comparando-se com a mesma produzida com diferentes proporções de resíduos de quartzito. Para tanto, foi realizado na argamassa em estado fresco o ensaio de determinação do índice de consistência (NBR 13276:2016). No estado endurecido foram realizados ensaios de determinação da resistência à compressão (NBR 7215:2019), e resistência de aderência à tração em revestimentos em obra (NBR 13528:2010) e nos agregados miúdos foi realizada a determinação da composição granulométrica (NBR NM 248: 2011)

A seguir estão descritos os materiais e métodos de ensaios utilizados para a realização do trabalho experimental.

3.1 MATERIAIS CONSTITUINTES

Para o desenvolvimento do estudo experimental foram coletados resíduos de quartzito na pedreira x na cidade de Pirinópolis - GO, tal material foi escolhido devido à sua abundância nos locais de corte da pedra para venda, conforme pode-se observar na figura 9. Em visita na pedreira foi possível verificar onde ocorre a exploração mineral, tal é realizada na Serra dos Pirineus, a qual pode ser vista de longa distância indetificando grande quantidade de quartzito micáceo, popularmente conhecido como Quartzito Goiás ou Pedra de Pirenópolis.

A areia convencional, assim como o cimento, foram adquiridos em lojas de materiais de construção na cidade de Anápolis. O cimento utilizado foi do tipo CP V, em decorrência da oferta nas lojas pesquisadas.

Figura 9- Coleta de resíduos de quartzito na cidade de Pirinópolis



Fonte: Próprios autores (2019)

3.2 AGREGADOS- DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA

A determinação da composição granulométrica é normatizada pela NBR NM 248 (ABNT, 2011) e é um dos ensaios utilizados para caracterização do material.

3.2.1 Aparelhagem

- Balança;
- Estufa;
- Peneiras com tampa e fundo;
- Bandeja;
- Escova e pincel;

3.2.2 Materiais

- Resíduo de quartzito;
- Areia.

3.2.3 Execução do ensaio

A areia já estava completamente seca, quanto ao quartzito foi necessário secar em estufa. Com ambos os materiais em temperatura ambiente e devidamente secos, as amostras foram coletadas, sendo 500 gramas de amostra de areia, e a mesma quantidade para o quartzito.

As peneiras foram previamente higienizadas. Para realizar o ensaio as mesmas foram encaixadas formando um único conjunto, o qual foi organizado iniciando da base de acordo com as aberturas das malhas na ordem crescente. Na base do conjunto foi encaixado o fundo. A agitação foi realizada manualmente para ambas amostras, com movimentos e tempo em conformidade com a NBR NM 248 (NBR, 2003).

Figura 10 – Resíduos de quartzito passantes no ensaio de granulometria



Fonte: Próprios autores (2019)

3.3 ARGAMASSA PARA ASSENTAMENTO E REVESTIMENTO DE PAREDES E TETOS- PREPARO DA MISTURA PARA A REALIZAÇÃO DE ENSAIOS

Para realização dos ensaios de “Determinação do índice de consistência” e “Determinação da resistência à compressão”, a preparação da argamassa foi realizada conforme a NBR 16541.

3.3.1 Aparelhagem

- Balança com resolução de 0,1g;

- Misturador mecânico (conforme ABNT 7215);
- Proveta;
- Cronômetro com resolução de 1 segundo;
- Espátula.

3.3.2 Materiais

- Cimento;
- Areia;
- Resíduo de quartzito;
- Água;
- Aditivo plastificante;

3.3.3 Execução do ensaio

A quantidade a ser utilizada de cimento, areia e quartzito (visto que trata-se de argamassa dosada em obra) e a massa da água foi pesada. A quantidade dos materiais será especificada em cada ensaio, pois variou de acordo com a necessidade. A parte seca foi colocada no misturador que foi acionado em velocidade baixa, logo após foi adicionado 75% da água nos primeiros 10 segundos e misturado até completar 30 segundos.

A velocidade foi alterada para alta e misturado por mais 60 segundos, após isso parar o misturador, retirar a pá de mistura e raspar a superfície interna e a pá, esse procedimento deve ser realizado em 90 segundos e caso seja finalizado antes, a argamassa deve permanecer em repouso até que se complete os 90 segundos. Com o misturador acionado na velocidade baixa, foi adicionada a quantidade restante de água em 10 segundos e continuou a mistura até completar 60 segundos.

3.4 ARGAMASSA PARA ASSENTAMENTO E REVESTIMENTO DE PAREDES E TETOS - DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE CONSISTÊNCIA

O ensaio de determinação do índice de consistência é normatizado pela NBR 13276 (ABNT, 2016) e é um dos ensaios utilizados para caracterização do material, a argamassa foi preparada de acordo com a NBR 16541.

3.4.1 Aparelhagem

- Balança com resolução de 0,1g;
- Mesa para índice de consistência da argamassa, conforme a NBR 7215;
- Molde tronco cônico, conforme a NBR 7215;
- Soquete metálico, conforme a NBR 7215;
- Misturador mecânico, conforme a NBR 7215;
- Trena.

3.4.2 Execução do ensaio

O tampo da mesa para índice de consistência e a parede do molde troncônico foram limpos e secos, previamente à realização do ensaio. O molde troncônico foi posicionado de modo centralizado sobre a mesa para índice de consistência, sendo segurado de maneira firme, foi preenchido em três camadas sucessivas de alturas aproximadamente iguais e em cada camada aplicados, respectivamente, quinze, dez e cinco golpes com o soquete, distribuídos uniformemente.

O rasamento da argamassa foi realizado passando-se a régua metálica rente à borda do molde troncônico, com movimentos de vaivém curtos por toda a superfície. Todas as partículas que estavam em volta do molde foram retiradas com o auxílio de um pano limpo e seco. O molde troncônico foi retirado de forma vertical e a manivela da mesa para índice de consistência acionada para que a mesa suba e caísse 30 vezes durante 30 segundos de forma uniforme. Imediatamente após a última queda da mesa, foi realizada a medição do espalhamento da argamassa com a trena. As medidas foram realizadas em três diâmetros distintos em pontos distribuídos de maneira uniforme ao longo do perímetro.

O índice de consistência da argamassa é definido pela média das medidas dos três diâmetros em milímetros, o resultado deve ser arredondado para o próximo número inteiro. A relação entre água e materiais secos utilizados na mistura devem ser registrados (NBR 13276, ABNT 2016).

3.4.3 Quantidade de materiais utilizados

3.4.3.1 Traço convencional

- 400g de areia;
- 133,3g de cimento;
- 124,4 g de água.

3.4.3.2 Traço utilizando 25% de resíduo de quartzito

- 300g de areia;
- 100g de resíduo de quartzito;
- 133,3g de cimento;
- 124,4 g de água.

3.4.3.3 Traço utilizando 50% de resíduo de quartzito

- 200g de areia;
- 200g de resíduo de quartzito;
- 133,3g de cimento;
- 124,4g de água.

3.4.3.4 Traço utilizando 75% de resíduo de quartzito

- 100g de areia;
- 300g de resíduo de quartzito;
- 133g de cimento;
- 124,4 g de água.

3.4.3.5 Traço utilizando 100% de resíduo de quartzito

Para o ensaio o traço utilizando 100% de resíduo de quartzito foi inviável, pois a trabalhabilidade desejada não foi alcançada.

3.4.3.6 Traço utilizando 10% de resíduo de quartzito com adição de aditivo plastificante

- 360g de areia;
- 40g de resíduo de quartzito;
- 133g de cimento;
- 124,4 g de água;
- 0,26mL de aditivo plastificante.

