



CAMPUS SÃO JOSÉ DO RIO PRETO – JK

ICET – INSTITUTO DE CIENCIAS EXATAS E TECNOLOGICAS

UNIVERSIDADE PAULISTA

VICE-REITORIA DE PÓS GRADUAÇÃO E PESQUISA

RELATÓRIO FINAL DE PESQUISA

**ESTUDO DA DOSAGEM DE CONCRETO COM ADIÇÃO DE
GARRAFA PET EM SUBSTITUIÇÃO AOS MATERIAIS NATURAIS**

AUTORA: Larissa Stefani Freitas Silva

ORIENTADOR(a): Ms. Roseane Lemgruber Vilela

2019

4 ° ANO - ENGENHARIA CIVIL

São José do Rio Preto - SP

Pesquisa Financiada pela Vice-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa da UNIP, no Programa “Iniciação Científica”. É proibida a reprodução total ou parcial.

ESTUDO DA DOSAGEM DE CONCRETO COM ADIÇÃO DE FIBRA DE GARRAFA PET EM SUBSTITUIÇÃO AOS MATERIAIS NATURAIS

AUTORA: Larissa Stefani Freitas Silva

UNIVERSIDADE PAULISTA - UNIP

RESUMO

Neste trabalho proposto é definido modelos de dosagens, a fim de misturar os materiais como fibras de garrafa PET em substituição dos materiais naturais. Estas misturas proporcionarão grandes vantagens em obras como pavimentações, lajes, confecção de blocos de alvenaria, pavers, telhas, entre outros. Tais matérias podem ser utilizados como triturados ou em pequenas fitilhos com medidas definidas para analisar qual das duas maneiras trazem melhores condições ao comportamento físicos e mecânicos do concreto. Os materiais serão analisados por ensaios de granulometria, densidade, absorção, dosagem e abatimento, cura e rompimento. Para obtenção dos resultados, é necessário armazenados em planilhas do *Microsoft Excel*, a fim de obter as curvas de granulometria e de diagramas de dosagens. A junção das fibras de garrafa PET ao concreto podem proporcionar redução dos custos e melhorar a capacidade da busca por alternativas de materiais ecológicos, como a redução de consumo de matéria prima, que vem sendo foco na construção civil, vantagens no isolamento termo acústico,

permeabilidade, redução da densidade e do peso específico, aumento da tenacidade e da ductilidade. Este trabalho irá proporcionar grandes avanços no reaproveitamento de materiais poluentes dando ênfase a sustentabilidade na construção civil.

Palavras-chaves: concreto, dosagem, fibra de garrafa PET, construção civil, sustentabilidade.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	5
1.1. Objetivos.....	6
1.1. Hipóteses.....	7
1.3. Justificativa.....	7
2. MÉTODOS.....	8
2.1. Materiais.....	9
2.2. Ensaio de caracterização.....	10
2.2.1. Método de ensaio da granulometria.....	10
2.2.2. Metodologia do ensaio de granulometria do agregado miúdo.....	11
2.2.3. Método de ensaio da granulometria dos agregados graúdos.....	12
2.2.4. Massa específica do agregado miúdo.....	13
2.2.5. Massa específica da fibra da garrafa pet.....	14
2.2.6. Massa específica o agregado graúdo.....	14
2.2.7. Massa específica do cimento Portland.....	18
2.2.8. Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone.....	20
2.2.9. Moldagem, cura e abatimento.....	23
2.2.10. Ensaio de compressão.....	25
3. RESULTADOS.....	26
3.1. Granulometria.....	26
3.2. Granulometria do agregado miúdo.....	26
3.3. Granulometria do agregado graúdo.....	31
3.4. Massa específica do agregado miúdo.....	34
3.5. Massa específica da fibra de garrafa PET.....	35
3.6. Massa específica do agregado graúdo.....	35
3.7. Massa específica do cimento de portland.....	37
3.8. Determinação da absorção do agregado graúdo.....	38
3.9. Quantificação dos traços realizados.....	40
3.2.9. Traço 01 (médio).....	40

3.9.2. Traço 02 (rico).....	40
3.9.3. Traço 03 (pobre).....	41
3.10. Ensaio de compressão do concreto convencional e com fibra de garrafa pet.....	44
4. DISCUSSÃO.....	53
5. CONCLUSÃO.....	54
REFERÊNCIAS.....	55
ANEXO A.....	57

1. INTRODUÇÃO

Atualmente é notável a expansão de novos materiais e métodos que prometem revolucionar cada vez mais o mercado, e agregar mais eficiência nos produtos que estão relacionados à construção civil. São aproximadamente 11 tipos de cimentos mais populares e comercializados na construção, sendo que se diferenciam muitas vezes devido as suas adições que atribuem melhor eficiência ao concreto e seu resultado final, seguindo as cláusulas vigentes da associação brasileira de normas técnicas (ABNT), cuja função é verificar a qualidade e informações para a elaboração do traço do futuro concreto.

Estudando as matrizes cimentícias, nota-se muitas vezes a inserção de aglomerantes minerais para encontrar o teor ideal de água, cimento e agregados, que possibilitem ao concreto excelente trabalhabilidade e fluidez sem segregar, deixando-o mais resistente conforme as normas exigidas e reduzindo seu custo financeiro de investimento.

É indispensável analisar o impacto da produção e o descarte do concreto, assim como de outros materiais, uma vez que a preocupação ecológica vem cada vez mais tomando parte na consciência da população. E, devido a este tópico, inicia-se a reutilização de elementos na composição do concreto, agregando diferentes propriedades, variando sua função e moldando seu comportamento conforme a necessidade.

Por isso, há uma grande preocupação ambiental que gira em torno do desenvolvimento de produtos que possam utilizar materiais reutilizáveis no intuito de diminuir os impactos ambientais gerados pela construção civil. Podemos citar como exemplo dessas iniciativas os estudos feitos com: triturados de borracha, fibra de vidro, casca de arroz – inseridos no concreto com a finalidade de desenvolver materiais ecológicos que tragam resultados suficientes para que sejam utilizados. É

possível afirmar que a busca por inovações tecnológicas na construção civil tem sido de grande valia para a minimização de impactos ambientais.

Portanto, nesse contexto de sustentabilidade a utilização das garrafas PET (Politereftalato de Etileno) como agregado miúdo pode trazer não só benefícios econômicos e mecânicos, mas principalmente na redução dos impactos ambientais, sendo tratado como um material alternativo em relação ao convencional.

A finalidade da aplicação da fibra de garrafa PET (Politereftalato de Etileno) nesse estudo específico tem por intuito diminuir substancialmente a ocorrência de fissuras, levando em consideração a ocorrência de todos os benefícios citados quando preparado na argamassa, por meio de ensaios, como massa específica dos elementos (g/cm^3), a partir das curvas granulométricas para obter o comportamento da mistura resistente a compressão seguido dos parâmetros verificada pela ABNT NRB 5739 – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos.

1.1 Objetivos

- **Gerais**

- Adquirir informações de parâmetro para obter base de estudo sobre as propriedades da fibra de garrafa PET (Politereftalato de Etileno) assim como do concreto;
- Realizar ensaios referentes ao concreto com adição de fibra submetendo os corpos de prova a resistência à compressão;
- Obter e organizar resultados em gráficos e planilhas referentes à resistência a fluidez e compressão.

- **Específicos**

- Realização de levantamento bibliográfico das propriedades dos materiais estudados, assim como das informações experimentais obtidas através dos ensaios de granulometria e massa específica dos elementos;
- Confeccionar a argamassa de acordo com o teor ideal do concreto no decorrer dos ensaios de abatimento e tempo de cura;
- Avaliar o desempenho por diagramas de comportamento de concretos convencionais (CC) e da fibra de garrafa PET (Politereftalato de Etileno).

1.2 Hipóteses

As hipóteses propostas nesse estudo são:

- Quais impactos a utilização das fibras de garrafa PET causariam a construção civil?
- Qual a viabilidade deste material inserido no concreto?
- Quais vantagens e desvantagens seriam possíveis ser identificadas na argamassa com fibra de garrafa PET?

1.3 Justificativa

Por meio deste trabalho pode-se obter desempenhos com relação a expansão térmica do concreto. Esta expansão é provocada pelo aumento e diminuição de temperatura do ambiente que neste caso, sofre fissuras em estruturas pavimentadas entre outros. Com a adição de agregados miúdos como areia fina na argamassa de

concreto e dos reciclados da fibra de garrafa PET (Politereftalato de Etileno), pode-se evitar tais problemas a fim de obter qualidade do serviço prestado.

Neste trabalho os resultados de resistência à compressão, onde o rompimento por determinado tempo de cura, pode variar de acordo com o tipo de dosagem de concreto. Estas variações, podem oferecer vantagens para novas confecções de concreto, onde possam envolver a fibra de garrafa PET (Politereftalato de Etileno), assim obtendo as curvas dos diagramas de dosagens, segundo as leis de Abrams, Lyse e Molinari.

2. MÉTODOS

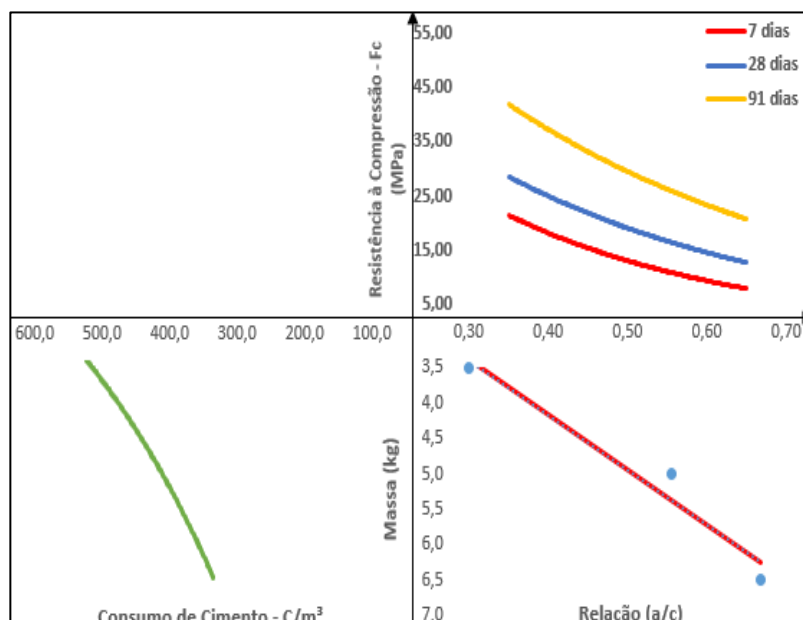
Neste trabalho serão adicionadas algumas fibras de garrafa PET (Politereftalato de Etileno), a fim de obter as resistências à compressão e elaborar a dosagem do concreto leve com o aditivo, a fim de verificar a relação acústica do bloco, aumentando a densidade, a boa flexibilidade e a trabalhabilidade.

