

CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIFACVEST
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL
JOÃO JUNIOR RIBEIRO DE SOUSA

**EFEITO TÉCNICO DA UTILIZAÇÃO DA AREIA FEITA DO BASALTO EM
CONCRETOS DE CIMENTO PORTLAND**

LAGES

2021

JOÃO JUNIOR RIBEIRO DE SOUSA

**EFEITO TÉCNICO DA UTILIZAÇÃO DA AREIA FEITA DO BASALTO EM
CONCRETOS DE CIMENTO PORTLAND**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao Centro Universitário
Unifacvest como parte dos
requisitos para obtenção do grau de
Bacharel em Engenharia Civil.

Professor: Aldori Batistados Anjos

LAGES

2021

JOÃO JUNIOR RIBEIRO DE SOUZA

**EFEITO TÉCNICO DA UTILIZAÇÃO DA AREIA FEITA DO BASALTO EM
CONCRETOS DE CIMENTO PORTLAND**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao Centro Universitário
Unifacvest como parte dos
requisitos para obtenção do grau de
Bacharel em Engenharia Civil.

Professor: Aldori Batistados Anjos

Lages,SC ___/___/2021.Nota _____

Coordenador do curso de Engenharia Civil

Aldori Batista dos Anjos

LAGES

2021

RESUMO

O objetivo desta pesquisa é estudar a utilização do pó de pedra em substituição à areia natural em argamassas e analisar suas características e propriedades mecânicas. A substituição de agregados finos artificiais, como o uso de pó de pedra na argamassa em vez de agregados finos naturais, pode reduzir a extração de areia no rio, o que traz benefícios ambientais.

Seguindo as normas atuais da ABNT, foi desenvolvido um método para determinação das características do material pesquisado. Os resultados dos testes das propriedades dos materiais que compõem a argamassa (ou seja, agregado fino (areia e pó de pedra) e cimento) estão próximos dos valores comumente encontrados. A característica que obtém o melhor desempenho em termos de resistência à compressão axial e resistência à tração à flexão é a substituição parcial da areia por pó de pedra, o que mostra que sua utilização é viável. Esta pesquisa visa auxiliar no melhor entendimento do desempenho das argamassas por meio da substituição parcial e / ou substituição total de materiais naturais.

Palavras-chave: Argamassa; Pó de Pedra; Areia Natural.

ABSTRACT

The objective of this research is to study the use of stone powder to replace natural sand in mortars and to analyze its characteristics and mechanical properties. The substitution of fine artificial aggregates, such as the use of stone powder in mortar instead of natural fine aggregates, can reduce the extraction of sand in the river, which brings environmental benefits.

Following the current standards of ABNT, a method was developed to determine the characteristics of the researched material. The results of testing the properties of the materials that make up the mortar (ie fine aggregate (sand and stone powder) and cement) are close to the values commonly found. The characteristic that obtains the best performance in terms of axial compression strength and flexural tensile strength is the partial replacement of sand by stone powder, which shows that its use is feasible. This research aims to assist in a better understanding of the performance of mortars through partial replacement and / or total replacement of natural materials.

Keywords: Mortar; Grit; Natural sand.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 PROBLEMATIZAÇÃO.....	2
3 HIPÓTESE	2
4 JUSTIFICATIVA.....	2
5 OBJETIVOS.....	2
OBJETIVO GERAL	2
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
6 METODOLOGIA	3
7 PÓ DE PEDRA	4
GENERALIDADES	4
CLASSIFICAÇÃO E PROPRIEDADES DO AGREGADO MIÚDO	5
GRANULOMETRIA.....	5
PROCESSO DE BRITAGEM	6
PÓ DE PEDRA E O CONCRETO	8
8 RESISTÊNCIA	8
ENSAIO DO CONE	10
CONSISTÊNCIA.....	11
SEGREGAÇÃO	13
EXSUDAÇÃO.....	13
9. REAÇÃO ALCALI DO AGREGADO.....	13
MODULO DE ELASTICIDADE.....	14
RETRAÇÃO POR SECAGEM	15
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	17

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Britador cônico	7
Figura 2 - VSI (Vertical Impact Shaft)	7
Figura 3 - Resistência a compressão	9
Figura 4 - Comparação de resistência	10
Figura 5 - Medição de abatimento	11
Figura 6 - Ensaio de abatimento	12
Figura 7 - Abatimento do cone	12
Figura 8 - Reatividade Potencial	14

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Granulometria da brita.....	6
Tabela 2 – Granulometria da areia	6
Tabela 3 – Os valores de resistência aos 7, 28 e 91 dias	9

1 INTRODUÇÃO

As preocupações com as questões ambientais estão em todo o mundo, e já existem inúmeras organizações dedicadas à proteção ambiental em diferentes partes do mundo. Nosso planeta está sendo atacado de várias maneiras. Sua temperatura sobe, sua população aumenta, a erosão continua se desenvolvendo e a água, o ar e o sol tornam-se mais poluídos a cada dia, o que afeta o ecossistema.

O concreto é um produto extremamente comum e pode ser encontrado em diversos tipos de obras, desde as de pequeno porte, como residências e edifícios, até as grandes obras, como usinas hidroelétricas e nucleares. Além do que, a crescente demanda do mercado da engenharia civil faz com que se tenha a necessidade do aumento da produção de concreto (IBRACON,2009). De acordo com a associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP, 2013), no período entre 2005 e 2012, no Brasil, o aumento de concreto preparado em centrais foi de 180%, e que os principais influenciadores do crescimento dessa demanda ocorreu em obras de infraestrutura e habitações.

