

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
ESPECIALIZAÇÃO EM PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES**

ÍCARO MARIANI RIBEIRO DOS SANTOS

**ESTUDO DE DOSAGENS DE CONCRETO PARA AUMENTO DA
RESISTÊNCIA À TRAÇÃO NA FLEXÃO**

MONOGRAFIA

CURITIBA

2014

ÍCARO MARIANI RIBEIRO DOS SANTOS

**ESTUDO DE DOSAGENS DE CONCRETO PARA AUMENTO DA
RESISTÊNCIA À TRAÇÃO NA FLEXÃO**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título Especialista em Patologia das Construções, do Departamento de Construção Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Aduino Lima

CURITIBA

2014

ICARO MARIAM RIBEIRO DOS SANTOS

**ESTUDO DE DOSAGENS DE CONCRETO PARA AUMENTO DA
RESISTÊNCIA A TRAÇÃO NA FLEXÃO**

Monografia aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Especialista no Curso de Pós-Graduação em Patologia das Construções, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, pela comissão formada pelos professores:

Orientador:

Prof. Dr. Adauto José Miranda de Lima
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Banca:

Prof. Dr. Fernando Luiz Begheto
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Prof. M. Eng. Amacin Rodrigues Moreira
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Curitiba
2014

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus pelo amor incondicional.

À minha família, que sempre me apoiou em todos os momentos e decisões.

Ao engenheiro Jorge Christófolli, pelas explicações técnicas, incentivo e companheirismo.

Ao professor Aduino Lima, pelo pela ajuda técnica, orientadora e opinativa na realização deste trabalho.

À UTFPR pela possibilidade de adquirir um amplo conhecimento na área de Patologia das Construções e me tornar um especialista.

Ao Engenheiro Murilo Mann que muito contribuiu para o trabalho, tanto ajudando na realização das dosagens como contribuindo com conhecimento técnico.

Por fim à Cia. de Cimento Itambé, pela oportunidade de realizar um trabalho beneficiando tanto universidade quanto empresa, ampliando o conhecimento na área.

“O único lugar em que o sucesso vem
antes do trabalho é no dicionário”
(Albert Einstein)

RESUMO

MARIANI RIBEIRO DOS SANTOS, Ícaro. **Estudo de Dosagens de Concreto para Aumento da Resistência à Tração na Flexão, 2014**. Número total de folhas. Monografia (Especialização em Patologia das Construções) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2014

O Brasil nos últimos anos teve um grande salto na construção civil, onde foi possível observar obras de pequeno, médio e grande porte. Este fato atrelado ao de que o principal produto da construção é o concreto, elevou o consumo deste a patamares jamais vistos. O concreto utilizado tem as mais diversas funções e características, devido aos diferentes tipos de aglomerantes, agregados e aditivos utilizados; Porém a principal característica, função e referência, continuam sendo a resistência à compressão. Com o aumento da demanda, aumentou-se também a rigorosidade nas propriedades do concreto, sendo uma destas propriedades a resistência a tração, que caso não atinja os valores estipulados em projeto, pode comprometer a integridade estrutural da peça e até mesmo gerar manifestações patológicas. Diante do exposto, este trabalho apresenta um comparativo de dosagens de concreto para se obter tanto uma maior resistência a tração quanto uma maior relação entre a resistência a compressão e a tração. As dosagens foram feitas variando-se os consumos de cimento e teores de argamassa em composições com brita 0 e brita 1, além da adição de fibras de aço e polipropileno de modo a avaliar o comportamento. Foram moldados corpos de prova prismáticos de 500x150x150mm para rompimentos a tração na flexão segundo a NBR 12142:2010 e corpos de prova cilíndricos para rompimentos a compressão segundo a norma NBR 5739:2007. Também foi feito um comparativo de rompimento dos prismas secos e saturados. Os resultados mostraram que a adição de fibras altera as resistências a tração obtidas e também que concretos com composições apenas de Brita 1 e mesclas de Brita 0 e 1 tem comportamentos diferentes. Na mesma linha, o comparativo do rompimento a tração de corpos de prova prismáticos secos e saturados mostrou uma diferença nas resistências obtidas.

Palavras-chave: Concreto. Resistência. Tração.

ABSTRACT

MARIANI RIBEIRO DOS SANTOS, Ícaro. **Concrete Compositions Study to Increase Tensile Strength in Bending, 2014**. Número total de folhas. Monografia (Especialização em Patologia das Construções) - Federal Technology University - Paraná. Curitiba, 2014.

Brazil has in recent years a big jump in civil construction, where it was possible to observe works of small, medium and large sizes. This fact coupled to the fact that concrete is the main product of construction, increased the intake to levels never seen before. Concrete has different characteristics due to different types of cement, aggregates and additives used; However the main characteristic remains the compressive strength. With increasing demand, also increased rigor to properties of concrete, and one of these properties is tensile strength, which if less than the amounts stipulated in the project, can compromise the structural integrity of the piece and even generate pathological manifestations. Given the above, this paper presents a comparative of concrete dosages to obtain a higher tensile strength and a greater relationship between compressive strength and traction. The dosages were made varying the levels of cement content and mortar content in compositions with crushed gravels 0 and 1, plus the addition of steel and polypropylene fibers in order to evaluate its behavior. Prismatic samples of 500x150x150mm were molded for disruptions in traction in flexion according to NBR 12142:2010, and cylindrical samples to disruptions in compression according to NBR 5739:2007. Was also made a comparative of disruptions of dry and saturated prisms. The results showed that the addition of fibers alters the resistance to traction and also that concrete compositions only with gravel 1 and gravels 0-1, have different behaviors. In line, the dry and saturated disruptions showed distinct behaviors.

Keywords: Concrete. Resistance. Tensile.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema de rompimento por tração na compressão diametral (FONTE: ABNT NBR 7222:2010)	16
Figura 2 – Distribuição de tensões através do diâmetro carregado de um corpo de prova cilíndrico (FONTE: MEHTA & MONTEIRO, 2008).....	17
Figura 3 – Esquema de rompimento de concreto por tração direta (FONTE: Estruturas de Concreto – Libânio Pinheiro).....	18
Figura 4 – Esquema de rompimento por tração na flexão (FONTE: ABNT NBR 7222:2010)	18
Figura 5 – Fibra de Poliéster (FONTE: Cia. de Cimento Itambé)	22
Figura 6 – Fibra de Polipropileno estrutural utilizada no estudo (FONTE: Cia. de Cimento Itambé).....	23
Figura 7 – Fibra de Aço estrutural utilizada no estudo (Fonte: Cia. de Cimento Itambé)	23
Figura 8 – Dosagem de concreto (materiais pesados, prismas moldados e betoneira utilizada)	24
Figura 9 – Acondicionamento dos corpos de prova no tanque de cura.....	25
Figura 10 – Betoneira com capacidade para 50l utilizada para confecção do concreto	33
Figura 11 – Balança digital com resolução de 1g para pesagem de cimento, água e aditivos	33
Figura 12 – Provetas e pipeta para pesagem de água e aditivos.....	34
Figura 13 – Balança para pesagem de agregados.....	34
Figura 14 – Prensa utilizada para rompimento dos corpos de prova	35
Figura 15 – Detalhe de um rompimento de um prisma de concreto.....	36

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Distribuição Granulométrica Areia Natural Fina	27
Gráfico 2 –Distribuição Granulométrica Areia Industrial.....	29
Gráfico 3 – Distribuição Granulométrica da Brita 0	30
Gráfico 4 – Distribuição Granulométrica da Brita 1	32
Gráfico 5 – Resistência à Tração x Teor de Argamassa	39
Gráfico 6 – Comparativo das Resistências à Tração de concretos com Fibras	41
Gráfico 7 – Comparativo de Composições de concreto com e sem Fibras	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características Químicas do Cimento	25
Tabela 2 – Características Físicas do Cimento	26
Tabela 3 – Características Físicas da Areia Natural Fina	26
Tabela 4 – Granulometria da Areia Natural Fina	27
Tabela 5 – Características Físicas Areia Industrial	28
Tabela 6 – Granulometria da Areia Industrial	28
Tabela 7 – Características Físicas da Brita 0	29
Tabela 8 – Granulometria da Brita 0	30
Tabela 9 – Características Físicas da Brita 1	31
Tabela 10 – Granulometria da Brita 1	31
Tabela 11 – Características Físicas do Aditivo.....	32
Tabela 12 – Resultado das Composições com Brita 0-1	38
Tabela 13 – Resultados das Composições com Brita 1	40
Tabela 14 – Resultado das Composições com Fibras	41
Tabela 15 – Comparativo Rompimentos Seco/Saturado	43

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO	15
2.2 RESISTÊNCIA À TRAÇÃO	15
2.2.1 Ensaio para Avaliar a Resistência a Tração do Concreto	16
2.2.1.1 Ensaio de tração por compressão diametral	16
2.2.1.2 Ensaio de tração direta	17
2.2.1.3 Ensaio de tração na flexão.....	18
2.3 CORRELAÇÃO ENTRE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO E RESISTÊNCIA À TRAÇÃO	19
2.3.1 Consumo de Cimento	20
2.3.2 Relação Água/Cimento	20
2.3.3 Teor de Argamassa	20
2.3.4 Tipo de Rompimento.....	21
2.3.5 Composição Granulométrica	21
2.3.6 Adição de Fibras	22
3 PROGRAMA EXPERIMENTAL	24
3.1 DOSAGENS.....	24
3.1.1 Cura do Concreto.....	25
3.2 MATERIAIS EMPREGADOS	25
3.2.1 Cimento	25
3.2.2 Agregados	26
3.2.2.1 Agregado Miúdo.....	26
3.2.2.2 Agregado Graúdo.....	29
3.2.3 Aditivo	32
3.3 APARELHAGEM.....	32
3.4 CORPOS DE PROVA	35
3.5 ROMPIMENTO DOS CORPOS DE PROVA.....	35
3.6 MÉTODO DE ANÁLISE	36
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	38
4.1 REDUÇÃO DO TEOR DE ARGAMASSA (BRITA 0 E 1)	38
4.2 REDUÇÃO DO TEOR DE ARGAMASSA (BRITA 1)	39
4.3 ADIÇÃO DE FIBRAS	40
4.4 COMPOSIÇÕES DE BRITA 0-1 COM E SEM FIBRAS.....	42
4.5 COMPARATIVO DE ROMPIMENTO DOS PRISMAS SECOS E SATURADOS	43
5 CONCLUSÃO.....	44
6 SUGESTÃO DE TRABALHOS FUTUROS	45
7 REFERÊNCIAS	46

ANEXO A - Dosagens de Concreto com Mesclas de Brita 0 e 1	48
ANEXO B - Dosagens de Concreto com Mesclas de Brita 0 e 1	52
ANEXO C - Dosagens de Concreto com Mesclas de Brita 1	63
ANEXO D - Dosagens de Concreto com Fibra	69

1 INTRODUÇÃO

O mercado da construção civil que esteve em plena expansão nos últimos anos no Brasil, vem apresentando também um aumento no controle qualidade das obras e dos materiais empregados. Desta maneira, pelo fato do concreto ser o principal material utilizado (segundo material mais utilizado no mundo), o controle sobre este também vem aumentando de maneira significativa. Este controle possibilita que a qualidade do produto seja maior, sendo atendidas com mais rigorosidade todas as propriedades que este necessita para a sua função, seja ela estrutural ou não.

A principal propriedade do concreto, normalmente é a resistência à compressão, pois é o parâmetro mais avaliado e mais correlacionado com outras propriedades importantes. O concreto também possui outros tipos de resistência:

- Resistência à penetração de íons cloretos;
- Resistividade Elétrica;
- Resistência a Sulfatos;
- Resistência à Abrasão;
- Resistência à tração na flexão;
- Outras;

Esta última é o objeto de estudo deste trabalho, pois é correlacionada constantemente com a resistência à compressão do concreto. Trata-se de uma propriedade importante, pois muitas vezes se faz uso de um concreto que tenha uma resistência à tração na flexão determinada.

A resistência a tração na flexão, é normalmente requisitada em pisos industriais ou em pavimentos rígidos, onde além da malha de aço, o concreto necessita suportar as cargas a que será submetido. Uma vez que o concreto não possua adequada resistência, poderá fissurar possibilitando a entrada de agentes agressivos, gerando outras manifestações patológicas subsequentes.

Quando o concreto é dosado de modo a obter uma maior resistência à tração, normalmente se faz uma redução no teor de argamassa de modo a deixá-lo mais “pedrento” ou menos argamassado; Este parâmetro é estudado neste trabalho também, uma vez que são feitas séries de dosagens reduzindo o teor de argamassa para averiguação desta propriedade.

1.1. OBJETIVO

Este trabalho tem por objetivo estudar a melhor composição/dosagem de um concreto, para que este tenha sua resistência à tração na flexão maximizada. O estudo visa concluir através de ensaios laboratoriais, ou seja, de dosagens feitas em laboratório, que o esqueleto granulométrico do concreto, tem grande influência nesta propriedade.

O estudo visa também fazer um comparativo entre rompimento de prismas secos e saturados, para avaliar se realmente as condições de umidade no rompimento tem influencia na resistência final, haja vista que a maior parte das estruturas *in loco* não estão completamente saturadas.

1.2. JUSTIFICATIVA

A má execução e dosagem de concretos que necessitam uma determinada resistência à tração na flexão, justificam este trabalho. O trabalho se galga no princípio de que quanto maior o empacotamento das partículas ou o fechamento granulométrico, maior será a resistência, seja ela à compressão ou à tração, devido ao travamento das partículas.

Como dito anteriormente, muitas vezes se faz uma redução do teor de argamassa buscando-se uma maior resistência à tração, porém quando se faz esta redução o concreto fica mais áspero dificultando o acabamento superficial. Uma vez que o acabamento não seja feito de maneira eficiente, a parte superior do piso ou pavimento rígido poderá contar com áreas sujeitas à penetração da agentes agressivos e não possuir uma boa resistência à abrasão.

Exposto isto, o trabalho irá contribuir para o meio técnico tanto acadêmico quanto operacional, para que sejam conhecidos parâmetros, dosagens e propriedades de concretos com necessidade de resistência à tração e sua aplicabilidade.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

A resistência à compressão de um concreto é, em termos técnicos, a propriedade mais importante. É através dela que são feitas várias análises e correlações com outras propriedades deste, até mesmo correlações com ensaios específicos, por exemplo:

- Ultrassom;
- Esclerometria;
- Arrancamento;
- Etc;

Estes ensaios visam de maneira geral, estimar a resistência à compressão do concreto; No entanto hoje não temos ensaios de fácil execução para avaliação da resistência à tração, desta feita, atribui-se muitas vezes a resistência à tração como uma fração da resistência à compressão; Fração esta normalmente correspondente a 1/10 (10%).

