

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

Gabriela Mendes Duarte

*Bacharelanda do Curso de Engenharia Civil da Universidade Evangélica de Goiás – UniEVANGÉLICA
(gabrielamendesduarte@hotmail.com)*

Núbia Cristina da Silva Santos

*Bacharelanda do Curso de Engenharia Civil da Universidade Evangélica de Goiás – UniEVANGÉLICA
(nubiacriss2011@hotmail.com)*

Ana Lúcia Carrijo Adorno

*Professora Doutora do Curso de Engenharia Civil da Universidade Evangélica de Goiás – UniEVANGÉLICA
(ana.carrijo@unievangelica.edu.br)*

João Silveira Belém Júnior

*Professor Mestre do Curso de Engenharia Civil da Universidade Evangélica de Goiás – UniEVANGÉLICA
(jjbelem@yahoo.com.br)*

RESUMO

O processo de extração da pedra do tipo quartzito produz uma elevada quantidade de resíduos que são depositados diretamente no meio ambiente, causando danos ao mesmo. Tendo em vista a necessidade que o setor da construção 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, foram 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.

1 INTRODUÇÃO

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 (SALLES, 2014). A produção para construção civil é responsável por extrair uma quantidade entre 40% e 75% dos recursos extraídos da natureza (JOHN, 2010). 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, 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).

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. Nesse trabalho será avaliado o uso desses resíduos como adição para argamassas de revestimentos, visando no quesito sustentável, diminuir o descarte de tais resíduos no meio ambiente (SILVA; CAMPOS; SANTANA, 2018). 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. O quartzito será usado substituindo o agregado miúdo em parcelas, mais um fator relacionado tanto ao custo como a sustentabilidade, uma vez que a extração de areia a longo prazo causa um grande impacto, além de em algumas regiões já não haver o material em quantidade suficiente, tornando necessário o aumento na distância do transporte (JOHN, 2010).

O estudo seguirá o método de pesquisa experimental, 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, em quatro quantidades diferentes, 25% , 50%, 75%, e 100%.

Consumados os ensaios, serão feitas as análises necessárias dos resultados para de forma geral analisar a viabilidade técnica e de custos da utilização de resíduos de pedras decorativas, do tipo quartzito, na produção de argamassa de reboco. E de forma específica realizar a caracterização dos resíduos de pedras decorativas, realizar a análise comparativa entre traços com diferentes proporções de resíduos e por fim verificar aspectos tácteis-visuais da argamassa de estudo, quando aplicada como revestimento.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 AGREGADOS

2.1.1 HISTÓRICO

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. 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.

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).

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

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 (RIBEIRO; PINTO; STARLING, 2002).

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.

O agregado leve tem a massa unitária (kg/dm^3) inferior a 1. O agregado normal tem sua massa unitária entre 1 e 2. E por fim os agregados pesados tem a massa unitária superior a 2 (RIBEIRO; PINTO; STARLING, 2002).

2.1.3.3 Segundo a forma dos grãos

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 não passam pela peneira ABNT 0,15mm e passam pela peneira ABNT 4,8mm enquanto os agregados graúdos possuem grãos que passam pela peneira ABNT 76mm e ficam retidos na peneira ABNT 4,8mm (RIBEIRO; PINTO; STARLING, 2002).

2.1.3.5 Segundo o módulo de finura

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. As areias médias possuem módulo de finura entre 2,4 e 3,3. 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 (FARIAS; PALMEIRA, 2010).

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 seja determinado, podem ser utilizadas a medição ou indiretamente através de ensaios de sedimentação ou o peneiramento (RIBEIRO; PINTO; STARLING, 2002). 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).

2.1.4.2 Forma dos grãos e textura superficial

Um agregado quanto a sua forma pode ser: alongado, lamelar, cúbico, esférico, entre outros ou até a junção de mais de um desses. 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.

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 uma 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 (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).

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 que atuam na estrutura em que estão empregados. Esforços mecânicos como compressão, esforços de impacto, esmagamento abrasão, entre outros. 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, a verificação da resistência deve ser realizada através de ensaios (RIBEIRO; PINTO; STARLING, 2002).