Desenvolver-se-á ensaios para encontrar a granulometria de melhor influência, assim como o módulo de finura, a massa específica, a absorção das britas, o cálculo de relação água/cimento, com o intuito de encontrar o teor ideal de argamassa para o traço, utilizando também para a confecção do concreto. O método proposto será o de Helene e Terezian (1993).

Através do ensaio de abatimento e do tronco de cone, foram recolhidas as amostras que serão submetidas ao tempo de cura para o rompimento de 7, 28 e 91 dias a fim de representar as Leis de Abrams, Lyse e Molinari, por diagramas de dosagem, como representado na Figura 1.

Ao decorrer dos resultados, será fundamental o uso de planilhas *Microsoft Excel* assim como os procedimentos e materiais descritos abaixo.

Figura 1 -Diagrama de dosagem segundo Helene e Terzian apud Bolognini, E. J. (2016).



Fonte: BOLOGNINI, E. J. (2016).

2.1 Materiais

Faz-se necessário para o procedimento, o uso de cimento Portland, água, agregados graúdos, agregados miúdos, e a fibra de garrafa PET.

Todo decorrer terá auxílio de instrumentos que possibilitarão os resultados das curvas dos diagramas de dosagem segundo as Leis de Abrams, Lyse e Molinari, sendo eles a estufa, peneiras para separação do refugo dos agregados graúdos e miúdos, espátulas, pinceis, balanças de pesagem, frasco *Chapman*, frasco de *Le Chatelier*, bandejas, cesto de imersão, recipiente metálico, funil, proveta, câmara úmida e prensa da CONTENCO, régua, soquete, *slump-test*, betoneira, corpo de prova (10 cm X 20 cm) e baldes.

Em conjunto de materiais e equipamentos, será possível condicionar o concreto ideal, proporcionando resultados adequados para utilização em construções do meio civil.

2.2 Ensaio de caracterização

2.2.1 Método de ensaio da granulometria

O ensaio de granulometria é importante e utilizado nesse estudo para determinar a distribuição granulométrica do solo, representando a massa seca total utilizada para o ensaio, na qual possibilita futuras características físicas do agregado, e é verificada pela NBR NM 248:2003.

É realizada nesse trabalho, a partir de três amostras, na qual serão inseridas em recipientes para sua secagem em estufa e respectivo resfriamento em temperatura ambiente.

As peneiras foram de série normal e intermediária, regidas pela NBR NM 248:2003, entretanto, a sua definição segue partir da necessidade do agregado, sendo ele graúdo ou miúdo, e as mesmas devem estar limpas e firmemente encaixadas uma sobre a outra, formando um único conjunto na ordem crescente de abertura de malha da base para o topo.

Os fragmentos do agregado utilizado no momento, devem ser inseridos com cautela, de modo que não formem uma camada espessa sobre qualquer uma das peneiras, proporcionando acesso de todos os grãos à tela e não ocorrer equívocos durante a execução.

Em seguida, inicia-se a agitação mecânica do conjunto de peneiras designado por 3 minutos, viabilizando a separação e classificação dos grãos da amostra. Quando finalizado, será desencaixada a peneira superior, para concretizar à agitação manual em movimentos circulares e alternados em diferentes planos, até que após 1 minuto de agitação contínuo a massa de material passante seja inferior a 1% da massa do material retido na peneira.

O material deve ser escovado das telas da peneira, com auxílio de um pincel de cerdas macias, de modo que não fique nenhum resíduo, exposto em uma bandeja identificada, para então por meio da balança coletar sua massa.

Este passo deve ser repetido em cada peneira, sendo que a soma das massas de todas as peneiras da série não deve diferir mais de 0,3% da pesagem inicial, e assim, todo o processo deve ser repetido quantas vezes necessário para cada amostra.

Seguinte, calcular as porcentagens médias e acumuladas de cada peneira com aproximação de 0,01, como também o módulo de finura (M_f), o qual se obtém pela soma das porcentagens retidas acumuladas em massa nas peneiras da série normal, dividida por 100, como na equação 01:

$$M_f = \frac{\sum \% \text{ retida acumulada}}{100} \quad (\text{Equação 01})$$

2.2.2 Metodologia do ensaio de granulometria do agregado miúdo

Na intenção de encontrar a granulometria da areia, faz-se necessário obter conhecimento e seguir os passos descritos no subitem 3.2.1, realizando então em 3 amostras, com massa aferida de 1kg. A sequência de peneiras utilizadas durante esse procedimento será as que contém abertura de: 4,75mm; 2,97mm; 1,19mm; 0,6mm; 0,2mm; 0,15mm; fundo.

Realizado os cálculos, com o valor obtido do módulo de Finura classifica-se a areia conforme as relações abaixo, expressadas pela Tabela 01, conforme a NBR 7211:

Tabela 1: Granulometria e Classificação do Módulo de Finura

Classificação	Faixa
Grossa	2,90 < MF < 3,50
Média	2,90 < MF < 3,50
Fina	1,55 <MF < 2,20

Fonte: Autora, 2018.

2.2.3 Método de ensaio da granulometria dos agregados graúdos

ABNT NBR NM 7211 (2009), discorre sobre o ensaio de granulometria das séries de abertura das peneiras dos agregados graúdos. Tal procedimento, bem como os cálculos, seguem o mesmo procedimento conforme descrito no subitem 2.3.2, dispensando novamente definição. Na tabela 02 se observa a ordem da colocação das peneiras para este ensaio.

Tabela 2: Série de peneiras utilizadas no ensaio de granulometria do agregado graúdo

Peneiras (mm)	Série
25,00	Intermediária
19,00	Normal
12,50	Intermediária
9,50	Normal
6,30	Intermediária
4,80	Normal
2,40	Normal

Fonte: Autora, 2018.

Assim, será realizado o experimento com 3 amostras aferidas contendo 1kg, quando colocadas no conjunto de peneiras com espessura da malha citadas na tabela acima, e inseridas no agitador mecânico por 3 minutos.

2.2.4 Massa específica do agregado miúdo

O ensaio para determinação da massa específica do agregado miúdo consiste em a utilização do frasco de Chapman com os demais materiais, que são a areia e água.

Tal procedimento é regido pela norma ABNT NM 52:2009 – Determinação de massa específica e massa específica aparente, na qual será necessário completar o frasco com água até a marcação de 200 cm³, e em seguida a inserção 500 gramas de areia aferidas em uma balança com precisão, após sua secagem na estufa.

Esse passo citado deverá ocorrer com muita cautela, acompanhado de agitação do conjunto fazendo com que assim não fique com bolhas de ar, que causam equívocos no momento da leitura do frasco.

Posteriormente à agitação deverá deixar a mistura repousar, possibilitando que se evite água aderida no frasco e grãos presos na superfície interna. Procedese portando, a leitura do nível atingido pela água no gargalho do instrumento.

O procedimento acontece duas vezes, igualmente. E a partir da leitura, aplicam – se os valores na equação para determinar a massa específica do agregado, sendo ela:

$$\gamma_a = \frac{M_s}{L - L_0} \quad (\text{Equação 02})$$

Onde:

- γ_a : massa específica do agregado miúdo (areia) expressa em g/cm³;
- M_s : Agregado seco em estufa: 500g;
- L: leitura do frasco (volume ocupado pelo conjunto água - agregado miúdo);

- Lo: Leitura inicial do frasco: 200g/cm³.

Determinado pela norma é importante que o ensaio com duas amostras do mesmo agregado, não deve apresentar diferença maior que 0,05 g/cm³, sendo o valor da massa específica expresso com três algarismos significativos.

2.2.5 Massa específica da fibra da garrafa pet

Para obter a massa específica da garrafa PET, utilizamos um recipiente cilíndrico com 4 cm de diâmetro e 2,5 de altura. Sua área correspondente é de 12,57 cm² e volume de 31,42 cm³, aproximadamente. Com o auxílio de uma tesoura, cortou-se as fibras de garrafa PET, em tiras com 2 mm de largura e 2 a 3 cm de comprimento. Após esse procedimento, o recipiente cilíndrico foi tarado e pesado com as tiras de garrafa PET, obtendo assim a massa de 9 gramas de garrafa PET.

Para calcular o valor da massa específica do material, utilizou-se os dados coletados e aplicados a

$$M = \frac{Vm}{Vr}$$

2.2.6 Massa específica o agregado graúdo

A metodologia desse procedimento segue de acordo com as especificações contidas na norma NBR NM53/2002, na qual a tabela ilustrada a abaixo irá representar a massa mínima das amostras de acordo com a dimensão máxima do agregado graúdo

Tabela 3: Massa mínima das amostras nos ensaios.

Dimensão máxima (mm)	Massa mínima das amostras (g)
12,5	2
19	3
25	4
37,5	5
50	8
63	12
75	18
90	25
100	40
112	50
125	75
150	125

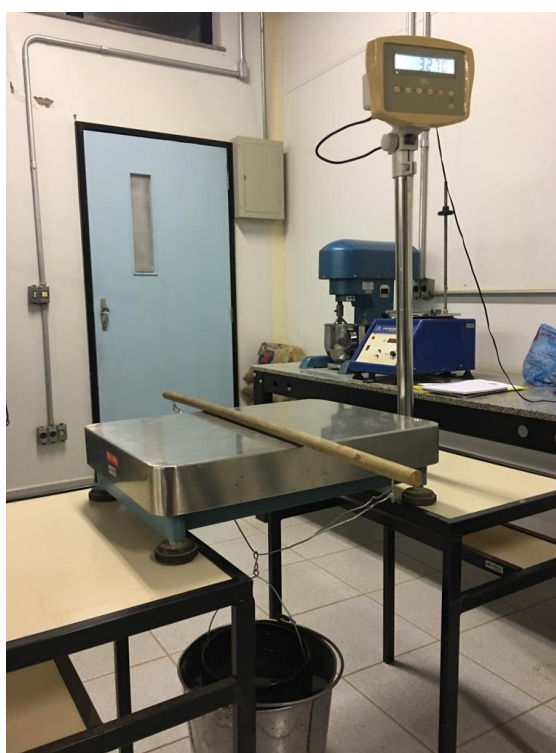
Fonte: Autora, 2018.

Inicialmente o ensaio será realizado com 3 amostras do mesmo coletadas no laboratório, obtendo após a massa do agregado com a balança de precisão. Seguinte a mesma deverá ser lavada sobre a peneira de 4,8 mm, e inserida na estufa até a constância de massa e posteriormente ao seu resfriamento natural. O material deverá ser imerso em um balde com água, na qual permanecerá por cerca de 24 horas para saturação dos poros.

