

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

THIAGO DOUGLAS BORDIGNON BARASUOL

**ANÁLISE DA QUALIDADE DO CONCRETO CURADO EM BAIXAS
TEMPERATURAS PARA TRAÇO USUAL EM EDIFICAÇÕES NO
MUNICÍPIO DE CAMPO MOURÃO PARANÁ**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO

2014

THIAGO DOUGLAS BORGINON BARASUOL

**ANÁLISE DA QUALIDADE DO CONCRETO CURADO EM BAIXAS
TEMPERATURAS PARA TRAÇO USUAL EM EDIFICAÇÕES NO
MUNICÍPIO DE CAMPO MOURÃO PARANÁ**

Projeto de Pesquisa, apresentado à Disciplina Trabalho de Conclusão de Curso, do Curso Superior em Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, para aprovação de viabilidade.

Orientador: Prof.: Sergio Roberto Oberhauser
Quintanilha Braga

CAMPO MOURÃO

2014



Ministério da Educação

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Câmpus Campo Mourão

Diretoria de Graduação e Educação Profissional

Departamento Acadêmico de Construção Civil

Coordenação de Engenharia Civil



TERMO DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso Nº 078

ANÁLISE DA QUALIDADE DO CONCRETO CURADO EM BAIXAS TEMPERATURAS PARA TRAÇO USUAL EM EDIFICAÇÕES NO MUNICÍPIO DE CAMPO MOURÃO PARANÁ

por

Thiago Douglas Bordignon Barasuol

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 15:30 do dia 31 de Agosto de 2014 como requisito parcial para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL, pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Me. Roberto Widerski

Tec^o. Fabio Krüger
(UTFPR)
Co-orientador

(UTFPR)

Prof^a. Dr^a. Fabiana Goia Rosa de Oliveira
(UTFPR)

**Prof. Esp. Sergio Roberto Oberhauser
Quintanilha Braga**
(UTFPR)
Orientador

Responsável pelo TCC: **Prof. Me. Valdomiro Lubachevski Kurta**

Coordenador do Curso de Engenharia Civil:
Prof. Dr. Marcelo Guelbert

Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso

Agradecimentos

À Deus, sem o qual não nenhuma caminhada é possível.

Aos meus pais Airton e Leida, também ao meu irmão Jader, que muito me incentivaram e deram forças para conseguir superar todos os obstáculos que a vida me proporcionou.

A minha namorada Camila, pelo seu amor, carinho, cobrança e compreensão aos momentos que estive ausente me dedicando a este trabalho e mesmo assim sempre estando ao meu lado, me dando apoio e coragem.

Ao meu orientador Prof. Esp. Sergio Roberto O. Q. Braga, que foi além de sua função se tornando um grande amigo, pela sua disposição e dedicação e pelo enorme conhecimento a mim transmitido.

Ao meu coorientador Fabio Kruguer, que muito me ajudou na elaboração e realização dos ensaios, desta maneira estendo a minha gratidão à UTFPR por ceder o laboratório de materiais mesmo aos sábados e domingos.

Enfim, expresso meu agradecimento a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha vida e deste trabalho.

RESUMO

Barasuol, Thiago. Análise da qualidade do concreto curado em baixas temperaturas para traço usual em edificações no município de Campo Mourão paraná. 2014. 53f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2014.

Com o aumento da vigilância e com a norma de desempenho, a qualidade e vida útil das estruturas têm sido significativos no lucro das empresas. Porém, o custo de reposição de peças ou até mesmo de estruturas por completo, vem encarecendo o custo da obra. Então o objetivo do trabalho foi analisar a durabilidade de concretos curados em temperaturas baixas, ensaiando sua resistência à compressão, permeabilidade e absorção de água, verificando a eficácia da melhoria da granulometria no concreto sem alterar o custo, partindo de um traço usual no município de Campo Mourão-Pr. Para que dessa maneira, os gerentes de obras tenham conhecimento sobre os riscos de concretagens em períodos frios, as vantagens em fazer uma composição de agregados e variações entre dois tipos de cimentos. Com os resultados dos ensaios, observou-se uma melhoria nos três aspectos ensaiados para os concretos, cujo arranjo granulométrico foi melhorado. Com isso, pode-se afirmar que a baixa temperatura de cura afeta a durabilidade negativamente e a diferenciação das dimensões dos agregados melhora a qualidade do concreto.

Palavras-chave: Durabilidade do concreto; baixas temperaturas; granulometria dos agregados.

ABSTRACT

Barasuol, Thiago. Analysis of the quality of the cured concrete at low temperatures to usual trait in buildings in the city of Parana Campo Mourão. 2014 53f. Completion of course work (Bachelor of Civil Engineering) - Federal Technological University of Paraná. Campo Mourao, 2014.

With increased surveillance and the standard of performance, quality and service life of the structures have been significant in corporate profits. However, the cost of replacement parts or even a complete structural, endearing comes the cost of the work. So the aim of the study was to analyze the durability of concrete cured at low temperatures, rehearsing its compressive strength, permeability and water absorption, verifying the effectiveness of the improved grain size in concrete without changing the cost, from a usual trait in the municipality of Campo Mourão-Pr. For this way, managers of works have knowledge about the risks of concreting in cold periods, the advantages of making a composition of aggregates and variations between two types of cements. With the test results, there was an improvement in all three aspects tested for concrete whose granulometric arrangement was improved. With this, it can be stated that the low cure temperature adversely affects the durability and differentiation of dimensions of aggregates improves the quality of concrete.

Keywords: Durability of concrete; low temperatures; particle size.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Curva granulométrica da areia média.....	36
Gráfico 2 - Curva granulométrica da areia fina.....	37
Gráfico 3 - Curva granulométrica da mescla de 50% de areia fina e 50% de areia média.....	38
Gráfico 4 - Curva granulométrica para a brita 0.....	40
Gráfico 5 – Curva granulométrica para brita 1.....	41
Gráfico 6 - Curva granulométrica da mescla da brita 0 e brita 1.....	42
Gráfico 7 - Distribuição das temperaturas durante a cura.....	46
Gráfico 8 – Tensões dos corpos de prova.....	47
Gráfico 9 - Absorção por capilaridade.....	49
Gráfico 10 – Altura da capilaridade.....	49
Gráfico 11 - Valores de absorção dos 4 grupos.....	51

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - Limites da distribuição granulométrica do agregado miúdo.....	15
QUADRO 2 - Limites da composição granulométrica do agregado graúdo.....	16
QUADRO 3 – Influência do consumo de cimento – concreto convencional.....	22
QUADRO 4 – Influência do consumo de cimento – concreto convencional.....	22
QUADRO 5 – Influência do consumo de cimento – concreto convencional.....	23

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Principais mecanismos de deterioração das estruturas de concreto armado.....	20
TABELA 2 - Classificação dos agregados conforme o seu modulo de finura.....	28
TABELA 3 - Classificação dos agregados conforme o seu diâmetro máximo característico.....	29
TABELA 4 - Resultados de resistência a compressão dos corpos de prova CP II-Z 32MPa.....	34
TABELA 5 - Resultados de resistência a compressão dos corpos de prova CP IV 32MPa.....	34
TABELA 6 – Distribuição das massas de areia média retidas em cada peneira.....	35
TABELA 7 - Distribuição das massas de areia fina retidas em cada peneira.....	36
TABELA 8 - Distribuição das massas da brita 0 retidas em cada peneira.....	39
TABELA 9: Distribuição das massas da brita 1 retidas em cada peneira.....	40
TABELA 10 - Resultados da mescla da brita 0 e brita 1.....	42
TABELA 11 - Resumo da disposição dos materiais.....	43
TABELA 12 – Médias de temperatura do mês de maio.....	45
TABELA 13 – Médias de temperatura do mês de junho.....	45
TABELA 14 - Corpos de prova e sua respectiva tensão.....	47
TABELA 15 – Médias das pesagens.....	48
TABELA 16 – Resultados da absorção por imersão.....	50
TABELA 17 - Resumo das medias dos ensaios.....	51

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVOS	11
2.1 OBJETIVO GERAL	11
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
3 JUSTIFICATIVA	12
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
4.1 O CONCRETO	13
4.1.1 CONSTITUIÇÃO DO CONCRETO	14
4.1.2 MÉTODOS DE DOSAGEM DO CONCRETO	17
4.2 USOS DO CONCRETO	19
4.3 DURABILIDADE DO CONCRETO	19
4.3.1 OBTENÇÃO DE UM CONCRETO APARENTE DURÁVEL	20
4.3.2 PROCESSOS DE DETERIORAÇÃO	21
4.4.1 ABSORÇÃO DE ÁGUA POR IMERSÃO	25
4.4.2 ABSORÇÃO DE ÁGUA POR CAPILARIDADE	25
4.4.3 PENETRAÇÃO DE ÁGUA	26
4.5 EFEITOS DAS BAIXAS TEMPERATURAS NO CONCRETO	27
5 METODOLOGIA	28
5.1 DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DO AGREGADO MIÚDO	28
5.2 DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DO AGREGADO MIÚDO	28
5.3 DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DO MATERIAL CIMENTO	28
5.4 MASSA UNITÁRIA COMPACTADA E PORCENTAGEM DE VAZIOS DA MISTURA DOS AGREGADOS GRAÚDOS	29
5.4 ABSORÇÃO DE ÁGUA POR IMERSÃO	29
5.5 ABSORÇÃO DE ÁGUA POR CAPILARIDADE	30
6. RESULTADOS E ANÁLISES	32
6.1 CIMENTO	32
6.2 AGREGADO MIÚDO	33
6.3 AGREGADO GRAÚDO	36
6.4 DEFINIÇÃO DO TRAÇO	41
6.5 TEMPERATURAS DURANTE A CURA	42
6.6 ENSAIO COMPRESSÃO	44
6.7 CAPILARIDADE	46
6.8 ABSORÇÃO POR IMERSÃO	48
6.9 RESUMO DOS RESULTADOS	49
7 CONCLUSÃO	51
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52

1 INTRODUÇÃO

O concreto, pela própria função, deve resistir às condições para o qual ele foi projetado, ou seja, o concreto deve resistir à ação de intempéries, abrasão, ataque químico, e/ou outros meios de deterioração, sem sofrer uma degradação quanto a sua forma, qualidade e capacidade de uso mesmo depois de muitos anos. Se um concreto resiste a esses requisitos ele é considerado durável. Porém um concreto que resiste bem a determinadas condições, pode não resistir bem a outras condições.

Metha e Monteiro (2008) afirmam que nenhum material é de fato durável e que um material chega ao fim de sua vida, quando utiliza-lo se torna inseguro e antieconômico.

A deterioração do concreto pode ser, ou por agentes internos e/ou externos. As causas externas podem ainda ser mecânicas, físicas e/ou químicas, já as internas por sua vez dizem respeito a variações de volume (formação de etringita), diferenças de condutibilidade térmica, mas a permeação da água pode ser considerada a maior vulnerabilidade do concreto.

É difícil atribuir uma única causa para a deterioração do concreto, porém a durabilidade esta intimamente ligada ao movimento das águas dentro das peças de concreto.

A permeabilidade do concreto é obtida através de alguns ensaios, os quais estão descritos neste trabalho, como absorção por capilaridade, por imersão e o ensaio de penetração de água. Existem alguns ensaios de penetração de água moldados *in loco* que não são aceitos. Pelas variações de seus resultados.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar a permeabilidade e a absorção de água de um concreto usual corrente nas obras de Campo Mourão – PR, curado em baixas temperaturas e propor uma solução para melhoria do material, com base na composição de agregados graúdos e avaliando o potencial de durabilidade dos mesmos.

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar a permeabilidade e a absorção de concreto de uso geral com resistência à compressão de Classe 25;
- Propor alterações na dosagem e na qualidade dos componentes, visando à melhoria da impermeabilidade;
- Avaliar a resistência à compressão do mesmo concreto relativamente à resistência à compressão axial.

