



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

**ANDRÉ LUIZ AVELAR JUNIOR
ISABELA BORGES DA COSTA**

**ANÁLISE EXPERIMENTAL DO COMPORTAMENTO DA
BARRA DE AÇO DE 10 MILÍMETROS NO ENSAIO DE
ADERÊNCIA DO CONCRETO UTILIZANDO UM
PROCEDIMENTO DE ENSAIO DE BAIXO CUSTO**

Palmas, TO

2012

ANDRÉ LUIZ AVELAR JUNIOR
ISABELA BORGES DA COSTA

**ANÁLISE EXPERIMENTAL DO COMPORTAMENTO DA
BARRA DE AÇO DE 10 MILÍMETROS NO ENSAIO DE
ADERÊNCIA DO CONCRETO UTILIZANDO UM
PROCEDIMENTO DE ENSAIO DE BAIXO CUSTO**

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. Me. Thiago Dias de A. e Dias

Palmas, TO

2012

ANDRÉ LUIZ AVELAR JUNIOR
ISABELA BORGES DA COSTA

**ANÁLISE EXPERIMENTAL DO COMPORTAMENTO DA
BARRA DE AÇO DE 10 MILÍMETROS NO ENSAIO DE
ADERÊNCIA DO CONCRETO UTILIZANDO UM
PROCEDIMENTO DE ENSAIO DE BAIXO CUSTO**

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, 22 Março de 2012.

Prof. Me. Thiago Dias de A. e Dias
Supervisor do Trabalho de Conclusão de Curso

Banca Examinadora:

Prof. Me. Adriana S. A. Monteiro
Presidente e Membro da banca Examinadora

Prof. Me. Elen Oliveira Vianna
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, parentes e amigos; pelo esforço, dedicação e compreensão, em todos os momentos desta e de outras caminhadas.

Aos professores pelo incentivo e ensinamentos durante essa jornada de formação profissional.

AGRADECIMENTOS

A Deus, e todos nossos familiares, colegas de turma e professores que com seus ensinamentos, dedicação e esforço, contribuíram para nossa formação profissional com mudanças significativas em nossas vidas.

Ao professor Thiago Dias de A. e Dias que nos acolheu quando precisávamos, e com seus conhecimentos que foram de grande auxílio na concretização deste trabalho.

Ao gerente da concreteira especializada SUPER MIX, Ricardo Oliveira Bastos, que com sua parceria e apoio nos ajudou na realização dessa pesquisa.

RESUMO

Esse trabalho consiste em uma análise experimental do comportamento do diâmetro da barra de aço de 10 milímetros no ensaio de aderência do concreto utilizando um procedimento de ensaio de baixo custo, no qual consiste em um equipamento desenvolvido no IFTO. Esse equipamento é utilizado para a execução do ensaio de arrancamento entre aço e concreto, serão moldadas garrafas PET com volumes de 1,5 litros, pois mostraram resultados satisfatórios quando comparados aos ensaios de corpos-de-prova convencionais, apresentando uma melhor adequação ao equipamento e a metodologia de ensaio. Assim, adotou-se desta forma a garrafa de 1,5 litros como corpo-de-prova padrão.

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 10 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 axial 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, ou seja, até o arrancamento da barra de aço, aplicando esse valor na equação de aderência obtida na norma NBR 6118 de 2003 encontra-se um primeiro valor de f_{ck} . Multiplicando esse valor por um fator de correção, obtêm-se um f_{ck} com valor mais próximo ao f_{ck} real, resultante do ensaio convencional de ruptura.

O equipamento desenvolvido atingiu o resultado esperado, conseguindo alcançar o objetivo de funcionamento para o qual foi projetado. Apresentando-se satisfatório para o desenvolvimento da metodologia de ensaio e da pesquisa. Observou-se que os resultados da análise experimental com as barras de aço de 10 mm foram satisfatórios, quando comparados aos trabalhos anteriores, apresentando-se adequação ao equipamento e à metodologia de ensaio.

Palavras Chave: Concreto, Aderência, Ensaio, Controle Tecnológico.

ABSTRACT

This paper consists of an experimental analysis of behavior of the diameter of the steel rod 10mm in the concrete adhesion test using a test procedure for low cost, which consists of a device designed in IFTO. This equipment is used to perform the test pullout between steel and concrete, will be molded PET bottles with volumes of 1.5 liters, as they showed satisfactory results when compared to tests of body-of-proof standard, giving a better match to the equipment and test methods. Thus, we adopted this way the 1.5 liter bottle as a body-of-proof standard.

It is a test performed with the aid of hydraulic jack, this monomer has an attached, which allows to measure the load applied to a body-of-proof molded with a steel rod of 10 mm, which crosses the bottle from one end to another through the center of the bottle. The hydraulic jack applies a load on the steel bar attached to the concrete, in the axial direction of the steel rod in the specimen, this assay can also be called test adhesion by way of work of their materials, steel and concrete. Hydraulic jack registers in the monomer applied maximum resistance to loss of adhesion, or to the tearing of the steel rod, by applying this value in the equation for the tack obtained NBR 6118, 2003 is a first value f_{ck} . Multiplying this value by a correction factor, we obtain a value closer to f_{ck} the real, resulting from the conventional test of rupture.

The developed equipment has reached the expected result, achieving the goal of achieving operation for which it was designed. Presenting himself to the development of suitable test methods and research. It was observed that the analysis results with the experimental steel rods of 10 mm were satisfactory in comparison to previous work, performing the fitness equipment and test methods.

Keywords: Concrete, Adhesion, Test and Control Technology.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 : MACACO HIDRÁULICO	25
FIGURA 2: EQUIPAMENTO	26
FIGURA 3: CORPO-DE-PROVA.....	27
FIGURA 4: CORPO-DE-PROVA.....	28
FIGURA 5: CORPO-DE-PROVA.....	28
FIGURA 6: MISTURA DO CONCRETO NO CAMINHA BETONEIRA	42
FIGURA 7: CAMINHÃO BETONEIRA DESCARREGANDO CONCRETO	44
FIGURA 8: CORPOS-DE-PROVA UTILIZADOS	44
FIGURA 9: CURA DOS CORPOS-DE-PROVA.....	45
FIGURA 10: CURA DOS CORPOS-DE-PROVA.....	46
FIGURA 11: ENSAIO DE ARRANCAMENTO	47
FIGURA 12 : DETALHE DO MACACO HIDRÁULICO	47
FIGURA 13: VISTA SUPERIOR DO ENSAIO	48
FIGURA 14: DETALHE DE ANCORAGEM DA BARRA DE AÇO	48
FIGURA 15: ENSAIO DE ARRACAMENTO.....	49

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: MASSA MÍNIMA DE MATERIAL SECO EM ESTUFA PARA CADA DETERMINAÇÃO DE ENSAIOS.....	37
TABELA 2: LIMITES DE DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA DO AGREGADO GRAÚDO	38
TABELA 3: MASSA MÍNIMA DE MATERIAL SECO EM ESTUFA PARA CADA DETERMINAÇÃO DE ENSAIOS.....	40
TABELA 4: LIMITES DA DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA DO AGREGADO MIÚDO.....	41
TABELA 5: QUANTIDADE DE CORPOS-DE-PROVA PARA CADA MOLDAGEM	43
TABELA 06: PLANILHA DE CONCRETAGEM – SUPER MIX E TENSÃO DE RUPTURA DOS CONCRETOS AOS 07 E 28 DIAS SEGUNDO NBR.....	50
TABELA 07: PLANILHA DE CONCRETAGEM – GARRAFAS E TENSÃO DE RUPTURA DOS CONCRETOS AOS 07 E 28 DIAS	51
TABELA 08: CONCRETAGEM 01: TENSÃO DE RUPTURA DO CONCRETO AOS 07 DIAS (MPA)	53
TABELA 09: CONCRETAGEM 01: TENSÃO DE RUPTURA DO CONCRETO AOS 28 DIAS (MPA)	54
TABELA 10: CONCRETAGEM 2: TENSÃO DE RUPTURA DO CONCRETO AOS 07 DIAS (MPA)	55
TABELA 11: CONCRETAGEM 2: TENSÃO DE RUPTURA DO CONCRETO AOS 28 DIAS (MPA)	56
TABELA 12: CONCRETAGEM 3: TENSÃO DE RUPTURA DO CONCRETO AOS 07 DIAS (MPA)	57
TABELA 13: CONCRETAGEM 3: TENSÃO DE RUPTURA DO CONCRETO AOS 28 DIAS (MPA)	58
TABELA 14: CONCRETAGEM 4: TENSÃO DE RUPTURA DO CONCRETO AOS 07 DIAS (MPA)	59

TABELA 15: CONCRETAGEM 4: TENSÃO DE RUPTURA DO CONCRETO AOS 28 DIAS (MPA)	60
TABELA 16: CONCRETAGEM 5: TENSÃO DE RUPTURA DO CONCRETO AOS 07 DIAS (MPA)	61
TABELA 17: CONCRETAGEM 5: TENSÃO DE RUPTURA DO CONCRETO AOS 28 DIAS (MPA)	62
TABELA 18: CONCRETAGEM 6: TENSÃO DE RUPTURA DO CONCRETO AOS 07 DIAS (MPA)	63
TABELA 19: CONCRETAGEM 6: TENSÃO DE RUPTURA DO CONCRETO AOS 28 DIAS (MPA)	64
TABELA 20: CONCRETAGEM 07: TENSÃO DE RUPTURA DO CONCRETO AOS 07 DIAS (MPA)	65
TABELA 21: CONCRETAGEM 7: TENSÃO DE RUPTURA DO CONCRETO AOS 28 DIAS (MPA)	66
TABELA 22: CONCRETAGEM 08: TENSÃO DE RUPTURA DO CONCRETO AOS 07 DIAS (MPA)	67
TABELA 23: CONCRETAGEM 08: TENSÃO DE RUPTURA DO CONCRETO AOS 28 DIAS (MPA)	68
TABELAS 24: FATOR DE CORREÇÃO DE FCK PARA CONCRETO DE 20 MPA COM SEIXO 0	69
TABELAS 25: FATOR DE CORREÇÃO DE FCK PARA CONCRETO DE 25 MPA COM SEIXO 0	69
TABELAS 26: FATOR DE CORREÇÃO DE FCK PARA CONCRETO DE 25 MPA COM BRITA 1.....	70
TABELAS 27: FCK CORRIGIDO: CONCRETO DE 20 MPA COM SEIXO 0, AOS 07 DIAS	70
TABELAS 28: FCK CORRIGIDO: CONCRETO DE 20 MPA COM SEIXO 0, AOS 28 DIAS	71
TABELAS 29: FCK CORRIGIDO: CONCRETO DE 25 MPA COM SEIXO 0, AOS 07 DIAS	71

TABELAS 30: FCK CORRIGIDO: CONCRETO DE 25 MPA COM SEIXO 0, AOS 28 DIAS	71
TABELAS 31: FCK CORRIGIDO: CONCRETO DE 25 MPA COM BRITA 1, AOS 07 DIAS	72
TABELAS 32: FCK CORRIGIDO: CONCRETO DE 25 MPA COM BRITA 1, AOS 28 DIAS	72
TABELA 33: PESQUISA 02: VARIANDO O AGREGADO GRAÚDO.....	77
TABELA 34: CUSTOS.....	78

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1: TENSÃO DE RUPTURA DO CONCRETO AOS 07 DIAS (MPA)	54
GRÁFICO 2: TENSÃO DE RUPTURA DO CONCRETO AOS 28 DIAS (MPA)	55
GRÁFICO 3: TENSÃO DE RUPTURA DO CONCRETO AOS 07 DIAS (MPA)	56
GRÁFICO 4: TENSÃO DE RUPTURA DO CONCRETO AOS 28 DIAS (MPA)	57
GRÁFICO 5: TENSÃO DE RUPTURA DO CONCRETO AOS 07 DIAS (MPA)	58
GRÁFICO 6: TENSÃO DE RUPTURA DO CONCRETO AOS 28 DIAS (MPA)	59
GRÁFICO 7: TENSÃO DE RUPTURA DO CONCRETO AOS 07 DIAS (MPA)	60
GRÁFICO 8: TENSÃO DE RUPTURA DO CONCRETO AOS 28 DIAS (MPA)	61
GRÁFICO 9: TENSÃO DE RUPTURA DO CONCRETO AOS 07 DIAS (MPA)	62
GRÁFICO 10: TENSÃO DE RUPTURA DO CONCRETO AOS 28 DIAS (MPA)	63
GRÁFICO 11: TENSÃO DE RUPTURA DO CONCRETO AOS 07 DIAS (MPA)	64
GRÁFICO 12: TENSÃO DE RUPTURA DO CONCRETO AOS 28 DIAS (MPA)	65
GRÁFICO 13: TENSÃO DE RUPTURA DO CONCRETO AOS 07 DIAS (MPA)	66
GRÁFICO 14: TENSÃO DE RUPTURA DO CONCRETO AOS 28 DIAS (MPA)	67
GRÁFICO 15: TENSÃO DE RUPTURA DO CONCRETO AOS 07 DIAS (MPA)	68
GRÁFICO 16: TENSÃO DE RUPTURA DO CONCRETO AOS 28 DIAS (MPA)	69
GRÁFICO 17: TENSÃO DE RUPTURA DOS CONCRETOS AOS 7 DIAS (MPA)	74
GRÁFICO 18: TENSÃO DE RUPTURA DOS CONCRETOS AOS 14 DIAS (MPA)	75
GRÁFICO 19: TENSÃO DE RUPTURA DOS CONCRETOS AOS 21 DIAS (MPA)	75
GRÁFICO 20: TENSÃO DE RUPTURA DOS CONCRETOS AOS 7 DIAS (MPA)	75
GRÁFICO 21: TENSÃO DE RUPTURA DOS CONCRETOS AOS 14 DIAS (MPA)	76
GRÁFICO 22: TENSÃO DE RUPTURA DOS CONCRETOS AOS 21 DIAS (MPA)	76
GRÁFICO 23: TENSÃO DE RUPTURA DOS CONCRETOS AOS 7 DIAS (MPA)	76
GRÁFICO 24: TENSÃO DE RUPTURA DOS CONCRETOS AOS 14 DIAS (MPA)	77
GRÁFICO 25: TENSÃO DE RUPTURA DOS CONCRETOS AOS 21 DIAS (MPA)	77