Decorrente disso, a amostra deve ser retirada da água e espalhada sobre um pano absorvente, na qual toda sua superfície deve ser seca, de modo que não obtenha a evaporação total da água dos poros.

Desta maneira, pesar a massa da amostra em condição de saturada superfície seca (M_h), seguindo de sua exposição em um balde vazado para que seja feita a imersão em água sem perda do material durante este passo, sob uma temperatura de (24+/- 2) °C. O recipiente deve estar anexado ao prato da balança, a qual deverá estar situada em nível superior ao do balde d'água, onde a amostra foi imersa, como representado na Figura 4:

Figura 4: Pesagem do agregado graúdo sob empuxo



Fonte: Autora, 2018.

Supondo já, que o conjunto balança + recipiente foi inicialmente tarado, quando vazio e imerso em água, aferir a leitura (L) da balança com o recipiente contendo a amostra em água.

Por fim a amostra é novamente levada à estufa e seca, resfriada até a temperatura de possível manipulação e tem-se a massa mensurada do agregado seco (M_s).

Segue fazendo, após, o cálculo da densidade do agregado seco em estufa, realizado pela equação 03:

$$\gamma_b = \frac{M_s}{M_h - L} \quad (\text{Equação 03})$$

Onde:

- γ_b = Densidade do agregado graúdo;
- M_s = massa do agregado seco em estufa, após resfriado à temperatura de
- manipulação, em g;
- M_h = massa do agregado na condição saturada seca, em g;
- L = Leitura na balança quando agregado submerso em recipiente acoplado à mesma;

Dessa forma, o resultado da densidade aparente é um adimensional, conforme equação, devendo ser expresso com aproximação de 0,01, e para duas amostras ensaiadas o valor não deve diferir mais de 0,02.

2.2.7 Massa específica do cimento Portland

A extração e preparação das amostras de cimento foram realizadas de acordo com a norma ABNT NBR 5741, na qual a amostra utilizada no ensaio é de cimento Portland, CPV- ARI.

Inicialmente, deve – se introduzir ao frasco *Le Chatelier* 500 ml um líquido que não reaja quimicamente com o cimento, com densidade igual ou superior a 0, 731 g/cm³ a 15°C, e inferior a densidade dos materiais a serem ensaiados, neste caso, a querosene.

A seguir, é necessário secar o interior do frasco acima do nível do líquido e colocá-lo em banho de água em posição vertical e mantendo – o submerso durante no mínimo 30 minutos. A temperatura da água do banho termorregulador deve estar próxima à temperatura ambiente e ser mantida similar durante todo o ensaio, admitindo-se variação de no máximo 0,5 °C, e assim registrar a primeira leitura (Lo) com aproximação de 0,1 cm³.

Após, aferir em uma balança com aproximação de 0,01g, a quantidade de 60 gramas do cimento passante na peneira de 0,075mm como realizado na Figura 5, e com o auxílio de um funil de haste curta, introduzir junto ao frasco o material, atentando o cuidado de evitar que o cimento fique aderido no frasco em suas paredes acima do líquido

Figura 5 :Amostras com 60 gramas do cimento de Portland



Fonte: Autora 2018.

Posteriormente, o objeto deverá ser fechado, e com cautela, toma-se o frasco por sua parte superior, e inclinando-o, gira alternadamente num e noutro sentido, até que quando voltado a sua posição inicial, não haja mais imersão de bolhas de ar em seu interior.

Finalizando, volta-se o frasco na superfície reta, colocando-o em banho maria por mais 30 minutos, enquanto ocorre sua decantação, representando na Figura 6. Quando finalizado o tempo, pegar a leitura final (L).

Figura 6 : Banho de água do conjunto cimento com querosene.



Fonte: Autora, 2018.

Tal procedimento ocorrerá neste trabalho, com duas amostras de igual valores em gramas de cimento. Após a leitura no frasco *Le Chatelier*, aplica-se na equação 02:

$$\gamma_c = \frac{M_s}{L - L_o} \quad (\text{Equação 02})$$

Onde:

- γ_c = Massa específica do cimento;
- M_s = Massa da quantidade de cimento;
- L_o = Leitura inicial do frasco;
- L = Leitura final do frasco.

Determinação da absorção do agregado graúdo

O ensaio de determinação da absorção do agregado graúdo é equivalente ao ensaio de densidade deste agregado (ABNT NBR NM 53:2009), ou seja, trata-se do mesmo ensaio para as duas finalidades, diferenciando apenas o tratamento dos resultados obtidos ao final, efetuando-se cálculos específicos para a absorção, os quais divergem dos cálculos para massa específica.

O procedimento está descrito no subitem 2.3.5, não havendo assim a necessidade de nova descrição. Com os valores obtidos no ensaio anteriormente descrito determina-se a absorção pela expressão seguinte:

$$A = \frac{Mh - Ms}{Ms} \quad (\text{Equação 04})$$

Onde:

- A= absorção do agregado, em porcentagem;
- Ms= massa do agregado seco em estufa, à temperatura de manipulação, em g;
- Mh= massa do agregado na condição saturada seca, em g.

O resultado da absorção deve ser expresso com aproximação de 0,1%, e para duas amostras ensaiadas com absorção menor que 2% o valor não deve diferir mais de 0,25%.

2.2.8 Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone

Segundo a ABNT NBR NM 67 (1998), este procedimento tem por objetivo analisar de forma numérica a consistência e coesão do concreto fresco para obtenção da trabalhabilidade.

Realiza-se os ensaios de abatimentos com os equipamentos como placa metálica rígida e plana (com 500 mm), molde tronco-cônico (com diâmetro de 200 mm, e base superior de 100 mm com altura de 300 mm e tolerância de 2 mm), e após o ensaio é importante umedecer todos equipamentos que serão utilizados na confecção, inclusive a betoneira.

Os materiais utilizados, como a brita, areia e cimento, devem ser despejados com muito cuidado na betoneira e agitados mecanicamente. A água deve ser despejada na betoneira, aos poucos, com os agregados e o cimento sendo agitados.

O tempo no misturador deve ser em torno de 5 minutos até que haja homogeneidade no concreto, verificando em seguida, a consistência do concreto com a colher, onde é necessário rasar na base superficial do concreto para observar o efeito ligante da argamassa com os agregados graúdos, também chamada coesão.

Coletar, com auxílio da colher, uma pequena porção, e introduzi-lo no cone. O operador do ensaio deve-se posicionar com os pés pressionando as aletas existentes no molde contra a base, de modo afixá-lo e impedir sua movimentação, ocasionando 25 golpes e, ao retirar a base do funil deve-se rasar a cavidade superior e retirar o cone, a fim de encontrar o abatimento conforme a ilustra na Figura 07.

Figura 7: Ensaio de Slump Test – Golpes no preparo.



Fonte: Autora, 2018.

O tronco-cone deve ser posicionado ao lado do concreto, para medir a diferença de altura do molde com a altura do concreto. Obter, então, medidas em três

locais diferentes, a fim de e realizara média aritmética do abatimento como na Figura 8.

Figura 8 :Ensaio de Slump Test – Diferença em cm de altura.



Fonte: Autora, 2018.

Este procedimento foi realizado 3 vezes, a primeira com o traço 1:5, a segunda no traço 1:3,5, e a terceira com o traço 1:6,5, todas seguindo o teor de argamassa 47.

2.2.9 Moldagem, cura e abatimento

O ensaio de moldagem, conforme ABNT NBR 5738 (2003) se inicia após a definição da quantidade de água pelo ensaio de abatimento de tronco de cone, a partir daí utilizando conchas de seção "U" o concreto deve ser inserido com cuidado e nivelado, com uma haste, nos moldes cilíndricos de dimensão de base igual a 10 cm e altura de 20 cm.

Neste saio específico, foi utilizado 9 corpos de prova para cada traço realizado, totalizando, portanto, 27 moldes. Cada traço, terá 3 dos seus traços rompidos em 7 dias, outros 3 em 28 dias, e os últimos três em 91 dias.

Serão utilizados moldes de material PVC, sendo ele não absorvente nem reagente ao concreto, tornando o contato com a argamassa, totalmente estanque. Quando o interior de cada forma foi untado com óleo, adicionou-se o concreto cuidadosamente em cada cilindro. E, as bolhas de ar contidas nos cilindros foram retiradas com a cooperação da mesa vibratória.

Quando retirado da mesa vibratória, os corpos de prova devem ser reservados em local protegidos até que haja tempo de pega.

Identificar cada um por um número, nome, traço, tipo de concreto e a data de ruptura, como na Figura 9. Após a identificação, estes devem ser deixados em câmara úmida com temperatura média de $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ e, umidade relativa do ar acima de 95%, até a realização do próximo ensaio.

Figura 9 : Corpos de prova.



Fonte: Autora, 2018.

2.2.10. Ensaio de Compressão

Conforme a ABNT NBR NM ISO7500-1, os corpos de provas serão submetidos a máquina EMIC DL 30000, para a realização do ensaio de compressão axial. Sendo assim suas dimensões de diâmetro e altura serão de acordo com as moldagens estabelecidas durante o procedimento 2.2.9, de acordo com a ABNT NBR 5738:2003.

É indispensável certificar-se que faces dos pratos de compressão, bem como dos corpos-de-prova estejam limpas e haja correta centralização destes no prato inferior.

Através de uma escala de força conveniente com a calibração da máquina, o carregamento deve ser aplicado de forma contínua, com velocidade de (0,45 0,15) MPa/s, havendo descarregamento natural quando a queda de força der indício de ruptura.

Os corpos de prova pertencentes a este estudo foram rompidos com 7 e 28 dias contados a partir da hora de moldagem, com tolerância de 24h para procedimento de ruptura, dos três traços realizados.

Segue a equação da resistência à compressão (f_c), que é obtida dividindo-se a carga de ruptura pela área da seção transversal do corpo-de-prova.

$$f_c = \frac{F.A}{\pi.D^2} \quad (\text{Equação 05})$$

Onde:

- f_c = Resistência à compressão axial;
- F = Carga máxima obtida até a ruptura (carga de ruptura);

- D = Diâmetro da seção transversal do corpo-de-prova.

O resultado expresso em megapascal (MPa), com três algarismos significativos.

3. RESULTADOS

3.1 Granulometria

Emitidas e aferidas os resultados das 3 amostras, e de acordo com a norma NBR NM 248:2003, bem como consultando informações essenciais para realização dos ensaios granulométricos na norma DNER EM-038:1997 foram feitas as análises, e como os resultados foram bem próximos um do outro; podemos considerar que as amostras são representativas e conseqüentemente a caracterização dos materiais determinadas.

3.2 Granulometria do agregado miúdo

A tabela a seguir, organiza as aberturas das peneiras utilizadas e os resultados, após a pesagem de 1 kg de areia e sua inserção no agitador mecânico por 3 minutos em 50 rpm.