3 JUSTIFICATIVA

Os engenheiros de estruturas possuem consciência da importância da durabilidade, pois o custo de reparo e de substituição das estruturas, por falhas podem tomar uma boa parte do orçamento da construção. Com o aumento significativo do custo de reposição de estruturas e o incremento da vida útil das edificações.

Existe uma relação entre durabilidade e ecologia, se uma obra possui uma grande durabilidade e, portanto os materiais empregados nela não necessitam de substituição total ou parcial, então ser durável é respeitar o meio ambiente.

Podemos levar em conta que geralmente as obras em concreto possuem grande importância financeira e social, como pontes, por exemplo, deveria levar em conta a quantidade de vidas humanas que uma possível falha na durabilidade de algum edifício pode ceifar.

Dado a grande importância da durabilidade, se torna necessário esse estudo, sobre durabilidade do concreto.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 O concreto

Segundo a associação brasileira de cimento Portland (ABCP, 2010), podemos considerar que o concreto é um material que vem sendo utilizado há séculos, os romanos já usavam algo muito semelhante ao nosso concreto atual. O concreto é feito geralmente a partir da mistura de aglomerante e agregados, o aglomerante é o (cimento Portland). O nome Portland é devido à uma pedra encontrada na ilha Portland no Reino Unido. E os agregados são areia, brita e a água que é a responsável pela hidratação do cimento.

Após a hidratação do cimento uma reação química produzirá uma pasta de cimento, cujas propriedades variam conforme o tipo de cimento e quantidade de água utilizada. A pasta formada tem duas funções principais: conferir resistência mecânica ao concreto e preencher os vazios existente nos agregados. O início da reação química denomina-se “tempo de pega”, para cimentos normais dura-se entre 45 e 60 minutos, depois do tempo de pega começa o chamado período de cura, onde o concreto necessita de condições favoráveis, período esse geralmente de 28 dias. Durante a pega deve ser oferecido a menor quantidade de água possível, já durante o tempo de cura deve ser oferecido o máximo de água (Andriolo; Sgarboza,1993).

A relação água/cimento governa a resistência do concreto, segundo a “lei de Duff Abrams” quanto menor a relação água/cimento, maior será a resistência, porém com pouca água a sua trabalhabilidade é comprometida e em alguns casos o cimento pode não hidratar completamente, com o aumento do fator água cimento o concreto se torna mais fluído, entretanto após a cura do concreto a água que sobra da reação forma vasos que diminuem a durabilidade do concreto e facilitam a permeabilidade, também importante conforme o tipo de aplicação (Equipe de FURNAS, Laboratório de Concreto, 1993).

Segundo Andriolo e Sgarboza (1993), os agregados possuem três funções principais. Servir como um enchimento com menor custo, diminuir as variações de volume da pega, do endurecimento e formar uma estrutura de partículas que resista a carga aplicada, a abrasão a penetração de água e a ação do tempo. Os agregados

também influenciam o concreto quanto à resistência, durabilidade, elasticidade entre outros. No final, a mistura da água com o aglomerante e os agregados deve oferecer a trabalhabilidade necessária ou exigida para a moldagem da massa e, após a cura, deve ter durabilidade e resistência com o menor custo possível.

4.1.1 Constituição do concreto

4.1.1.1 Pasta de cimento

O gel de cimento é formado na reação química de cimento e água, este gel de proporções coloidais estabelece uma ligação muito forte entre os grãos. Para a completa hidratação é necessária uma quantidade de água de aproximadamente 38% do peso do cimento, porém apenas 25% dessa água seria suficiente para ocorrer à reação química, já os outros 13% conhecidos como água do gel, ficam incorporados como água evaporável e capaz de permear para o meio. Apesar dessa água do gel não reagir diretamente com o cimento ela é extremamente necessária, pois facilita a reação química através da formação de caminhos, se essa água evaporar a resistência do concreto diminui devido à formação de poros, já quando o fator água cimento é maior do que 38% a água do gel denominasse água capilar, sendo prejudicial ao concreto. Devido as grandes forças internas de coesão o volume de pasta de cimento se torna 4,5% menor que a soma dos volumes do cimento e da água, a compensação dessa perda se dá com o assentamento do concreto no início da cura, porém em elementos delgados ou fortemente armados não ocorre esse assentamento, gerando poros de ar (Andriolo 1993).

Segundo Freitas(2001), os vazios têm uma importante influência nas propriedades da pasta e possuem diferentes tipos:

- Espaço interlamelar ou poros de gel podem variar de 5 a 25 Å, entretanto esse vazio é muito pequeno para interferir na resistência ou permeabilidade da pasta;
- Vazios capilares são definidos pela distancia inicial entre as partículas de cimento, esses vazios são da ordem de 0,01 a 10µm esses poros capilares

representam os espaços que os componentes sólidos da pasta não preenchem;

- Macroporos são vazios capilares da ordem de 50 μ m e são consideradas prejudiciais à resistência e a permeabilidade, quando esses vazios são menores que 50 μ m são chamados de microporos e interferem na retração e na fluência.

4.1.1.2 Agregados para concreto

Conforme Simões (2007) os agregados ocupam de 60 a 80% do volume total do concreto, por esse motivo deve-se dar a devida importância para obtermos um produto final de qualidade, os agregados influenciam o concreto, podendo afetar sua coesão no estado fresco, sua consistência e trabalhabilidade, já no estado endurecido pode alterar a resistência a compressão, durabilidade, resistência a abrasão, estabilidade dimensional e o aspecto visual.

A NBR 7211 de 2005 estabelece parâmetros para a produção e recepção dos agregados destinados para uso no concreto, esta norma se refere à agregados de origem natural ou de reciclagem do próprio concreto, quando este se encontra no estado fresco, para materiais recuperados e não classificados não se deve usar mais do que 5% do total de agregados.

4.1.1.3 Granulometria dos agregados

Segundo Rüsç o percentual de vazios da mistura seca, de areia e cascalho, varia de acordo com a granulometria. A pasta de cimento deve envolver completamente o grão do agregado e preencher os vazios da mistura, dessa maneira evita-se à presença de poros prejudiciais a resistência. Esse é o motivo pelo qual é almejada a menor porcentagem de vazios na mistura dos agregados. A granulometria também esta ligada a compacidade do concreto fresco, onde os grãos menores facilitam a transição entre os tamanhos dos agregados. Fuller analisou pela

primeira vez uma composição de uma granulometria ideal, esse estudo gerou algumas curvas granulométricas, conhecidas como parábola de Fuller. O autor também analisa que um conjunto de grãos de mesma origem e tamanho tem uma porcentagem de vazios da ordem de 40%, mas se ao invés de grãos irregulares transformar esses grãos em esferas perfeitas, de mesmo diâmetro em relação ao anterior, tem-se um índice de vazios 14% menor, ou seja, de 26%.

A NBR 9355:1977 trata da terminologia dos agregados, segundo essa norma o agregado miúdo é um material granular, com no mínimo 95% de massa passante pela peneira 4,8mm. Conhecido como areia, podendo ser tanto natural como artificial, obtida através da desintegração de rochas ou outros processos industriais, se for de origem natural ela é o resultado da ação de agentes naturais e se for obtida a partir de britagem ou outros, é artificial. Observa-se os limites das granulometrias da areia no quadro 1.

Peneira com abertura de malha (ABNT NBR NM ISO 3310-1)	Porcentagem, em massa, retida acumulada			
	Limites inferiores		Limites superiores	
	Zona utilizável	Zona ótima	Zona ótima	Zona utilizável
9,5 mm	0	0	0	0
6,3 mm	0	0	0	7
4,75 mm	0	0	5	10
2,36 mm	0	10	20	25
1,18 mm	5	20	30	50
600 µm	15	35	55	70
300 µm	50	65	85	95
150 µm	85	90	95	100

NOTAS

- 1 O módulo de finura da zona ótima varia de 2,20 a 2,90.
- 2 O módulo de finura da zona utilizável inferior varia de 1,55 a 2,20.
- 3 O módulo de finura da zona utilizável superior varia de 2,90 a 3,50.

Quadro 1 - Limites da distribuição granulométrica do agregado miúdo
Fonte: (NBR 7211:2005).

A NBR 9935:1987 também define o agregado graúdo como sendo retido no mínimo de 95% na peneira 4,8mm, a esses agregados se dá o nome de brita

quando sofrem algum tipo de processo industrial, no caso a britagem. No quadro 2 apresenta-se o limite das composições granulométricas das britas.

Peneira com abertura de malha (ABNT NBR NM ISO 3310-1)	Porcentagem, em massa, retida acumulada				
	Zona granulométrica $d/D^{1)}$				
	4,75/12,5	9,5/25	19/31,5	25/50	37,5/75
75 mm	-	-	-	-	0 – 5
63 mm	-	-	-	-	5 – 30
50 mm	-	-	-	0 – 5	75 – 100
37,5 mm	-	-	-	5 – 30	90 – 100
31,5 mm	-	-	0 – 5	75 – 100	95 – 100
25 mm	-	0 – 5	5 – 25 ²⁾	87 – 100	-
19 mm	-	2 - 15 ²⁾	65 ²⁾ - 95	95 – 100	-
12,5 mm	0 – 5	40 ²⁾ - 65 ²⁾	92 – 100	-	-
9,5 mm	2 - 15 ²⁾	80 ²⁾ – 100	95 – 100	-	-
6,3 mm	40 ²⁾ – 65 ²⁾	92 – 100	-	-	-
4,75 mm	80 ²⁾ – 100	95 – 100	-	-	-
2,36 mm	95 - 100	-	-	-	-

¹⁾ Zona granulométrica correspondente à menor (d) e à maior (D) dimensões do agregado graúdo.

²⁾ Em cada zona granulométrica deve ser aceita uma variação de no máximo cinco unidades percentuais em apenas um dos limites marcados com 2). Essa variação pode também estar distribuída em vários desses limites.

Quadro 2 - Limites da composição granulométrica do agregado graúdo

Fonte: (NBR 7211:2005).

4.1.2 Métodos de dosagem do concreto

4.1.2.1 Método ACI/ABCP

É o método do *American Concrete Institute* que leva em consideração várias tabelas e gráficos, tem como vantagens a economia de areia, abranger concretos de 15 a 40 MPa e fatores água cimento de 0,39 a 0,79. Porém, sua desvantagem é devido a essas tabelas não compreenderem todos os materiais existentes.

Esta dosagem visa de forma econômica e eficiente o proporcionamento apropriado dos materiais, para atingir a resistência necessária em cada projeto é necessário saber a classe do cimento que será utilizado, o fck do projeto estrutural e o abatimento necessário para atender o lançamento e a trabalhabilidade (Tutikian, Helene, 2011).

4.1.2.2 Método de Vitervo O'Reilly Díaz

É um método de dosagem para concretos de elevado desempenho, porém pode ser usado para qualquer resistência, baseado em experiências de empacotamento de partículas, onde tende a diminuir o consumo de cimento, isso melhora a mistura seca. A desvantagem é a difícil aplicação desse método, pois necessita de uma grande base experimental (O'Reilly Díaz, 1998).

4.1.2.3 Método de Larrard

François de Larrard é um pesquisador francês e seu método também é baseado no empacotamento das partículas, a ideia principal é semelhante ao método de Díaz, diminuir o consumo de cimento visando a melhor compacidade possível, tem como vantagem a diminuição do risco de segregação devido uma mistura mais seca. Porém esse método não é muito usual, pois necessita de programas computacionais e experiências difíceis (Tutikian, 2007).

4.2 Usos do concreto

O concreto é o material “artificial” mais utilizado em todo mundo, segundo a ***Federación Iberoamericana de Hormigón Premezclado***, o consumo de concreto é da ordem 1.9 toneladas por habitante, ou seja, 11 bilhões de toneladas, o concreto é tão usado devido seu baixo custo e sua grande eficácia, sendo utilizado em obras de pequenas residências, rodovias, grandes barragens e prédios que estão entre as maiores do mundo (Instituto Brasileiro do Concreto, 2009).