3.4.3.7 Traço utilizando 20% de resíduo de quartzito com adição de aditivo plastificante

- 320g de areia;
- 80g de resíduo de quartzito;
- 133g de cimento;
- 124,4 g de água;
- 0,26mL de aditivo plastificante.

3.4.3.8 Traço utilizando 50% de resíduo de quartzito com adição de aditivo plastificante

- 200g de areia;
- 200g de resíduo de quartzito;
- 133,3g de cimento;
- 124,4g de água;
- 0,26mL de aditivo plastificante.

3.5 CIMENTO PORTLAND- DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Para a determinação da resistência à compressão foi realizado o ensaio normatizado pela NBR 7215 (ABNT, 2019).

3.5.1 Aparelhagem

- Balança;
- Misturador mecânico;
- Molde;
- Soquete metálico;
- Máquina de ensaio de compressão;
- Régua metálica;
- Espátula metálica.

3.5.2 Materiais

- Areia;

- Água;
- Cimento;
- Resíduo de quartzito;
- Óleo desmoldante.

3.5.3 Execução do ensaio

A argamassa foi preparada conforme já descrito no item 3.3.4, os moldes foram previamente untados com uma fina camada de óleo. A argamassa foi adicionada na forma com auxílio de espátula em quatro camadas com alturas aproximadamente iguais e cada camada recebeu 30 golpes com soquete de maneira uniforme e distribuídos homogeneamente. Após os moldes estarem preenchidos, foi realizado o rasamento com régua metálica e movimentos de vaivém.

Os corpos de prova permaneceram nos moldes por 24 horas, logo após foram desenhados e levados para câmara úmida onde permaneceram por 28 dias. Após esse tempo, os corpos de prova foram colocados na máquina de ensaio de compressão.

3.5.4 Quantidade de materiais utilizados

3.5.4.1 Traço convencional

- 600g de cimento;
- 1800g de areia;
- 540g de água.

3.5.4.2 Traço utilizando 25% de resíduo de quartzito

- 600g de cimento;
- 1000g de areia;
- 500g de resíduo de quartzito;
- 560g de água.

3.5.4.3 Traço utilizando 50% de resíduo de quartzito

- 600g de cimento;
- 900g de areia;
- 900g de resíduo de quartzito;
- 575g de água.

3.5.4.4 Traço utilizando 75% de resíduo de quartzito

- 600g de cimento;
- 450g de areia;
- 1350g de resíduo de quartzito;
- 685g de água.

3.5.4.5 Traço utilizando 100% de resíduo de quartzito

- 600g de cimento;
- 1800g de resíduo de quartzito;
- 795g de água.

3.5.4.6 Traço utilizando 10% de resíduo de quartzito com aditivo plastificante

- 600g de cimento;
- 1620g de areia;
- 180g de resíduo de quartzito;
- 540g de água;
- 1,2 mL de aditivo plastificante.

3.5.4.7 Traço utilizando 20% de resíduo de quartzito com aditivo plastificante

- 600g de cimento;
- 1440g de areia;
- 360g de resíduo de quartzito;

- 550g de água;
- 1,2 mL de aditivo plastificante.

3.5.4.8 Traço utilizando 50% de resíduo de quartzito com aditivo plastificante

- 600g de cimento;
- 900g de areia;
- 900g de resíduo de quartzito;
- 560g de água;
- 1,2 mL de aditivo plastificante.

3.6 REVESTIMENTO DE PAREDES DE ARGAMASSAS INORGÂNICAS- DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO

Também conhecido como “ensaio de arrancamento”, o ensaio de determinação da resistência de aderência à tração é regulamentado pela NBR 13528 (ABNT, 2010).

3.6.1 Aparelhagem

- Dinamômetro de tração;
- Serra copo (dispositivo de corte);
- Pastilha metálica;
- Cola à base de resina epóxi;
- Régua;
- Espátula.

3.6.2 Execução do ensaio

O ensaio foi realizado com o revestimento com idade de 28 dias, conforme determinado pela NBR 13528, a argamassa foi dosada de maneira a alcançar a trabalhabilidade desejada utilizando 25%, 50%, 75%,100%, de adição de resíduo de quartzito e também com 10%, 20% e 50% de adição de resíduo de quartzito em conjunto com aditivo plastificante em paredes construídas com blocos cerâmicos Os corpos de prova utilizados possuíam o mesmo

tipo, idade, forma de aplicação, preparo do substrato e o tipo de argamassa variou conforme o estudo e foram distribuídos nas paredes aleatoriamente, em blocos e juntas.

O corte do revestimento foi realizado com serra copo diamantada de 50mm e com utilização de água, pois o corte a seco estava muito difícil de ser executado, após o corte foi necessário aguardar a secagem para a colar da pastilha, a fim de que a umidade não interferisse no processo. Antes da colagem das pastilhas, a superfície do corpo de prova foi limpa para retirar as partículas soltas, a superfície da pastilha também estava limpa.

A cola foi preparada conforme instruções do fabricante e aplicada com espátula, de maneira homogênea sobre a pastilha metálica que foi colocada sobre o revestimento de forma centralizada para que esforços excêntricos sejam evitados. A pastilha foi pressionada para garantir que a cola seja totalmente espalhada e o excesso removido com o auxílio da espátula, após a aplicação, foi necessário aguardar 24 horas para a secagem, conforme informado pelo fabricante.

O esforço de tração foi aplicado perpendicularmente ao corpo de prova através do equipamento, conforme figura 11. As cargas em Newtons obtidas em cada corpo de prova ensaiado foram registradas.

Figura 11- Dinamômetro de tração



Fonte: Próprios autores (2019)

3.6.3 Quantidade de materiais utilizados

3.6.3.1 Traço convencional

- 13 kg de areia;
- 4,3 kg de cimento;
- 4 L de água.

3.6.3.2 Traço utilizando 25% de resíduo de quartzito

- 9,75 kg de areia;

- 3,25 kg de resíduo de quartzito
- 4,3 kg de cimento;
- 4,5 L de água.

3.6.3.3 Traço utilizando 50% de resíduo de quartzito

- 6,5 kg de areia;
- 6,5 kg de resíduo de quartzito
- 4,3kg de cimento;
- 5 L de água.

3.6.3.4 Traço utilizando 75% de resíduo de quartzito

- 3,25 kg de areia;
- 9,75 kg de resíduo de quartzito
- 4,3kg de cimento;
- 5,55 L de água

3.6.3.5 Traço utilizando 100% de resíduo de quartzito

- 13 kg de resíduo de quartzito
- 4,3kg de cimento;
- 7 L de água

3.6.3.6 Traço utilizando 10% de resíduo de quartzito com aditivo plastificante

- 11,7 kg de areia;
- 1,3 kg de resíduo de quartzito
- 4,3kg de cimento;
- 2,7 L de água;
- 8,6 mL de aditivo plastificante.

3.6.3.7 Traço utilizando 20% de resíduo de quartzito com aditivo plastificante

- 10,4 kg de areia;
- 2,6 kg de resíduo de quartzito
- 4,3kg de cimento;
- 3,5 L de água;
- 8,6 mL de aditivo plastificante.

3.6.3.8 Traço utilizando 50% de resíduo de quartzito com aditivo plastificante

- 6,5 kg de areia;
- 6,5 kg de resíduo de quartzito
- 4,3kg de cimento;
- 4,75 L de água;
- 8,6 mL de aditivo plastificante.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os objetivos do estudo podem ser alcançados por meio da análise dos resultados dos ensaios realizados no procedimento experimental. Tais resultados, tanto para os materiais como para as argamassas são apresentados a seguir.