Muitas vezes esse valor não é atingido e de forma geral, quanto maior o f_{ck} de um concreto, menor será a relação entre compressão e tração, isto, pois a microestrutura do concreto tem comportamentos diferentes quando submetida a esses dois tipos de esforços; Sendo assim o crescimento da resistência à compressão se dá de forma mais acentuada do que a tração; Analogamente quanto menor o f_{ck} do concreto, maior será a relação com a compressão obtida.

A resistência à compressão é obtida através do rompimento de corpos de prova, e no Brasil é regida pela NBR 5739:2007.

2.2 RESISTÊNCIA À TRAÇÃO

A resistência à tração é a propriedade que um material possui de suportar cargas de tensionamento; É basicamente a capacidade que o concreto possui de suportar esforços inversos ao da compressão.

2.2.1 Ensaios para Avaliar a Resistência a Tração do Concreto

Para fazer a análise da resistência à tração do concreto, foram desenvolvidos métodos de ensaio que possibilitem a quantificação desta propriedade, sendo alguns mais simples e menos elaborados e outros mais complexos e mais trabalhosos. O método de ensaio para avaliação neste estudo foi o de tração na flexão; Seguem abaixo os três tipos de ensaios mais comuns:

2.2.1.1 Ensaio de tração por compressão diametral

Também conhecido como “método brasileiro”, este ensaio foi idealizado pelo Engenheiro Fernando Lobo Carneiro, e se tornou um método aceito e utilizado amplamente em escala mundial devido a sua praticidade e também por mensurar a resistência à tração a partir de corpos de prova cilíndricos, que são os mais utilizados atualmente.

A norma que rege este método é a 7222:2010, onde é descrito o aparato para medir a resistência à tração do concreto, a Figura 1 ilustra como é este equipamento.

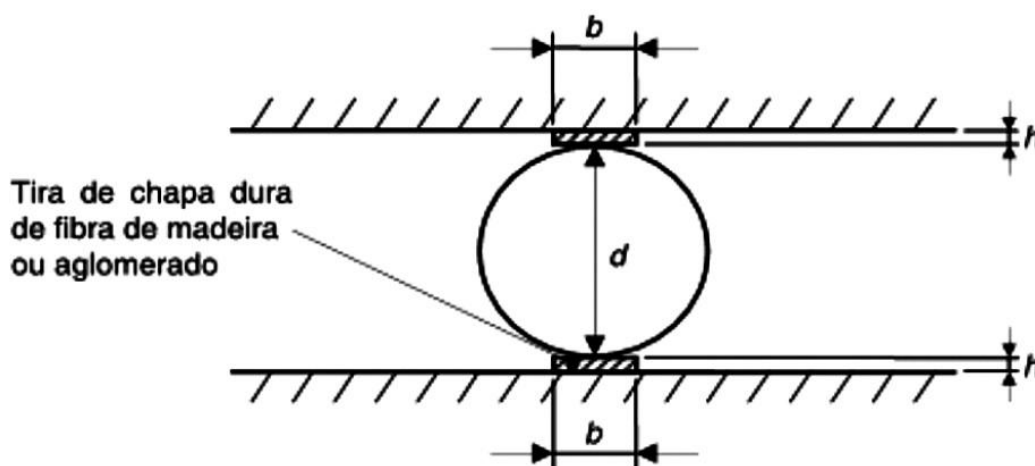


Figura 1 – Esquema de rompimento por tração na compressão diametral (FONTE: ABNT NBR 7222:2010)

A resistência é calculada segundo a Equação 1.

Equação 1 – Cálculo da resistência à tração por compressão diametral

$$f_{ct,sp} = \frac{2F}{udL}$$

Onde:

$f_{ct,sp}$ = Resistência à tração por compressão diametral;

F = Carga máxima aplicada (kN);

L = Comprimento do corpo de prova (mm);

d = diâmetro do corpo de prova (mm).

A configuração do ensaio faz com que se desenvolvam tensões de tração perpendiculares ao plano de ação da força aplicada, conforme ilustrado na Figura 2.

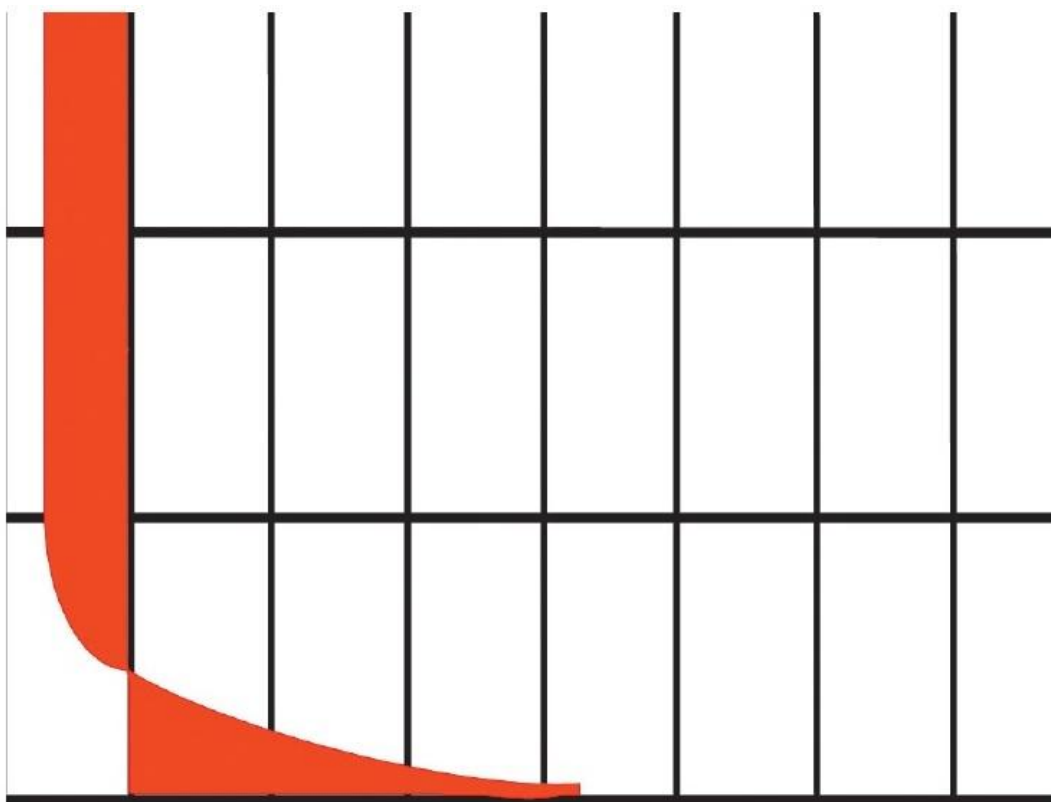


Figura 2 – Distribuição de tensões através do diâmetro carregado de um corpo de prova cilíndrico (FONTE: MEHTA & MONTEIRO, 2008)

2.2.1.2 Ensaio de tração direta

Neste ensaio, a resistência à tração direta, f_{ct} , é determinada aplicando-se tração axial até a ruptura em corpos de prova de concreto simples (Figura 3). A seção central é retangular, com 90mm por 15mm e as extremidades são quadradas, com 150mm de cada lado.

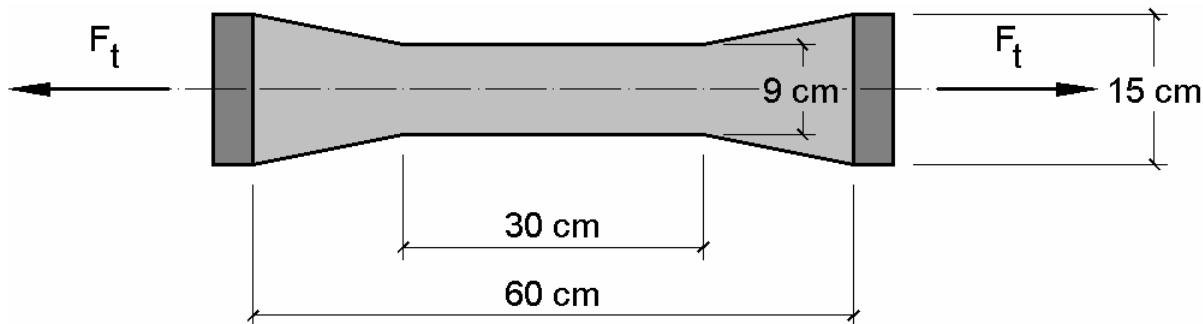


Figura 3 – Esquema de rompimento de concreto por tração direta (FONTE: Estruturas de Concreto – Libânio Pinheiro)

2.2.1.3 Ensaio de tração na flexão

É o ensaio utilizado neste estudo e consiste basicamente no rompimento de prismas com dimensões de 500mm x 150mm x 150mm, segundo a norma 12142:2010 (**Figura 4**).

A resistência é calculada através de fórmulas dispostas na norma, através do parâmetro de entrada (KN) e da posição da superfície de ruptura (se está dentro do terço médio de rompimento).

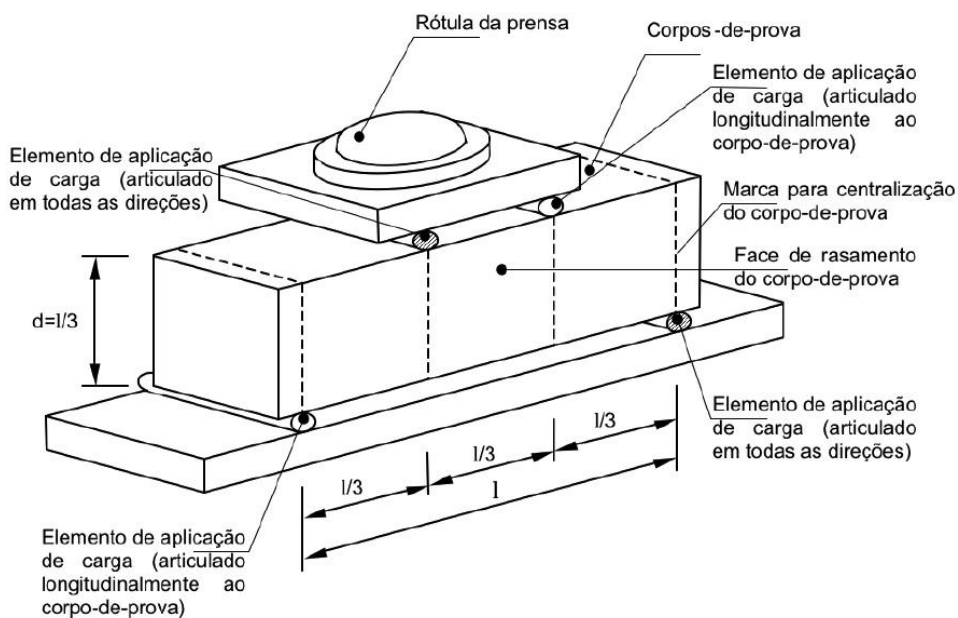


Figura 4 – Esquema de rompimento por tração na flexão (FONTE: ABNT NBR 7222:2010)

Este método utiliza para cálculo a Equação 2.

Equação 2 – Cálculo da Resistência à tração na Flexão

$$f_{ct,f} = \frac{F \cdot l}{b \cdot h^2}$$

Onde:

$f_{ct,f}$ = Resistência à tração na flexão (MPa);

F = Carga máxima aplicada;

l = Comprimento do vão (mm);

b e h = Largura e altura média do corpo de prova na seção de ruptura, respectivamente (mm).

Caso a ruptura ocorra fora do terço médio, em uma seção transversal contida entre o plano de aplicação de uma das forças e o plano que contém a seção um dos apoios, mas não mais do que 5% do comprimento do vão, a resistência é calculada pela Equação 3.

Equação 3 – Cálculo da Resistência à Tração fora do terço médio

$$f_{ct,f} = \frac{3 \cdot F \cdot a}{b \cdot h^2}$$

Neste caso, “a” corresponde à distância média entre a linha de ruptura na face tracionada e a linha correspondente ao apoio mais próximo, mediante a tomada de pelo menos três medidas.

2.3 CORRELAÇÃO ENTRE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO E RESISTÊNCIA À TRAÇÃO

No meio técnico, muito se fala que a resistência à tração corresponde a 10% da resistência à compressão, porém o consumo de cimento, a relação água/cimento, teor de argamassa, tipo de rompimento (seco saturado), composição granulométrica dos agregados (britas 0-1, areias naturais e artificiais) e adição de fibras, alteram significativamente a relação entre compressão e tração.

Os fatores supracitados são descritos abaixo de maneira mais específica.

2.3.1 Consumo de Cimento

O consumo de cimento tem grande influência, pois é um material fino que hidrata com a adição da água com o passar do tempo. Desta maneira quanto maior o consumo de cimento, conseqüentemente maior a quantidade de finos na mistura. Quanto mais finos, maior será a superfície específica, aumentando assim o travamento da composição e conseqüentemente sua resistência (desde que seja reduzida a relação água/cimento), assim a relação água/materiais secos também é reduzida. Com maior quantidade de materiais secos ocorre uma elevação na resistência à compressão e na tração, porém a tendência é que a taxa de crescimento na compressão seja maior do que na tração, diminuindo assim a correlação entre as duas resistências (MEHTA & MONTEIRO,2008).

2.3.2 Relação Água/Cimento

A relação água/cimento é o fator que infere diretamente na resistência à compressão, segundo a lei de DUFF ABRAMS (1918). Quanto menor a relação água/cimento, maior será a resistência à compressão do concreto, sendo o inverso verdadeiro. Desta maneira, semelhante ao consumo de cimento, a correlação entre resistência à compressão e tração é alterada pela relação água/cimento, sendo que quanto menor a A/C, menor a correlação entre as resistências.

2.3.3 Teor de Argamassa

Este é um parâmetro que vem a ser estudado neste trabalho, pois muito se diz a respeito da influência do teor de argamassa na resistência à compressão e à tração do concreto.

Quando se reduz o teor de argamassa de um concreto, este fica com um aspecto mais áspero ou “pedrento”, desta maneira espera-se que se tenha um ganho na resistência. Neste trabalho foram feitas diversas composições com reduções nos teores de argamassa, de modo a verificar esta propriedade.

Outro fator que deve ser levado em consideração quando se faz uma alteração no teor de argamassa, é que um concreto com um alto teor de argamassa

tende a demandar mais água para manter a mesma trabalhabilidade, já o inverso tende a ser verdadeiro; Porém mesmo que se tenha um concreto com uma baixa relação a/c, este pode vir a ter manifestações patológicas, pois este tende a ter uma maior dificuldade de aplicação e acabamento de ordem operacional, gerando assim manifestações patológicas não previstas.

2.3.4 Tipo de Rompimento

Na resistência à compressão, é de conhecimento geral que quando o corpo de prova é rompido em condição saturada, a resistência final do ensaio será menor, se comparada com um rompimento em condição seca. Isto ocorre porque a água presente no concreto quando este está saturado, gera microtensões no interior, fazendo com que a água, que é um líquido incompressível, gere microfissuras provocando o rompimento do corpo de prova antes do que se o mesmo estivesse seco (MEHTA & MONTEIRO, 2008).

