

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ
RODRIGO SIMON

AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE CONCRETO COM
DIFERENTES GRANULOMETRIAS DE BASALTO

CASCADEL - PR 2018

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ
RODRIGO SIMON

**AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE CONCRETO COM
DIFERENTES GRANULOMETRIAS DE BASALTO**

Trabalho apresentado na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Prof. Orientador: Mestre Engenheiro Civil
Rodrigo Techio Bressan

CASCADEL - PR 2018

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ

RODRIGO SIMON

**AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE CONCRETO COM DIFERENTES
GRANULOMETRIAS DE BASALTO**

Trabalho apresentado no Curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, sob orientação do Professor (a) Mestre Engenheiro Civil Rodrigo Techio Bressan

BANCA EXAMINADORA

Orientador (a) Prof^a. Msc Rodrigo Techio Bressan
Centro Universitário Assis Gurgacz
Mestre Engenheiro Civil

Professora; Sciliane Sumaira Sauberlich Bavaresco
Centro Universitário Assis Gurgacz
Arquiteta e Urbanista Mestre

Professora; Dec Ligia Eleodora Francovig Rachid
Centro Universitário Assis Gurgacz
Doutora em Engenharia Civil

Cascavel, 05 de dezembro de 2018.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família, pelo amor infinito e compreensão que tiveram
nesta jornada, fonte de minha extrema motivação.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, pela força divina em minha vida.

À minha mãe, por entender minha ausência diária durante esta longa caminhada.

Agradeço à Empresa e aos colaboradores do laboratório de Engenharia Civil, por proporcionar a coleta dos dados necessários para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao meu pai, pela compreensão das minhas dificuldades durante esta caminhada.

Aos meus colegas e amigos, pelo apoio nesta longa caminhada Leonardo Sotte, Roberto Sotte e João Aparecido Jorge.

EPÍGRAFE

“Aqueles que se sentem satisfeitos sentam-se e nada fazem. Os insatisfeitos são os únicos benfeitores do mundo.” Max Frich

RESUMO

Os agregados são os produtos mais consumidos no mercado da construção civil, sendo que o setor que mais consome recursos naturais é a área de construção civil. A cada dia que passa os recursos naturais estão mais escassos e busca-se materiais para substituir e ampliar os com menores custos, estudo da composição do concreto vem em encontro a resistência o custo e a durabilidade do material fazendo a verificação quanto a resistência do mesmo quando avaliado a podendo ter embasamento prático para a melhor atuação na construção civil verificando a influência das diferentes granulometrias. Trata-se de um estudo de viabilidade e resistência do uso de diferentes granulometrias de basalto oriundo da região oeste do Paraná (Cascavel-PR). O principal objetivo do estudo foi avaliar a influência do agregado nas propriedades mecânicas do concreto como a resistência à compressão aos 7 e aos 28 dias e a variabilidade da consistência do concreto no estado fresco. Para isto, foram produzidos concretos com cinco tipos de granulometria de basalto. O ensaio se procedeu traço a traço primeiro foi pesado os materiais e adequado em suas proporções após colocados na betoneira e feita a mistura dos mesmos finalizado esta etapa realizou-se o ensaio de abatimento e por seguida acondicionados nas formas e feita a vibração com golpes de haste em cada corpo de prova feito 12 golpes no metal para eliminar possíveis bolhas de ar, após a limpeza dos equipamentos e utensílios foi realizado outro traço e assim se sege até o termino das diferentes amostras. Já a coleta do ensaio de compressão foi feita aos 7 e 28 dias após a confecção dos corpos de prova iniciado com a retificação dos corpos e por seguida se deu o ensaio em prensa hidráulica. O traço T-5 é um traço composto de brita1 e brita 3 e muito trabalhável sendo considerado que a escolha do teor da substituição depende principalmente da trabalhabilidade desejada, como resultado uma boa trabalhabilidade do material e uma resistência a compressão considerável, os materiais podendo ser empregados largamente na construção, levado em consideração que o material tem uma alta porcentagem de agregado graúdo e para uma substituição melhor deverá analisar a proporção água cimento também.

Palavras-chave: Basalto. Concreto. Granulometria, Ensaio de compressão.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Agregados graúdos	24
Figura 2: Explosão para retirada do material.	27
Figura 3: Adensamento do concreto	33
Figura 4: Slump teste.	34
Figura 5: Ensaio de compressão simples.	35
Figura 6: Resultado do <i>Slump Test</i>	38
Figura 7: Resistência à compressão aos 7 dias.	39
Figura 8: Resistência à compressão aos 28 dias.	40
Figura 9: Desenvolvimento da resistência	41
Figura 10: Ruptura corpo de prova	42
Figura 11: Ruptura do agregado.	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Resistência à compressão aos 28 dias.	29
Tabela 2: Estimativa do consumo de água.....	29
Tabela 3: Volume de agregado.	29
Tabela 4: Massa específica do concreto fresco.	30
Tabela 5: Esquema do traço.	31
Tabela 6: Traços empregados.	31
Tabela 7: Traço base.....	31
Tabela 8: Consumo dos materiais utilizados.	36
Tabela 10: Resistência à Compressão simples do concreto aos 7 dias.	48
Tabela 11: Resistência à Compressão simples do concreto aos 28 dias.	48

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1: Consumo de cimento.....	29
Equação 2: Consumo do agregado graúdo.....	30
Equação 3: Consumo de agregado miúdo.....	30
Equação 4: Resistência à compressão.....	34

LISTA DE ABREVEATURAS E SIGLAS

ABCP-Associação de concreto Portlan.....	21
CP-Concreto Portland.....	21
ABCP-Associação de concreto Portland.....	31
CP-Concreto Portland.....	31
T-Traço.....	37
T-Traço.....	38
T-Traço.....	39
T-Traço.....	3

CAPÍTULO 1.....	14
1.1 INTRODUÇÃO	14
1.2 OBJETIVOS	15
1.2.1 Objetivo geral.....	15
1.2.2 Objetivos específicos	15
1.3 JUSTIFICATIVA.....	16
1.4 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA	16
1.5 FORMULAÇÃO DA HIPÓTESE	17
1.6 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	17
CAPÍTULO 2.....	18
2.1 Materiais.....	18
2.1.1 Cimento	18
2.1.1.1 Água	19
2.1.1.2 Propriedades do concreto	19
2.1.2 Dosagem dos materiais	20
2.1.2.1 Método de dosagem de concreto da ABCP.....	21
2.1.2.2 Cura	22
2.1.3 Tipo de agregados	22
2.1.4 Propriedades dos agregados	24
2.1.4.1 Granulometria do agregado.....	24
2.1.4.2 Forma e textura do agregado.....	24
2.1.4.3 Resistência a compressão e módulo de elasticidade	25
2.1.4.4 Massa unitária e massa específica.....	25
2.1.5 Utilização basalto construção civil.....	26
2.1.5.1 Extração.....	27
2.1.5.2 Britagem.....	27
CAPÍTULO 3.....	29
3.1 METODOLOGIA	29
3.1.1 Tipo de estudo e local da pesquisa.....	29
3.1.2 Caracterização dos materiais.....	29
3.1.2.1 Materiais.....	29
3.1.2.2 Dosagem.....	29
3.1.3 Métodos.....	33

3.1.3.1 Mistura e confecção dos concretos.....	33
3.1.3.2 <i>Slump teste</i>	34
3.1.3.3 Resistência a compressão simples.....	35
3.1.4 Análise dos resultados.....	36
CAPÍTULO 4.....	37
4.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES	37
4.1.1 <i>Slump Test</i>	37
4.1.2 Resistência a compressão	39
4.1.3 Análise da ruptura	41
CAPÍTULO 5.....	43
5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	43
CAPÍTULO 6.....	44
6.1 SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS.....	44
REFERÊNCIAS	45
APÊNDICE A – RESULTADOS DA GRANULOMETRIA.....	48
APÊNDICE B – RESULTADOS DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO	48

CAPÍTULO 1

1.1 INTRODUÇÃO

Segundo Gastaldini (1986) o basalto é uma rocha de granulação fina, geralmente de cor acinzentada escura e pertence ao grupo das rochas ígneas, ou seja, é diretamente derivada da consolidação e esfriamento do magma vulcânico derretido, considerada como rocha ígnea extrusiva, pois sua consolidação se dá sobre a superfície terrestre. Também conhecido como “pedra-ferro”, o basalto é considerado a pedra mais abundante sobre a superfície da terra e, no Brasil, é encontrado principalmente na região sul do país. Por sua rigidez e resistência, é muito utilizado na construção civil há muito tempo. Quanto à sua coloração, também é possível que apresente cor ligeiramente esverdeada (pequenos vestígios vítreos, resultados da consolidação), devido aos minerais que o compõem (olivinas e piroxenas).