4.1 DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA

Com os ensaios de caracterização realizados com as amostras de areia e de quartzito, foram obtidos o peso retido em cada peneira, a partir dos quais foram calculados os resultados mostrados nas tabelas 2 e 3:

Tabela 2- Análise granulométrica da areia

Análise granulométrica da areia				
Peneiras		Determinação		
Nº	mm	Peso retido (g)	Porcentagem retida (%)	Porcentagem Retida Acumulada (%)
4	4,75	5,2	1,04	1,04
8	2,36	10,2	2,05	3,09
16	1,18	27,6	5,53	8,62
30	0,6	56	11,23	19,85
50	0,3	189,7	38,04	57,89
100	0,15	158,7	31,82	89,71
Fundo	<0,15	51,3	10,29	100,00
Total		498,7	100,00	

Fonte: Próprios autores (2019)

Tabela 3- Análise granulométrica do resíduo de quartzito

Análise granulométrica do quartzito				
Peneiras		Determinação		
Nº	mm	Peso retido (g)	Porcentagem retida (%)	Porcentagem Retida Acumulada (%)
4	4,75	20	4,01	4,01
8	2,36	40	8,02	12,02
16	1,18	17	3,41	15,43
30	0,6	12	2,40	17,84
50	0,3	60	12,02	29,86
100	0,15	100	20,04	49,90
Fundo	<0,15	250	50,10	100,00
Total		499	100,00	

Fonte: Próprios autores (2019)

Com a análise granulométrica apresentada podemos determinar a dimensão máxima característica (DMC) que corresponde à abertura da malha da peneira (em mm) na qual a

amostra apresenta uma porcentagem retida acumulada igual ou imediatamente inferior a 5% da massa. Também é possível calcular o módulo de finura, que é obtido através da soma das porcentagens retidas acumuladas com exceção do fundo, o total dessa soma é dividido por 100. Os valores encontrados de DMC e do módulo de finura para as amostras utilizadas podem ser observados na tabela 4, e a partir da mesma pode-se analisar que o quartzito apresenta grãos com menores dimensões que a areia.

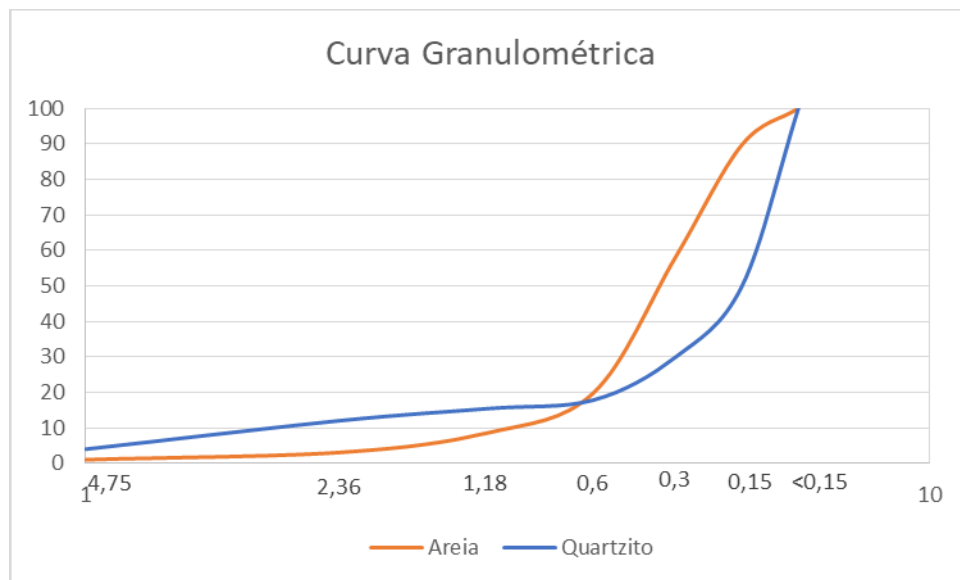
Tabela 4- Resultados da Análise granulométrica

Resultados da Análise granulométrica		
Agregados	DMC (mm)	Módulo de finura
Areia	4,75	1,8
Quartzito	2,36	1,29

Fonte: Próprios autores (2019)

A partir da análise granulométrica também é obtida a curva granulométrica que em forma de gráfico apresenta uma linha contínua que une os pontos que representam os resultados da análise granulométrica e, por meio desta, podemos apreciar rapidamente a granulometria do agregado e as deficiências existentes em certas frações granulométricas.

Figura 12- Curva Granulométrica



Fonte: Próprios autores (2019)

4.2 DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE CONSISTÊNCIA

Após a realização do ensaio, foram registradas três medidas de diâmetro em cada traço da argamassa, conforme determinado pela NBR 13276, com esses dados foram calculados os índices de consistência da argamassa, que é a média das três medidas do diâmetro. Para o traço utilizando 75% de resíduo de quartzito, não houve espalhamento da argamassa sobre a mesa, conforme pode-se observar na figura 13.

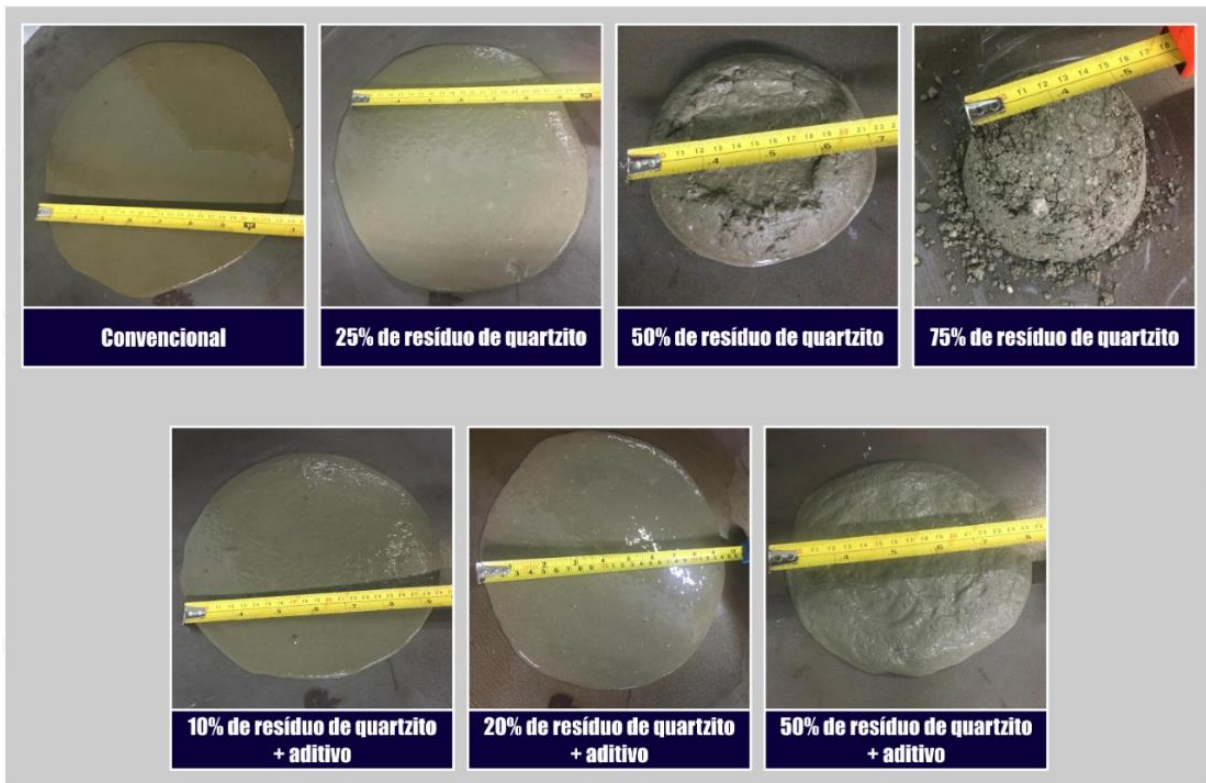
Figura 13- Argamassa preparada com 75% de resíduo de quartzito após ensaio de índice de consistência