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA.....	15
1.1.1 TEMA DA PESQUISA	17
1.1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	17
1.2 APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA.....	17
1.3 OBJETIVO.....	18
1.3.1 OBJETIVO GERAL.....	18
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
1.4 JUSTIFICATIVA	18
1.5 MÉTODOS DA PESQUISA.....	19
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	19
2. REVISÃO DA LITERATURA	20
2.1 CONCRETO.....	20
2.1.1 PROPRIEDADES BÁSICAS DO CONCRETO.....	20
2.1.2 PROPRIEDADE DO CONCRETO NO ESTADO NÃO ENDURECIDO...	20
2.1.3 PROPRIEDADE DO CONCRETO ENDURECIDO	21
2.2 CONCRETO ARMADO	21
2.3 TECNOLOGIA DO CONCRETO	21
2.3.1 ENSAIO DE ADERÊNCIA.....	22
2.4 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	25
2.4.1 MONTAGEM DO EQUIPAMENTO	25
2.4.1.1 MACACO HIDRÁULICO.....	25
2.4.1.2 EQUIPAMENTO.....	25
2.4.2 MONTAGEM DO CORPO-DE-PROVA.....	26

2.4.3 DOSAGEM DO CONCRETO	29
2.4.3.1 ENSAIO I - DETERMINAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA DO AGREGADO MIÚDO POR MEIO DO FRASCO CHAPMAN (NBR 53:2009)... 30	30
2.4.3.2 ENSAIO II - DETERMINAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA DO AGREGADO GRAÚDO..... 31	31
2.4.3.3 ENSAIO III - DETERMINAÇÃO DA MASSA UNITÁRIA DO AGREGADO MIÚDO (NBR 45:2006). 32	32
2.4.3.4 ENSAIO IV - DETERMINAÇÃO DA MASSA UNITÁRIA DO AGREGADO GRAÚDO (NBR 45:2006) 34	34
2.4.3.5 ENSAIO V – DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DO AGREGADO GRAÚDO (NBR 7217). 36	36
2.4.3.6 ENSAIO VI - DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DO AGREGADO MIÚDO (NBR 7217)..... 39	39
2.4.3.7 ENSAIO VII – DETERMINAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA DO CIMENTO PORTLAND (NBR 6474) 41	41
2.4.4 MISTURA DO CONCRETO	41
2.4.4.1 ABATIMENTO	42
2.4.4.2 MOLDAGEM DOS CORPOS-DE-PROVA	43
2.4.4.3 CURA DOS CORPOS-DE-PROVA	44
2.4.5 REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS	46
3 RESULTADOS E ANÁLISES	50
3.1 CONCRETO FRESCO	50
3.2 CONCRETO ENDURECIDO..... 50	50
ANÁLISE DAS TENSÕES DE RUPTURA..... 54	54
3.3.1 FATOR DE CORREÇÃO..... 70	70
3.3.2 CORREÇÃO DO FCK	71
3.4 COMPARAÇÕES COM OUTROS TRABALHOS..... 74	74
3.5 VIABILIDADE ECONÔMICA	79

4. CONCLUSÃO	80
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	81

1. INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA

A tecnologia do concreto armado é a técnica amplamente dominante na confecção de estruturas de edifícios em todo o Brasil, tanto por motivos econômicos, devido a disponibilidade de grandes indústrias de cimento, como por motivos culturais.

Falar em tecnologia do concreto, em controle tecnológico do concreto, significa principalmente controle dos materiais que fazem parte da sua composição, pois as principais patologias que podem afetar o concreto estão diretamente ligadas à falta de qualidade dos materiais que o compõem.

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

A NBR 12654 (Controle Tecnológico dos Materiais Componentes do Concreto) dispõe sobre os ensaios que devem ser efetuados nestes materiais. Como sabemos que é praticamente impossível encontrar materiais totalmente isentos de substâncias nocivas, as normas desempenham um papel de fundamental importância, pois nos apresentam os limites de tolerância destes elementos.

No entanto o comportamento das estruturas de concreto armado não dependem somente do controle tecnológicos dos materiais como também depende, 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, tanto dos materiais empregados na sua composição quanto da aderência entre o concreto e as barras de aço.

As propriedades tecnológicas dos materiais só podem ser constatadas através da realização de ensaios, dentre eles o ensaio de aderência entre aço e o concreto que avalia a resistência da ligação entre o concreto e a armadura. Porém, as empresas de pequeno e médio porte têm encontrado dificuldade para a realização desse procedimento principalmente por necessitarem de laboratórios e equipamentos específicos que, devido ao seu valor econômico ou localização, dificultam a realização desses ensaios.

Assim, foi desenvolvida uma tecnologia de baixo custo, de metodologia simples cujos procedimentos possam ser desenvolvidos no próprio canteiro de obra, utilizando corpos de prova elaborados com garrafas PET descartadas, onde os Responsáveis Técnicos poderão usufruir de uma alternativa simplificada e que ofereça respostas confiáveis e exeqüíveis.

Contudo este trabalho é voltado para a análise experimental dessa tecnologia com intuito de avaliar a resistência à característica do concreto através da aderência do aço, utilizando um equipamento com um macaco hidráulico (10 toneladas, HIDRAUMON) com manômetro acoplado que nos permite a conferência da força resultante de aderência, onde este estará vinculado com uma estrutura de aço de 10 milímetros, e a uma garrafa PET de 1,5 litros, na qual permitirá obter esses resultados.

O equipamento já está confeccionado, porém há uma necessidade de validar e aperfeiçoar ainda mais esse método, tornando-o mais confiável e fornecendo uma maior segurança quanto aos resultados.

1.1.1 Tema da Pesquisa

Análise experimental do comportamento da barra de 10 milímetros no ensaio de aderência do concreto utilizando um procedimento de ensaio de baixo custo.

1.1.2 Delimitação do Tema

Viabilizar o controle tecnológico do concreto no próprio canteiro de obras de pequeno e médio porte, utilizando um equipamento de baixo custo.

1.2 APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

Em decorrência da necessidade e da dificuldade do controle tecnológico do concreto em canteiros de obras, dos inúmeros casos de desabamentos ou patologias 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, com isso foi desenvolvido um equipamento que possibilita o controle desses procedimentos no próprio canteiro de obras. Porém esse equipamento apresenta inúmeras variáveis que interferem nos resultados dos ensaios, como por exemplo, o agregado, o cimento, o modelo da garrafa (utilizada como molde para o concreto) e a barra de aço.

Diante disso o que poderia ser feito para validar e tornar mais confiáveis e seguros os resultados dos ensaios obtidos nesse equipamento, tendo como foco da pesquisa a variável que é o diâmetro da barra de 10 milímetros?

1.3 OBJETIVO

1.3.1 Objetivo Geral

O objetivo desse projeto é validar e aperfeiçoar esse novo método de controle tecnológico, estudando como variável o diâmetro da barra que pode vir a interferir nos resultados dos ensaios de aderência, para só então tornar mais seguro e confiável o uso desse equipamento em obras de pequeno e médio porte.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Viabilizar o uso desse equipamento como uma ferramenta de auxílio na determinação da resistência do concreto a compressão;
- Tornar o método mais confiável e seguro para o uso direto na construção civil;
- Elaborar um modelo matemático que comprove a viabilidade do método aplicado;
- Gerar um fator de correção, no qual proporcione uma maior proximidade com os resultados obtidos nos moldes cilíndricos;
- Auxiliar no controle tecnológico do concreto em obras para evitar futuras patologias em estruturas.

1.4 JUSTIFICATIVA

Abrindo as portas para essa nova forma de controle tecnológico do concreto utilizando um procedimento de ensaio de baixo custo, garrafas PET descartadas, barras de aço, e um equipamento com um macaco hidráulico (10 toneladas, HIDRAUMON) com manômetro acoplado que permite a conferência da força resultante de aderência, o que se precisa fazer agora é tornar confiáveis e seguros seus resultados através da investigação e avaliação de

vários ensaios, para então analisar e desenvolver um modelo matemático e gerar assim um fator de correção que possa dar a maior proximidade possível dos resultados obtidos nos equipamentos convencionais, proporcionando mais confiabilidade quanto ao uso do equipamento, e segurança quanto aos resultados obtidos. Para, só então, fazer uso direto do equipamento nas obras de pequeno e médio porte.

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 e concluindo o trabalho.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 CONCRETO

Denomina-se de concreto um material feito pela mistura cimento, água, agregado graúdo (seixo ou brita) e agregado miúdo (areia). O concreto fresco tem consistência plástica, podendo ser moldado na forma e dimensão desejada, bastando lançar a massa fresca no interior da fôrma de madeira ou de outro material desejado.

O concreto endurecido tem elevada resistência á compressão, mas baixa resistência a tração.

2.1.1 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.

2.1.2 Propriedade do Concreto no Estado Não Endurecido

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

2.1.3 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 CONCRETO ARMADO

Denomina-se de concreto armado um material misto obtido pela colocação de barras de aço no interior do concreto. As armaduras são posicionadas, no interior da fôrma, antes do lançamento do concreto plástico. Este envolve as barras de aço, obtendo-se, após o endurecimento uma peça de concreto armado. Logo a resistência de uma peça em concreto armado é muito grande, uma vez que o concreto tem a finalidade de absorver os esforços de compressão e o aço de tração.

A durabilidade do concreto armado depende dos materiais inclusos na sua composição, e da proteção contra a corrosão das barras de aço no interior do concreto.

2.3 TECNOLOGIA DO CONCRETO

A tecnologia do concreto é a técnica amplamente dominada no mercado da construção civil. E é através da tecnologia do concreto que se pode fazer o controle dos materiais que fazem parte de sua composição, uma vez que as patologias causadas nas estruturas estão diretamente ligadas à falta de qualidade desses materiais.

Ferramenta essencial para garantir a qualidade das estruturas, os serviços de tecnologia de concreto estão sendo deixados em segundo plano

pelas construtoras, razões pelas quais são pequenas em relação à importância desse serviço. Sendo essas razões: busca pela redução de custos, e por acharem que concreto usinado não necessita de controle tecnológico.

No entanto 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.

Porém é fundamental que haja um bom controle tecnológico do concreto no próprio canteiro de obras, para então garantir a confiabilidade e qualidade das estruturas de concreto. Contudo a NBR 12654 (Controle Tecnológico dos Materiais Componentes do Concreto) dispõe sobre os ensaios que devem ser efetuados nestes materiais. Como se sabe que é praticamente impossível encontrar materiais totalmente isentos de substâncias nocivas, as normas desempenham um papel de fundamental importância, pois apresentam os limites de tolerância destes elementos.

2.3.1 Ensaio de Aderência

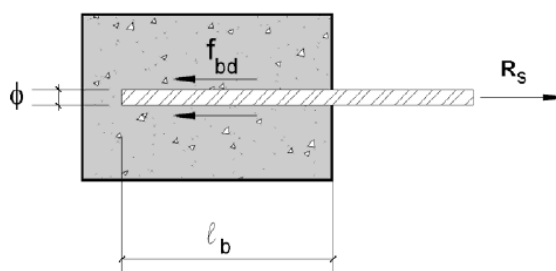
O controle de qualidade atual, elaborado na maioria das obras, repousa exclusivamente sobre ensaios de ruptura de corpos de prova de concreto, cúbicos ou cilíndricos, moldados no canteiro de obras. Para tanto, na maioria das vezes são contratados laboratórios de engenharia civil cadastrados, que dispõem de equipamentos apropriados, suficientemente capacitados para testar, conforme as normas em vigor, a resistência do concreto à compressão.

Porém há alguns inconvenientes deste controle de qualidade, através do ensaio de resistência à compressão, e um deles diz respeito às dificuldades para elaboração do ensaio. O ensaio de compressão simples ignora a aderência aço e concreto, que, no entanto é a condição estritamente necessária ao funcionamento mecânico perseguido no concreto armado. Por isso devemos ver o ensaio de aderência como um tipo de controle de qualidade e segurança das obras de concreto armado, visto pode ser realizado no próprio canteiro de obras.