Com o desenvolvimento da tecnologia do concreto, o estudo dos agregados que o compõe tem-se tornado cada vez mais indispensável. Além das propriedades importantes do concreto endurecido, os agregados têm um papel relevante na determinação do custo e trabalhabilidade do mesmo (OHASHI, 2006).

A aceitação do concreto e sua conformidade são verificadas pela resistência à compressão utilizando-se os resultados analisados no controle tecnológico na idade de 28 dias do concreto. O agregado é responsável por cerca de 60 a 80% do volume do concreto sendo grande a sua importância técnica e econômica na mistura. O basalto é um dos produtos mais utilizados pela construção civil, muito apropriado para fabricação do concreto para qualquer tipo de edificação de colunas, vigas e lajes assim como em diversas aplicações na construção de edificações de grande porte (THEODORO, 2001).

Silva (1991) define como granulometria a composição granulométrica de um agregado, ou seja, a proporção relativa dos diferentes tamanhos dos grãos que o constituem, expressa em porcentagem. Antes tido como um material inerte, o agregado passou a ser visto não só como um componente do concreto, mas sim um elemento capaz de influenciar o desempenho do concreto. Assim, quando esta influência passou a ser conhecida cuidou-se melhor da seleção dos agregados, sempre levando em consideração o ambiente de inserção da estrutura de concreto que será produzido.

A maior parte das características do agregado depende da rocha mãe da qual foram retirados, como por exemplo, a composição química e mineral, massa específica, dureza, resistência, estrutura de poros, entre outras (NEVILLE, 2013).

Conforme Coutinho (1999), a granulometria tem uma enorme influência sobre as propriedades do concreto principalmente no que se refere à trabalhabilidade, ou seja, a maior ou menor facilidade com que o concreto é amassado, transportado e compactado, assim como a maior ou menor facilidade de segregação durante essas operações. Se a granulometria é contínua (partículas distribuídas uniformemente por todas as dimensões da menor à maior) e se as partículas têm uma forma adequada, é possível obter-se concreto muito mais compactado e resistente para uma dosagem mínima de cimento reduzindo paralelamente o risco de segregação.

O trabalho tem como objetivo avaliar a resistência de diferentes tipos de traço de concreto havendo a variação do agregado gráúdo buscando uma melhor resistência. Devemos tomar cuidado com a distribuição granulométrica do concreto, pois deverá preencher todos os vazios presentes no concreto, sendo que a porosidade influencia diretamente na permeabilidade e na resistência das estruturas de concreto (PORTAL DO CONCRETO, S.D.)

A mistura pode ser tanto manual quanto mecânica. A mistura manual é feita em pequenos volumes ou em obras de pequeno porte. Deverá ser feita em uma superfície plana, impermeável e resistente. Primeiro mistura-se os materiais secos, que são o cimento e os agregados até obter uma cor uniforme. Após, inserir água aos poucos até obter um aspecto uniforme.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Avaliar a influência da granulometria do basalto nas propriedades do concreto Portland em ensaio de compressão segundo norma NBR5739 e ensaio de abatimento segundo norma NBR MN 67

1.2.2 Objetivos específicos

- a) Analisar a coesão do concreto por meio do *slump test*;
- b) Verificar o desempenho de diferentes traços quanto à sua resistência à compressão;

1.3 JUSTIFICATIVA

A construção sustentável harmoniza os impactos ambientais e humanos da construção, garantindo, ao mesmo tempo, a mais alta qualidade, resistência e durabilidade, sem descuidar da estética. Ela leva em conta o ciclo de vida completo de uma construção, desde a escolha dos materiais até o processo de demolição e reciclagem.

A microestrutura do agregado pode ser resumida como sendo constituída de vários minerais, microfissuras e vazios. Estes minerais dependem da característica de formação da rocha matriz (METHA e MONTEIRO, 2008).

De acordo com Cabral (2007), a finalidade primordial dos estudos granulométricos é encontrar a composição ideal que dê a maior compacidade possível, e, para isso, é requisito básico uma boa pasta de aglomerante.

Gastaldini (1986) verificou que a melhor distribuição granulométrica para dosagem de concreto na mistura de agregado miúdo e areia britada foi conseguida com proporções de 50% de cada material. De acordo com (Andriolo 1984) em um volume de concreto convencional os agregados, tanto graúdo como o miúdo, ocupam cerca de 75% de seu volume. Dessa forma, é inevitável que o material com uma porcentagem elevada na massa do concreto, deva contribuir nas propriedades do concreto fresco e endurecido.

Segundo Cabral (2007) a durabilidade do concreto é função de uma série de fatores, tendo início no projeto, passando pelos materiais empregados e chegando na qualidade de execução. Por outro lado, o processo de deterioração está diretamente relacionado às facilidades de penetração dos agentes agressivos no concreto de cobrimento das armaduras, ou seja, em função da sua porosidade e consequentemente permeabilidade.

Os diferentes granulometrias buscando o que tenha a maior resistência a compressão devido à qualidade dos basaltos utilizados como gregado.

1.4 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Quais são as alterações nas propriedades do concreto ao modificar o tipo de agregado em função da sua granulometria?

1.5 FORMULAÇÃO DA HIPÓTESE

Espera-se que, quanto maior granulométrico maior será a resistência, seja ela à compressão ou à tração, devido ao travamento das partículas parâmetros, granulométricos e propriedades de concretos com necessidade de resistência à tração e sua aplicabilidade. No estado fresco, a consistência da mistura deve ser tal que se possa adensar a uma energia desejada e ser suficientemente coesivo para que as atividades de transporte e lançamento não promovam segregação.

1.6 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

O método de ensaio da ABCP no estudo realizou-se 25 corpos de prova compostos por 5 tipos de traço diferente sendo realizado 5 corpos de cada traço, foram rompidos 2 corpos aos 7 dias para verificar a evolução da resistência e 3 aos 28 dias. Os corpos de prova foram retificados antes do ensaio de compressão.

Esse estudo baseou-se apenas no teste de compressão axial dos corpos de prova do concreto e do ensaio de abatimento do tronco de cone do concreto, segundo as normas NBR5739 e NBR67 determinação da consistência pelo abatimento de tronco de cone, para o traço agregado graúdo do tipo brita 0,1,2,3 com cimento CP II-Z, teores de 75% de agregado graúdo basáltico, e como agregado miúdo pó de pedra basáltica. Foram realizados os ensaios de *slump test* para determinar a trabalhabilidade e moldados corpos de prova cilíndrico de 10x20 cm para rompimento dos corpos de prova aos 28 dias por compressão.

O traço tem como indicação a classe II de agressividade, resistência mínima de 25MPa de resistência aos 28 dias e uma relação água/cimento máxima de 0,50. Os ensaios foram realizados no laboratório da FAG e os materiais foram comprados em lojas de materiais de construção pelo acadêmico. E o basalto, com diferentes granulometrias de pedra, foi extraído de uma Pedreira QUATI de CASCAVEL-PR.

CAPÍTULO 2

2.1 Materiais

2.1.1 Cimento

Cimento na acepção da palavra pode ser considerado todo material com propriedades adesivas e coesivas capaz de unir fragmentos de minerais entre si de modo a formar um todo compacto. Já no campo da construção, o significado do termo “cimento” se restringe aos materiais ligantes usados com pedra, areia, tijolos, blocos, etc. Os constituintes principais deste tipo de cimento são os calcários, de modo que na Engenharia Civil e na construção se pensa em cimento calcário (NEVILLE, 1997).

Os cimentos que interessam no preparo do concreto têm a propriedade de endurecer mesmo dentro da água, devido às reações químicas com esse elemento, e, portanto, são denominados cimentos hidráulicos (NEVILLE, 1997). A utilização do cimento é bem antiga, sendo utilizado pelos egípcios a partir do gesso impuro calcinado. Os gregos e romanos considerados responsáveis pela fabricação do primeiro concreto da história, utilizaram calcário calcinado e aprenderam posteriormente, a misturar cal e água, areia e pedra fragmentada, tijolos ou telhas em cacos.

Mehta e Monteiro (1994) definem o cimento Portland como:

“Um aglomerante hidráulico produzido pela moagem de clínquer, que consiste essencialmente de silicatos de cálcio hidráulicos, usualmente com uma ou mais formas de sulfato de cálcio como um produto de adição. Os clínqueres são nódulos de 5 a 25 mm de diâmetro de um material sintetizado, produzido quando uma mistura de matérias primas de composição predeterminada é aquecida a altas temperaturas”.