Fonte: Próprios autores (2019)

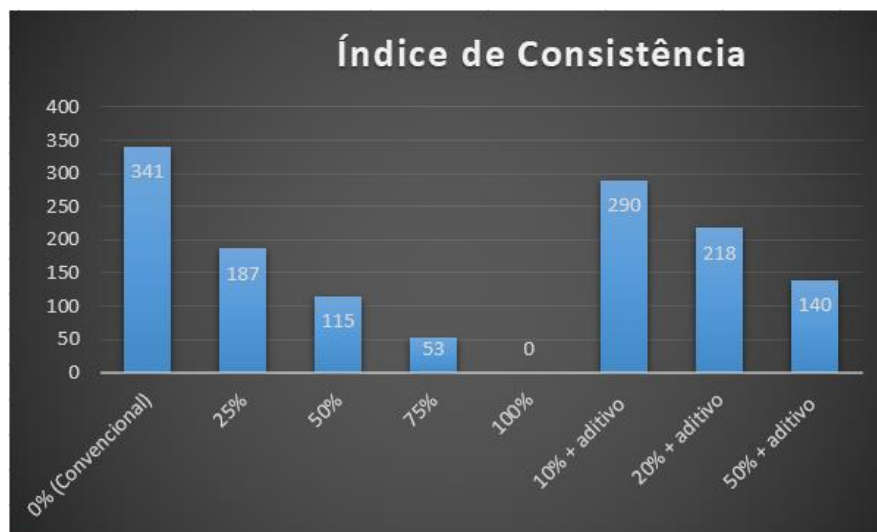
A argamassa utilizando 100% de resíduo de quartzito não foi realizada por possuir trabalhabilidade inferior à de 75% que já não foi adequada para realização do ensaio. Os resultados estão representados na figura 14, na qual podemos comparar visualmente o índice de consistência entre as argamassas preparadas.

Figura 14- Argamassas após o ensaio de determinação do índice de consistência



Fonte: Próprios autores (2019)

Figura 15- Resultado do ensaio de índice de consistência



Fonte: Próprios autores (2019)

Conforme o gráfico apresentado na figura 15, pode-se observar que o índice de consistência é maior na argamassa convencional, diminui à medida que a quantidade de resíduo de quartzo aumenta e que o uso de aditivo plastificante contribui para o aumento do índice.

4.3 DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Através do ensaio de determinação da resistência à compressão são calculados a resistência individual, resistência média e o desvio relativo médio. A resistência individual é obtida através da divisão da carga de ruptura pela área da seção do corpo de prova e a resistência média é calculada pela divisão das resistências individuais pela quantidade de corpos de prova de mesma composição e idade ensaiados, (neste caso 4 corpos de prova, conforme determina a NBR 7215). Para o cálculo do desvio relativo máximo é preciso identificar qual a resistência inicial que mais se afasta da resistência média, seja para mais ou para menos, para cada uma das argamassas ensaiadas, calculamos a diferença entre a resistência média e o valor encontrado e o resultado é multiplicado por 100. Os resultados são observados na tabela 5.

Tabela 5- Resultado do ensaio de resistência à compressão

Identificação do CP	Idade	Carga Ruptura (kgf)	Resistência individual	Resistência média	Desvio relativo máximo (%)
Convencional	28 dias	3.730	190,02	190,65	3,94
	28 dias	3.700	188,49		
	28 dias	3.890	198,17		
	28 dias	3.650	185,94		
25% de adição	28 dias	2.790	142,13	143,79	8,41
	28 dias	3.060	155,88		
	28 dias	2.810	143,15		
	28 dias	2.630	133,98		
50% de adição	28 dias	3.650	185,94	193,71	4,01
	28 dias	3.870	197,15		
	28 dias	3.740	190,52		
	28 dias	3.950	201,22		
75% de adição	28 dias	2.980	151,81	152,70	5,92
	28 dias	2.820	143,66		
	28 dias	3.050	155,37		
	28 dias	3.140	159,96		
100% de adição	28 dias	2.400	122,26	122,39	3,43
	28 dias	2.440	124,30		
	28 dias	2.320	118,19		
	28 dias	2.450	124,81		

Fonte: Próprios autores (2019)

A resistência não ocorreu de maneira uniforme de acordo com as proporções de resíduo utilizadas. Na preparação da argamassa, algumas partículas de quartzito não se misturaram uniformemente e no momento do rompimento dos corpos de prova foi possível observar que nos locais em que ocorreram o rompimento as partículas estavam aparentes, o que pode ter influenciado nos resultados do ensaio.

4.4 DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À TRAÇÃO

Após a realização do ensaio para obtenção dos dados foi calculada a resistência de aderência à tração (R_a), que é o resultado da divisão da força de ruptura (N) pela área do corpo de prova (mm), os resultados estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6-Resistência de aderência dos corpos de prova ensaiados.

Identificação	A (mm)	F (N)	R_a	R_a médio
Convencional	1288,25	106	0,08	
Convencional	1320,25	144	0,11	0,10
Convencional	1225,42	122	0,10	
25% de resíduo de quartzito	1288,25	175	0,14	
25% de resíduo de quartzito	1288,25	127	0,10	0,09
25% de resíduo de quartzito	1194,59	56	0,05	
50% de resíduo de quartzito	1256,64	103	0,08	
50% de resíduo de quartzito	1256,64	56	0,04	0,08
50% de resíduo de quartzito	1134,11	116	0,10	
75% de resíduo de quartzito	1134,11	107	0,09	
75% de resíduo de quartzito	1225,42	157	0,13	0,11
75% de resíduo de quartzito	1288,25	120	0,09	
10% de resíduo + aditivo	1134,11	61	0,05	
10% de resíduo + aditivo	1075,21	64	0,06	0,06
10% de resíduo + aditivo	1104,47	62	0,06	
20% de resíduo + aditivo	1134,11	157	0,14	
20% de resíduo + aditivo	1104,47	80	0,07	0,09
20% de resíduo + aditivo	1075,21	70	0,07	
50% de resíduo + aditivo	1288,25	106	0,08	
50% de resíduo + aditivo	1418,63	160	0,11	0,09
50% de resíduo + aditivo	1385,44	114	0,08	