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, e quando essas impurezas se apresentam junto ao agregado em quantidades prejudiciais é possível detectá-las através do ensaio colorímetro. (RIBEIRO; PINTO; STARLING, 2002).

2.1.4.6 Torrões de argila

A NBR 7218 (ABNT, 2010) determina as quantidades permitidas presentes nos agregados tanto para partículas friáveis como de torrões de argila que são partículas presentes nos agregados, que podem ser desfeitas pela pressão entre os dedos presentes nos agregados. Essas quantidades são definidas por meio de ensaio e variam para agregado graúdo e miúdo (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 nos agregados é prescrita em norma, e pode ser determinada a partir de ensaio (FARIAS; PALMEIRA, 2010). 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

De modo geral é definida pela relação entre a massa e o volume de um material, sendo a massa tomada completamente seca. A massa específica (γ) distingue-se entre massa específica real ou absoluta (não considera os vazios entre os grãos) e massa específica aparente (considera os vazios entre os grãos) (FARIAS; PALMEIRA, 2010).

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.

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 (FARIAS; PALMEIRA, 2010). O ensaio é realizado conforme a norma ME 089 (DNER, 1994).

2.1.5 AGREGADO MIÚDO

Como já mostrado no item 2.1.3.4 agregado miúdo é uma classificação segundo a dimensão dos grãos. As areias, finas, médias e grossas exemplificam os agregados miúdos (RIBEIRO; PINTO; STARLING, 2002). Eles 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, entre outros. 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 (BAUER, 2012).

2.1.5.1. Agregados miúdos alternativos

Pesquisas sobre o emprego de materiais alternativos estão sendo realizadas para 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), entre outras diversas pesquisas publicadas.

2.1.5.2 Quartzito

Segundo Franklin Júnior (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 se trata de um arenito puro. 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 (COSTA, 1950 *apud* ALECRIM *et al.*, 2009). Na construção civil 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 (FALEIRO; LOPES, 2010). A exploração desse minério é em sua maioria voltada para o uso na construção civil tendo 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 socioeconômico, as pedreiras são responsáveis por empregar grande parte da população dos municípios em que estão localizadas (FABBRI, 2004 *apud* ALECRIM, 2009).

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 (FRANCKLIN JUNIOR, 2009).

Figura 3 - 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).

É o aglomerante com utilização mais expressiva na construção civil, visto que abrange diversos tipos de aplicação. A resistência à compressão é considerada como a principal propriedade dos produtos de cimento Portland. 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 (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 (CARASEK, 2010). 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.

As primeiras argamassas eram simples, quase sempre compostas de cal e areia. 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 (CARASEK, 2010).

2.3.2 CLASSIFICAÇÕES

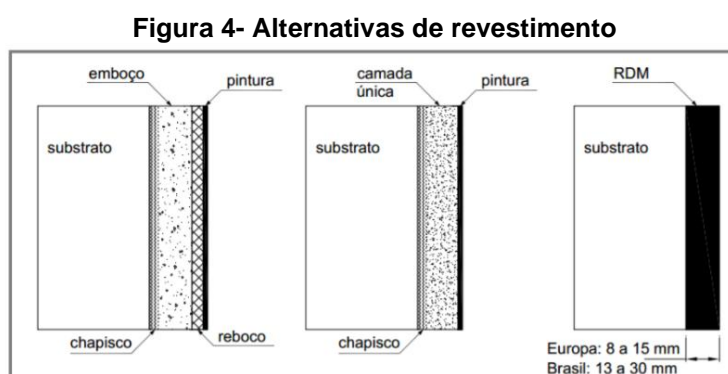
Diversos critérios podem ser usados para classificar as argamassas, alguns exemplos desses são: segundo o aglomerante, a consistência, plasticidade, e a forma de preparo da argamassa. Podem ser classificadas ainda quanto à sua função na construção podendo ser para construção de alvenarias, para revestimentos de paredes, de pisos e cerâmicos entre outras funções. 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 abordados (CARASEK, 2010).

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 (CARASEK, 2010).