O cimento Portland composto tem diversas possibilidades de aplicação sendo um dos cimentos mais utilizados no Brasil. Suas propriedades atendem desde estruturas em concreto armado até argamassas de assentamento e revestimento, concreto massa e concreto para pavimentos. Os diferentes tipos de concreto Portland são CP I (Cimento Portland Comum), CP I-S (Cimento Portland comum com adição), CP II-E (Cimento Portland composto com escória), CP II-Z (Cimento Portland composto com pozolana), CP II-F (Cimento Portland composto com fíler), CP III (Cimento Portland de alto forno), CP IV (Cimento Portland Pozolânico), CP V-ARI (Cimento Portland de alta resistência

inicial), CP RS (Cimento Portland resistente a sulfatos), CP BC (Cimento Portland de baixo calor de hidratação), CPB (Cimento Portland Branco).

O no estudo realizado foi utilizado CP II-Z-32 leva, em sua composição, de 6 a 14% de pozolana e até 10% de material carbonático. Este cimento foi escolhido devido a sua ampla utilização na construção civil sendo empregado em lajes, vigas e demais finalidades

2.1.1.1 Água

Segundo Isaia (2011), a água é um material indispensável ao concreto que lhe confirma as propriedades necessárias de resistência e durabilidade. As alterações que a água exerce na microestrutura das pastas cimentícias são importantes como hidratação de cimento, a retração e fluência, propriedades reológicas do concreto fresco e endurecido, os mecanismos de transporte dos fluídos e muitos outros fenômenos.

A qualidade da água é importante porque suas impurezas podem afetar na pega do cimento, interferir desfavoravelmente na resistência do concreto ou acarretar manchamento de suas superfícies, ou ainda levar à corrosão das armaduras. Por essas razões, a adequabilidade da água de amassamento e de cura deve ser conferida (NEVILLE, 2013).

NBR15900-1/(2009) Especifica os requisitos para a água ser considerada adequada ao preparo de concreto e descreve os procedimentos de amostragem, bem como os métodos para sua avaliação. Estabelece os requisitos para a água a ser usada no amassamento de concreto.

2.1.1.2 Propriedades do concreto

O concreto fresco deve ter trabalhabilidade, homogeneidade, coesão e um bom adensamento. No estado endurecido, deve apresentar resistência à compressão, à tração e à abrasão, impermeabilidade, elasticidade e durabilidade. A trabalhabilidade define a maior ou menor facilidade de lançamento do concreto e sua aptidão de adensar-se em função das condições locais (RODRIGUES, 1998).

A coesão é a propriedade que mantém a composição nas etapas de transporte, lançamento e adensamento, já que o concreto é composto de materiais com características

físicas muito diferentes, e há uma tendência de separação deles (segregação).

O concreto endurecido é o material que se obtém pela mistura dos componentes. Após o fim da pega do aglomerante, a pasta se solidifica completamente. (METHA E MONTEIRO, 2008). As propriedades que um concreto depois de endurecido deve possuir são resistência, durabilidade, impermeabilidade e aparência. A resistência à compressão do concreto é a propriedade mais valorizada por projetistas e engenheiros de controle de qualidade.

ABNT NBR 6118 (historicamente conhecida como NB-1), ABNT NBR 7197, ABNT NBR 6119 e ABNT NB-49, de modo que a esta Norma cabe definir os critérios gerais que regem o projeto das estruturas de concreto, sejam elas de edifícios, pontes, obras hidráulicas, portos ou aeroportos etc. Assim, ela deve ser complementada por outras normas que fixem critérios para estruturas específicas.

Existem diferentes tipos de concreto no mercado e cada um tem uma finalidade diferente. O concreto é um material amplamente utilizado na construção civil, pois possui propriedades que o tornam muito mais viável em relação a outros materiais como o aço.

Podem-se listar vantagens como resistência à água, a obtenção de diversas formas e tamanhos por elementos estruturais feitos de concreto e seu baixo custo podendo, inclusive, ser fabricado no local da obra.

2.1.2 Dosagem dos materiais

A dosagem dos materiais consiste em determinar as proporções mais adequadas e economicamente viáveis, o quanto cada material é adicionado a misturas, de modo a alcançar as propriedades identificadas para o concreto fresco e endurecido. Portanto, dosar é encontrar o traço que se adeque às condições específicas de um projeto usando corretamente os materiais necessários e disponíveis (PETRUCCI, 1998).

2.1.2.1 Método de dosagem de concreto da ABCP

Este método de dosagem foi criado na década de 1980 pela ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland) por meio de experimentos. Como os materiais de

construção mudaram muito daquela época para os dias de hoje, o método está desatualizado, não podendo ser utilizado para obter diretamente o traço. (RODRIGUES, 1998) O método consiste em elaborar um traço-base, e, com os resultados dos ensaios, realizar os ajustes nas dosagens.

O método exige o conhecimento das seguintes informações: tipo, massa específica e nível de resistência aos 28 dias do cimento (ex.: CP II 32 - 32MPa aos 28 dias); análise granulométrica e massa específica dos agregados; dimensão máxima característica do agregado gráudo; consistência desejada do concreto fresco e resistência de dosagem do concreto (f_{cj}).

As etapas do método ABCP:

1) Fixar a relação água/cimento (utilizando-se, para isso, o gráfico de resistência normal - requer o conhecimento do tipo de cimento utilizado e a resistência de dosagem requerida);

2) Consumo de água

Abatimento, em mm	Dimensão máxima característica do agregado, em mm				
	9,5	12,5	19	25	38
	Concreto sem ar incorporado				
25	208	199	187	178	163
75 a 100	228	217	202	193	178
150 a 175	243	228	214	202	187

3) Determinar o consumo aproximado de água do concreto, (ca) utilizando o quadro

2. (necessita da dimensão máxima característica do agregado gráudo e da consistência desejada);

4) Determinar o consumo de cimento (cc) - o consumo de cimento é a relação entre o consumo de água e a relação água cimento;

5) Determinar o consumo de agregados.

2.1.2.2 Cura

Segundo Mehta e Monteiro (1994), o termo cura do concreto trata de procedimentos utilizados para hidratar o cimento, com controle do tempo, temperatura, condições de umidade, imediatamente após a colocação do concreto nas formas.

Em condições normais de temperatura, alguns constituintes do cimento começam a se hidratar assim que a água é adicionada, mas as reações são retardadas quando os grãos de cimento anidro são cobertos pelos produtos de hidratação. Sendo assim, a hidratação apenas é satisfatória quando em condições de saturação. A cura deve ser iniciada logo após o adensamento e acabamento do concreto, e deve ser mantida até que o concreto tenha resistência suficiente para não mais se fissurar. Com temperatura próxima a 22°C, o ideal é manter a cura durante 14 dias, nunca menos que 7 dias para os cimentos Portland. No entanto, os cimentos pozolânicos e de alto forno devem ser curados entre 14 e 21 dias (GIAMMUSSO, 1992).

A cura é a última operação a ser realizada e consiste em evitar a retração hidráulica nas primeiras idades, quando o concreto ainda não tem resistência suficiente para evitar a formação de fissura. Desta forma, para que não haja retração, deve-se evitar a perda de água pela superfície do concreto (MEHTA e MONTERIO, 1994).

São muitos os processos utilizados para evitar a retração, tais como: molhagem contínua da superfície exposta, proteção com tecidos ou papéis úmidos, cobertura com lonas plásticas ou aplicação de emulsão impermeabilizante (GIAMMUSSO, 1992).

2.1.3 Tipo de agregados

O tipo de rocha basáltica a ser usado também deve ser analisado de acordo com as características exigidas para cada concreto. Basicamente, não há restrição para a composição de concretos convencionais. Para a elaboração de concretos especiais ou usos específicos, contudo, as pedras britadas devem ser selecionadas conforme as necessidades específicas da obra ou forma. No caso de um concreto mais rígido e com pouca deformação, é recomendado o uso de basalto, uma rocha de constituição apropriada (BOGGIO, 2000).

Os agregados que compõem a NBR 7211 Especifica os requisitos exigíveis para recepção e produção dos agregados miúdos e graúdos destinados a produção de concretos de cimento Portland. Os agregados especificados nesta Norma podem ser de origem natural, já encontrados fragmentados ou resultantes da britagem de rochas. Esta Norma não se aplica a agregados obtidos por processos industriais, como subprodutos, e a materiais reciclados, ou mistura desses agregados, exceto o estabelecido.

