



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
TOCANTINS
CAMPUS - PALMAS**

**ALCIMAR ARAUJO MILHOMEM
FERNANDA BATISTA DOS SANTOS**

**POPULARIZAR A TECNOLOGIA DO CONCRETO, CRIANDO UM
EQUIPAMENTO PARA DETERMINAR A RESISTÊNCIA À
COMPRESSÃO DO CONCRETO, DE BAIXO CUSTO E ACESSÍVEL**

Palmas, TO

2010

**ALCIMAR ARAUJO MILHOMEM
FERNANDA BATISTA DOS SANTOS**

**POPULARIZAR A TECNOLOGIA DO CONCRETO, CRIANDO UM
EQUIPAMENTO PARA DETERMINAR A RESISTÊNCIA À
COMPRESSÃO DO CONCRETO, DE BAIXO CUSTO E ACESSÍVEL**

Trabalho de conclusão de Curso
apresentado à Coordenação da Área de
Construção Civil como requisito parcial
para obtenção da conclusão do Curso de
Tecnologia em Construção de Edifícios do
Instituto Federal de Ciência e Tecnologia
do Tocantins – Campus Palmas.

Orientador: Prof. M.Sc.Thiago Dias de A. e Silva

Palmas, TO

2010

**ALCIMAR ARAUJO MILHOMEM
FERNANDA BATISTA DOS SANTOS**

**POPULARIZAR A TECNOLOGIA DO CONCRETO, CRIANDO UM
EQUIPAMENTO PARA DETERMINAR A RESISTÊNCIA À
COMPRESSÃO DO CONCRETO, DE BAIXO CUSTO E ACESSÍVEL**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado e aprovado como cumprimento às exigências legais do currículo do Curso Superior de Tecnologia em Construção de Edifícios pela Coordenação da Área de Construção Civil no Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Tocantins – Campus Palmas.

Palmas, 02 Dezembro de 2010.

Prof. Prof. M.Sc.Thiago Dias de A. e Silva
Supervisor do Trabalho de Conclusão de Curso

Banca Examinadora:

Prof. Prof. M.Sc.Thiago Dias de A. e Silva
Presidente e Orientador

Prof. Msc.Gilson Marafiga Pedroso
Membro de Banca Examinadora

Prof. Msc. Adriana S.A. Monteiro
Membro de Banca Examinadora

Dedicamos:

Dedicamos este trabalho primeiramente a Deus, pois sem Ele, nada seria possível e não estaríamos aqui reunidos, desfrutando, juntos, destes momentos que nos são tão importantes.

Aos nossos pais; pelo esforço, dedicação e compreensão, em todos os momentos desta e de outras caminhadas.

AGRADECIMENTOS

A Deus, e todos nossos familiares, colegas de turma e professores que com seus talentos especiais contribuíram para mudanças significativas em nossas vidas.

Ao professor Thiago Dias de A. e Silva que nos acolheu na hora que mais precisávamos, pelos seus conhecimentos e grande auxílio na concretização desse trabalho.

DURANTE ESTE TRABALHO...

As dificuldades não foram poucas...

Os desafios foram muitos...

Os obstáculos, muitas vezes, pareciam intransponíveis.

Muitas vezes nos sentimos só, e, assim, o estivemos...

O desânimo quis contagiar, porém, a garra e a tenacidade foram mais fortes, sobrepondo esse sentimento, fazendo-nos seguir a caminhada, apesar da sinuosidade do caminho.

Agora, ao olharmos para trás, a sensação do dever cumprido se faz presente e podemos constatar que as noites de sono perdidas, as viagens e visitas realizadas; o cansaço dos encontros, os longos tempos de leitura, digitação, discussão; a ansiedade em querer fazer e a angústia de muitas vezes não o conseguir, por problemas estruturais; não foram em vão.

Aqui estamos, como sobreviventes de uma longa batalha, porém, muito mais fortes e hábeis, com coragem suficiente para mudar a nossa postura, apesar de todos os percalços...

Como dizia *Antoine Saint Exupéry* em sua obra prima *“O Pequeno Príncipe”*:

“Foi o tempo que perdeste com a tua rosa, que fez a tua rosa tão importante.”

RESUMO

Esse trabalho consiste na elaboração de um equipamento para a execução do ensaio de arrancamento entre aço e concreto, serão moldadas garrafas PET com volumes de 1,5; 2,0 e 2,5 litros. É um ensaio realizado com o auxílio de macaco hidráulico, este possui um monômetro acoplado, que permite medir a carga aplicada em um corpo-de-prova moldado com uma barra de aço de 8 milímetros, que atravessa a garrafa de uma extremidade a outra passando pelo centro da garrafa. O macaco hidráulico aplica uma carga na barra de aço aderida ao concreto, no sentido de arrancamento da barra de aço no corpo de prova, esse ensaio também pode ser chamado de ensaio de aderência pelo modo de trabalho dos seus materiais, aço e concreto. O macaco hidráulico registra no monômetro a resistência máxima aplicada até a perda da aderência, do atrito, ou seja, o deslizamento que é o arrancamento da barra de aço, com a resistência máxima de aderência entre aço e concreto, usa-se a equação de aderência obtida na norma NBR 6118 de 2003, e acha-se o f_{ck} (resistência característica do concreto a compressão).

O equipamento desenvolvido neste trabalho atingiu o resultado esperado, conseguindo alcançar o objetivo de funcionamento para o qual foi projetado. Onde este se apresentou satisfatório para o desenvolvimento da metodologia de ensaio e da pesquisa. Observou-se que os resultados com as garrafas de 2,0 e 2,5 litros apresentaram uma diferença significativa do ponto de vista comparativo dos ensaios realizado com corpos-de-prova cilíndricos convencional. Os resultados com a garrafa de 1,5 litros se mostraram satisfatório quando comparados aos ensaios de corpos-de-prova convencionais, apresentando uma melhor adequação ao equipamento e a metodologia de ensaio. Adotou-se desta forma a garrafa de 1,5 litros como corpo-de-prova padrão.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 : Macaco Hidráulico _____	19
Figura 2: Projeto de peças _____	19
Figura 3: Equipamento _____	20
Figura 4: Corpo-de-prova _____	21
Figura 5: Corpo-de-prova _____	22
Figura 6: Corpo-de-prova _____	22
Figura 7: Ajustes do corpo-de-prova _____	23
Figura 8: Mistura dos Materiais na Betoneira _____	47
Figura 9: Corpos-de-prova utilizados _____	49
Figura 10: Cura dos corpos-de-prova _____	50
Figura 11: Cura dos corpos-de-prova _____	50
Figura 12: Ensaio de arrancamento _____	51
Figura 13: Detalhe do macaco hidráulico _____	52
Figura 14: Vista superior do ensaio _____	52
Figura 15: Detalhe de ancoragem da barra de aço _____	53
Figura 16: Ensaio de arracamento _____	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Massa mínima de material seco em estufa para cada determinação de ensaios _____	32
Tabela 2: Composição granulométrica do agregado graúdo (seixo) _____	34
Tabela 3: Limites de distribuição granulométrica do agregado graúdo _____	35
Tabela 4: Massa mínima de material seco em estufa para cada determinação de ensaios _____	36
Tabela 5: Composição granulométrica do agregado miúdo (areia) _____	38
Tabela 6: Limites da distribuição granulométrica do agregado miúdo _____	39
Tabela 7: Slump máximo e mínimo recomendados conforme a aplicação do concreto (mehta & monteiro) _____	41
Tabela 8: Requisito aproximados de teores de amassamento e de ar em função do abatimento e do ϕ nominal do agregado, conforme o aci 211.1-91 _____	41
Tabela 9: Estimativa de relação a/c em função da resistência do concreto _____	42
Tabela 10: Estimativa de relação a/c em função da resistência do concreto _____	43
Tabela 11: Classe de agressividade ambiental _____	44
Tabela 12: Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto _____	45
Tabela 13: Classes de resistências dos concretos _____	45
Tabela 14: Quantidade de corpos-de-prova para cada moldagem _____	48
Tabela 15: Parâmetros para dosagem _____	54
Tabela 16: Tensão de Ruptura dos Concretos aos 7 dias (Mpa) _____	55
Tabela 17: Tensão de Ruptura dos Concretos aos 14 dias (Mpa) _____	56
Tabela 18: Tensão de Ruptura dos Concretos aos 21 dias (Mpa) _____	57
Tabela 19: Tensão de Ruptura dos Concretos aos 7 dias (Mpa) _____	58
Tabela 20: Tensão de Ruptura dos Concretos aos 14 dias (Mpa) _____	59
Tabela 21: Tensão de Ruptura dos Concretos aos 21 dias (Mpa) _____	60
Tabela 22: Tensão de Ruptura dos Concretos aos 7 dias (Mpa) _____	61
Tabela 23: Tensão de Ruptura dos Concretos aos 14 dias (Mpa) _____	62
Tabela 24: Tensão de Ruptura dos Concretos aos 21 dias (Mpa) _____	63
Tabela 25: Custos _____	64

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Curva granulométrica da seixo	34
Gráfico 2: Curva granulométrica da areia	38
Gráfico 3: Composição dos Agregados	46
Gráfico 4: Tensão de Ruptura dos Concretos aos 7 dias (MPa)	55
Gráfico 5: Tensão de Ruptura dos Concretos aos 14 dias (Mpa)	56
Gráfico 6: Tensão de Ruptura dos Concretos aos 21 dias (Mpa)	57
Gráfico 7: Tensão de Ruptura dos Concretos aos 7 dias (Mpa)	58
Gráfico 8: Tensão de Ruptura dos Concretos aos 14 dias (Mpa)	59
Gráfico 9: Tensão de Ruptura dos Concretos aos 21 dias (Mpa)	60
Gráfico 10: Tensão de Ruptura dos Concretos aos 7 dias (Mpa)	61
Gráfico 11: Tensão de Ruptura dos Concretos aos 14 dias (Mpa)	62
Gráfico 12: Tensão de Ruptura dos Concretos aos 21 dias (Mpa)	63

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA	11
1.1.2 TEMA DA PESQUISA	12
1.1.3 Delimitação do Tema	12
1.2 PROBLEMA	12
1.3 OBJETIVOS	13
1.3.1 Objetivo Geral	13
1.3.2 Objetivos Específicos	13
1.4 JUSTIFICATIVA	13
1.5 MÉTODOS DA PESQUISA	14
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO	14
2. DESENVOLVIMENTO	14
2.1 REVISÃO DA LITERATURA	14
2.1.1 Tecnologia do Concreto	14
2.1.2 ENSAIO DE ADERÊNCIA	15
2.1.3 CONCRETO	17
2.2 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	18
2.2.1 Montagem do equipamento	18
2.2.1.1 Macaco hidráulico	18
2.2.1.2 Equipamento	19
2.2.1.3 Montagem do corpo-de-prova	20
2.2.2 Dosagem do concreto	23
2.2.3 DETERMINAÇÃO DO TRAÇO	40
2.2.4 Trabalhabilidade (Determinação do Slump)	41
2.2.5 Estimativa dos teores de água e ar incorporado	41
2.2.6 Resistência de Dosagem Média aos 28 dias de idade.	42
2.2.7 Relação Água / Aglomerantes	42
2.2.8 Teor de cimento	43
2.2.9 Determinação do teor de agregados (m)	43
2.2.10 Relação Água / Materiais sólidos (A%)	46
2.2.11 Determinação da composição dos agregados	46
2.2.12 Traço final em peso.	47

2.2.13 Traço final em volume. _____	47
2.2.14 Mistura do Concreto _____	47
2.2.14.1 Abatimento _____	48
2.2.14.2 Moldagens dos Corpos-de-prova _____	48
2.2.14.3 Curas dos Corpos-de-prova _____	49
2.2.15 Realização dos ensaios _____	51
2.3 RESULTADOS E ANÁLISES _____	54
2.3.1 Concreto Fresco _____	54
2.3.2 Concreto Endurecido _____	54
2.3.2.1 Garrafa de 1,5 litros _____	55
2.3.2.2 Garrafa de 2,0 litros _____	58
2.3.2.3 Garrafa de 2,5 litros _____	61
2.3.3 Viabilidade Econômica _____	64
3. CONCLUSÃO _____	65
3.1 Prosseguimento da Pesquisa _____	65
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS _____	66

1. INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA

A tecnologia do concreto armado é a técnica amplamente dominante na confecção de estruturas de edifícios no Brasil por motivos econômicos, devido à disponibilidade de grandes indústrias de cimento, como por motivos culturais.

Nos últimos anos, o envelhecimento das estruturas de concreto e a conscientização crescente da demanda de se conhecer os fatores necessários à garantia da durabilidade das estruturas de concreto armado, assim como, do aumento das necessidades de concretos com resistências maiores, surgiu um crescente interesse da comunidade científica em pesquisar e melhorar esta área da tecnologia.