O que ocorre no rompimento por compressão acima citado, não ocorre necessariamente no rompimento a tração, onde a resultante pode ser diferente. A diferença do comportamento será discutida no item resultados e discussões.

2.3.5 Composição Granulométrica

Muitos estudos estão sendo realizados no que tange o empacotamento das partículas ou o fechamento granulométrico de uma composição de concreto. Já se tem uma confiabilidade certa de que quanto melhor for o fechamento do concreto, ou seja, o preenchimento dos vazios através dos agregados e aglomerante, maior será a resistência do concreto.

Seguindo a linha exposta acima, o trabalho foi realizado com composições de brita 1 e mesclas de brita 0 e 1, de modo a avaliar o comportamento e concluir qual concreto possui melhor resistência tanto à compressão quanto à tração, e desta forma fazer a correlação entre as resistências.

2.3.6 Adição de Fibras

Existem disponíveis no mercado hoje uma gama de fibras de materiais e funcionalidades diferentes. As fibras normalmente se dividem entre:

- Fibras de Aço Estruturais;
- Fibras de Polipropileno Estruturais;
- Fibras de Polipropileno não Estruturais;
- Fibras de Poliéster não Estruturais.

As fibras não estruturais não possuem boa resistência à tração e são mais utilizadas para minimizar fissuras, principalmente de origem na retração. As mais comumente utilizadas são as de poliéster, conforme Figura 5.



Figura 5 – Fibra de Poliéster (FONTE: Cia. de Cimento Itambé)

Já as fibras estruturais possuem uma robustez maior, para que possam suportar as tensões a que são submetidas, e por isso apenas estas foram consideradas na execução deste estudo. Como citado acima, são subdivididas em polipropileno estrutural e aço estrutural, conforme a Figura 6 e Figura 7 respectivamente.



Figura 6 – Fibra de Polipropileno estrutural utilizada no estudo (FONTE: Cia. de Cimento Itambé)



Figura 7 – Fibra de Aço estrutural utilizada no estudo (Fonte: Cia. de Cimento Itambé)

A adição das fibras teoricamente gera uma maior resistência à compressão, porém também acarreta numa perda de trabalhabilidade. Esta perda foi avaliada neste trabalho, ajustando-se o slump com água, para que todas as composições mantivessem a mesma trabalhabilidade.

3 PROGRAMA EXPERIMENTAL

No decorrer do trabalho, foi elaborado um projeto de estudo com uma série de dosagens com variações em parâmetros a serem analisados, para que fosse possível fazer uma análise comparativa.

3.1 DOSAGENS

As dosagens foram baseadas em tabelas com composições de concreto de uma usina de concreto da região de Curitiba/PR. Todas as composições foram feitas com Cimento Portland IV, mesclas de areia natural e industrial, britas 0 e 1 de origem basáltica, além de aditivo polifuncional dosado a 0,9% da massa de cimento.

As dosagens foram realizadas em ambiente de laboratório, com betoneira em volume reduzido nos traços para metragem cúbica. Os materiais foram pesados separadamente de modo a garantir que todos os componentes estivessem com o peso correto. Na Figura 8 é mostrada a betoneira onde foram confeccionadas as composições, assim como os materiais pesados de uma dosagem e também as formas onde os prismas foram moldados.



Figura 8 – Dosagem de concreto (materiais pesados, prismas moldados e betoneira utilizada)

3.1.1 Cura do Concreto

Após a dosagem e moldagem dos corpos de prova, estes eram desformados após 48 horas e armazenados em tanques de cura, segundo a NBR 5738, até a data do rompimento (28 dias). Na Figura 9 é mostrado o acondicionamento dos corpos de prova cilíndricos e prismáticos no interior do tanque de cura.



Figura 9 – Acondicionamento dos corpos de prova no tanque de cura

3.2 MATERIAIS EMPREGADOS

3.2.1 Cimento

O cimento empregado em todas as dosagens foi um CP- IV (Pozolânico), fabricado pela Cia. de Cimento Itambé, cujas características tanto químicas quanto físicas estão dispostas nas Tabela 1 e Tabela 2.

Tabela 1 – Características Químicas do Cimento

2013	ENSAIOS QUÍMICOS									
	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	P. Fogo	CaO L.	R. Ins.	Eq. Alc.
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
MÉDIA	10,31	28,7	3,76	44,65	3,17	2,24	3,26	1,08	25,58	1,33

Tabela 2 – Características Físicas do Cimento

2013	ENSAIOS FÍSICOS										
	Exp.	Tempo de Pega (h:min)		Cons. %	Blaine cm ² /g	200	325	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO			
		Início	Fim			#	#				
					%	%	1 dia	3 dias	7 dias	28 dias	
MÉDIA	0,46	03:43	04:24	30	4341	0,8	3,24	14,1	26,7	33,1	43,7

3.2.2 Agregados

Os agregados utilizados foram a Brita 1 (diâmetro de 19 mm) de origem basáltica, areia natural de rio e areia industrial. As características de cada um seguem abaixo.

3.2.2.1 Agregado Miúdo

Foram utilizados dois tipos de agregado miúdo, areia industrial de origem basáltica e areia natural de origem quartzosa, proveniente de Campo Largo, ambos os materiais de um único lote.

Os ensaios dos agregados miúdos foram realizados no laboratório da empresa Concrebras – Cia. de Cimento Itambé, e estão representados na Tabela 3, Tabela 4, Tabela 5 e Tabela 6 e suas distribuições granulométricas no Gráfico 1 e Gráfico 2.

Tabela 3 – Características Físicas da Areia Natural Fina

Areia Fina Bassani		
Ensaio	Resultado	Norma de Referência
Massa Específica (kg/dm ³)	2,62	NBR NM 52/2009
Massa Unitária (kg/dm ³)	1,35	NBR NM 45/2006
Material Pulverolento (%)	9,1	NBR NM 46/2003
Módulo de Finura	1,94	NBR NM 248/2003
Torrões de Argila (%)	1,5	NBR NM 7218/1987
Impureza Orgânica	Mais Clara	NBR NM 49/2001

Tabela 4 – Granulometria da Areia Natural Fina

Areia Fina Bassani			
Peneiras (mm)	Massa (g)	% Retida	% Acumulada
50			
38			
32			
25			
19			
12,5			
9,5			
6,3			
4,8	3	0	0
2,4	13	1	2
1,2	41	4	6
0,6	179	18	24
0,3	489	49	73
0,15	174	17	90
0,075	64	6	96
Fundo	37	4	100
Módulo de Finura	1,74		
Diâmetro Máximo	2,4 mm		

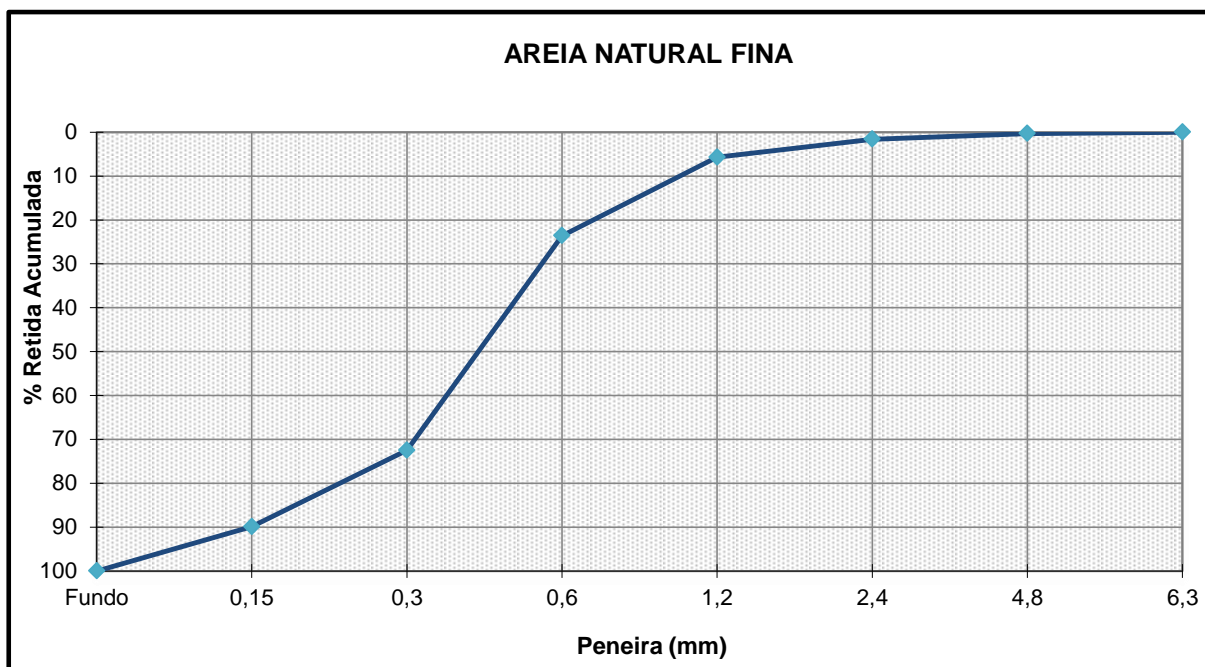


Gráfico 1 – Distribuição Granulométrica Areia Natural Fina

Tabela 5 – Características Físicas Areia Industrial

Areia Industrial de Amorin		
Ensaio	Resultado	Norma de Referência
Massa Específica (kg/dm ³)	2,59	NBR NM 52/2009
Massa Unitária (kg/dm ³)	1,37	NBR NM 45/2006
Material Pulverolento (%)	10	NBR NM 46/2003
Módulo de Finura	2,87	NBR NM 248/2003
Torrões de Argila (%)	0	NBR NM 7218/1987
Impureza Orgânica	Mais Clara	NBR NM 49/2001

Tabela 6 – Granulometria da Areia Industrial

Areia Industrial de Amorin			
Peneiras (mm)	Massa (g)	% Retida	% Acumulada
50			
38			
32			
25			
19			
12,5			
9,5			
6,3			
4,8			0
2,4	183	18	18
1,2	261	26	44
0,6	182	18	62
0,3	143	14	76
0,15	105	11	87
0,075	62	6	93
Fundo	64	6	100
Módulo de Finura	2,87		
Diâmetro Máximo	2,4		

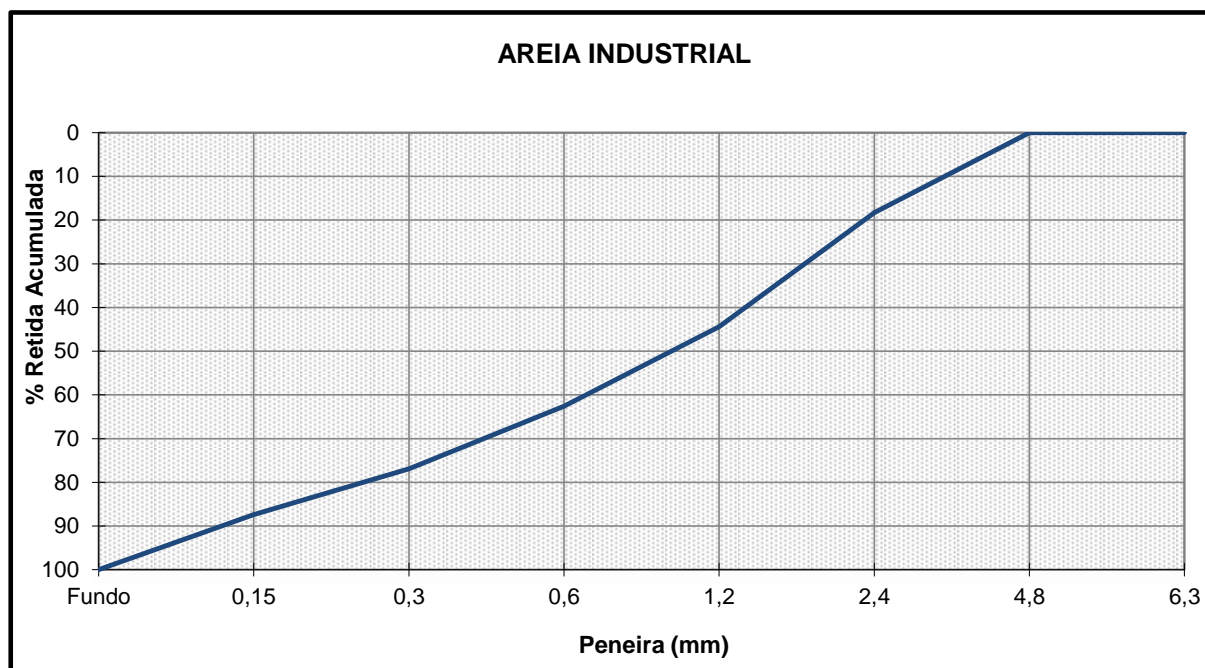


Gráfico 2 – Distribuição Granulométrica Areia Industrial

3.2.2.2 Agregado Graúdo

As dosagens utilizaram agregado graúdo de origem basáltica proveniente da região de Campo Largo.

Os ensaios dos agregados graúdos foram realizados no laboratório da empresa Concrebras e estão apresentados na Tabela 7, Tabela 8, Tabela 9 e Tabela 10 e suas distribuições granulométricas no Gráfico 3 e Gráfico 4.