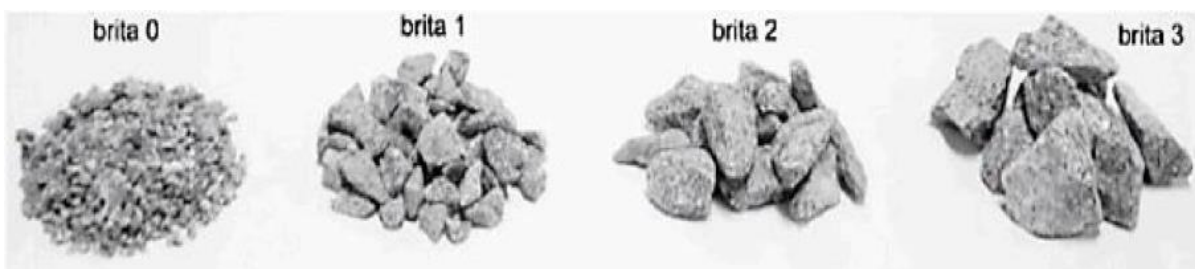
Os agregados britados são classificados conforme o tamanho dos grãos em (ABNT,

2005):

- a) Pó de brita: Sua malha é de 5 mm e é muito utilizado para obtenção de concreto com textura fina, como em calçadas, na fabricação de pré-moldados, já que dá maior facilidade de modelagem, como estabilizador de solo na produção de argamassa para o contra piso. É também muito usado nas empresas que mexem com produção de asfalto (MERKATUS, 2016).
- b) Brita nº 0 ou Pedrisco: A malha é de 12 mm e ela é bem pequena, sendo muito usada na produção de vigas, lajes pré-moldadas, tubos, blocos de concreto para construção e fundação, paralelepípedos de concreto moldados, aqueles de encaixe, para a produção de chapisco, blocos e manilhas (MERKATUS, 2016).
- c) Brita 1: A malha é 24 mm, o dobro da brita 0 e é a mais usada em todos os processos da construção civil, pois é a mais usada na produção de concreto para as colunas, que não parte crucial quando se trata de qualidade necessária, vigas e lajes, ou seja, quase tudo. Nas construções de grande porte, como prédios e grandes espaços comerciais, ela é ainda mais usada (MERKATUS, 2016).
- d) Brita 2: Tem malha 30 mm e é utilizada somente quando há necessidade de um concreto mais resistente, normalmente em construções de porte maior e que tenha que suportar mais peso. O concreto é chamado de concreto bruto, e é requerido em pisos de maior espessura. (MERKATUS, 2016).
- e) Brita 3: A malha é ainda maior, dessa vez com 38 mm, e já não é mais usada em processos normais de construção, mas em obras de base, como aterramento, nivelamento ferroviário e na instalação de drenos (MERKATUS, 2016).

A Figura 1 representa os diferentes tipos de granulometria.

Figura 1: Agregados graúdos



Fonte: <https://www.google.com.br/search?>

2.1.4 Propriedades dos agregados

2.1.4.1 Granulometria do agregado

A granulometria ou análise granulométrica dos materiais é um estudo da distribuição das dimensões dos grãos. Ou seja, é a determinação das dimensões das partículas do agregado e de suas respectivas percentagens de ocorrência. A NBR 7211 especifica os requisitos exigíveis para recepção e produção dos agregados miúdos e graúdos destinados a produção de concretos de cimento Portland.

O aumento da dimensão máxima do agregado, para uma mesma mineralogia, pode ter dois efeitos opostos sobre a resistência do concreto. Utilizando o mesmo teor de cimento e mesma consistência do concreto, as misturas do concreto com agregados maiores requerem menos água de amassamento do que aquelas que contêm agregados menores. (NUNES 2005). Devemos tomar cuidado com a distribuição granulométrica do concreto, pois deverá preencher todos os vazios presentes no concreto, sendo que a porosidade influencia diretamente na permeabilidade e na resistência das estruturas de concreto. (PORTAL DO CONCRETO, s.d.) A mistura pode ser tanto manual quanto mecânica. A mistura manual é feita em pequenos volumes ou em obras de pequeno porte.

2.1.4.2 Forma e textura do agregado

A forma do agregado se refere à sua geometria tridimensional. Neville (1997) revela que como é difícil representar corpos tridimensionalmente irregulares, é mais conveniente definir certas características geométricas desses corpos, tais como alongamento, achatamento e esfericidade. A textura superficial do agregado tem influência sobre sua aderência com a pasta de cimento.

Tanto a forma quanto a textura do agregado exercem forte influência sobre a resistência a compressão do concreto principalmente nas primeiras idades. Segundo Neville (1997), o efeito da forma e da textura é mais significativo em concretos de alta resistência.

2.1.4.3 Resistência a compressão e módulo de elasticidade

A resistência à compressão e o módulo de elasticidade dos agregados são propriedades inter-relacionadas, que são influenciadas pela porosidade. Os agregados naturais comumente usados para a produção de concreto normal são geralmente densos e resistentes; portanto, raramente são fatores limitantes da resistência e propriedades elásticas do concreto endurecido (MEHTA e MONTEIRO, 1994).

Andrade (1997, *apud* Sturmer, 2007) acredita que para concretos em geral, o módulo de elasticidade do agregado está ligado à retração por secagem. Quanto menor o módulo de elasticidade do agregado, maiores deformações devidas à retração o concreto apresentará. Por consequência, se houver alguma restrição impedindo a descarga das tensões geradas a partir dessa deformação, o concreto estará mais susceptível à fissuração. Concretos, com menor módulo de elasticidade, também apresentarão maior fluência. Dessa forma, as tensões advindas da variação térmica serão minimizadas.

2.1.4.4 Massa unitária e massa específica

Para efeitos de dosagem, é necessário que se conheça o espaço ocupado pelas partículas do agregado, incluindo os poros existentes dentro das partículas. Portanto, é necessário determinar a massa específica e a massa unitária para conhecer o desempenho de argamassas e concretos (MEHTA e MONTEIRO, 2008).

A massa específica é definida como sendo a massa do material, incluindo os poros internos, por unidade de volume e a massa unitária é definida como sendo a massa das partículas do agregado que ocupam uma unidade de volume. Neville (1997) acrescenta que a massa específica do agregado é usada nos cálculos de quantidades, mas o valor da massa específica não é uma medida da qualidade dos agregados.

Carneiro et al. (1997) utilizaram em seu trabalho a massa unitária da areia definida como sendo a quantidade de massa capaz de ser acomodada em um recipiente de volume unitário. Cabral (2007) descreve a massa unitária como sendo a massa por unidade de volume do agregado compactado segundo um determinado processo, considerando-se os vazios entre os grãos. Segundo ele a massa unitária é usada para a escolha da mistura de agregados que torne o concreto mais compacto.

Segundo Frazão et al. (2007) dependendo da maneira como se arranjam os agregados, estes alcançarão uma maior ou menor compacidade pelo fato de a massa unitária ser também influenciada pela forma das partículas e pela sua distribuição granulométrica.

Quanto à massa específica, a norma NBR 9935 (2005) classifica os agregados em densos ou pesados e leves.

- a) Agregado denso é aquele que possui massa específica elevada, entre 1500 e 1700 kg/m³. São agregados que produzem concretos normais com aproximadamente 2400 kg/m³. Como exemplo, pode-se citar a barita (minério de bário), a hematita (minério de ferro) e a limonita (crostas hidratadas de minerais ferruginosos).
- b) Agregado leve é aquele que possui baixa massa específica, abaixo de 1120 kg/m³. São usados para produzir concretos leves. São gerados a partir da expansão térmica de argila, escória siderúrgica, vermiculita e ardósia (PETRUCCI, 1998).

Habitualmente a massa específica para as rochas utilizadas variam entre 2600 e 2700 kg/m³, valores típicos para granito, arenito e calcário denso são 2690, 2650 e 2600 kg/m³, respectivamente. A massa unitária usual dos agregados empregados no concreto de peso normal varia entre 1300 a 1750 kg/m³ (METHA e MONTEIRO, 2008).

2.1.5 Utilização basalto construção civil

Nesse ramo, seus usos incluem: construção e acabamento de casa, na estrutura e revestimento de paredes exteriores como pedra decorativa, pavimentação de calçadas, escadas e até mesmo construção de diques em chácaras e sítios (OLIVINAS, 2004).

Com relação ao uso na construção e acabamento de residências, o efeito da pavimentação com basalto fica muito bonito e resiste por longos anos, indiferente a ações naturais externas. Existem vários formatos diferentes, já que as empresas disponibilizam as peças pré-moldadas. A maneira de dispor as peças também é variada, podendo formar “desenhos” geométricos ou apenas linhas e colunas intercaladas entre si. A coloração também pode ser escolhida de acordo com o efeito que se deseja alcançar (Olivinas 2000).