O comportamento das estruturas de concreto armado depende, também, da aderência entre o concreto e as barras de aço. No estudo da aderência consideram-se, normalmente, dois aspectos: a força de transferência do mecanismo entre a barra e o concreto circunvizinho e a capacidade do concreto resistir a essa força. De maneira geral, a força de transferência é aquela oriunda da ação química, das forças capilares, da fricção e outras ações mecânicas que agem em diferentes estágios de carregamento.

É fundamental que haja um controle tecnológico para garantir a confiabilidade das estruturas de concreto armado. Observando a necessidade que além do controle de produção já realizado nas concreteiras, as construtoras necessitam de fazer a verificação e a análise dos materiais recebidos ou fabricados no canteiro de obra.

Este trabalho visa popularizar a tecnologia do concreto criando um equipamento de baixo custo, por meio de um simples ensaio de arrancamento de uma barra de aço no concreto, utilizando equipamentos simples. Por meio cálculos obter a resistência característica do concreto, viabilizando assim o controle tecnológico em obras de médio e pequeno porte.

BARBOSA et al. (2001), ressalta que as vantagens desse ensaio são o baixo custo, a simplicidade do corpo-de-prova, possibilidade de se isolar as variáveis que influenciam a aderência, e a possibilidade de uma visualização objetiva do

próprio conceito de comprimento mínimo de ancoragem, sendo, dessa forma, um ensaio bastante didático, segundo diversos autores.

Os corpos de prova a serem ensaiados são feitos, de forma simples, com materiais facilmente encontrados em qualquer região do mundo. Os procedimentos de ensaios são de fácil aplicação e os resultados surpreendentes.

1.1.2 TEMA DA PESQUISA

Popularizar a tecnologia do concreto, criando um equipamento para determinar a resistência à compressão do concreto, de baixo custo e acessível.

1.1.3 Delimitação do Tema

Viabilizar o controle tecnológico em obras de médio e pequeno porte.

1.2 PROBLEMA

Em decorrência da necessidade e da dificuldade do controle tecnológico do concreto em canteiros de obras dos inúmeros casos de desabamentos ou destruições que afetam as obras civis, particularmente as construções em concreto armado, evidencia-se constantemente a necessidade de desenvolvimento de procedimentos acessíveis e econômicos que visem o controle da qualidade dos materiais empregados nestes tipos de edificações. Diante desta necessidade o que poderia ser feito para popularizar e tornar acessível à tecnologia do concreto na construção civil?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

O objetivo deste projeto é popularizar a tecnologia do concreto por meio de investigação e avaliação de ensaio de aderência no próprio canteiro de obras, além de examinar a utilização da garrafa PET como molde, e dessa forma apresentar diretrizes que possibilitem a implementação desse equipamento.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Organiza um modelo matemático simplificado para populariza o ensaio em obras;
- Tornar o método mais popular e usual;
- Viabilizar o ensaio economicamente;
- Prevenir futuras patologias nas estruturas de concreto e concreto armado;

1.4 JUSTIFICATIVA

Atualmente, em relação ao controle tecnológico do concreto armado, existe basicamente o ensaio de compressão e ruptura simples de corpos de provas cilíndricos e o ensaio de tração e ruptura das barras de aço. A dificuldade para estes tipos de ensaios está no fato de necessitarem de laboratórios e equipamentos específicos que em muitos casos são caros e estão distantes, inviabilizando sua realização.

Diante deste problema, popularizar a tecnologia do concreto desenvolvendo um equipamento simples e de baixo custo tornou-se um desafio e uma necessidade na busca de proporcionar qualidade em obras. Desenvolver em canteiros de obras ensaios de aderência aço-concreto, de forma pratica, utilizando corpos de prova elaborados com garrafas PET descartadas, tornou-se um motivo para a pesquisa. Nesse projeto, procura-se viabilizar esse tipo de ensaio.

O ensaio de aderência entre o aço e o concreto não tem como objetivo substituir os ensaios de caracterização já existentes, mas sim busca apresentar uma

alternativa simplificada e que traga respostas confiáveis e exeqüíveis. Contudo, para a realização da pesquisa que apresenta um método de caráter inovador e que possa atender às expectativas da sociedade, é necessária a prévia investigação dos fatores determinantes para a implementação do mesmo.

1.5 MÉTODOS DA PESQUISA

O projeto foi baseado em pesquisas bibliográficas relacionadas ao assunto mencionado nos acervos literários, trabalhos acadêmicos entre outras fontes de estudo. Realizado um estudo laboratorial para coleta de dados e fotos para análise dos procedimentos adotados nos ensaios e resultados obtidos a partir do mesmo.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho será definido em três capítulos, sendo este a introdução.

No segundo capítulo faz-se uma revisão da literatura, ao detalhar o desenvolvimento dos métodos e propostas, relatando os resultados encontrados no equipamento desenvolvido neste trabalho.

No terceiro capítulo será apresentado o resultado, concluindo o trabalho e propondo trabalhos futuros.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 REVISÃO DA LITERATURA

2.1.1 Tecnologia do Concreto

A tecnologia do concreto armado é a técnica amplamente dominante no mercado. Falar em tecnologia do concreto, significa falar principalmente no controle

dos materiais que fazem parte de sua composição, pois as patologias estão intimamente ligadas à falta de qualidade dos materiais que o compõem.

Essencial para garantir a qualidade da obra, o serviço de controle tecnológico do concreto tem sido deixado em segundo plano pelas construtoras basicamente por duas razões: redução de custos ou simplesmente pela crença de que o concreto usinado não precisa de controle.

É de fundamental importância as construtoras avaliarem o concreto fornecido pelas concreteiras, independente do controle de produção realizado pelas empresas que fabricam o concreto usinado. Pelo fato de existir diversos fatores que interferem na qualidade do material desde a saída da central até a utilização. Um atraso no caminhão-betoneira que ultrapasse os limites previstos em norma, mudanças climáticas ou adição excessiva de água no concreto são apenas alguns dos fatores que podem comprometer a resistência e desempenho do material. Mesmo que não ocorra nenhum destes problemas externos ainda assim há o risco de a construtora receber um concreto que tenha sido fabricado fora de especificação, pois o controle tecnológico das concreteiras não garante a totalidade de toda sua produção.

A NBR 12654 (Controle Tecnológico dos Materiais Componentes do Concreto) dispõe sobre os ensaios que devem ser efetuados, sabendo que é praticamente impossível encontrar materiais totalmente isentos de substâncias que são prejudiciais e nocivo, as normas desempenham um papel de fundamental importância pois apresenta os limites de tolerância a serem utilizadas. Além de ensaios dos materiais também são realizados ensaios do concreto no estado fresco e endurecido.

2.1.2 Ensaio de aderência

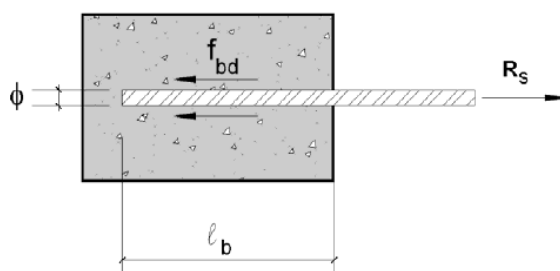
O ensaio de aderência, conhecido e colocado em prática depois do início da construção em concreto armado, tem a função de avaliar a resistência da ligação entre o concreto e a armadura. É um ensaio realizado com os materiais que compõem o concreto armado. Já o ensaio a compressão simples é realizado unicamente com o material concreto. Sendo o ensaio de aderência considerado como um ensaio composto, que pode ser conduzido por arrancamento de uma barra

envolvida dentro de um bloco de concreto, e está diretamente correlacionado com a tensão de compressão.

Este ensaio consiste em fazer extrair uma barra de armadura de aço, geralmente posicionada no centro de um bloco de concreto, arrancando ou puxando sobre ela (ensaio de “PULL-OUT TEST” ou ensaio de “PUSH-OUT TEST”). Uma vez rompida a ligação aço-concreto, a barra se desloca com mais ou menos facilidade dentro do bloco de concreto dependendo da rugosidade da sua superfície envolvida. O valor do pico de resistência permite calcular a tensão de cisalhamento última da ligação, denominada tensão de aderência pela divisão da força máxima aplicada pela superfície nominal de ancoragem. Salienta-se que nesse método a reação das placas de apoio coloca o concreto sob compressão criando importantes restrições às deformações transversais do corpo de prova, o que pode superestimar as tensões de aderência no concreto, já que esse se encontra confinado.

De acordo com a NBR 6118:2003 (Projeto de estruturas de concreto – Procedimento), para uma barra de aço imersa em uma peça de concreto a tensão média de aderência é dada por:

$$f_{bd} = \frac{R_s}{\pi \cdot \phi \cdot \ell_b}$$



f_{bd} = resistência de aderência;

R_s = força atuante na barra;

ϕ = diâmetro da barra;

ℓ_b = comprimento de ancoragem.

A resistência de aderência de cálculo entre armadura e concreto é dada pela expressão (NBR 6118, 2003, item 9.3.2.1):

$$f_{bd} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot f_{ctd}$$

$\eta_1 = 1,0$ para barras lisas;

$\eta_1 = 1,4$ para barras entalhadas;

$\eta_1 = 2,25$ para barras nervuradas - adotado;

$\eta_2 = 1,0$ para situações de boa aderência - adotado;

$\eta_2 = 0,7$ para situações de má aderência;

$\eta_3 = 1,0$ para $\phi < 32$ mm - adotado;

$\eta_3 = (132 - \phi)/100$, para $\phi \geq 32$ mm;

O valor f_{ck} é dado por (item 8.2.5 da NBR 6118, 2003):

$$f_{ctd} = 0,21 \cdot \frac{f_{ck}^{2/3}}{\gamma_c}$$

Algumas vantagens do ensaio de aderência encontram-se no fato de que o este ensaio é considerado como sendo um ensaio “real”, verdadeiro, sobre o material composto concreto armado. Não é evidentemente o caso do ensaio de compressão simples, realizado unicamente com o material concreto. Sem deixar de considerar que os esforços exercidos são moderados, mesmo no caso de concretos de alta resistência, também se têm uma forte correlação entre a resistência à compressão simples.

2.1.3 CONCRETO

2.1.3.1 Propriedades básicas do concreto

O concreto de cimento portland é um material composto por aglomerante e um ou mais agregados e água. Deve apresentar, quando misturado, propriedades de plasticidade para permitir o seu transporte, lançamento e adensamento, no estado endurecido, propriedades que proporcionem o que foi previsto no projeto, quanto às resistências à tração e à compressão, módulo de deformação e outras.

A durabilidade de uma estrutura de concreto está relacionada com a execução correta da estrutura, do controle tecnológico. No decorrer da obra é essencial que sejam feitos procedimentos e ensaios de controle com o intuito de verificar a uniformidade dos materiais componentes do concreto.

2.1.3.2 Propriedade do Concreto no estado não endurecido

- Trabalhabilidade
- Exsudação (transpiração)
- Tempos de início e fim de pega.

2.1.3.3 Propriedade do Concreto Endurecido

- Resistência aos esforços mecânicos
- Propriedade técnicas
- Deformações em face das ações extrínsecas e solicitações mecânicas
- Permeabilidade
- Durabilidade diante da ação do meio ambiente.

2.2 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

2.2.1 Montagem do equipamento

2.2.1.1 Macaco hidráulico

O macaco hidráulico utilizado para o funcionamento do equipamento é da marca Hidraumon, comando hidráulico à Distância, 10T Hidraumon com Manômetro, de simples ação (retorno por gravidade), composto por : - Bomba injeção manual de 700BAR de pressão, c/ manômetro, de simples ação, com 2 injetores (aproximação e trabalho), reservatório de óleo de 04 litros; - Mangueira de alta pressão, 2000mm, com engate rápido no lado do cilindro; - Cilindro simples ação, 10 toneladas, retorno por gravidade, altura 280mm, curso aprox. 150mm (aberto 430mm).



Figura 1 : Macaco Hidráulico
Fonte: Hidraumon

2.2.1.2 Equipamento

O equipamento foi projetado para trabalhar em conjunto com o macaco hidráulico e de maneira que o corpo de prova utilizado fique instalado corretamente. Para a fabricação do equipamento foi elaborado uma maquete de EPS em seu tamanho real, como também o projeto em AutoCAD das peças a serem utilizadas, de maneira a facilitar o entendimento e o funcionamento. Contratou-se o serviço de uma empresa especializada em estrutura metálica.