Amostra 01

Tabela 4: Resultado da amostra 1 da granulometria do agregado miúdo

Abertura (mm)	Massa retida (G)	Massa retida (%)	Massa ret. Acumulada (%)
4,75	30	3	3
2,97	240	24	27
1,19	570	57	84
0,6	3450	345	429
0,2	3270	327	756
0,15	2300	230	986
Fundo	150	15	1001
Total	10010		

Realizando o cálculo de Módulo de finura:

$$Mf = \frac{3289}{100}$$

$$Mf = 3,28$$

Sendo, portanto, A1: areia grossa.

Amostra 02:

Tabela5 :Resultado da amostra 2 da granulometria do agregado miúdo

Abertura (MM)	Massa retida (G)	Massa retida (%)	Massa ret. Acumulada (%)
4,75	100	10	10
2,97	400	40	50
1,19	880	88	138
0,6	4310	431	569
0,2	2550	255	824
0,15	1610	161	985
Fundo	140	14	999
Total	9990		

Realizando o cálculo de Módulo de finura:

$$Mf = \frac{3575}{100}$$

$$Mf = 3,5$$

Sendo, portanto, A2: areia grossa.

Amostra 03:

Tabela6: Resultado da amostra 3 da granulometria do agregado miúdo

Abertura (MM)	Massa retida (G)	Massa retida (%)	Massa ret. Acumulada (%)
4,75	90	9	9
2,97	500	50	59
1,19	1000	100	159
0,6	4200	420	579
0,2	2400	240	819
0,15	1600	160	979
Fundo	190	19	998
Total	9980		

Realizando o cálculo de Módulo de finura:

$$Mf = \frac{3602}{100}$$

$$Mf = 3,6$$

Sendo, portando, A3: areia grossa.

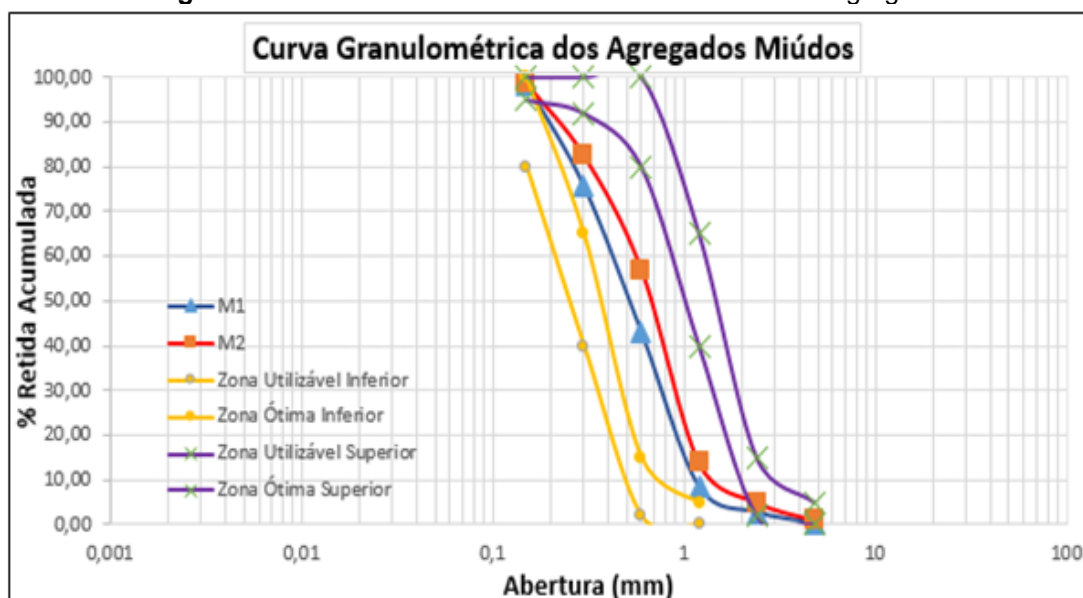
Visto que, a somatória dos valores deve ter tolerância de 3%, variando entre 0,997 à 1,003, os respectivos ensaios realizados têm seus resultados caracterizados e aceitos pela norma conforme a ABNT NBR NM 248:2003,

Tabela 6.1: Abertura das peneiras e resultados da granulometria da areia.

Abertura das Peneiras	M2			M2			Limites Inferiores		Limites Superiores	
	Massa retida (g)	Massa retida (%)	Massa Retida Acumulada (%)	Massa retida (g)	Massa retida (%)	Massa Retida Acumulada (%)	Zona Utilizável	Zona Ótima	Zona Utilizável	Zona Ótima
4,8	0,003	0,300	0,300	0,01	1,001	1,001			0	5
2,4	0,024	2,398	2,697	0,04	4,004	5,005			2	15
1,2	0,057	5,694	8,392	0,088	8,809	13,814	0	5	40	65
0,6	0,345	34,466	42,857	0,431	43,143	56,957	2	15	80	100
0,3	0,327	32,667	75,524	0,255	25,526	82,482	40	65	92	100
0,15	0,23	22,977	98,501	0,161	16,116	98,599	80	100	95	100
Fundo	0,015	1,499	100,000	0,014	1,401	100,000	92	100		
Total	1,001	100,000	328,272	0,999	100,000	357,858	95	100		
							Módulo de Finura (MF)		MF	
							M1	3,283	mm	3,283
							M2	3,579	mm	3,579

Concluindo também que como todas têm seu Módulo de Finura entre 2,9 e 3,5 classificam-se todas como areia grossa.

De acordo com a Tabela 6.1, as curvas granulométricas apresentaram os valores dentro dos limites superiores e inferiores. Tais curvas, foram significativas para classificar o agregado como areia grossa, onde os módulos de finura (MF) foram de 3,283 (amostra 1) e 3,579 (amostra 2).

Figura 10 - Curvas das amostras M1 e M2 referente aos agregados miúdos

3.3 Granulometria do agregado graúdo

De acordo com os procedimentos descritos no subitem 2.3.3, foram coletadas as pesagens das britas quando retiradas do agitador mecânico e aferidas peneira por peneira, registrando sua retenção de pedras, que segue representado nas tabelas:

Amostra 1:

Tabela 7: Resultado da amostra 1 da granulometria do agregado graúdo.

Abertura (mm)	Massa retida (g)	Massa retida (%)	Massa ret. Acumulada (%)
25,00	0	0	0
19,00	420	4,2	4,2
12,50	2920	29,2	33,4
9,50	2940	29,4	62,8
6,30	2860	28,6	91,4
4,80	620	6,2	97,6
2,40	230	2,3	99,9
Total	9990		

Verificando a tabela, nota-se que a diferença de massa inicial 1000,00g, para a massa final 9990,0 foi de 0,1%.

Amostra 2:

Tabela8: Resultado da amostra 2 da granulometria do agregado graúdo.

Abertura (mm)	Massa retida (g)	Massa retida (%)	Massa ret. Acumulada (%)
25,00	0	0	0
19,00	240	2,4	2,4
12,50	2580	25,8	28,2
9,50	2950	29,5	57,7
6,30	3170	31,7	89,4
4,80	780	7,8	97,2
2,40	270	2,7	99,9
Total	9990		

Verificando a tabela 07, nota-se que a diferença de massa inicial: 1000,00g, para amassa final: 9990, foi de 0,1%.

Amostra 3:

Tabela9: Resultado da amostra 3 da granulometria do agregado graúdo.

Abertura (mm)	Massa retida (%)	Massa retida (%)	Massa ret. Acumulada (%)
25,00	0	0	0
19,00	32	3,2	3,2
12,50	2750	27,5	30,6
9,50	3080	30,8	61,5
6,30	2740	27,4	88,9
4,80	680	6,8	95,7
2,40	400	4,0	99,7
Total	9970		

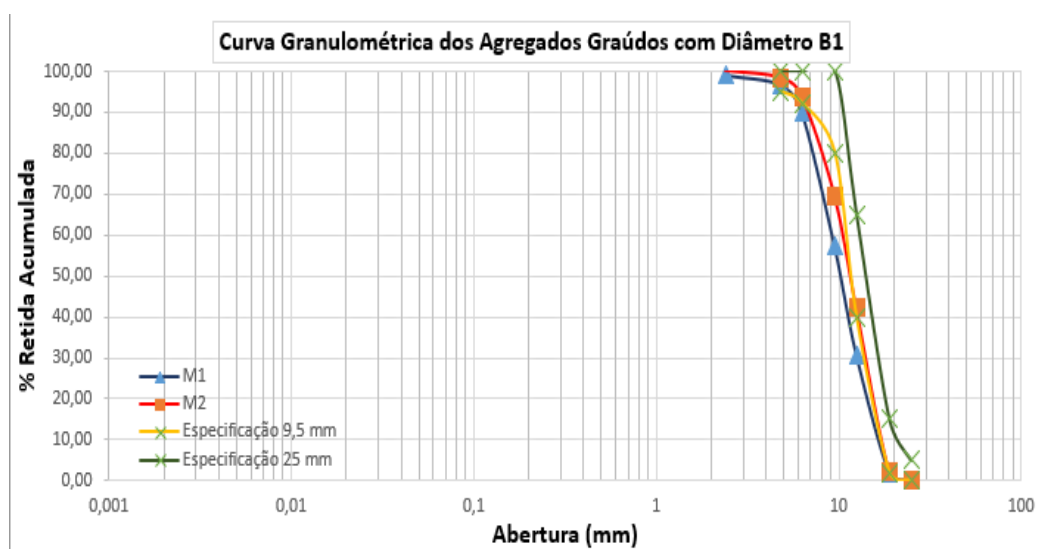
Fonte: Autora, 2018.

Tabela 9.1 - abertura das peneiras e resultados da granulometria da brita

Abertura das Peneiras	M1			M2			Faixas em relação as porcentagens retidas acumuladas			
	Massa retida (g)	Massa retida (%)	Massa Retida Acumulada (%)	Massa retida (g)	Massa retida (%)	Massa Retida Acumulada (%)	Zona Utilizável	Zona Ótima	Zona Utilizável	Zona Ótima
25	0,000	0,00	0,00	0,000	0,00	0,00			0	5
19	0,090	1,80	1,80	0,110	2,20	2,20			2	15
12,5	1,450	29,02	30,82	2,000	40,02	42,23	0	5	40	65
9,5	1,325	26,52	57,33	1,370	27,42	69,64	2	15	80	100
6,3	1,625	32,52	89,85	1,200	24,01	93,66	40	65	92	100
4,8	0,340	6,80	96,66	0,235	4,70	98,36	80	100	95	100
2,4	0,115	2,30	98,96	0,085	1,70	100,06	92	100		
Fundo	0,052	1,04	100,00	0,000	0,00	100,06	95	100		
Total	4,997	100,00		5,000	100,06		Dimensão máxima característica (mm):			19 mm

Verificando a tabela 07, nota-se que a diferença de massa inicial: 1000,00g, para amassa final: 9970, foi de 0,3%.