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;

$\varnothing$ = 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):

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

$\eta_1 = 1,0$ 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 $\varphi < 32$ mm - adotado;

$\eta_3 = (132 - \varphi)/100$, para $\varphi \geq 32$ 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.

2.4 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

2.4.1 Montagem do equipamento

2.4.1.1 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

2.4.1.2 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: Equipamento
Fonte: Autores

2.4.2 Montagem do corpo-de-prova

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

- Garrafas PETs de 1,5 litros, com tampa
- Mangueira $\frac{1}{2}$ polegada
- Aço CA-50, diâmetro de 10 mm
- Aço CA-50, diâmetro de 16 mm

Para a confecção dos corpos-de-prova foram utilizadas às seguintes ferramentas:

- Ferro de Solda
- Estilete
- Régua
- Tesoura
- Serra para corte de aço
- Máquina de solda.



Figura 3: 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 10 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. Realizou-se uma abertura na garrafa para o lançamento do concreto.

Através de teste se estabeleceu a área de contato entre aço e concreto a ser utilizada e tipos de furos. Restringiu-se então 7,50 cm para a garrafa de 1,5 litros, medidos a partir da mangueira.

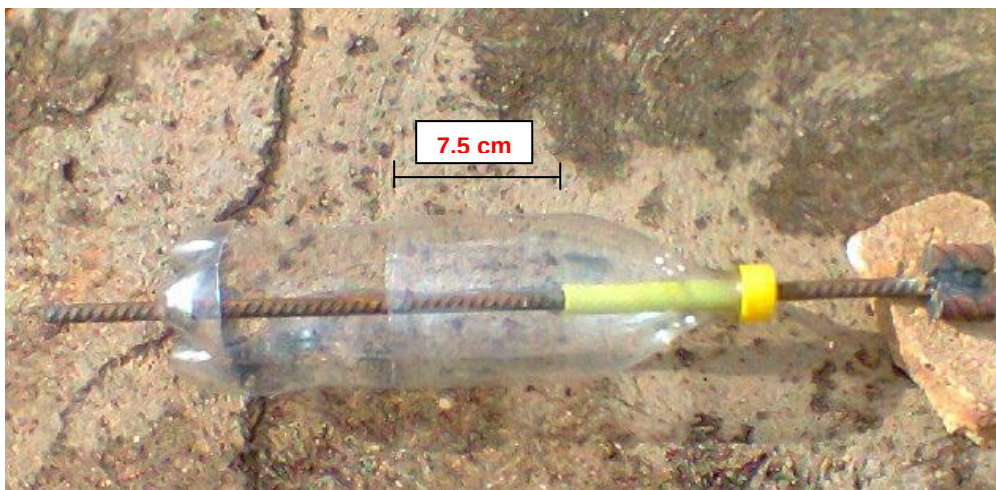


Figura 4: Corpo-de-prova
Fonte: Autores

Quanto aos furos para adensamento do concreto no corpo-de-prova concluiu-se que seria melhor fazer uma única abertura na garrafa, sendo esta definida na sua lateral.



Figura 5: Corpo-de-prova
Fonte: Autores

2.4.3 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. O concreto utilizado para os ensaios foi disponibilizado por uma concreteira especializada, SUPERMIX. Neste sentido, este trabalho avalia o desempenho de traço para a dosagem de concretos com resistência à compressão axial de 20 e 25 MPa aos 28 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} 20 MPa e 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 – brita 1 e seixo 0.
- Tipo de Cimento utilizado: CP II F - Modificado

Caracterização dos agregados e aglomerantes

O agregado utilizado foi caracterizado através dos seguintes ensaios:

2.4.3.1 Ensaio I - Determinação da massa específica do agregado miúdo por meio do frasco Chapman (NBR 53:2009).

Normas técnicas pertinentes

- ABNT NBR NM 53:2009 - Agregado graúdo - Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água.
- ABNT NBR 7211:2009 - Agregados para concreto – Especificação
- ABNT NBR NM 26:2009 - Agregados – Amostragem

Equipamentos utilizados

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

Metodologia experimental

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

Cálculos

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

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.

2.4.3.2 Ensaio II - Determinação da massa específica do agregado graúdo

Normas Técnicas

- ABNT NBR NM 52:2009 - Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente
- ABNT NBR 7211:2009 - Agregados para concreto – Especificação
- ABNT NBR NM 26:2009 - Agregados – Amostragem

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 (brita);
- 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.

Conclusões

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

2.4.3.3 Ensaio III - Determinação da massa unitária do agregado miúdo (NBR 45:2006).

Normas técnicas pertinentes

- ABNT NBR NM 45:2006 - Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios
- ABNT NBR 7211:2009 - Agregados para concreto – Especificação
- ABNT NBR NM ISO 2395:1997 - Peneira de ensaio e ensaio de peneiramento – Vocabulário
- ABNT NBR NM ISO 3310-1:2010 - Peneiras de ensaio - Requisitos técnicos e verificação. Parte 1: Peneiras de ensaio com tela de tecido metálico (ISO 3310-1, IDT)
- ABNT NBR NM ISO 3310-2:2010 - Peneiras de ensaio - Requisitos técnicos e verificação. Parte 2: Peneiras de ensaio de chapa metálica perfurada (ISO 3310-2:1999, IDT)

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

Equipamentos utilizados

- Balança com limite de erro de aproximadamente 0.5% das massas a determinar;
- Recipiente paralelepípedico 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

- e) Amostra ensaiada deve ter no mínimo, o dobro do volume do recipiente utilizado;
- f) Lançar o agregado a uma altura de aproximadamente 10 a 12cm do topo do recipiente evitando a segregação das amostras;
- g) Regularizar a superfície do recipiente com uma régua;
- h) Determinar a massa do agregado;

- i) 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

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

Resultado

A massa unitária do agregado solto é a media das três determinações, dada em kg/dm^3 , com aproximação de $0,01 \text{ kg/dm}^3$.

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

2.4.3.4 Ensaio IV - Determinação da massa unitária do agregado graúdo (NBR 45:2006)

Normas Técnicas

- ABNT NBR NM 45:2006 - Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios
- ABNT NBR 7211:2009 - Agregados para concreto – Especificação
- ABNT NBR NM ISO 2395:1997 - Peneira de ensaio e ensaio de peneiramento – Vocabulário
- ABNT NBR NM ISO 3310-1:2010 - Peneiras de ensaio - Requisitos técnicos e verificação. Parte 1: Peneiras de ensaio com tela de tecido metálico (ISO 3310-1, IDT)
- ABNT NBR NM ISO 3310-2:2010 - Peneiras de ensaio - Requisitos técnicos e verificação. Parte 2: Peneiras de ensaio de chapa metálica perfurada (ISO 3310-2:1999, IDT)

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;
- Repetir o procedimento por três vezes.

Cálculo:

- Calcular a massa unitária do agregado:

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

onde:

δ = massa unitária do agregado

m = massa

V = volume

Obs: A massa unitária do agregado solto é a média de 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 $1,45 \text{ kg/dm}^3$, com aproximação de $0,01 \text{ kg/dm}^3$;

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.

2.4.3.5 Ensaio V – Determinação da composição granulométrica do agregado graúdo (NBR 7217).

Normas Técnicas

- NBR 7217– Agregados – Determinação da composição granulométrica
- ABNT NBR NM ISO 2395:1997 - Peneira de ensaio e ensaio de peneiramento – Vocabulário
- ABNT NBR NM ISO 3310-1:2010 - Peneiras de ensaio - Requisitos técnicos e verificação. Parte 1: Peneiras de ensaio com tela de tecido metálico (ISO 3310-1, IDT)
- ABNT NBR NM ISO 3310-2:2010 - Peneiras de ensaio - Requisitos técnicos e verificação. Parte 2: Peneiras de ensaio de chapa metálica perfurada (ISO 3310-2:1999, IDT)
- ABNT NBR 7211:2009 - Agregados para concreto – Especificação
- ABNT NBR NM 26:2009 - Agregados – Amostragem
- ABNT NBR 7219:1987– Agregados – Determinação do teor de materiais pulverulentos;
- ABNT NBR NM 27:2001 - Agregados - Redução da amostra de campo para ensaios de laboratório

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 ate atender a esta exigência;

- Calcular as porcentagens medias 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), 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.

Tabela 2: 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.					

2.4.3.6 Ensaio VI - Determinação da composição granulométrica do agregado miúdo (NBR 7217).

Normas Técnicas

- NBR 7217– Agregados – Determinação da composição granulométrica
- ABNT NBR NM ISO 2395:1997 - Peneira de ensaio e ensaio de peneiramento – Vocabulário
- ABNT NBR NM ISO 3310-1:2010 - Peneiras de ensaio - Requisitos técnicos e verificação. Parte 1: Peneiras de ensaio com tela de tecido metálico (ISO 3310-1, IDT)
- ABNT NBR NM ISO 3310-2:2010 - Peneiras de ensaio - Requisitos técnicos e verificação. Parte 2: Peneiras de ensaio de chapa metálica perfurada (ISO 3310-2:1999, IDT)
- ABNT NBR 7211:2009 - Agregados para concreto – Especificação
- ABNT NBR NM 26:2009 - Agregados – Amostragem
- ABNT NBR 7219:1987– Agregados – Determinação do teor de materiais pulverulentos;
- ABNT NBR NM 27:2001- Agregados - Redução da amostra de campo para ensaios de laboratório

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 3: 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), 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.

Conclusões

Tabela 4: 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.				

2.4.3.7 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.

2.4.4 Mistura do Concreto

O procedimento adotado para a mistura dos materiais na concreteira especializada SUPER MIX, atende aos requisitos da ABNT NBR 7212:1984 - Execução de concreto dosado em central, a ordem de colocação dos materiais

na betoneira e a velocidade de rotação para mistura devem estar de acordo com as especificações do equipamento, na SUPER MIX o procedimento de mistura consiste em adicionar 70 % de água no início, logo após o agregado sendo primeiramente 100% de agregado gráúdo, e depois 100 % miúdo. Depois se coloca o cimento aos poucos, em cargas de 200 kg, e por fim 30 % da água e aditivos. O tempo de mistura deve ser obedecido às especificações dos equipamentos no que diz respeito ao tempo de mistura, velocidade e número de rotações.



Figura 6: Mistura do Concreto no Caminha Betoneira
Fonte: Autores.

2.4.4.1 Abatimento

A determinação do índice de consistência do concreto se fez 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, são colocadas 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 põe 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. O ensaio de abatimento foi realizado na própria obra, antes de iniciar a concretagem.

2.4.4.2 Moldagem 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 ensaios, com o corpo-de-prova desenvolvido para o equipamento deste trabalho como também o corpo-de-prova cilíndrico convencional:

Tabela 5: 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	28 dias
Garrafa de 1,5 L	26	26
Convencional	8	8
Sub -total	34	34
Total	68	

Fonte: Autores

Os corpos de prova foram moldados durante a concretagem no canteiro de obras, iniciando somente após o descarrego de 15% do volume de concreto no caminhão betoneira e antes de completar a descarga de 85% do volume total da betonada, de acordo com a NBR MN 33/94 – Amostragem de concreto.

O procedimento de moldagem se deu da seguinte forma: preenche-se a metade do volume da garrafa aplicando cinco golpes com uma haste metálica para promover o adensamento; logo após completa-se o preenchimento aplicando novamente cinco golpes nessa nova camada.

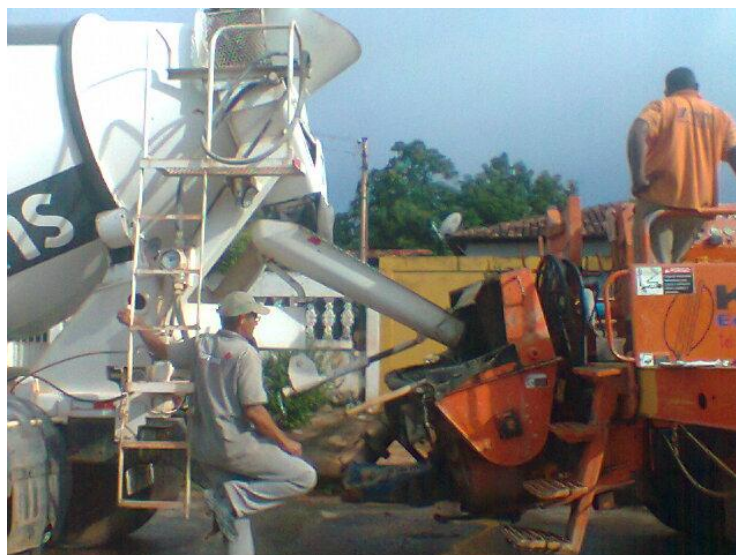


Figura 7: Caminhão betoneira descarregando concreto
Fonte: Autores.



Figura 8: Corpos-de-prova utilizados
Fonte: Autores.

2.4.4.3 Cura dos Corpos-de-Prova

Após 24 horas da moldagem dos corpos-de-prova convencional, eles foram desmoldados e levados para a câmara úmida, onde ficaram até a data prevista para o seu rompimento aos 07 e 28 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”.

Os corpos-de-prova moldados nas garrafas de 1,5 litros, logo após sua moldagem na obra, foram encaminhado para o laboratório de materiais da construção civil do IFTO campus Palmas, onde ficaram em uma câmara úmida até a data de seu rompimento, aos 07 e 28 dias.