O concreto é utilizado em grandes e essenciais obras como, Canal do Panamá, Roda de Falkirk (um elevador de barcos na Escócia), a ponte Akashi Kaiko que possui um dos maiores vãos suspensos do mundo (Cimento Itambé, 2014).

4.3 Durabilidade do concreto

O concreto é um material que pode se destinar para vários fins diferentes, mas todos eles a durabilidade é um fator de extrema importância, conforme Rangel e Melo (2010, p. 7), “Em estruturas de concreto, vida útil é o período de tempo em que se mantêm os requisitos de projeto impostos à estrutura pela equipe técnica a fim de se suportar as solicitações exercidas”.

O desgaste do concreto em ambientes com algum tipo de agressividade resulta, normalmente, de ações do intemperismo, ou outros vários fatores, como altas temperaturas, abrasão, ataques de líquidos, entre outros. A qualidade do concreto define a importância dos danos produzidos por essas intempéries, porém não podemos afirmar que um concreto de boa resistência não vá deteriorar em ambientes extremamente agressivos (Associação Brasileira de Cimento Portland, 1990).

Brandão e Pinheiro (1999) constatam uma forte relação entre agressividade ambiental, durabilidade e qualidade das estruturas. A agressividade ambiental estuda o comportamento das estruturas e dos seus materiais ao ataque de agentes externos ou devido a sua própria composição, com esse conhecimento deve-se tomar medidas de proteção. Desse modo a durabilidade e conseqüentemente a qualidade das estruturas estará assegurada.

Os autores também se referem a alguns fatores que interferem para a obtenção de um concreto durável como, erros de projeto e de execução, inadequação dos materiais, má utilização da obra, agressividade do meio ambiente, falta de manutenção e ineficiência ou ausência de controle da qualidade na Construção Civil.

Mehta e Monteiro (2008) definem durabilidade como sendo uma vida longa e ressaltam que ser durável a um conjunto de condições não significa ser durável a outro conjunto de condições, a durabilidade do cimento Portland é definida como sua capacidade de resistir a intempéries, ataques químicos, abrasão ou outros processos de deterioração, também concluem que nenhum material é propriamente durável e que interações com o ambiente, a microestrutura sofre alterações, causando variações em suas propriedades com o tempo.

4.3.1 Obtenção de um concreto aparente durável

Conforme Prudêncio (1977) algumas medidas devem ser tomadas para produzir um concreto durável:

- A altura de lançamento do concreto, o lançamento do concreto deve ser de tal forma a manter o concreto o mais coeso possível, sem que ocorra desagregação na sua posição final, lançar o concreto através de malhas fechadas, o concreto não deve sofrer nenhum tipo de transbordo ou peneiramento de armaduras ou estribos, isso o desagrega retirando uma parte da sua água de amassamento, o que causa um aumento na incorporação natural de ar, deve-se conceber isso na execução das armaduras, prevendo um espaçamento ou uso do cachimbo;
- O ricochete de agregados, para combater esses defeitos deve-se reduzir o agregado graúdo no traço, mas ainda mantendo as proporções, melhorando a plasticidade do concreto e o torna mais argamassado;
- A espessura das camadas de lançamento em estruturas correntes deve ter próximo a 2/3 da agulha do vibrador e lançadas de modo que apresentem maior altura do que as paredes das formas, evitando as zonas inclinadas que

favorecem a segregação da brita e o acúmulo de água exsudada, nata ou argamassa.

- A rigidez das formas deve-se levar em consideração o peso e o empuxo do concreto, que podem causar deformação nas formas, também cuidando a estanqueidade das formas, para evitar o efeito chamado de filtro de concreto, isso facilitará uma futura corrosão das armaduras.

Andriolo (1993) ressalta que para que o concreto seja durável requer impermeabilidade, uma baixa absorção, retração, um bom adensamento e isenção de trincas e também uma adequada quantidade de ar.

4.3.2 Processos de deterioração

Conforme Brandão e Pinheiro as deteriorações do concreto podem ser divididas conforme a tabela 1.

Tabela 1 - Principais mecanismos de deterioração das estruturas de concreto armado.

Classificação	Ação
Processos químicos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ataque por sulfatos ▪ Ataque por água do mar ▪ Ataque por ácidos ▪ Ataque por águas puras ▪ Ataque por gás carbônico agressivo ▪ Reações com agregados
Processos físicos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ciclo gelo-degelo ▪ Cristalização de sais
Processos mecânicos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cargas excessivas não previstas ▪ Vibrações (equipamentos ou detonações) ▪ Erosão (abrasão ou cavitação)
Processos biológicos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ação do ácido sulfúrico produzido por bactérias nos esgotos ▪ Proliferação de parasitas de origem animal ou vegetal nas superfícies de concreto
Processo eletroquímico	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Corrosão das armaduras
Situações de incêndio	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ação de altas temperaturas

Fonte: CADERNOS DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS.

4.3.2.1 Ataque de sulfatos

Conforme Cotera (1991) a ação dos sulfatos produzidos no hidróxido de cálcio e principalmente, o C_3A aluminato de cálcio e tetracálcico ferroaluminato C_4AF . O sulfato de ataque se manifesta com uma aparência esbranquiçada e de exsudação isso gera uma quebra progressiva, reduzindo o concreto a um estado frágil. A ação do sulfato de cálcio é relativamente simples, atacar o aluminato de tricálcio à medida que o aluminato de tetracálcio ferro é atacado, vão se formando aluminato tricálcico sulfo (etringita) e hidróxido de cálcio (portlandita).

Melo (2011) comenta que em concretos curados a temperaturas elevadas e expostos a altas teores de umidade resultam na etringita tardia que promove uma expansão e por consequência uma fissuração do concreto, isso leva a uma severa deterioração.

4.3.2.2 Cristalização de sais

Segundo Vilasboas (2004) essa ação não envolve ataque químico ao cimento, é puramente ação física. Cristalizando os sulfatos, onde produz pressões que causam fissurações no concreto.

4.3.2.3 Permeabilidade e durabilidade

Conforme Neville (1997) a durabilidade pode ser comprometida por vários fatores, a permeabilidade pode ser considerada uns dos principais fatores, pois quando muito elevada pode ocorrer a penetração de agentes agressivos, como a água, ácidos, íons agressivos, sulfatos e outros.

Mehta e Monteiro (2008) ressaltam as causas típicas de concretos com estanqueidade insuficiente que são: concretos mal proporcionados, adensamento e

cura inadequados, ausência de ar adequadamente incorporado, cobrimentos insuficientes, má execução ou elaboração de juntas.

Conforme Furnas (1997) a permeabilidade como sendo vital para a previsão da durabilidade de uma estrutura de concreto, ressaltando que a água pode penetrar por três caminhos principais: percolação d'água, difusão e capilaridade. Sendo os principais fatores que influenciam a permeabilidade:

- Materiais que o constituem, quanto a sua qualidade, teor, granulometria e porosidade;
- Modo de preparo, adensamento e acabamento superficial.
- Idade e cura.

Os quadros 3, 4 e 5 apresentam alguns fatores de influência e o coeficiente de permeabilidade.

Agregado		DMax (mm)	Consumo de Cimento(Kg/m ³)	Coeficiente de permeabilidade (m/s)
Tipo Litológico	Procedência			
Gnaise	Angra dos Reis	20	673	$1,63 \times 10^{-13}$
Gnaise	Simplicio	19	320	$1,96 \times 10^{-12}$
Xisto	Cana Brava	38	237	$1,15 \times 10^{-11}$

Quadro 3 – Influência do consumo de cimento – concreto convencional
Fonte: Furnas, 1997.

Dosagem	Modulo de finura do agregado miúdo	Coeficiente de permeabilidade (m/s)			
		Consumo de cimento (Kg/m ³)			
		300	600	900	1200
A	1,40	$1,67 \times 10^{-10}$	$1,39 \times 10^{-11}$	$3,33 \times 10^{-12}$	$2,22 \times 10^{-12}$
B	2,80	$6,94 \times 10^{-11}$	$1,03 \times 10^{-12}$	$1,11 \times 10^{-12}$	$1,47 \times 10^{-12}$
C	3,84	$1,25 \times 10^{-11}$	$1,94 \times 10^{-12}$	$1,36 \times 10^{-12}$	$1,53 \times 10^{-12}$

Quadro 4 – Influência do consumo de cimento – concreto convencional
Fonte: Furnas, 1997.

Conforme o quadro 3 e 4, pode-se constatar claramente que o consumo de cimento influencia diretamente no coeficiente de permeabilidade, ou seja, quanto maior o consumo de cimento menor a permeabilidade. Porém para consumos de cimento superiores a 600 Kg/m³ o coeficiente de permeabilidade se torna praticamente constante.

DMáx (mm)	Coeficiente de Permeabilidade (m/s)				
	Relação água/cimento				
	0,4	0,6	0,7	0,8	1,0
Pasta	-----	5,00X 10 ⁻¹⁴	1,00X 10 ⁻¹³	-----	-----
4,8 Argamassa1:3	-----	3,33X 10 ⁻¹²	1,11X 10 ⁻¹¹	4,17X 10 ⁻¹¹	2,22X 10 ⁻¹²
38	6,11X 10 ⁻¹⁰	1,11X 10 ⁻¹¹	4,72X 10 ⁻¹¹	1,11X 10 ⁻¹⁰	5,42X 10 ⁻¹⁰
76	1,06X 10 ⁻¹²	1,94X 10 ⁻¹¹	6,11X 10 ⁻¹¹	1,80X 10 ⁻¹⁰	6,94X 10 ⁻¹⁰
100	1,39X 10 ⁻¹²	2,78X 10 ⁻¹¹	1,11X 10 ⁻¹⁰	-----	-----

Quadro 5 – Influência do consumo de cimento – concreto convencional
Fonte: Furnas, 1997.

No quadro 5 observa-se a influencia do fator água/cimento na permeabilidade.

4.4 Avaliações da Qualidade do Concreto através de Ensaio de Absorção e Permeabilidade

Mehta e Monteiro (2008) relatam que a taxa de absorção de água por capilaridade é uma boa medida da qualidade de um concreto e de sua durabilidade quando exposto a locais agressivos. Valores de absorção baixos indicam que os

íons agressivos terão uma maior dificuldade de penetrar no concreto, o mesmo pode ser dito para os ensaios de capilaridade e permeabilidade do concreto.

4.4.1 Absorção de água por imersão

A NBR 9778:2012 rege esse ensaio e descreve como deve ser feito o ensaio de absorção de água por imersão. De início, verifica-se as massas de cada corpo-de-prova e, então, são encaminhados para a secagem em estufa com uma temperatura de $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$, até se obter a constância de massa, ou seja, a diferença de massa entre duas pesagens consecutivas do mesmo corpo-de-prova não exceda a 0,5% do menor valor obtido, durante o período de permanência dos mesmos em estufa. Posteriormente, os corpos-de-prova são resfriados ao ar à temperatura de $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ e, então se determina sua massa seca. Após o resfriamento os corpos de prova devem ser imersos durante 24 horas, então devem ser pesados para a obtenção da massa específica saturada.

4.4.2 Absorção de água por capilaridade

Mostadeiro Neto (2012) mostra como deve ser feito o ensaio de absorção de água por capilaridade, o ensaio seguiu as determinações da norma NBR 9779:2012. De início, verificam-se as massas de cada corpo-de-prova e, em seguida, os mesmos são encaminhados para a secagem em estufa com uma temperatura de $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$, até se obter a constância de massa, ou seja, a diferença de massa entre duas pesagens consecutivas do mesmo corpo-de-prova não exceda a 0,5% do menor valor obtido, durante o período de permanência dos mesmos em estufa. Posteriormente, os corpos-de-prova são resfriados ao ar à temperatura de $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ e, então determina-se sua massa seca. Para que cada corpo-de-prova permaneça com nível de água constante e igual a 5 ± 1 mm acima de sua face inferior, os mesmos devem ser posicionados sobre suportes e inseridos em recipientes com

água no nível determinado, evitando que outras superfícies sejam molhadas e, portanto uma possível interferência no ensaio.

