

ESTUDO COMPARATIVO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DO CONCRETO COM PEDRA BRITA, E BRITA DE QUARTZO EXTRAÍDA DO PROCESSO DE MINERAÇÃO DE METAIS EM PEIXOTO DE AZEVEDO - MT.

MAGNO CAIQUI AQUINO DE SOUZA¹
PAULA JANAINA SOUZA FARTO²

RESUMO: A pedra brita faz parte da fração mineral que produz a matéria-prima bruta ou agregados para emprego no campo da construção civil. Trata-se de um insumo essencial para se produzir concreto, além disso, ela também é utilizada em obras de saneamento, pavimentação, lastro de ferrovias, enrocamentos e drenagem. O quartzito após o processo de britagem torna-se a brita de quartzo, material este que tem apresentado destaque em estudos já realizados quanto a sua resistência, quando comparada a outras britas utilizadas na construção civil. Os estudos comparativos de ensaio à compressão simples entre a brita de granito e a brita de quartzo, se faz importante por se tratar de um material abundante e sem utilização comercial na região norte do Mato Grosso, por se tratar de um rejeito do processo de mineração de metais. O quartzito mostrou um desempenho maior em relação a resistência, além disso a relação entre custo benefício também é uma condição positiva para o uso dessa pedra na produção de concreto.

PALAVRAS-CHAVE: Construção civil; Granito; Quartzito; Extração de minério.

COMPARATIVE STUDY OF THE RESISTANCE TO CONCRETE COMPRESSION WITH STONE GRAVEL, AND QUARTZ GRAVEL EXTRACTED FROM THE METAL MINING PROCESS IN PEIXOTO DE AZEVEDO – MT.

ABSTRACT: The stone gravel is part of the fraction of the mineral sector that produces raw material or aggregates for use in the field of civil construction. It is an essential input for producing concrete, it is also used in sanitation works, paving, railroad ballast, rockfill and drainage works. The quartzite after going through the crushing process becomes the quartz stone gravel which has been highlighted in studies already done regarding its resistance when compared to other gravel used in civil construction. Comparative studies of the simple compression test between granite gravel and quartz gravel are important because quartzite is an abundant material and has no commercial use in the northern region of Mato Grosso because it is a waste from the mining process of metals. The quartzite showed a higher performance in relation to strength, and a positive cost benefit for the use of this stone in the production of concrete.

KEYWORDS: Civil construction; Granite; Quartzite; Ore Extraction.

Acadêmico de Graduação, Curso de Engenharia Civil, UNIFASIPE – Centro Universitário, Av. Magda de C. Pissinatti, 69, Residencial Florença, Sinop – MT. CEP: 78550-000. Endereço eletrônico: caiqueaquino@hotmail.com.

², Professora Orientadora, Engenharia Civil, Curso de Engenharia Civil, UNIFASIPE – Centro Universitário, Av. Magda de C. Pissinatti, 69, Residencial Florença, Sinop – MT. CEP: 78550-000. Endereço eletrônico: paulajanaina_engcivil@hotmail.com.

1. INTRODUÇÃO

Segundo o Relatório Técnico nº 30 do Ministério de Minas e Energia (2009), brita ou pedra britada para construção civil é o produto do processo de cominuição de vários tipos de rochas. Se utiliza o termo brita para pedaços de rochas duras, que são de origem de um processo de britagem e peneiramento (beneficiamento), de pedaços de rochas maiores extraídos do granito, gnaisse, basalto, calcário com auxílio de explosivos.

A pedra brita faz parte da fração do setor mineral que produz matéria-prima bruta ou agregados para emprego no campo da construção civil. Trata-se de um insumo essencial para se produzir concreto, além disso, ela também é utilizada em obras de saneamento, pavimentação, lastro de ferrovias, enrocamentos e drenagem (CUNHA, et al., 2017).

Entende-se por quartzito, uma rocha metamórfica que consiste em grãos de quartzo, é conhecida por sua alta resistência mecânica. Seu processo de formação é caracterizado por uma recristalização do arenito. No mercado da construção civil a britagem dessa rocha traz o surgimento da brita de quartzo, vem ganhando espaço como forma inovadora na produção do concreto tendo custo menor que a pedra brita convencional por se tratar de um material rejeitado esteticamente (SOUSA et al., 2018).