Figura 9: Cura dos corpos-de-prova
Fonte: Autores.



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

2.4.5 Realização dos Ensaios

Os ensaios com os corpos-de-prova convencionais foram realizados na concreteira especializada SUPERMIX, no qual forneceu o concreto para a realização desses ensaios. A concreteira se encontra na Quadra 212 Sul em Palmas – TO. Foi feita a regularização da superfície dos corpos-de-prova com enxofre para que fique plana e esteja em total contato com a prensa hidráulica.

Os ensaios com os corpos-de-prova moldados em garrafas PET de 1,5 litros foram realizados no laboratório de materiais da construção civil, utilizando o equipamento desenvolvido no IFTO campos Palmas. Antes do rompimento desses corpos-de-prova, se era retirada a tampa da garrafa para evitar interferência nos resultados em relação à aderência com a barra de aço, às garrafas eram devidamente niveladas utilizando uma régua niveladora para que os esforços fossem transmitidos linearmente para o concreto, eram aplicadas

0,5 toneladas em intervalos de cinco segundos, observando atentamente até o momento da ruptura do concreto.



Figura 11: Ensaio de arrancamento
Fonte: Autores.



Figura 12 : Detalhe do macaco hidráulico
Fonte: Autores



Figura 13: Vista superior do ensaio
Fonte: Autores



Figura 14: Detalhe de ancoragem da barra de aço
Fonte: Autores



Figura 15: Ensaio de arracamento
Fonte: Autores

Apesar das vantagens citadas, o ensaio se mostra complexo por apresentar uma grande porção de variáveis, tais como:

- Diâmetro dos agregados;
- Cimento utilizado;
- Resistência e traço do concreto;
- Modelo da garrafa usada como molde para o corpo de prova;
- Diâmetro da barra.

Com isso este trabalho é voltado para uma análise experimental do comportamento da barra de aço de 10 mm na execução deste ensaio.

3. RESULTADOS E ANÁLISES

3.1 Concreto Fresco

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 é de acordo com a NBR 7223.

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 de 1,5 litros desenvolvidos para o equipamento. É também apresentado o tratamento estatístico feito com esses dados de modo a se obter um fator de correção que, aplicado ao F_{ck} dos resultados obtidos das rupturas das garrafas, se obtenha um valor mais próximo do F_{ck} real.

Tabela 06: Planilha de Concretagem – Super Mix e tensão de ruptura dos concretos aos 07 e 28 dias segundo NBR

PLANILHA DE CONCRETAGEM - Super Mix								
Isabela Borges da Costa André Luiz Avelar Junior							TIPO DE AGREGADO	
CONCRETAGEM (OBRA)	DATA	HORA	Nº NOTA FISCAL	Fck CONCRETO	7 DIAS (fck)	28 DIAS (fck)	Ag. Graúdo	Ag. Miúdo
1 – 210 sul, AL 15 lt 05 (Chur. Minuano)	28/01 (sábado)	7:30	10725	20 MPa	19,5	23,40	Seixo 0	Areia Natural
2 - 706 Sul, AL 02 HM 02, (Residencial Cidade Jardim)	01/02 (quarta-feira)	13:00	10759	25 MPa	29,4	32,70	Seixo 0	Areia Natural
3 - Taquaralto, Jardim do Pequiseiro (Cerâmica Tercil)	02/02 (quinta-feira)	7:30	10764	20 MPa	22,3	26,10	Seixo 0	Areia Natural
4 - 706 Sul, AL 02 HM 02, (Residencial Cidade Jardim)	06/02 (segunda-feira)	13:00	10811	25 MPa	21,9	25,8	Seixo 0	Areia Natural
5 - 706 Sul, Residencial Classic (JP Arquitetura)	07/02 (terça-feira)	13:00	10823	25 MPa	28,9	32,6	Brita 1	Areia Natural
6 - 706 Sul, Residencial Classic (JP Arquitetura)	10/02 (sexta-feira)	7:30	10854	25 MPa	30,6	35,2	Brita 1	Areia Natural
7 - 706 Sul, Residencial Classic (JP Arquitetura)	14/02 (terça-feira)	13:00	10885	25 MPa	29,7	33,9	Brita 1	Areia Natural
8 - 706 Sul, AL 02 HM 02, (Residencial Cidade Jardim)	15/02 (quarta-feira)	13:00	10904	25 MPa	18,15	34,5	Seixo 0	Areia Natural

Tabela 07: Planilha de Concretagem – Garrafas e tensão de ruptura dos concretos aos 07 e 28 dias

PLANILHA DE CONCRETAGEM – Garrafa 1,5 litros						
André Luiz Avelar Junior Isabela Borges da Costa			Lb = 7,5 cm ; Ø (cm) = 1,0		Fck (Mpa) CONCRETO	
CONCRETAGEM	CORPO DE PROVA	Força Aplicada (kg)	FBD	FCTD	7 DIAS	28 DIAS
Número: 1 Data: 28/01 Obra: 210 Sul, Al 02, It 15 Churrascaria Minuano	CP 1 (04/02)	1400	59,448	16,985	18,703	
	CP 2 (04/02)	1350	57,325	16,379	18,255	
	CP 3 (04/02)	1500	63,694	18,198	19,583	
	CP 4 (25/02)	1500	63,694	18,198		19,583
	CP 5 (25/02)	2500	106,157	30,331		27,528
	CP 6 (25/02)	2500	106,157	30,331		27,528
Número: 2 Data: 01/02 Obra: 706 Sul, Al 02, Res. Cidade Jardim	CP 7 (08/02)	1500	63,694	18,198	19,583	
	CP 8 (08/02)	1600	67,941	19,412	20,444	
	CP 9 (08/02)	1300	55,202	15,772	17,801	
	CP 10 (29/02)	2400	101,911	29,117		26,789
	CP 11 (29/02)	1500	63,694	18,198		19,583
	CP 12 (29/02)	1600	67,941	19,412		20,444
Número: 3 Data: 02/02 Obra: Taquaralto; Cerâmica Tercil	CP 13 (09/02)	2100	89,172	25,478	24,507	
	CP 14 (09/02)	1400	59,448	16,985	18,703	
	CP 15 (09/02)	1500	63,694	18,198	19,583	
	CP 16 (01/03)	1700	72,187	20,625		21,287
	CP 17 (01/03)	1400	59,448	16,985		18,703
	CP 18 (01/03)	1400	59,448	16,985		18,703
Número: 4 Data: 06/02 Obra: 706 Sul, Al 02, Res. Cidade Jardim	CP 19 (13/02)	1600	67,941	19,412	20,444	
	CP 20 (13/02)	1700	72,187	20,625	21,287	
	CP 21 (13/02)	1400	59,448	16,985	18,703	
	CP 22 (05/03)	1600	67,941	19,412		20,444
	CP 23 (05/03)	1400	59,448	16,985		18,703
	CP 24 (05/03)	1400	59,448	16,985		18,703
Número: 5 Data: 07/02 Obra: 706 sul, Residencial Classic, JP Arquitetura	CP 25 (14/02)	1500	63,694	18,198	19,583	
	CP 26 (14/02)	1300	55,202	15,772	17,801	
	CP 27 (14/02)	1300	55,202	15,772	17,801	
	CP 28 (06/03)	1600	67,941	19,412		20,444
	CP 29 (06/03)	1500	63,694	18,198		19,583
	CP 30 (06/03)	2000	84,926	24,264		23,723

Número: 6 Data: 10/02 Obra: 706 Sul, Residencial Classic, JP Arquitetura	CP 31 (17/02)	1300	55,202	15,772	17,801	
	CP 32 (17/02)	1400	59,448	16,985	18,703	
	CP 33 (17/02)	1400	59,448	16,985	18,703	
	CP 34 (09/03)	1400	59,448	16,985		18,703
	CP 35 (09/03)	1600	67,941	19,412		20,444
	CP 36 (09/03)	1600	67,941	19,412		20,444
Numero: 7 Data: 14/02 Obra: 706 Sul, Residencial Classic, JP Arquitetura	CP 37 (21/02)	1400	59,448	16,985	18,703	
	CP 38 (21/02)	1300	55,202	15,772	17,801	
	CP 39 (21/02)	1400	59,448	16,985	18,703	
	CP 40 (13/03)	1500	63,694	18,198		19,583
	CP 41 (13/03)	1500	63,694	18,198		19,583
	CP 42 (13/03)	1500	63,694	18,198		19,583
Numero: 8 Data: 15/02 Obra: 706 Sul, AL 02 HM 02, Residencial Cidade Jardim	CP 43 (22/02)	1400	59,448	16,985	18,703	
	CP 44 (22/02)	1350	57,325	16,379	18,255	
	CP 45 (22/02)	1300	55,202	15,772	17,801	
	CP 46 (22/02)	1400	59,448	16,985	18,703	
	CP 47 (22/02)	1450	61,571	17,592	19,145	
	CP 48 (14/03)	1500	63,694	18,198		19,583
	CP 49 (14/03)	1500	63,694	18,198		19,583
	CP 50 (14/03)	1900	80,679	23,051		22,925
	CP 51 (14/03)	1900	80,679	23,051		22,925
	CP 52 (14/03)	2400	101,911	29,117		26,789

Os dados acima mostram as obras visitadas onde ocorriam as moldagens dos corpos-de-prova. A concreteira especializada Super Mix fornecia o concreto, e durante a concretagem nas obras eram moldados os corpos de prova para realização dos ensaios.

As resistências do concreto nos ensaios realizados com o equipamento eram obtidas através da força lida pelo manômetro no momento da ruptura, aplicadas nas fórmulas de acordo com a NBR 6118:2003 (Projeto de estruturas de concreto – Procedimento), para uma barra de aço imersa em uma peça de concreto, como mostra a tabela 07.

Análise das Tensões de Ruptura

Tabela 08: Concretagem 01: Tensão de Ruptura do Concreto aos 07 dias (Mpa)

CONCRETAGEM 1 - Tensão de Ruptura aos 07 dias (Mpa)				Razão de Proporcionalidade (Ens. Conv. / Mediana Equip.)
CP	Ensaio Convencional	Ensaio no Equipamento	Diferença	
1º	19,5	18,70	0,80	1,0183
2º		18,20	1,30	
3º		19,60	-0,10	
	Mediana do Equipamento	19,15		

Fonte: Autores.

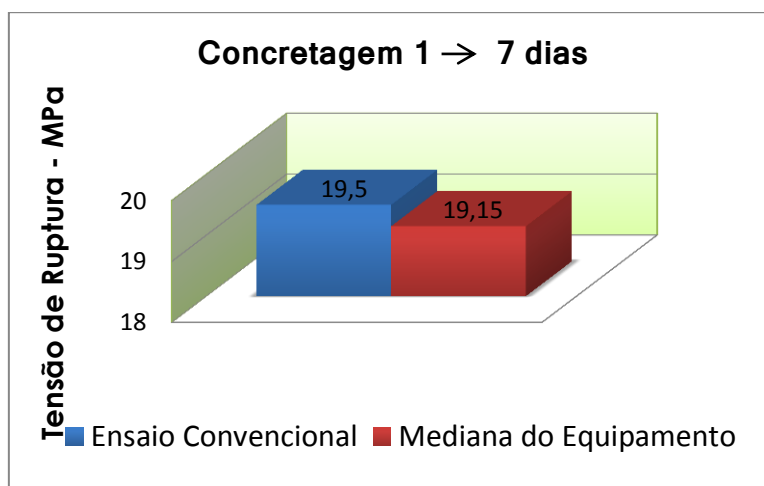


Gráfico 1: Tensão de Ruptura do Concreto aos 07 dias (Mpa)

Fonte: Autores

O resultado do cálculo da mediana dos ensaios realizados na concretagem 01 aos 07 dias apresentou uma pequena variação com relação ao ensaio convencional com corpo-de-prova cilíndrico.

Tabela 09: Concretagem 01: Tensão de Ruptura do Concreto aos 28 dias (Mpa)

CONCRETAGEM 1 - Tensão de Ruptura aos 28 dias (Mpa)				Razão de Proporcionalidade (Ens. Conv. / Mediana Equip.)
CP	Ensaio Convencional	Ensaio no Equipamento	Diferença	
1º	23,4	19,60	3,80	0,9936
2º		27,50	-4,10	
3º		27,50	-4,10	
	Mediana do Equipamento	23,55		

Fonte: Autores.

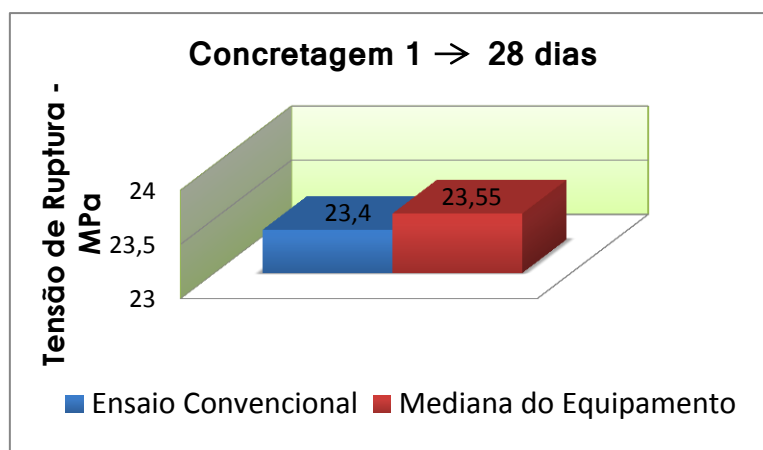


Gráfico 2: Tensão de Ruptura do Concreto aos 28 dias (Mpa)

Fonte: Autores

O resultado do cálculo da mediana dos ensaios realizados na concretagem 01 aos 28 dias apresentou uma pequena variação com relação ao ensaio convencional com corpo-de-prova cilíndrico.