A absorção capilar deve ser medida nos períodos de tempo de 3, 6, 24, 48 e 72 horas de imersão dos corpos-de-prova em água, sendo obtida pela divisão do aumento da massa em cada tempo especificado pela área da seção transversal da superfície do corpo-de-prova em contato com a água. Terminando-se as leituras das pesagens iniciais (tempo = 3, 6, 24 e 48 horas de imersão em água), os corpos de prova devem imediatamente voltar ao recipiente de ensaio, até a leitura da pesagem final (tempo = 72 horas). A pesagem de um corpo de prova é apresentada após a última leitura (tempo = 72 horas), então os corpos de prova são rompidos por compressão diametral, conforme a NBR 7222:2010, podendo observar a altura da ascensão capilar máxima obtida e desenhada através da distribuição de água no interior de cada corpo-de-prova, a absorção capilar de água para cada mistura é expressa em g/cm²,

$$S = \frac{i}{t^{0.5}} \quad (1)$$

Onde:

S é a sorção medida em mm/minutos^{0,5}.

i é o acréscimo de massa dividido por unidade de área da seção transversal como 1 grama equivale a 1mm³, então i pode ser expresso em g/mm² -> g = mm³ -> mm³/mm² = mm.

t é medido em minutos.

4.4.3 Penetração de água

Neville (1982) afirma que a permeabilidade pode ser feita no laboratório, por um ensaio simples, porém que os resultados são apenas comparativos. As paredes devem ser seladas a fim que a água passe somente pelo corpo de prova e então, aplica-se água, sob pressão, na parte superior. O ensaio pode ser executado com

pressão atmosférica porém com água saturada, pois essa é a situação real. Quando tiver atingido um regime constante, e isso pode demorar por volta de dez dias, então se determina a vazão de água e por fim é obtido coeficiente de permeabilidade K , dado pela Lei de Darcy, dado pela equação (2):

$$\frac{dq}{dt} \times \frac{1}{A} = K \times \frac{\Delta h}{L} \quad (2)$$

Onde:

dq/dt é a vazão em m^3/s .

A é a área da seção transversal do corpo de prova em m^2 .

K é o coeficiente de permeabilidade expresso em m/s .

Δh é a coluna de água em m .

L é a espessura do corpo de prova em m .

4.5 Efeitos das baixas temperaturas no concreto

Segundo ARAÚJO (2001) temperaturas inferiores a $20^\circ C$ retardam o endurecimento do concreto, podendo inclusive parar o ganho de resistência se a temperatura for abaixo de $-12^\circ C$, por isso é recomendado não concretar em dias cuja temperatura seja abaixo de $5^\circ C$.

E Mehta e Monteiro (2008) concluem que a temperatura do concreto esta ligada ao calor de hidratação, sendo que se a temperatura for inferior a $5^\circ C$ a reação química do concreto não se inicia e se for muito elevada causa fissuras no concreto.

A finura do cimento e a temperatura influencia diretamente a velocidade de hidratação. O retardo da pega é comum nos períodos frios do inverno, isso consequentemente acaba gerando uma perda de resistência, em alguns casos podendo até impossibilitar a desforma das peças de concreto. Isso pode gerar danos irreparáveis, em períodos onde a temperatura fica abaixo dos 15° .(INFLUÊNCIA TÉRMICA NA DESFORMA DO CONCRETO).

5 METODOLOGIA

Para a obtenção de um concreto considerável durável, é necessário se conhecer as propriedades de cada material, por esse motivo se deve executar os ensaios de granulometria para o agregado miúdo e graúdo conforme especifica a NBR 7211-2009, sobre agregados para concreto, para o cimento o teste é para verificar se a resistência indicada pelo fabricante esta correta.

Foram ensaiados dois tipos de areias fina e media, dois tipos de britas numero 0 e 1, dois tipos de cimento CP II-Z e CP-V, gerando quatro grupos, o primeiro e o segundo sendo os cimentos CP-II-Z e CP-IV respectivamente, a mescla das areias e brita 1, para os grupos três e quatro, usou-se CP-II-Z e CP-IV respectivamente, a mescla das areias e uma mescla entre brita 0 e brita 1 com finalidade de diminuir o índices de vazios.

Para cada grupo foram executados 15 corpos de prova, dos quais seis para romper aos 28 dias, três para se executar o ensaio de capilaridade e três para o ensaio de absorção, os outros três corpos de prova foram confeccionados a fim de que após a cura úmida em temperaturas consideradas baixas recebessem calor durante três dias para averiguar se teria um ganho de resistência.

5.1 Determinação da composição granulométrica do agregado miúdo

Conforme 7211- 2009.

5.2 Determinação da composição granulométrica do agregado graúdo

Conforme 7211- 2009.

5.3 Determinação da Resistência à Compressão do material cimento

Conforme a NBR 7215-1996.

5.4 Massa unitária compactada e porcentagem de vazios da mistura dos agregados graúdos

- Lona ou material semelhante para trabalhar com as pedras em cima;
 - Corpo de prova de dimensões 150X300 mm;
 - 10 kg de brita 0;
 - 10 kg de brita 1;
 - Balança para capacidade de 20 Kg;
 - Bastão;
 - Enxada;
1. Zerar a balança;
 2. Colocar os 10 Kg de brita 1 sobre a lona e completar o corpo de prova com 4 camadas dando 25 golpes uniformemente sobre cada cama;
 3. Pesar o corpo de prova;
 4. Acrescentar 1 kg de brita numero 0, misturar com a enxada, repetir o processo de preenchimento do corpo de prova;
 5. Repetir até que a massa de brita 1 e brita 0 sejam iguais;
 6. Observar qual foi o maior valor obtido em cada uma das pesagens;

Para este ensaio Massa específica da Brita 0 = 2.920 Kg/Dm³. E Massa específica da Brita 1 = 2.926 Kg/Dm³. O índice de vazios é dado pela equação (6):

$$\text{Vazios}\% = \frac{\text{Massa específica mistura P0+ P1} - \text{Massa unitária compactada}}{\text{Massa específica mistura P0+ P1}} \times 100 \quad (6)$$

5.4 Absorção de água por imersão

- Balança hidrostática com sensibilidade de 1 g;

- Estufa para 100°C a 110°C;
 - Cesto de arame para imersão do corpo de prova;
 - Os corpos de prova para esse ensaio não precisam ter formato definido, podem até mesmo ser retiradas de obras já concretadas;
 - Porém cada corpo de prova deve possuir no mínimo um volume de 200cm³ e uma massa de 500g, o ensaio deve ser realizado com no mínimo três amostras;
 - Determinar a massa da amostra ao ar;
 - Colocar as amostras em uma estufa de 100°C a 110°C e determinar sua massa após uma permanência de 24h, 48h e 72h;
 - Resfriar até uma temperatura de 21°C a 25°C; 72h (A);
 - Após o resfriamento, colocar a amostra submersa em água por 72 horas, sendo que nas primeiras quatro horas deve se imergir 1/3 do corpo de prova, 2/3 nas 4 horas seguinte e completar totalmente nas 64 horas restante, secar a superfície da amostra e pesar (B);
- Para a determinação da absorção usar a equação (7):

$$\frac{(B-A)}{A} \times 100 \quad (7)$$

5.5 Absorção de água por capilaridade

- Caixa plástica ou metálica;
 - Balança com sensibilidade de 0.1g;
 - Prensa
 - Régua metálica;
 - Estufa de 100°C a 110°C;
1. Secar os corpos de prova em estufa de 100°C a 110°C até atingir constância de massa;
 2. Resfriar os corpos de prova até a temperatura ambiente e verificar sua massa (B);

3. Colocar os corpos de prova na caixa plástica ou metálica apoiando sobre suportes para que não fiquem em contato com a caixa, imergir os corpos de prova 5mm na água;
4. Determinar a massa dos corpos de prova imersos com 3h, 6h, 24h, 48h, 72h (A);
5. Após a pesagem de 72 horas, romper os corpos de prova de maneira diametral, dessa maneira é possível fazer uma leitura da ascensão capilar;
Para a determinação da capilaridade, usa-se a equação (7):

$$\textit{Capilaridade} = \frac{A-B}{\textit{área da seção}} \quad (6)$$

6. RESULTADOS E ANÁLISES

Para a execução do concreto é necessário se conhecer as propriedades dos materiais que o compõem: cimento, areia e brita.

Cada material tem seus ensaios para sua aceitabilidade, como o teste da argamassa para o cimento e as granulometrias para a areia e a brita.

6.1 ANALISE DA ACEITABILIDADE DO CIMENTO

Cada cimento vem com a sua classe de resistência, indicadas pelos números, 25,32 e 40, estes valores determinam quanto o cimento deve atingir de resistência aos 28 dias. Este ensaio também conhecido como o teste da argamassa, é necessário executá-lo para confirmar a qualidade do cimento.

Tabela 4 - Resultados de resistência a compressão dos corpos de prova CP II-Z 32 MPa.

Número do Corpo de Prova (CP)	σ (MPa)	Média das resistências	Desvio relativo (%)
CP1	32,6	32,0	1,8
CP2	31,6		1,3
CP3	32,2		0,4
CP4	33,0		3,1
CP5	31,1		2,9
CP6	31,6		1,2

Tabela 5 - Resultados de resistência a compressão dos corpos de prova CP IV 32 MPa.

Número do Corpo de Prova (CP)	σ (MPa)	Média das resistências	Desvio relativo (%)
CP1	33,7	32,7	3,1
CP2	32,0		2,1
CP3	32,6		0,2
CP4	32,2		1,5
CP5	32,5		0,7
CP6	33,1		1,3

Pode-se verificar através das tabelas 4 e 5 a resistência de seis corpos de prova, alguns ficaram abaixo da resistência esperada para os 28 dias, porém a média das tensões ultrapassaram os 32 MPa e como o desvio padrão não foi maior do que 6%, pode-se aceitar o ensaio.

Neste ensaio, apenas comprova-se que os cimentos que foram utilizados estavam dentro das recomendações, que são obter uma resistência maior ou igual a designada, no caso, 32MPa e entre os resultados não deve haver uma desvio padrão maior do que 6%, no caso, dos dois cimentos foram considerados aptos para a realização dos concretos. Este experimento e também a sua cura transcorreu em um período em que a temperatura média estava mais elevada que os período de cura dos corpos de prova (abril de 2014).

6.2 RESULTADOS OBTIDOS PARA A GRANULOMETRIA DO AGREGADO MIÚDO

Tabela 6 – Distribuição das massas de areia média retidas em cada peneira.