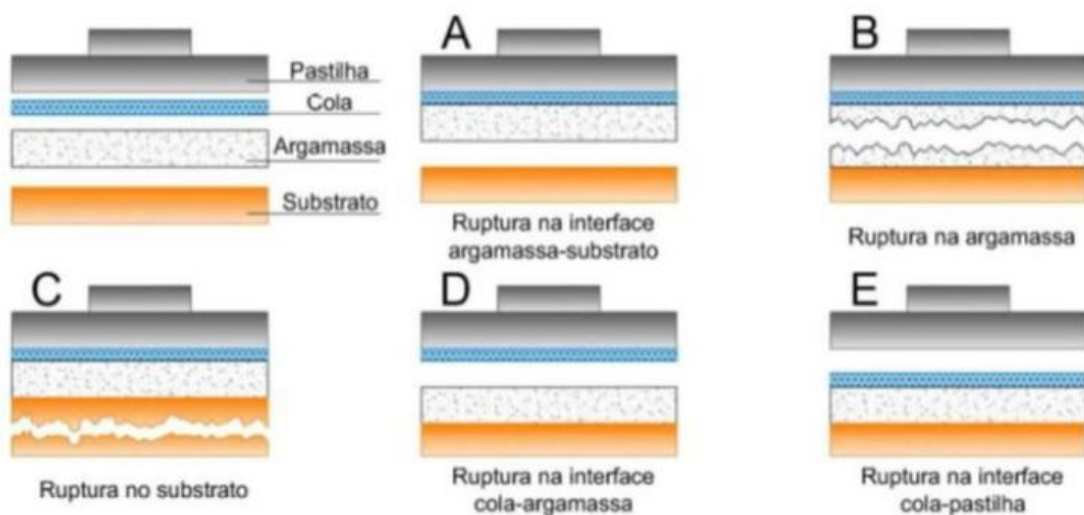
Fonte: Próprios autores (2019)

Outro resultado que precisa ser informado é a forma com a qual os corpos de prova se rompem, indicando a porcentagem de ocorrência juntamente com o valor de resistência de

aderência. A figura 16, representa as possíveis formas de ruptura para revestimentos sem chapisco e a figura 17 mostra como os corpos de prova ensaiados romperam na seguinte ordem (da direita para esquerda e de cima para baixo): convencional, 25%, 50%, 75% de resíduo e 10%, 20% e 50% de resíduo e uso de aditivo plastificante. Não foi possível realizar o ensaio na parede rebocada com argamassa utilizando 100% de resíduo de quartzito, pois no momento do corte houve deslocamento, conforme figura 18.

Caso a ruptura ocorra na interface argamassa/substrato (conforme exemplo A, da figura 16) é considerado o valor de resistência de aderência à tração igual ao obtido no ensaio. Quando a ruptura se dá na interface cola/pastilha (exemplo E da figura 16) aponta algum tipo de imperfeição na colagem, então despreza-se o resultado. Para as demais rupturas apresentadas na figuras, a resistência de aderência não foi definida e é superior ao valor obtido no ensaio, devendo ser apresentada como o valor alcançado no ensaio, precedido do sinal “maior que” (>). Quando um mesmo corpo de prova apresenta variados tipos de ruptura, devem ser anotadas as áreas aproximadas em cada um dos tipos.

Figura 16- Tipos de ruptura no ensaio de resistência de aderência à tração de revestimentos de argamassa, considerando o revestimento aplicado diretamente ao substrato (sem chapisco)



Fonte: (CARASEK, 2010).

Figura 17- Corpos de prova do ensaio de resistência à tração



Fonte: Próprios autores (2019)

Figura 18- Deslocamento ocorrido na perfuração com serra copo



Fonte: Próprios autores (2019)

A NBR 13528 determina que devem ser apresentados nos resultados do ensaio: tipo de substrato utilizado, características dos equipamentos de tração e de corte que foram utilizados. Dados como identificação do tipo de substrato e argamassa de revestimento, processo de aplicação da argamassa, idade do revestimento no momento de execução do ensaio, composição e proporção da argamassa (caso seja preparado em obra), também devem ser indicados nos relatórios. Essas informações estão apresentadas na Tabela 7.

Tabela 7- Ensaio de resistência de aderência à tração

1. Informações do sistema de revestimento									
Tipo de substrato: Bloco cerâmico			Chapisco: Não			Idade do revestimento: 28 dias			
Argamassa: Mista de cimento, areia e resíduo de quartzito					Tipo de aplicação da argamassa: Manual				
2. Informações da metodologia de ensaio									
Equipamento de corte					Dinamômetro de tração				
Marca: HTOM		Modelo: 39377			Marca: Dinateste		Modelo: 822 AA		
Cola utilizada: Adesivo epóxi de média fluidez com alto desempenho									
3. Coleta de dados									
Identificação	Corpo de prova				Local do ensaio		Forma de ruptura		
	d1	d2	dm	Área (mm)	Bloco	Junta	Substrato	Argamassa	Arg/ Sub
Convencional	40	41	40,5	1288,25		X			X
Convencional	41	41	41	1320,25	X				X
Convencional	39	40	39,5	1225,42	X				X
25% de resíduo de quartzito	40	41	40,5	1288,25		X	X		
25% de resíduo de quartzito	41	40	40,5	1288,25	X		X		
25% de resíduo de quartzito	38	40	39	1194,59	X				X
50% de resíduo de quartzito	40	40	40	1256,64	X			X	
50% de resíduo de quartzito	39	41	40	1256,64		X			X
50% de resíduo de quartzito	37	39	38	1134,11	X				X
75% de resíduo de quartzito	37	39	38	1134,11		X			X
75% de resíduo de quartzito	39	40	39,5	1225,42	X			X	
75% de resíduo de quartzito	40	41	40,5	1288,25	X			X	
10% de resíduo + aditivo	39	37	38	1134,11	X				X
10% de resíduo + aditivo	37	37	37	1075,21	X				X
10% de resíduo + aditivo	38	37	37,5	1104,47		X		X	
20% de resíduo + aditivo	39	37	38	1134,11		X			X
20% de resíduo + aditivo	37	38	37,5	1104,47		X			X
20% de resíduo + aditivo	38	36	37	1075,21	X				X
50% de resíduo + aditivo	41	40	40,5	1288,25		X		X	
50% de resíduo + aditivo	43	42	42,5	1418,63	X			X	
50% de resíduo + aditivo	42	42	42	1385,44	X			X	

Fonte: Próprios autores (2019)

4.5 ASPECTOS TÁCTEIS-VISUAIS

No momento de preparação da argamassa, foi necessária uma quantidade superior de água para alcançar a trabalhabilidade a medida que a quantidade de resíduo de quartzito foi aumentada, nas argamassas em que foi utilizado o aditivo plastificante, foi utilizado menos água como consequência da ação do produto, como pode-se observar na Tabela 8.

Tabela 8- % de adição de resíduo de quartzito x Quantidade de água utilizada

% de adição de resíduo de quartzito	Quantidade de água utilizada
0% (Convencional)	4 litros
25%	4,5 litros
50%	5 litros
75%	5,55 litros
100%	7 litros
10 % + aditivo plastificante	2,7 litros
20% + aditivo plastificante	3,5 litros
50% + aditivo plastificante	4,75 litros

Fonte: Próprios autores (2019)

Também foi relatado pelo operário que ao aumentar a quantidade de resíduo do quartzito, a aplicação ficou mais trabalhosa. Nas argamassas preparadas com o uso do aditivo plastificante, a trabalhabilidade foi preservada.

Visualmente, foi possível perceber que quanto maior a quantidade de resíduo de quartzito adicionada, mais rápido aconteceu a secagem. Para as argamassas preparadas com aditivo, a secagem aconteceu da forma habitual.

Em decorrência da secagem rápida, foi notado uma quantidade superior de fissuras nas paredes rebocadas com as argamassas preparadas com adição de resíduo, a quantidade de fissuras aumentou conforme a porcentagem de resíduos. Nas paredes que foram rebocadas com a argamassa nas porcentagens de 10% e 20% de resíduo utilizando aditivo plastificante, as fissuras foram praticamente nulas, na porcentagem de 50% ocorreram fissuras porém em quantidade inferior ao mesmo traço sem o uso de aditivo, conforme pode-se observar na figura 19.