Tabela 10: Concretagem 2: Tensão de Ruptura do Concreto aos 07 dias (Mpa)

CONCRETAGEM 2 - Tensão de Ruptura aos 07 dias (Mpa)				Razão de Proporcionalidade (Ens. Conv. / Mediana Equip.)
CP	Ensaio Convencional	Ensaio no Equipamento	Diferença	
1º	29,4	19,58	9,82	1,4693
2º		20,44	8,96	
3º		17,80	11,60	
	Mediana do Equipamento	20,01		

Fonte: Autores.

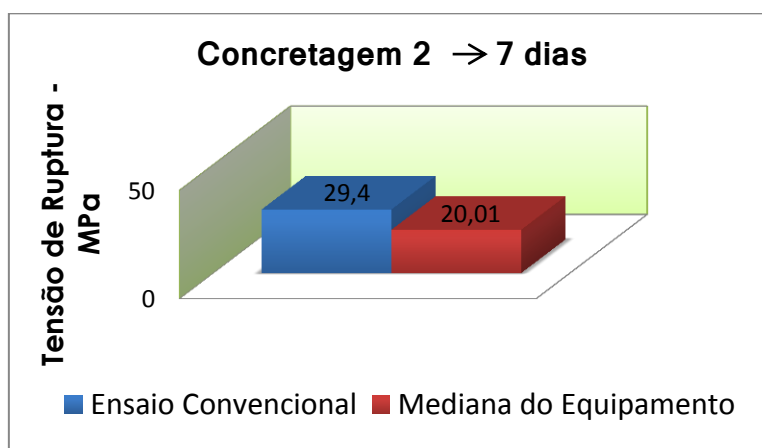


Gráfico 3: Tensão de Ruptura do Concreto aos 07 dias (Mpa)

Fonte: Autores

O resultado do cálculo da mediana dos ensaios realizados na concretagem 02 aos 07 dias apresentou uma diferença relevante com relação ao ensaio convencional com corpo-de-prova cilíndrico.

Tabela 11: Concretagem 2: Tensão de Ruptura do Concreto aos 28 dias (Mpa)

CONCRETAGEM 2 - Tensão de Ruptura aos 28 dias (Mpa)				Razão de Proporcionalidade (Ens. Conv. / Mediana Equip.)
CP	Ensaio Convencional	Ensaio no Equipamento	Diferença	
1º	32,7	26,79	5,91	1,3847
2º		19,58	13,12	
3º		20,44	12,26	
	Mediana do Equipamento	23,62		

Fonte: Autores.

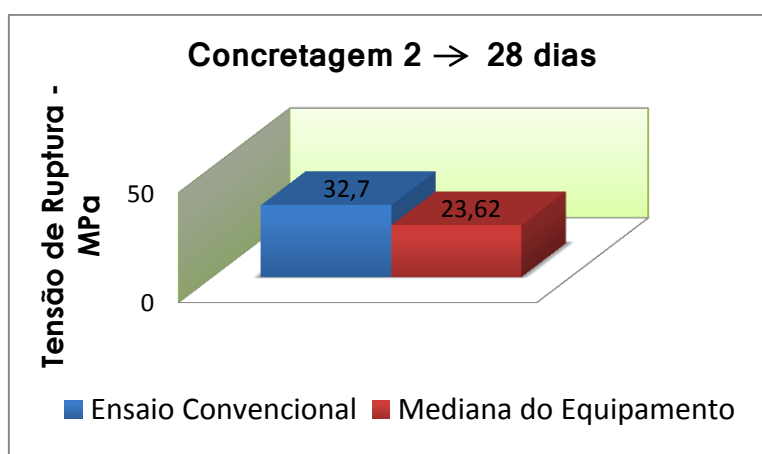


Gráfico 4: Tensão de Ruptura do Concreto aos 28 dias (Mpa)

Fonte: Autores

O resultado do cálculo da mediana dos ensaios realizados na concretagem 02 aos 28 dias apresentou uma diferença relevante com relação ao ensaio convencional com corpo-de-prova cilíndrico.

Tabela 12: Concretagem 3: Tensão de Ruptura do Concreto aos 07 dias (Mpa)

CONCRETAGEM 3 - Tensão de Ruptura aos 07 dias (Mpa)				Razão de Proporcionalidade (Ens. Conv. / Mediana Equip.)
CP	Ensaio Convencional	Ensaio no Equipamento	Diferença	
1º	22,3	24,51	-2,21	1,0116
2º		18,70	3,60	
3º		19,58	2,72	
	Mediana do Equipamento	22,05		

Fonte: Autores.

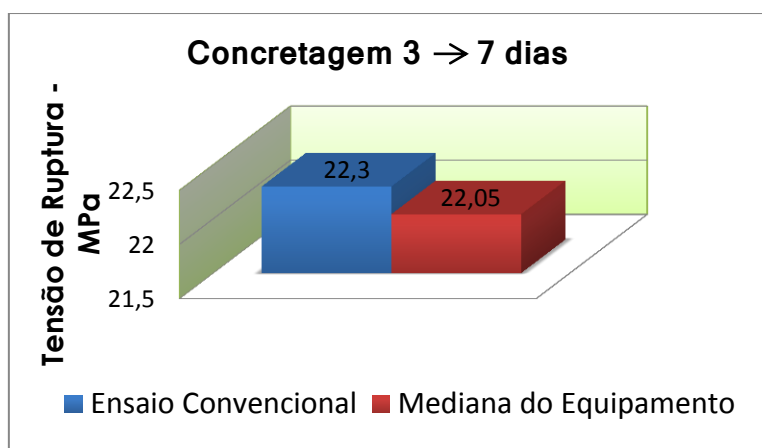


Gráfico 5: Tensão de Ruptura do Concreto aos 07 dias (Mpa)

Fonte: Autores

O resultado do cálculo da mediana dos ensaios realizados na concretagem 03 aos 07 dias apresentou uma pequena variação com relação ao ensaio convencional com corpo-de-prova cilíndrico.

Tabela 13: Concretagem 3: Tensão de Ruptura do Concreto aos 28 dias (Mpa)

CONCRETAGEM 3 - Tensão de Ruptura aos 28 dias (Mpa)				Razão de Proporcionalidade (Ens. Conv. / Mediana Equip.)
CP	Ensaio Convencional	Ensaio no Equipamento	Diferença	
1º	26,1	21,29	4,81	1,3053
2º		18,70	7,40	
3º		18,70	7,40	
	Mediana do Equipamento	20,00		

Fonte: Autores.

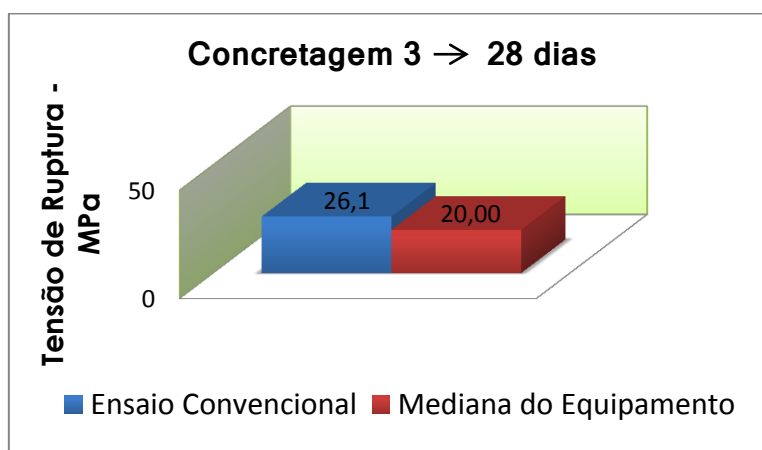


Gráfico 6: Tensão de Ruptura do Concreto aos 28 dias (Mpa)

Fonte: Autores

O resultado do cálculo da mediana dos ensaios realizados na concretagem 03 aos 28 dias apresentou uma diferença relevante com relação ao ensaio convencional com corpo-de-prova cilíndrico.

Tabela 14: Concretagem 4: Tensão de Ruptura do Concreto aos 07 dias (Mpa)

CONCRETAGEM 4 - Tensão de Ruptura aos 07 dias (Mpa)				Razão de Proporcionalidade (Ens. Conv. / Mediana Equip.)
CP	Ensaio Convencional	Ensaio no Equipamento	Diferença	
1º	21,9	20,44	1,46	1,0496
2º		21,29	0,61	
3º		18,70	3,20	
	Mediana do Equipamento	20,87		

Fonte: Autores.

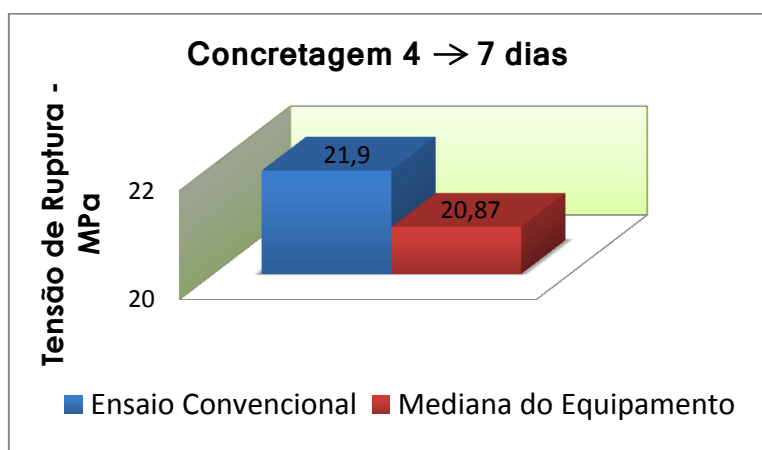


Gráfico 7: Tensão de Ruptura do Concreto aos 07 dias (Mpa)

Fonte: Autores

O resultado do cálculo da mediana dos ensaios realizados na concretagem 04 aos 07 dias apresentou uma pequena variação com relação ao ensaio convencional com corpo-de-prova cilíndrico.

Tabela 15: Concretagem 4: Tensão de Ruptura do Concreto aos 28 dias (Mpa)

CONCRETAGEM 4 - Tensão de Ruptura aos 28 dias (Mpa)				Razão de Proporcionalidade (Ens. Conv. / Mediana Equip.)
CP	Ensaio Convencional	Ensaio no Equipamento	Diferença	
1º	25,8	21,29	4,51	1,2903
2º		18,70	7,10	
3º		18,70	7,10	
	Mediana do Equipamento	20,00		

Fonte: Autores.

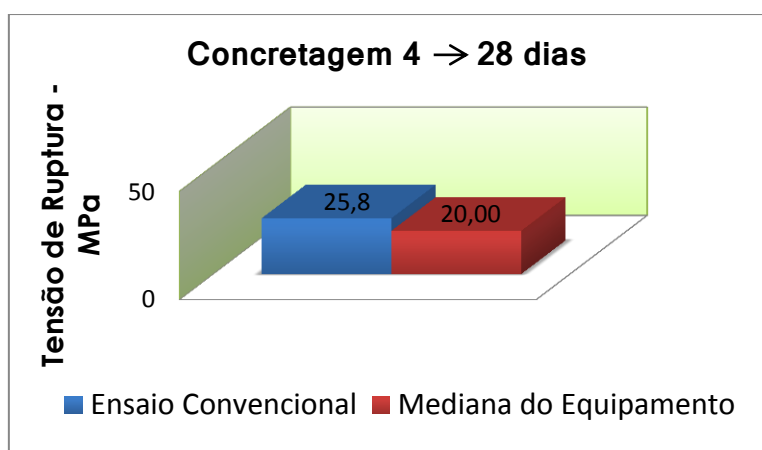


Gráfico 8: Tensão de Ruptura do Concreto aos 28 dias (Mpa)

Fonte: Autores

O resultado do cálculo da mediana dos ensaios realizados na concretagem 04 aos 28 dias apresentou uma diferença relevante com relação ao ensaio convencional com corpo-de-prova cilíndrico.

Tabela 16: Concretagem 5: Tensão de Ruptura do Concreto aos 07 dias (Mpa)

CONCRETAGEM 5 - Tensão de Ruptura aos 07 dias (Mpa)				Razão de Proporcionalidade (Ens. Conv. / Mediana Equip.)
CP	Ensaio Convencional	Ensaio no Equipamento	Diferença	
1º	28,9	19,58	9,32	1,5463
2º		17,80	11,10	
3º		17,80	11,10	
	Mediana do Equipamento	18,69		

Fonte: Autores.