Tabela 7 – Características Físicas da Brita 0

Brita 0 Central		
Ensaio	Resultado	Norma de Referência
Massa Específica (kg/dm ³)	2,88	NBR NM 52/2009
Massa Unitária (kg/dm ³)	1,44	NBR NM 45/2006
Material Pulverolento (%)	0,9	NBR NM 46/2003
Módulo de Finura	5,9	NBR NM 248/2003

Tabela 8 – Granulometria da Brita 0

Brita 0 Central			
Peneiras (mm)	Massa (g)	% Retida	% Acumulada
50			
38			
32			
25			
19			
12,5			
9,5	136	14	14
6,3	480	48	62
4,8	242	24	86
2,4	119	12	98
1,2	4		98
0,6			98
0,3			98
0,15			98
0,075			98
Fundo	19	2	100
Módulo de Finura	5,9		
Diâmetro Máximo	12,5		

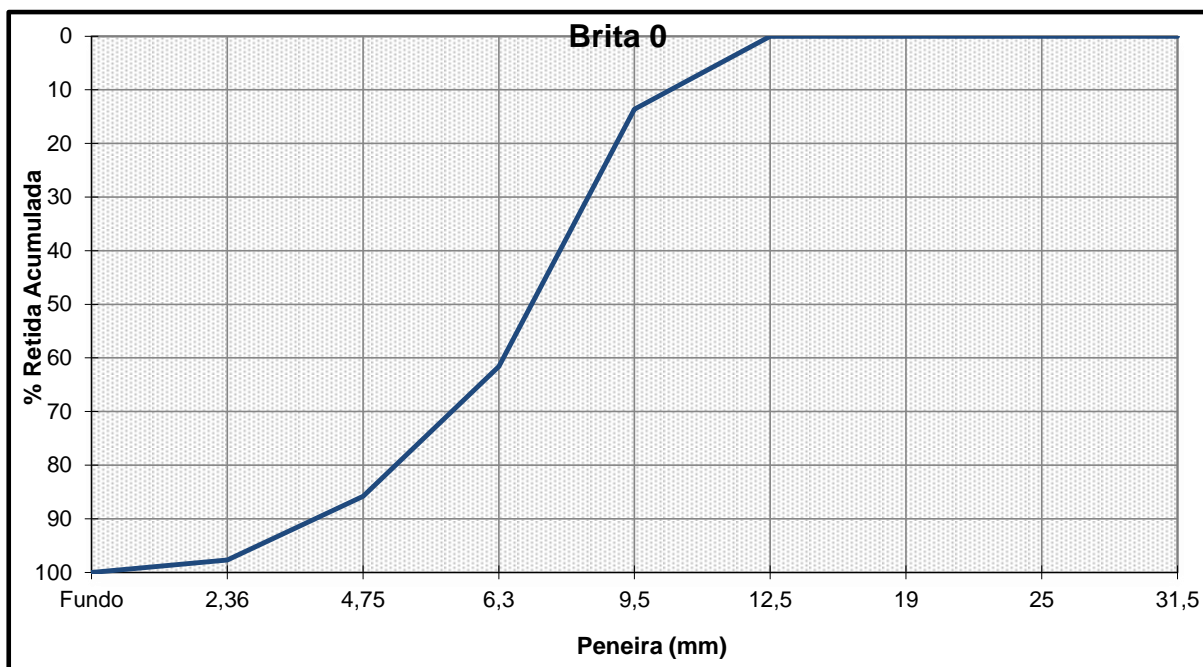


Gráfico 3 – Distribuição Granulométrica da Brita 0

Tabela 9 – Características Físicas da Brita 1

Brita 1 Central		
Ensaio	Resultado	Norma de Referência
Massa Específica (kg/dm ³)	2,88	NBR NM 52/2009
Massa Unitária (kg/dm ³)	1,44	NBR NM 45/2006
Material Pulverolento (%)	0,4	NBR NM 46/2003
Módulo de Finura	7,03	NBR NM 248/2003

Tabela 10 – Granulometria da Brita 1

Brita 1 Central			
Peneiras (mm)	Massa (g)	% Retida	% Acumulada
50			
38			
32			
25			
19	408	8	8
12,5	2932	59	67
9,5	1408	28	95
6,3	241	5	100
4,8	2		100
2,4			100
1,2			100
0,6			100
0,3			100
0,15			100
0,075			100
Fundo	9		100
Módulo de Finura	7,03		
Diâmetro Máximo	25		

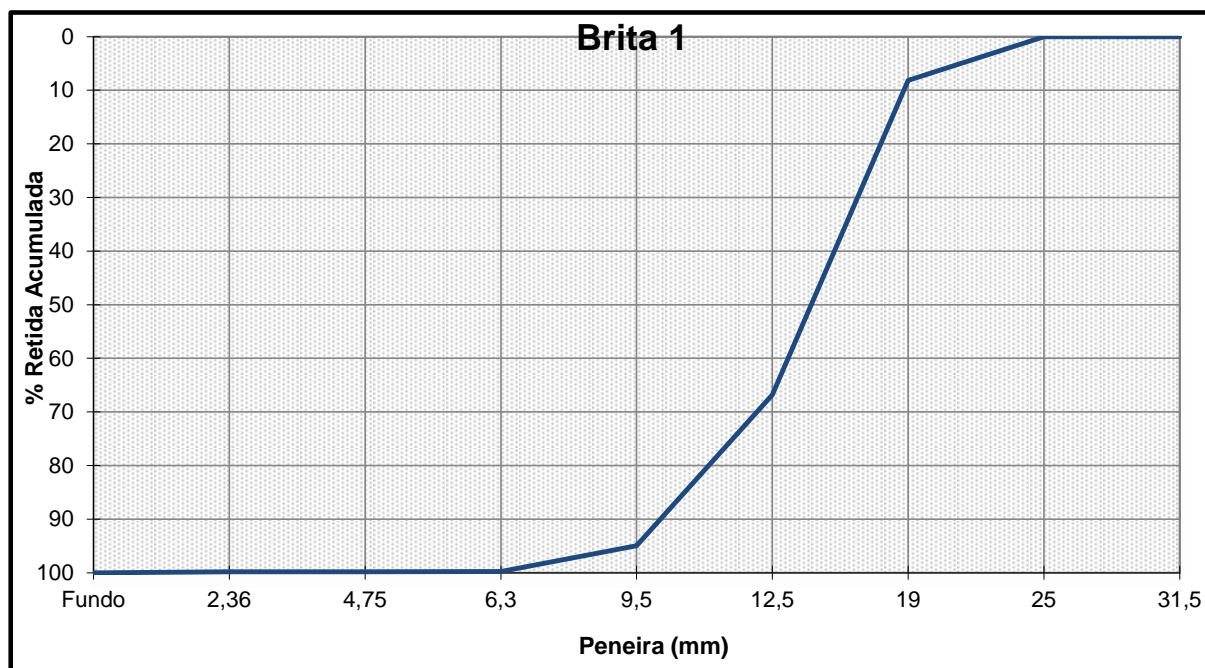


Gráfico 4 – Distribuição Granulométrica da Brita 1

3.2.3 Aditivo

O aditivo utilizado foi o MIRA 68, que é um aditivo polifuncional/plastificante cuja principal função é a redução de água. O aditivo é fabricado pela GRACE Construction e suas características físicas encontram-se na Tabela 11.

A escolha deste aditivo se deu também em razão deste ser um dos aditivos mais utilizados para utilização em concretos para pisos industriais e pavimentos rígidos, concretos estes que normalmente necessitam resistência à tração.

Tabela 11 – Características Físicas do Aditivo

Características do Aditivo	
Denominação	MIRA 68
Categoria	Plastificante
Peso Específico kg/l	1,2
Aspecto	Líquido
Cor	Escura
Base Química	Lignosulfonato

3.3 APARELHAGEM

Para a realização dos ensaios foram utilizados diversos aparelhos, entre estes: Uma betoneira com capacidade de 50 litros para mistura do concreto (Figura 10); Uma balança digital de capacidade 10 kg com resolução de um grama para

pesagem do cimento (Figura 11); Duas provetas e uma pipeta para separação e pesagem do aditivo (Figura 12); Uma balança digital para pesagem dos agregados (Figura 13) e uma prensa hidráulica para rompimento dos corpos de prova (Figura 14).



Figura 10 – Betoneira com capacidade para 50l utilizada para confecção do concreto



Figura 11 – Balança digital com resolução de 1g para pesagem de cimento, água e aditivos



Figura 12 – Provetas e pipeta para pesagem de água e aditivos



Figura 13 – Balança para pesagem de agregados



Figura 14 – Prensa utilizada para rompimento dos corpos de prova

3.4 CORPOS DE PROVA

Para a moldagem dos corpos de prova, foram utilizados dois tipos de formas, sendo estas cilíndricas e prismáticas. A forma cilíndrica possuía diâmetro de 100mm com 200mm de altura, de acordo com a NBR 5738:2003.

Ainda segundo a NBR 5738:2003, as formas prismáticas possuíam dimensões de 500mm x 150mm x 150mm. Duas formas eram metálicas, ao passo que outras 6 formas foram confeccionadas com Madeirit plastificado, de modo a dar produtividade às dosagens de concreto, haja vista que cada composição de concreto era dosada de modo a gerar cinco corpos de prova cilíndricos e dois prismáticos.

Com um total de 8 formas prismáticas sendo reutilizadas em ritmo de ciclo, foi possível a confecção de 4 dosagens simultaneamente no mesmo dia.

3.5 ROMPIMENTO DOS CORPOS DE PROVA

Em todas as dosagens realizadas, como dito anteriormente, foram moldados dois corpos de prova prismáticos e cinco corpos de prova cilíndricos. Os corpos de

prova prismáticos foram rompidos com 28 dias, conforme ilustra a Figura 15 e foi realizada uma média dos resultados; Os corpos de prova cilíndricos foram rompidos com 7 e 28 dias (2 e 3 corpos de prova respectivamente), assim foi feita uma média dos resultados de 28 dias à compressão.



Figura 15 – Detalhe de um rompimento de um prisma de concreto

3.6 MÉTODO DE ANÁLISE

Para que fosse possível fazer uma análise comparativa das resistências à compressão e tração, foram fixados dois consumos de cimento, sendo estes 350 kg/m^3 com 181 litros de água/ m^3 e 400 kg/m^3 com 185 litros de água/ m^3 , para traços de concreto com brita 1 e mesclas de brita 0 e 1. Em todas as dosagens foram utilizadas mesclas de areia natural e industrial na proporção de 35% de areia natural e 65% de areia industrial, sendo que o aditivo polifuncional foi dosado a 0,9% da massa de cimento.

O parâmetro fixado no estudo foi a trabalhabilidade, ou seja, confeccionar todos os concretos com o mesmo slump test (abatimento do tronco de cone); Para tanto algumas dosagens demandaram maior consumo de água, elevando a relação água/cimento.

Com o parâmetro da trabalhabilidade fixado, foram escolhidas as variáveis para análise comparativa, sendo estas:

a) Teor de argamassa

Foi buscado com isso, entender se a redução ou o aumento do teor de argamassa tem influência na resistência à compressão e na resistência à tração, assim como a correlação tração/compressão.

b) Adição de fibras

Foi feita uma análise para ver se adição de fibras realmente aumenta a resistência à tração, mesmo com a correção do slump test com a adição de água. Também foi feita a prova para verificar se a adição de fibras, sem a correção do slump test, iria gerar um acréscimo nas resistências e na correlação tração/compressão.

c) Variação de 100% brita 1 para mescla de brita 0 e 1

Com esta variável, foi buscado entender se a mescla de britas geraria uma maior resistência à tração, se galgando no fato de que provavelmente o intertravamento das partículas seria maior.

Além das dosagens padrão para estudar a elevação da resistência à tração, também foram realizadas três dosagens de modo a comparar o rompimento de prismas secos e saturados, verificando qual dos rompimentos resultaria em maior resistência. Foi optado por fazer esta análise, pois já se tem um conhecimento de que quando se faz o rompimento do concreto na compressão, se este se encontra em condição saturada o resultado será menor do que o rompimento em condição seca; Partindo desta premissa, foi feito este comparativo para verificar se o mesmo acontece para rompimentos na tração.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Todos os ensaios descritos foram realizados em etapas no decorrer de um mês, também foi tomada a precaução de realizar as dosagens em dias onde a temperatura ambiente fosse parecida, ou seja, as dosagens não foram realizadas em dias muito quentes nem dias muito frios.

Os comportamentos das composições de concreto, segundo os parâmetros estipulados, são analisados a seguir.

4.1 REDUÇÃO DO TEOR DE ARGAMASSA (BRITA 0 E 1)

O comportamento do concreto com a redução do teor de argamassa é apresentado na Tabela 12 seguido do Gráfico 5 onde é possível ser feita uma melhor análise.

Tabela 12 – Resultado das Composições com Brita 0-1

C. Cimento	Brita	% Arg.	COMPRESSÃO 28 DIAS (MPa)	TRAÇÃO 28 DIAS (MPa)	RAZÃO TRAÇÃO/COMPRESSÃO
350	0-1	54,8%	51,10	5,27	10,32%
350	0-1	51,8%	52,90	4,75	8,98%
350	0-1	48,8%	49,70	5,37	10,80%
350	0-1	45,8%	48,20	5,37	11,15%
350	0-1	43,8%	47,27	5,87	12,43%
400	0-1	54,8%	52,70	5,07	9,62%
400	0-1	51,8%	52,70	5,28	10,02%
400	0-1	48,8%	52,98	5,43	10,25%
400	0-1	45,8%	57,10	5,87	10,27%
400	0-1	43,8%	52,25	6,31	12,08%

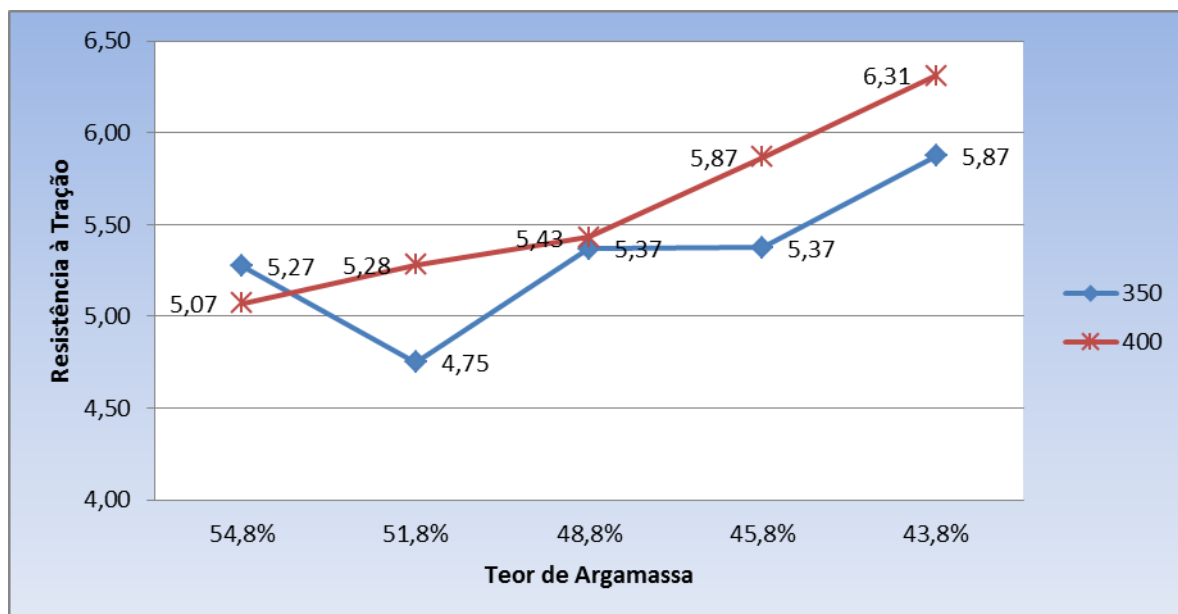


Gráfico 5 – Resistência à Tração x Teor de Argamassa

Nota-se a partir dos resultados que, com exceção do concreto com consumo de cimento de 350 kg/m³ e teor de argamassa 51,8%, a resistência à tração e a razão entre tração e compressão é maximizada quando se faz a redução do teor de argamassa, acontecendo tanto no consumo 350 quanto no consumo 400. Nota-se também que as resistências à compressão são reduzidas ou mantidas constantes quando da redução do teor de argamassa, este fato explica o grande aumento da razão entre tração e compressão.

O fato da resistência à tração aumentar com a redução do teor de argamassa, pode ser devido a diversos fatores, porém um concreto com uma menor quantidade de argamassa, porém ainda trabalhável, possibilita que o agregado graúdo assuma grande parte das solicitações de tensão, aumentando sua resistência.