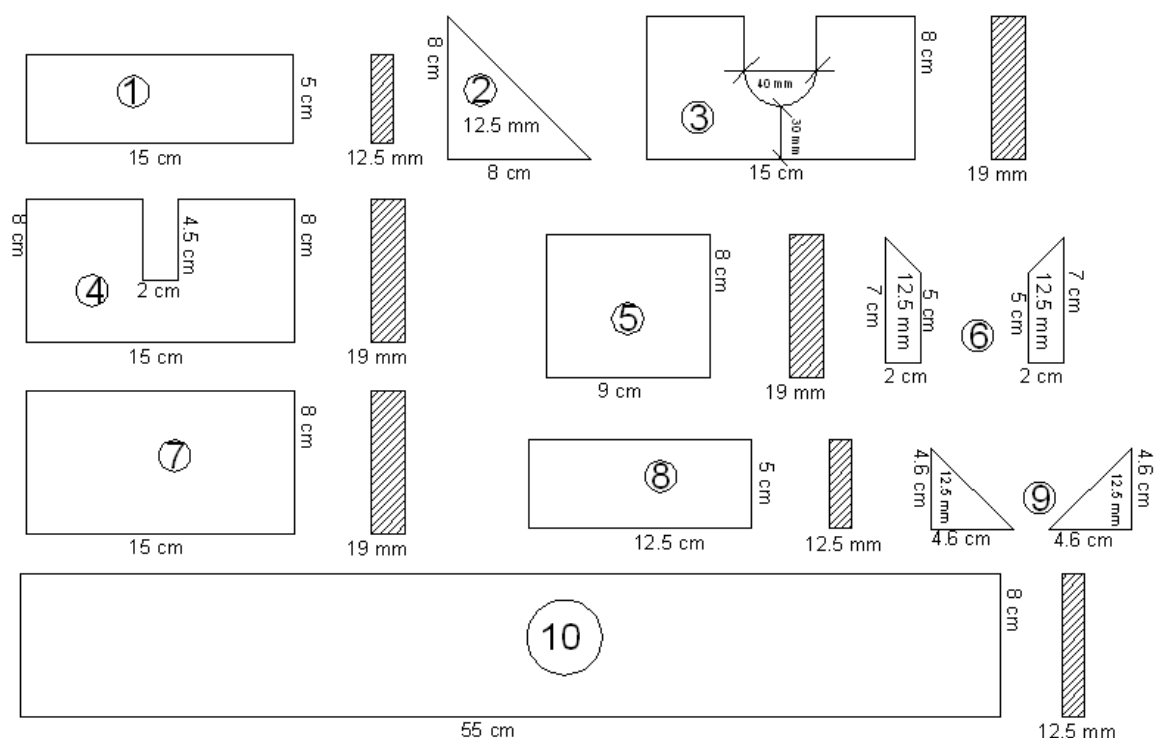


Figura 2: Projeto de peças
Fonte: Autores



Figura 3: Equipamento
Fonte: Autores

2.2.1.3 Montagem do corpo-de-prova

Para a montagem dos corpos-de-prova foram adquiridos os seguintes materiais:

- Garrafas PETs de 1,5; 2,0 e 2,5 litros, com tampa
- Mangueira $\frac{1}{2}$ polegada
- Aço CA-50, diâmetro de 8 mm
- Aço CA-50, diâmetro de 16 mm
- Algodão para fixação da mangueira no aço.

Para a fabricação do corpo-de-prova foi utilizado às seguintes ferramentas:

- Furadeira
- Vela e fósforo
- Estilete

- Régua
- Tesoura
- Serra para corte de aço
- Máquina de solda.

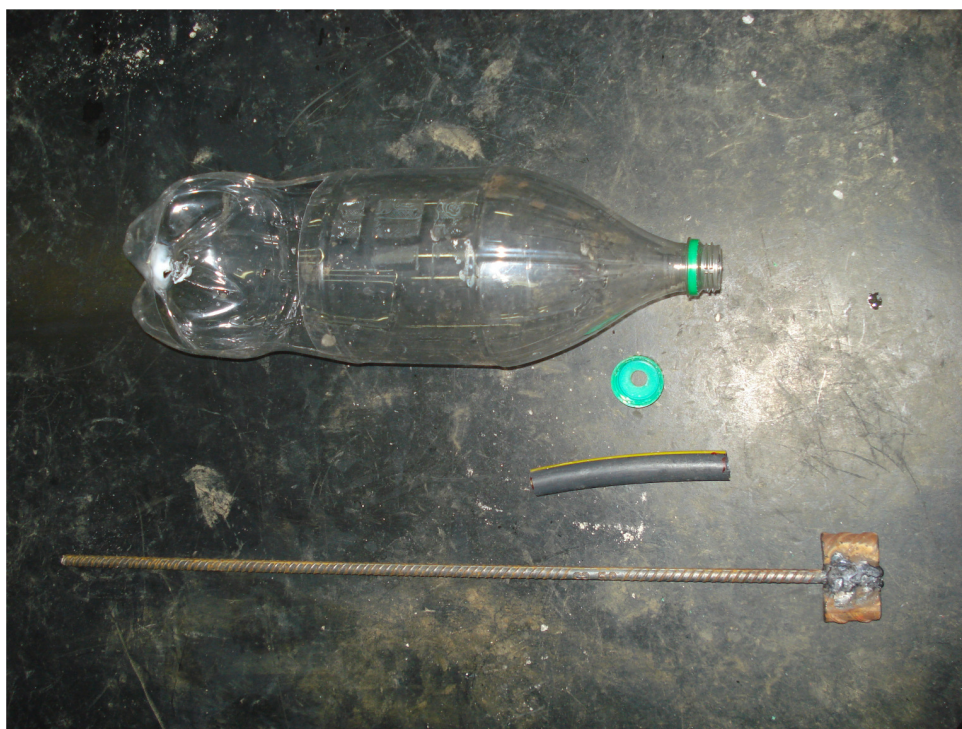


Figura 4: Corpo-de-prova
Fonte: Autores

Com todos os materiais e ferramentas disponíveis começou-se a confecção do corpo-de-prova utilizando garrafas pet. Inicialmente foram feitos furos no fundo da garrafa e no meio da tampa, de modo que a barra de aço fique acondicionada livremente no centro. Soldou-se em uma das extremidades da barra de aço, com o diâmetro de 8 mm, pedaços no tamanho de 3 cm de uma barra de aço, com o diâmetro de 16 mm.

A utilização da mangueira foi para diminuir a área de contato do concreto com a barra de aço na parte cônica da garrafa, com o tamanho de 10,50 cm para a garrafa com volume de 1,5 litros e 11,50 para a garrafa com volume de 2,0 litros. A mangueira foi fixada na barra com algodão. Realizou-se uma abertura na garrafa para o lançamento do concreto.

Inicialmente foram realizados vários testes para determinação da área de contato a ser utilizada e tipos de furos, primeiramente se estabeleceu uma área de contato 17 cm, mas devido à solicitação de uma força elevada foi feita a adequação para 11,5 cm, onde esta também não atingiu resultados satisfatórios necessitando assim de uma nova adequação que por fim foi fixada. Restringiu-se então a 7,50 cm para a garrafa de 1,5 litros e 8,50 cm para a de 2,0 e 2,5 litros, medidos a partir da mangueira.

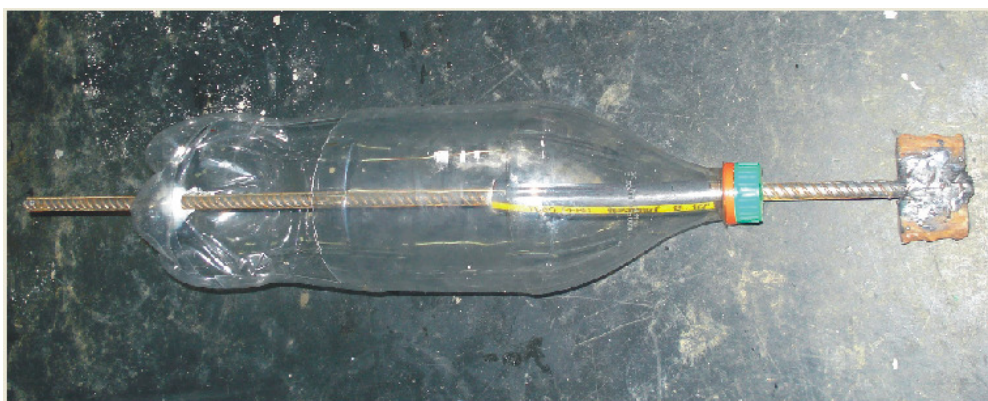


Figura 5: Corpo-de-prova
Fonte: Autores



Figura 6: Corpo-de-prova
Fonte: Autores

Quanto aos furos para adensamento do concreto no corpo-de-prova inicialmente estes foram realizados no fundo da garrafa, com uma pequena abertura na qual não atendeu devidamente o manuseio adequado para o lançamento do concreto. Necessitou-se de um novo formato de abertura para realização da metodologia de ensaio. Concluiu-se que seria melhor fazer uma única abertura na garrafa, sendo esta definida na sua lateral.



Figura 7: Ajustes do corpo-de-prova
Fonte: Autores

2.2.2 Dosagem do concreto

Dosagem do concreto é a determinação da mistura mais econômica de um concreto, com características capazes de atender às condições de serviço, utilizando os materiais disponíveis. Neste sentido, este trabalho avalia o desempenho de traço para a dosagem de concretos com resistência à compressão axial de 25 MPa aos 21 dias, pelo métodos de dosagem ACI (American Concrete Institute).

A dosagem do concreto, segundo Mehta & Monteiro (1994), é um processo através do qual é obtida a melhor proporção entre cimento, agregados,

água e aditivos para a produção de concretos que atendam a certas especificações prévias.

Caracterização:

- Resistência do concreto: F_{CK} 25 MPa.
- Trabalhabilidade do concreto: Slump de 100 – 25 mm.
- Tipo de vibração: Mecânica normal.
- Tipo de meio: Pilares e vigas de edifícios urbanos com classe de agressividade II.
- Classificação do agregado graúdo: Diâmetro máximo 19 mm – seixo 1.
- Tipo de Cimento utilizado: CII Z 32 RS Tocantins.

Caracterização dos agregados e aglomerante

2.2.2.1 Ensaio I - Determinação da massa específica do agregado miúdo por meio do frasco Chapman (NBR 9779/1987).

Normas técnicas pertinentes

- NBR 9776 – Agregados – Determinação da massa específica de agregados por meio do frasco Chapman.
- NBR 7211 – Agregados para concreto – Especificação.
- NBR 7216 – Amostragem de agregados – Procedimento.

Equipamentos utilizados

- Frasco de Chapman;
- Balança com precisão de 0,1g ;
- Pipeta;
- Cadim;
- Trincha;
- Pá;

- Becker;
- Funil;

Metodologia experimental

- Colocar água no Chapman até a marca de 200 ml;
- Colocar 500g de material seco em estufa na Chapman e agitar, para retirar as bolhas de ar;
- Anotar a leitura final no Chapman (L);
- Repetir o procedimento.

Cálculos

$$\gamma = 500 / (L - 200) \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

Pesagem das amostras

1ª Amostra – 500g

2ª Amostra – 500g

3ª Amostra – 500g

1ª Amostra L = 390 ml

$$\gamma_1 = 500 / (390 - 200) = 2,63 \text{ g/cm}^3$$

2ª Amostra L = 389 ml

$$\gamma_2 = 500 / (389 - 200) = 2,65 \text{ g/cm}^3$$

3ª Amostra L = 388 ml

$$\gamma_3 = 500 / (388 - 200) = 2,66 \text{ g/cm}^3$$

$$\gamma_{\text{med}} = (2,63 + 2,65 + 2,66) / 3 = 2,65 \text{ g/cm}^3$$

$$| \gamma_1 - \gamma_2 | = 0,02 < 0,05 \quad \text{Está de acordo}$$

$$| \gamma_1 - \gamma_3 | = 0,00 < 0,05 \quad \text{Está de acordo}$$

$$| \gamma_2 - \gamma_3 | = 0,01 < 0,05 \quad \text{Está de acordo}$$

Resultado

A massa específica do agregado miúdo é a média das três determinações, dada em g/cm³, com aproximação de 0,05 g/cm³.

Os resultados individuais de cada ensaio não devem apresentar desvios maiores que 5% em relação à média.

2.2.2.2 Ensaio II - Determinação da massa específica do agregado graúdo

Normas Técnicas

NBR – 9776/87: Agregados – Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman.

NBR – 7211: Agregados para concreto – Especificações.

NBR – 7216: Amostragem de agregados – Procedimento.

Equipamentos Utilizados

- Balança com sensibilidade de 0,1 g;
- Frasco Chapman;
- Espátula;
- Funil;
- Becher;
- Pá;
- Pincel;
- Cadinho de porcelana.