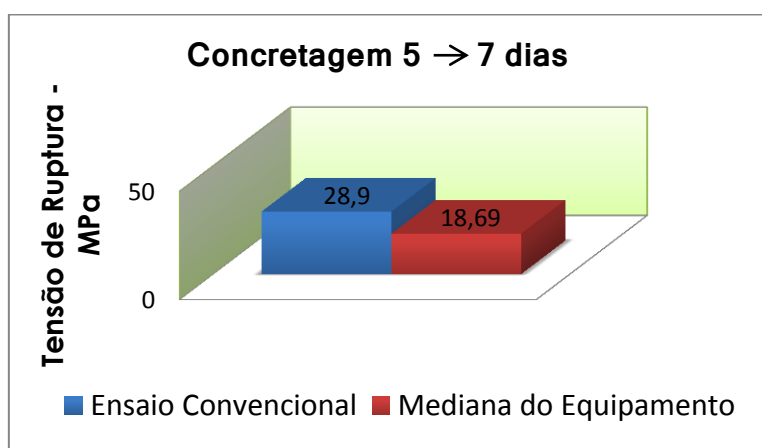


Gráfico 9: Tensão de Ruptura do Concreto aos 07 dias (Mpa)

Fonte: Autores

O resultado do cálculo da mediana dos ensaios realizados na concretagem 05 aos 07 dias apresentou uma diferença relevante com relação ao ensaio convencional com corpo-de-prova cilíndrico.

Tabela 17: Concretagem 5: Tensão de Ruptura do Concreto aos 28 dias (Mpa)

CONCRETAGEM 5 - Tensão de Ruptura aos 28 dias (Mpa)				Razão de Proporcionalidade (Ens. Conv. / Mediana Equip.)
CP	Ensaio Convencional	Ensaio no Equipamento	Diferença	
1º	32,6	20,44	12,16	1,4764
2º		19,58	13,02	
3º		23,72	8,88	
	Mediana do Equipamento	22,08		

Fonte: Autores.

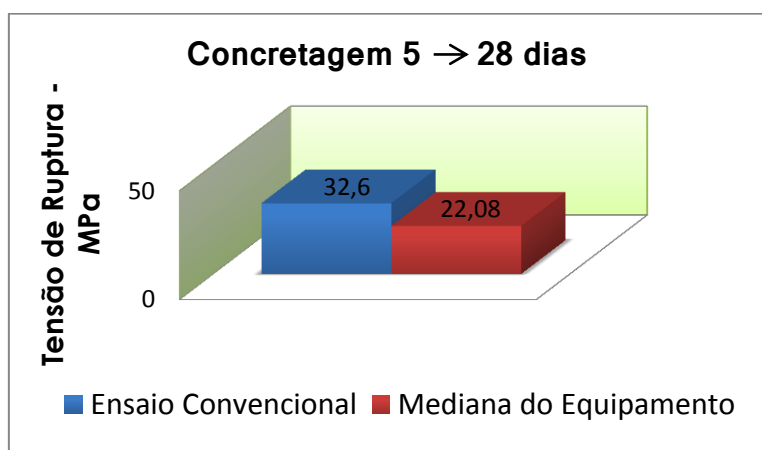


Gráfico 10: Tensão de Ruptura do Concreto aos 28 dias (Mpa)

Fonte: Autores

O resultado do cálculo da mediana dos ensaios realizados na concretagem 05 aos 28 dias apresentou uma diferença relevante com relação ao ensaio convencional com corpo-de-prova cilíndrico.

Tabela 18: Concretagem 6: Tensão de Ruptura do Concreto aos 07 dias (Mpa)

CONCRETAGEM 6 - Tensão de Ruptura aos 07 dias (Mpa)				Razão de Proporcionalidade (Ens. Conv. / Mediana Equip.)
CP	Ensaio Convencional	Ensaio no Equipamento	Diferença	
1º	30,6	17,80	12,80	1,6364
2º		18,70	11,90	
3º		18,70	11,90	
	Mediana do Equipamento	18,70		

Fonte: Autores.

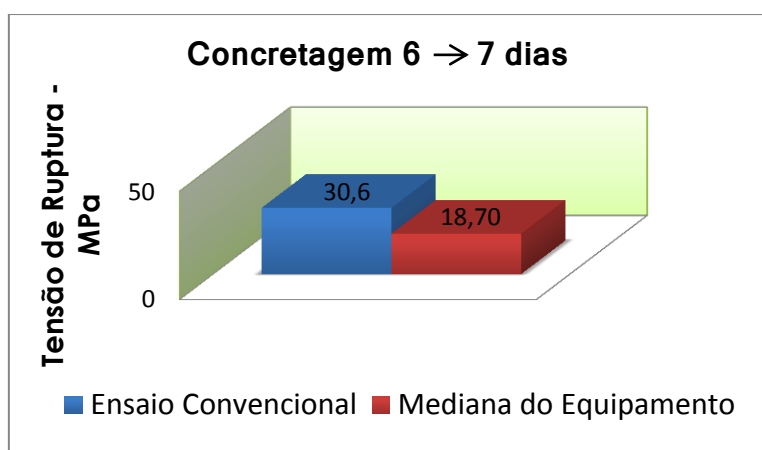


Gráfico 11: Tensão de Ruptura do Concreto aos 07 dias (Mpa)

Fonte: Autores

O resultado do cálculo da mediana dos ensaios realizados na concretagem 06 aos 07 dias apresentou uma diferença relevante com relação ao ensaio convencional com corpo-de-prova cilíndrico.

Tabela 19: Concretagem 6: Tensão de Ruptura do Concreto aos 28 dias (Mpa)

CONCRETAGEM 6 - Tensão de Ruptura aos 28 dias (Mpa)				Razão de Proporcionalidade (Ens. Conv. / Mediana Equip.)
CP	Ensaio Convencional	Ensaio no Equipamento	Diferença	
1º	35,2	18,70	16,50	1,7221
2º		20,44	14,76	
3º		20,44	14,76	
	Mediana do Equipamento	20,44		

Fonte: Autores.

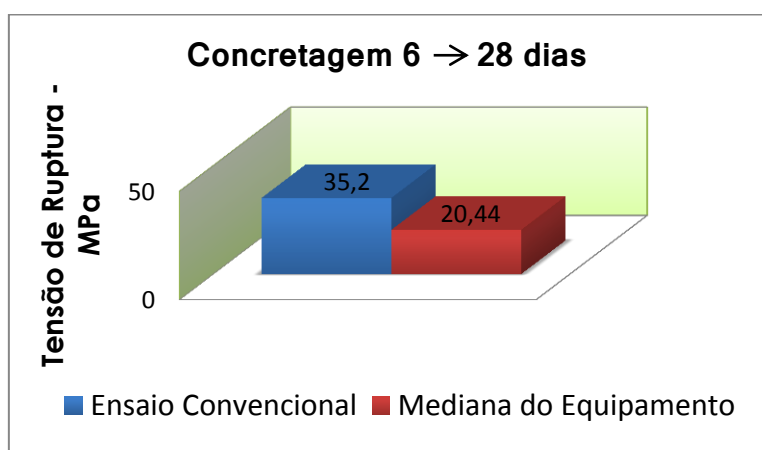


Gráfico 12: Tensão de Ruptura do Concreto aos 28 dias (Mpa)

Fonte: Autores

O resultado do cálculo da mediana dos ensaios realizados na concretagem 06 aos 28 dias apresentou uma diferença relevante com relação ao ensaio convencional com corpo-de-prova cilíndrico.

Tabela 20: Concretagem 07: Tensão de Ruptura do Concreto aos 07 dias (Mpa)

CONCRETAGEM 7 - Tensão de Ruptura aos 7 dias (Mpa)				Razão de Proporcionalidade (Ens. Conv. / Mediana Equip.)
CP	Ensaio Convencional	Ensaio no Equipamento	Diferença	
1º	29,7	18,70	11,00	1,5882
2º		17,80	11,90	
3º		18,70	11,00	
	Mediana do Equipamento	18,70		

Fonte: Autores.

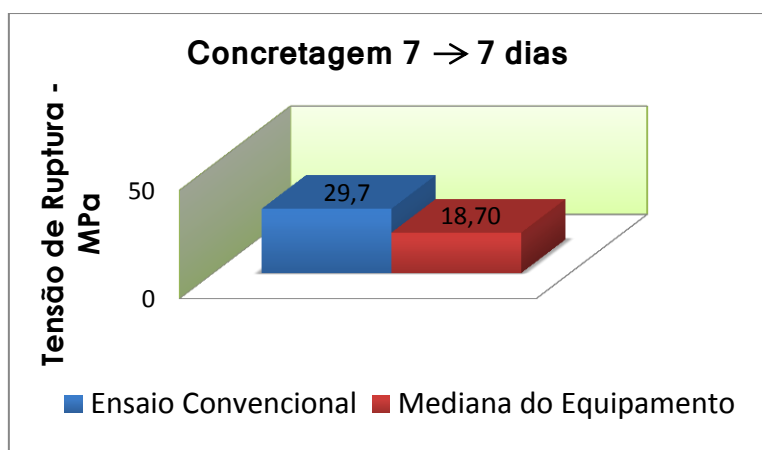


Gráfico 13: Tensão de Ruptura do Concreto aos 07 dias (Mpa)

Fonte: Autores

O resultado do cálculo da mediana dos ensaios realizados na concretagem 07 aos 07 dias apresentou uma diferença relevante com relação ao ensaio convencional com corpo-de-prova cilíndrico.

Tabela 21: Concretagem 7: Tensão de Ruptura do Concreto aos 28 dias (Mpa)

CONCRETAGEM 7 - Tensão de Ruptura aos 28 dias (Mpa)				Razão de Proporcionalidade (Ens. Conv. / Mediana Equip.)
CP	Ensaio Convencional	Ensaio no Equipamento	Diferença	
1º	33,9	19,58	14,32	1,7314
2º		19,58	14,32	
3º		19,58	14,32	
	Mediana do Equipamento	19,58		

Fonte: Autores.

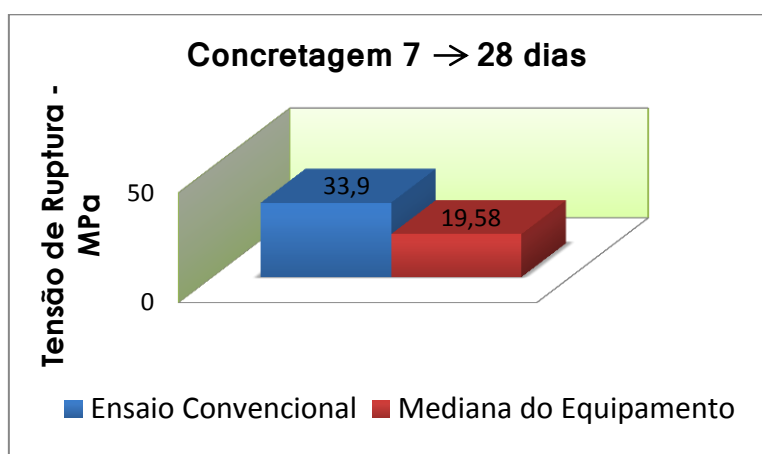


Gráfico 14: Tensão de Ruptura do Concreto aos 28 dias (Mpa)

Fonte: Autores

O resultado do cálculo da mediana dos ensaios realizados na concretagem 07 aos 28 dias apresentou uma diferença relevante com relação ao ensaio convencional com corpo-de-prova cilíndrico.

Tabela 22: Concretagem 08: Tensão de Ruptura do Concreto aos 07 dias (Mpa)

CONCRETAGEM 8 - Tensão de Ruptura aos 7 dias (Mpa)				Razão de Proporcionalidade (Ens. Conv. / Mediana Equip.)
CP	Ensaio Convencional	Ensaio no Equipamento	Diferença	
1º	18,15	18,70	-0,55	0,9943
2º		18,26	-0,11	
3º		17,80	0,35	
4º		18,70	-0,55	
3º		19,15	-1,00	
	Mediana do Equipamento	18,25		

Fonte: Autores.

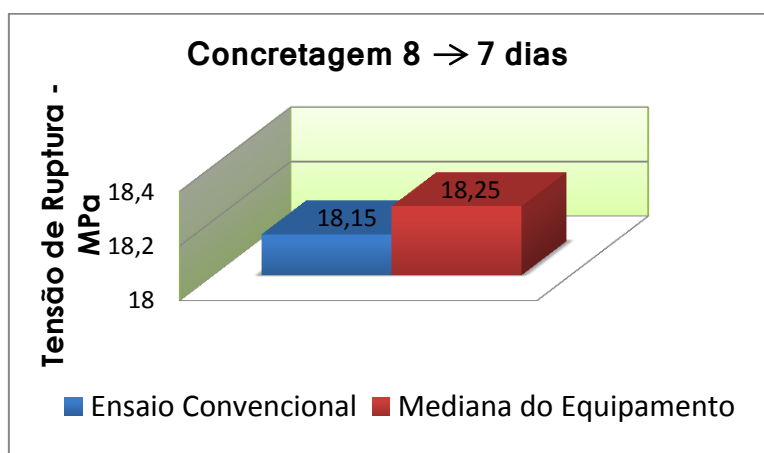


Gráfico 15: Tensão de Ruptura do Concreto aos 07 dias (Mpa)

Fonte: Autores

O resultado do cálculo da mediana dos ensaios realizados na concretagem 08 aos 07 dias apresentou pequena variação com relação ao ensaio convencional com corpo-de-prova cilíndrico.