4.2 REDUÇÃO DO TEOR DE ARGAMASSA (BRITA 1)

Foram realizadas algumas dosagens apenas com Brita 1, para avaliar se o comportamento encontrado na mescla de Britas 0 e 1, se confirmaria. As dosagens realizadas se encontram na Tabela 13.

Tabela 13 – Resultados das Composições com Brita 1

C. Cimento	Brita	% Arg.	COMPRESSÃO 28 DIAS (MPa)	TRAÇÃO 28 DIAS (MPa)	RAZÃO TRAÇÃO/COMPRESSÃO
350	1	51,8%	46,33	5,03	10,85%
350	1	48,8%	48,30	4,61	9,55%
350	1	45,8%	47,53	4,60	9,68%
400	1	48,8%	58,27	5,79	9,94%
400	1	45,8%	58,00	5,70	9,83%

Nota-se que diferentemente de composições com Brita 0 e 1, a resistência à tração e a razão tração/compressão diminuem. Isto pode ser explicado pelo fato das composições com apenas Brita 1, possuírem um menor inter travamento das partículas, assim com uma menor quantidade de argamassa no traço, a Brita não assume grande parte das tensões de solicitação. Outro motivo que pode ter levado esses resultados a acontecerem, é a mudança na curva granulométrica dos agregados, que é alterada quando se altera o teor de argamassa, mudando assim a compacidade da mistura como um todo.

Também é notado que a resistência à compressão em média se mantém constante, demonstrando que a redução da argamassa não reduz a resistência à compressão.

4.3 ADIÇÃO DE FIBRAS

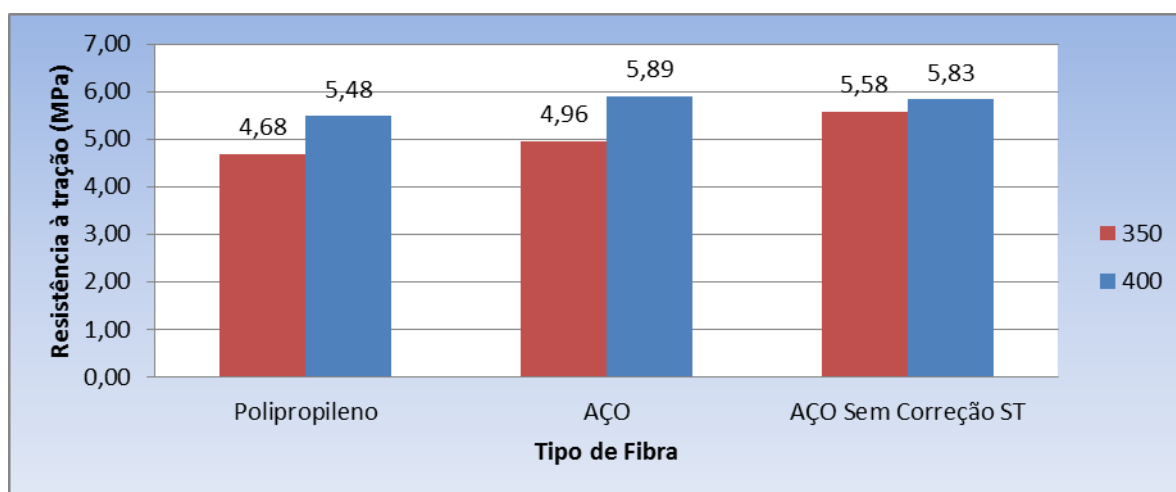
Tomando como base as composições com brita 0-1, seu acabamento final e o aspecto do concreto foi escolhido fazer a adição de fibras de aço e polipropileno estrutural nas composições de concreto com 48,8% de teor de argamassa, nos consumos de cimento de 350 e 400 kg/m³. Como nestas dosagens foi realizada correção de slump test com adição de água, foi decidido por realizar duas dosagens extras com apenas adição de fibra de aço, sem adição de água (mantendo a microestrutura do concreto) para verificar o aumento da resistência. Os resultados destas composições encontram-se na

As composições com fibra de aço seguiram uma dosagem de 20kg/m³, enquanto que as fibras de polipropileno seguiram uma dosagem de 4kg/m³.

Tabela 14 – Resultado das Composições com Fibras

C. Cimento	Brita	% Arg.	Adição	COMPRESÃO 28 DIAS (MPa)	TRAÇÃO 28 DIAS (MPa)	RAZÃO TRAÇÃO/COMPRESSÃO	SLUMP TEST
350	0-1	48,8%	Polipropileno	45,40	4,68	10,30%	COM CORREÇÃO
400	0-1	48,8%	Polipropileno	52,70	5,48	10,40%	
350	0-1	48,8%	AÇO	47,07	4,96	10,54%	
400	0-1	48,8%	AÇO	51,30	5,89	11,49%	
350	0-1	48,8%	AÇO	49,97	5,58	11,18%	SEM CORREÇÃO
400	0-1	48,8%	AÇO	51,37	5,83	11,35%	

Nas composições sem correção de Slump Test, as resistências à tração foram maiores, pois a relação água/cimento foi mantida constante e as fibras ampliaram a capacidade de resistir a esforços de tração do concreto. Não é possível visualizar o comparativo das resistências das composições de concreto com fibras.

**Gráfico 6 – Comparativo das Resistências à Tração de concretos com Fibras**

A dosagem com consumo 400 kg/m³ com fibra de aço com correção de Slump Test acabou apresentando uma maior resistência à tração do que a sem correção, isto pode ser caracterizado como um possível desvio de ensaio, sendo descartado para efeitos de análise.

4.4 COMPOSIÇÕES DE BRITA 0-1 COM E SEM FIBRAS

Os resultados das composições com fibras e sem fibras já foram dispostos anteriormente, porém fazendo um comparativo entre eles é possível constatar alguns parâmetros, conforme análise Gráfico 7.

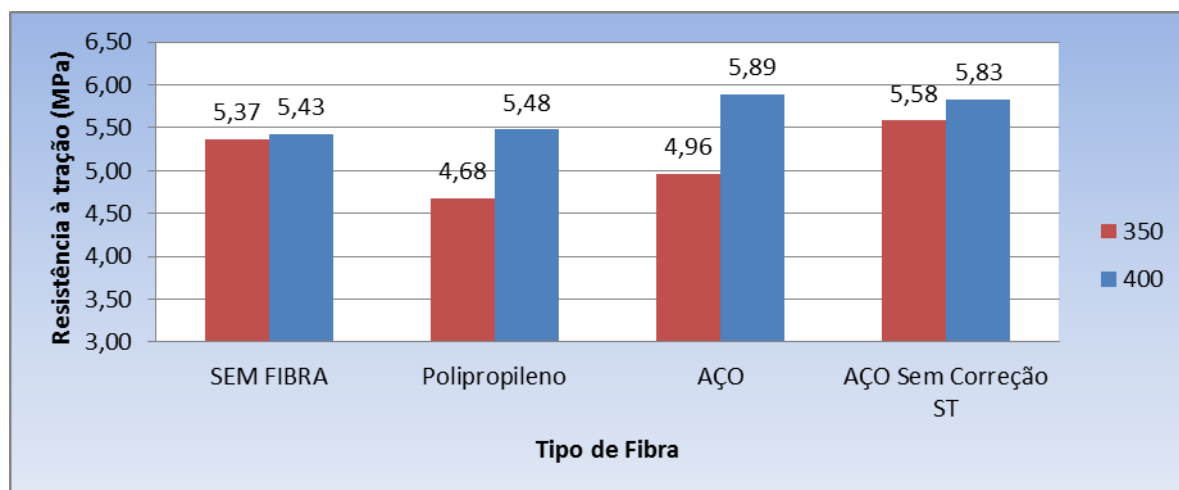


Gráfico 7 – Comparativo de Composições de concreto com e sem Fibras

Neste comparativo, as composições com fibras são comparadas com o concreto sem fibras com o mesmo teor de argamassa (48,8%). É notado que quando se deseja manter um concreto com a mesma trabalhabilidade ou seja, mesmo slump test, o uso de fibras acaba prejudicando em alguns casos, pois é demandado um maior consumo de água e conseqüentemente a relação água/cimento aumenta, isto foi constatado nos concretos com consumo de cimento de 350kg/m³. Já nas composições de concreto com consumo de cimento de 400kg/m³ é notado que mesmo tendo um maior consumo de água e maior relação a/c, o concreto acaba obtendo maior resistência à tração, justificando o uso de fibras. Este fato provavelmente acontece pois com uma maior quantidade de aglomerante as fibras podem possuir uma maior capacidade de se dispersar no interior do concreto, gerando o aumento da resistência.

O concreto sem fibra, frente ao concreto com fibras e sem correção do slump test, apresentou desempenho inferior, isto pois foi mantida a microestrutura do concreto e as fibras ampliaram a resistência à tração.

4.5 COMPARATIVO DE ROMPIMENTO DOS PRISMAS SECOS E SATURADOS

Quando do início deste estudo, existia uma dúvida quanto à influência das condições de rompimento dos prismas, ou seja, seco ou saturado. Para tanto foram realizadas três dosagens de concreto com a moldagem de 2 prismas por dosagem, assim cada dosagem teve dois tipos de rompimento, um prisma rompido seco (24h de secagem) e um prisma rompido saturado (logo após retirada do tanque de cura). Os resultados deste comparativo encontram-se na Tabela 15.

Tabela 15 – Comparativo Rompimentos Seco/Saturado

COMPARATIVO ROMPIMENTO SECO/SATURADO						
DOSAGEM	COMPRESSÃO (MPa)	TRAÇÃO NA FLEXÃO (MPa)		CORRELAÇÃO		DELTA
		SECO	SATURADO	SECO	SATURADO	
5029	53,50	3,85	5,14	7,19%	9,61%	2,42%
5030	53,80	3,69	4,90	6,86%	9,10%	2,25%
5039	57,93	4,42	5,73	7,62%	9,89%	2,26%

Analisando os resultados, é possível verificar que a resistência à tração do concreto é reduzida quando o rompimento é feito com o prisma seco, diferentemente do rompimento por compressão, onde quando o concreto é rompido seco gera uma maior resistência. Este fato pode ser explicado, segundo MEHTA (2008), pois a secagem do concreto parece produzir um efeito diferente na matriz da pasta de cimento e na zona de transição da interface; enquanto a primeira ganha resistência por um aumento na força de atração de Van der Waals nos produtos da hidratação, a segunda perde resistência devido à microfissuração. A resistência à compressão do concreto aumenta quando a matriz determina a resistência, entretanto o módulo de elasticidade é reduzido, explicando a diferença na resistência à tração.

5 CONCLUSÃO

O estudo mostrou que composições de concreto com mesclas de Brita 0 e 1, possuem uma maior capacidade de resistir a esforços de tração, pois possuem uma maior compacidade e inter travamento das partículas, tendo a resistência maximizada quando se faz uma redução do teor de argamassa. Na mesma linha, composições apenas com brita 1, não apresentam a mesma capacidade, apresentando perda de resistência com a redução do teor de argamassa, sendo explicada pela modificação da curva granulométrica dos agregados, alterando a compacidade da mistura.

A adição de fibras mostrou que prejudica muito a trabalhabilidade da mistura, sendo necessária a adição de água suplementar para adequar o mesmo slump test, elevando a relação água/cimento e não apresentando um ganho real na resistência a tração. O mesmo não foi verificado quando se manteve a microestrutura do concreto, mostrando a eficiência das fibras (polipropileno e aço estrutural) quando não se tem uma preocupação com a perda de abatimento. Vale ressaltar que caso se queira manter a mesma trabalhabilidade da mistura, utilizando fibras porém sem a adição de água, pode-se optar pelo uso de um aditivo superplastificante, porém o custo do concreto poderá se tornar inviável.

No comparativo entre rompimento de prismas secos e saturados, foi constatada a diferença entre os resultados, mostrando que quando se faz o ensaio com o prisma saturado, a resistência obtida é maior. Isto foi explicado pelas forças de atração de Van Der Waals, onde ocorrem efeitos distintos na matriz da pasta de cimento, para rompimentos à tração e a compressão.

6 SUGESTÃO DE TRABALHOS FUTUROS

- Estudo de dosagens para aumento da resistência à tração direta;
- Estudo de dosagens para aumento da resistência à tração por compressão diametral;
- Estudo comparativo dos ensaios de tração no concreto (tração na flexão, tração direta e tração por compressão diametral);
- Estudo de dosagens para aumento da resistência à tração na flexão – continuar este método com outras fibras e agregados;

7 REFERÊNCIAS

_____ - NBR NM 26 – Agregados – Amostragem, Rio de Janeiro, 2009

_____ - NBR NM 27 – Agregados – Redução da amostra de campo para ensaios de laboratório, Rio de Janeiro, 2001

_____ - NBR NM 45 – Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios, Rio de Janeiro, 2006

_____ - NBR NM 46 – Agregados – Determinação do material fino que passa através da peneira 75 μm , por lavagem, Rio de Janeiro, 2003

_____ - NBR NM 49 – Agregados – Determinação de impurezas orgânicas, Rio de Janeiro, 2001

_____ - NBR NM 52 – Agregado miúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente, Rio de Janeiro, 2009

_____ - NBR NM 53 – Agregado graúdo – Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água, Rio de Janeiro, 2009

_____ - NBR NM 67 – Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone, Rio de Janeiro, 1998

_____ - NBR NM 248 – Agregados – Determinação da composição granulométrica, Rio de Janeiro, 2003

_____ - NBR 5738 – Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova, Rio de Janeiro, 2003

_____ - NBR 5739 – Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos, Rio de Janeiro, 2007

_____ - NBR 12655 – Concreto de cimento Portland – Preparo, controle e recebimento – Procedimento, Rio de Janeiro, 2006

_____ - NBR NM 67 – Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone, Rio de Janeiro, 1998

CIA DE CIMENTO ITAMBÉ, Relatórios de Ensaio 2013, disponível em www.cimentoitambe.com.br

METHA, P. Kumar; MONTEIRO, Paulo J. M. – Concreto - Microestrutura, propriedades e materiais, São Paulo, 2008.

THOMAZ, E. C. S.; Ensaio de compressão diametral, ou ensaio de tração indireta. Nota de aula do Instituto Militar de Engenharia. Seção de Ensino de Engenharia de Fortificação e Construção, Rio de Janeiro.