Metodologia do Ensaio

- Foi pesado 1000g de agregado graúdo (seixo);
- No frasco Chapman, foi colocado água até a marca de 600 cm³;
- O agregado foi introduzido cuidadosamente no frasco;

- Com movimentos circulares, o frasco foi cuidadosamente agitado para a eliminação das bolhas de ar;
- Foi realizada a leitura final do nível da água, que representa o volume de água deslocado pelo agregado (L).

Apresentação e análises de resultados

- A massa específica absoluta do agregado graúdo foi calculada através da expressão:

$$\gamma = \frac{1000}{L - 520}, \quad \text{onde:}$$

γ = massa específica absoluta do agregado graúdo, expressa em g/cm³ ou kg/dm³

L = leitura final do frasco (volume ocupado pela água + agregado graúdo)

- Os resultados são expressos com duas casas decimais.

Obteve o seguinte resultado:

$$\gamma_1 = \frac{1000}{900 - 520} = 2,63 \text{ g/cm}^3$$

Conclusões

O objetivo foi determinar a massa específica da seixo, por meio do frasco de Chapman. O ensaio foi feito com uma única amostra do agregado.

2.2.2.3 Ensaio III - Determinação da massa unitária do agregado miúdo (NBR 7251/1982).

Normas técnicas pertinentes

- Dão as diretivas para cálculo e métodos de execução de obras e serviços, assim como as condições de segurança.

- NBR 7251 – Agregados em estado solto – Determinação da massa unitária – Método de ensaio.
- NBR 7211 – Agregados para concreto – Especificação.
- NBR 5734 – Peneiras para ensaios – Especificação.

Equipamentos utilizados

- Balança com limite de erro de aproximadamente 0.5% das massas a determinar;
- Recipiente paralelepípedo de material metálico com 20,8 dm³ de volume e 3,2dm x 3,2dm de base com 2,0 dm de altura;
- Concha para lançar o material;
- Haste para regularizar o agregado.

Metodologia experimental

- Amostra ensaiada deve ter no mínimo, o dobro do volume do recipiente utilizado;
- Lançar o agregado a uma altura de aproximadamente 10 a 12cm do topo do recipiente evitando a segregação das amostras;
- Regularizar a superfície do recipiente com uma régua;
- Determinar a massa do agregado;
- Repetir o procedimento mais duas vezes.

Cálculos

$$\delta\mu = M/V(\text{Kg/dm}^3)$$

Volume do Paralelepípedo

$$3,2\text{dm} \times 3,2\text{dm} \times 2\text{dm}$$

$$V = 20,48\text{dm}^3$$

Peso do Paralelepípedo

$$8,62\text{kg}$$

Pesagem das amostras

1ª Amostra – 32,70kg

2ª Amostra – 32,32kg

3ª Amostra – 32,38kg

$$1^{\text{a}} \text{ Amostra } \bar{\delta}\mu = 32,70\text{kg}/20,48\text{dm}^3 = 1,60\text{kg}/\text{dm}^3$$

$$2^{\text{a}} \text{ Amostra } \bar{\delta}\mu = 32,32\text{kg}/20,48\text{dm}^3 = 1,58\text{kg}/\text{dm}^3$$

$$3^{\text{a}} \text{ Amostra } \bar{\delta}\mu = 32,38\text{kg}/20,48\text{dm}^3 = 1,58\text{kg}/\text{dm}^3$$

$$\bar{\delta}\mu_{\text{med}} = 1,60 + 1,58 + 1,58/3 = 1,59\text{kg}/\text{dm}^3$$

$$1\% \text{ de } 1,59 = 0,0159$$

$$1^{\text{a}} \quad |\bar{\delta}\mu_{\text{med}} - \bar{\delta}\mu_{1^{\text{a}}}| < 0,0159$$

$$|1,59 - 1,60| < 0,0159$$

$$-0,01 < 0,0159$$

Está de acordo!

$$2^{\text{a}} \quad |\bar{\delta}\mu_{\text{med}} - \bar{\delta}\mu_{2^{\text{a}}}| < 0,0134$$

$$|1,59 - 1,58| < 0,0134$$

$$0,01 < 0,0134$$

Está de acordo!

$$3^{\text{a}} \quad |\bar{\delta}\mu_{\text{med}} - \bar{\delta}\mu_{3^{\text{a}}}| < 0,0134$$

$$|1,59 - 1,58| < 0,0134$$

$$0,01 < 0,0134$$

Está de acordo!

Resultado

A massa unitária do agregado solto é a media das três determinações, dada em kg/dm³, com aproximação de 0,01 kg/dm³.

Os resultados individuais de cada ensaio não devem apresentar desvios maiores que 1% em relação à média.

2.2.2.4 Ensaio IV - Determinação da massa unitária do agregado graúdo

Normas Técnicas

NBR 7251 – Agregado em estado solto – Determinação da massa unitária – Método de ensaio.

NBR 7211 – Agregados para concreto – Especificação.

NBR 5734 – Peneiras para ensaio – Especificação

Equipamentos Utilizados

- Balança com limite de erro de aproximadamente 0,5% das massa a determinar;
- Recipiente paralelepípedo de material metálico com 19,971dm³ de volume e 316mm x 316mm de base com 200mm de altura;
- Concha para lançar o material;
- Haste para regularizar o concreto.

Metodologia do Ensaio

- Determinado o volume do recipiente;
- O agregado foi lançado a uma altura de aproximadamente 10 a 12cm do topo do recipiente, para evitar a segregação do material;
- A superfície do recipiente foi regularizada com uma haste;
- Determinou-se a massa do agregado;
- Repetiu-se o procedimento por três vezes, determinado assim, $M_1 = 29,30\text{kg}$, $M_2 = 29,27\text{kg}$ e $M_3 = 29,10\text{kg}$.

Apresentação e análises de resultados

- Calcular a massa unitária do agregado:

$$\delta = \frac{m}{V} (\text{Kg} / \text{dm}^3)$$

$$\bar{\delta}_1 = \frac{29,30}{19,9712} = 1,46 \text{ kg/dm}^3$$

$$\bar{\delta}_2 = \frac{29,27}{19,9712} = 1,46 \text{ kg/dm}^3$$

$$\bar{\delta}_3 = \frac{29,100}{19,9712} = 1,475 \text{ kg/dm}^3$$

$$\bar{\delta}_m = \frac{29,22}{19,9712} = 1,45 \text{ kg/dm}^3$$

onde:

$\bar{\delta}$ = massa unitária do agregado

m = massa

V = volume

- $\bar{\delta}_1$ = massa unitária 01

- $\bar{\delta}_2$ = massa unitária 02

- $\bar{\delta}_3$ = massa unitária 03

- $\bar{\delta}_m$ = massa unitária da média entre as amostras.

Obs: A massa unitária do agregado solto é a média das três determinações, dada em kg/dm³, com aproximação de 0,01kg/dm³;

Os resultados individuais de cada ensaio não devem apresentar desvios maiores que 1% em relação à média.

Conclusões

Obteve-se uma média das determinações de 1,45 kg/dm³, com aproximação de 0,01kg/dm³;

Os resultados individuais não apresentaram desvios maiores que 1% em relação à média, então, nossos ensaios foram válidos e estão de acordo com as determinações.

2.2.2.5 Ensaio V – Determinação da composição granulométrica do agregado graúdo.

Normas Técnicas

NBR 7217–Agregados – Determinação da composição granulométrica – Método de ensaio (*agregado – seixo*);

NBR 5734 –Peneiras para ensaio – Especificações;

NBR 7211 – Agregados para concreto – Especificações;

NBR 7216 – Amostragem dos agregados – Procedimento;

NBR 7219 – Agregados – Determinação do teor de materiais pulverulentos;

NBR 9941–Redução da amostra de campo de agregados para ensaio de laboratório – Procedimento.

Equipamentos Utilizados

- Balança com precisão de 0,1 g;
- Série normal e intermediária de peneiras com tampa e de fundo;
- Algumas bacias de alumínio, pequenas.

Metodologia do Ensaio

- Foi determinado a massa mínima de material seco em estufa para cada determinação segundo a tabela abaixo, estando o material a temperatura ambiente durante o ensaio;

Tabela 1: massa mínima de material seco em estufa para cada determinação de ensaios

Dimensão máxima característica do agregado (mm)	Massa mínima da amostra de ensaio (gramas)
< 4,8	500
>6,3	3000
> 9,5 e < 25	5000
> 32 e < 38	10000
50	20000
> 64 e < 76	30000

- Foi peneirado o material da série normal e intermediária de peneiras até que, após 60 s de peneiramento contínuo, passe menos 1,0 % da massa inicial na peneira;
- Em seguida foi pesado o material retido em cada peneira, com aproximação de 0,1g;

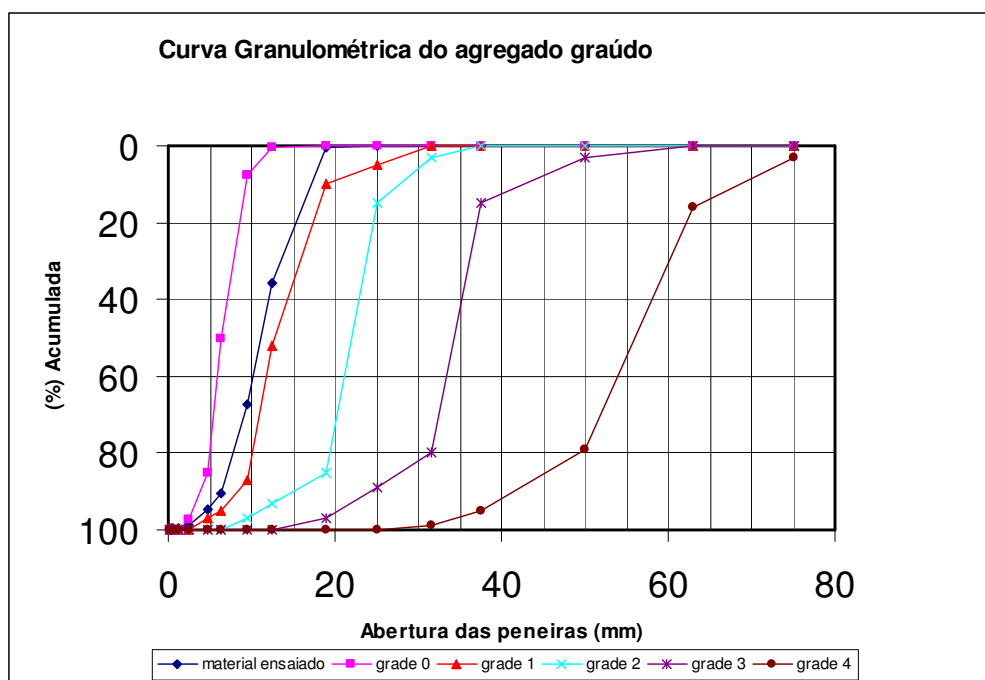
Observações

- Para cada uma das amostras de ensaio, calcula-se a porcentagem retida, em massa, em cada peneira, com aproximação de 0,1%. As amostras devem apresentar necessariamente a mesma dimensão máxima característica e, nas demais peneiras, os valores de porcentagem retida individualmente não devem diferenciar mais de 4% entre si. Caso isso ocorra, repetir o peneiramento para outras amostras de ensaio até atender a esta exigência;
- Calcular as porcentagens médias e acumuladas, em cada peneiras, com aproximação de 0,01 ;
- Calcular o módulo de finura o qual é determinada através da soma das porcentagens retida acumulada em massa de um agregado, nas peneiras de serie normal (excetuam – se as peneiras intermediárias), dividida por 100;
- Determinar a dimensão máxima característica, correspondente a abertura nominal, em mm da malha da peneira da serie normal ou intermediária, na qual o agregado apresenta uma porcentagem retida acumulada igual ou imediatamente inferior a 5% em massa.

Apresentação e análises de resultados

Tabela 2: composição granulométrica do agregado graúdo (seixo)

Peneiras (mm)	Determinação		
	Massa retida (g)	(%) retida individual	(%) retida acumulada
19	20	0,40	0,40
12,5	1760	35,2	35,60
9,5	1580	31,6	67,20
6,3	1160	23,2	90,40
4,8	215,255	4,30	94,70
2,4	200,197	4,00	98,70
1,2	40,195	0,80	99,50
0,6	8,175	0,16	99,66
0,3	4,807	0,09	99,75
0,15	4,255	0,08	99,83
Fundo	7,116	0,14	99,97
Total	5000	99,97	100
Dif. Amostra			
Módulo de finura	7,85		
Módulo de finura médio: 7,85			
Dimensão máxima característica (mm): 19			

**Gráfico 1:** Curva granulométrica da seixo

Conclusões

TABELA 3: Limites de distribuição granulométrica do agregado graúdo

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.					