Os estudos de dosagem dos concretos se tratam de procedimentos indispensáveis à obtenção da melhor proporção entre os materiais que juntos formam o concreto, que também é conhecido por traço. Essa proporção pode ser expressa de duas formas, em massa ou volume, utilizando sempre a proporção expressa em massa seca de materiais de forma rigorosa possível (MARTINS e RODRIGUES, 2018).

Materiais passíveis se tratam de agregados miúdos e graúdos, os vários tipos de cimento, água, o ar tanto incorporado quanto o aprisionado, os aditivos e as adições, as fibras e os pigmentos que podem ser utilizados na fabricação do concreto e também nos estudos de dosagem. Com relação a esses materiais, pode ser feita sua separação entre agregados reciclados, artificiais/ industrializados e naturais (HELENE e TUTIKIAN, 2005).

No Brasil, ainda não há uma forma comum entre as pesquisas de dosagem. A explicação para isso se dá pela inexistência de um consenso nacional presente em uma norma brasileira sobre os procedimentos e parâmetros de dosagem, como consequência, tem levado diversos pesquisadores da área a proporem seus próprios métodos de dosagem, os mesmos são muitas vezes confundidos com uma sugestão do local de prestação de serviço ou por meio das suas publicações (HELENE e TUTIKIAN, 2005).

Mesmo que há diferenciação entre os métodos usados, alguns procedimentos são encontrados em todos eles, como por exemplo, o cálculo da resistência média de dosagem, a correlação entre a resistência à compressão com a relação água/cimento para alguns tipos de classe de cimento. Sempre e quando um método de dosagem tiver por objetivo o alcance de uma resistência especificada, sem descuidar do valor econômico e sustentável que são fatores que devem sempre nortear uma pesquisa de dosagem atual existirá essa correlação (HELENE e TUTIKIAN, 2005).

Os materiais que são classificados como rejeitos provenientes da mineração tomam espaços em áreas que poderiam voltar a se tornar área de vegetação nativa, além disso, seria de grande relevância comprovar a viabilidade da utilização desse material abundante como insumo para construção civil, evitando futuras explorações de outras áreas para a obtenção desse tipo de material, reduzindo também o custo de transporte, como é o caso da região norte de Mato Grosso onde as jazidas de pedra, local da exploração de pedra brita comum, se encontram distantes do seu local de comércio.

Este estudo tem como objetivo comparar o concreto feito com a pedra brita convencional de granito e o concreto feito com a brita de quartzo proveniente da mineração de

metais em Peixoto de Azevedo - MT no método ABCP, identificando assim o material que possibilite a confecção de concretos mais resistentes e com menor custo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Concreto

O concreto é formado através de água, agregados, aglomerados e de acordo com sua necessidade e tipo de aplicação, pode apresentar em sua composição aditivos e adições minerais. A junção destes materiais devem apresentar coerência aceitável para manuseio, tanto em operações manuais quanto em máquinas produtoras de pré-fabricados. A sua resistência aumenta com o tempo e o seu endurecimento está relacionado às reações de hidratação, contato do cimento com a água, oferecendo forte ligação com os agregados. A combinação desses agregados do concreto junto com as características do processo, condições em que acontecerá a cura e o grau de compactação da mistura, é o que vai determinar a qualidade final do bloco e os custos envolvidos (CAMPOS, 2012).

A classificação de acordo com sua consistência pode ser entre seco ou plástico. Para a fabricação de artefatos, utiliza-se do concreto seco pela necessidade de desformar o produto após a sua moldagem, e assim reutilizar os moldes para produzir as próximas peças. A consistência do tipo de concreto seco é parecido com a de uma “farofa”, o que o diferencia do concreto plástico é que o mesmo precisa permanecer no molde até o dia seguinte devido a grande quantidade de água (WEIDMANN, 2008).

O aparecimento do concreto foi relacionado à descoberta de um agente aglomerante cimentício. Visto isso, podemos considerar como o início do aparecimento do concreto o século II A.C., que traz relatos do surgimento do primeiro aglomerante conhecido, se tratava de um tipo especial de areia vulcânica chamada ‘pozolana’, encontrada apenas na baía de Nápoles, próximo a Pozzuoli, região sul da Itália, de onde se deu origem ao seu nome. A pozolana se trata de um tipo de ‘areia’ especial, que tem reação química com cal e água, endurecendo e formando uma rocha artificial, a sua resistência não muda quando submersa. Esse material era utilizado na época com rochas de diferentes tamanhos, promovendo a sua união formando um tipo rudimentar de concreto (METHA e MONTEIRO, 2015).