ANEXO A - Dosagens de Concreto com Mesclas de Brita 0 e 1

DOSAGEM EXPERIMENTAL DE CONCRETO			
			rev. Ago/2013
Data:	30/09/2013	Central:	CIC
Concreto:	CNS 350 B1 10 +-2 - Comparativo Tração na Flexão - SECO/SAT		%
MATERIAIS:	Cimento:	CP IV ITAMBÉ	100,0%
OBS: SECO/SATURADO	Adições		
	Areia 1	Areia Industrial de Amarin	65%
	Areia 2	Areia Fina Bassani	35%
	BRITA 0		
	BRITA 1	B1 Central	100%
	Aditivo 1	MIRA 742	0,80%
	Aditivo 2		
	Aditivo 3		
	Aditivo 4		
	Aditivo 5		

Parâmetros da Dosagem				MATERIAIS		M.E.	
A/C equiv	0,523	A/Ce corr	0,491	γ Areia 1	2,610		2,62
ÁGUA	184	Água corr	175	γ Areia 2	2,640		
		A%	8,63%	γ B 0 =			2,67
% AR INC	2,0%	γ	2.318	γ B 1 =	2,670		
		PC	352	CP IV ITAMBÉ	2,830		2,83
%Arg. Vol.	51,8%	m	5,057		2,230		

TRAÇO		Peso kg/m ³	Número de CPS	Materiais para Betonada		
				Seco	Umidade	Úmido
Cimento:	CP IV ITAMBÉ	352	20,5	11,323		11,323
Adições				-		-
Areia 1	Areia Industrial de Amc	489		15,726		15,726
Areia 2	Areia Fina Bassani	266		8,565		8,565
BRITA 0				-		-
BRITA 1	B1 Central	1024		32,970		32,970
ÁGUA		184		5,922		5,922
Aditivo 1	MIRA 742	2,815		0,091		90,586
Aditivo 2		-		-		-
Aditivo 3		-		-		-
Aditivo 4		-		-		-
Aditivo 5		-		-		-

DOSAGEM EXPERIMENTAL DE CONCRETO			
Data:	30/09/2013	Central:	CIC
Concreto:	CNS 350 B1 10 +-2 - Comparativo Tração na Flexão - SECO/SAT		%
MATERIAIS:	Cimento:	CP IV ITAMBÉ	100,0%
OBS: SECO/SATURADO	Adições		
	Areia 1	Areia Industrial de Amorn	65%
	Areia 2	Areia Fina Bassani	35%
	BRITA 0		
	BRITA 1	B1 Central	100%
	Aditivo 1	MIRA 742	0,80%
	Aditivo 2		
	Aditivo 3		
	Aditivo 4		
	Aditivo 5		

Parâmetros da Dosagem				MATERIAIS		M.E.	
A/C equiv	0,523	A/Ce corr	0,488	γ Areia 1	2,610		2,62
ÁGUA	184	Água corr	174	γ Areia 2	2,640		
		A%	8,63%	γ B 0 =			2,67
% AR INC	2,0%	γ	2.318	γ B 1 =	2,670		
		PC	352	CP IV ITAMBÉ	2,830		2,83
%Arg. Vol.	51,8%	m	5,057		2,230		

TRAÇO		Peso kg/m ³	Número de CPS	Materiais para Betonada		
				Seco	Umidade	Úmido
Cimento:	CP IV ITAMBÉ	352	23,0	12,704		12,704
Adições				-		-
Areia 1	Areia Industrial de Amc	489		17,644		17,644
Areia 2	Areia Fina Bassani	266		9,610		9,610
BRITA 0				-		-
BRITA 1	B1 Central	1024		36,991		36,991
ÁGUA		184		6,644		6,644
Aditivo 1	MIRA 742	2,815		0,102		101,633
Aditivo 2		-		-		-
Aditivo 3		-		-		-
Aditivo 4		-		-		-
Aditivo 5		-		-		-

DOSAGEM EXPERIMENTAL DE CONCRETO			
Data:	07/10/2013	Central:	CIC
Concreto:	CNS 350 B1 10 +-2 - Comparativo Tração na Flexão - SECO/SAT		%
MATERIAIS:	Cimento:	CP IV ITAMBÉ	100,0%
OBS: B01	Adições		
	Areia 1	Areia Industrial de Amarin	65%
	Areia 2	Areia Fina Bassani	35%
	BRITA 0	B0 Central	20%
	BRITA 1	B1 Central	80%
	Aditivo 1	MIRA 742	0,80%
	Aditivo 2	Fibra de Polipropileno	
	Aditivo 3		
	Aditivo 4		
Aditivo 5			

Parâmetros da Dosagem				MATERIAIS		M.E.	
A/C equiv	0,517	A/Ce corr	0,490	γ Areia 1	2,610	2,62	
ÁGUA	181	Água corr	173	γ Areia 2	2,640		
		A%	8,46%	γ B 0 =	2,670	2,67	
% AR INC	2,0%	γ	2,328	γ B 1 =	2,670		
		PC	350	CP IV ITAMBÉ	2,830	2,83	
%Arg. Vol.	48,8%	m	5,112		2,230		

TRAÇO		Peso kg/m ³	Número de CPS	Materiais para Betonada		
				Seco	Umidade	Úmido
Cimento:	CP IV ITAMBÉ	350	23,5	12,917		12,917
Adições				-		-
Areia 1	Areia Industrial de Amc	452		16,662		16,662
Areia 2	Areia Fina Bassani	246		9,075		9,075
BRITA 0	B0 Central	218		8,060		8,060
BRITA 1	B1 Central	874		32,239		32,239
ÁGUA		181		6,678		6,678
Aditivo 1	MIRA 742	2,801		0,103		103,335
Aditivo 2	Fibra de Polipropileno	4,000		0,148		147,580
Aditivo 3		-		-		-
Aditivo 4		-		-		-
Aditivo 5		-		-		-

ANEXO B - Dosagens de Concreto com Mesclas de Brita 0 e 1

DOSAGEM EXPERIMENTAL DE CONCRETO			
Data:	16/12/2013	Central:	CIC
Concreto:	CNS 350 B01 10 +-2 - Comparativo Tração na Flexão		%
MATERIAIS:	Cimento:	CP IV ITAMBÉ	100,0%
OBS: B01	Adições		
	Areia 1	Areia Industrial de Amorn	65%
	Areia 2	Areia Fina Bassani	35%
	BRITA 0	B0 Central	20%
	BRITA 1	B1 Central	80%
	Aditivo 1	MIRA 68	0,90%
	Aditivo 2		
	Aditivo 3		
	Aditivo 4		
	Aditivo 5		

Parâmetros da Dosagem				MATERIAIS		M.E.	
A/C equiv	0,517	A/Ce corr	0,532	γ Areia 1	2,610	2,62	
ÁGUA	181	Água corr	185	γ Areia 2	2,640		
		A%	8,47%	γ B 0 =	2,670	2,67	
% AR INC	2,0%	γ	2,322	γ B 1 =	2,670		
		PC	350	CP IV ITAMBÉ	2,830	2,83	
%Arg. Vol.	54,8%	m	5,106		2,230		

TRAÇO		Peso kg/m ³	Número de CPS	Materiais para Betonada		
				Seco	Umidade	Úmido
Cimento:	CP IV ITAMBÉ	350	23,5	12,917		12,917
Adições				-		-
Areia 1	Areia Industrial de Amc	533		19,663		19,663
Areia 2	Areia Fina Bassani	290		10,709		10,709
BRITA 0	B0 Central	193		7,115		7,115
BRITA 1	B1 Central	771		28,461		28,461
ÁGUA		181		6,678		6,678
Aditivo 1	MIRA 68	3,151		0,116		116,251
Aditivo 2				-		-
Aditivo 3		-		-		-
Aditivo 4		-		-		-
Aditivo 5		-		-		-

DOSAGEM EXPERIMENTAL DE CONCRETO			
Data:	09/12/2013	Central:	CIC
Concreto:	CNS 350 B01 10 +-2 - Comparativo Tração na Flexão		%
MATERIAIS:	Cimento:	CP IV ITAMBÉ	100,0%
OBS: B01	Adições		
	Areia 1	Areia Industrial de Amarin	65%
	Areia 2	Areia Fina Bassani	35%
	BRITA 0	B0 Central	20%
	BRITA 1	B1 Central	80%
	Aditivo 1	MIRA 68	0,90%
	Aditivo 2		
	Aditivo 3		
	Aditivo 4		
	Aditivo 5		

Parâmetros da Dosagem				MATERIAIS		M.E.	
A/C equiv	0,517	A/Ce corr	0,525	γ Areia 1	2,610	2,62	
ÁGUA	181	Água corr	183	γ Areia 2	2,640		
		A%	8,46%	γ B 0 =	2,670	2,67	
% AR INC	2,0%	γ	2,323	γ B 1 =	2,670		
		PC	350	CP IV ITAMBÉ	2,830	2,83	
%Arg. Vol.	51,8%	m	5,109		2,230		

TRAÇO		Peso kg/m ³	Número de CPS	Materiais para Betonada		
				Seco	Umidade	Úmido
Cimento:	CP IV ITAMBÉ	350	23,5	12,917		12,917
Adições				-		-
Areia 1	Areia Industrial de Amc	492		18,163		18,163
Areia 2	Areia Fina Bassani	268		9,892		9,892
BRITA 0	B0 Central	206		7,588		7,588
BRITA 1	B1 Central	823		30,350		30,350
ÁGUA		181		6,678		6,678
Aditivo 1	MIRA 68	3,151		0,116		116,251
Aditivo 2				-		-
Aditivo 3		-		-		-
Aditivo 4		-		-		-
Aditivo 5		-		-		-

DOSAGEM EXPERIMENTAL DE CONCRETO			
Data:	01/10/2013	Central:	CIC
Concreto:	FCK 35 B01 10 +-2 - Comparativo Tração na Flexão		%
MATERIAIS:	Cimento:	CP IV ITAMBÉ	100,0%
OBS: B01	Adições		
	Areia 1	Areia Industrial de Amorn	65%
	Areia 2	Areia Fina Bassani	35%
	BRITA 0	B0 Central	20%
	BRITA 1	B1 Central	80%
	Aditivo 1	MIRA 68	0,90%
	Aditivo 2		
	Aditivo 3		
	Aditivo 4		
	Aditivo 5		

Parâmetros da Dosagem				MATERIAIS		M.E.	
A/C equiv	0,517	A/Ce corr	0,525	γ Areia 1	2,610	2,62	
ÁGUA	181	Água corr	183	γ Areia 2	2,640		
		A%	8,46%	γ B 0 =	2,670	2,67	
% AR INC	2,0%	γ	2,324	γ B 1 =	2,670		
		PC	350	CP IV ITAMBÉ	2,830	2,83	
%Arg. Vol.	48,8%	m	5,112		2,230		

TRAÇO		Peso kg/m ³	Número de CPS	Materiais para Betonada		
				Seco	Umidade	Úmido
Cimento:	CP IV ITAMBÉ	350	23,5	12,917		12,917
Adições				-		-
Areia 1	Areia Industrial de Amc	452		16,662		16,662
Areia 2	Areia Fina Bassani	246		9,075		9,075
BRITA 0	B0 Central	218		8,060		8,060
BRITA 1	B1 Central	874		32,239		32,239
ÁGUA		181		6,678		6,678
Aditivo 1	MIRA 68	3,151		0,116		116,251
Aditivo 2		-		-		-
Aditivo 3		-		-		-
Aditivo 4		-		-		-
Aditivo 5		-		-		-

DOSAGEM EXPERIMENTAL DE CONCRETO			
Data:	07/10/2013	Central:	CIC
Concreto:	FCK 35 B01 10 +-2 - Comparativo Tração na Flexão		%
MATERIAIS:	Cimento:	CP IV ITAMBÉ	100,0%
OBS: B01	Adições		
	Areia 1	Areia Industrial de Amorn	65%
	Areia 2	Areia Fina Bassani	35%
	BRITA 0	B0 Central	20%
	BRITA 1	B1 Central	80%
	Aditivo 1	MIRA 68	0,90%
	Aditivo 2		
	Aditivo 3		
	Aditivo 4		
	Aditivo 5		

Parâmetros da Dosagem				MATERIAIS		M.E.	
A/C equiv	0,517	A/Ce corr	0,509	γ Areia 1	2,610	2,62	
ÁGUA	181	Água corr	179	γ Areia 2	2,640		
		A%	8,45%	γ B 0 =	2,670	2,67	
% AR INC	2,0%	γ	2,325	γ B 1 =	2,670		
		PC	350	CP IV ITAMBÉ	2,830	2,83	
%Arg. Vol.	45,8%	m	5,116		2,230		

TRAÇO		Peso kg/m ³	Número de CPS	Materiais para Betonada		
				Seco	Umidade	Úmido
Cimento:	CP IV ITAMBÉ	350	23,5	12,917		12,917
Adições				-		-
Areia 1	Areia Industrial de Amc	411		15,162		15,162
Areia 2	Areia Fina Bassani	224		8,258		8,258
BRITA 0	B0 Central	231		8,532		8,532
BRITA 1	B1 Central	925		34,128		34,128
ÁGUA		181		6,678		6,678
Aditivo 1	MIRA 68	3,151		0,116		116,251
Aditivo 2				-		-
Aditivo 3		-		-		-
Aditivo 4		-		-		-
Aditivo 5		-		-		-

DOSAGEM EXPERIMENTAL DE CONCRETO			
Data:	14/10/2013	Central:	CIC
Concreto:	CNS 350 B01 10 +-2 - Comparativo Tração na Flexão		%
MATERIAIS:	Cimento:	CP IV ITAMBÉ	100,0%
OBS: B01	Adições		
	Areia 1	Areia Industrial de Amorn	65%
	Areia 2	Areia Fina Bassani	35%
	BRITA 0	B0 Central	20%
	BRITA 1	B1 Central	80%
	Aditivo 1	MIRA 68	0,90%
	Aditivo 2		
	Aditivo 3		
	Aditivo 4		
	Aditivo 5		

Parâmetros da Dosagem				MATERIAIS		M.E.	
A/C equiv	0,517	A/Ce corr	0,525	γ Areia 1	2,610		2,62
ÁGUA	181	Água corr	183	γ Areia 2	2,640		
		A%	8,45%	γ B 0 =	2,670		2,67
% AR INC	2,0%	γ	2,326	γ B 1 =	2,670		
		PC	350	CP IV ITAMBÉ	2,830		2,83
%Arg. Vol.	43,8%	m	5,118		2,230		

TRAÇO		Peso kg/m ³	Número de CPS	Materiais para Betonada		
				Seco	Umidade	Úmido
Cimento:	CP IV ITAMBÉ	350	23,5	12,917		12,917
Adições				-		-
Areia 1	Areia Industrial de Amc	384		14,162		14,162
Areia 2	Areia Fina Bassani	209		7,713		7,713
BRITA 0	B0 Central	240		8,847		8,847
BRITA 1	B1 Central	959		35,388		35,388
ÁGUA		181		6,678		6,678
Aditivo 1	MIRA 68	3,151		0,116		116,251
Aditivo 2				-		-
Aditivo 3		-		-		-
Aditivo 4		-		-		-
Aditivo 5		-		-		-

DOSAGEM EXPERIMENTAL DE CONCRETO			
Data:	09/12/2013	Central:	CIC
Concreto:	CNS 400 B01 10 +-2 - Comparativo Tração na Flexão		
MATERIAIS:	Cimento:	CP IV ITAMBÉ	100,0%
OBS: B01	Adições		
	Areia 1	Areia Industrial de Amorn	65%
	Areia 2	Areia Fina Bassani	35%
	BRITA 0	B0 Central	20%
	BRITA 1	B1 Central	80%
	Aditivo 1	MIRA 68	0,90%
	Aditivo 2	Fibra de Aço	
	Aditivo 3		
	Aditivo 4		
	Aditivo 5		