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, que podem ser entendidas de acordo com a Figura 4:



Fonte: CARASECK (2010)

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).

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 (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 reológicas da argamassa como, consistência, plasticidade, coesão, exsudação, adesão inicial entre outras (CARASEK, 2010). 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 (CINCOTTO; SILVA e CASCUDO 1995).

2.3.3.1.1 *Consistência e plasticidade*

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 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, média e rica (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. 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 (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 (CARASEK, 2010).

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 estanqueidade 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 (CARASEK, 2010).

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. 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.

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 (CARASEK, 2010).

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, foram realizados ensaios com argamassa no estado fresco, endurecido além da caracterização dos agregados miúdos. 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 Pirenópolis – GO. A areia convencional, assim como o cimento, foi adquirida em lojas de materiais de construção na cidade de Anápolis.

3.2 AGREGADOS- DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA

3.2.1 Aparelhagem

Balança, estufa, peneiras com tampa e fundo, bandeja, escova e pincel.

3.2.2 Materiais

Resíduo de quartzito e 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).

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

3.3.1 Aparelhagem

Balança com resolução de 0,1g, misturador mecânico (conforme ABNT 7215), proveta, cronômetro com resolução de 1 segundo e espátula.

3.3.2 Materiais

Cimento, areia, resíduo de quartzito, água, e aditivo plastificante.

3.3.3 Execução do ensaio

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

Alteramos para velocidade alta para misturar por mais 60 segundos, o misturador foi parado, a argamassa permaneceu em repouso até que se completasse os 90 segundos. Com o misturador acionado na velocidade baixa, adicionamos a quantidade restante de água em 10 segundos e continuamos misturando até completar 60 segundos.

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

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, misturador mecânico, conforme a NBR 7215, paquímetro para medições até 300 mm, com resolução de pelo menos 1 mm.

3.4.2 Execução do ensaio

O molde tronco cônico foi posicionado de modo centralizado sobre a mesa para índice de consistência, enchemos o mesmo em três camadas sucessivas de alturas

aproximadamente iguais, em cada camada foi aplicado, respectivamente, quinze, dez e cinco golpes com o soquete, distribuindo-os 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. O molde troncônico foi retirado de forma vertical e a manivela da mesa para índice de consistência acionada para que a mesa subisse e caísse 30 vezes durante 30 segundos de forma uniforme. Imediatamente após a última queda da mesa, realizamos e registramos a medição do espalhamento da argamassa com o paquímetro, 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

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 homoganeamente. 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 dos materiais

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 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 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 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

3.6.1 Aparelhagem

Dinamômetro de tração, serra copo (dispositivo de corte), pastilha metálica, cola à base de resina epóxi, régua, espátula.

Figura-5- Dinamômetro de tração



Fonte: Próprios autores.

3.6.2 Execução do ensaio

O ensaio foi realizado com o revestimento com idade de 28 dias, conforme determinado pela NBR 13528 (ABNT, 2010). a argamassa foi dosada de maneira a alcançar a trabalhabilidade desejada utilizando 25%, 50%, 75%,100%, de adição de resíduo de quartzito e com 10%, 20% e 50% de adição de resíduo de quartzito em conjunto com aditivo plastificante em paredes construídas com blocos cerâmicos.

O corte do revestimento foi realizado com serra copo diamantada de 50mm e com utilização de água. 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. 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.

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 1 e 2:

Tabela 1- 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.

Tabela 2- 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.

Os valores encontrados de DMC e do módulo de finura para as amostras utilizadas podem ser observados na tabela 3, e a partir da mesma pode-se analisar que o quartzito apresenta grãos com menores dimensões que a areia.