Tais resultados podem ser observados pois o resíduo do quartzito é um pó muito fino, e por essa razão necessita de mais água de amassamento, o que reduz a resistência mecânica e provoca uma retração mais acentuada na argamassa. As argamassas preparadas com o uso de aditivo plastificante apresentam melhor resultado pois o aditivo reduz a perda de água de maneira abrupta minimizando o risco de fissuras.

Figura 19- Aspectos visuais do revestimento com 28 dias



Fonte: Próprios autores (2019)

4.6 ANÁLISE DE CUSTOS

Foi realizada uma análise comparativa dos custos da argamassa convencional em relação a argamassa com diferentes proporções de quartzito, para verificar se seria viável nesse quesito. A comparação pode ser observada nas tabelas 9 a 16, os valores unitários adotados são referentes ao mês de setembro de 2019, conforme as tabelas do SINAP, o valor unitário da água segue a tabela de valores para residências de 2019 da SANEAGO, e o quartzito não apresenta valor visto que é um resíduo descartado pelas pedreiras.

Tabela 9- Custos da argamassa convencional

Quantidades usadas para argamassa				
Itens	Unidade	Argamassa convencional		
		Qtd	Valor Unit.	Valor total
Água	m ³	0,004 m ³	R\$ 6,36	R\$ 0,03
Areia	m ³	0,013	R\$ 86,50	R\$ 1,12
Cimento	kg	4,3	R\$ 0,42	R\$ 1,81
Quartzito	kg	0	R\$ -	R\$ -
Aditivo	litros	0	R\$ 8,39	R\$ -
Totais			R\$2,96	

Fonte: Próprios autores (2019)

Tabela 10- Custos da argamassa com 25% de quartzito

Quantidades usadas para argamassa				
Itens	Unidade	Argamassa com 25% de quartzito		
		Qtd	Valor Unit.	Valor total
Água	m ³	0,005 m ³	R\$ 6,36	R\$ 0,03
Areia	m ³	0,00975	R\$ 86,50	R\$ 0,84
Cimento	kg	4,3	R\$ 0,42	R\$ 1,81
Quartzito	kg	3,25	R\$ -	R\$ -
Aditivo	litros	0	R\$ 8,39	R\$ -
Totais		R\$2,68		

Fonte: Próprios autores (2019)

Tabela 11- Custos da argamassa com 50% de quartzito

Quantidades usadas para argamassa				
Itens	Unidade	Argamassa com 50% de quartzito		
		Qtd	Valor Unit.	Valor total
Água	m ³	0,005 m ³	R\$ 6,36	R\$ 0,03
Areia	m ³	0,0065	R\$ 86,50	R\$ 0,56
Cimento	kg	4,3	R\$ 0,42	R\$ 1,81
Quartzito	kg	6,5	R\$ -	R\$ -
Aditivo	litros	0	R\$ 8,39	R\$ -
Totais		R\$2,40		

Fonte: Próprios autores (2019)

Tabela 12- Custos da argamassa com 75% de quartzito

Quantidades usadas para argamassa				
Itens	Unidade	Argamassa com 75% de quartzito		
		Qtd	Valor Unit.	Valor total
Água	m ³	0,006 m ³	R\$ 6,36	R\$ 0,04
Areia	m ³	0,00325	R\$ 86,50	R\$ 0,28
Cimento	kg	4,3	R\$ 0,42	R\$ 1,81
Quartzito	kg	9,75	R\$ -	R\$ -
Aditivo	litros	0	R\$ 8,39	R\$ -
Totais		R\$2,12		

Fonte: Próprios autores (2019)

Tabela 13- Custos da argamassa com 100% de quartzito

Quantidades usadas para argamassa				
Itens	Unidade	Argamassa com 100% de quartzito		
		Qtd	Valor Unit.	Valor total
Água	m ³	0,007 m ³	R\$ 6,36	R\$ 0,04
Areia	m ³	0	R\$ 86,50	R\$ -
Cimento	kg	4,3	R\$ 0,42	R\$ 1,81
Quartzito	kg	13	R\$ -	R\$ -
Aditivo	litros	0	R\$ 8,39	R\$ -
Totais		R\$1,85		

Fonte: Próprios autores (2019)

Tabela 14- Custos da argamassa com 10% de quartzito mais aditivo

Quantidades usadas para argamassa				
Itens	Unidade	10% de quartzito mais aditivo		
		Qtd	Valor Unit.	Valor total
Água	m ³	0,003 m ³	R\$ 6,36	R\$ 0,02
Areia	m ³	0,0117	R\$ 86,50	R\$ 1,01
Cimento	kg	4,3	R\$ 0,42	R\$ 1,81
Quartzito	kg	1,3	R\$ -	R\$ -
Aditivo	litros	0,0086	R\$ 8,39	R\$ 0,07
Totais		R\$2,91		

Fonte: Próprios autores (2019)

Tabela 15- Custos da argamassa com 20% de quartzito mais aditivo

Quantidades usadas para argamassa				
Itens	Unidade	20% de quartzito mais aditivo		
		Qtd	Valor Unit.	Valor total
Água	m ³	0,004 m ³	R\$ 6,36	R\$ 0,02
Areia	m ³	0,0104	R\$ 86,50	R\$ 0,90
Cimento	kg	4,3	R\$ 0,42	R\$ 1,81
Quartzito	kg	2,6	R\$ -	R\$ -
Aditivo	litros	0,0086	R\$ 8,39	R\$ 0,07
Totais		R\$2,80		

Fonte: Próprios autores (2019)

Tabela 16- Custos da argamassa com 50% de quartzito mais aditivo

Quantidades usadas para argamassa				
Itens	Unidade	50% de quartzito mais aditivo		
		Qtd	Valor Unit.	Valor total
Água	m ³	0,005 m ³	R\$ 6,36	R\$ 0,03
Areia	m ³	0,0065	R\$ 86,50	R\$ 0,56
Cimento	kg	4,3	R\$ 0,42	R\$ 1,81
Quartzito	kg	6,5	R\$ -	R\$ -
Aditivo	litros	0,0086	R\$ 8,39	R\$ 0,07
Totais		R\$2,47		

Fonte: Próprios autores (2019)

Os cálculos foram realizados para a quantidade de argamassa desenvolvida para rebocar uma parede de 1,00 m por 1,20 m, mas já permite observar que há uma redução nos custos, mesmo que pequena, e até mesmo com a adição de plastificantes a argamassa com quartzito se torna mais viável se tratando de custos. Além da parte financeira, podemos ressaltar que o emprego do quartzito resulta em uma redução do descarte dos resíduos no meio ambiente.

A tabela 17 apresenta uma comparação entre os valores das argamassas estudadas em metros cúbicos, que é a medida mais usual para argamassas.

Tabela 17- Custos da argamassa em metros cúbicos

Custos da argamassa em metros cúbicos							
Traço convencional	25% de quartzito	50% de quartzito	75% de quartzito	100% de quartzito	10% de quartzito + aditivo	20% de quartzito + aditivo	50% de quartzito + aditivo
R\$ 82,20	R\$ 74,45	R\$ 66,70	R\$ 58,90	R\$ 51,40	R\$ 80,80	R\$ 77,80	R\$ 68,65

Fonte: Próprios autores (2019)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A argamassa de reboco convencional constituída de cimento, areia e água é um material amplamente usado e importante nas construções civis, portanto é necessário que a mesma possua as características básicas para um bom desempenho quando aplicada, um exemplo é a trabalhabilidade, que garante um bom manuseio e aplicação do material.