Parâmetros da Dosagem				MATERIAIS		M.E.	
A/C equiv	0,463	A/Ce corr	0,475	γ Areia 1	2,610	2,62	
ÁGUA	185	Água corr	189	γ Areia 2	2,640		
		A%	8,68%	γ B 0 =	2,670	2,67	
% AR INC	2,0%	γ	2.339	γ B 1 =	2,670		
		PC	400	CP IV ITAMBÉ	2,830	2,83	
%Arg. Vol.	54,5%	m	4,327		2,230		

TRAÇO		Peso kg/m ³	Número de CPS	Materiais para Betonada		
				Seco	Umidade	Úmido
Cimento:	CP IV ITAMBÉ	400	23,5	14,758		14,758
Adições				-		-
Areia 1	Areia Industrial de Amc	495		18,273		18,273
Areia 2	Areia Fina Bassani	270		9,952		9,952
BRITA 0	B0 Central	193		7,127		7,127
BRITA 1	B1 Central	773		28,507		28,507
ÁGUA		185		6,826		6,826
Aditivo 1	MIRA 68	3,600		0,133		132,822
Aditivo 2	Fibra de Aço	20,000		0,738		737,900
Aditivo 3		-		-		-
Aditivo 4		-		-		-
Aditivo 5		-		-		-

DOSAGEM EXPERIMENTAL DE CONCRETO			
Data:	09/12/2013	Central:	CIC
Concreto:	CNS 400 B01 10 +-2 - Comparativo Tração na Flexão		
MATERIAIS:	Cimento:	CP IV ITAMBÉ	100,0%
OBS: B01	Adições		
	Areia 1	Areia Industrial de Amorn	65%
	Areia 2	Areia Fina Bassani	35%
	BRITA 0	B0 Central	20%
	BRITA 1	B1 Central	80%
	Aditivo 1	MIRA 68	0,90%
	Aditivo 2	Fibra de Aço	
	Aditivo 3		
	Aditivo 4		
	Aditivo 5		

Parâmetros da Dosagem				MATERIAIS		M.E.	
A/C equiv	0,463	A/Ce corr	0,473	γ Areia 1	2,610	2,62	
ÁGUA	185	Água corr	188	γ Areia 2	2,640		
		A%	8,68%	γ B 0 =	2,670	2,67	
% AR INC	2,0%	γ	2,320	γ B 1 =	2,670		
		PC	400	CP IV ITAMBÉ	2,830	2,83	
%Arg. Vol.	51,8%	m	4,330		2,230		

TRAÇO		Peso kg/m ³	Número de CPS	Materiais para Betonada		
				Seco	Umidade	Úmido
Cimento:	CP IV ITAMBÉ	400	23,5	14,758		14,758
Adições				-		-
Areia 1	Areia Industrial de Amc	459		16,929		16,929
Areia 2	Areia Fina Bassani	250		9,220		9,220
BRITA 0	B0 Central	205		7,550		7,550
BRITA 1	B1 Central	818		30,198		30,198
ÁGUA		185		6,826		6,826
Aditivo 1	MIRA 68	3,600		0,133		132,822
Aditivo 2				-		-
Aditivo 3		-		-		-
Aditivo 4		-		-		-
Aditivo 5		-		-		-

DOSAGEM EXPERIMENTAL DE CONCRETO			
Data:	10/10/2013	Central:	CIC
Concreto:	CNS 400 B01 10 +-2 - Comparativo Tração na Flexão		
MATERIAIS:	Cimento:	CP IV ITAMBÉ	100,0%
OBS: B01	Adições		
	Areia 1	Areia Industrial de Amorn	65%
	Areia 2	Areia Fina Bassani	35%
	BRITA 0	B0 Central	20%
	BRITA 1	B1 Central	80%
	Aditivo 1	MIRA 68	0,90%
	Aditivo 2		
	Aditivo 3		
	Aditivo 4		
	Aditivo 5		

Parâmetros da Dosagem				MATERIAIS		M.E.	
A/C equiv	0,463	A/Ce corr	0,469	γ Areia 1	2,610		2,62
ÁGUA	185	Água corr	187	γ Areia 2	2,640		
		A%	8,67%	γ B 0 =	2,670		2,67
% AR INC	2,0%	γ	2,322	γ B 1 =	2,670		
		PC	400	CP IV ITAMBÉ	2,830		2,83
%Arg. Vol.	48,5%	m	4,333		2,230		

TRAÇO		Peso kg/m ³	Número de CPS	Materiais para Betonada		
				Seco	Umidade	Úmido
Cimento:	CP IV ITAMBÉ	400	23,5	14,758		14,758
Adições				-		-
Areia 1	Areia Industrial de Amc	414		15,287		15,287
Areia 2	Areia Fina Bassani	226		8,326		8,326
BRITA 0	B0 Central	219		8,066		8,066
BRITA 1	B1 Central	875		32,266		32,266
ÁGUA		185		6,826		6,826
Aditivo 1	MIRA 68	3,600		0,133		132,822
Aditivo 2				-		-
Aditivo 3		-		-		-
Aditivo 4		-		-		-
Aditivo 5		-		-		-

DOSAGEM EXPERIMENTAL DE CONCRETO			
Data:	10/10/2013	Central:	CIC
Concreto:	CNS 400 B01 10 +-2 - Comparativo Tração na Flexão		
MATERIAIS:	Cimento:	CP IV ITAMBÉ	100,0%
OBS: B01	Adições		
	Areia 1	Areia Industrial de Amorn	65%
	Areia 2	Areia Fina Bassani	35%
	BRITA 0	B0 Central	20%
	BRITA 1	B1 Central	80%
	Aditivo 1	MIRA 68	0,90%
	Aditivo 2		
	Aditivo 3		
	Aditivo 4		
	Aditivo 5		

Parâmetros da Dosagem				MATERIAIS		M.E.	
A/C equiv	0,463	A/Ce corr	0,469	γ Areia 1	2,610		2,62
ÁGUA	185	Água corr	187	γ Areia 2	2,640		
		A%	8,67%	γ B 0 =	2,670		2,67
% AR INC	2,0%	γ	2,323	γ B 1 =	2,670		
		PC	400	CP IV ITAMBÉ	2,830		2,83
%Arg. Vol.	45,5%	m	4,336		2,230		

TRAÇO		Peso kg/m ³	Número de CPS	Materiais para Betonada		
				Seco	Umidade	Úmido
Cimento:	CP IV ITAMBÉ	400	23,5	14,758		14,758
Adições				-		-
Areia 1	Areia Industrial de Amc	374		13,794		13,794
Areia 2	Areia Fina Bassani	204		7,513		7,513
BRITA 0	B0 Central	231		8,536		8,536
BRITA 1	B1 Central	925		34,145		34,145
ÁGUA		185		6,826		6,826
Aditivo 1	MIRA 68	3,600		0,133		132,822
Aditivo 2				-		-
Aditivo 3		-		-		-
Aditivo 4		-		-		-
Aditivo 5		-		-		-

DOSAGEM EXPERIMENTAL DE CONCRETO			
Data:	14/10/2013	Central:	CIC
Concreto:	CNS 400 B01 10 +-2 - Comparativo Tração na Flexão		
MATERIAIS:	Cimento:	CP IV ITAMBÉ	100,0%
OBS: B01	Adições		
	Areia 1	Areia Industrial de Amorn	65%
	Areia 2	Areia Fina Bassani	35%
	BRITA 0	B0 Central	20%
	BRITA 1	B1 Central	80%
	Aditivo 1	MIRA 68	0,90%
	Aditivo 2		
	Aditivo 3		
	Aditivo 4		
	Aditivo 5		

Parâmetros da Dosagem				MATERIAIS		M.E.	
A/C equiv	0,463	A/Ce corr	0,476	γ Areia 1	2,610		2,62
ÁGUA	185	Água corr	189	γ Areia 2	2,640		
		A%	8,66%	γ B 0 =	2,670		2,67
% AR INC	2,0%	γ	2,324	γ B 1 =	2,670		
		PC	400	CP IV ITAMBÉ	2,830		2,83
%Arg. Vol.	43,5%	m	4,338		2,230		

TRAÇO		Peso kg/m ³	Número de CPS	Materiais para Betonada		
				Seco	Umidade	Úmido
Cimento:	CP IV ITAMBÉ	400	23,5	14,758		14,758
Adições				-		-
Areia 1	Areia Industrial de Amc	347		12,799		12,799
Areia 2	Areia Fina Bassani	189		6,971		6,971
BRITA 0	B0 Central	240		8,850		8,850
BRITA 1	B1 Central	959		35,398		35,398
ÁGUA		185		6,826		6,826
Aditivo 1	MIRA 68	3,600		0,133		132,822
Aditivo 2				-		-
Aditivo 3		-		-		-
Aditivo 4		-		-		-
Aditivo 5		-		-		-

ANEXO C - Dosagens de Concreto com Mesclas de Brita 1

DOSAGEM EXPERIMENTAL DE CONCRETO			
Data:	01/10/2013	Central:	CIC
Concreto:	CNS 350 B1 10 +-2 - Comparativo Tração na Flexão		%
MATERIAIS:	Cimento:	CP IV ITAMBÉ	100,0%
OBS: B01	Adições		
	Areia 1	Areia Industrial de Amorn	65%
	Areia 2	Areia Fina Bassani	35%
	BRITA 0	B0 Central	
	BRITA 1	B1 Central	100%
	Aditivo 1	MIRA 68	0,80%
	Aditivo 2		
	Aditivo 3		
	Aditivo 4		
	Aditivo 5		

Parâmetros da Dosagem				MATERIAIS		M.E.	
A/C equiv	0,517	A/Ce corr	0,525	γ Areia 1	2,610		2,62
ÁGUA	181	Água corr	183	γ Areia 2	2,640		
		A%	8,46%	γ B 0 =	2,670		2,67
% AR INC	2,0%	γ	2,323	γ B 1 =	2,670		
		PC	350	CP IV ITAMBÉ	2,830		2,83
%Arg. Vol.	51,8%	m	5,109		2,230		

TRAÇO		Peso kg/m ³	Número de CPS	Materiais para Betonada		
				Seco	Umidade	Úmido
Cimento:	CP IV ITAMBÉ	350	23,5	12,917		12,917
Adições				-		-
Areia 1	Areia Industrial de Amc	492		18,163		18,163
Areia 2	Areia Fina Bassani	268		9,892		9,892
BRITA 0	B0 Central			-		-
BRITA 1	B1 Central	1028		37,938		37,938
ÁGUA		181		6,678		6,678
Aditivo 1	MIRA 68	2,801		0,103		103,335
Aditivo 2		-		-		-
Aditivo 3		-		-		-
Aditivo 4		-		-		-
Aditivo 5		-		-		-

DOSAGEM EXPERIMENTAL DE CONCRETO			
Data:	01/10/2013	Central:	CIC
Concreto:	FCK 35 B01 10 +-2 - Comparativo Tração na Flexão		%
MATERIAIS:	Cimento:	CP IV ITAMBÉ	100,0%
OBS: B01	Adições		
	Areia 1	Areia Industrial de Amorn	65%
	Areia 2	Areia Fina Bassani	35%
	BRITA 0	B0 Central	
	BRITA 1	B1 Central	100%
	Aditivo 1	MIRA 68	0,90%
	Aditivo 2		
	Aditivo 3		
	Aditivo 4		
	Aditivo 5		

Parâmetros da Dosagem				MATERIAIS		M.E.	
A/C equiv	0,517	A/Ce corr	0,514	γ Areia 1	2,610		2,62
ÁGUA	181	Água corr	180	γ Areia 2	2,640		
		A%	8,46%	γ B 0 =	2,670		2,67
% AR INC	2,0%	γ	2,324	γ B 1 =	2,670		
		PC	350	CP IV ITAMBÉ	2,830		2,83
%Arg. Vol.	48,8%	m	5,112		2,230		

TRAÇO		Peso kg/m ³	Número de CPS	Materiais para Betonada		
				Seco	Umidade	Úmido
Cimento:	CP IV ITAMBÉ	350	23,5	12,917		12,917
Adições				-		-
Areia 1	Areia Industrial de Amc	452		16,662		16,662
Areia 2	Areia Fina Bassani	246		9,075		9,075
BRITA 0	B0 Central			-		-
BRITA 1	B1 Central	1092		40,299		40,299
ÁGUA		181		6,678		6,678
Aditivo 1	MIRA 68	3,151		0,116		116,251
Aditivo 2		-		-		-
Aditivo 3		-		-		-
Aditivo 4		-		-		-
Aditivo 5		-		-		-

DOSAGEM EXPERIMENTAL DE CONCRETO			
Data:	01/10/2013	Central:	CIC
Concreto:	FCK 35 B01 10 +-2 - Comparativo Tração na Flexão		%
MATERIAIS:	Cimento:	CP IV ITAMBÉ	100,0%
OBS: B01	Adições		
	Areia 1	Areia Industrial de Amorn	65%
	Areia 2	Areia Fina Bassani	35%
	BRITA 0	B0 Central	
	BRITA 1	B1 Central	100%
	Aditivo 1	MIRA 68	0,90%
	Aditivo 2		
	Aditivo 3		
	Aditivo 4		
	Aditivo 5		

Parâmetros da Dosagem				MATERIAIS		M.E.	
A/C equiv	0,517	A/Ce corr	0,504	γ Areia 1	2,610		2,62
ÁGUA	181	Água corr	177	γ Areia 2	2,640		
		A%	8,45%	γ B 0 =	2,670		2,67
% AR INC	2,0%	γ	2,325	γ B 1 =	2,670		
		PC	350	CP IV ITAMBÉ	2,830		2,83
%Arg. Vol.	45,8%	m	5,116		2,230		

TRAÇO		Peso kg/m ³	Número de CPS	Materiais para Betonada		
				Seco	Umidade	Úmido
Cimento:	CP IV ITAMBÉ	350	23,5	12,917		12,917
Adições				-		-
Areia 1	Areia Industrial de Amc	411		15,162		15,162
Areia 2	Areia Fina Bassani	224		8,258		8,258
BRITA 0	B0 Central			-		-
BRITA 1	B1 Central	1156		42,660		42,660
ÁGUA		181		6,678		6,678
Aditivo 1	MIRA 68	3,151		0,116		116,251
Aditivo 2		-		-		-
Aditivo 3		-		-		-
Aditivo 4		-		-		-
Aditivo 5		-		-		-

DOSAGEM EXPERIMENTAL DE CONCRETO			
Data:	10/10/2013	Central:	CIC
Concreto:	CNS 400 B1 10 +-2 - Comparativo Tração na Flexão		%
MATERIAIS:	Cimento:	CP IV ITAMBÉ	100,0%
OBS:	Adições		
	Areia 1	Areia Industrial de Amorn	65%
	Areia 2	Areia Fina Bassani	35%
	BRITA 0	B0 Central	
	BRITA 1	B1 Central	100%
	Aditivo 1	MIRA 68	0,90%
	Aditivo 2		
	Aditivo 3		
	Aditivo 4		
	Aditivo 5		