O aumento da necessidade de produção do concreto gera influências diretas na natureza, visto que, para Dutra (2013), a maior parte do agregado miúdo utilizado na construção civil para a mistura de concreto, ainda é a areia.

2 PROBLEMATIZAÇÃO

O problema de pesquisa é a ausência de um agregado fino que possa substituir a areia natural no mecanismo da argamassa autonivelante, com isso o estudo tem como proposta potencializar a qualidade e eficiência da pasta.

3 HIPÓTESE

Parte-se do pressuposto de que a substituição de areia natural por pó de basalto seja apropriada e apresente similaridade entre os dois, de modo que a argamassa autonivelante apresente as propriedades adequadas para o uso.

4 JUSTIFICATIVA

Atualmente, o meio ambiente tem sofrido diversos tipos de danos devido à exploração humana. O concreto é um produto de grande consumo que necessita de matérias-primas diretamente encontradas na natureza, por isso tem grande impacto nesses danos.

A quantidade de areia consumida anualmente na construção civil brasileira é de 320 milhões de m³. Quase todo esse material é retirado das baixadas e dos leitos dos rios. A retirada de areia de um rio agride sua calha natural, leva a um aumento da vazão de água e acelera o ritmo de erosão das margens.

5 OBJETIVOS

OBJETIVO GERAL

O principal objetivo deste estudo experimental é mostrar a viabilidade de se substituir, a areia natural pelo pó de pedra na misturado concreto.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Demonstrar ensaios de caracterização em todos os materiais envolvidos;
- Compreender a resistência a compressão ao 7, 28 e 91 dias de idade;
- Analisar sua consistência pelo abatimento do tronco de cone “abatimento”;
- Avaliar a reatividade do pó de pedra com álcalis do cimento;
- Especificar o módulo de deformação.

6 METODOLOGIA

O trabalho se dá por meio de pesquisa bibliográfica, consulta e interpretar artigos científicos e publicações diretamente relacionadas a instituições públicas. Após consulta à literatura, foi realizado um teste para caracterizar os materiais que compõem o concreto e estudar a resistência à compressão. Após todos os ensaios e pesquisas de longo prazo, coletei todas as informações para escrever este trabalho.

A metodologia deste trabalho foi dividida da seguinte forma:

- Caracterizações dos materiais;
- Resistência;
- Abatimento do cone;
- Alcalis do cimento;
- Elasticidade e secagem.

7 PÓ DE PEDRA

GENERALIDADES

O impacto ambiental é uma característica distintiva do mundo industrializado. Esta substituir areia natural por pó de pedra podem ser algumas das soluções influências. Nos países mais desenvolvidos, essa substituição começou na década de 1970, dez anos após a produção em massa do primeiro equipamento especial para britagem material fino. Portanto, a ideia de produzir pó de pedra em escala comercial (ALMEIDA e SAMPAIO, 2002).

É considerado o produto básico da indústria da construção civil, com base o cimento Portland usa uma média de 42% de agregado grosso (cascalho) por metro cúbico, 40% areia, 10% de cimento, 7% de água e 1% de aditivos químicos. Como pode ser visto aproximadamente 70% do concreto é composto por agregados. Portanto, decorre daí a importância do uso desse agregado com especificações adequadas.

A NBR 7211 fornece as características necessárias para receber e produzir agregados pequenos e grandes de origem natural, encontrados espalhados ou de mesmo a rocha. Define areia ou agregado fino como areia de origem natural ou pode ser causada pelo esmagamento de rocha estável, ou pode ser uma mistura dos dois.

Os grãos passam pela peneira ABNT de 4,8 mm e ficam retidos na peneira ABNT 0,075mm. No entanto, existem substâncias pulverulentas no pó de pedra que passam pela peneira, que é substâncias consideradas prejudiciais ao concreto, quando sua quantidade for maior que estipulado pela NBR 7211: 3% do concreto sujeito a abrasão superficial e 5% do concreto sujeito a abrasão proteja o concreto da abrasão da superfície.

Por razões econômicas, o pó de pedra é usado como agregado fino em concreto, por aspectos relacionados à durabilidade, ela foi analisada e teve grande impacto. Uma vez que, não só no aspecto ambiental, mas também no aspecto econômico despertou o interesse das pessoas. A pedreira poderá vender produtos de resíduos inúteis trazem inconveniências ao armazenamento e ao meio ambiente e torne-se um produto com um valor final mais acessível.

Um fato que contribui muito para a utilização do pó de brita é a disponibilidade no mercado como sobra nos britadores, assim tornando um materia mais em conta do que a areia.

A retirada desse material (pó de pedra) causa danos irreparáveis ao meio ambiente e vem sendo cada vez menos favorecidas, tornando preocupante as perspectivas de garantia de suprimento futuro (IBRACON,2005).

CLASSIFICAÇÃO E PROPRIEDADES DO AGREGADO MIÚDO

Todo material natural ou artificial, pode ser usado como agregado para o concreto, mesmo usando aqueles que podem reagir, pode-se recorrer a formas de neutralizar os efeitos dessa reatividade segundo GIAMMUSO (1985).

Vários tipos de rochas são adequados para a produção de agregados industrializados. Os exemplos incluem granito, basalto, gnaisse, calcário, arenito e hematita. Neste trabalho, a rocha que produz os entulhos a serem explorados é o basalto, que é uma espécie de rocha vulcânica básica contém cerca de 50% de sílica e é de cor cinza escuro.

GRANULOMETRIA

A granulometria é o parâmetro físico mais analisado dos agregados, pois é a capacidade e resistência dos esforços mecânicos.