Abertura da malha das peneiras (mm)	Massas retidas							NBR - 7211 Distribuição granulométrica Porcentagens retidas acumuladas				
	Mr(g) Massa retida (gr)		Mr%() Massa retida (%)		(Vr)	(Mrm)	(Mra)	Limites inferiores		Limites superiores		
	(gramas)		(porcentagem)		Variações	média	acumulada	Zona útil	Zona ótima	Zona ótima	Zona útil	
	Ensaio a	Ensaio b	Ensaio a	Ensaio b	+ 4 %	(%)	(%)					
9.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0	0	0	0	
6.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0	0	0	7	
4.8	24.0	24.0	2.4	2.4	0.00	2.4	2.4	0	0	6	11	
2.4	76.0	73.0	7.6	7.3	0.30	7.5	9.9	0	10	20	25	
1.2	274.0	264.0	27.4	26.4	1.00	26.9	36.8	10	20	40	45	
0.6	419.0	424.0	41.9	42.4	0.50	42.2	78.9	41	50	60	65	
0.3	170.0	171.0	17.0	17.1	0.10	17.1	96.0	70	75	87	92	
0.15	26.0	31.0	2.6	3.1	0.50	2.9	98.8	90	92.5	97.5	100	
0.1 Fundo	11.0	13.0	1.1	1.3	0.20	1.2	100	100	100	100	100	
Mi	1000.0	1000.0	Modulo de finura = soma % retidas acumuladas das peneiras normais / 100								3.23	
Mf	1000.0	1000.0	Dimensão máxima característica = coluna Mra % retida acum. 1ºvalor <5%								4.8 mm	

Conforme se verifica na tabela 6 o resultado da granulometria do agregado miúdo, o módulo de finura resultou em 3,23, bem como sua dimensão máxima característica, que resultou em 4,8 mm, a curva granulométrica pode ser verificada no gráfico 1.

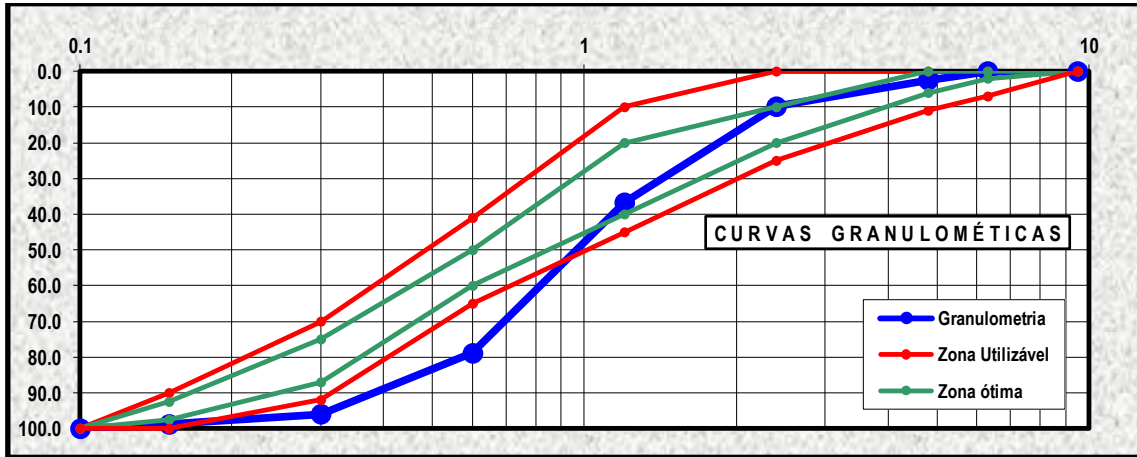


Gráfico 1: Curva granulométrica da areia média.

A distribuição granulométrica ficou dentro da zona ótima para as peneiras 6,3, 4,8, 2,4, 0,15, dentro da zona útil para a peneira 2,4 e fora da zona utilizável para a peneira 0,6 e 0,3.

Analisando a curva granulométrica obtida com a areia média, observa-se que a areia vendida e disponível no município de Campo Mourão - PR, encontra-se em desacordo com o recomendado para a execução de concretos em geral, conforme a NBR 7211:2009. É necessária alguma intervenção para que o agregado miúdo seja considerado apto para concretos (por exemplo, a mescla com uma areia mais fina).

Tabela 7 - Distribuição das massas de areia fina retidas em cada peneira.

Abertura da malha das peneiras (mm)	Massas retidas							NBR - 7211 Distribuição granulométrica Porcentagens retidas acumuladas			
	Mrg) Massa retida (gr)		Mr%) Massa retida (%)		Vr) Variações ± 4 %	(Mrm) média (%)	(Mra) acumulada (%)	Limites inferiores		Limites superiores	
	(gramas)		(porcentagem)					Zona útil	Zona ótima	Zona ótima	Zona util
	Ensaio a	Ensaio b	Ensaio a	Ensaio b							
9.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0	0	0	0
6.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0	0	0	7
4.8	5.0	5.0	0.5	0.5	0.00	0.5	0.5	0	0	5	10
2.4	20.0	18.0	2.0	1.8	0.22	1.9	2.4	0	10	20	25
1.2	7.0	6.0	0.7	0.6	0.11	0.7	3.1	5	20	30	50
0.6	212.0	210.0	21.4	21.0	0.37	21.2	24.2	15	35	55	70
0.3	353.0	365.0	35.6	36.5	0.92	36.0	60.3	50	65	85	95

0.15	352.0	351.0	35.5	35.1	0.38	35.3	95.6	85	90	95	100
0.1 Fundo	43.0	45.0	4.3	4.5	0.17	4.4	100	100	100	100	100
Mi	992.0	1000.0	Modulo de finura = soma % retidas acumuladas das peneiras normais / 100							1.86	
Mf	992.0	1000.0	Dimensão máxima característica = coluna Mra % retida acum. 1ºvalor <5%							1.2 mm	

Conforme se verifica na tabela 7 o resultado do módulo de finura é 1,86, bem como sua dimensão máxima característica, que resultou em 1,2 mm, podendo verificar-se a curva granulométrica no gráfico 2.

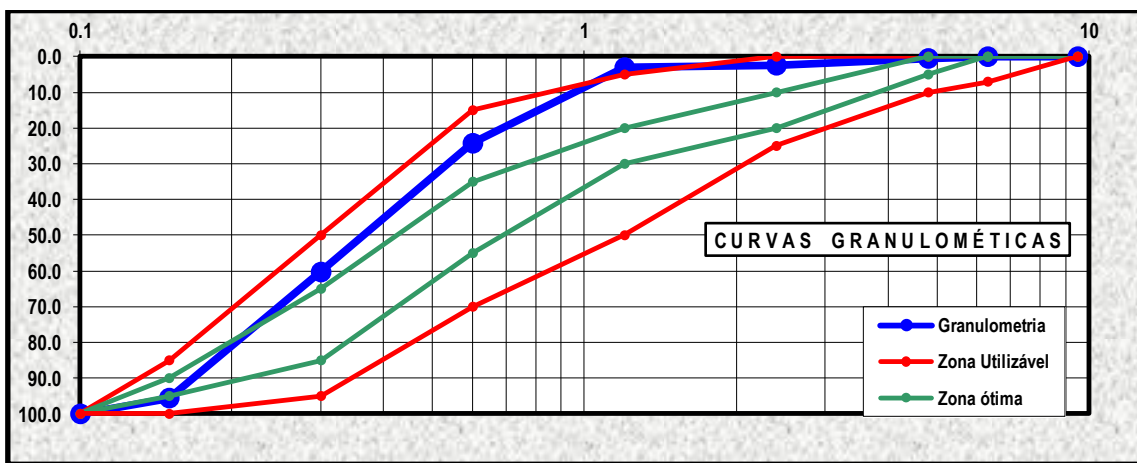


Gráfico 2 - Curva granulométrica da areia fina.

A distribuição granulométrica ficou dentro da zona ótima para as peneiras 4,8 e 0,15, dentro da zona útil para as peneiras 2,4, 0,6 e 0,3 e fora da zona utilizável para a peneira 1,2. Com isso pode-se considerar que a areia fina vendida em Campo Mourão, pode ser considerada apta para concretos de baixo ou médio rendimento.

Analisando a curva granulométrica obtida com a areia fina, observa-se que a areia vendida e disponível no município de Campo Mourão, encontra-se em desacordo com o recomendado para a execução de concretos em geral, conforme a NBR 7211:2009. É necessária alguma intervenção para que o agregado miúdo seja considerado apto para concretos (por exemplo, a mescla com uma areia mais grossa).

Para que a granulometria ficasse dentro da zona considerada ótima, foi necessário fazer uma intervenção, mesclando-se as duas areias em uma proporção 50% de cada, a curva granulométrica ficou conforme o gráfico 3.

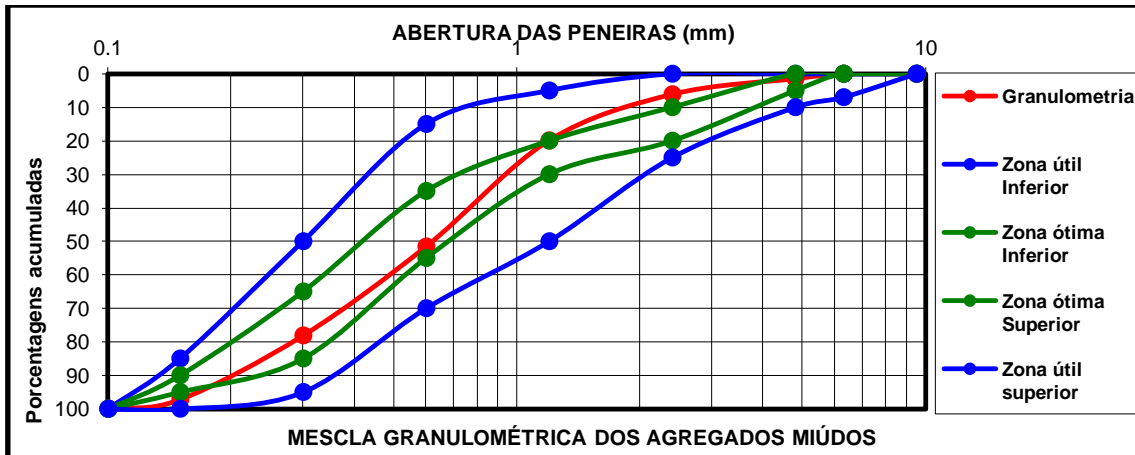


Gráfico 3 - Curva granulométrica da mescla de 50% de areia fina e 50% de areia média.

Com a mescla das areias a curva granulométrica ficou em grande parte dentro do considerado ótimo para a execução de um concreto que atinge os requisitos para o qual ele foi designado, sendo que para as peneiras 6,3, 4,8, 0,6, 0,3 ficaram dentro da área considerada ótima e para as peneiras 2,4, 1,2 e 0,15 ficaram dentro da zona utilizável, assim se torna melhor para a execução de um concreto de maior desempenho.

6.3 RESULTADOS OBTIDOS PARA A GRANULOMETRIA DO AGREGADO GRAÚDO

Os resultados para a granulometria do agregado graúdo são os dados da tabela 8.

Tabela 8 - Distribuição das massas da brita 0 retidas em cada peneira.

1) COMPOSIÇÃO GRANULOMETRICA DO AGREGADO GRAUDO - NBR 7217										
Abertura peneiras	Mr) Massa retida		M%) Massa retida		(Vr)	(Mrm)	(Mra)	NBR 7211- granulométrica acumuladas	Distribuição % retidas	
	(gramas)		(Porcentagem)		variação	média	acumulada			Brita
(mm)	Ensaio a	Ensaio b	Ensaio a	Ensaio b	+ 4 %	(%)	(%)	4,75 / 12,5		
76	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0			
64	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0			
50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0			
38	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0			
32	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0			
25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0			
19	0	0	0.0	0.0	0.00	0.0	0		0	
12.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0	0	5	
9.5	3.0	3.0	0.3	0.3	0.00	0.3	0	0	15	
6.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0	40	65	
4.8	704.0	707.0	70.4	70.7	-0.30	70.6	71	80	100	
2.4	264.0	256.0	26.4	25.6	0.80	26.0	97	95	100	
Fundo	29	34	2.9	3.4	-0.50	3.2	100	100	100	
Mi	1000.0	1000.0	Modulo de finura = S dos valores da coluna Mra das peneiras normais, % retidas acumuladas / 100						5.68	
Mf	1000.0	1000.0	Dimensão máxima característica = coluna Mra Primeira peneira % retida acumulada 1º valor $\leq 5\%$						6.3mm	

Conforme a tabela 8 verifica-se que as britas ficaram retidas em grande parte na mesma peneira, o módulo de finura foi 5,68 e a dimensão máxima característica foi 6,3mm, para uso em concreto isso não é interessante, pois gera uma porcentagem de vazios maior do o considerado bom e esta fora do padrão exigido na NBR 7211:2009.