2.1.5.1 Extração

A extração do basalto inicia-se com a perfuração do topo da jazida por uma carreta perfuratriz. A umidade é retirada da perfuração, caso haja, e nela são inseridos explosivos. Assim, a detonação dos explosivos é feita e as rochas de basalto se desprendem da jazida. É feita, então, a carga e o transporte do basalto até os britadores, conforme Figura 2.

Figura 2: Explosão para retirada do material.



Fonte: <https://www.google.com.br/search?q 2016>

2.1.5.2 Britagem

Os explosivos utilizados no processo de extração do basalto fazem com que rochas de diferentes tamanhos sejam separadas da jazida. Para que essas rochas de tamanhos e pesos diversos se enquadrem nas classificações comerciais do basalto (Pedra 1, pedrisco, pó de basalto, etc.), é preciso submetê-las ao processo de britagem (SERANA, 2016).

O processo de britagem, é composto por etapas de moagem responsáveis por reduzir as medidas da pedra de forma gradual e bem definida. O maquinário utilizado nessa etapa é chamado de britador de mandíbula.

O britador rompe as rochas de maneira irregular diminuindo o tamanho da mesma e depôs com peneiras classifica por tamanho por meio de peneiras.

CAPÍTULO 3

3.1 METODOLOGIA

3.1.1 Tipo de estudo e local da pesquisa

O tipo de estudo foi a influência de agregado graúdo de diferentes granulometrias na propriedade mecânica do concreto e avaliação da resistência à compressão de origens mineralógicas basálticas nas propriedades mecânicas do concreto tendo em vista a busca pela melhor resistência e, com isso, a melhor aplicação na Engenharia Civil. A pesquisa se deu no Centro Universitário Assis Gurgacz no laboratório de Engenharia Civil.

3.1.2 Caracterização dos materiais

3.1.2.1 Materiais

Foi utilizado para a pesquisa o cimento Votorantim (CP II-Z-32), cuja secagem é rápida e tem alta resistência. Muito versátil, pode ser utilizado da fundação ao acabamento na obra. Foi adquirido um saco de 50 KG em uma loja de materiais de construção em Cascavel.

Os agregados empregados foram doados pela pedreira de Cascavel. Também foi adquirido para agregado areia para o traço referência, não tendo sido realizado ensaio de granulometria do agregado miúdo .

A água utilizada no amassamento, foi água potável, proveniente da rede de abastecimento da Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR.

3.1.2.2 Dosagem

Para a dosagem de um traço pelo método ABCP, iniciamos com a definição da relação água/cimento, estimada quanto à resistência ou quanto à durabilidade. Neste caso, quanto à resistência de 25 MPa.

Para calcular o fator água/cimento, foi utilizado o valor encontrado função do abatimento do tronco de cone e a dimensão máxima característica do agregado graúdo da Tabela2, e a resistência desejada interpolando os valores se necessário da Tabela 1.

Tabela 1: Resistência à compressão aos 28 dias.

Resistência à compressão há 28 dias em Mpa	Concreto sem ar incorporado
41	0,41
34	0,48
28	0,57
21	0,68
14	0,82

Fonte: Mehta e Monteiro, 1994.

A estimativa para a quantidade de cimento utilizada foi obtida através da divisão do consumo de água pela relação de água/cimento da Equação 1 (MEHTA e MONTEIRO, 1994).

$$\frac{W}{R} = C \quad (1)$$

Onde:

W: Consumo de água (Kg) – Tabela2

R: Água/cimento – Tabela 2

C: Consumo de cimento (Kg)

A estimativa do consumo aproximado de água foi encontrada em virtude dos materiais utilizados no ensaio de abatimento em vista da areia e concreto e o estado em que se encontram Tabela2.

Tabela 2: Estimativa do consumo de água.

Abatimento, em mm	Dimensão máxima característica do agregado em mm				
	9,5	12,5	19	25	38
	Concreto sem ar incorporado				
25	208	199	187	178	163
75 a 100	228	217	202	193	178
150 a 175	243	228	214	202	187

Fonte: Mehta e Monteiro, 1994.

A estimativa do agregado graúdo foi retirada da Tabela 3.

Tabela 3: Volume de agregado.

Dimensão máxima característica do agregado (em mm)	Volume de agregados secos por unidade de volume de concreto para os seguintes módulos de finura da areia			
	2,4	2,6	2,8	3,0
9,5	0,5	0,48	0,46	0,44
12,5	0,59	0,57	0,55	0,53
19	0,66	0,64	0,62	0,6
25	0,71	0,69	0,67	0,65
38	0,75	0,73	0,71	0,69

Fonte: Mehta e Monteiro, 1994.

Em seguida, foi calculada a estimativa de agregado miúdo, com a finalidade de preencher os vazios existentes no traço pela Equação 2.

$$M_b = V_b * 1,6 * 1000 \quad (2)$$

Onde:

V_b : Volume do consumo de brita (m^3) - Tabela 3.

M_b : Massa de brita (Kg/m^3).

A estimativa da massa específica do concreto fresco foi estipulado conforme dimensão máxima do agregado graúdo de 12,5mm, estipulando assim um valor de 2307 kg/m^3 conforme Tabela 4.

Tabela 4: Massa específica do concreto fresco.

Dimensão máxima característica do agregado (em mm)	Estimativa da massa específica do concreto fresco em Kg/m^3
9,5	2278
12,5	2307
19	2349
25	2379
38	2414

Fonte: Mehta e Monteiro, 1994.

Posteriormente todos os componentes do concreto estarão estipulados, exceto o agregado miúdo, o qual se determina pelo método do volume absoluto através da Equação 3.

$$M_a = E_c - (W + C + M_b) \quad (3)$$

On

de:

E_c : Estimativa da massa específica do concreto fresco, em

kg/m^3 M_a : Massa da areia, em kg/m^3 .

Devido a diferença entre a prática e a teoria dos materiais que serão utilizados, o traço necessita ser ajustado conforme ensaios experimentais fazendo com que o valor desejado seja obtido em prática (MEHTA e MONTEIRO, 1994).

Após os passos executados, foi obtido o traço do concreto apresentado na Tabela 5, sendo ele o traço piloto e base.

Tabela 5: Esquema do traço:

Materiais	Traço
Cimento (Kg)	1
Areia (kg)	3
Brita (kg)	5
Água (Kg)	0,5

Fonte: Autor, 2018.

O procedimento adotado para a determinação do traço, a ser utilizado no experimento, teve como base os dados usualmente utilizados em práticas laboratoriais. Foram confeccionados concretos com resistência característica à compressão de 25 MPa, utilizando o cimento CP II- Z, e os derivados de rocha basáltica pó, brita 0, brita 1, brita 2, brita 3 nas diferentes proporções que está na Tabela 6.

Tabela 6: Traços empregados.

Traços	Areia	Pó	Brita 0	Brita1	Brita 2	Brita 3
T-1	100%			100%		
T-2		100%		100%		
T-3		100%	50%	50%		
T-4		100%		50%	50%	
T-5		100%		50%		50%

Fonte: Autor, 2018.

As modificações do traço têm como base o traço referência T-1, sendo que para a confecção dos demais traços foi apenas substituído os agregados sem realizar a correção do traço.

O traço base T-1 foi elaborado com base nos passos da ABCP e definido na Tabela 7.

Tabela 7: Traço base.

Materiais	Traço
Cimento (Kg)	1,00
Areia (kg)	3,00
Brita (kg)	5,00
Água (Kg)	0,50

Fonte: Autor, 2018.

3.1.3 Métodos

3.1.3.1 Mistura e confecção dos concretos

A mistura do concreto foi realizada em betoneira de eixo vertical no laboratório da FAG. Sendo que, após a mistura de cada traço, foi realizada a limpeza do equipamento, não ocorrendo sobreposição das mesmas. O procedimento de mistura utilizado em todos os traços foi:

Com a betoneira já funcionando, colocam-se inicialmente as pedras e metade da água, misturando-se por um minuto. Isso é feito para “lavar” a betoneira: adiciona-se o cimento e, por fim, a areia e o restante da água; o tempo total de mistura é de 3 a 4 minutos.

Foram feitos 25 corpos de prova conforme NBR 5738 – concreto - procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova (ABNT, 2004), para cada traço realizado, foram moldados 5 corpos de prova cilíndricos de dimensões 10x20 cm.

Antes mesmo de proceder a moldagem dos corpos de prova, foi necessário preparar os moldes de corpo de prova passando em cada um dele uma camada fina de óleo desmoldaste. Em seguida, colocaram-se duas camadas de concreto e, em cada uma das camadas, aplicaram-se 12 golpes manuais para o adensamento do concreto conforme a Figura 3.

Figura 3: Adensamento do concreto



Fonte: Autor, 2018.