Analisando as três amostras, e levando em consideração a ABNT NBR NM 248:2003, na qual associa que a diferença entre a massa inicial e a massa final em relação à massa inicial de cada não pode ser maior que 0,3 %, as amostras 1 , 2 e 3 podem ser caracterizadas válidas, uma vez que suas respectivas porcentagens são de: 0,1% , 0,1% e 0,3%

Figura 11: Curva Granulométrica dos Agregados Graúdos.

3.4 Massa específica do agregado miúdo

Após definir a leitura dos frascos 1 e 2, foi realizado os cálculos para determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do fraco de *Chapman*, na qual segue:

- Leitura do frasco 1: 389ml, logo:

$$\gamma_1 = \frac{500}{389 - 200}$$

$$\gamma_1 = 2,645g/cm^3$$

- Leitura do frasco 2: 389,5ml, logo:

$$\gamma_2 = \frac{500}{389,5 - 200}$$

$$\gamma_2 = 2,638g/cm^3$$

Desta maneira, resultamos que as duas determinações consecutivas entregues com amostras do mesmo agregado miúdo não devem diferir entre si mais

de 0,05g/cm³. Assim como, de acordo a norma, o cálculo da massa específica deve ficar entre 2,59g/cm³ à 2,70g/cm³, estando, as duas amostras, aceitas.

3.5 Massa específica da fibra de garrafa PET

Para calcular o valor da massa específica do material, utilizou-se os dados coletados e aplicados a fórmula $M = \frac{Vm}{Vr}$, obtendo assim o valor de 0,286 g/cm³.

$$M = \frac{Vm}{Vr}, \quad M = \frac{9}{31,42} = 0,286g/cm^3$$

3.6 MASSA ESPECÍFICA DO AGREGADO GRAÚDO

Após a pesagem, os resultados obtidos foram coletados e estão descritos na tabela 1. Tais valores foram obtidos conforme especificações contidas na NBR NM 53

Tabela 10: Resultados da leitura da massa específica das britas.

Massa/Amostra	Amostra 1(kg)	Amostra 2(kg)	Amostra3(kg)
Massa do agregado seco em estufa (ms)	4,998	4,998	4,997
Massa do agregado na cond. seca (mh)	5,066	5,065	5,028

Fonte: Autora, 2018.

Desta maneira, foi encontrado a massa específica do agregado de cada através da fórmula explicita durante o procedimento 2.3.6.

Sendo assim, calculou-se o valor para cada amostra, como mostra a seguir:

Amostra 1:

$$\gamma_1 = \frac{4,998}{5,066 - 3,269}$$

$$\gamma_1 = 2,78 \text{ kg/cm}^3$$

Amostra 2:

$$\gamma_2 = \frac{4,998}{5,065 - 3,275}$$

$$\gamma_2 = 2,79 \text{ kg/cm}^3$$

Amostra 3:

$$\gamma_3 = \frac{4,997}{5,028 - 3,270}$$

$$\gamma_3 = 2,80 \text{ kg/cm}^3$$

Admite-se, a partir dos resultados dos cálculos, que as densidades das três amostras são próximas umas das outras, sendo a maior discrepância entre uma e outra de $0,02 \text{ kg/cm}^3$

3.7 MASSA ESPECÍFICA DO CIMENTO DE PORTLAND

De acordo com a leitura do frasco *Le Chatelier* após seu repouso, foi encontrado sua massa específica e volume, assim como foi aferida a temperatura na qual se estava cada amostra, sendo elas:

Amostra 1:

Tabela11 :Resultados da leitura da massa específica das cimento na amostra 1.

CIMENTO(g)	TEMPERATURA (°C)	Lo(cm ³)	L(cm ³)
60	28,2	500	518

Fonte: Autora, 2018.

Através do dados exibidos na tabela, aplicou-se na fórmula:

$$\gamma_{c1} = \frac{60}{(518 - 500)}$$

$$\gamma_{c1} = 3,33$$

Amostra 2:

Tabela 12: Resultados da leitura da massa específica das cimento na amostra 2.

CIMENTO(g)	TEMPERATURA (°C)	Lo(cm³)	L(cm³)
60	28,7	500	511

Fonte: Autora, 2018.

Através dos dados exibidos na tabela, aplicou-se na fórmula:

$$\gamma_{c2} = \frac{60}{(511 - 500)}$$

$$\gamma_{c2} = 5,45$$

Finalizando com as os valores de 3,33 e 5,45 para massa específica do cimento nas amostras 1 e 2, respectivamente.

3.8 DETERMINAÇÃO DA ABSORÇÃO DO AGREGADO GRAÚDO

Através dos resultados emitidos pela balança que estão representados na Tabela do subtópico 3.4, calcula-se o índice de absorção das britas de cada amostra pela fórmula 04:

$$A = \frac{Mh - Ms}{Ms}$$

Sendo assim, calculou-se o valor para cada vez repetida o experimento, como mostra a seguir:

Amostra 1:

$$A1 = \frac{5,066 - 4,998}{4,998} \times 100$$

$$A1 = 1,36\%$$

Amostra 2:

$$A2 = \frac{5,065 - 4,998}{4,998} \times 100$$

$$A2 = 1,34\%$$

Amostra 3:

$$A2 = \frac{5,028 - 4,997}{4,997} \times 100$$

$$A2 = 0,62\%$$

Observando os valores da pesagem das amostras 1, 2 e 3 e calculando sua absorção, percebe-se os respectivos valores de 1,36%, 1,34% e 0,62%.

3.9 QUANTIFICAÇÃO DOS TRAÇOS REALIZADOS

3.9.1 TRAÇO 01 (MÉDIO)

Os três traços tiveram aferidos seus componentes e misturados na betoneira no dia 21/11/2018.

Em primeiro momento, foi realizado com teor de argamassa 47 %, sendo ele traço médio 1:5, com as seguintes quantidades utilizadas:

- 28,60 kg de Brita;
- 16,51 kg de Areia;
- 9,07 kg de Cimento;
- 4,26 kg de Água.

Sendo:

Relação água/ cimento (w/c) = 0,46

Abatimento = 6,5 cm

3.9.2 TRAÇO 02 (RICO)

Posteriormente, foi realizado com teor de argamassa 47 %, sendo ele traço médio 1:3,5, com as seguintes quantidades utilizadas:

- 19,09 kg de Brita;
- 9,27 kg de Areia;
- 8,28 kg de Cimento;
- 3,89 kg de Água.

Sendo:

Relação água/ cimento (w/c) = 0,46

Abatimento = 16,8 cm

3.9.3 TRAÇO 03 (POBRE)

Finalizando, foi realizado com teor de argamassa 47 %, sendo ele traço médio 1:6,5, com as seguintes quantidades utilizadas:

- 20, 58 kg de Brita;
- 15,09 kg de Areia;
- 5,97 kg de Cimento;
- 2,80 kg de Água

Sendo:

Relação água/ cimento (w/c) = 0,46

Abatimento = 2,8 cm

Traço do concreto com garrafa PET

TRAÇO 4

Primeiramente, foi realizado com teor de argamassa 49 %, sendo ele traço médio 1:5, com as seguintes quantidades utilizadas:

- 14,52 kg de Brita;
- 11,31 kg de Areia;
- 5,83 kg de Cimento;

- 2,98 kg de Água;
- 0,075 kg de Fibra de Garrafa PET;

Sendo:

Relação água/ cimento (w/c) = 0,52

Abatimento médio = 7,5 cm.

TRAÇO 5

Foi realizado com teor de argamassa 49 %, sendo ele traço rico 1:3,5, com as seguintes quantidades utilizadas:

- 13,94 kg de Brita;
- 8,33 kg de Areia;
- 6,88 kg de Cimento;
- 3,37 kg de Água;
- 0,096 kg de Fibra de Garrafa PET;

Sendo:

Relação água/ cimento (w/c) = 0,36

Abatimento médio = 7,0 cm.

TRAÇO 6

Foi realizado com teor de argamassa 49 %, sendo ele traço pobre 1:6,5, com as seguintes quantidades utilizadas:

- 14,85kg de Brita;
- 13,83 kg de Areia;

- 5,16 kg de Cimento;
- 2,53 kg de Água;
- 0,061 kg de Fibra de Garrafa PET;

Sendo:

Relação água/ cimento (w/c) = 0,64

Abatimento médio = 8 cm.

Tabela 13– Dados das quantidades em Massas dos concretos convencionais (CC) e Concreto com Fibra de Garrafa PET.

CONCRETO CONVECIONAL (CC)		CIMENTO: CP II 40 - F			BRITA:		BASALTO		DIMENSÃO: B1			
Teor de Argamassa	Traço Experimental	Traço Unitário			Traço em Massa (kg)						Abatimento (cm)	
		c	a	b	c (kg)	a (kg)	B1 (kg)	água (kg)	a/c			
49%	1 : 3,5	1,00	1,21	2,29	10,07	12,18	23,23	4,93	0,32	6,50		
49%	1 : 5,0	1,00	1,94	3,06	8,31	16,13	24,19	4,07	0,49	7,00		
49%	1 : 6,5	1,00	2,68	3,82	7,19	19,28	24,76	3,52	0,66	7,50		
									Média Característica do Abatimento:	7,00		
CONCRETO COM FIBRAS DE GARRAFAS PET (CFGP)		CIMENTO: CP II 40 - F			BRITA:		BASALTO		DIMENSÃO: B1			
Teor de Argamassa	Traço Experimental	Traço Unitário			Traço em Massa (kg)						Abatimento (cm)	
		c	a	b	c (kg)	a (kg)	B1 (kg)	PET (kg)	Superplastificante (kg)	água (kg)		a/c
49%	1 : 3,5	1,00	1,21	2,29	6,88	8,33	13,94	0,096	-	3,37	0,36	7,00
49%	1 : 5,0	1,00	1,94	3,06	5,83	11,31	14,52	0,075	-	2,98	0,52	7,50
49%	1 : 6,5	1,00	2,68	3,82	5,16	13,83	14,85	0,061	-	2,53	0,64	8,00
									Média Característica do Abatimento:	7,50		

3.10 Ensaio de compressão do concreto convencional e com fibra de garrafa PET

Os valores de resistência aos 7 dias para à compressão axial está apresentado nas tabelas a seguir, na qual foram rompidos no dia 28/11/2018.

Para o traço Médio (1:5):

Tabela 14: Resultados do Ensaio de Compressão do traço médio em 7 dias.