Nas primeiras análises sobre a granulometria, pensou-se que ela estaria ligada à máxima compactação, porém Feret (BASÍLIO,1995) demonstrou que a máxima compactação era conseguida com uma granulometria descontínua (grãos finos e grossos desprovidos dos médios) o que, segundo (BASÍLIO 1995), gerou problemas de trabalhabilidade, exigindo maior energia de vibração para um adensamento adequado. Fuller (BASÍLIO, 1995) mostrou que a granulometria ótima corresponderia a uma granulometria contínua e Lobo Carneiro (BASÍLIO 1995), por sua vez, afirmou que ela variava com a proporção cimento/agregado. (BASÍLIO 1995) concluiu que a granulometria ótima será aquela que, para uma mesma consistência e a mesma relação água/cimento, gere um consumo mínimo de cimento.

A forma desses agregados caracterizados pela granulometria e textura, influi de maneira menos significativas nas propriedades do concreto. Agregados com grande diâmetro facilitam a formação de um filme de água junto as paredes do concreto, enfraquecendo sua ligação com a pasta. Diâmetros menores aumentam a superfície de contato entre o agregado e a pasta, reduzindo tensões de aderência, aumentando a sua resistência. Já agregados com grande diâmetros possuem maior probabilidades de conter espaços vazios segundo DAL MOLIN (1995).

Tabela 1 – Granulometria da brita

Nomenclatura	Dimensões dos grãos
Brita n.º 0	4,8 a 9,5 mm
Brita n.º 1	9,5 a 19 mm
Brita n.º 2	19 a 25 mm
Brita n.º 3	25 a 38 mm
Brita n.º 4	38 a 64 mm
Pedra de mão	➤ 76 mm

Fonte: Frank Cabral de Freitas Amaral

Tabela 2 – Granulometria da areia

Escala granulométrica brasileira (ABNT)	
argila	$\phi < 0,005$ mm
silte	$0,005$ mm $< \phi < 0,05$ mm
areia fina	$0,05$ mm $< \phi < 0,425$ mm
areia média	$0,42$ mm $< \phi < 2,00$ mm
areia grossa	$2,00$ mm $< \phi < 4,80$ mm

Fonte: ANEPAC (1995)

PROCESSO DE BRITAGEM

A areia britada é um produto derivado da rocha que é processada até que ela fique na granulometria desejada. Após a perfuração da rocha, de acordo com o plano de potência de fogo, as pedras são transportadas para o equipamento de britagem para ter granulometria inferior a 4,8 mm. Na maioria dos processos industriais, o produto é transportado para equipamentos de lavagem para remoção do excesso de finos do produto final (CABRAL, 2007).

Segundo HONÓRIO (2010) planejamento cuidadoso do processo de britagem ajuda a determinar a qualidade do produto final de maneira econômica e confiável. Triturador e os dispositivos móveis permitem maior flexibilidade e reduzem o tráfego na mina. Em muitos os tipos de britadores incluem britadores de mandíbula, rotativos, cônicos, de impacto, de martelo único, de rolos, rotativos e de rolos duplos.

A operação de beneficiamento é puramente mecânica, incluindo britagem primária, secundária e terceira e quarta britagem, pode ser feito a seco ou úmido. Ao lavar, as

partículas os menores são produzidos em estrita conformidade com as seguintes etapas e não contêm quaisquer impurezas anteriormente, como tampas, matéria orgânica, etc. Quando não é lavado normalmente após a primeira trituração, o bocal de execução é separado e o material é enviado para a comercialização. A fim de reduzir a poeira suspensa causada pelas atividades de britagem, algumas pedreiras utilizam um sistema de pulverização de água instalado na boca do britador e na esteira (CABRAL, 2007).

Figura 1 - Britador cônico



Fonte: Moreira Neiva

Segundo CABRAL(2007) os melhores resultados obtidos, surgiram com máquinas do tipo “VSI” (Vertical Impact Shaft), cujo modo de ela trabalhar atuar deixa as partículas mais cúbicas e mais arredondadas.

Figura 2 – VSI (Vertical Impact Shaft)



Fonte:Constmach

Com a introdução dos novos britadores, algumas vantagens foram obtidas, como, por exemplo, melhor eficiência energética, melhor graduação da areia e maior controle sobre a geração de micro-finos (OHASHI, 2006)

PÓ DE PEDRA E O CONCRETO

O pó de pedra foi classificado como rejeito da exploração das pedreiras, que representa em torno de 15 a 20% das produção, segundo pela pesquisa de Sá (2006).

Nugent (2004), afirma que o pó de pedra já era utilizado desde o século passado por países como o Canadá e os Estados Unidos. Segundo Almeida (2005) a evolução dos equipamentos de britagem contribuiria significativamente com a produção de agregados para utilização na construção civil.

Outro fator que envolve a classificação do pó de pedra. NBR 7211 (2009) classifica a areia como agregado fino. Além disso, define que o agregado pode ser de origem natural (areia) ou pode ser feito de pedra. O pó de pedra está na forma de agregado fino, que se originou da rocha ou como todo agregado, se combinado com outros tipos de agregado, como areia natural.

No que diz respeito a granulometria, pois o formato inadequado do material pode influenciar diretamente na trabalhabilidade e no consumo de água, bem como o de cimento.

ALMEIDA (2005), afirma que a aplicação da areia de britagem, produz efeitos diferentes aos da areia natural, em especial nas propriedades no estado fresco, como diminuição da plasticidade e aumento na quantidade de água.