Tabela 23: Concretagem 08: Tensão de Ruptura do Concreto aos 28 dias (Mpa)

CONCRETAGEM 8 - Tensão de Ruptura aos 28 dias (Mpa)				Razão de Proporcionalidade (Ens. Conv. / Mediana Equip.)
CP	Ensaio Convencional	Ensaio no Equipamento	Diferença	
1º	34,5	19,58	14,92	1,4250
2º		19,58	14,92	
3º		22,92	11,58	
4º		22,92	11,58	
3º		26,79	7,71	
	Mediana do Equipamento	24,21		

Fonte: Autores.

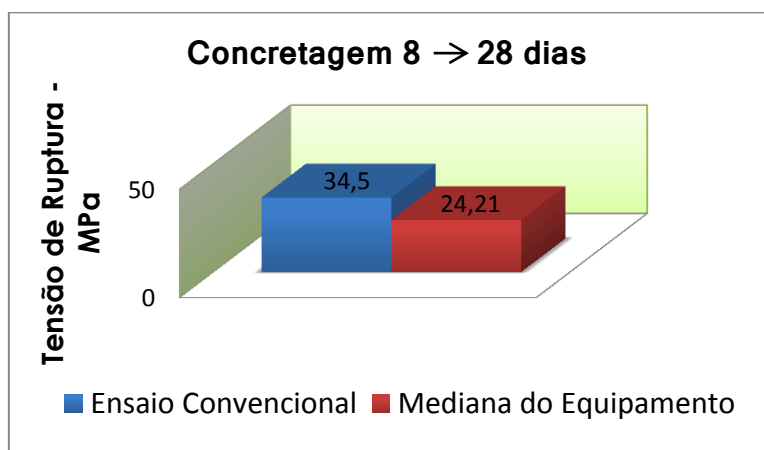


Gráfico 16: Tensão de Ruptura do Concreto aos 28 dias (Mpa)

Fonte: Autores

O resultado do cálculo da mediana dos ensaios realizados na concretagem 08 aos 28 dias apresentou diferença relevante com relação ao ensaio convencional com corpo-de-prova cilíndrico.

3.3.1 Fator de Correção

De acordo com os resultados obtidos como razões de proporcionalidades, pode se determinar um coeficiente de aproximação dos resultados do Mpa encontrados no equipamento para com os resultados do ensaio convencional. Esse coeficiente, que chamamos de fator de correção, será calculado para os concretos de características semelhantes.

As tabelas abaixo expressam os valores da razão de proporcionalidade individual de cada obra, agrupadas de acordo com as características do concreto utilizado, de modo a se obter, através da mediana das razões de proporcionalidades, um fator de correção distinto de acordo com o tempo de cura, 07 ou 28 dias.

Tabelas 24: Fator de correção de fck para concreto de 20 MPa com seixo 0

Características do Concreto	Obras	Razão de Proporcionalidade	
		07 Dias	28 Dias
§ - 20 MPa § - Seixo 0 § - Areia Grossa Natural	Obra 1	1,0183	0,9936
	Obra 3	1,0116	1,3053
Fator de Correção (Mediana)		1,01495	1,14945

Fonte: Autores

Tabelas 25: Fator de correção de fck para concreto de 25 MPa com seixo 0

Características do Concreto	Obras	Razão de Proporcionalidade	
		07 Dias	28 Dias
§ - 25 MPa § - Seixo 0 § - Areia Grossa Natural	Obra 2	1,4693	1,3847
	Obra 4	1,0496	1,2903
	Obra 8	0,9943	1,4250
Fator de Correção (Mediana)		1,02195	1,40485

Fonte: Autores

Tabelas 26: Fator de correção de fck para concreto de 25 MPa com brita 1

Características do Concreto	Obras	Razão de Proporcionalidade	
		07 Dias	28 Dias
§ - 25 MPa § - Brita 1 § - Areia Grossa Natural	Obra 5	1,5463	1,4764
	Obra 6	1,6364	1,7221
	Obra 7	1,5882	1,7314
Fator de Correção (Mediana)		<i>1,59135</i>	<i>1,72675</i>

Fonte: Autores

3.3.2 Correção do Fck

Tendo se obtido o Fator de Correção de acordo com as características do concreto e com o tempo de cura, aos 07 e 28 dias, pode-se determinar o Fck corrigido dos ensaios desenvolvido com o equipamento utilizando garrafas PET de 1,5 litros, para haver então uma maior proximidade quando comparado ao convencional.

Pode-se também determinar o desvio padrão para mais ou para menos de cada amostra, considerado como sendo à margem de erro de cada determinação do Fck corrigido.

Tabelas 27: Fck Corrigido: Concreto de 20 MPa com seixo 0, aos 07 dias

§ - 20 MPa § - Seixo 0 § - Areia Grossa Natural	Fck - 7 Dias		Fator de Correção	Fck Corrigido (CP garrafa x Correção)	Desvio Padrão	Mediana do Desvio Padrão
	CP convencional	CP garrafa (mediana)				
Obra 1	19,50	19,15	1,01495	19,436	0,0637	0,0717
Obra 3	22,30	22,05	1,01495	22,380	-0,0796	

Fonte: Autores

Tabelas 28: Fck Corrigido: Concreto de 20 MPa com seixo 0, aos 28 dias

§ - 20 MPa § - Seixo 0 § - Areia Grossa Natural	Fck - 28 Dias		Fator de Correção	Fck Corrigido (CP garrafa x Correção)	Desvio Padrão	Mediana do Desvio Padrão
	CP convencional	CP garrafa (mediana)				
Obra 1	23,40	23,55	1,14945	27,070	-3,6695	3,3902
Obra 3	26,10	20,00	1,14945	22,989	3,1110	

Fonte: Autores

Tabelas 29: Fck Corrigido: Concreto de 25 MPa com seixo 0, aos 07 dias

§ - 25 MPa § - Seixo 0 § - Areia Grossa Natural	Fck - 7 Dias		Fator de Correção	Fck Corrigido (CP garrafa x Correção)	Desvio Padrão	Mediana do Desvio Padrão
	CP convencional	CP garrafa (mediana)				
Obra 2	29,40	20,01	1,02195	20,449	8,951	0,5365
Obra 4	21,90	20,87	1,02195	21,328	0,572	
Obra 8	18,15	18,25	1,02195	18,651	-0,501	

Fonte: Autores

Tabelas 30: Fck Corrigido: Concreto de 25 MPa com seixo 0, aos 28 dias

§ - 25 MPa § - Seixo 0 § - Areia Grossa Natural	Fck - 28 Dias		Fator de Correção	Fck Corrigido (CP garrafa x Correção)	Desvio Padrão	Mediana do Desvio Padrão
	CP convencional	CP garrafa (mediana)				
Obra 2	34,50	24,21	1,40485	34,011	0,489	1,3930
Obra 4	25,80	20	1,40485	28,097	-2,297	
Obra 8	34,50	21,21	1,40485	29,797	4,703	

Fonte: Autores

Tabelas 31: Fck Corrigido: Concreto de 25 MPa com brita 1, aos 07 dias

§ - 25 MPa § - Brita 1 § - Areia Grossa Natural	Fck - 7 Dias		Fator de Correção	Fck Corrigido (CP garrafa x Correção)	Desvio Padrão	Mediana do Desvio Padrão
	CP convencional	CP garrafa (mediana)				
Obra 5	28,90	18,69	1,59135	29,742	-0,842	0,8420
Obra 6	30,60	18,7	1,59135	29,758	0,842	
Obra 7	29,70	18,7	1,59135	29,758	-0,058	

Fonte: Autores

Tabelas 32: Fck Corrigido: Concreto de 25 MPa com brita 1, aos 28 dias

§ - 25 MPa § - Brita 1 § - Areia Grossa Natural	Fck - 28 Dias		Fator de Correção	Fck Corrigido (CP garrafa x Correção)	Desvio Padrão	Mediana do Desvio Padrão
	CP convencional	CP garrafa (mediana)				
Obra 5	32,60	22,08	1,72675	38,127	-5,527	0,0925
Obra 6	35,20	20,44	1,72675	35,295	-0,095	
Obra 7	33,90	19,58	1,72675	33,810	0,090	

Fonte: Autores

3.4 COMPARAÇÕES COM OUTROS TRABALHOS

A princípio este equipamento foi desenvolvido por dois acadêmicos graduados no curso CST em Construção de Edifícios, Alcimar Araújo Milhomem e Fernanda Batista dos Santos em seus trabalhos de Conclusão de Curso.

O equipamento atingiu o resultado esperado, conseguindo alcançar o objetivo de funcionamento para o qual foi projetado. Nesse trabalho realizado, variando o volume da garrafa usada como molde para os corpos-de-prova, 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 convencionais. 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. Sendo assim, adotou-se desta forma a garrafa de 1,5 litros como corpo-de-prova padrão para realização desse ensaio.

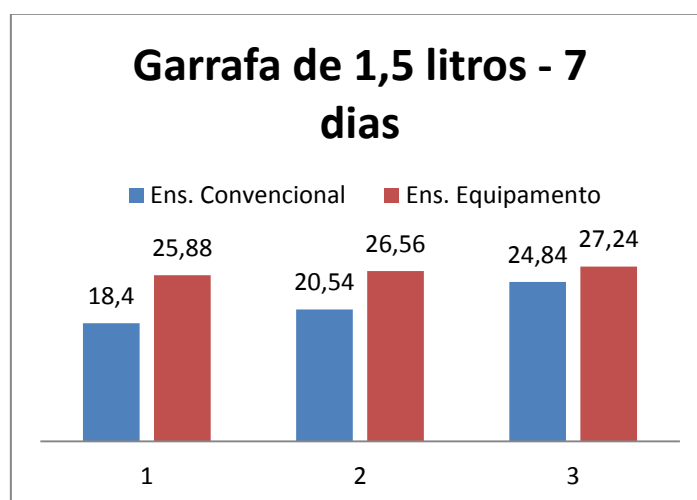


Gráfico 17: Tensão de Ruptura dos Concretos aos 7 dias (MPa)
Fonte: TCC Alcimar e Fernanda

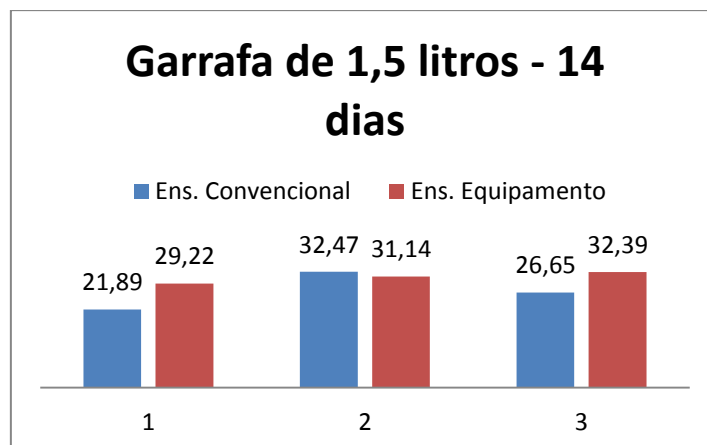


Gráfico 18: Tensão de Ruptura dos Concretos aos 14 dias (Mpa)
Fonte: TCC Alcimar e Fernanda

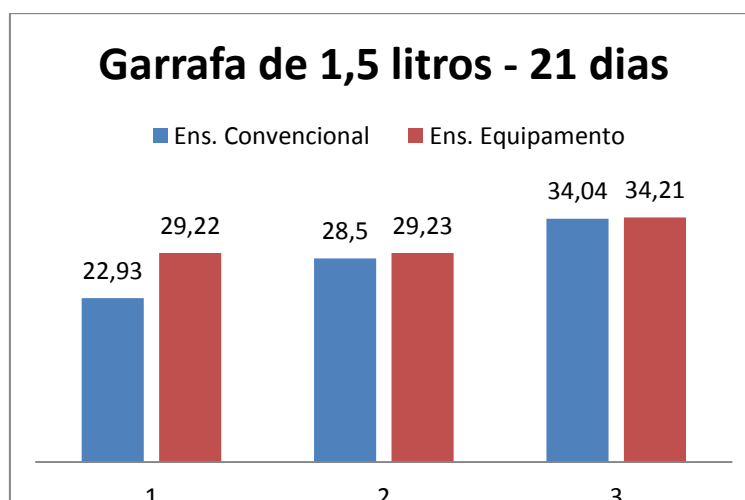


Gráfico 19: Tensão de Ruptura dos Concretos aos 21 dias (Mpa)
Fonte: TCC Alcimar e Fernanda.