Corpo de Prova	Tensão Máxima (kgf)	Tensão Máxima (Mpa)
CP-01	14233,50	17,77
CP-02	13477,46	16,83
CP-03	13052,61	16,3
Média	13587,85	16,96

Fonte: Autora, 2018.

Para o traço Rico (1:3,5):

Tabela 15: Resultados do Ensaio de Compressão do traço rico em 7 dias.

Corpo de Prova	Tensão Máxima (kgf)	Tensão Máxima (Mpa)
CP-01	16269,52	20,31
CP-02	13729,33	17,14
CP-03	14827,41	18,51
Média	14942,08	18,65

Fonte: Autora, 2018.

Para o traço Pobre (1:6,5):

Tabela 16: Resultados do Ensaio de Compressão do traço pobre em 7 dias.

Corpo de Prova	Tensão Máxima (kgf)	Tensão Máxima (Mpa)
CP-01	8515,05	10,63
CP-02	8586,64	10,72
CP-03	8474,48	10,58
Média	8525,39	10,64

Fonte: Autora, 2018.

Encontrando os valores de resistência a compressão, foi possível, após 28 dias, realizar os ensaios novamente, agora nas próximas três amostras de cada traço. Seguindo através das tabelas os resultados. Os corpos de provas foram rompidos no dia 19/12/2018.

Para o traço Médio (1:5):

Tabela 17: Resultados do Ensaio de Compressão do traço médio em 28 dias.

Corpo de Prova	Tensão Máxima (kgf)	Tensão Máxima (Mpa)
CP-01	17446,68	21,78
CP-02	16063,45	20,06
CP-03	18360,01	22,92
Média	17290,04	21,58

Fonte: Autora, 2018.

Para o traço Rico (1:3,5):

Tabela 18: Resultados do Ensaio de Compressão do traço rico em 28 dias.

Corpo de Prova	Tensão Máxima (kgf)	Tensão Máxima (Mpa)
CP-01	22706,65	28,35
CP-02	20066,78	25,06
CP-03	18403,34	22,98
Média	20392,25	25,46

Fonte: Autora, 2018.

Para o traço Pobre (1:6,5):

Tabela 19: Resultados do Ensaio de Compressão do traço rico em 28 dias.

Corpo de Prova	Tensão Máxima (kgf)	Tensão Máxima (Mpa)
CP-01	12856,43	16,05
CP-02	12705,17	15,86
CP-03	9300,13	11,61
Média	11620,57	14,50

Fonte: Autora, 2018.

Através das tabelas, é possível traçar a média dos corpos de prova quando submetidos a compressão de 7 e 28 dias. Observa-se, portanto, que a resistência a compressão nos concretos com traço rico, ou seja, com elevado teor de cimento, apresenta resultados maiores em relação ao médio e o pobre, com baixo teor de cimento. Entretanto a diferença entre os resultados encontra-se consideráveis.

É visível, através da tabela 19, visualizar os resultados de forma mais compactada e objetiva.

Tabela 20: Resultados de compressão do Concreto Convencional em 7, 28 e 91 dias.

TRAÇOS			DATA DA MONTAGEM DAS CPS	ROMPIMENTOS			ROMPIMENTOS				
1 : 3,5	1 : 5	1 : 6,5		DATA	28/11/2018	ROMPIMENTO - 7 DIAS	DATA	28/11/2018	ROMPIMENTO - 7 DIAS		
					1 : 3,5	1 : 5	1 : 6,5	1 : 3,5	1 : 5	1 : 6,5	
					kgf	kgf	kgf	MPa	MPa	MPa	
3 CPs	3 CPs	3 CPs	21/03/2019	CP-01	16360	6310	4980	CP-01	20,43	7,88	6,22
				CP-02	8080	5010	4940	CP-02	10,09	6,26	6,17
				CP-03	12220	5660	4960	CP-03	15,26	7,07	6,19
				DATA	19/12/2018	ROMPIMENTO - 28 DIAS	DATA	19/12/2018	ROMPIMENTO - 28 DIAS		
					1 : 3,5	1 : 5	1 : 6,5		1 : 3,5	1 : 5	1 : 6,5
					kgf	kgf	kgf		MPa	MPa	MPa
				CP-04	16630	11710	5270	CP-04	20,76	14,62	6,58
				CP-05	12930	10980	5940	CP-05	16,14	13,71	7,42
				CP-06	14780	11345	5605	CP-06	18,45	14,17	7,00
DATA	27/02/2019	ROMPIMENTO - 91 DIAS	DATA	27/02/2019	ROMPIMENTO - 91 DIAS						
	1 : 3,5	1 : 5	1 : 6,5		1 : 3,5	1 : 5	1 : 6,5				
	kgf	kgf	kgf		MPa	MPa	MPa				
CP-07	18580	14640	8750	CP-07	23,20	18,28	10,93				
CP-08	21420	15240	7740	CP-08	26,75	19,03	9,66				
CP-09	20000	14940	8245	CP-09	24,97	18,65	10,29				
				MÉDIA ARITMÉTICA EM QUILOGRAMA FORÇA			MÉDIA ARITMÉTICA DAS RESISTÊNCIAS AXIAIS				
				média	1 : 3,5	1 : 5	1 : 6,5	média	1 : 3,5	1 : 5	1 : 6,5
				7	12220	5660	4960	7	15,26	7,07	6,19
				28	14780	11345	5605	28	18,45	14,17	7,00
				91	20000	14940	8245	91	24,97	18,65	10,29
				DESVIO PADRÃO EM QUILOGRAMA FORÇA			DESVIO PADRÃO DAS RESISTÊNCIAS AXIAIS				
				média	1 : 3,5	1 : 5	1 : 6,5	média	1 : 3,5	1 : 5	1 : 6,5
				7	4140	650	4960	7	5,17	0,81	0,03
				28	1850	365	5605	28	2,31	0,46	0,42
				91	1420	300	8245	91	1,78	0,38	0,64

Fonte: Autora, 2018.

Tabela 21: Resultados de compressão do Concreto com Garrafa PET em 7, 28 e 91 dias.

TIPO DE CONCRETO	TRAÇOS			DATA DA MONTAGEM DAS CPS	ROMPIMENTOS			ROMPIMENTOS				
	1 : 3,5	1 : 5	1 : 6,5		1 : 3,5	1 : 5	1 : 6,5	1 : 3,5	1 : 5	1 : 6,5		
FIBRA DE GARRAFA PET	3 CPs	3 CPs	3 CPs	21/02/2019	ROMPIMENTO - 7 DIAS			ROMPIMENTO - 7 DIAS				
					kgf	kgf	kgf	MPa	MPa	MPa		
					CP-01	17390	14470	11850	CP-01	21,71	18,07	14,80
					CP-02	16225	13755	11775	CP-02	20,26	17,17	14,70
					CP-03	15060	13040	11700	CP-03	18,80	16,28	14,61
					ROMPIMENTO - 28 DIAS			ROMPIMENTO - 28 DIAS				
					kgf	kgf	kgf	MPa	MPa	MPa		
					CP-04	19765	16440	12875	CP-04	24,68	20,53	16,08
					CP-05	19341	15982	11990	CP-05	24,15	19,96	14,97
	CP-06	18462	15501	11891	CP-06	23,05	19,35	14,85				
	ROMPIMENTO - 91 DIAS			ROMPIMENTO - 91 DIAS								
	kgf	kgf	kgf	MPa	MPa	MPa						
	CP-07	23512	18723	14542	CP-07	29,36	23,38	18,16				
	CP-08	22986	18661	14111	CP-08	28,70	23,30	17,62				
	CP-09	21800	17990	13784	CP-09	27,22	22,46	17,21				
	MÉDIA ARITMÉTICA DAS RESISTÊNCIAS À COMPRESSÃO			DESVIO PADRÃO DAS RESISTÊNCIAS À COMPRESSÃO								
	DIAS	1 : 3,5	1 : 5	1 : 6,5	DIAS	1 : 3,5	1 : 5	1 : 6,5				
	7	20,26	17,17	14,70	7	1,455	0,895	0,095				
28	23,96	19,95	15,30	28	0,831	0,590	0,678					
91	28,43	23,05	17,66	91	1,096	0,510	0,476					

Fonte: Autora, 2018.

Ainda através destas planilhas do *Microsoft Excel*, também foi possível obter o desvio padrão e a média aritmética destas resistências à compressão.

Conforme se observa nas Tabelas 4a e 4b, foi possível se obter os abatimentos em 70 mm + 10 mm, pois se espelhou os resultados obtidos na maioria destas peças estruturais, conforme método proposto por Helene e Terzian (1993).

Tabela 4a – Dados para metros cúbicos (BOLOGNINI, et. al., 2015)

Dados da Dosagem de Concreto Convencional (CC) para Produção de 1m³								
Sigla e Classe de Cimento: CP III 40 - RS				Teor de Argamassa: 49%		Brita: Basalto		
Traço	idade	CC (Kg/m³)	Areia (Kg/m³)	Brita (B1) (Kg/m³)	Água (Kg/m³)	Superplastificante (Kg/m³)	Relação (a/c)	Resistên cia (MPa)
1:3,5	7	139,01	1693,09	2307,90	685,63	1,112	0,32	18,65
	28							25,46
	91							30,52
1:5,0	7	120,29	1940,00	2910,15	490,00	0,96	0,49	16,97
	28							21,59
	91							24,6
1:6,5	7	99,35	1915,31	3441,55	350,19	0,79	0,66	10,64
	28							14,51
	91							17,07