Juntamente com os fatos da grande quantidade e importância da argamassa usada nas obras, temos o consumo de materiais que compõem a mesma, o que interfere tanto no custo como também no meio ambiente. A areia por exemplo além de custos com a extração e transporte, a longo prazo causa a degradação dos rios de onde são retiradas e em algumas regiões o material não é encontrado em quantidades suficientes.

Tratando ainda da degradação do meio ambiente, outros ramos da construção civil causam muitos impactos, como a extração do quartzito. Um material abundante, extraído em pedreiras em cidades como Pirinópolis estado de Goiás. A extração e processamento do quartzito gera um grande quantidade de resíduos, sendo maior que a quantidade aproveitada. Tais resíduos são depositados no meio ambiente e causam o assoreamento dos corpos d'água, além de impedir o crescimento da vegetação nativa, entre outros danos.

Analisando a situação, o estudo realizado uniu os dois fatores, argamassa de reboco e resíduos de quartzito, para analisar os resultados e verificar se seria viável em certos quesitos substituir em parcelas a areia por quartzito na composição da argamassa.

Os primeiros ensaios realizados foram de caracterização, nos quais foram obtidos dados que levam a conclusão que, os resíduos do quartzito após seu processamento são finos, apresentando módulo de finura inferior ao da areia classificada como fina. Apresentam ainda uma pequena irregularidade dos grãos, visto que são descartados de qualquer forma alguns resíduos classificados como graúdos se misturam, mas os mesmos podem ser retirados manualmente.

Realizados os ensaios com os traços de argamassa diferentes proporções dos resíduos, analisamos que a substituição da areia pelo quartzito diminuía o tempo de pega e tornava a argamassa menos trabalhável, além de aumentar sua consistência consideravelmente de acordo com que a quantidade de quartzito era aumentada, como já citado são características essenciais para o bom desempenho da argamassa.

Observando que o quartzito diminuía o tempo de pega, foram adotados três novos traços que não constavam nos objetivos do estudo a princípio, o quartzito substituindo a areia em 10% 20% e 50% porém nesses traços foram adicionados aditivos plastificantes, com o intuito

de aumentar o tempo de pega. Comparando os novos traços com os anteriores através dos resultados dos ensaios, observou-se que a menor proporção de quartzito ainda é mais viável, mas a adição do plastificante interferiu consideravelmente, conservando a trabalhabilidade e tempo de pega até mesmo do traço com 50% de quartzito.

Ao verificar os aspectos tácteis-visuais da argamassa com os traços em estudo aplicada como reboco, foi possível notar um aumento nas fissuras e um clareamento no reboco também de acordo com o aumento da quantidade de quartzito. Nos traços com aditivo as fissuras foram reduzidas consideravelmente. Assim observamos que o quartzito interferiu em mais uma característica essencial da argamassa, a retração.

No ensaio de aderência o emprego do quartzito fez com que a argamassa apresentasse um melhor desempenho, no traço com 75% de resíduo a argamassa apresentou um resultado superior ao traço convencional.

Analisando todos os resultados podemos concluir que o uso do quartzito interfere em características fundamentais da argamassa, mostrando nos ensaios realizados ser superior apenas quanto a aderência, sendo assim quanto ao quesito técnico a melhor opção seria o uso de aditivos plastificantes e/ou retardadores de pega. Mas, quanto aos traços estudados os com quartzito ainda mostraram características inferiores se tratando de trabalhabilidade, compressão, e retração comparados a argamassa convencional.

Quanto aos custos, a argamassa com quartzito mesmo com adição de plastificante, tem valores menores. Assim, se for viável o emprego das mesmas no quesito técnico, quanto aos custos o quartzito é uma melhor opção pois além de menores custos, será um resíduo a menos depositado no meio ambiente.

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para o prosseguimento desta pesquisa sugere-se o estudo destas argamassas com o uso de aditivo plastificante, visando melhorar sua plasticidade, e de aditivo retardador de pega nos traços em que os mesmos não foram empregados e/ou de materiais apropriados para combater a fissuração, além de outras proporções de quartzito.

Pode-se também empregar o quartzito na argamassa de assentamento ou outros tipos de argamassa, já que o campo de aplicação das argamassas na construção civil é amplo, além de verificar sua utilização em pisos do tipo granitina

REFERÊNCIAS

AGOPYAN, Vahan; JONH, Vanderley M. **O Desafio da Sustentabilidade na Construção Civil**. São Paulo: Blucher, 2011. 6 v. (Volume 5).

ALECRIM, Adson Viana. **Estudo do resíduo do quartzito foliado para emprego em estruturas de pavimentos**. 2009. 172 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Transportes, Departamento de Engenharia de Transportes, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3138/tde-08092010-124250/pt-br.php>>. Acesso em: 27 maio 2019

ALECRIM, Adson Viana et al. Estudo do Resíduo de Quartzito para Emprego em sub-base e base de Pavimentos. **Reunião de Pavimentação Urbana**, Belo Horizonte, v. [], n. [], p.2-12, 28 abr. 2009. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3138/tde-08092010-124250/en.php>>. Acesso em: 27 maio 2019.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 27**: Agregados - Redução da amostra de campo para ensaios de laboratório. Rio de Janeiro: Abnt, 2001. 7 p.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211**: Agregados para concreto - Especificação. Rio de Janeiro: Abnt, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7221**: Agregado — Índice de desempenho de agregado miúdo contendo impurezas orgânicas — Método de ensaio. Rio de Janeiro: Abnt, 2012. 4 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 52**: Agregado miúdo - Determinação de massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro: Abnt, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 51**: Agregado graúdo - Ensaio de abrasão "Los Angeles". Rio de Janeiro: Abnt, 2000

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9935**: Agregados – Terminologia. Rio de Janeiro: Abnt, 2011. 12 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7218**: Agregados - Determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis. Rio de Janeiro: Abnt, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13276**: Argamassa de assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro: Abnt, 2016. 2 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13279**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro: Abnt, 2005. 9 p

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13528**: Revestimentos de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Determinação da resistência de aderência à tração. Rio de Janeiro: Abnt, 2010. 11 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13278**: Argamassa de assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado. Rio de Janeiro: Abnt, 2005. 8 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13749**: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Especificação. Rio de Janeiro: Abnt, 2013. 8 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9778**: Argamassa e Concreto Endurecidos - Determinação da Absorção de Água Por Imersão - Índice de Vazios e Massa Específica. Rio de Janeiro: Abnt, 2009. 4 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16541**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura para a realização de ensaios. Rio de Janeiro: Abnt, 2016. 2 p.

BATTAGIN, Arnaldo Forti; BATTAGIN, Inês Laranjeira da Silva. O Cimento Portland no Brasil. In: ISAIA, Geraldo Cechella. **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. 2. ed. São Paulo: Ibracon, 2010. Cap. 24. p. 761-790.

BAUER, L. A. Falcão. **Materiais de Construção**. 5. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2012. 488 p.

BAVARESCO, Carlos Roberto. **Utilização de entulho reciclado para produção de argamassas**. 2001. 108 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001. Disponível em: <<https://core.ac.uk/download/pdf/30360651.pdf>>. Acesso em: 05 jun. 2019.

CARASEK, Helena; Argamassas In: ISAIA, Geraldo Cechella. **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. 2. ed. São Paulo: Ibracon, 2010.

CARASEK, H.; CASCUDO, O.; SCARTEZINI, L. M.. Importancia dos materiais na aderencia dos revestimentos de argamassa. In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 4., 2001, Brasília. Anais ... Brasília: PECC/ANTAC, 2001. p. 43-67.