Segundo METHA e MONTEIRO (2014) a resistência de um material “é definida como a capacidade para resistir à tensão sem se romper”. Neste aspecto existe uma relação fundamental entre resistência e proporção de vazios existentes (porosidade). A porosidade limita a resistência do concreto, uma vez que os agregados utilizados no concreto possuem formas e volumes diferentes, é importante garantir que exista uma transição entre os vazios formados nos agregados e o cimento, garantido a resistência mínima determinada pela ABNT NBR 6118 (2004).

8 RESISTÊNCIA

A resistência à compressão pode ser considerada como a propriedade mais importante do concreto, por estar diretamente relacionada com sua estrutura interna, indicando uma estimativa do desempenho em termos mecânicos e indiretamente, da durabilidade.

AÏTCIN(2000) acrescenta que a elevada relação água/cimento dos concretos

convencionais é traduzida, em termos microestruturais, por uma microestrutura porosa em volta do agregado, em que se observa uma zona de transição de espessura variável e com maior porosidade. A maioria das propriedades mecânicas do concreto convencional está relacionada à resistência da pasta de cimento hidratado, ou a sua relação água/cimento.

Os valores de resistência a compressão axial alcançados pelos corpos de prova aos 7, 28 e 91 dias, segundo (ROMOLU TADEU). Para cada um dos traços estudados. Nesta etapa do trabalho, fixou-se a relação a/c em 0,70 e a consistência pelo abatimento do tronco de cone em 50 ± 10 mm.

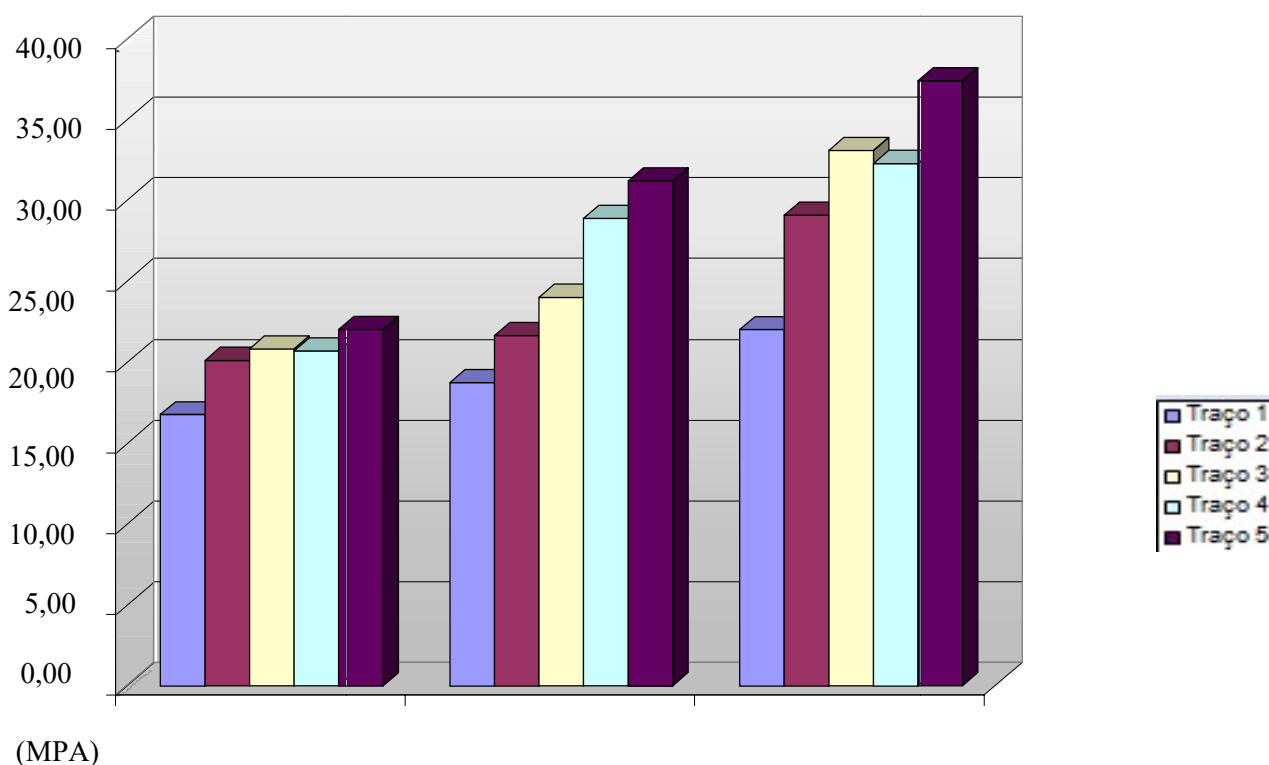
Tabela 3 - Os valores de resistência aos 7, 28 e 91 dias

Traço	Teor de substituição	Resistência aos 7 dias (MPa)	Resistência aos 28 dias (MPa)	Resistência aos 91 dias (MPa)
1	0 %	16,8	18,8	22,0
2	25 %	20,1	21,7	29,1
3	50 %	20,8	24,0	33,1
4	75 %	20,7	28,9	32,3
5	100 %	22,0	31,2	37,4