Segundo Metha e Monteiro (2015), concreto é um material composto que consiste, essencialmente, de um aglomerante no qual estão acumuladas partículas ou fragmentos de agregados. No concreto de cimento hidráulico, o aglomerante é formado por uma mistura de cimento hidráulico e água.

2.1.1 Tipos de concreto

O chamado concreto simples é utilizado na construção civil para a fabricação de blocos de concreto, nas fundações para construção de brocas, nas tubulações e também no cimento de pisos entre outros. Em uma união do concreto simples e barras de aço temos como resultante o concreto armado, onde as barras são envolvidas pelo concreto com total aderência entre ambos materiais, fazendo com que resistam solidariamente quando submetidos a esforços (COUTO et al., 2013).

Já o concreto protendido se trata de uma forma de concreto no qual através das trações de cabos de aço são embutidas pré-tensões de forma a serem distribuídas e neutralizadas ao nível/grau desejado. A pré-tensão é um artifício que tem como objetivo introduzir em uma estrutura para melhorar sua resistência ou comportamento, um estado prévio de tensões em diversas condições de carga. Esse tipo de concreto era tratado como um material distinto do concreto armado, em estudos recentes já existe a possibilidade de unificar ambos por terem características comuns em suas teorias (CAMPOS, 2012).

O concreto armado surgiu com o objetivo na época de resolver os problemas com a fraca resistência a tração do concreto utilizado na Europa no século XXI, concreto feito com pedra artificial. Atualmente seu emprego é conhecido em todo o mundo, por sua estrutura em ambientes não agressivos durar mais de cem anos sem manutenção, é o material hoje mais utilizado na construção de grandes obras. O concreto armado apresenta a vantagem de ser econômico, disponível com abundância, facilidade de moldagem, alta resistência, grande estabilidade entre outras (COUTO et al., 2013).

2.1.2 Propriedades do concreto

Entre as principais propriedades mecânicas do concreto se destaca a resistência à compressão, resistência à tração e módulo de elasticidade, que são determinadas a partir de ensaios executados de acordo com a sua especificidade. Os ensaios normalmente têm como objetivo avaliar os testes para substituição de materiais e para controle da qualidade. A característica mecânica mais importante do material está relacionada à resistência à compressão simples, onde a curva encontrada através dos ensaios se trata da Curva Estatística de Gauss ou Curva de Distribuição Normal, através dela que se pode avaliar a resistência do concreto à compressão (PINHEIRO et al., 2010).

Com relação à resistência à tração do concreto os conceitos são semelhantes aos expostos para a resistência à compressão, onde a mesma pode ser determinada através de três ensaios diferentes, sendo eles, ensaio de tração axial, ensaio de compressão diametral e ensaio de flexão de vigas. Em relação às normas o termo que mais aparece está relacionado ao ensaio de tração axial (ARAÚJO, 2001; PINHEIRO et al., 2010).

Por definição simples o módulo de elasticidade se trata da razão entre uma tensão aplicada sobre um corpo e como consequência imediata a visualização da sua deformação específica. Quanto à elasticidade do concreto, as tensões e as deformações, se tratam de aspectos fundamentais relacionados a sua estrutura. A relação entre tensão de deformação em alguns intervalos são lineares quando relacionado à resistência dos materiais (PINHEIRO et al., 2010).

2.1.3 Processo de cura

Trata-se de um conjunto de medidas conhecida por ter como finalidade evitar a evaporação prematura da água, que é necessária para a hidratação do cimento, responsável pelo endurecimento do concreto. Tem como objetivo manter o concreto saturado, ou o mais perto possível dessa condição, onde os espaços, que de início eram ocupados pela água, passam a ser ocupados pelos produtos da hidratação. A cura adequada é fundamental para que o concreto alcance o seu melhor desempenho reduzindo sua porosidade e aumentando sua durabilidade da (BARDELLA et al., 2005)

2.2 Método ABCP

O método ABCP foi criado no ano de 1984 pela Associação Brasileira de cimento Portland (ABCP). Foi baseado em outros métodos internacionais e foi assim adaptado às condições brasileiras. O método está diretamente relacionado a trabalhabilidade do concreto, através das informações relacionadas a ele, levando em consideração as propriedades físicas e mecânicas do cimento e dos agregados a serem utilizados (BORGES e CARREIRO, 2017; MARMITTI et al., 2016).