Ao analisarmos e compararmos a tabela 6, concluímos que o material enquadra de forma análoga sua visualização, ficando entre a grade 0 e 1, no entanto nosso material aproxima-se mais da seixo 1.

2.2.2.6 Ensaio VI - Determinação da composição granulométrica do agregado miúdo.

Normas Técnicas

NBR 7217 – Agregados – Determinação da composição granulométrica – Método de ensaio (*agregado – areia*);

NBR 5734 – Peneiras para ensaio – Especificações;

NBR 7211 – Agregados para concreto – Especificações;

NBR 7216 – Amostragem dos agregados – Procedimento;

NBR 7219 – Agregados – Determinação do teor de materiais pulverulentos;

NBR 9941 – Redução da amostra de campo de agregados para ensaio de laboratório – Procedimento.

Equipamentos Utilizados

- Balança com precisão de 0,1 g;
- Série normal de peneiras com tampa e de fundo;
- Escova com cerdas de nylon;
- Algumas bacias de alumínio, pequenas.

Metodologia do Ensaio

- Foi determinada a massa mínima de material seco em estufa para cada determinação segundo a tabela abaixo, estando o material a temperatura ambiente durante o ensaio;

Tabela 4: Massa mínima de material seco em estufa para cada determinação de ensaios

Dimensão máxima característica do agregado (mm)	Massa mínima da amostra de ensaio (gramas)
< 4,8	500
>6,3	3000
> 9,5 e < 25	5000
> 32 e < 38	10000
50	20000
> 64 e < 76	30000

- Foi peneirado o material da série normal de peneiras até que, após 60 s de peneiramento contínuo, passe menos 1,0 % da massa inicial na peneira;
- Em seguida foi pesado o material retido em cada peneira, com aproximação de 0,1g;

Observações

- Para cada uma das amostras de ensaio, calcular a porcentagem retida, em massa, em cada peneira, com aproximação de 0,1%. As amostras devem apresentar necessariamente a mesma dimensão máxima característica e, nas demais peneiras, os valores de porcentagem retida individualmente não devem diferenciar mais de 4% entre si. Caso isso ocorra, repetir o peneiramento para outras amostras de ensaio até atender a esta exigência;
- Calcular as porcentagens médias e acumuladas, em cada peneiras, com aproximação de 0,01 ;
- Calcular o módulo de finura o qual é determinada através da soma das porcentagens retida acumulada em massa de um agregado, nas peneiras de serie normal (excetuam – se as peneiras intermediarias), divida por 100;
- Determinar a dimensão máxima característica, correspondente a abertura nominal, em mm da malha da peneira da serie normal ou intermediária, na qual o agregado apresenta uma porcentagem retida acumulada igual ou imediatamente inferior a 5% em massa.

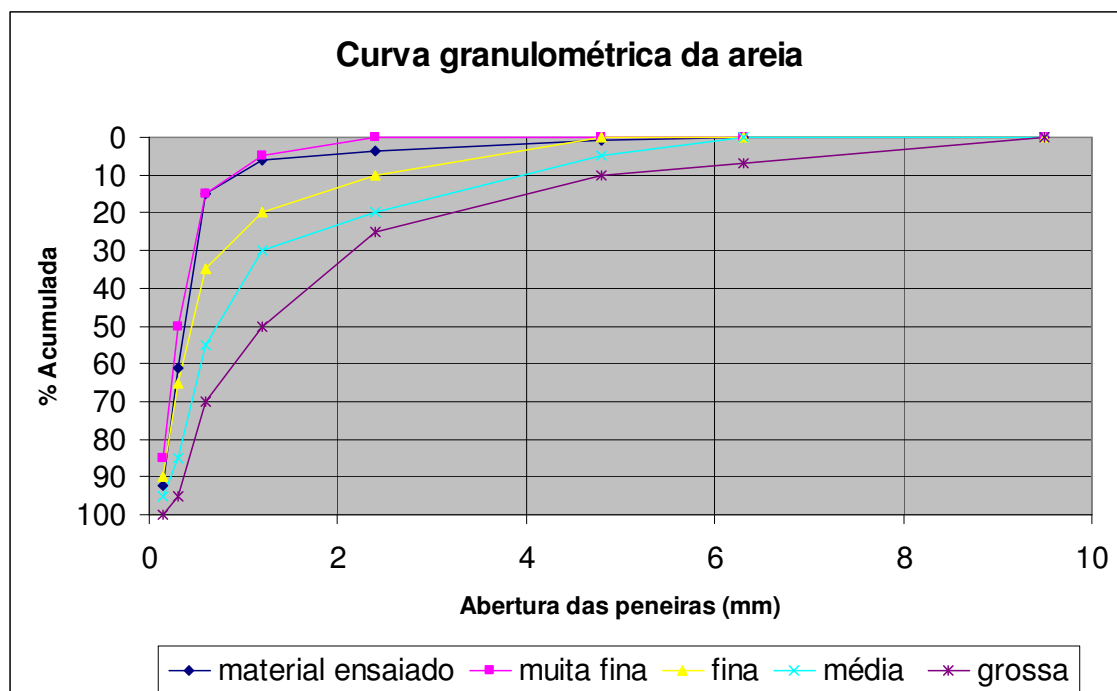
Apresentação e análises de resultados

Tabela 5: Composição granulométrica do agregado miúdo (areia)

Peneiras (mm)	1ª determinação			2ª determinação			Média	
	Massa retida (g)	(%) retida individual	(%) retida acumulada	Massa retida (g)	(%) retida individual	(%) retida acumulada	(%) retida individual	(%) retida acumulada
4,8	3,614	0,7	0,7	5,267	1,05	1,05	0,87	0,87
2,4	10,373	2,07	2,77	19,118	3,82	4,87	2,94	3,82
1,2	9,668	1,93	4,70	14,628	2,92	7,79	2,42	6,24
0,6	44,434	8,88	13,58	42,743	8,54	16,33	8,71	14,95
0,3	236,430	47,28	60,86	225,172	45,03	61,36	46,15	61,11
0,15	153,910	30,78	91,64	159,020	31,80	93,16	31,29	92,40
Fundo	41,336	8,27	99,91	33,598	6,71	99,87	7,49	99,89
Total	499,77	99,91	274,16	449,541	99,87	284,43	99,89	279,29
Dif. Amostra	0,23	0,09		0,45	0,13		Validação: ok	
Módulo de finura	1,74			1,84			Validação: ok	

Módulo de finura médio: 1,80

Dimensão máxima característica (mm): 2,4

**Gráfico 2:** Curva granulométrica da areia

Conclusões

Tabela 6: Limites da distribuição granulométrica do agregado miúdo

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.				

Conclui-se que, o módulo de finura caracterizou se em 1,8 uma vez que, a grande concentração de amostra ficou retida entre as peneiras 0,6 e 0,15mm. Configurando areia do tipo muito fina, aprovando o material para dosagem de concreto, porém não sendo muito indicado, devido ao aumento de consumo de cimento, inviabilizando assim o custo da obra.

2.2.2.7 Ensaio VII – Determinação da massa específica do Cimento Portland (NBR 6474)

Foi adotado o valor típico de peso específico do Cimento Portland de 3010 kg/m³.

2.2.3 DETERMINAÇÃO DO TRAÇO

2.2.3.1 Agregados empregados

- agregado graúdo (seixo 1);
- agregado miúdo (areia natural)

2.2.3.2 Especificação dos equipamentos utilizados na mistura e adensamento do concreto

- Recipiente de alumínio;
- Pá;
- Balança com precisão de 0,1g;
- Balança com precisão de 0,5g;
- Bandejas de alumínio;
- Espátula;
- Haste metálica;
- Tronco de cone ;
- Betoneira com capacidade de 145 kg ;
- Mangueira flexível
- Vibrador de imersão com mangote;
- Formas para corpos-de-prova;
- Graxa;
- Placa de vidro;
- Proveta de vidro;
- Régua graduada;
- Carrinho de mão;
- Cápsula de porcelana;
- Alcool e fósforo;

2.2.3.3 Método de dosagem utilizado

O método utilizado: Método de Dosagem do American Concrete Association (ACI)

2.2.4 Trabalhabilidade (Determinação do Slump)

Tabela 7: Slump máximo e mínimo recomendados conforme a aplicação do concreto (mehta & monteiro)

Tipo de construção	Slump(mm)	
	Máximo	Mínimo
Fundações, paredes e sapatas armadas	75	25
Sapatas não armadas, caixões e paredes de vedação	75	25
Vigas e paredes armadas	100	25
Pilares de edifícios	100	25
Pavimentos e lajes	75	25
Concretos em grandes volumes	50	25

2.2.5 Estimativa dos teores de água e ar incorporado

A partir da tabela 8 verificou – se que para 1m³ de concreto abatimento 7 ± 1 cm e seixo com $\phi = 19$ mm é necessário 205 l de água por m³, e aproximadamente 2% de ar incorporado.

Tabela 8: Requisito aproximados de teores de amassamento e de ar em função do abatimento e do ϕ nominal do agregado, conforme o aci 211.1-91

Abatimento	Água (L/m ³ de concreto para ϕ indicado do agregado)							
	9,5	12,5	19	25	37,5	50	75	150
Sem ar incorporado								
25-50	207	199	190	179	166	154	130	113
75-100	228	216	205	193	181	169	145	124
150-175	243	228	216	202	190	178	160	-
Ar aprisionado (%)	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5	0,3	0,2

2.2.6 Resistência de Dosagem Média aos 28 dias de idade.

- ✓ $F_{cj28} = F_{ck} + 1,65 \cdot S_d$
- ✓ $F_{cj28} = 25 + 1,65 \times 4$
- ✓ $F_{cj28} = 31,60 \text{ Mpa}$

- ✓ Concreto com resistência característica de 31,60 Mpa.

* S_d = Desvio Padrão, determinado experimentalmente ou adotado segundo as recomendações da norma brasileira, que pode assumir os seguintes valores.

- a) Controle Rigoroso - $S_d = 4 \text{ Mpa}$
- b) Controle Razoável - $S_d = 5,5 \text{ Mpa}$
- c) Controle Regular - $S_d = 7 \text{ Mpa}$

2.2.7 Relação Água / Aglomerantes

Tabela 9: Estimativa de relação a/c em função da resistência do concreto

f_{cj28} (MPa)	Relação água/cimento		
	Mehta & Monteiro		Ciminas
	Concreto sem ar incorporado	Concreto com ar incorporado	
41	0,41	-	0,44
34	0,48	0,40	0,50
28	0,57	0,48	0,58
21	0,68	0,59	0,68
14	0,82	0,74	-

A partir da tabela 9 que correlaciona $R \times a/c$ para cimento CPIIZ 32 verificou - se que, para a resistência 31,60 MPa obtém-se o fator $a/c = 0,51$.

2.2.8 Teor de cimento

Assim sendo, o consumo de cimento será deduzido conforme segue:

$$\text{Água} = 205 \text{ l/m}^3 \text{ onde: } C = \frac{205}{0,51} = 401,96 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Volume de cimento} = \frac{401,96 \text{ kg/m}^3}{3010 \text{ kg/m}^3} = 0,134 \text{ m}^3$$

2.2.9 Determinação do teor de agregados (m)

✓ Agregado graúdo:

Tabela 10: Estimativa de relação a/c em função da resistência do concreto

φ máximo	Volume de agregado graúdo / unid. de volume do concreto									
	Módulo de finura da areia									
	1,20	1,40	1,60	1,80	2,00	2,20	2,40	2,60	2,80	3,00
9,5	0,62	0,60	0,58	0,56	0,54	0,52	0,50	0,48	0,46	0,44
12,5	0,71	0,69	0,67	0,65	0,63	0,61	0,59	0,57	0,55	0,53
19	0,78	0,76	0,74	0,72	0,70	0,68	0,66	0,64	0,62	0,60
25	0,83	0,81	0,79	0,77	0,75	0,73	0,71	0,69	0,67	0,65
38	0,87	0,85	0,83	0,81	0,79	0,77	0,75	0,73	0,71	0,69
50	0,90	0,88	0,86	0,84	0,82	0,80	0,78	0,76	0,74	0,72
75	0,94	0,92	0,90	0,88	0,86	0,84	0,82	0,80	0,78	0,76
150	0,99	0,97	0,95	0,93	0,91	0,89	0,87	0,85	0,83	0,81

Obtido o volume de agregado graúdo por unidade de volume de concreto através do diâmetro máximo pelo módulo de finura da areia $V_{\text{agregado graúdo}} = 0,72 \text{ m}^3/\text{m}^3$ de concreto. Como a massa unitária deste agregado é de 1450 kg/m^3 , a massa do agregado graúdo será de $1450 \times 0,72 = 1044 \text{ kg/m}^3$.

$$\text{Volume de agregado graúdo} = \frac{1044 \text{ kg/m}^3}{2630 \text{ kg/m}^3} = 0,397 \text{ m}^3$$

✓ Agregado Miúdo:

$$\text{Agregado miúdo} + 0,205 \text{ m}^3 + 0,134 \text{ m}^3 + 0,397 \text{ m}^3 = 1$$

$$\text{Volume necessário de agregado miúdo} = 0,264 \text{ m}^3$$

$$\text{Massa do agregado miúdo} \times \text{massa específica} = 0,264 \times 2645 = 698,28 \text{ kg/m}^3$$

LEI DE ABRAMS

$$R = \frac{A}{B^x}$$

Tabela 11: Classe de agressividade ambiental

Classe de Agressividade ambiental	Agressividade	Classificação do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural Submersa	Insignificante
II	Moderada	Urbana 1), 2)	Pequeno
III	Forte	Marinha 1) Industrial 1), 2)	Grande
IV	Muito forte	Industrial 1), 3) Respingos de maré	Elevado
1) Pode - se admitir um micro clima com uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiro, cozinha e áreas de serviços de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura.) 2) Pode - se admitir uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) em : obras em regiões de clima seco, com umidade relativa do ar menor ou igual 65 %, partes da estrutura protegida de chuva em ambientes predominantemente secos, ou regiões onde chove raramente. 3) Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em industrias e celulose e papel, armazéns de fertilizantes, industrias químicas.			