Após a moldagem, os moldes foram colocados sobre uma superfície horizontal rígida, livre de vibrações e de qualquer outra causa que pudesse perturbar o concreto. Durante as primeiras 24h, todos os corpos de prova foram armazenados em local protegido de intempéries, sendo devidamente cobertos com material não reativo e não absorvente, com a finalidade de evitar perda de água do concreto.

Após 24 horas, os corpos de prova foram desmoldados e permaneceram em cura úmida até a idade de ruptura.

3.1.3.2 Slump test

Para cada betonada, diferentes traços, foram realizados o ensaio de abatimento do cone conforme. NBR NM 67 (ABNT, 1998). O ensaio consiste em colocar uma massa de concreto dentro de uma forma tronco-cônica de (10x20) em três camadas igualmente adensadas, cada uma com 25 golpes. O molde foi retirado lentamente, levantando-o verticalmente e medindo a diferença entre a altura do molde e a altura da massa de concreto depois de assentada, conforme Figura 4.

Figura 4: Slump teste.



Fonte: Autor, 2018.

3.1.3.3 Resistência à compressão simples

Foram utilizados os procedimentos da NBR 5739 – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos de concreto (ABNT, 2007)

Conforme a norma regulamentadora, as bases dos pratos da máquina de ensaio e dos corpos de prova foram limpas para serem colocadas no centro da máquina, coincidindo com o eixo central da mesma, fazendo com que a resultante das forças passasse pelo centro, conforme Figura 5.

Figura 5: Ensaio de compressão simples.



Fonte: Autor, 2018.

A resistência à compressão é determinada pela Equação 4.

$$f_c = \frac{4F}{D^2} \quad (4)$$

Onde:

Fc: Resistência à compressão

(MPa): F: Força máxima alcançada

(N):

D: Diâmetro do corpo de prova (mm).

3.1.4 Análise dos resultados

Método comparativo será dado através de um gráfico de coluna para a comparação das relações de amostras obtidas nos ensaios realizados em laboratório do Centro Universitário Assis Gurgacz.

CAPÍTULO 4

4.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES

No presente capítulo, serão apresentados os resultados referentes ao estudo do basalto no concreto para a seleção dos agregados graúdos, os do abatimento do tronco de cone para as dosagens escolhidas e a discussão sobre a influência da granulometria na trabalhabilidade do concreto.

Estes traços foram elaborados visando a maior abrangência de granulometrias de agregado graúdo que possibilitassem um colete de dados que visem a manifestar resultados significativos na resistência dos corpos de prova, possibilitando uma verificação de resistência nos mesmos. Os consumos utilizados em cada traço são definidos na Tabela 8.

Tabela 8: Consumo dos materiais utilizados.

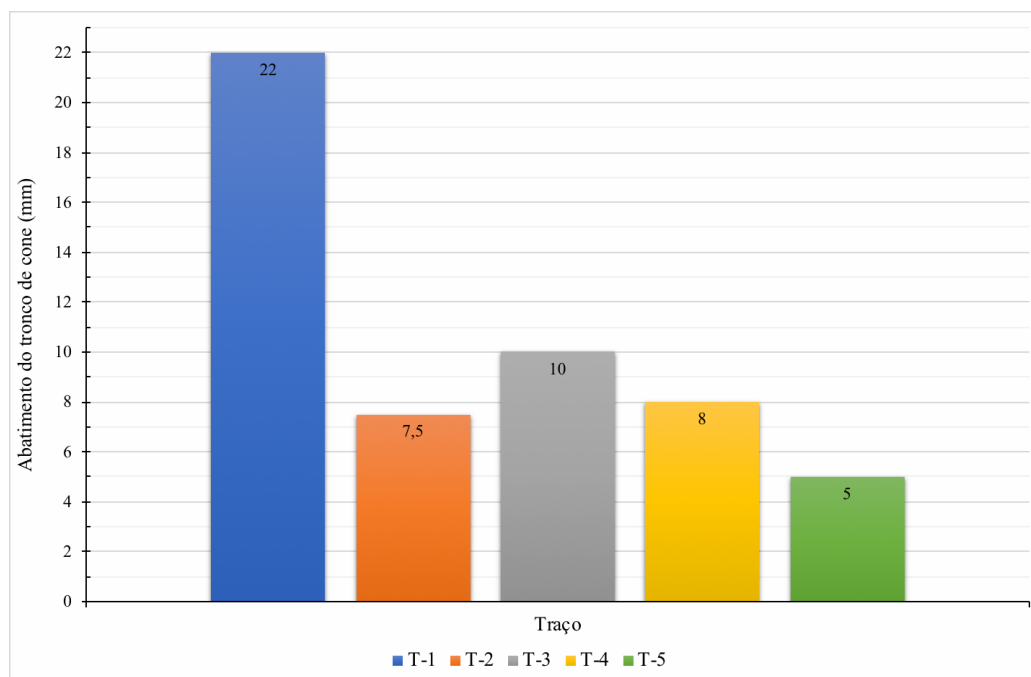
Traços	Cimento	Areia	Pó	Brita 0	Brita 1	Brita 2	Brita 3	Água
T-1	2kg	6kg			10kg			1kg
T-2	2kg		6kg		10kg			1kg
T-3	2kg		6kg	5kg	5kg			1kg
T-4	2kg		6kg		5kg	5kg		1kg
T-5	2kg		6kg		5kg		5kg	1kg

Fonte: Autor, 2018.

4.1.1 Slump Test

A Figura 6 apresenta os resultados do abatimento do tronco de cone, Slump Test, para os 5 traços realizados.

Figura 6: Resultado do *Slump Test*.



Fonte: Autor, 2018.

Analisando os resultados encontrados na Figura 6, observa-se a influência da granulometria dos agregados na trabalhabilidade do concreto, o traço não sofreu alteração do consumo dos materiais para análise da influência da granulometria.

Verifica-se que a utilização do pó de pedra em substituição à areia natural acarreta uma perda significativa da trabalhabilidade de 65% em relação aos traços T-1 e T-2 pois nesse caso os traços apresentam o mesmo agregado graúdo da Brita 1 sendo substituído apenas o agregado miúdo.

No caso da comparação dos demais traços, percebe-se que mantendo a proporção de brita 1 em 50% e substituindo os outros 50% por Brita 0, 2 e 3, ocorre a redução da trabalhabilidade. Esse fato já era esperado uma vez que quanto maior a granulometria do material maior deve ser o consumo de água para manter a trabalhabilidade, fato verificado na tabela de dosagem da ABCP (Mehta e Monteiro, 1994).

Em relação a consistência verifica-se que o melhor traço seria o com agregado graúdo na mistura de 50-50% em relação à Brita 1 e Brita 0.

As discrepâncias de valores em relação ao ensaio referencial se mostraram consideráveis. Quando uma estrutura em concreto é dimensionada, uma expectativa de qualidade é expressa pelo valor imposto para a sua resistência característica, sendo de maneira subjetiva desejável, que a produção de seu material atenda as especificações de

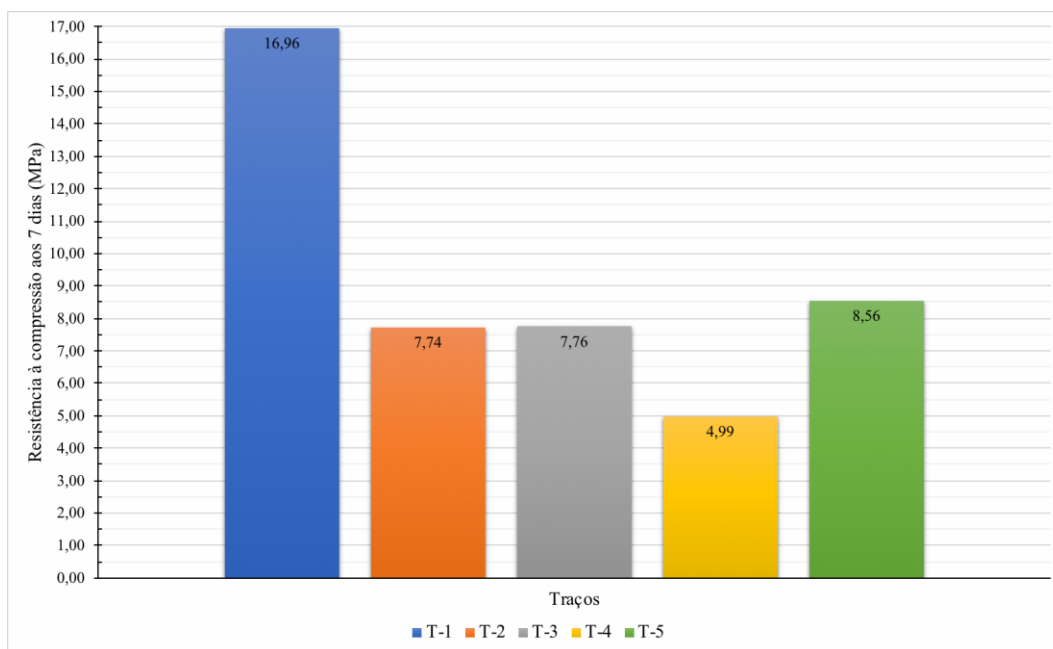
projeto. Com as ações do controle tecnológico é possível orientar a sua fabricação para garantir que as interferências das fases produtivas não prejudiquem a qualidade final de seu produto. Nesse sentido, seus ensaios devem cumprir com seu papel de elemento verificador das propriedades investigadas. Executados os resultados notoriamente comprometidos, pode-se constatar que mesmo para o caso dos laboratórios, que apresentaram resultados pouco dispersos, há entre os números de suas medições, valores que não atenderam às expectativas dos ensaios referenciais e dos limites do coeficiente de variação experimental.