A dosagem é realizada com objetivo de se obter diferentes traços de concretos tendo como finalidade definir as suas características. Entre as características está a consistência, que é definida pela quantidade de água adicionada em sua mistura. Para realizar a dosagem do concreto por esse método é necessário que se conheça algumas definições como por exemplo, o desvio padrão, as massas específicas real e aparente do concreto, resistência à compressão e a relação água/cimento. É recomendado a utilização desse método para concretos de

consistência plástica, onde os agregados graúdos utilizados são os britados, e a areia é proveniente de rio (SANTO, 2018).

O método é utilizado para que se obtenha um traço-base, onde os corpos de provas são moldados e submetidos ao ensaio, o resultado do mesmo permite o conhecimento dos ajustes necessários a serem feitos nos materiais envolvidos na fabricação do concreto. As informações para a execução do método se baseia em:

- Tipo de massa específica e nível de resistência aos 28 dias do cimento;
- Análise granulométrica e massa específica dos agregados;
- Dimensão máxima característica do agregado graúdo;
- Consistência desejada do concreto fresco;
- Resistência de dosagem do concreto (BORGES e CARREIRO, 2017).

2.3 Pedra Brita

A produção de brita no Brasil envolve oficialmente seiscentas empresas onde geralmente é necessária uma proximidade da jazida (local de extração) com o mercado consumidor, o que se estabelece como característica fundamental para seu valor de mercado (ROSSI et al., 2013).

Brita ou pedra britada se trata de um mineral que pode ser composto de vários tipos de materiais rochosos existentes nos locais de sua extração. Se trata de um material que pode ser usado em sua forma in natura ou pode sofrer alteração proveniente do processo de adequação do material que é caracterizado, por exemplo, por explosivos, britagem e assim serem misturados com outros elementos para utilização na construção civil em cimentos, asfaltos, areia, etc. (ANEPAC, 2010).

A brita pode ser proveniente de diversos tipos de rochas como, basalto, diabásio, riolito, andesito e riadacito, as quais são mais indicadas para o uso, por terem boas qualidades físicas e químicas. Segundo a ABNT NBR 7211: 2009 a brita é classificada entre 7,75 mm a 75 mm, essa norma especifica os requisitos exigíveis para a produção e recepção dos agregados miúdos e graúdos destinados a produção de concretos de cimento Portland. Porém, comercialmente ainda se usa a denominação antiga proposta pela ABNT NBR 7225: 1993, (ROSSI et al., 2013).

As britas constituem o maior volume do concreto com o qual se realizam inúmeras obras de engenharia. As britas são submetidas ao atrito e impacto durante a preparação do concreto, compressão e tração solidariamente à estrutura do concreto, possível reação com álcalis do cimento, ação do intemperismo, como expansão e contração térmica, ação química da água da chuva e das águas agressivas. As propriedades exigidas da brita são resistência à compressão simples, à tração, ao desgaste, não reatividade e resistência ao intemperismo. (FERREIRA, 2012).

Para Arndt (2007), o índice de forma das britas afeta diretamente a resistência à compressão e a trabalhabilidade do concreto. Para as britas comuns é necessário aumentar o fator água e cimento, para se obter um concreto de mesmo abatimento de um concreto feito com britas VSI (*vertical shaft impact*), esta manobra afeta a resistência à compressão em cerca de 10%, seria necessário gastar aproximadamente 15 kg de cimento a mais por m³ para traços de mesma resistência e abatimento, ou utilizar aditivos no concreto para aumentar o abatimento.

Os agregados que são destinados para o setor da construção civil, possuem diversas aplicações como a fabricação de concreto, revestimento de leito de estradas de terra, de ferrovias, barramentos entre outras (SERNA, 2011).

2.4 Brita de quartzo

O quartzito se trata de uma rocha metamórfica, ou seja, são rochas formadas a partir da transformação de outras rochas já existentes, são compostas basicamente por grãos de

quartzo, seu processo de formação se dá através de uma recristalização do arenito. A mesma possui alta resistência a intemperismos químicos e físicos. Esse material é abundante na região norte do Mato Grosso pela alta concentração de extração de minérios (SOUSA et al., 2018).