CINCOTTO, M. A.; SILVA, M. A. C.; CASCUDO, H. C. **Argamassa de revestimento: Características, propriedades e método de ensaio**. São Paulo: Boletim 68, IPT- Instituto de Pesquisas Tecnológicas S/A, 1995. 118 p.

CINCOTTO, Maria Alba; QUARCIONE, Valdecir Ângelo; JOHN, Vanderley Moacyr. Cal na Construção Civil. In: ISAIA, Geraldo Cechella. **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. 2. ed. São Paulo: Ibracon, 2010. Cap. 22. p. 696-726.

COUTINHO, Sandra Moscon; PRETTI, Soraya Mattos; TRISTÃO, Fernando Avancini. Argamassa preparada em obra x argamassa industrializada para assentamento de blocos de vedação: Análise do uso em Vitória-ES. Teoria e Prática na Engenharia Civil, Vitória, Es, v. 21, n. 4, p.41-48, maio 2013. Mensal. Disponível em: <http://www.editoradunas.com.br/revistatpec/Art4_N21.pdf>. Acesso em: 13 dez. 2019.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **ME 089**: Agregados - avaliação da durabilidade pelo emprego de soluções de sulfato de sódio ou de magnésio. [s.i.]: Dner, 1994. 6 p.

FALEIRO, Flávio Fernandes; LOPES, Luciana Maria. Aspectos da mineração e impactos da exploração de quartzito em Pirenópolis-Go. **Ateliê Geográfico**, Goiânia, v. 11, n. 4, p.148-162, ago. 2010. Disponível em: <<http://repositorio.bc.ufg.br/handle/ri/201>>. Acesso em: 28 maio 2019.

FARIAS, Márcio Muniz de; PALMEIRA, Ennio Marques. Agregados para a Construção Civil. In: ISAIAS, Geraldo Cechella. **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. 2. ed. São Paulo: Ibracon, 2010. Cap. 16. p. 483-514.

FRANCKLIN JUNIOR, Ivan. **Estudo tecnológico em rejeitos de quartzitos do sudoeste de Minas Gerais para utilização como agregado graúdo no concreto**. 2009. 132 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2009. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/14139/1/EstudoTecnologicoRejeitos.pdf>>. Acesso em: 05 jun. 2019.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GUIMARAES, J. E. P. **A Cal Fundamentos e aplicações na engenharia civil**. São Paulo. Editora Pini, 2001. 341 p.

ISHIKAWA, Paulo Hidemitsu. **Propriedades de Argamassas de Assentamento Produzidas com Areia Artificial para Alvenaria Estrutural**. 2003. 158 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Camoinas, Sp, 2003. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/258267/1/Ishikawa_PauloHidemitsu_M.pdf>. Acesso em: 27 maio 2019.

JOHN, Vanderley M.. Materiais de Construção e o Meio Ambiente. In: ISAIA, Geraldo Cechella. **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. 2. ed. São Paulo: Ibracon, . Cap. 4. p. 97-116.

MALAGONI, Marina Augusta; SCARTEZINI, Victor. **Análise dos resultados de resistência de aderência em revestimentos de argamassa**. 2013. 389 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2013. Disponível em: <https://www.eec.ufg.br/up/140/o/AN%C3%81LISE_DOS_RESULTADOS_DE_RESIST%C3%81NCIA_DE_ADER%C3%81NCIA_EM_REVESTIMENTOS_DE_ARGAMASSA.pdf>. Acesso em: 03 jun. 2019

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M.. **Concreto: Estrutura, Propriedades e Materiais**. São Paulo: Pini, 1994. 581 p.

MOIZINHO, Joel Carlos. **Caracterização e uso de agregados lateríticos do Distrito Federal e do Estado de Roraima em CBUQ**. 2007. 288 f. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado em Geotecnia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2007. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/1425/1/Tese_2007_JoelMoizinho.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2019.

NEVILLE, A. M.. **Propriedades do Concreto**. 2º. ed. São Paulo: Pini, 1997.

OLIVEIRA, Maria Luiza Lopes de. **Aproveitamento de resíduos minerais na formulação de argamassas para construção civil**. 2008. 163 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciência e Engenharia de Materiais, Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Rn, 2008. Disponível em: <<https://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/12711>>. Acesso em: 13 dez. 2019.

PETRUCCI, Eladio G. R.. **Materiais de Construção**. 4º. ed. Porto Alegre: Globo, 1979.

POWERS, M. C. **Comparasion chart for visual estimation of roundness**. Jour Sed. Pet. v. 23, p. 117-119, 1953.

RIBEIRO, Carmen Couto; PINTO, Joana Darc da Silva; STARLING, Tadeu. **Materiais de Construção Civil**. 2. ed. Belo Horizonte: Ufmg; Escola de Engenharia da Ufmg, 2002. 102 p.

ROSELLO, M. T. Valdehita. **Morteros de cemento para albañilería**. 1976. 55 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Instituto Eduardo Torroja de La Construcción y del Cemento, Madrid, 1976.

SABBATINI, F. H. **Agregados miudos para argamassas de assentamento**. In: SIMPOSIO NACIONAL DE AGREGADOS. 1. 1986 Sao Paulo. Anais ... Sao Paulo: Nucleo de Liga91io Industrial-EPUSP, 1986, p. 17-25.

SALLES, Carolina. **A construção civil e seu impacto no meio ambiente**. 2014. Disponível em: <<https://carollinasalle.jusbrasil.com.br>>. Acesso em: 10 mar. 2019.

SANTOS, Robson Arruda dos; LIRA, Belarmino Barbosa; RIBEIRO, Ana Carolina Marinho. Argamassa com substituição de agregado natural por resíduo de britagem de granito. **Revista Elettrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Patos, Pb, v. 8, n. 8, p.1818-1828, set./dez. 2012. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/index.php/reget/article/view/7238>>. Acesso em: 30 maio 2019.

SELMO, S.M.S.; NAKAKURA, E.H.; MIRANDA, L.F.R.; MEDEIROS, M.H.F.; SILVA, C.O. **Propriedades e Especificações de Argamassas Industrializadas de Múltiplo Uso**. São Paulo: EPUSP, 2002. (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/310). Disponível em: . Acesso em: 13 de jun. 2019.

SILVA, Bruna Mendes da; BELLEI, Poliana. **Substituição parcial e total do agregado miúdo utilizando resíduo de revestimento cerâmico na argamassa de revestimento.** 2018. v. 1, n. 1, p. 24 – 41. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Anais da Engenharia Civil [S.l.], 2018. Disponível em: <<https://uceff.edu.br/anais/index.php/ENGCVIL/article/view/163>>. Acesso em: 31 maio 2019.

SILVA, K. R.; CAMPOS, L. F. A.; SANTANA, L. N. L.. **Resíduo De Quartzito – Matéria-Prima Alternativa Para Ser Incorporada em Massas Utilizadas na Produção de Grés Porcelanato.** 2018. Revista Eletrônica de Materiais e Processos. Disponível em: <www.ufcg.edu.br>. Acesso em: 10 mar. 2019.

SINAPI – Índices da Construção Civil. Disponível em: <<http://www.caixa.gov.br/poder-publico/apoio-poder-publico/sinapi/Paginas/default.aspx>> . Acesso em 05 outubro de.2019.

UEMOTO, K.L. Patologia: danos causado por eflorescência. In: **Tecnologia de edificações.** São Paulo: Pini, 1988.p. 561-564

YAZIGI, Walid. **A técnica de edificar.** 11 ed. rev. e atual. São Paulo: Pini: Sinduscon, 2011.