4.1.2 Resistência a compressão

As análises de resistência foram feitas para comparação do Traço 1 com os demais traços. Após 7 dias, foram rompidos dois (02) corpos de prova enquanto que após 28 dias, três (03). Os resultados individuais são mostrados nas tabelas do Apêndice B.

A Figura 7 apresenta os resultados médios para as resistências aos 7 dias e, a Figura 8, as resistências aos 28 dias.

Figura 7: Resistência à compressão aos 7 dias.



Fonte: Autor, 2018.

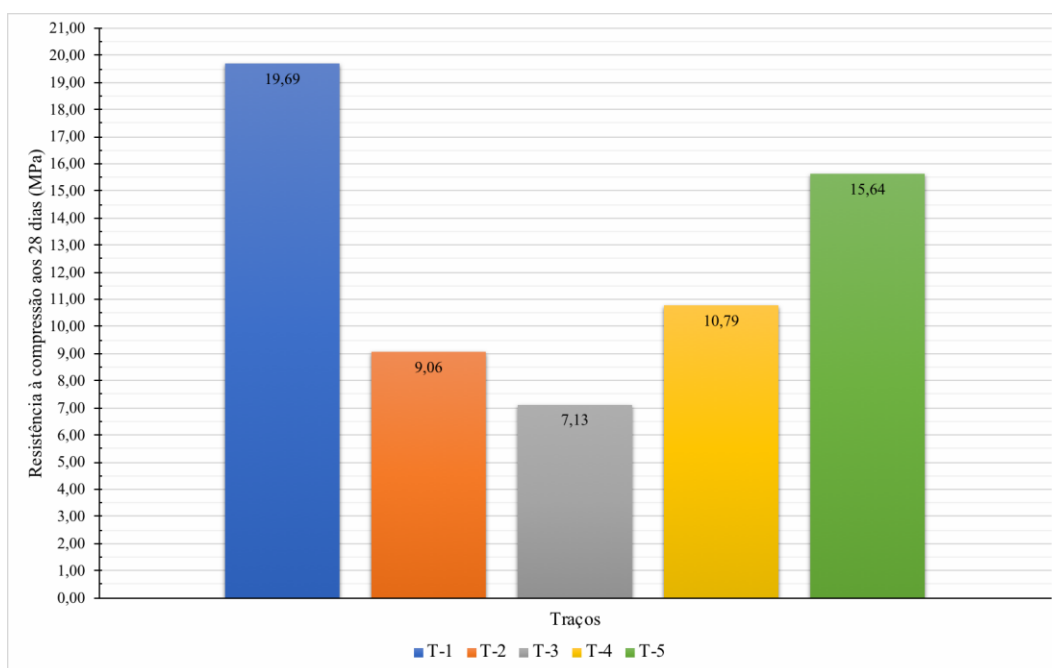
Analisando a Figura 7, verifica-se uma maior resistência para a composição 50-50% de brita 1 com brita 3 em relação aos traços compostos com agregados de diferentes

granulometrias. A perda de resistência do T-3 em relação ao T-1 foi de 49,5%.

Como analisado no gráfico 7, o traço 4 obteve uma resistência à compressão aos 7 dias menor que os demais não ficando evidenciado o motivo. T-1, T-2, T-3 E T-5. Devemos ter em mente que um bom concreto não é o mais resistente, mas o que atende as necessidades da obra com relação à peça que será moldada. Logo, a consistência e o modo de aplicação acompanham a resistência como sendo fatores que definem a escolha dos materiais adequados para compor a mistura, que deve associar trabalhabilidade à dosagem mais econômica. Assim, a resistência do concreto será sempre igual à resistência da pasta com tudo fora identificados vazios e isto causará a baixa resistência (setorvi2000).

O traço referência obteve a maior resistência inicial e comparando com T-2 e T-3, 54,55% maior comparando com T-4, 70,57% maior.

Figura 8: Resistência à compressão aos 28 dias.



Fonte: Autor, 2018.

Analisando-se a Figura 8, verifica-se que nenhum dos traços chegaram à resistência de dosagem de 25 MPa.

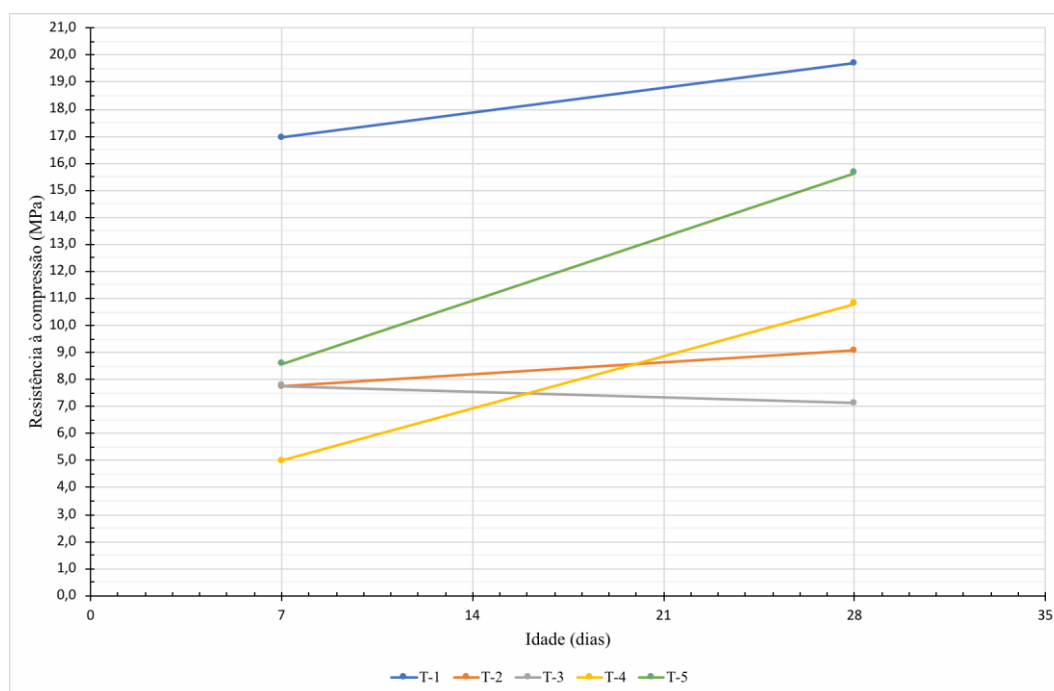
Como verificado no gráfico 8, houve uma grande variação de resistência nos traços. Com tudo no estudo fica evidenciado a composição e a influência de resistência do agregado basáltico sendo assim o concreto, dentro das variáveis que podem existir nos projetos estruturais, se adequando ao custo benefício.

No estudo, o T-1 traço referência obteve os melhores índices em relação ao T-2.

Obteve uma resistência duas vezes maior. Ao comparar T-2 com os demais traços, esse se mostrou muito inferior ao T-5 e quase semelhante ao T-4 e superior ao T-3.

A Figura 9 apresenta o gráfico com o desenvolvimento das resistências ao longo do tempo para os cinco traços estudados.

Figura 9: Desenvolvimento da resistência.



Fonte: Autor, 2018.

Na figura 13, o traço T-3 perdeu resistência 7.8% devido ao mal adensamento de menor proporção de agregado gráúdo que não foi possível devido ao tamanho das partículas. O maior ganho de resistência foi T-4 de 54.5% de resistência e T-5 um ganho de resistência de 47% em 21 dias.

O traço referência obteve um ganho de resistência de 13% baixo comparado com os traços T-5, T-4. O traço com menor ganho de resistência foi o T-2 com 0,5%.