A granulometria ficou abaixo da curva granulométrica para brita entre 4,75 e 12,5 e com uma distribuição do tamanho das britas muito regular. Com essa curva granulométrica também observa-se que o agregado graúdo esta fora do considerado bom para a execução de um concreto conforme a NBR 7211:2009, sendo que os grãos estão mal distribuídos, ficando preso a grande maioria em uma única peneira, isso gera um concreto com grande porcentual de vazios. Conforme apresentado no gráfico 4.

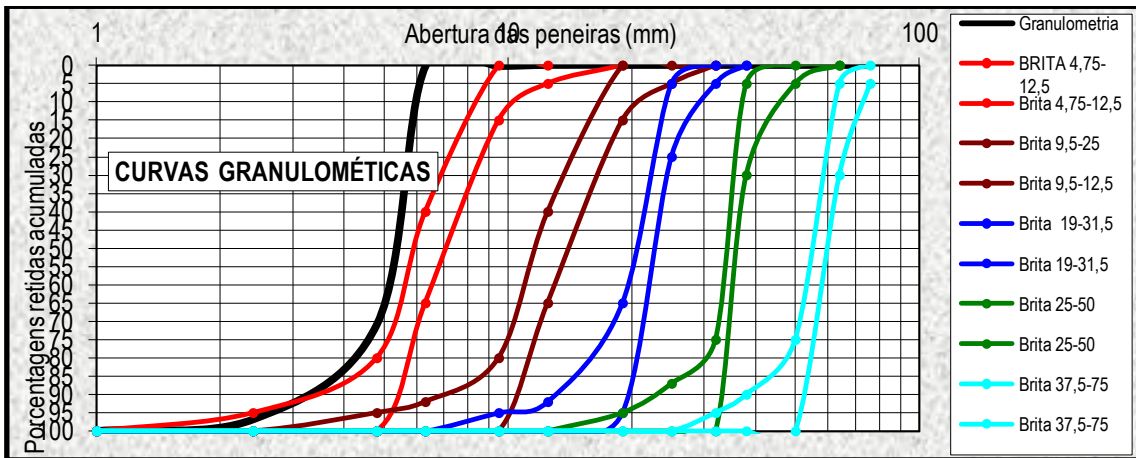


Gráfico 4 - Curva granulométrica para a brita 0.

Resultados para a granulometria do agregado graúdo são os que são apresentados na tabela 9.

Tabela 9: Distribuição das massas da brita 1 retidas em cada peneira.

1) COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DO AGREGADO GRAUDO - NBR 7217										
Abertura peneiras	Mr) Massa retida		M%) Massa retida		(Vr)	(Mrm)	(Mra)	NBR 7211- granulometrica % retidas acumuladas	Distribuição	
	(gramas)		(Porcentagem)		variação	média	acumulada			
(mm)	Ensaio a	Ensaio b	Ensaio a	Ensaio b	± 4 %	(%)	(%)	Brita		
								9,5 / 25		
19	0	0	0.0	0.0	0.00	0.0	0		0	
12.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0	0	5	
9.5	988	995	98.8	99.5	-0.70	99.2	0	0	15	
6.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0	40	65	
4.8	9	4	0.9	0.4	0.50	0.65	71	80	100	
2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	97	95	100	
Fundo	3	1	0.3	0.1	0.2	0.2	100	100	100	
Mi	1000.0	1000.0	Modulo de finura = S dos valores da coluna Mra das peneiras normais, % retidas acumuladas / 100						5.99	
Mf	1000.0	1000.0	Dimensão máxima característica = coluna Mra Primeira peneira % retida acumulada 1º valor ≤ 5 %						12.5mm	

Conforme a tabela 9 pode-se verificar que as britas ficaram retidas em grande parte na mesma peneira, o módulo de finura foi 5.99 e a dimensão máxima característica foi 12.5mm, para o uso em concreto isso não é interessante, pois gera

uma porcentagem de vazios maior do que o considerado bom e esta fora do padrão obtido na NBR 7211:2009.

A granulometria ficou abaixo da curva para brita entre 9, 5 e 25 e com uma distribuição do tamanho das britas muito regular. Com essa curva granulométrica verifica-se que o agregado graúdo está fora do considerado bom para a execução de um concreto conforme a NBR 7211:2009, sendo que os grãos estão mal distribuídos, ficando preso a grande maioria em uma única peneira, isso gera um concreto com grande porcentual de vazios.

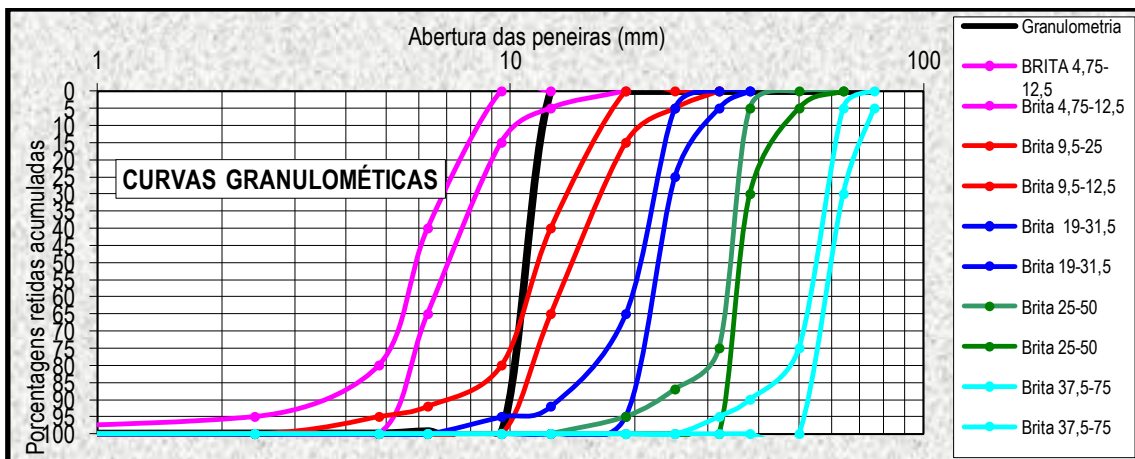


Gráfico 5 – Curva granulométrica para brita 1.

Do mesmo modo que a brita 0, a brita 1 também ficou retida quase que em sua totalidade em apenas uma peneira e portanto ficando fora do intervalo correto para a sua granulometria.

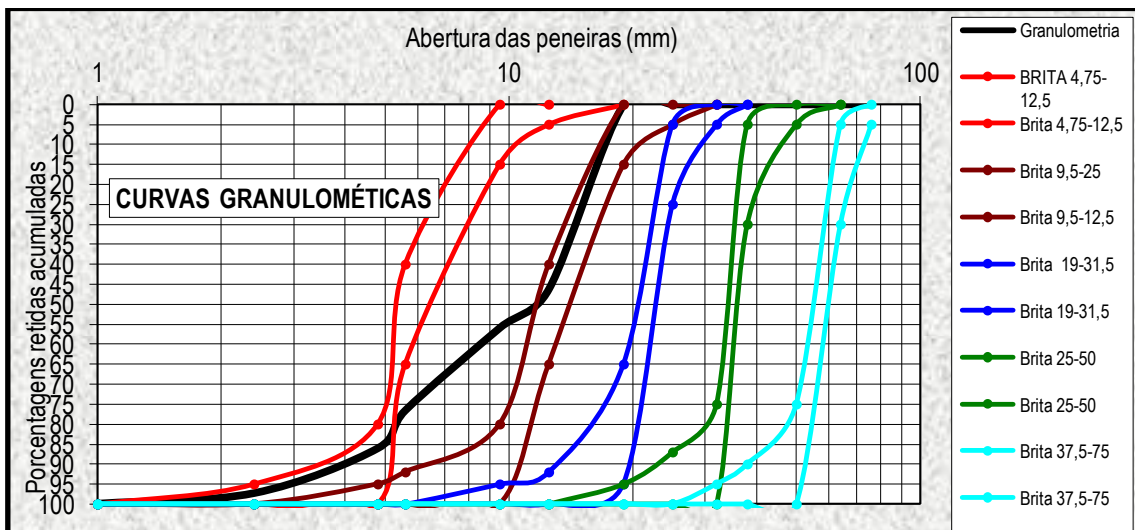
Para uma melhor ocupação dos vazios usou-se a brita 0 e a brita 1 compostas.

Os resultados obtidos foram os descritos na tabela 10 evidenciados no menor índice de vazios.

Tabela 10 - Resultados da mescla da brita 0 e brita 1.

Porcentagens entre os agregados graúdos (%)		Massa dos agregados mais o recipiente (kg)	Massa unitária compactada (Kg/cm ³)	Índice de vazios (%)
nº0	nº 1			
9	91	14.10	1.61	44.8
17	83	14.30	1.65	43.8
23	77	14.35	1.66	43.2
33	67	14.40	1.67	42.9
38	62	14.45	1.68	42.5
40	60	14.60	1.71	41.6
44	56	14.55	1.70	41.9
47	53	14.45	1.68	42.5
50	50	14.40	1.67	42.8

Com os resultados obtidos e com a intenção de conseguir o menor porcentagens de vazios, decidiu-se usar a combinação correspondente a 40% de brita 0 e os outros 60% da brita 1, com essa combinação a massa unitária compactada é 1.71 Kg/cm³ e a porcentagem de vazios é 41.6%

**Gráfico 6 - Curva granulométrica da mescla da brita 0 e brita 1.**

Após unir as duas quantidades de britas, a curva granulométrica ficou de uma maneira com melhor distribuição do tamanho de cada brita, ainda não é o ideal, contudo essa variação das dimensões gera um concreto mais compactado.

6.4 Definição do traço

Com estes ensaios e partindo do traço usual de obras de edificações no município de Campo Mourão, que é 1:3:3, ou seja, 1 volume de cimento, 3 volumes de areia, 3 volumes de brita e a quantidade de água adicionada normalmente não é conferida, sendo o usual a adição de água até que se obtenha uma trabalhabilidade que se imagina ser a necessária. Partindo desse traço de uso comum, foram transformados os volumes em massa e cotizado a quantidade de água para obter a resistência de 25 MPa com uma trabalhabilidade em torno de 3.

Tabela 11 - Resumo da disposição dos materiais.

Grupos	Cimento		Ag Miúdo		Ag Graúdo		Fator Água/cimento.
	Tipo	Kg	Kg Areia Grossa	Kg Areia Fina	Kg Brita 0	Kg Brita 1	
Grupo I	CP-II Z	14,1	22,5	22,5	45,1		0,50
Grupo II	CP-IV	14,1	22,5	22,5	45,1		0,52
Grupo III	CP-II Z	14,1	22,5	22,5	17,1	27,1	0,55
Grupo IV	CP-IV	14,1	22,5	22,5	17,1	27,1	0,58

Conforme se verifica na tabela 11 os dois últimos grupos de concreto foi necessário mais água para obter o mesmo abatimento, devido a maior superfície específica resultado da mescla entre as britas, o mesmo se pode dizer do cimento CP-IV que devido seu menor modulo de finura consome mais água na reação.



Figura 1 e 2 – Ensaio abatimento.

De cada traço de concreto foram confeccionados 16 corpos de prova, com a finalidade de realizar os ensaios de compressão, capilaridade e absorção. A cura foi do tipo úmida respeitando os 28 dias e com as temperaturas externas estando entre os 5,2 e 28,4 graus, contudo na câmara úmida a temperatura foi medida e constatou-se uma constância de 20% menor que a temperatura exterior, como os corpos de prova permanecerem o tempo todo submerso não foi averiguado a umidade ambiente.