Tabela 12: Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto

Concreto	Tipo	Classe de agressividade ambiental (Tabela 6.1 da NBR 6118/2003)			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	$\leq 0,65$	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,45$
	CP	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,50$	$\leq 0,45$
Classe do concreto (ABNT NBR 8953)	CA	$\geq C20$	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C40$
	CP	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C35$	$\geq C40$
NOTAS 1. O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 12655. 2. CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado. 3. CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.					

Tabela 13: Classes de resistências dos concretos

Grupo de resistência		Resistência característica à compressão (Mpa)
I	C10	10
	C15	15
	C20	20
	C25	25
	C30	30
	C35	35
	C40	40
	C45	45
	C50	50
II	C55	55
	C60	60
	C70	70
	C80	80

2.2.10 Relação Água / Materiais sólidos (A%)

$$(A\%) = \frac{P_a}{P_c + P_m}$$

$$(A\%) = \frac{205}{401,96 + 1742,28} = 0,0956 * 100 = 9,56 \%$$

* Pa – Peso da água

* Pc – Peso do cimento

* Pm – Peso da areia + seixo

2.2.11 Determinação da composição dos agregados

- Composição dos agregados – Conferência.

Areia + Seixo

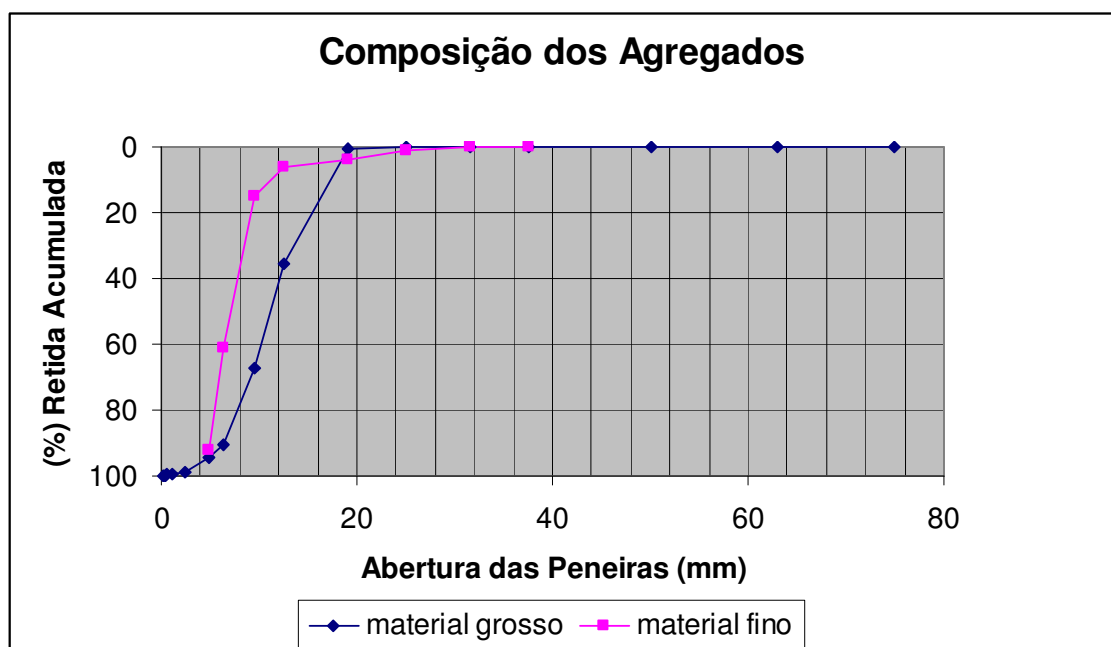


Gráfico 3: Composição dos Agregados

2.2.12 Traço final em peso.

Traço Unitário 1: 1,74: 2,60: 0,51

2.2.13 Traço final em volume.

Traço Unitário 1: 1,97: 2,96: 1,53

2.2.14 Mistura do Concreto

O procedimento adotado para a mistura dos materiais foi o de introduzir na betoneira estacionária os materiais na seguinte ordem, primeiramente o agregado graúdo mais 50% da água de amassamento depois o cimento e o restante da água, por fim o agregado miúdo. Passado 10 minutos de mistura, o concreto já estava com a consistência adequada.



Figura 8: Mistura dos Materiais na Betoneira
Fonte: Autores.

2.2.14.1 Abatimento

Para a determinação do índice de consistência do concreto foi por meio do ensaio de abatimento do tronco de cone (Slump Test) de acordo com o método de ensaio NBR NM-67/98. O ensaio de abatimento de tronco tem a finalidade de determinar o adensamento do concreto. Este ensaio é realizado da seguinte forma, é colocado três camadas de concreto no tronco de cone, com vinte e cinco golpes com uma haste metálica em cada camada. Posteriormente retira-se o tronco de cone e o pône de ponta-cabeça ao lado do concreto, depois paralelamente ao tronco de cone, coloca-se a haste metálica, obtendo-se a medida através de uma régua graduada, para o abatimento foi adotado o abatimento de 10 cm $\pm$ 1cm.

2.2.14.2 Moldagens dos Corpos-de-prova

Utilizou-se para este trabalho os corpos-de-prova, com formato cilíndrico, para a avaliação das características dos concretos convencionais, cujas dimensões são estabelecidas pela NBR 5738 *“Moldagem e Cura de Corpos de Prova de Concreto, Cilíndricos ou Prismáticos”*. Foram realizados três baterias de ensaios, com o corpo-de-prova desenvolvido para o equipamento deste trabalho como também o corpo-de-prova cilíndrico convencional:

Tabela 14: Quantidade de corpos-de-prova para cada moldagem

QUANTIDADE DE CORPOS-DE-PROVA PARA CADA MOLDAGEM			
Corpos-de-prova	Datas para realização dos ensaios		
	7 dias	14 dias	21 dias
Garrafa de 1,5 L	1	1	1
Garrafa de 2,0 L	1	1	1
Garrafa de 2,5 L	1	1	1
Convencional	1	1	1
Sub -total	4	4	4
Total	12		

Fonte: Autores



Figura 9: Corpos-de-prova utilizados
Fonte: Autores.

2.2.14.3 Curas dos Corpos-de-prova

Após 24 horas da moldagem dos corpos-de-prova eles foram desmoldados e levados para a câmara úmida, onde ficaram até a data prevista para o seu rompimento aos 07, 14 e 21 dias para obter o resultado da pesquisa.

De acordo com Mehta e Monteiro (2008) “Os dois objetivos da cura são evitar a perda de umidade e controlar a temperatura por um período suficiente para atingir o nível de resistência desejada”.



Figura 10: Cura dos corpos-de-prova
Fonte: Autores.



Figura 11: Cura dos corpos-de-prova
Fonte: Autores.

2.2.15 Realização dos ensaios

O ensaio com os corpos-de-prova convencionais foram realizados em uma concreteira especializada SUPERMIX, que se encontra na Quadra 212 Sul em Palmas – TO, onde foi feita a regularização de sua superfície com enxofre para que fique plana e esteja em total contato com a prensa hidráulica.

O ensaio com os corpos-de-prova moldados em garrafas PET utilizando o equipamento desenvolvido neste trabalho foi realizado no laboratório do IFTO campos Palmas.



Figura 12: Ensaio de arrancamento
Fonte: Autores.



Figura 13: Detalhe do macaco hidráulico
Fonte: Autores



Figura 14: Vista superior do ensaio
Fonte: Autores



Figura 15: Detalhe de ancoragem da barra de aço
Fonte: Autores



Figura 16: Ensaio de arracamento
Fonte: Autores

2.3 RESULTADOS E ANÁLISES

2.3.1 Concreto Fresco

Os parâmetros considerados para a dosagem do concreto no estado fresco foram à relação água/cimento.

Tabela 15: Parâmetros para dosagem

Resistência Característica	Consumo de Cimento (kg/m^3)	Relação água/cimento
25 MPa	401,96	0,51

Fonte: Autores

Para a análise do concreto no estado fresco os aspectos relevantes são a trabalhabilidade e a consistência. O resultado para o ensaio de determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone de acordo com a NBR 7223 foi de 16 cm.

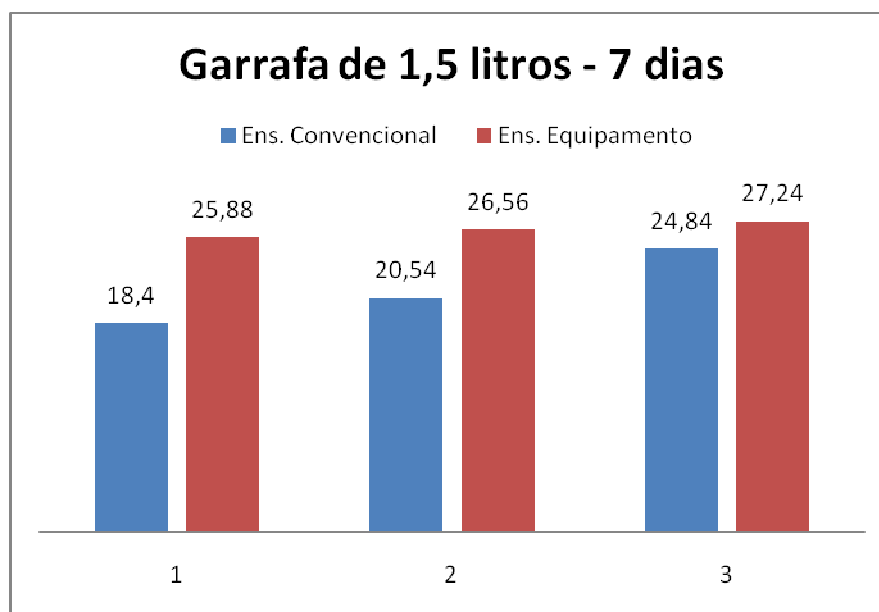
2.3.2 Concreto Endurecido

As tabelas e os gráficos a seguir apresentam os resultados comparativos de resistência em MPa, obtidos do concreto de forma convencional por meio de corpos-de-prova cilíndricos e os moldados em garrafas PET desenvolvidos para o equipamento.

2.3.2.1 Garrafa de 1,5 litros

Tabela 16: Tensão de Ruptura dos Concretos aos 7 dias (Mpa)

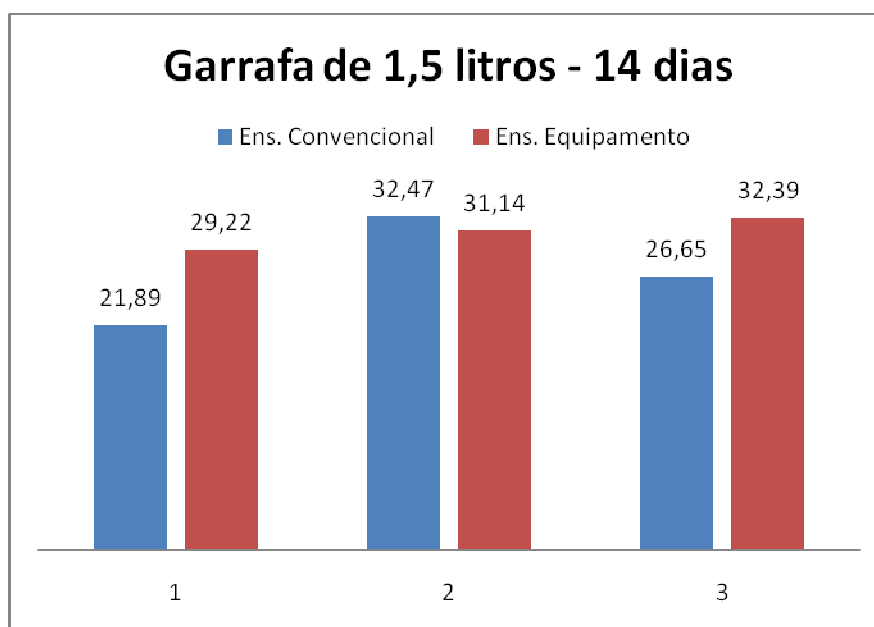
Garrafa de 1,5 litros				
7 dias	Ens. Convencional	Ens. Equipamento	Diferença	Diferença (%)
1º	18,4	25,88	7,48	28,90
2º	20,54	26,56	6,02	22,67
3º	24,84	27,24	2,4	8,81

Fonte: Autores.**Gráfico 4:** Tensão de Ruptura dos Concretos aos 7 dias (MPa)**Fonte:** Autores.