Tabela 3- Resultados da Análise granulométrica

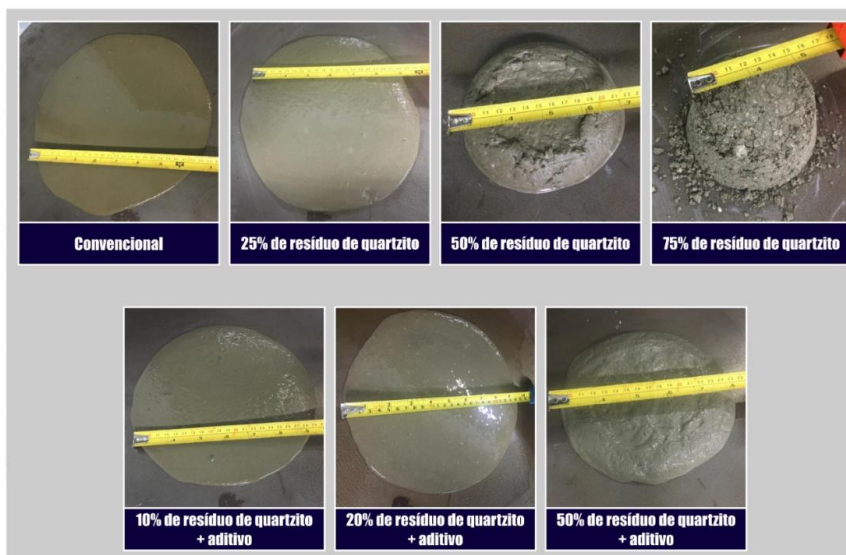
Resultados da Análise granulométrica		
Agregados	DMC (mm)	Módulo de finura
Areia	4,75	1,8
Quartzito	2,36	1,29

Fonte: Próprios autores.

4.2 DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE CONSISTÊNCIA

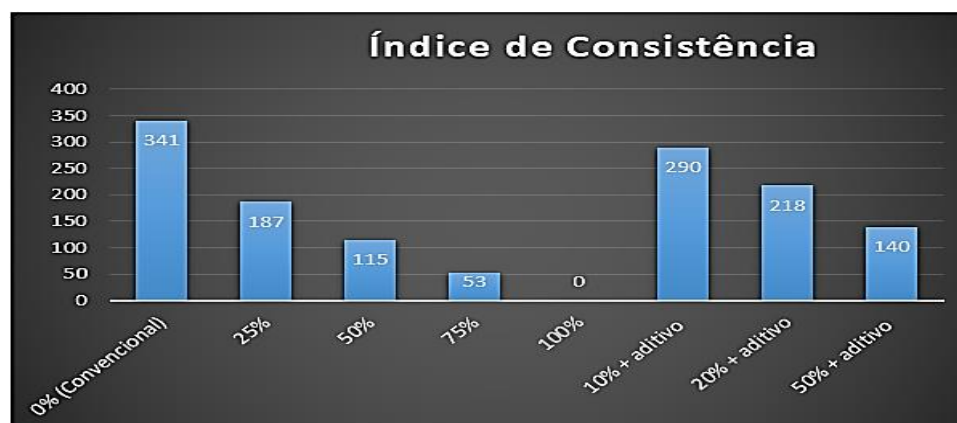
Após a realização do ensaio, foram calculados os índices de consistência da argamassa. Para o traço utilizando 75% de resíduo de quartzito, não houve espalhamento da argamassa sobre a mesa, conforme pode-se observar na Figura 6. A argamassa utilizando 100% de resíduo de quartzito não foi realizada por possuir trabalhabilidade inferior à de 75%. Os resultados estão representados na Figura 6.

Figura 6- Argamassas após o ensaio de determinação do índice de consistência



Fonte: Próprios autores.

Figura 7- Resultado do ensaio de índice de consistência



Fonte: Próprios autores.

Analisando os resultados, pode-se observar que o índice de consistência é maior na argamassa convencional, diminui à medida que a quantidade de resíduo de quartzito aumenta e que o uso de aditivo plastificante contribui para o aumento do índice. Na Figura 7, os resultados foram apresentados graficamente.

4.3 DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

A tabela 4 mostra os resultados adquiridos no ensaio de compressão. 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.

Tabela 4- 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.

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 5.

Tabela 5-Resistência de aderência dos corpos de prova ensaiados

Identificação	A (mm)	F (N)	Ra	Ra 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.

Figura 8- Deslocamento ocorrido na perfuração com serra copo



Fonte: Próprios autores.