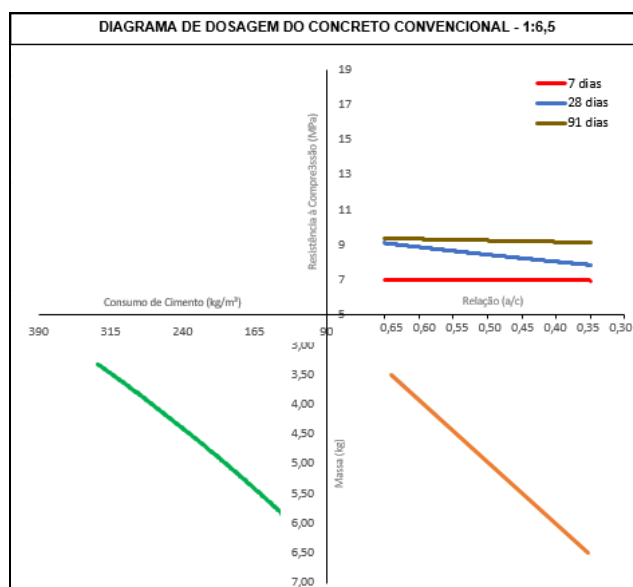
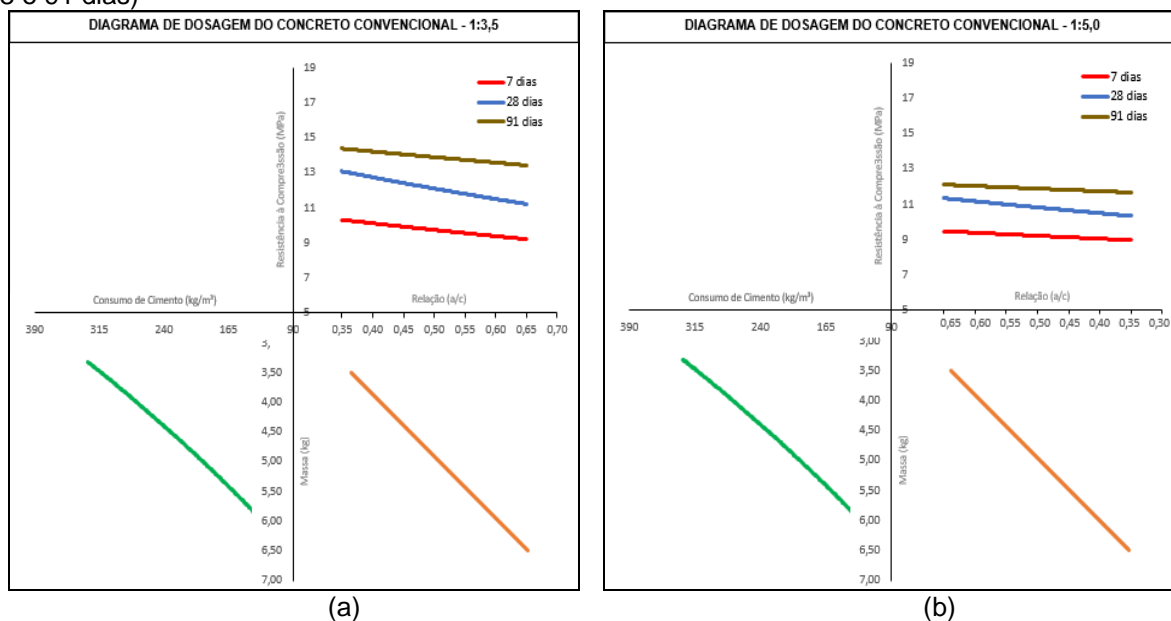
Tabela 4b – Dados para metros cúbicos de concreto com fibra de garrafa PET (BOLOGNINI, et. al., 2015)

Dosagem de Concreto com Fibras da Garrafa PET para Produção de 1m ³								
Tijolo e Classe de Cimento:		CP III 40		Argamassa Ideal:		49%	Brita:	Basalto
Traço	Idade	CC (Kg/m ³)	Areia (Kg/m ³)	Brita (B1) (Kg/m ³)	Água (Kg/m ³)	Superplastificante (Kg/m ³)	Relação (a/c)	Resistência (MPa)
1:3.5	7	193,79	1614,08	2024,92	538,36	1,550	0,36	0,00
	28							0,00
	91							0,00
1:5.0	7	171,47	1940,00	2489,00	490,00	1,372	0,52	0,00
	28							0,00
	91							0,00
1:6.5	7	145,28	2009,08	2878,65	228,14	1,162	0,64	0,00
	28							0,00
	91							0,00

Na Figura 12, é apresentada as curvas do diagrama de dosagem dentro das leis de Abrams, Lyse e Molinari. Os valores de resistência à compressão, estão de acordo com o teor de argamassa ideal (α) em 49% dos concretos: convencionais (CC) e com fibra de garrafa pet.

O concreto convencional (CC) apresentou resultados de acordo com esperado aos 7, 28 e 91 dias. Para os traços 1:5.0 e 1:3.5, foi verificada a resistência que aumenta com idade e o consumo de cimento. No entanto, o traço 1:6,5 sempre houve queda de resistência, conforme se observa nas Figuras 12a, 12b e 12c.

Figura 12 – Resultado dos diagramas de comportamento das curvas de Abrams, Lyse e Molinari das seguintes dos concretos convencionais com os seguintes traços: 1:3,5; 1:5,0 e 1:6,5 (7, 28 e 91 dias)



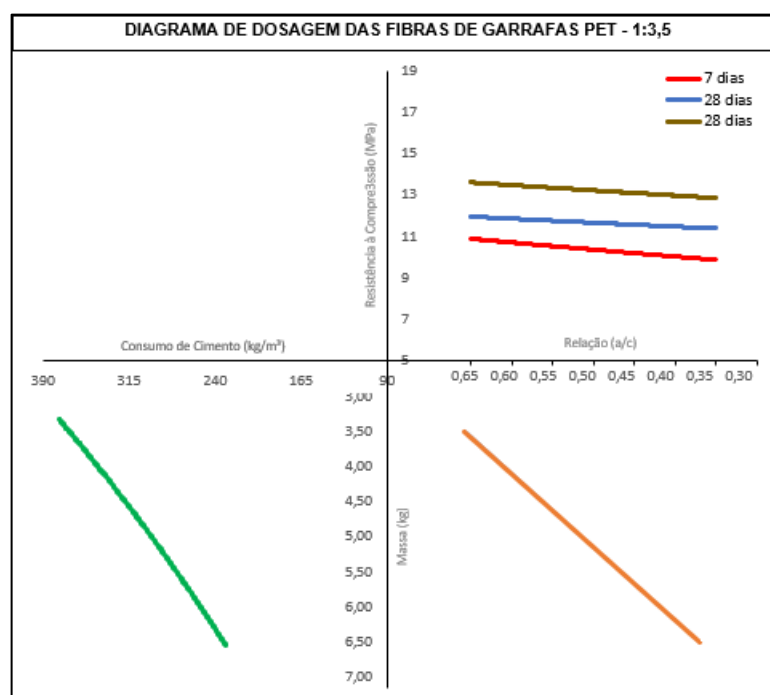
O concreto com adição de fibra de garrafa PET apresentou um ótimo desempenho nos resultados de 7, 28 e 91 dias como mostrado nas tabelas abaixo, apresentando uma resistência um pouco maior do que o concreto convencional utilizado como comparação dos estudos feitos.

Esta dosagem feita para compreender como as fibras de garrafa PET se comportariam no concreto, foi de acordo com o método proposto por Helene e Terzian

(1993), onde se obteve um teor de argamassa ideal (α) em 49%, com objetivo de proporcionar uma boa trabalhabilidade na argamassa, visando a utilização deste concreto na confecção de pavimentação, blocos cerâmicos, lajes etc, buscando principalmente a reutilização da garrafa pet na construção civil.

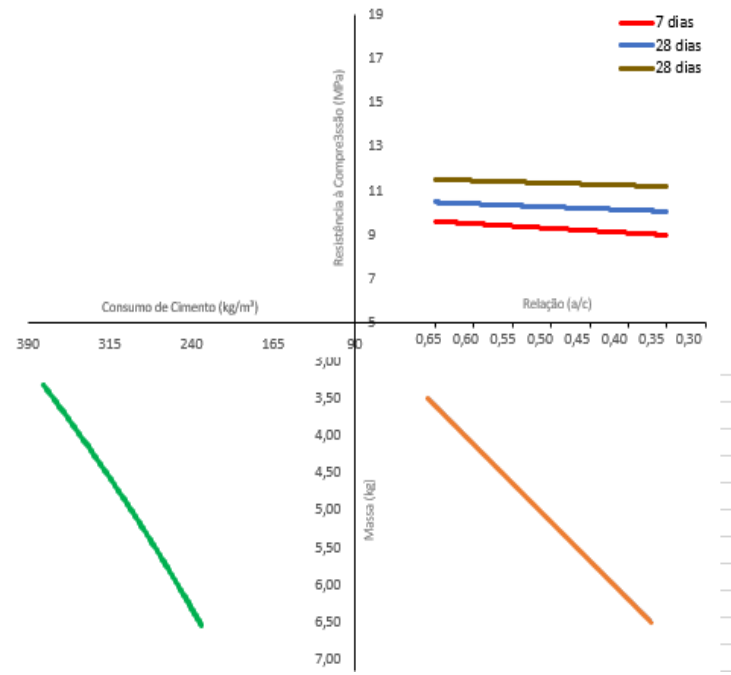
Os resultados serão apresentados nas figuras 13a, 13b e 13c:

Figura 13: Resultados dos diagramas de dosagens dos concretos com adição de fibra de garrafa PET dos seguintes traços: 1:3,5; 1:5,0 e 1:6,5 (7, 28 e 91 dias)



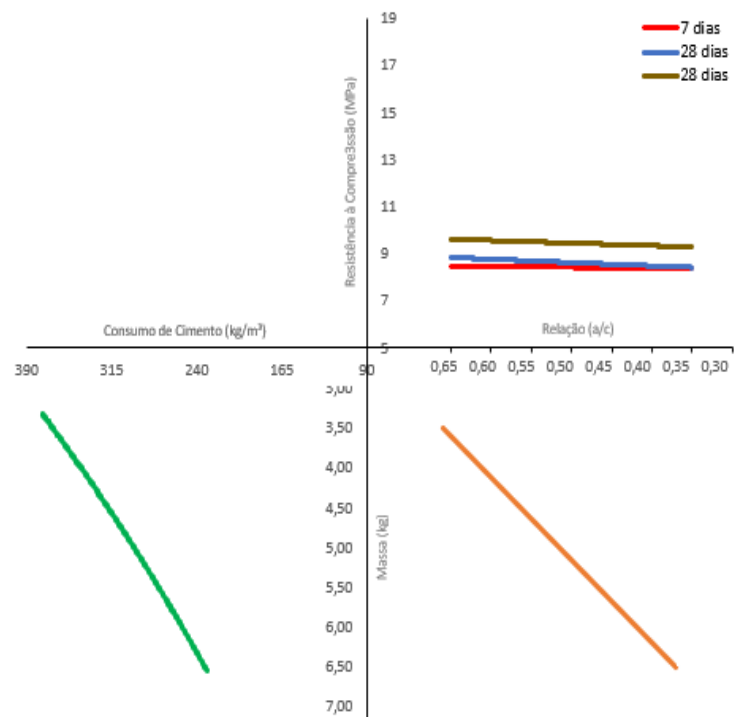
(a)

DIAGRAMA DE DOSAGEM DAS FIBRAS DE GARRAFAS PET - 1:5,0



(b)

DIAGRAMA DE DOSAGEM DAS FIBRAS DE GARRAFAS PET - 1:6,5



(c)

4. Discussão

Foi possível através deste relatório final, definir características dos componentes da argamassa, sendo eles o cimento, agregado miúdo (areia) e agregado graúdo e a massa específica da fibra de garrafa PET utilizadas na confecção da argamassa.