Fonte: Romulo Tadeu

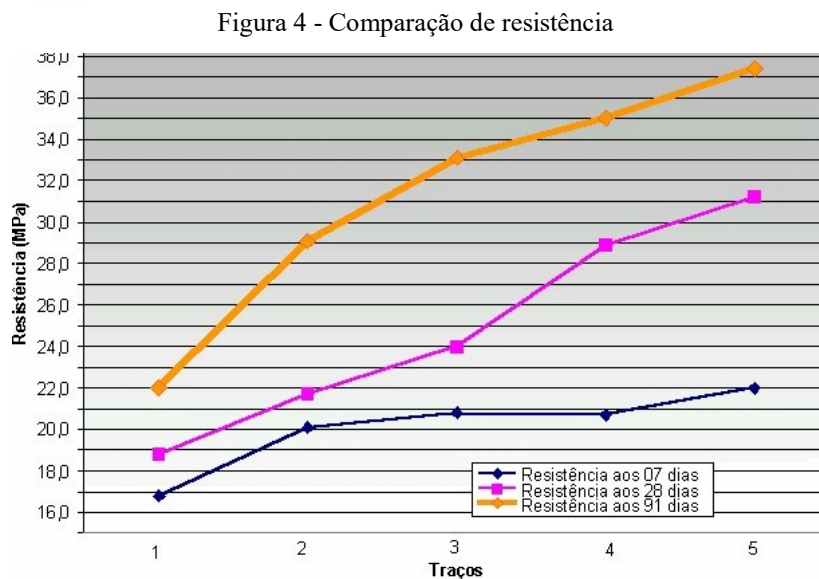
Para melhor entendimento desses valores da tabela 3 a figura 3 explica melhor para melhor interpretação, sendo de mais fácil identificação.

Figura 3- Resistência a compressão



Fonte: Romulo Tadeu

Outra figura que representa a comparação da resistência:



Fonte: Romulo Tadeu

De acordo com os dados fornecidos, pode-se verificar que o traço 5 e o pó de pedra 100% apresentam a maior resistência à compressão em todas as idades, embora a queda também seja a menor. Percebe-se que, em comparação com o concreto feito de areia natural, quanto maior o percentual de pedra no concreto, maior a sua resistência.

Comparado com o Traço 5, que é 100% adicionado de pó de pedra em vez de areia natural, em comparação com o Traço 1, que usa apenas areia natural como agregado fino, a resistência aumenta com o tempo. A força do traço 5 aumentou cerca de 70% (de 22 MPa aos 7 dias para 37,4 MPa aos 91 dias), enquanto o traço 1 mostrou um aumento de 31% (de 16,8 MPa aos 7 dias para 22 MPa aos 91 dias). Por outro lado, as características 2, 3 e 4 aumentaram 45%, 59% e 56%, respectivamente. É importante notar que essas diferenças são significativas porque a proporção de cimento, água e argamassa permanece constante dentro da faixa de consistência utilizada.

ENSAIO DO CONE

A especificação NBR 10342 estipula que, para efeito de comparação, a variação da temperatura ambiente não deve ultrapassar 2°C e a umidade relativa do ar não deve ultrapassar 5%. Portanto, considerando as condições climáticas que existiram durante o teste, os resultados devem ser analisados com cautela. Após o ajuste da consistência pré-determinada de cada concreto, a primeira leitura de redução foi obtida de acordo com a NBR 7223- “Concreto-Determinação da consistência por redução pelo backbone-ensaio cônico”.

Durante o intervalo de tempo, use um termômetro com uma sensibilidade de $\pm 0,10$ °C para medir a temperatura da mistura e a redução de emissão correspondente. Vale ressaltar que a medição foi feita próximo ao traço. A Figura 5 mostra o momento de medição do abate.

Figura 5 – Medição de abatimento



Fonte: Romulo tadeu

O pó de pedra absorve água, reduzindo assim a trabalhabilidade. Este declínio na operabilidade não ocorre apenas imediatamente, mas também ocorre com o tempo, o que foi confirmado pelo teste de resistência reduzida.

CONSISTÊNCIA

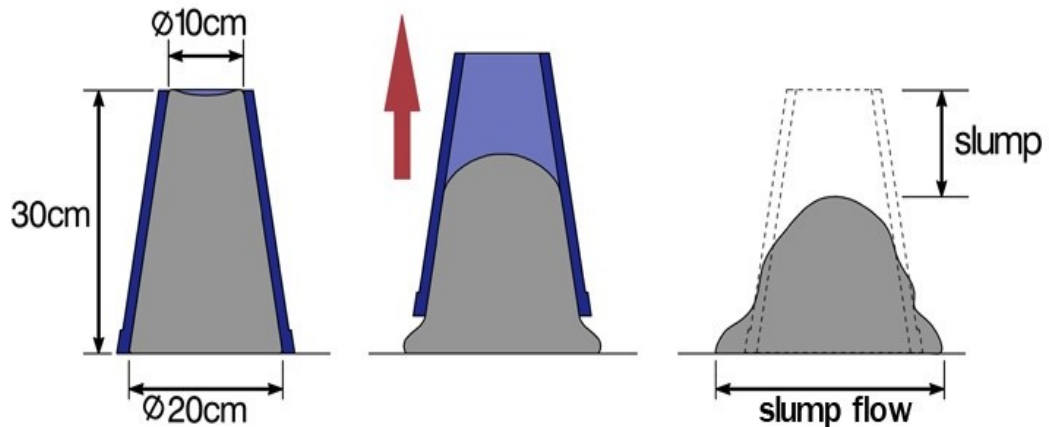
O processo de verificação da consistência mais utilizado no Brasil, pela simplicidade e facilidade de execução é o ensaio de abatimento do tronco de cone, conhecido como Slump Test, como apresentado acima.

VIEIRO (2010) define consistência como um atributo que determina o grau a fluidez da mistura do concreto no estado fresco está relacionada à fluidez do concreto. A consistência suficiente depende da natureza do trabalho, do tamanho da forma, a distribuição de barras de aço e o processo de vazamento e compactação de concreto.