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. 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 8. Caso a ruptura ocorra na interface argamassa/substrato é considerado o valor de resistência de aderência à tração igual ao obtido no ensaio. Quando a ruptura se dá na interface cola/pastilha aponta algum tipo de imperfeição na colagem, então despreza-se o resultado. Para as demais rupturas a resistência de aderência 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.

As informações exigidas pela NBR 13528 estão apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6- 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 épxoi 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.

4.5 ASPECTOS TÁCTEIS-VISUAIS

No momento de preparação da argamassa, foram necessárias diferentes quantidades de água, para fornecer trabalhabilidade como pode-se observar na Tabela 7.

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, 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

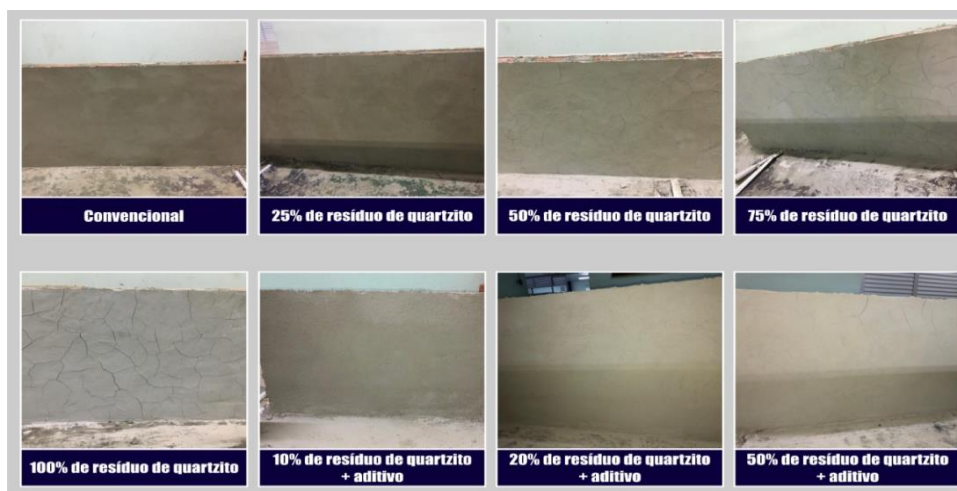
quantidade inferior ao mesmo traço sem o uso de aditivo, conforme pode-se observar na figura 10.

Tabela 7- % 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.

Figura 10- Aspectos visuais do revestimento com 28 dias



Fonte: Próprios autores.

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 na tabela 8, 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.

Os cálculos foram realizados para 1 metro cúbico de argamassa, visto que é a unidade de medida mais usual para esse tipo de material, e permitem 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 nesse quesito. Além da parte financeira, podemos ressaltar que o emprego do quartzito resulta em uma redução do descarte dos resíduos no meio ambiente

Tabela 7- 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.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo realizado teve como primeiros ensaios realizados os de caracterização, nos quais já 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 diminuir 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, ou seja, quanto maior a quantidade de quartzito maior a resistência de aderência, que também é uma característica essencial para a argamassa.

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 e/ou materiais que combatem a fissuração, visando melhorar sua plasticidade, e de aditivo retardador de pega nos traços em que os mesmos não foram empregados, 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

AGR – Agência Goiana de Regulação, Controle e Fiscalização de Serviços Públicos.

Tabela de tarifas de água e esgoto – Saneago, disponível em:

<https://www.saneago.com.br/2016/arquivos/Res_Normativa_0152_2019.pdf>

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>>.

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>>.

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 9935**: Agregados – Terminologia. Rio de Janeiro: Abnt, 2011. 12 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7215**: Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro: Abnt, 2019.

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 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 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.

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>>.

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.

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.

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>>.

FARIAS, Márcio Muniz de; PALMEIRA, Ennio Marques. Agregados para a 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. 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>>.

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, Camoínas,

Sp, 2003. Disponível em:
<http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/258267/1/Ishikawa_PauloHidemitsu_M.pdf>.

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, 2010. Cap. 4. p. 97-116.

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>.

PETRUCCI, Eladio G. R. **Materiais de Construção**. 4^o. 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>>.

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>>.

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>.

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