6.5 Temperaturas durante a cura

Nas tabelas 12 e 13 estão apresentadas as temperaturas dos mês de maio e junho respectivamente.

Tabela 12 – Médias de temperatura do mês de maio.

Data	Temp Mín.	Temp Máx.
17/05/2014	13,7	25,6
18/05/2014	14,6	26,6

19/05/2014	14,0	25,9
20/05/2014	14,1	25,8
21/05/2014	14,8	26,2
22/05/2014	19,7	25,4
23/05/2014	17,7	19,5
24/05/2014	11,8	16,9
25/05/2014	14,0	16,3
26/05/2014	8,9	13,8
27/05/2014	6,8	16,5
28/05/2014	7,3	18,9
29/05/2014	7,8	20,3
30/05/2014	11,3	24,0
31/05/2014	12,7	18,1

Tabela 13 – Médias de temperatura do mês de junho.

Data	Temp Mín.	Temp Máx.
01/06/2014	16,2	21,4
02/06/2014	6,8	19,8
03/06/2014	5,2	19,2
04/06/2014	9,1	20,0
05/06/2014	15,9	25,6
06/06/2014	18,8	21,3
07/06/2014	17,7	26,8
08/06/2014	19,6	23,5
09/06/2014	12,5	20,6
10/06/2014	14,7	20,4
11/06/2014	14,4	23,9
12/06/2014	15,7	24,6
13/06/2014	14,1	25,5

Porém as temperaturas dentro do recipiente com os corpos de prova eram inferiores à temperatura exterior, devido ao contato direto com o piso e ser um ambiente fechado sem contato com o calor externo.

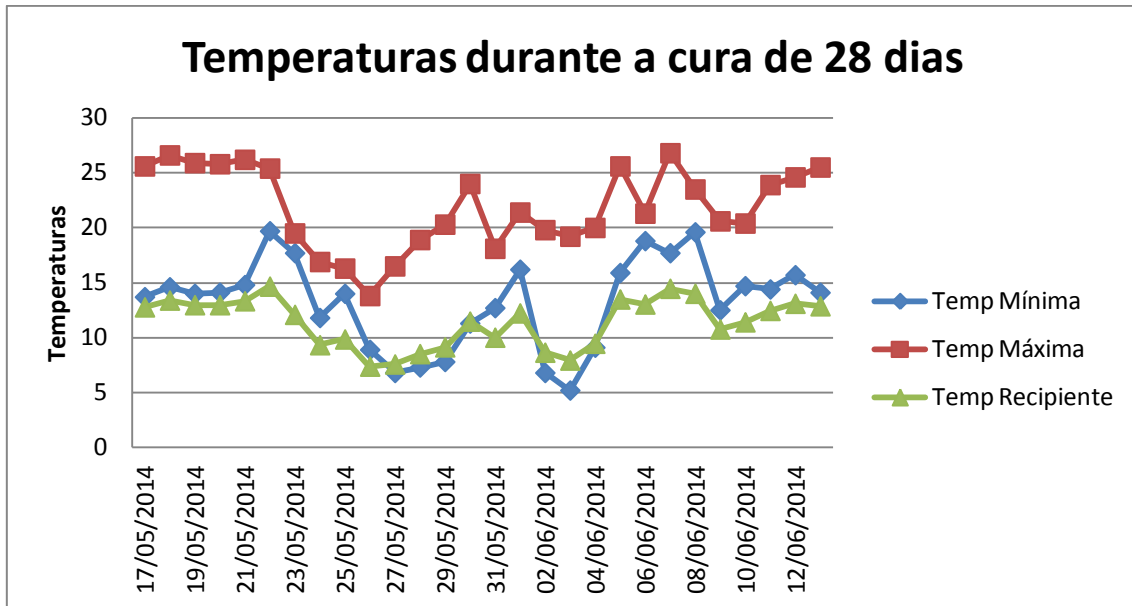


Gráfico 7 - Distribuição das temperaturas durante a cura.

A temperatura foi desuniforme durante todo o período de cura, porém podemos notar que ela se permaneceu consideravelmente baixa, mantendo todo o tempo dentro do recipiente uma temperatura sempre abaixo dos 15° Celsius, sendo medida diariamente, algo que acontece tipicamente nos períodos mais frios na região sul do país.

Com estas temperaturas, abaixo das recomendadas que são entre 20° e 25° Celsius, a pasta de cimento não amadureceu corretamente, influenciando no amadurecimento, e isto interfere nos parâmetros do concreto, como se pode observar no gráficos 8.

6.6 RESULTADOS PARA O ENSAIO COMPRESSÃO PARA OBTENÇÃO DA RESISTÊNCIA

Os corpos de prova foram curados por 28 dias, após esse período foram rompidos e os resultados obtidos estão na tabela 14.

Tabela 14 - Corpos de prova e sua respectiva resistência.

Grupo I		Grupo II		Grupo III		Grupo IV	
Numero	σ (Mpa)	Numero	σ (Mpa)	Numero	σ (Mpa)	Numero	σ (Mpa)
CP1	16,8	CP1	16,3	CP1	20,5	CP1	25,0
CP2	16,8	CP2	17,1	CP2	22,9	CP2	24,9
CP3	17,2	CP3	15,8	CP3	21,1	CP3	25,1
CP4	18,4	CP4	16,0	CP4	21,9	CP4	25,0
CP5	15,2	CP5	16,7	CP5	21,8	CP5	25,1
CP6	16,8	CP6	16,4	CP6	21,1	CP6	25,3

Para uma visualização mais simples dos resultados, foram efetuadas as medias de todas as resistências e expostas no gráfico 8.

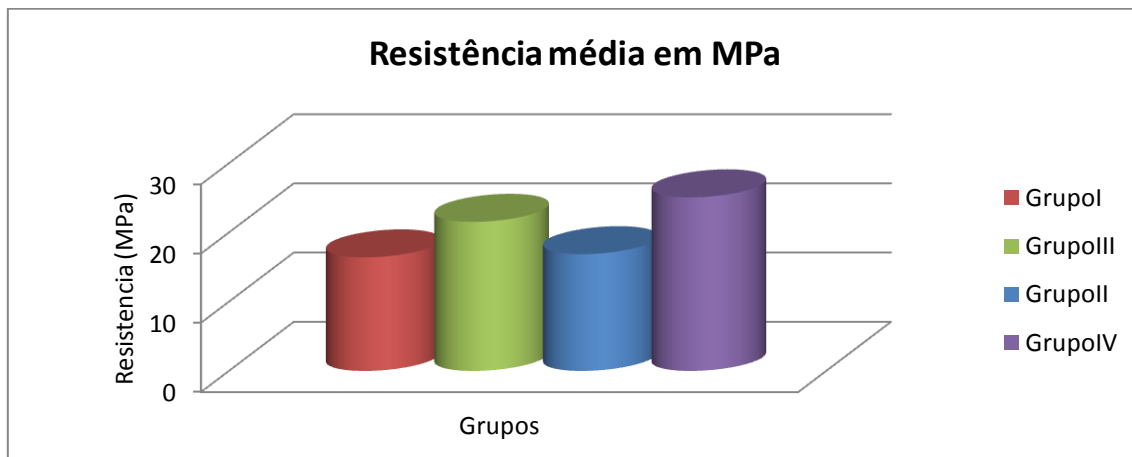


Gráfico 8 – Tensões dos corpos de prova.

Após os 28 dias de cura em baixas temperaturas, outros corpos de prova foram levados para outro tanque onde a temperatura foi mantida entre 20 e 25° constantemente durante 3 dias, conforme figura 3, para verificar se haveria ganho de resistência, contudo este ganho pode ser considerado nulo, ou seja, para concretagens e curas em baixas temperaturas a resistência deve ser reavaliada.



Figura 3 – Constancia das temperaturas.

Entretanto para a durabilidade, a resistência à compressão é apenas um dos parâmetros, por este motivo efetuou-se os ensaios de capilaridade, como se verifica nos gráficos abaixo.

6.7 RESULTADOS PARA O ENSAIO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA POR CAPILARIDADE

Para a obtenção da capilaridade, os corpos de prova foram pesados nos tempos determinados, com cada resultado da ultima pesagem e jogados na formula, foram obtidos os resultados expressados na tabela 15.

Tabela 15 – Resultados do ensaio de capilaridade.

Grupo I	g/cm ²	média	Grupo II	g/cm ²	média
A4	0,66		B4	0,75	
A5	0,80	0,76	B5	0,63	0,69
A6	0,81		B6	0,68	
Grupo III	g/cm ²	média	Grupo IV	g/cm ²	média
C4	0,58		D4	0,39	
C5	0,49	0,55	D5	0,37	0,38
C6	0,57		D6	0,39	

Após obter o resultado de cada capilaridade foi feito uma media para cada grupo, os resultados seguem no gráfico 9.

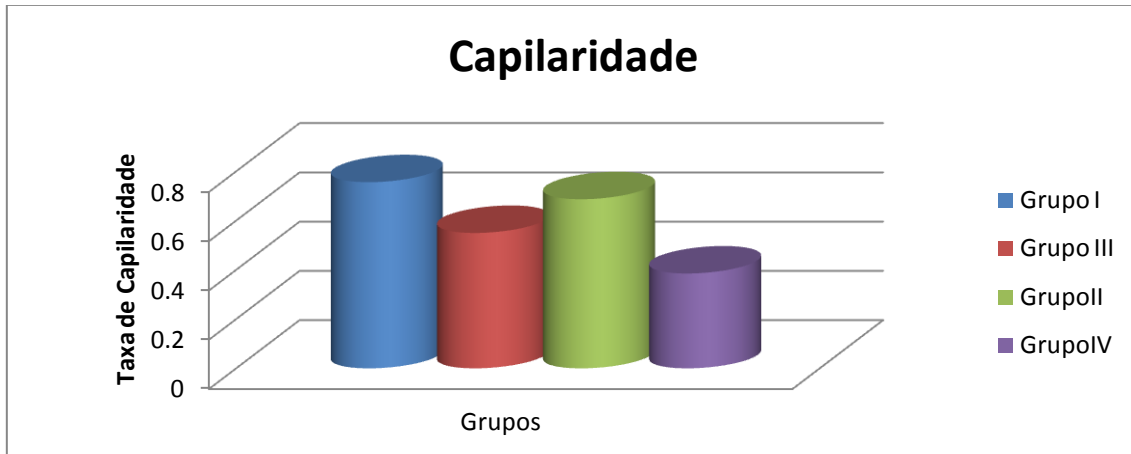


Gráfico 9 - Absorção por capilaridade.

Conforme tabela 15 e gráfico 9, nota-se a ascensão capilar para os corpos de prova com a granulometria normal foi maior do que os com a granulometria melhorada em aproximadamente 38%, demonstrando que a quantidade de água que sobe por capilaridade é menor devido o menor coeficiente de vazios, a diferença entre a taxa de capilaridade foi ainda maior para concretos usando o CP-IV aproximadamente 78%, indicando uma melhora na durabilidade do concreto.