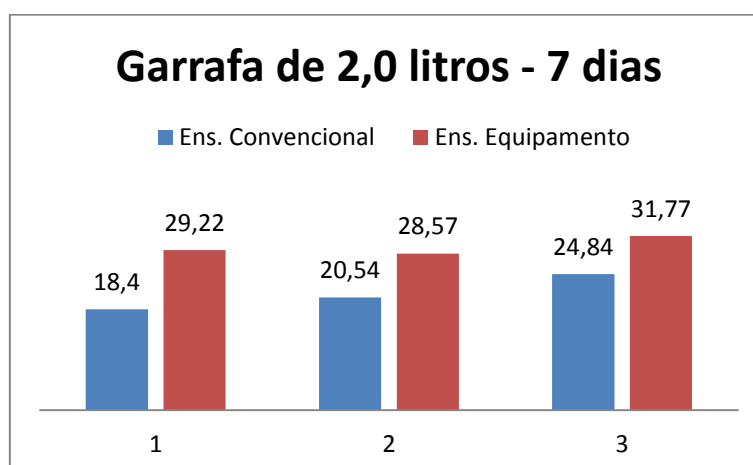


Gráfico 20: Tensão de Ruptura dos Concretos aos 7 dias (Mpa)
Fonte: TCC Alcimar e Fernanda.

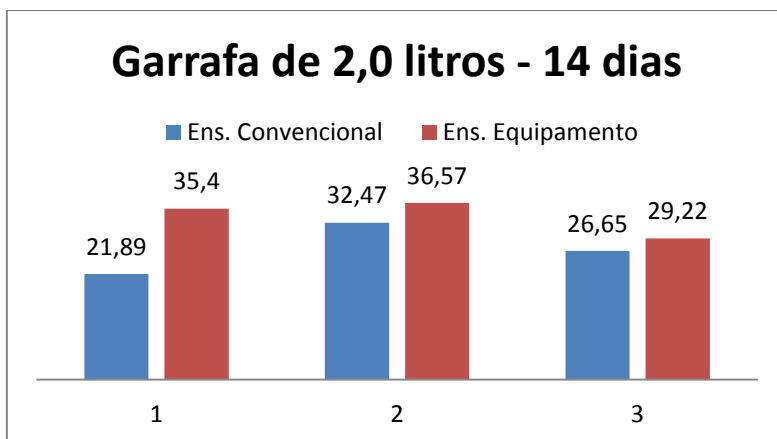


Gráfico 21: Tensão de Ruptura dos Concretos aos 14 dias (Mpa)
Fonte: TCC Alcimar e Fernanda.

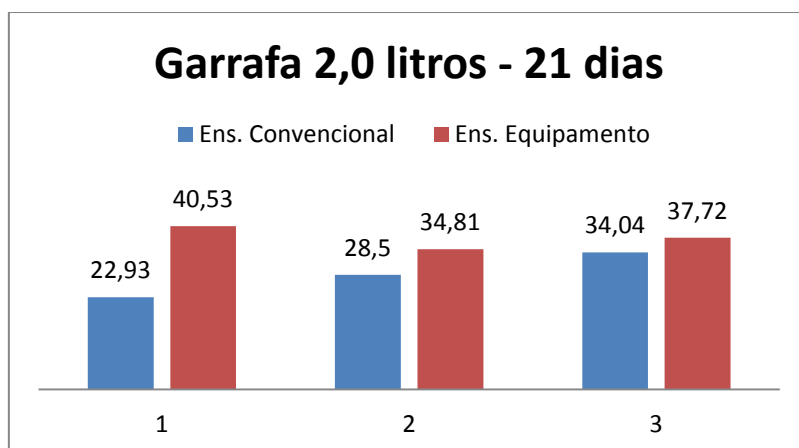


Gráfico 22: Tensão de Ruptura dos Concretos aos 21 dias (Mpa)
Fonte: TCC Alcimar e Fernanda.

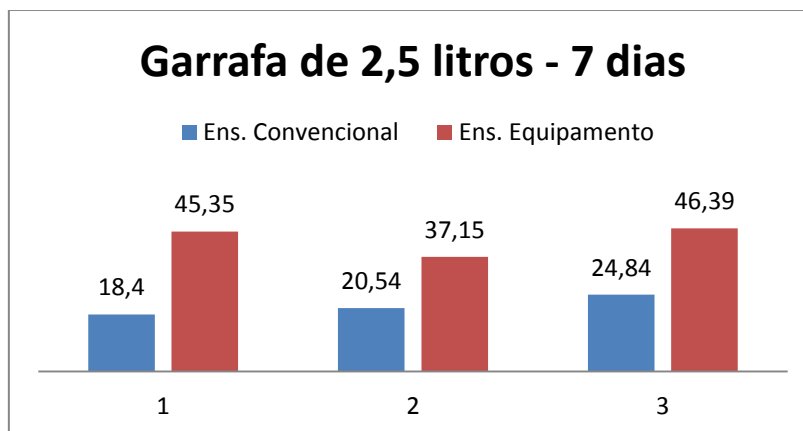


Gráfico 23: Tensão de Ruptura dos Concretos aos 7 dias (Mpa)
Fonte: TCC Alcimar e Fernanda.

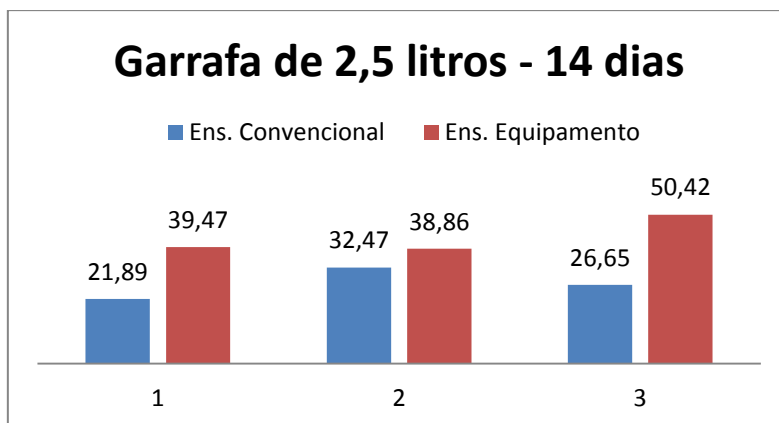


Gráfico 24: Tensão de Ruptura dos Concretos aos 14 dias (Mpa)
Fonte: TCC Alcimar e Fernanda.

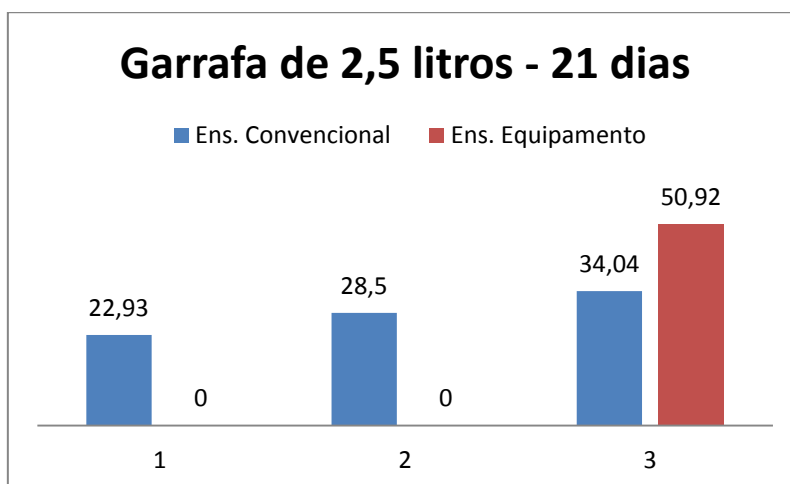


Gráfico 25: Tensão de Ruptura dos Concretos aos 21 dias (Mpa)
Fonte: TCC Alcimar e Fernanda.

Dando continuidade à linha de pesquisa, a aluna Hizadora Constanza Medina D'Ambros, do Ensino Médio Integrado no curso de Edificações, em seu projeto de pesquisa, trabalhou com o equipamento variando o agregado graúdo, utilizando seixo e brita. Com os resultados obtidos, chegou-se a conclusão de que o equipamento mostrou-se eficiente para os dois tipos de agregado.

Tabela 33: Pesquisa 02: Variando o agregado graúdo.

NOME DO CP	IDADE (DIAS)	CP CILÍNDRICO	CP GARRAFA
		RESISTÊNCIA (Mpa)	FCK (corrigido)
B 20 CI (21/6)	7	12,6	15,30
B 20 CII (21/6)	7	17,4	20,50
S 20 CI (22/6)	7	20,5	23,40
B 25 CI (23/6)	7	31,3	34,50
B 25 CII (23/6)	7	29,6	32,30
S 25 CI (27/6)	7	24,9	27,80
S 25 CII (27/6)	7	21,1	24,70
B 20 CIII (28/6)	7	23,4	26,50
B25 CIII (28/6)	7	25,4	28,20
B 20 CII (21/6)	14	18,7	21,20
B 20 CI (21/6)	14	19,3	22,90
S 20 CI (22/6)	14	22,7	24,10
S 20 CII (22/6)	14	22,8	24,40
B 25 CI (23/6)	14	31,21	33,30
B 25 CII (23/6)	14	29,12	32,10
B 20 CIII (28/6)	14	24,43	26,20
B 25 CIII (28/6)	14	34,598	36,10
B 20 CI (21/6)	21	19,98	20,10
B 20 CII (21/6)	21	21,04	22,00
S 20 CI (22/6)	21	27,15	27,10
S 20 CII (22/6)	21	26,56	27,10
B 25 CI (23/6)	21	25,898	26,30
B 25 CII (23/6)	21	24,16	24,80

Fonte: Projeto de Pesquisa, Hizadora.

Com os resultados das pesquisas anteriores, podemos nos assegurar que o equipamento mostra-se eficiente para realização dos ensaios variando os agregados graúdos e utilizando garrafas PET de 1,5 litros como molde para os corpos cilíndricos. Assim, nessa pesquisa de análise experimental, foram utilizados variados traços e agregados, mantendo a garrafa de 1,5 litros como molde. O foco da pesquisa foi verificar o comportamento da barra de aço de 10 milímetros no ensaio de aderência do concreto utilizando o mesmo equipamento, uma vez que, nas pesquisas anteriores, foram utilizadas barras com diâmetro de 08 mm.

3.5 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.

Tabela34: Custos

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

Fonte: TCC Alcimar e Fernanda

4. CONCLUSÃO

Observou-se que os resultados da análise experimental utilizando barras de aço de 10 mm com as garrafas de 1,5 litros, se mostraram satisfatório quando comparados aos trabalhos anteriores e aos ensaios de corpos-de-prova convencionais, apresentando adequação ao equipamento e a metodologia de ensaio.

O tratamento estático feito com os dados obtidos dos ensaios se mostraram eficientes. Uma vez que calculada a mediana dos ensaios com o equipamento e comparada ao ensaio convencional de cada concretagem, foi possível determinar a razão de proporcionalidade, onde posteriormente pode-se calcular a mediana da razão dessa proporcionalidade para os concretos com as características estudadas na pesquisa e se encontrar o fator de correção. Com o fator de correção encontrado, foi possível determinar o F_{ck} corrigido e o desvio padrão da amostra para os concretos de características diferentes, de acordo com o período de cura, e para ensaio feitos utilizando barra de aço de 10 mm.

A determinação do fator de correção servirá para encontrar o F_{ck} corrigido nas tensões de ruptura de futuros ensaios feitos utilizando esse equipamento, para as características dos concretos estudas neste trabalho com barra de 10 mm, tornando assim, o controle tecnológico do concreto, menos burocrático e mais acessível.

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.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR NM 26:2009 - Agregados – Amostragem**. Rio de Janeiro, 2009.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR – 7217:2009 – Agregados – Determinação da composição granulométrica – Método de ensaio**. Rio de Janeiro, 2009.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR NM ISO 2395:1997 - Peneira de ensaio e ensaio de peneiramento – Vocabulário**. Rio de Janeiro, 1997.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR NM ISO 3310-1:2010 - Peneiras de ensaio - Requisitos técnicos e verificação Parte 1: Peneiras de ensaio com tela de tecido metálico (ISO 3310-1, IDT)**. Rio de Janeiro 2010.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Associação Brasileira de Normas Técnicas **NBR NM ISO 3310-2:2010 - Peneiras de ensaio - Requisitos técnicos e verificação Parte 2: Peneiras de ensaio de chapa metálica perfurada (ISO 3310-2:1999, IDT)**. Rio de Janeiro 2010.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR – 7211:2009 – Agregados para concreto – Especificação**. Rio de Janeiro, 2009.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR NM 27:2001 - Agregados - Redução da amostra de campo para ensaios de laboratório**. Rio de Janeiro, 2001.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR – 7219:1987 – Agregados – Determinação do teor de materiais pulverulentos.** Rio de Janeiro, 1987.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR NM 53:2009 - Agregado graúdo - Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água.** Rio de Janeiro, 2009.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NM 45:2006 - Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios.** Rio de Janeiro, 2006.

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 52:2009 – Agregados – Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman.** Rio de Janeiro, 2009.

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 – 45:2006 - Determinação da massa unitária do agregado miúdo,** Rio de Janeiro, 2006.

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 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.

ESTUDO DA ADERÊNCIA ENTRE O AÇO E O CONCRETO.
<<http://www.bv.fapesp.br/estudoaderenciaacoconcretoinfluencia/>> **Acesso em: 27 de maio de 2011.**

MILHOMEM, Alcimar; SANTOS, Fernanda. Popularizar a tecnologia do concreto, criando um equipamento para determinar a resistência à compressão do concreto, de baixo custo e acessível. **Palmas, 2010.**