As granulometrias da areia, assim como os experimentos realizados de sua massa específica, tiveram seus resultados próximos e consideráveis pela norma NBR, uma vez que, a granulometria deste agregado influencia na dosagem do aglomerante e na quantidade de água da mistura. Assim, quando existe deficiência na curva granulométrica, ou seja, a curva não é contínua, ou excesso de finos, ocorre um maior consumo de água, podendo reduzir as propriedades mecânicas e causar maior retração por secagem.

Quanto a granulometria, densidade e absorção das britas, também aceitas pela norma, obtêm suas propriedades definidas para a melhoria significativa no concreto, quando têm sua quantidade estipulada na relação a:p:a/c, uma vez que, a brita quando adicionada na mistura além de dar volume ao concreto, garante resistência à abrasão, que é o desgaste na superfície.

Com o andamento da pesquisa, caminhando para a sua conclusão foram realizados todos os ensaios de compressão no concreto convencional e no concreto com fibra de garrafa PET, sendo feitos em 7,28 e 91 dias para conseguir dados comparativos entre eles.

É possível concluir que os frutos do ensaio de compressão axial foram significativos e esperados, com maior resistência quando rompidos após os 28 dias de sua confecção. No que se refere as discrepâncias de um traço para outro, é detectável que o traço médio obtêm resistência mais elevada quando comparado ao pobre e menor quando observado em relação ao rico, em todos os casos.

Quanto a reação da fibra de garrafa PET no concreto, foi possível conceber seu traço ideal, sendo este o traço rico 1:3,5, no qual apresentou melhores desempenhos quando adicionados à argamassa durante a preparação do concreto convencional, proporcionando uma boa trabalhabilidade e nos ensaios de compressão

mostrou um comportamento ótimo, atingindo uma resistência maior do que a esperada no desenvolvimento do estudo.

Portanto, os resultados obtidos têm seus frutos como esperado e consideráveis para a finalização do projeto de forma satisfatória.

5. Conclusão

Nas etapas realizadas deste trabalho, foram obtidos ótimos resultados na confecção de concreto com adição de fibra de garrafa PET sendo que estes obtiveram uma ótima trabalhabilidade e um bom comportamento na interação das fibras com a argamassa.

À adição das fibras de garrafa PET resultou no aumento da resistência à compressão na comparação do concreto convencional utilizado com base dos estudos, proporcionando assim a este método de dosagem, a utilização do mesmo em pavimentações de calçadas, pavers, lajes, confecções de blocos de alvenaria.

É preciso reaproveitar todos os recursos descartados, a fim de diminuir a predominância do desgaste natural deste material no meio ambiente, visto que a utilização deste é muito grande em todo o planeta e sua degradação é considerada lenta.

Como o estudo baseou-se em modelo experimental e comparativo com um método tradicional de confecção de concreto, será proposto a continuidade deste trabalho a fim de trabalhar com diversos tipos e diâmetros de britas, além de misturar outras bases cimentícias na argamassa, visando assim alcançar cada vez mais a utilização da fibra de garrafa PET em outros tipos de materiais, tendo como objetivo a sustentabilidade e novas tecnologia atreladas a construção civil.

REFERÊNCIAS

ABNT NBR NM 7211: **Agregados para concretos - especificação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

ABNT NBR NM 30: **Agregado miúdo - Determinação da absorção de água**. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

ABNT NBR NM 9776: **Agregado - Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman**. Rio de Janeiro, 1987.

ABNT NBR NM 52: **Determinação da massa específica aparente e absorção de água de agregados miúdos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ABNT NBR NM 53: **Agregado graúdo - Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água**. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

BOLOGNINI, E. J. et al. **Determinação da Dosagem de Concreto**. XII Congresso Iberoamericano de Engenharia Mecânica (CIBIM). Guayaquil: Equador, p.156-163, 2015.

CEPED, **Utilização de fibras vegetais no fibrocimento e no concreto-fibra**, Rio de Janeiro, 1982.

HELENE, P.; TERZIAN, P. **Manual de dosagem e controle do concreto**. São Paulo: Pini, 1993. 349 p.

SAVASTANO, HOLMER. **Comunicado Técnico, Viabilidade do aproveitamento de fibras para fins de obtenção de material de construção**, 1998.

PORTAL DO CONCRETO (Ed.). **Aditivos para concreto e argamassa**. Disponível em: <<http://www.portaldoconcreto.com.br/cimento/concreto/aditivo.html>>. Acesso em: março 2015.

ANEXO A

Dosagem de concreto convencional (CC) segundo Helene e Terzian apud Bolognini et. al. (2015).

TRAÇO:	1	:	5	Areia		Cimento		Água		Brita	Cálculo	Quantidade de	Volume
Teor de Argamassa	Traço	Unitário	Massa Total	Acréscimo	Massa Total	Acréscimo	Massa Total	Acréscimo	Massa Total	em massa	Corpos de Prova	total	
35	1	1,10	3,90	8,07	1,19	7,33	0,25	2,57	0,24	28,60	quantidade	10	15,708
37	1	1,22	3,78	9,25	1,26	7,58	0,26	2,81	0,25	Brita 1 (70%)	Ya	2,67	kg/dm ³
39	1	1,34	3,66	10,51	1,34	7,84	0,27	3,06	0,27	20,02	Yc	3,07	kg/dm ³
41	1	1,46	3,54	11,85	1,45	8,11	0,30	3,33	0,29	Brita 0 (30%)	Yp (brita 0)	3,70	kg/dm ³
43	1	1,58	3,42	13,29	1,55	8,41	0,32	3,62	0,31	8,58	Yp (brita 1)	3,71	kg/dm ³
45	1	1,70	3,30	14,85	1,67	8,73	0,34	3,93	0,33	SLUMP (cm)	a/c	0,35	
47	1	1,82	3,18	16,51	1,81	9,07	0,37	4,26	0,36	Quantidade de Cimento (kg)			
49	1	1,94	3,06	18,32	1,96	9,44	0,40	4,63	0,39	7,33	Para 12 cp/s		
51	1	2,06	2,94	20,28	2,14	9,84	0,44	5,02	0,43	Acréscimo de 8% de Sílica em Relação ao Cimento			
53	1	2,18	2,82	22,42	2,32	10,28	0,47	5,45	0,46	MÉDIA (cm)	0,587		
55	1	2,30	2,70	24,73	2,55	10,75	0,52	5,91	0,51	Acréscimo de 0,5% de Superplastificante			
57	1	2,42	2,58	27,28	2,80	11,27	0,57	6,43	0,56	0,037			
59	1	2,54	2,46	30,08		11,84		6,99		Cálculo do Volume da CP 10cm X 20cm			
													1,570796327
TRAÇO:	1	:	4	Areia		Cimento		Água		Brita	Cálculo	Quantidade de	Volume
Teor de Argamassa	Traço	Unitário	Massa Total	Acréscimo	Massa Total	Acréscimo	Massa Total	Acréscimo	Massa Total	em massa	Corpos de Prova	total	
35	1	0,58	2,92	5,42	1,01	9,34	0,25	3,27	0,28	27,27	quantidade	10	15,708
37	1	0,67	2,83	6,42	1,06	9,59	0,26	3,55	0,29	Brita 1 (70%)	Ya	2,67	kg/dm ³
39	1	0,76	2,74	7,48	1,12	9,85	0,27	3,84	0,31	19,09	Yc	3,07	kg/dm ³
41	1	0,85	2,65	8,60	1,19	10,12	0,30	4,15	0,33	Brita 0 (30%)	Yp (brita 0)	3,70	kg/dm ³
43	1	0,94	2,56	9,79	1,27	10,42	0,32	4,48	0,35	8,18	Yp (brita 1)	3,71	kg/dm ³
45	1	1,03	2,47	11,06	1,35	10,74	0,34	4,83	0,37	SLUMP (cm)	a/c	0,35	
47	1	1,12	2,38	12,41	1,44	11,08	0,37	5,21	0,40	Quantidade de Cimento (kg)			
49	1	1,21	2,29	13,85	1,55	11,45	0,40	5,61	0,43	9,34	Para 12 cp/s		
51	1	1,30	2,20	15,40	1,68	11,85	0,44	6,04	0,47	Acréscimo de 8% de Sílica em Relação ao Cimento			
53	1	1,39	2,11	17,08	1,80	12,29	0,47	6,51	0,50	MÉDIA (cm)	0,747		
55	1	1,48	2,02	18,88	1,96	12,76	0,52	7,02	0,55	Acréscimo de 0,5% de Superplastificante			
57	1	1,57	1,93	20,85	2,14	13,28	0,57	7,57	0,60	0,047			
59	1	1,66	1,84	22,99		13,85		8,17		Cálculo do Volume da CP 10cm X 20cm			
													1,570796327
TRAÇO:	1	:	7	Areia		Cimento		Água		Brita	Cálculo	Quantidade de	Volume
Teor de Argamassa	Traço	Unitário	Massa Total	Acréscimo	Massa Total	Acréscimo	Massa Total	Acréscimo	Massa Total	em massa	Corpos de Prova	total	
35	1	1,63	4,87	9,84	1,35	6,04	0,25	2,11	0,21	29,39	quantidade	10	15,708
37	1	1,78	4,72	11,19	1,44	6,29	0,26	2,33	0,23	Brita 1 (70%)	Ya	2,67	kg/dm ³
39	1	1,93	4,57	12,63	1,54	6,55	0,27	2,55	0,24	20,58	Yc	3,07	kg/dm ³
41	1	2,08	4,42	14,18	1,63	6,82	0,30	2,79	0,27	Brita 0 (30%)	Yp (brita 0)	3,70	kg/dm ³
43	1	2,23	4,27	15,87	1,83	7,12	0,32	3,06	0,29	8,82	Yp (brita 1)	3,71	kg/dm ³
45	1	2,38	4,12	17,70	1,98	7,44	0,34	3,35	0,31	SLUMP (cm)	a/c	0,35	
47	1	2,53	3,97	19,67	2,16	7,78	0,37	3,65	0,34	Quantidade de Cimento (kg)			
49	1	2,68	3,82	21,83	2,35	8,15	0,40	3,99	0,37	6,04	Para 12 cp/s		
51	1	2,83	3,67	24,18	2,59	8,55	0,44	4,36	0,40	Acréscimo de 8% de Sílica em Relação ao Cimento			
53	1	2,98	3,52	26,78	2,82	8,99	0,47	4,76	0,44	MÉDIA (cm)	0,483		
55	1	3,13	3,37	29,60	3,12	9,46	0,52	5,20	0,49	Acréscimo de 0,5% de Superplastificante			
57	1	3,28	3,22	32,72	3,45	9,98	0,57	5,69	0,54	0,030			
59	1	3,43	3,07	36,17		10,55		6,22		Cálculo do Volume da CP 10cm X 20cm			
													1,570796327