O ensaio realizado com a garrafa de 1,5 litros aos 7 dias apresentou em seus dois primeiros ensaios uma diferença relevante com relação ao ensaio convencional com corpo-de-prova cilíndrico. O resultado da terceira moldagem apresentou uma menor variação quando comparado com o corpo-de-prova cilíndrico.

Tabela 17: Tensão de Ruptura dos Concretos aos 14 dias (Mpa)

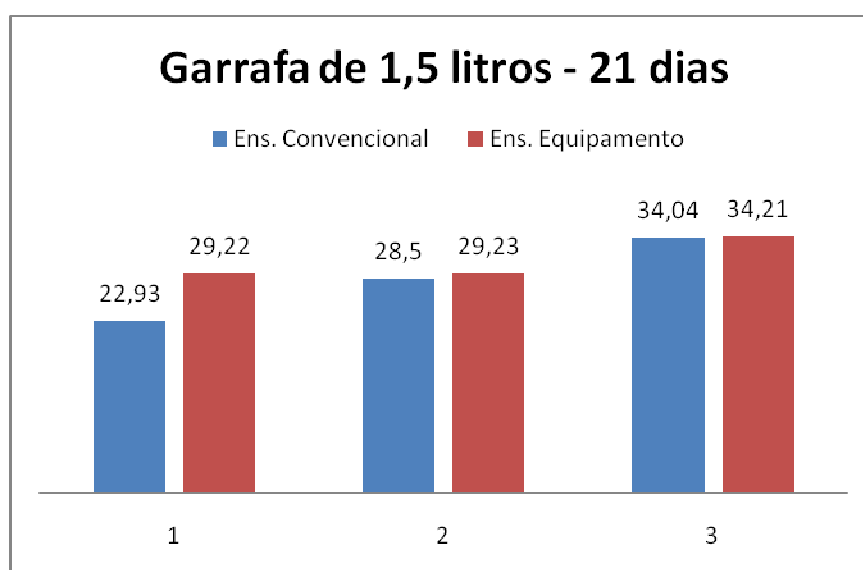
Garrafa de 1,5 litros				
14 dias	Ens. Convencional	Ens. Equipamento	Diferença	Diferença (%)
1º	21,89	29,22	7,33	25,09
2º	32,47	31,14	-1,33	-4,27
3º	26,65	32,39	5,74	17,72

Fonte: Autores.**Gráfico 5:** Tensão de Ruptura dos Concretos aos 14 dias (Mpa)**Fonte:** Autores.

O ensaio realizado com a garrafa de 1,5 litros aos 14 dias apresentou no primeiro e terceiro ensaios uma diferença relevante com relação ao ensaio convencional com corpo-de-prova cilíndrico. Já o resultado da segunda moldagem apresentou uma pequena variação quando comparado com o corpo-de-prova cilíndrico.

Tabela 18: Tensão de Ruptura dos Concretos aos 21 dias (Mpa)

Garrafa de 1,5 litros				
21 dias	Ens. Convencional	Ens. Equipamento	Diferença	Diferença (%)
1º	22,93	29,22	6,29	21,53
2º	28,5	29,23	0,73	2,50
3º	34,04	34,21	0,17	0,50

Fonte: Autores.**Gráfico 6:** Tensão de Ruptura dos Concretos aos 21 dias (Mpa)**Fonte:** Autores.

O ensaio realizado com a garrafa de 1,5 litros aos 21 dias apresentou no primeiro ensaio uma diferença relevante com relação ao ensaio convencional com corpo-de-prova cilíndrico. Já o resultado da segunda e terceira moldagem apresentou uma pequena variação quando comparado com o corpo-de-prova cilíndrico.

2.3.2.2 Garrafa de 2,0 litros

Tabela 19: Tensão de Ruptura dos Concretos aos 7 dias (Mpa)

Garrafa de 2,0 litros				
7 dias	Ens. Convencional	Ens. Equipamento	Diferença	Diferença (%)
1º	18,4	29,22	10,82	37,03
2º	20,54	28,57	8,03	28,11
3º	24,84	31,77	6,93	21,81

Fonte: Autores.

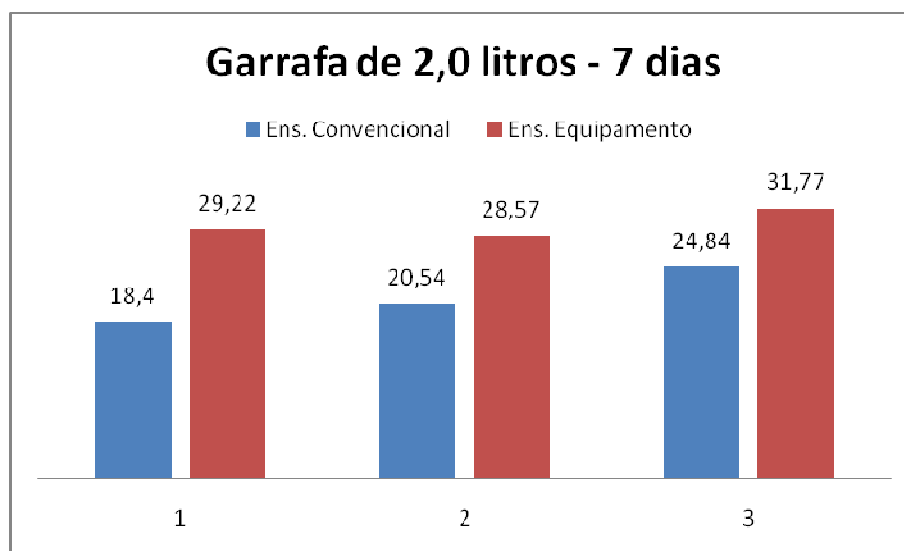


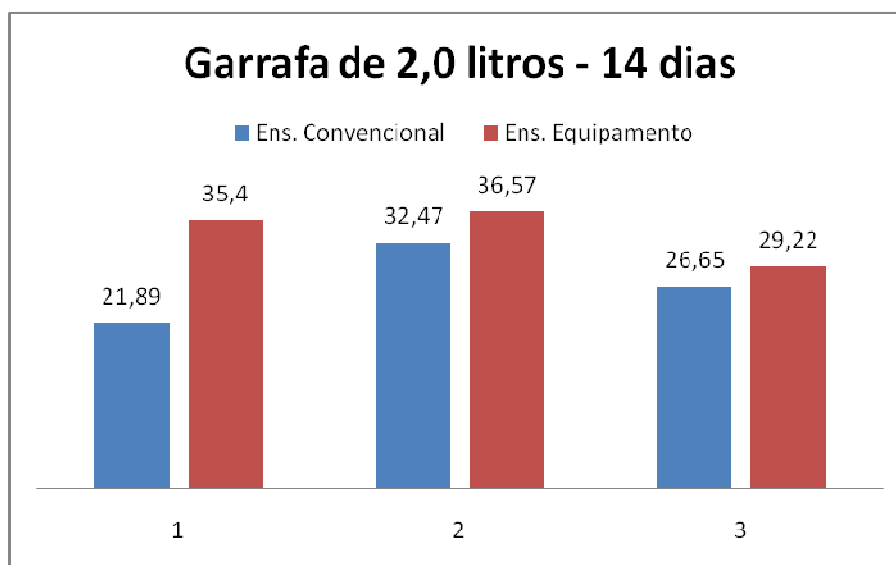
Gráfico 7: Tensão de Ruptura dos Concretos aos 7 dias (Mpa)

Fonte: Autores.

O ensaio realizado com a garrafa de 2,0 litros aos 7 dias apresentou em seus três ensaios uma diferença relevante com relação ao ensaio convencional com corpo-de-prova cilíndrico.

Tabela 20: Tensão de Ruptura dos Concretos aos 14 dias (Mpa)

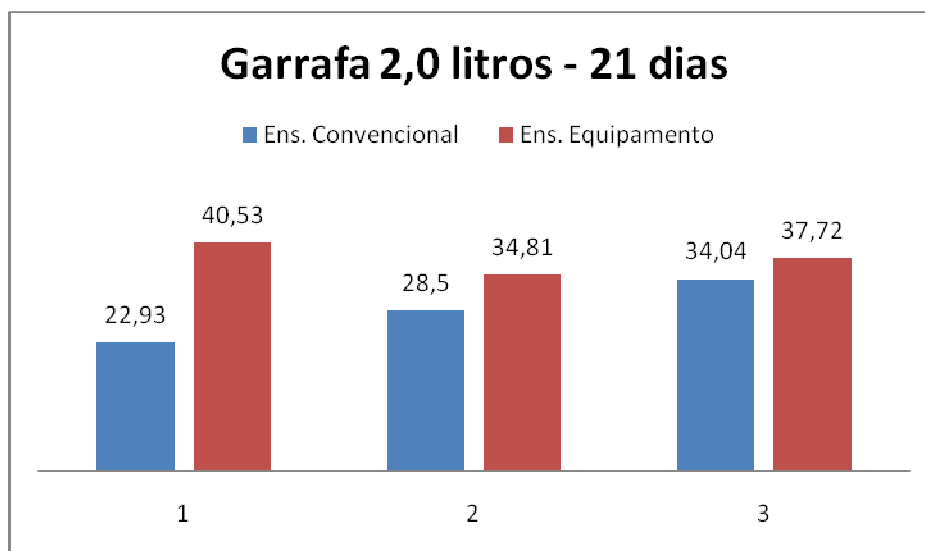
Garrafa de 2,0 litros				
14 dias	Ens. Convencional	Ens. Equipamento	Diferença	Diferença (%)
1º	21,89	35,4	13,51	38,16
2º	32,47	36,57	4,1	11,21
3º	26,65	29,22	2,57	8,80

Fonte: Autores.**Gráfico 8:** Tensão de Ruptura dos Concretos aos 14 dias (Mpa)**Fonte:** Autores.

O ensaio realizado com a garrafa de 2,0 litros aos 14 dias apresentou no primeiro ensaio uma grande diferença com relação ao ensaio convencional com corpo-de-prova cilíndrico. Já o resultado da segunda e terceira moldagem apresentou uma variação média quando comparado com o corpo-de-prova cilíndrico.

Tabela 21: Tensão de Ruptura dos Concretos aos 21 dias (Mpa)

Garrafa de 2,0 litros				
21 dias	Ens. Convencional	Ens. Equipamento	Diferença	Diferença (%)
1º	22,93	40,53	17,6	43,42
2º	28,5	34,81	6,31	18,13
3º	34,04	37,72	3,68	9,76

Fonte: Autores.**Gráfico 9:** Tensão de Ruptura dos Concretos aos 21 dias (Mpa)**Fonte:** Autores.

O ensaio realizado com a garrafa de 2,0 litros aos 21 dias apresentou no primeiro ensaio uma grande diferença com relação ao ensaio convencional com corpo-de-prova cilíndrico. Já o resultado da segunda e terceira moldagem apresentou uma variação média quando comparado com o corpo-de-prova cilíndrico.

2.3.2.3 Garrafa de 2,5 litros

Tabela 22: Tensão de Ruptura dos Concretos aos 7 dias (Mpa)

Garrafa de 2,5 litros				
7 dias	Ens. Convencional	Ens. Equipamento	Diferença	Diferença (%)
1º	18,4	45,35	26,95	59,43
2º	20,54	37,15	16,61	44,71
3º	24,84	46,39	21,55	46,45

Fonte: Autores.