Segundo VIEIRO (2010), devido à consistência, o concreto pode ser dividido em:

- Seco ou úmido: quando H está entre 6% e 8%;
- Plástico: quando H está entre 8% e 11%;
- Fluido: quando H está entre 11% e 14%.

Figura 6 – Ensaio de abatimento

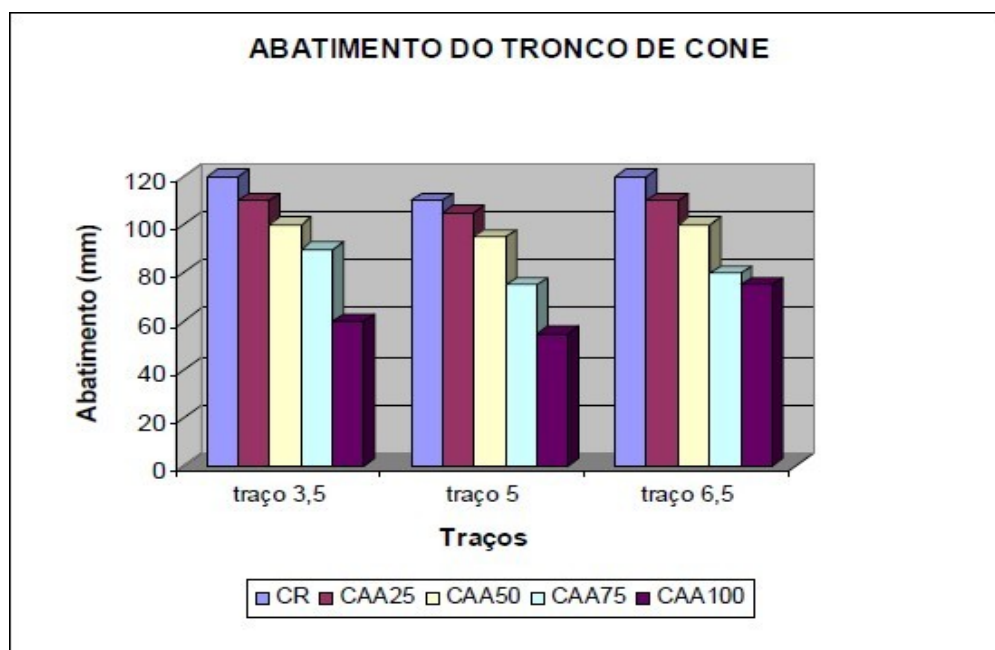


Fonte: Sabrina Bastos

CABRAL(2007) verificou-se uma perda constante de abatimento à medida que se aumenta a porcentagem de substituição de agregado natural pelo agregado britado. Com o aumento da quantidade de AB, conseqüentemente, aumentavam-se as concentrações de finos nas misturas e aumentava-se, sobretudo, a concentração de grãos com forma angulosa, fazendo com que a trabalhabilidade diminuísse, conforme mostra a figura 7 onde:

- CR = Concreto de referência com areia natural;
- CAA 25 = Concreto com substituição de 25% de areia de britagem;
- CAA 50 = Concreto com substituição de 50% de areia de britagem;
- CAA 75 = Concreto com substituição de 75% de areia de britagem;
- CAA 100 = Concreto com substituição de 100% de areia de britagem.

Figura 7 – Abatimento do cone



Fonte: Cabral (2007)

SEGREGAÇÃO

A segregação é um processo que ocorre no concreto onde depois cura o mesmo tem concentração de agregados graúdos em algumas partes da peça e concentração massa em outras.

A principal causa da segregação é o excesso de água, entretanto os diferentes tamanhos das partículas e das massas específicas dos constituintes e os métodos impróprios de adensamento também podem provocar segregação do concreto (RAMACHANDRAN e FELDMAN, 1984).

EXSUDAÇÃO

Já a exsudação ocorre quando a água começa a se separar da massa e ir para a superfície da peça, ou seja, o concreto nesse caso perde água.

Os processo de exsudação pode causar:

- Aumento da permeabilidade;
- Formação de nata de cimento sobre a superfície de concreto;
- Enfraquecimento da aderência pasta agregado e parte da armadura.

SABRINA BASTOS(2013) afirma ainda que a perda de abatimento está relacionada com a capacidade do concreto fresco em reter a água de amassamento.

O autor então afirma que Segregação é quando o agregado graúdo separa do concreto. Já a exsudação é quando há um excesso de água.