Um dos fatores que influenciam na produção do concreto é a resistência do agregado utilizado, a britagem do quartzito traz o surgimento da brita de quartzo que tem destaque quanto a sua resistência, quando comparada a outras britas utilizadas na construção civil. Hoje a utilização do quartzito na construção civil está mais relacionado a decoração de pisos, paredes, muros, além do emprego na produção de artesanato e decoração (SOUSA et al., 2018).

Recentemente, pelo seu melhor custo-benefício em algumas regiões onde acontece a extração de metais e por se tratar de um rejeito abundante, os estudos para a utilização desse material em outras áreas vem ganhando destaque, como por exemplo, a utilização como agregado na produção do concreto (LEITE et al., 2017; SOUSA et al., 2018).

Ramirio et al., (2008) em estudo comparado com os outros agregados comumente utilizados na área da construção civil, as amostras de quartzitos obtiveram resultados positivos nos ensaios realizados, classificando-se sempre nas faixas bom e excelente. Os melhores resultados foram os ensaios de granulometria e índice de forma, com valores dentro da faixa de utilização.

Conforme um estudo comparativo realizado por Sousa et al., (2018), em análise e avaliação geral diante de todos os resultados obtidos com o concreto feito com brita de quartzo proveniente da cidade de Pirenópolis, no Estado de Goiás foi possível afirmar que a brita de quartzo se apresentou satisfatória em relação ao desempenho técnico e viabilidade econômica.

2.4.1 Britagem

O processo de britagem do quartzito para chegar a brita de quartzo se dá através de um britador presente na planta de lavagem utilizada no processo de extração de metais, inicialmente o material que chega passa por um processo de britagem sofrendo uma desagregação brusca chamada de britagem primária (CHAVES e PEREIRA, 1999 apud AMORIM, 2007).

A ação mecânica da britagem é o impacto gerado pelos martelos ou barras de impacto sobre a matéria prima bruta transformando sua energia cinética em fratura. A parte interna da britadeira é projetada especialmente para a função de quebrar as partículas maiores contra a mesma. A descarga é livre e a câmara possui espaço suficiente que permite a passagem das partículas já britadas. Dependendo do modelo, a posição das barras de impacto podem ser adaptadas horizontalmente, de forma a regular a granulometria do produto (AMORIM, 2007).

2.5 Mineração do Ouro em Peixoto de Azevedo – MT

Peixoto de Azevedo – MT localizada na região norte do estado, põe-se presente entre as minas com produção ROM (Run-of-mine) acima de 1.000.000 de toneladas em pesquisa realizada em 2017 para as onze principais substâncias metálicas, destacando-se na mineração do ouro. A região também leva destaque quando se trata das principais reservas minerais do país (BRASIL ANM, 2019).

Em âmbito nacional com relação às principais empresas que levam destaque quanto a extração do ouro no ano de 2017 está presente a COOGAVEPE (Cooperativa dos Garimpeiros do Vale do Rio Peixoto) se destacando com um produção de 4,04 % (BRASIL ANM, 2019).

O processo de mineração provoca muitos impactos no meio ambiente, dentre eles se destaca a poluição do ar durante os processos de quebras e desmontes das rochas, a queima de combustível e vibrações no solo que são capazes de modificar as estruturas das rochas interferindo na sua resistência e na geração do impacto sonoro. Além disso, a exploração de minério altera o relevo, podendo formar voçorocas e cavas, geralmente associadas à intensificação do escoamento superficial, gerando grande impacto ambiental, essas e outras

consequências ao meio ambiente refletem na descaracterização do relevo. Por isso, é importante a elaboração de soluções viáveis para amenizar os impactos ambientais promovidos em função da extração dos minerais (LEITE et al., 2010).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Foi realizada uma pesquisa de campo através de um estudo comparativo entre corpos de provas cilíndricos de concreto, separados em dois grupos, o primeiro teve em sua composição a pedra brita de granito e no segundo a brita de granito foi substituída por brita de quartzo. A brita de quartzo que foi utilizada neste estudo é proveniente da mineração de metais da região de Peixoto de Azevedo, localizada no norte do estado de Mato Grosso. Observa-se que na região não se utiliza esse material como matéria prima para fabricação de nenhum outro produto, torna-se então, um material abundante por se tratar de um rejeito do processo de extração de minério, sem serventia.

Para determinação do traço do concreto pelo método ABCP, foi utilizada a massa específica do cimento Portland CPI – S, massa específica da areia, módulo de finura da areia, massa específica da brita de quartzo, massa unitária da brita de quartzo, diâmetro máximo da brita de quartzo e volume do corpo de prova. Foram moldados corpos-de-prova para os dois tipos de agregados e ensaiados à resistência e compressão simples, 7 a 28 dias de cura, foram rompidos no laboratório de concreto do centro universitário Unifasipe em Sinop – MT.