4.1.3 Análise da ruptura

A resistência mecânica dos cimentos é determinada através da ruptura dos corpos de prova. Molda-se a argamassa em corpo de prova com base de 125 e 80 mm e com altura 65 mm sobre uma placa lisa utilizando a NBR NM 67 (1998). (BAUER, 2000)

Devido ao agregado gráúdo ser de dimensão elevada, ocorreu a desfragmentação

do corpo de prova, em Figura 10) que mostra a ruptura de um corpo de prova do traço T5. Os basaltos são as rochas ígneas vulcânicas mais abundantes, sua maior ocorrência é em forma de derrames.

Figura 10: Ruptura corpo de prova.



Fonte: Autor, 2018.

Como podemos observar na imagem anterior, o rompimento dos corpos de prova se deram todos no seu centro e com o desmembramento do mesmo ficou evidente uma boa distribuição de partículas no mesmo.

Após a realização dos corpos de prova e a desforma, não foi observada nenhuma anomalia que pudesse influenciar a resistência. A aparência de todos se manteve a mesma, todos eles sofreram mesma influência de temperatura e umidade por terem sido moldados no mesmo dia e armazenados no mesmo local.

Após o ensaio de compressão em um dos corpos de prova CP5, verificou-se que houve rompimento da estrutura do agregado (**Figura 11**).

Figura 11: Ruptura do agregado.



Fonte: Autor, 2018.

Ademais, nos corpos de prova com granulometria menor, também houve a ruptura do agregado ficando menos evidente devido às suas dimensões. É importante citar que uma brita lamelar prejudica a trabalhabilidade do concreto e provoca maior segregação durante o transporte e lançamento. Nota-se que, em lançamentos bombeados, a brita lamelar força bastante a bomba e, para solucionar o problema, geralmente aumenta-se o teor de argamassa, o que implica em maior consumo de cimento e consequentemente aumento significativo do custo de produção.

CAPITULO 5

5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No estudo realizado com o propósito de identificar a relação de esforço de compressão e a granulometria do agregado graúdo de origem basáltica em corpos de prova, não apresentou relação como esperada como o travamento das partículas como é apresentado em partículas de maior dimensão como apresentado no ensaio.

E no ensaio de adensamento as amostras com maior dimensão se mostrarão com maior resistência em sua consistência, evidenciado pelo tamanho das partículas com tudo em seu adensamento se mostrou satisfatório já que na retirada das formas não apresentou espaços sem por enchimento de nata de cimento.

A qualidade final de uma estrutura de concreto armado depende tanto do controle de suas propriedades no estado fresco como no seu estado endurecido. Outros aspectos devem ser levados em consideração quando se deseja obter concretos de qualidade; entre eles o controle das propriedades do concreto fresco, pois estes são fundamentais à execução das estruturas e às propriedades da estrutura de concreto endurecido, principalmente quando se fala em trabalhabilidade.

Desta forma, a realização desta pesquisa experimental teve como principal conclusão a possibilidade de constatar a influência dos agregados graúdo, mais precisamente na resistência a compressão, e na trabalhabilidade do concreto.

Na produção do concreto, considerando o mesmo traço, só variando o tipo agregado graúdo e mantendo a mesma proporção, e executando o ensaio do abatimento do tronco de cone. Foi possível verificar que o agregado graúdo influencia na trabalhabilidade do material devido a índice de vazios.

Em relação à resistência à compressão simples, a resistência não varia em função da dimensão do agregado. Isso ocorre porque, no momento da britagem, o agregado de maior resistência permanece inteiro e os mais frágeis acabam reduzindo seu tamanho. O traço 5, com maior dimensão dos agregados, apresentou resistência de 15,64 MPa. Tal que, entre o basalto e suas granulometrias, o concreto que tem maior resistência aos 28 dias, é aquele com agregado de origem basáltica. Durante o ensaio de resistência à compressão, foi observada a ruptura dos corpos de prova de concreto.

Com os resultados obtidos, podemos concluir que a granulometria do agregado

gráudo influencia na resistência do concreto e a trabalhabilidade do mesmo. Mas, como evidenciado no trabalho, houve algumas desconformidades nos corpos de prova podendo ter sido algum erro durante a execução. Mas durante a execução foi obedecido todos os critérios vigentes em norma.

A principal vantagem do uso de agregados gráudo com diferentes granulometrias no concreto, além de econômica, está relacionada a variabilidade que pode ser desenvolvida uma redução dos danos causados pela má elaboração do traço.

CAPÍTULO 6

6.1 SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

Nesse trabalho, analisou-se a resistência à compressão dos corpos de prova. Poderiam ser analisadas também outras propriedades do concreto como:

- a) A permeabilidade do concreto.
- b) Emprego do uso de aditivos usualmente empregados como cal.
- c) Correção dos traços em função do tipo do agregado.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5738: Concreto – Procedimento para moldagem e cura do corpo-de-prova. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5739: Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: Projeto de estrutura de concreto. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7211: Agregados para concreto: especificações. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8: Determinação da resistência à tração por compressão diametral. Rio de Janeiro, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM – ISSO 2395: Peneiras de ensaio e ensaio de peneiramento - Vocabulário. Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 26: Agregados: Amostragem . Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 27: Redução da amostragem de campo para ensaios de laboratório. Rio de Janeiro, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 30: Agregado miúdo - Determinação da absorção de água. Rio de Janeiro, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 52: Agregado miúdo - Determinação de massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 53: Agregado graúdo - Determinação de massa específica e massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 67: Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1998.

Concreto de cimento Portland. Ed. rev. por Vladimir Antonio Paulon – São Paulo: Globo, 1998.

CURTI, R., Apostila Propriedades e dosagem do concreto. Disponível em <http://www.abcp.org.br/comunidades/recife/download/pm_minicursos/11_curso_intensivo/Dosagem.pdf> Acesso em 15 Outubro 2011.

GIAMUSSO, S. E. Manual do Concreto. São Paulo, Editora Pini, 1992.

HAAS, L.F.F. Influência da substituição da areia natural por pó de pedra no comportamento do concreto convencional. TCC, Faculdade Assis Gurgacz. Cascavel : Paraná, 2014.

HELENE, Paulo R.L., Manual de dosagem e controle do concreto. São Paulo: Pini; Brasília, DF: SENAI, 1993.

JOHN, V. M. Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento. Tese, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.

MEHTA, P. K. MONTEIRO J. M. Concreto: Microestrutura, propriedades e materiais. São Paulo, Pini, 1994.

NEVILLE, A. M. Propriedades do Concreto / Tradução Salvador E. Giammusso – São Paulo, Pini, 1997. METHA, P. K.; MONTEIRO P. J. M. Concreto: estrutura, propriedades e materiais. Ed. Pini, São Paulo, 1994.

NEVILLE, A. M.; BROOKS, J. J. Tecnologia do concreto. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

Newman K. & Newman J. B. (1969) Failure Theories and Design Criteria for Plain Concrete. Internacional Conference on Struture, Solid Mechanics an Engineering Design. Southampton University.

PETRUCCI, Eládio G, R. Concreto de Cimento Portland. 6ª Ed. Porto Alegre: Globo, 1979.

REDUÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL: Disponível em: <http://www.pedreirabritec.com.br/areia-artifical/> Acesso em 07 de junho de 2016.

RESISTÊNCIA CARACTERÍSTICA DO CONCRETO A COMPRESSÃO: Disponível em: <http://www.portaldoconcreto.com.br/cimento/concreto/fck.html> Acesso em 04 de agosto de 2016.

RODRIGUES, Publio Penna Firme. Parâmetros de Dosagem do Concreto. 3ª Ed. São Paulo: IBRACON - Associação Brasileira de Cimento Portland, 1998.

SIQUEIRA, L. V. M. Materiais de construção civil II, apostila para laboratório de matérias de construção, 1 agregados. Joinvile 2008.

TEODORO, S. B. Avaliação do uso da areia de britagem na composição do concreto estrutural. Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Civil, da Universidade de Juiz de Fora. Juiz de Fora, 2013.

VASCONCELOS, A. C. O desenvolvimento da pré-fabricação no Brasil. Revista Politécnica, 1988.

APÊNDICE B – RESULTADOS DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO**Tabela 9:** Resistência à Compressão simples do concreto aos 7 dias.

	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5
CP - 1	17,08	5,97	6,2	5,83	9,04
CP - 2	16,83	9,5	9,31	4,14	8,08

Fonte: Autor, 2018.

Tabela 10: Resistência à Compressão simples do concreto aos 28 dias.

	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5
CP - 3	19,26	8,42	7,00	10,51	20,17
CP - 4	21,61	11,01	7,38	11,57	14,14
CP -5	18,21	7,74	7,01	10,29	12,60

Fonte: Autor, 2018.