Parâmetros da Dosagem				MATERIAIS		M.E.	
A/C equiv	0,463	A/Ce corr	0,476	γ Areia 1	2,610		2,62
ÁGUA	185	Água corr	189	γ Areia 2	2,640		
		A%	8,67%	γ B 0 =	2,670		2,67
% AR INC	2,0%	γ	2.322	γ B 1 =	2,670		
		PC	400	CP IV ITAMBÉ	2,830		2,83
%Arg. Vol.	48,5%	m	4,333		2,230		

TRAÇO		Peso kg/m ³	Número de CPS	Materiais para Betonada		
				Seco	Umidade	Úmido
Cimento:	CP IV ITAMBÉ	400	24,0	15,072		15,072
Adições				-		-
Areia 1	Areia Industrial de Amc	414		15,612		15,612
Areia 2	Areia Fina Bassani	226		8,503		8,503
BRITA 0	B0 Central			-		-
BRITA 1	B1 Central	1093		41,190		41,190
ÁGUA		185		6,971		6,971
Aditivo 1	MIRA 68	3,600		0,136		135,648
Aditivo 2		-		-		-
Aditivo 3		-		-		-
Aditivo 4		-		-		-
Aditivo 5		-		-		-

DOSAGEM EXPERIMENTAL DE CONCRETO			
Data:	10/10/2013	Central:	CIC
Concreto:	CNS 400 B1 10 +-2 - Comparativo Tração na Flexão		%
MATERIAIS:	Cimento:	CP IV ITAMBÉ	100,0%
OBS:	Adições		
	Areia 1	Areia Industrial de Amorn	65%
	Areia 2	Areia Fina Bassani	35%
	BRITA 0	B0 Central	
	BRITA 1	B1 Central	100%
	Aditivo 1	MIRA 68	0,90%
	Aditivo 2		
	Aditivo 3		
	Aditivo 4		
	Aditivo 5		

Parâmetros da Dosagem				MATERIAIS		M.E.	
A/C equiv	0,463	A/Ce corr	0,469	γ Areia 1	2,610		2,62
ÁGUA	185	Água corr	187	γ Areia 2	2,640		
		A%	8,67%	γ B 0 =	2,670		2,67
% AR INC	2,0%	γ	2,323	γ B 1 =	2,670		
		PC	400	CP IV ITAMBÉ	2,830		2,83
%Arg. Vol.	45,5%	m	4,336		2,230		

TRAÇO		Peso kg/m ³	Número de CPS	Materiais para Betonada		
				Seco	Umidade	Úmido
Cimento:	CP IV ITAMBÉ	400	23,5	14,758		14,758
Adições				-		-
Areia 1	Areia Industrial de Amc	374		13,794		13,794
Areia 2	Areia Fina Bassani	204		7,513		7,513
BRITA 0	B0 Central			-		-
BRITA 1	B1 Central	1157		42,682		42,682
ÁGUA		185		6,826		6,826
Aditivo 1	MIRA 68	3,600		0,133		132,822
Aditivo 2		-		-		-
Aditivo 3		-		-		-
Aditivo 4		-		-		-
Aditivo 5		-		-		-

ANEXO D - Dosagens de Concreto com Fibra

DOSAGEM EXPERIMENTAL DE CONCRETO			
Data:	07/10/2013	Central:	CIC
Concreto:	CNS 350 B01 10 +-2 - Comparativo Tração na Flexão		%
MATERIAIS:	Cimento:	CP IV ITAMBÉ	100,0%
OBS: B01	Adições		
	Areia 1	Areia Industrial de Amarin	65%
	Areia 2	Areia Fina Bassani	35%
	BRITA 0	B0 Central	20%
	BRITA 1	B1 Central	80%
	Aditivo 1	MIRA 68	0,90%
	Aditivo 2	Fibra de Polipropileno	
	Aditivo 3		
	Aditivo 4		
	Aditivo 5		

Parâmetros da Dosagem				MATERIAIS		M.E.	
A/C equiv	0,517	A/Ce corr	0,535	γ Areia 1	2,610	2,62	
ÁGUA	181	Água corr	186	γ Areia 2	2,640		
		A%	8,46%	γ B 0 =	2,670	2,67	
% AR INC	2,0%	γ	2,328	γ B 1 =	2,670		
		PC	350	CP IV ITAMBÉ	2,830	2,83	
%Arg. Vol.	48,8%	m	5,112		2,230		

TRAÇO		Peso kg/m ³	Número de CPS	Materiais para Betonada		
				Seco	Umidade	Úmido
Cimento:	CP IV ITAMBÉ	350	23,5	12,917		12,917
Adições				-		-
Areia 1	Areia Industrial de Amc	452		16,662		16,662
Areia 2	Areia Fina Bassani	246		9,075		9,075
BRITA 0	B0 Central	218		8,060		8,060
BRITA 1	B1 Central	874		32,239		32,239
ÁGUA		181		6,678		6,678
Aditivo 1	MIRA 68	3,151		0,116		116,251
Aditivo 2	Fibra de Polipropileno	4,000		0,148		147,580
Aditivo 3		-		-		-
Aditivo 4		-		-		-
Aditivo 5		-		-		-

DOSAGEM EXPERIMENTAL DE CONCRETO			
Data:	07/10/2013	Central:	CIC
Concreto:	CNS 350 B01 10 +-2 - Comparativo Tração na Flexão		
MATERIAIS:	Cimento:	CP IV ITAMBÉ	100,0%
OBS: B01	Adições		
	Areia 1	Areia Industrial de Amarin	65%
	Areia 2	Areia Fina Bassani	35%
	BRITA 0	B0 Central	20%
	BRITA 1	B1 Central	80%
	Aditivo 1	MIRA 68	0,90%
	Aditivo 2	Fibra de Aço	
	Aditivo 3		
	Aditivo 4		
	Aditivo 5		

Parâmetros da Dosagem				MATERIAIS		M.E.	
A/C equiv	0,517	A/Ce corr	0,548	γ Areia 1	2,610	2,62	
ÁGUA	181	Água corr	190	γ Areia 2	2,640		
		A%	8,46%	γ B 0 =	2,670	2,67	
% AR INC	2,0%	γ	2,344	γ B 1 =	2,670		
		PC	350	CP IV ITAMBÉ	2,830	2,83	
%Arg. Vol.	48,8%	m	5,112		2,230		

TRAÇO		Peso kg/m ³	Número de CPS	Materiais para Betonada		
				Seco	Umidade	Úmido
Cimento:	CP IV ITAMBÉ	350	23,5	12,917		12,917
Adições				-		-
Areia 1	Areia Industrial de Amc	452		16,662		16,662
Areia 2	Areia Fina Bassani	246		9,075		9,075
BRITA 0	B0 Central	218		8,060		8,060
BRITA 1	B1 Central	874		32,239		32,239
ÁGUA		181		6,678		6,678
Aditivo 1	MIRA 68	3,151		0,116		116,251
Aditivo 2	Fibra de Aço	20,000		0,738		737,900
Aditivo 3		-		-		-
Aditivo 4		-		-		-
Aditivo 5		-		-		-

DOSAGEM EXPERIMENTAL DE CONCRETO			
Data:	14/10/2013	Central:	CIC
Concreto:	CNS 400 B01 10 +-2 - Comparativo Tração na Flexão		
MATERIAIS:	Cimento:	CP IV ITAMBÉ	100,0%
OBS: B01	Adições		
	Areia 1	Areia Industrial de Amorn	65%
	Areia 2	Areia Fina Bassani	35%
	BRITA 0	B0 Central	20%
	BRITA 1	B1 Central	80%
	Aditivo 1	MIRA 68	0,90%
	Aditivo 2	Fibra de Polipropileno	
	Aditivo 3		
	Aditivo 4		
	Aditivo 5		

Parâmetros da Dosagem				MATERIAIS		M.E.	
A/C equiv	0,463	A/Ce corr	0,486	γ Areia 1	2,610		2,62
ÁGUA	185	Água corr	192	γ Areia 2	2,640		
		A%	8,67%	γ B 0 =	2,670		2,67
% AR INC	2,0%	γ	2,326	γ B 1 =	2,670		
		PC	400	CP IV ITAMBÉ	2,830		2,83
%Arg. Vol.	48,5%	m	4,333		2,230		

TRAÇO		Peso kg/m ³	Número de CPS	Materiais para Betonada		
				Seco	Umidade	Úmido
Cimento:	CP IV ITAMBÉ	400	23,5	14,758		14,758
Adições				-		-
Areia 1	Areia Industrial de Amc	414		15,287		15,287
Areia 2	Areia Fina Bassani	226		8,326		8,326
BRITA 0	B0 Central	219		8,066		8,066
BRITA 1	B1 Central	875		32,266		32,266
ÁGUA		185		6,826		6,826
Aditivo 1	MIRA 68	3,600		0,133		132,822
Aditivo 2	Fibra de Polipropileno	4,000		0,148		147,580
Aditivo 3		-		-		-
Aditivo 4		-		-		-
Aditivo 5		-		-		-

DOSAGEM EXPERIMENTAL DE CONCRETO			
Data:	14/10/2013	Central:	CIC
Concreto:	CNS 400 B01 10 +-2 - Comparativo Tração na Flexão		
MATERIAIS:	Cimento:	CP IV ITAMBÉ	100,0%
OBS: B01	Adições		
	Areia 1	Areia Industrial de Amorn	65%
	Areia 2	Areia Fina Bassani	35%
	BRITA 0	B0 Central	20%
	BRITA 1	B1 Central	80%
	Aditivo 1	MIRA 68	0,90%
	Aditivo 2	Fibra de Aço	
	Aditivo 3		
	Aditivo 4		
	Aditivo 5		

Parâmetros da Dosagem				MATERIAIS		M.E.	
A/C equiv	0,463	A/Ce corr	0,503	γ Areia 1	2,610	2,62	
ÁGUA	185	Água corr	198	γ Areia 2	2,640		
		A%	8,67%	γ B 0 =	2,670	2,67	
% AR INC	2,0%	γ	2.342	γ B 1 =	2,670		
		PC	400	CP IV ITAMBÉ	2,830	2,83	
%Arg. Vol.	48,5%	m	4,333		2,230		

TRAÇO		Peso kg/m ³	Número de CPS	Materiais para Betonada		
				Seco	Umidade	Úmido
Cimento:	CP IV ITAMBÉ	400	23,5	14,758		14,758
Adições				-		-
Areia 1	Areia Industrial de Amc	414		15,287		15,287
Areia 2	Areia Fina Bassani	226		8,326		8,326
BRITA 0	B0 Central	219		8,066		8,066
BRITA 1	B1 Central	875		32,266		32,266
ÁGUA		185		6,826		6,826
Aditivo 1	MIRA 68	3,600		0,133		132,822
Aditivo 2	Fibra de Aço	20,000		0,738		737,900
Aditivo 3		-		-		-
Aditivo 4		-		-		-
Aditivo 5		-		-		-

DOSAGEM EXPERIMENTAL DE CONCRETO			
Data:	09/12/2013	Central:	CIC
Concreto:	CNS 400 B01 10 +-2 - Comparativo Tração na Flexão		
MATERIAIS:	Cimento:	CP IV ITAMBÉ	100,0%
OBS: B01	Adições		
	Areia 1	Areia Industrial de Amorn	65%
	Areia 2	Areia Fina Bassani	35%
	BRITA 0	B0 Central	20%
	BRITA 1	B1 Central	80%
	Aditivo 1	MIRA 68	0,90%
	Aditivo 2	Fibra de Aço	
	Aditivo 3		
	Aditivo 4		
	Aditivo 5		

Parâmetros da Dosagem				MATERIAIS		M.E.	
A/C equiv	0,463	A/Ce corr	0,503	γ Areia 1	2,610	2,62	
ÁGUA	185	Água corr	198	γ Areia 2	2,640		
		A%	8,67%	γ B 0 =	2,670	2,67	
% AR INC	2,0%	γ	2.342	γ B 1 =	2,670		
		PC	400	CP IV ITAMBÉ	2,830	2,83	
%Arg. Vol.	48,5%	m	4,333		2,230		

TRAÇO		Peso kg/m3	Número de CPS	Materiais para Betonada		
				Seco	Umidade	Úmido
Cimento:	CP IV ITAMBÉ	400	23,5	14,758		14,758
Adições				-		-
Areia 1	Areia Industrial de Amc	414		15,287		15,287
Areia 2	Areia Fina Bassani	226		8,326		8,326
BRITA 0	B0 Central	219		8,066		8,066
BRITA 1	B1 Central	875		32,266		32,266
ÁGUA		185		6,826		6,826
Aditivo 1	MIRA 68	3,600		0,133		132,822
Aditivo 2	Fibra de Aço	20,000		0,738		737,900
Aditivo 3		-		-		-
Aditivo 4		-		-		-
Aditivo 5		-		-		-

DOSAGEM EXPERIMENTAL DE CONCRETO			
Data:	16/12/2013	Central:	CIC
Concreto:	CNS 350 B01 10 +-2 - Comparativo Tração na Flexão		%
MATERIAIS:	Cimento:	CP IV ITAMBÉ	100,0%
OBS: B01	Adições		
	Areia 1	Areia Industrial de Amorn	65%
	Areia 2	Areia Fina Bassani	35%
	BRITA 0	B0 Central	20%
	BRITA 1	B1 Central	80%
	Aditivo 1	MIRA 68	0,90%
	Aditivo 2	FIBRA DE AÇO	
	Aditivo 3		
	Aditivo 4		
	Aditivo 5		

Parâmetros da Dosagem				MATERIAIS		M.E.	
A/C equiv	0,517	A/Ce corr	0,526	γ Areia 1	2,610		2,62
ÁGUA	181	Água corr	184	γ Areia 2	2,640		
		A%	8,46%	γ B 0 =	2,670		2,67
% AR INC	2,0%	γ	2.344	γ B 1 =	2,670		
		PC	350	CP IV ITAMBÉ	2,830		2,83
%Arg. Vol.	48,8%	m	5,112		2,230		

TRAÇO		Peso kg/m3	Número de CPS	Materiais para Betonada		
				Seco	Umidade	Úmido
Cimento:	CP IV ITAMBÉ	350	23,5	12,917		12,917
Adições				-		-
Areia 1	Areia Industrial de Amc	452		16,662		16,662
Areia 2	Areia Fina Bassani	246		9,075		9,075
BRITA 0	B0 Central	218		8,060		8,060
BRITA 1	B1 Central	874		32,239		32,239
ÁGUA		181		6,678		6,678
Aditivo 1	MIRA 68	3,151		0,116		116,251
Aditivo 2	FIBRA DE AÇO	20,000		0,738		737,900
Aditivo 3		-		-		-
Aditivo 4		-		-		-
Aditivo 5		-		-		-