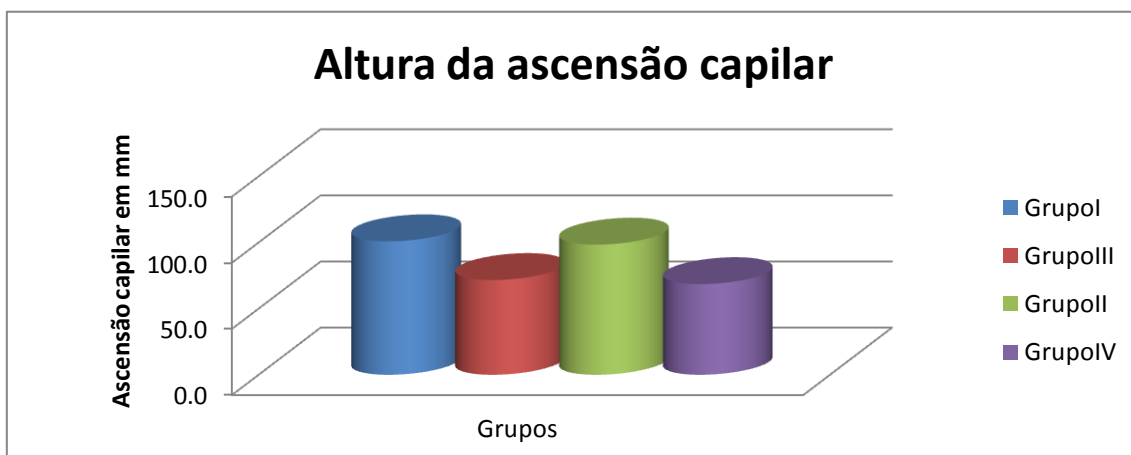


Gráfico 10 - Altura da capilaridade.

Com relação à altura de ascensão capilar, após o ensaio de rompimento diametral pode-se verificar através do gráfico 10 que a altura de ascensão capilar para os corpos de prova do grupo I e grupo III foram de aproximadamente 37%, para os grupos II e IV a melhoria foi de aproximadamente 77%.

6.8 RESULTADOS PARA O ENSAIO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA POR IMERSÃO

Para a absorção os resultados não foram tão discrepantes quanto os obtidos nos ensaios de resistência e capilaridade, os resultados do ensaio de absorção por imersão em água estão exibidos na tabela 16.

Tabela 16 – Resultados da absorção por imersão.

Grupo	Absorção após imersão em água	Índice de vazios após saturação	Massa específica da amostra seca	Massa específica da amostra saturada	Massa específica real
	(%)	(%)	g/cm ³	g/cm ³	g/cm ³
Grupo I	6,67	15,19	2,2768	2,4287	2,685
Grupo II	6,51	15,07	2,3130	2,4637	2,723
Grupo III	6,10	14,11	2,3131	2,4543	2,693
Grupo IV	5,97	13,99	2,3454	2,4854	2,727

Para a absorção os valores foram próximos entre si conforme tabela 16, contudo entre as amostras do grupo I e grupo III a discrepância entre a absorção foi 9% e para índice de vazios 8%, grupo II e grupo IV a discrepância entre a absorção foi 9% e para índice de vazios 8%

Outro parâmetro interessante para a durabilidade é o da absorção de água por imersão, como estruturas de concreto estão em maior ou menor grau sujeitas a agentes agressivos, porém se um concreto é menos poroso esses agentes agressivos como os gases sulfurosos, água do mar ou até mesmo o gás carbônico,

demoram mais tempo para prejudicar a peça, no gráfico 11 verifica-se a absorção dos 4 grupos de corpos de prova.



Gráfico 11 - Valores de absorção dos 4 grupos.

No gráfico 11 observa-se a porcentagem de absorção de água, neste quesito quanto menor for o valor mais compactado, portanto melhor em relação a durabilidade é o concreto, o resultado manteve a linha dos outros, onde a mescla dos agregados obtiveram resultados em media 9% melhores que os grupos onde só havia um tipo de brita.

6.9 RESUMO DOS RESULTADOS OBTIDOS NOS ENSAIOS

Os resultados dos ensaios foram concentrados na tabela 17, para uma comparação entre si.

Tabela 17 - Resumo das médias dos ensaios.

Grupo	Tensão Média (MPa)	Capilaridade média (%)	Absorção média(%)
Grupo I	16,4	0,76	6,67
Grupo III	21,3	0,55	6,10
Grupo II	16,9	0,68	6,51
Grupo IV	25,1	0,39	5,97

Verifica-se que é válido relacionar o teste tradicional a compressão com todos os outros. Através da tabela 17 pode-se comparar os ensaios de absorção e capilaridade com o ensaio de compressão, com isso observa-se que a durabilidade do concreto está correlacionada a sua resistência, isso possui grande importância, pois ensaios como o de capilaridade e absorção são mais difíceis e demorados para serem executados, já o ensaio de compressão é mais corriqueiro.

Também se pode fazer a comparação entre os cimentos CP-II e CP-IV, como existe uma diferença entre o módulo de finura dos dois cimentos, sendo que o cimento CP-IV é mais fino que o CP-II Z, isso gera uma maior superfície específica e como visto nos ensaios gerou uma melhor qualidade nos três quesitos.

7 CONCLUSÃO

Após analisar os resultados dos ensaios, verificou-se que para o cimento CP-2 Z a resistência à compressão melhorou aproximadamente 31,32%, a capilaridade melhorou 37,49% e a absorção melhorou 9,36% somente com a melhoria da granulometria. Para o cimento CP-IV os resultados foram ainda mais discrepantes, sendo que a resistência à compressão melhorou 48,70%, a capilaridade melhorou 78,26% e a absorção melhorou 9,17%, com a mesma melhoria da granulometria. E sem aumento de custo para a execução do concreto. Mesmo com essa melhoria de todos os fatores a baixa temperatura afetou na maturidade da pasta, ou seja, a pasta não amadureceu corretamente. Conclui-se que a melhoria da granulometria do agregado graúdo ajuda na durabilidade do concreto também como o uso de CP-IV é mais indicado que o uso de CP-II e que se deve tomar cuidados ao concretar em períodos de baixas temperaturas, recomendando-se deixar o cimbramento por mais dias que o normal.

Portanto, por questões já discutidas, têm-se bons valores para comparações futuras, entre a comparação de dois tipos de cimentos diferentes e variações entre as porcentagens de britas, mas que provavelmente pode-se futuramente ser melhorado, como a utilização de cimentos diferentes do utilizado.

A partir deste, sugere-se que outros trabalhos sejam feitos na mesma área, avaliando para curas térmicas e se possível usufruindo de microscopia eletrônica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRIOLO, Francisco Rodrigues; SGARBOZA, Bento Carlos. **Inspeção e controle de qualidade do concreto**. São Paulo: Newswork, 1993.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9355**: Pesquisa de jazidas de minerais metálicos, não-metálicos e carvão - Terminologia, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9778**: Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9779**: Argamassa e concreto endurecidos — Determinação da absorção de água por capilaridade, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9935**: Agregados – Terminologia, 2011.

BATTAGIN, Arnaldo Forti. **Uma breve história do cimento Portland**: O material, conhecido dos antigos egípcios, ganhou o nome atual no século XIX graças à semelhança com as rochas da ilha britânica de Portland. Disponível em: < <http://www.abcp.org.br/conteudo/basico-sobre-cimento/historia/uma-breve-historia-do-cimento-portland> >. Acesso em: 04 Jan. 2014.

BRANDÃO, Ana Maria da Silva; PINHEIRO, Libânio Miranda. **Cadernos de Engenharia de Estruturas** São Carlos - SP: 1999.

CIMENTO ITAMBÉ. Grandes Obras de Concreto Armado. Disponível em: < <http://www.cimentoitambe.com.br/category/grandes-obras-de-concreto-armado/> >. Acesso em: 01 dez. 2013.

COTERA, Manuel Gonzáles de la. **Exposición en el ciclo organizado por el ACI, Capítulo Peruano sobre Corrosión en Estructuras de Concreto**. 1991. Disponível em: <http://www.asocem.org.pe/scmroot/bva/f_doc/concreto/agregados/mgc22_ataque_concreto.pdf>. Acesso em: 27 Jan. 2014.

INFLUÊNCIA TÉRMICA NA DESFORMA DO CONCRETO.

Disponível em: < <http://www.revistaprisma.com.br/novosite/noticia.asp?cod=3237>>.
Acesso em 07 mai. 2014.

MELO, Sandra Kurotuch de. **Estudo da Formação da Etringita Tardia em Concreto por Calor de Hidratação do Cimento**. 2011. 196. Dissertação – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2011. Disponível em: <http://gecon.eec.ufg.br/uploads/142/original_dissertacao_CONSTRUCAO_Sandra.pdf>. Acesso em 21 Jan. 2014.

FREITAS, Fernando Augusto Ernlund de. **Microfissuração e Evolução da Hidratação de Concreto de Cimento Portland, com e sem Adição de Escória, por meio da Análise de Imagens**. 2001. 207. Dissertação – Universidade estadual de Campinas, Campinas, 2001. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=vtls000227559>>. Acesso em 18 Jan. 2014.

FURNAS, Adam Matthew. **Concretos ensaio e Propriedades**. São Paulo: Editora Pini LTDA, 1997.

MEHTA, P. Kumar; Monteiro, Paulo J. M. **CONCRETO Microestrutura, Propriedades e Materiais**. São Paulo: IBRACON, 2008.

MOSTARDEIRO NETO, Carlos Zinn. **Absorção capilar e resistividade elétrica de concretos compostos com conza de casca de arroz de diferentes teores de carvão grafítico**. 2011. 167. Dissertação – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011. Disponível em: < <http://w3.ufsm.br/ppgec/wp-content/uploads/Disserta%C3%A7%C3%A3o%2016.02.2012%20FINAL.pdf>>.
Acesso em 21 Dez. 2013.

NEVILLE, Adam M.. **Propriedades do concreto**. 1 ed. São Paulo: Pini, 1982.

NEVILLE, Adam M.. **Propriedades do concreto**. 2 ed. São Paulo: Pini, 1997.

O'REILLY DÍAZ, Vitervo. **Método de dosagem de concreto de elevado desempenho**. São Paulo: Pini, 1998.

PRUDÊNCIO, Walmor José. **Tecnologia e Durabilidade do Concreto Aparente**. Rio de Janeiro: CONCREMAT, 1977.

RANGEL, George Wilton Albuquerque; MELO, Paula Rodrigues de. **DURABILIDADE DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ITENS NORMATIVOS**. 2011. , São Paulo-SP, IBRACON, 2011. Disponível em: < <http://www.concretophd.com.br/imgs/files/DosagemCap12Concreto2011.pdf> >. Acesso em: 5 Dez.2013.

PRUDÊNCIO, Walmor José. **Tecnologia e Durabilidade do Concreto Aparente**. Rio de Janeiro: CONCREMAT, 1977.

ARAUJO, JOSÉ MILTON DE. **A RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO E CRITÉRIOS DE RUPTURA PARA O CONCRETO**. 2001. Rio Grande-RS, DUNAS, 2001. Disponível em: < www.editoradunas.com.br/dunas/Numero_01.pdf >. Acesso em: 15 Jun.2014.

RÜSCH, Humbert. **Concreto Armado e Protendido**. Editora Campus LTDA, Rio de Janeiro. 1980.

SIMÕES, Mauro. **Adição de Materiais Poliméricos ao Concreto (PET e Fibra de Pneu)**. 2007. 163. Tese – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2008.

SOBRAL, Hernani Sávio. **Durabilidade dos concretos**. 2. ed. São Paulo: Associação Brasileira de Cimento Portland, 1990.

TUTIKIAN, Bernardo F.; HELENE, Paulo. **Dosagem dos Concretos de Cimento Portland**. 2011. ,São Paulo-SP, IBRACON, 2011. Disponível em: < <http://www.concretophd.com.br/imgs/files/DosagemCap12Concreto2011.pdf> >. Acesso em: 5 Dez.2013.

TUTIKIAN, Bernardo Fonseca. **Proposição de um Método de Dosagem Experimental para Concretos Auto-Adensáveis**. 2007. 163. Tese – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS, 2007. Disponível em:<<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/11309/000611153.pdf?sequence=1> >. Acesso em 5 Dez. 2013.

VILASBOAS, José Márcilio Ladeira. **Durabilidade das edificações de concreto armado em salvador: uma contribuição para a implantação da NBR 6118:2003**. 2004. 231. Dissertação – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2004. Disponível em: < http://www.teclim.ufba.br/site/material_online/dissertacoes/dis_jose_m_l_vilasboas.pdf >. Acesso em: 17 Dez.2013.