A dosagem dos materiais foi feita através dos seguintes cálculos:

1. Determinação do fator **a/c: 0,52**; determinado pela relação entre o Fck e a resistência do cimento aos 28 dias (curva de Abrams).
2. Determinação do consumo de água: **205 l/m³**; determinado pela relação entre o diâmetro máximo do agregado graúdo e o abatimento do tronco de cone.
3. Determinação do consumo de Cimento.

$$C_c = \frac{C_a}{\alpha/c} \quad C_c = \frac{205}{0,52} \quad C_c = 394 \text{ Kg/m}^3$$

Onde:

C_c= Consumo de Cimento

Ca=Consumo de água a/c= Fator água /cimento

4. Determinação do consumo de agregado Graúdo (Cb)

$$C_b = V_b - MUC$$

$$C_b = 0,77 - 1,6 \times (100)$$

$$C_b = 1231 \text{ Kg/m}^3$$

Onde:

C_b= Consumo de Brita

V_b= Volume de brita, determinado pela relação entre o módulo de finura do agregado miúdo e o diâmetro máximo do agregado graúdo

MUC= Massa unitária compactada do agregado graúdo

5. Determinação do volume de areia

$$V_\alpha = 1 - \left(\frac{394}{2889} + \frac{1231}{2795} + \frac{205}{1000} \right) \quad V_\alpha = 1 - \left(\frac{C_c}{\gamma_c} + \frac{C_b}{\gamma_b} + \frac{C_a}{\gamma_a} \right) \quad V_a = 1 - 0,782 \quad V_a = 0,217 \text{ m}^3$$

6. Determinação da Areia

$$Ca = V_{areia} \times Y_{areia}$$

$$Ca = 0,217 \times 2580$$

$$Ca = 559,86 \text{ Kg/m}^3$$

7. Determinação do Traço

Cimento: Areia: Brita 1: Água/Cimento

$$\frac{Cc}{Cc} : \frac{Ca}{Cc} : \frac{Cb}{Cc} : \frac{C_{\text{água}}}{Cc}$$

$$\frac{394}{394} : \frac{560}{394} : \frac{1232}{394} : \frac{205}{394}$$

$$\mathbf{3: 1, 42:3, 126: 0,52}$$

Os corpos de prova foram moldados segundo padrão e ordens especificadas na NBR 5738, em formato cilíndrico com dimensão de 100 mm x 200 mm (diâmetro x altura), enchidos com concreto em duas camadas sucessivas, recebendo com a haste de socamento um total de 12 golpes.

Segundo as especificações da NBR 5738: 2003, a amostra foi recolhida enquanto o concreto estava sendo descarregado da betoneira, depois de recolhida a sua moldagem foi feita dentro de 15 minutos. Os moldes de aço estavam em perfeito estado, e foram revestidos internamente com óleo mineral colocados sobre uma base nivelada, os corpos de prova foram armazenados nas primeiras 24 horas, durante esse tempo não foram movimentados para que as condições do endurecimento do concreto permitisse a desforma sem causar danos, e ficaram protegidos fora do alcance do sol, vento, chuva etc.

Após o período de 24 horas, os corpos de prova foram desenformados e armazenados em tanques até o dia do ensaio. Foram moldados 6 corpos de prova, 3 para cada material, os ensaios foram realizados após 7, 14, e 28 dias, períodos correspondentes às etapas da cura. Os corpos de provas permaneceram na umidade até o dia de serem ensaiados, que nesta pesquisa foi realizado no 7º dia.

Os corpos de prova foram todos retificados, antes de serem ensaiados devido a irregularidade que se obtém durante a moldagem, para que assim se obtivessem resultados precisos. Esse processo se trata do desgaste mecânico das extremidades dos corpos de provas, por meio de um disco abrasivo.

Antes de iniciar a ruptura, as faces dos corpos de provas e dos pratos da prensa foram limpos. Após isso, os corpos-de-prova foram colocados centralizados no prato inferior e o ensaio foi iniciado. Os valores da carga imposta aos corpos-de-prova foram mostrados em tempo real por um display na própria prensa hidráulica.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 1 mostra os resultados obtidos após as rupturas dos corpos de prova de acordo com os dias em que foram realizados os ensaios separados por dois grupos relacionados ao tipo de brita utilizada.