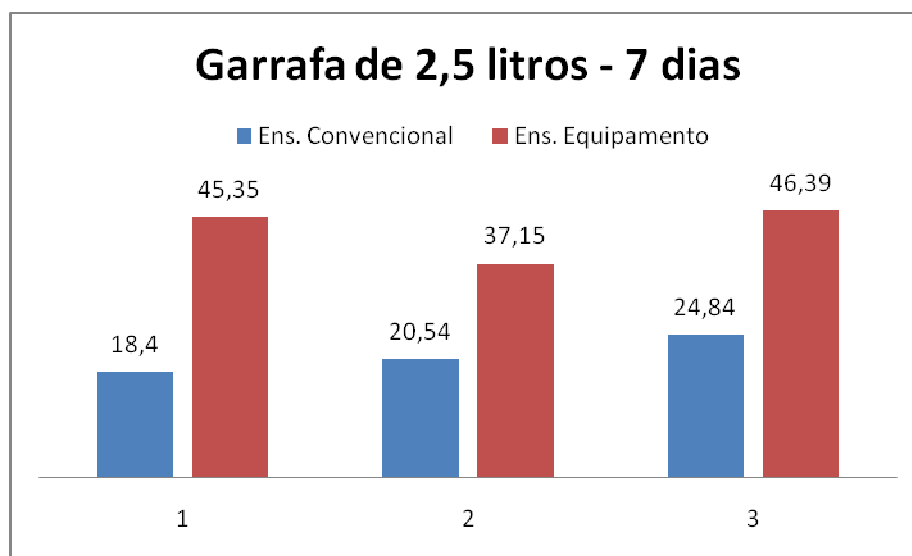


Gráfico 10: Tensão de Ruptura dos Concretos aos 7 dias (Mpa)

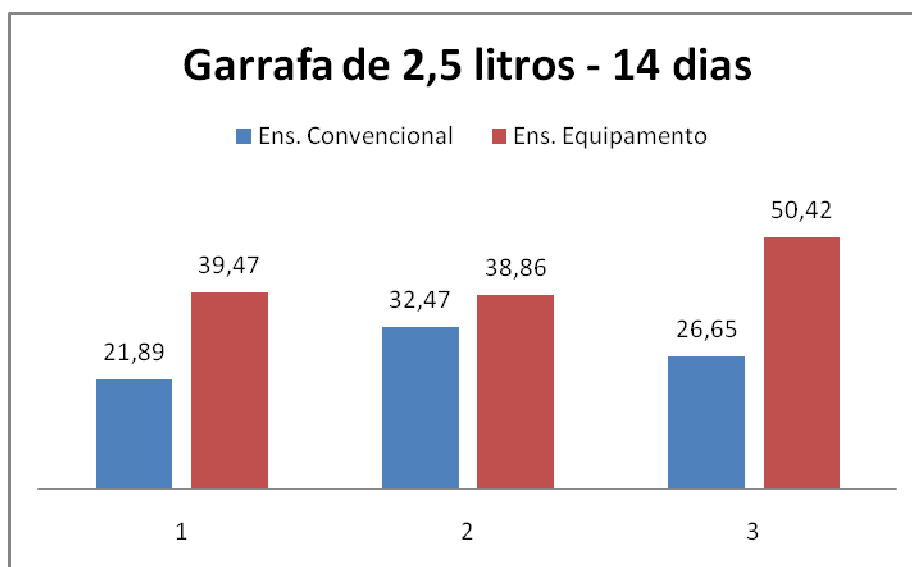
Fonte: Autores.

O ensaio realizado com a garrafa de 2,5 litros aos 7 dias apresentou em seus três ensaios uma diferença relevante com relação ao ensaio convencional com corpo-de-prova cilíndrico.

Tabela 23: Tensão de Ruptura dos Concretos aos 14 dias (Mpa)

Garrafa de 2,5 litros				
14 dias	Ens. Convencional	Ens. Equipamento	Diferença	Diferença (%)
1º	21,89	39,47	17,58	44,54
2º	32,47	38,86	6,39	16,44
3º	26,65	50,42	23,77	47,14

Fonte: Autores.

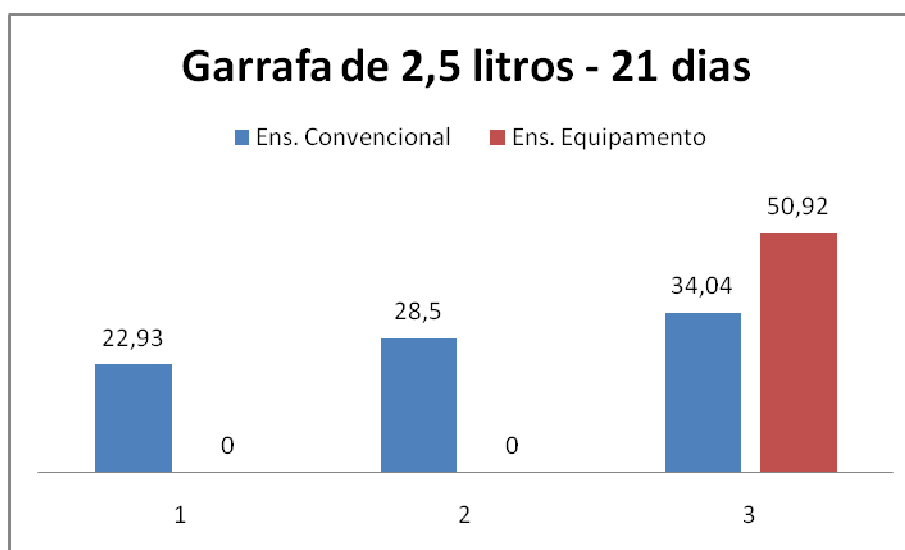
**Gráfico 11:** Tensão de Ruptura dos Concretos aos 14 dias (Mpa)

Fonte: Autores.

O ensaio realizado com a garrafa de 2,5 litros aos 14 dias apresentou no primeiro e terceiro ensaios uma diferença relevante com relação ao ensaio convencional com corpo-de-prova cilíndrico. Já o resultado da segunda moldagem apresentou uma variação média quando comparado com o corpo-de-prova cilíndrico.

Tabela 24: Tensão de Ruptura dos Concretos aos 21 dias (Mpa)

Garrafa de 2,5 litros				
21 dias	Ens. Convencional	Ens. Equipamento	Diferença	Diferença (%)
1º	22,93	erro		
2º	28,5	erro		
3º	34,04	50,92	16,88	33,15

Fonte: Autores.**Gráfico 12:** Tensão de Ruptura dos Concretos aos 21 dias (Mpa)**Fonte:** Autores.

O ensaio realizado com a garrafa de 2,5 litros aos 21 dias apresentou no primeiro e segundo ensaios não foram válidos, pois antes de acontecer o deslizamento da barra ocorreu o seu rompimento. Já o resultado da terceira moldagem apresentou uma relevante variação quando comparado com o corpo-de-prova cilíndrico.

Para o resultado dos ensaios apresentados foram realizados vários outros ensaios, sendo de ajuste do equipamento, dos corpos-de-prova e da metodologia de ensaio.

2.3.3 Viabilidade Econômica

Do ponto de vista financeiro o equipamento desenvolvido pode trazer benefícios à comunidade da construção, uma vez que o método convencional de tecnologia do concreto apresenta um custo elevado, impossibilitando a popularização do controle tecnológico do concreto.

Tabela 25: Custos

CUSTOS	
Macaco Hidráulico	R\$ 953,90
Equipamento	R\$ 450,00
Materiais	R\$ 230,00
TOTAL	R\$ 1.633,90

Fonte: Autores.

3. CONCLUSÃO

O equipamento desenvolvido neste trabalho atingiu o resultado esperado, conseguindo alcançar o objetivo de funcionamento para o qual foi projetado. Onde este se apresentou satisfatório para o desenvolvimento da metodologia de ensaio e da pesquisa.

Observou-se que os resultados com as garrafas de 2,0 e 2,5 litros apresentaram uma diferença significativa do ponto de vista comparativo dos ensaios realizado com corpos-de-prova cilíndrico convencional. Os resultados com a garrafa de 1,5 litros se mostraram satisfatório quando comparados aos ensaios de corpos-de-prova convencionais, apresentando uma melhor adequação ao equipamento e a metodologia de ensaio. Adotou-se desta forma a garrafa de 1,5 litros, como também a utilização da barra nervurada com o diâmetro de 8 mm, concreto estrutural com F_{ck} de 25 Mpa e agregado graúdo com diâmetro máximo de 19 mm – seixo 1, para o corpo-de-prova padrão.

Com a resistência correta do concreto pode se ter maior segurança na execução das obras com a garantia de que o concreto usado é o mesmo especificado em projeto. A utilização das garrafas PET tem uma grande relevância na questão do baixo custo, preservação ambiental e de ser acessível a todas as regiões e classes sociais, faz-se necessário dizer que essas garrafas poderiam estar poluindo infinidades de locais.

3.1 Prosseguimento da Pesquisa

Para a utilização do equipamento e da metodologia de ensaio desenvolvida, para obter a resistência característica do concreto, é interessante que mais pesquisas sejam realizadas, para proporcionar maior confiabilidade e segurança. Abaixo há sugestões para a realização de novas pesquisas:

- Realizar estudo com ensaios de diferentes resistências do concreto;
- Verificar os diferentes tipos de agregados como componente do concreto;
- Estudar a interferência do confinamento nos corpos-de-prova;

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR – 7216 – Amostragem de agregados - Procedimento**. Rio de Janeiro, 1987.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR – 7217 – Agregados – Determinação da composição granulométrica – Método de ensaio**. Rio de Janeiro, 1982.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR – 5734 – Peneiras para ensaio – Especificação**. Rio de Janeiro, 1982.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR – 7211 – Agregados para concreto – Especificação**. Rio de Janeiro, 1983.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR – 7219 – Agregados – Determinação do teor de materiais pulverulentos**. Rio de Janeiro, 1982.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Determinação da massa específica do agregado graúdo: NBR 9779**. Rio de Janeiro, 1987.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR – 7251 - Determinação da massa unitária do agregado graúdo**. Rio de Janeiro, 1982.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7251 – Agregado em estado solto – Determinação da massa unitária – Método de ensaio**. Rio de Janeiro, 1982.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR – NM 248/2003 - Determinação da composição granulométrica do agregado miúdo.** Rio de Janeiro, 2003.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9776 – Agregados – Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman.** Rio de Janeiro, 1987.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR – 6474 - Determinação da massa específica do cimento Portland,** Rio de Janeiro, 1998.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR - 7215 – Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão – Método de ensaio.**

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR – 7251 - Determinação da massa unitária do agregado miúdo,** Rio de Janeiro, 1982.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR – 7223 - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone.** Rio de Janeiro, 1992.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR – 5739 - Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos.** Rio de Janeiro, 1994.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR - 5738 - Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos ou prismáticos de concreto.** Rio de Janeiro, 1994.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9941–Redução da amostra de campo de agregados para ensaio de laboratório – Procedimento.** Rio de Janeiro, 1987.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR NM 67/98 - Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone.** Rio de Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: **Projeto de estrutura de concreto - Procedimento.** Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12654: **Controle tecnológico de materiais componentes do concreto**. Rio de Janeiro, 1992.

BARBOSA, M.T.G., SANTOS, W. J., **Estudo da aderência aço – concreto**, IBRACON 2009, Curitiba.

BARBOSA, M.T.G. (2001). **Avaliação do Comportamento da Aderência em Concretos de Diferentes Classes de Resistência**. D.Sc. COPPE/UFRJ.

INDÚSTRIA DE MÁQUINAS HIDRÁULICAS. **Macaco hidráulica com manômetro**. Disponível em: <<http://loja.hidraumon.com.br>> Acesso em: 6 de maio 2010.

LORRAIN, MICHEL S., BARBOSA, MÔNICA P., ARNAUD, MAURICE, VALE SILVA, BRUNO, **Avaliação da resistência do concreto armado usando o ensaio de aderência aço-concreto**, CONPAT2009, Chile.

MEHTA, P. K., MONTEIRO, P. J.M. . **CONCRETO: Estrutura, Propriedades e Materiais**. São Paulo: Editora Pini, 1994.

MEHTA, P. K., MONTEIRO, P. J.M. **CONCRETO: Microestrutura, Propriedades e Materiais**. 1.ed. São Paulo: Editora IBRACON, 2008.

PORTAL DO CONCRETO. **Controle tecnológico do concreto**. Disponível em: <<http://www.portaldoconcreto.com.br/index.php?lingua=1&pagina=controle>> Acesso em: 15 de maio 2010.

TECNOLOGIA DO CONCRETO ARMADO. **Controle tecnológico do concreto armado**. Disponível em: <<http://www.ppgcc.ufpr.br/dissertacoes/d0066.pdf>> Acesso em: 15 de maio 2010.

YAZIGI, WALID . **A técnica de edificar**. 10 ed. São Paulo: Pini, 2008.