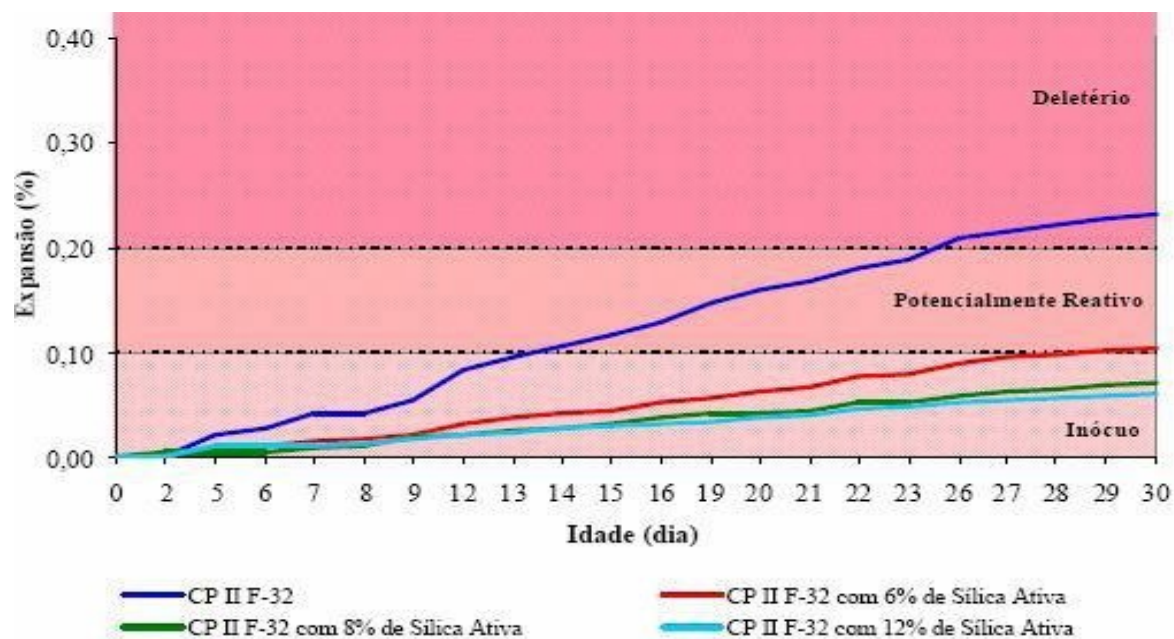
9. REAÇÃO ALCALI DO AGREGADO

Essa reação é citada por HASPARYK (1999) como termo geral para descrever a reação química que ocorre no interior da estrutura de concreto, envolvendo hidróxidos alcalinos derivados principalmente de alguns minerais ativos presentes no cimento e agregados utilizados. Como resultado da reação, o produto formado pode se expandir na presença de umidade, causando trincas, deslocamento e possivelmente danos estruturais.

CABRAL (2007) propôs um estudo relacionado à reatividade do material, no qual este parâmetro foi avaliado e testado de acordo com a norma ASTM C-1260 (2001).

A Figura 8 mostra ainda que, com a adição de 8% e 12% de sílica ativa, aos 30 dias tem-se uma expansão abaixo de 0,1%, o que indica um concreto com compostos de reatividade inócua. Porém, na amostra onde os agregados estão sem adição, o concreto teve expansão do tipo deletéria aos 30 dias, confirmando com isso, a reatividade da areia de britagem estudada.

Figura 8 – Reatividade Potencial



Fonte: Cabral (2007)

Entre os vários fatores que afetam a reação, o cimento de alto teor de álcali que pode ser usado para a reação, agregados reativos potenciais e fatores ambientais, como alta temperatura e umidade são particularmente proeminentes. Os principais sinais que levam à suspeita de reações álcali-agregado em estruturas de concreto são: fissuras-fissuras em forma de mapa padrão em concreto armado são frequentemente direcionais; intemperismo e infiltração de gel; descoloração do concreto, agregados grossos com bordas reativas, os poros são preenchido total ou parcialmente com material branco com componente de gel, microfissuras na argamassa preenchida com material branco e outros materiais (CABRAL, 2007).

MODULO DE ELASTICIDADE

A pesquisa VIEIRO (2010) mostra que o valor do módulo de elasticidade do concreto com areia de brita é 30% menor do que o do concreto com areia natural. À medida que o teor da mistura de argamassa aumenta, o resultado do módulo de elasticidade apresenta um valor decrescente. Segundo ele, não há um motivo óbvio para isso acontecer, uma vez que o teor de argamassa permaneça o mesmo e a mistura seja corrigida, será obtida a resistência à compressão equivalente. Para ele, a explicação pode estar no conteúdo dos materiais pulverulentos, na forma das partículas e na textura da superfície, que afetam diretamente o conteúdo da argamassa. Conforme observado, um aumento no teor de argamassa significa uma diminuição na quantidade de agregado graúdo, o que pode levar a uma diminuição do módulo de elasticidade.

Para BASTOS (2002), sob a mesma relação água-cimento, a brita mista é em média 0,1 a 0,3 MPa maior do que o concreto arenoso britado e 0,5 MPa maior do que o concreto arenoso natural. No caso da mesma quantidade de cimento, a quantidade média de brita misturada é 0,8 MPa superior à quantidade de areia britada. Uma mistura de cascalho e areia de brita com consumo de cimento superior a 300 kg / m³ é mais eficaz do que a areia natural.

De acordo com SILVA, CAMPITELLI e GLEIZE (2007) em seu estudo argamassa feita de areia britada e argamassa feita de areia tradicionalmente, o módulo de elasticidade é uma expressão da rigidez da argamassa no estado endurecido fornecido pelo cimento hidratado, devido à forma e aspereza, o intertravamento entre as partículas do agregado fatores como o conteúdo de partículas e materiais em pó. Consumo e o teor de água e cimento são as variáveis decisivas para a resistência compressão, tração de flambagem e aderência de tração, que está diretamente relacionado ao módulo de elasticidade. O fato de o módulo de elasticidade ser maior para argamassas produzidas com areia de brita, isso se deve ao melhor acúmulo de partículas, que é o resultado de um maior teor de materiais em pó, além disso, devido ao baixo consumo de água da argamassa, maior resistência mecânica.

RETRAÇÃO POR SECAGEM

De acordo com MEHTA e MONTEIRO (2008), a maioria das expressões teóricas para prever a retração por secagem reconhece que o módulo de elasticidade do concreto pode fornecer uma medida suficiente do grau de limitação de deformação e, como uma primeira aproximação, o módulo de elasticidade do agregado determina o elástico do concreto Módulo.

Porém, à medida que a água sai do concreto, o menisco se desenvolve em capilares mais finos, resultando em um aumento da força capilar gerada no concreto. A força (tensão capilar) gerada nos vazios capilares é inversamente proporcional ao diâmetro desses capilares. Enquanto essas forças capilares forem menores que a resistência à tração do concreto, o concreto encolherá elasticamente.