Tabela 1: Resultados obtidos após rupturas dos corpos de provas.

Dias de ruptura	Brita de granito	Brita de quartzo
07	16,24 MPa	14,68 MPa
14	18,75 MPa	19,37 MPa
28	24,20 MPa	26,95 MPa

Fonte: Própria (2020)

De acordo com os resultados apresentados acima, podemos observar que a partir do décimo quarto dia o concreto feito com a brita de quartzo começou apresentar um desempenho melhor que o concreto feito com a brita de granito que é a brita comumente utilizada na fabricação do concreto na construção civil.

Uma explicação para isso se dá pelo fato de que a brita de granito teve uma absorção de água mais rápida que a brita de quartzo. Foi observado durante a execução do teste que a mistura da betoneira que teve em sua composição brita de quartzo possuiu uma consistência mais aquosa do que a mistura que teve brita de granito, tendo assim um processo de cura mais lento de início.

Cada vez mais se observa novas formas de possíveis alternativas para a utilização desse rejeito proveniente da mineração de metais na construção civil. Em um estudo recente de Reis (2019), a adição dos rejeitos de quartzitos na fabricação de tijolos de solo-cimento possibilitou condições favoráveis para produção com qualidade, onde nos testes todas as amostras atenderam pelo menos aos requisitos mínimos estabelecidos nas normas.

Em um estudo realizado por Batista et al., (2018) foi empregado outra alternativa para a utilização do quartzo como agregado no concreto, dessa vez em forma de pó de quartzo para substituição parcial do agregado miúdo, mostrou em seus resultados que os valores de resistência obtidos foram maiores que os exigidos pela norma, onde atendeu aos requisitos que são estabelecidos para utilização na fabricação do concreto e se destacou também em relação ao baixo custo do material, quando comparado aos comumente utilizados.

5. CONCLUSÃO

Os agregados representam grande parte da composição dos blocos de concreto, exercendo grande influência em suas propriedades físicas e mecânicas. O trabalho desenvolvido permitiu demonstrar como as propriedades dos agregados interferem nas características finais do bloco de concreto.

Este estudo mostrou, portanto, que o concreto feito com quartzito teve maior desempenho em relação a sua resistência após o décimo quarto dia. Estudos que envolvem a utilização de novas alternativas que beneficiem o meio ambiente e a economia, são sempre de grande valia, além serem maneiras favoráveis de demonstrar as possíveis alternativas de substituição dos recursos não renováveis na construção civil, em função dos impactos ambientais que estes podem causar na sociedade.

É preciso aumentar o número de pesquisas em relação a utilização do quartzito proveniente de rejeitos do processo de extração de minério para que se obtenha resultados mais precisos, uma vez que, em estudos breves já se observa que o quartzito tem se destacado através de resultados positivos em relação a pedra brita. Outro fator relacionado às vantagens da utilização desse material é a comparação de preços, onde a pedra brita custa no mercado R\$

130,00 a tonelada, enquanto o quartzito custa R\$ 40,00 a tonelada, apresentando que além do seu desempenho ser maior em relação a resistência a relação entre custo benefício, também é uma condição positiva o uso dessa pedra na produção de concreto, despertando o interesse para novas pesquisas sobre a utilização do material na área de construção civil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7211: Agregados para Concreto: Especificação.** Rio de Janeiro, 2009.

_____. **NBR 7225: Materiais de Pedras Agregados Naturais.** Rio de Janeiro, 1993.

_____. **NBR 5738: Concreto- procedimentos para moldagem e cura de corpos-de-prova.** Rio de Janeiro, 2003.

AMORIM, E. F. **Efeitos do processo de deposição hidráulica no comportamento de um rejeito de mineração de ouro.** 2007. Disponível em https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/2673/1/2007_EnioFernandesAmorim.pdf. Acesso em 15 nov. 2019.

ARAÚJO, J. M. **Estruturas de concreto: a resistência à tração e energia de fratura do concreto.** Rio Grande: Editora Dunas Dunas, 2001.

ARNDT, J. A.; DE SOUZA, J.; BIANCHINI, M. **Influência do índice de forma do agregado graúdo na resistência à compressão do concreto.** In: Anais do 49º Congresso Brasileiro do Concreto. Bento Gonsálves, RS-2007.