A retirada de água dos poros para o meio ambiente é um processo que depende do número de dias de exposição e das condições ambientais da estrutura inserida (NETO, 2009).

Para as mesmas condições ambientais (temperatura e umidade relativa), conforme o tempo aumenta, a taxa de encolhimento da secagem aumenta. No mesmo período, o aumento da umidade relativa do ar reduzirá o fluxo de água do interior do concreto para a superfície, diminuindo a retração por secagem (MEHTA e MONTEIRO, 2008).

10 CONCLUSÃO

Observou-se que quanto maior a quantidade de pó de pedra presente, menor é a trabalhabilidade do concreto. De acordo com os resultados da análise, pois além da distribuição granulométrica, são as mais próximas da área disponível. Desenvolvido pela usina de concreto, resultados significativos foram obtidos para sua resistência à compressão axial em 1 e 7 dias. Aos 28 dias de idade, seus resultados superaram o mesmo f_{ck} estabelecido, que é de 30 Mpa.

Com base nos resultados encontrados, afirma-se que é possível utilizar o pó de pedra na produção do concreto, em substituição parcial a areia natural, dentro dos limites deste trabalho. O uso desse atingiu aos parâmetros desejados, em relação à resistência à compressão axial e módulo de elasticidade, indicando a possibilidade de produção de concretos ambientalmente mais sustentáveis.

A argamassa do pó de pedra tem maior resistência do que a argamassa de areia e mais alta do que a argamassa industrializada. Isso mostra que a economia do cimento pode ser alcançada por meio de outros estudos com pó de pedra, pois no ensaio de resistência à compressão da argamassa, a resistência da argamassa com pó de pedra aumenta significativamente.

Além de um método alternativo para aumentar a resistência à compressão da argamassa, o pó de pedra também pode ser usado como alternativa ao uso de areia comum. O pó da pedra é um subproduto da trituração, geralmente armazenado nos sedimentos dos trituradores, e é de produção obrigatória porque é um subproduto de outros tamanhos de partículas trituradas de materiais trituradas. Essa substituição pode reduzir o possível impacto da mineração de areia comum.

Os estudos que envolvem a utilização de novas alternativas que beneficiem o meio ambiente e a economia, são sempre de grande valia, além de que são 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.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, S. L. M.; SAMPAIO, J. A. Obtenção de Areia Artificial com base em finos de pedreiras. Revista Areia & Brita, 2002.

ALMEIDA, I.R. Concreto de alto desempenho. In: Concreto: ensino, pesquisa e realizações. São Paulo: IBRACON, 2005.

ABNT NBR 6118, **Projeto de estruturas de concreto – Procedimento**, 2004.

ABNT NBR 7211, **Concretos e agregados**, 2005.

ABNT NBR 10342, **Projeto de estruturas de concreto – Procedimento**, 1992.

BASTOS, S. R. B. **Uso da areia artificial basáltica em substituição parcial à areia fina para produção de concretos convencionais**. Dissertação de Mestrado UFSC, 2002.

BASTOS, P. K. X. a. Areia de britagem Pedra Sul para construção Civil – Aplicações e Resultados. PARES – Pesquisa Argamassa e Concreto, (2005).

CABRAL, K. O. **Influência da areia artificial oriunda da britagem de rocha granito-gnaissenas propriedades do concreto convencional no estado fresco e endurecido**. Dissertação defendida no Curso de Mestrado em Engenharia Civil da Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás, (2007).

CARLOS, E. M. **Efeito da adição de resíduo de scheelita no comportamento técnico-mecânico e reológico de argamassas para engobes cerâmicos**. 2018. 122f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018.

DAL MOLIN, D.C.C. **Adições minerais**. In: ISAIA, Geraldo C. (Ed.). Concreto: Ciência e Tecnologia. São Paulo: Ipsis, 2011. P. 261 – 309.

GIAMMUSO (1985), **Utilização do planejamento experimental em rede simplex no estudo de resíduo de rocha ornamental como filler para obtenção de máxima compacidade**, 2009.

HONÓRIO, O. **Estudo de aumento de capacidade da planta de britagem da Usina I de Germano**, (2010).

HASPARYK, N. P. **Investigação dos mecanismos da reação álcali-agregado – efeito da cinza de casca de arroz e da sílica ativa**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Goiás, Escola de Engenharia Civil, Goiânia, (1999).

NETO, G. T. B. **Substituição de agregados miúdos naturais por britados em concretos**. Dissertação apresentada ao Programade Pós-Graduaçã em Construção Civil, da Universidade Federal doParaná, 2006

OHASHI, T. Areia de brita: Histórico e Evolução. Areia e Brita- ANEPAC, São Paulo, EMC, (2006).

ROMOLU TADEU, **Pó de pedra: Uma alternativa ou um complemento ao uso a areia na elaboração do concreto?** Ilha solteria – SP 2010.

SABRINA BASTOS TEODORO, **Avaliação do uso de britagem na composição do concreto de britagem**, Universidade federal de juiz de fora, 2013.

SILVA, N.; CAMPITELI, V.; GLEIZE, P. J. P. Argamassa de revestimento de cimento, cal e areia de britagem de rocha calcária. In: Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, 7, 2007.

VIEIRO, E. H. **Aplicação da areia de britagem de rochas basálticas na fabricação de concreto de cimento Portland**. Dissertação apresentada ao programa de pós-graduação em materiais da Universidade de Caxias do Sul, 2010.