BARDELLA, P. S. ; BARBOSA, D. C. ; CAMARINI, G. **Sistemas de Cura em Concretos Produzidos com Cimento Portland de Alto Forno com Utilização de Sílica Ativa.** 1º Encontro Nacional de Pesquisa Projeto Produção em Concreto Pré-moldado, 2005, 1-12.

BORGES, F. M.; CARREIRO, T. T. **Métodos de Dosagens Usuais dos Principais Tipos de Concreto: Uma revisão teórica.** Engenharia Civil-Pedra Branca, 2017.

BRASIL. **Agência Nacional de Mineração. Anuário Mineral Brasileiro: Principais Substâncias Metálicas /** Coord. Geral Osvaldo Barbosa Ferreira Filho; Equipe Técnica por Marina Dalla Costa et al.; – Brasília: ANM, 2019.

CAMPOS, F. H. A. **Análise do Ciclo de Vida na Construção Civil: um estudo comparativo entre vedações estruturais em painéis pré-moldados e alvenaria em blocos de concreto.** 2012.

COUTO, J. A. S. *et al.* **O concreto como material de construção.** Caderno de Graduação Ciências Exatas e Tecnológicas-UNIT, 2013, 1.3: 49-58.

CUNHA, D. A. *et al.* **Poder de mercado na indústria de mineração de pedra britada da região metropolitana de São Paulo.** Análise Econômica, v. 35, n. 67, 2017.

FERREIRA, D. M. **Projeto físico de uma central de britagem em Campo Mourão-PR.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2012.

HELENE, P. e TUTIKIAN, B. **Dosagem dos concretos de cimento Portland. Concreto: ensino, pesquisa e realizações.** São Paulo: IBRACON, v. 2, p. 439-471, 2005.

BATISTA, L. S. *et al.* **Estudo Da Utilização De Resíduo De Quartzo Em Concreto Alternativo.** IX Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, São Bernardo do Campo- São Paulo, 2018.

LEITE, A. L. *et al.* **Atividade mineradora e impactos ambientais em uma empresa cearense. Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**, v. 1, p. 7282-7286, 2010.

MARMITTI B. A. *et al.* **Estudo Comparativo de Métodos para Dosagem de Concreto.** Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2016 29 de agosto a 1 de setembro de 2016 – Foz do Iguaçu, Brasil.

MARTINS, L. M. e RODRIGUES, R. U. V. **Dosagem de concreto utilizando o método do ipt.** Revista Científica Univiçosa - Volume 10 - n. 1 - Viçosa-MG - JAN/DEZ 2018.

MEHTA, P. K. e MONTEIRO, P.J.M. **Concreto: Estrutura, propriedades e materiais.** 5ª edição. São Paulo. PINI, 2015.

PINHEIRO, L. M. *et al.* **Estruturas de concreto** – Capítulo 2. São Paulo, 2010.

RAMIRIO, R. F. *et al.* **Estudo comparativo de rejeitos de quartzito com outros agregados comercialmente utilizados como materiais de construção no Sudoeste de Minas Gerais.** Ciência et Praxis v. 1, n. 1, (2008).

REIS, F. M. D. **Estudo do comportamento físico-mecânico de tijolos de solo-cimento com adição de rejeitos de minerações de quartzito.** Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2019.

ROSSI, E. *et al.* **Avaliação do ciclo de vida da brita para a construção civil: estudo de caso.** 2013. Disponível em:
<https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/4359/5350.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em 15 de nov. 2019.

SANTO L. do E. **Dosagem ABCP no Concreto Convencional.** Anais do EVINCI-UniBrasil, 2018, 3.1: 213-213.

SERNA, H. A. de L., REZENDE, M. M. **Agregados Para a Construção Civil.** Anepac- Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados Para a Construção Civil. [SI,2009], p. 602-635. Disponível em:< <http://anepac.org.br/wp/wp-content/uploads/2011/07/DNPM2009.pdf>> acesso em 10 abr. 2019.

SOUSA, G. O. *et al.* **Resistência a Compressão do Concreto com Brita de Quartzito Micáceo.** In: 23º CBECiMat - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais 04 a 08 de Novembro de 2018, Foz do Iguaçu, PR, Brasil.

WEIDMANN, D. F. *et al.* **Contribuição ao estudo da influência da forma e da composição granulométrica de agregados miúdos de britagem nas propriedades do concreto de cimento Portland.** 2008.