

UNIJUÍ – UNIVERSIDADE REGIONAL DO NOROESTE  
DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

ESTUDO DA VARIAÇÃO DA RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL  
DE UM CONCRETO, COM A VARIAÇÃO DO TEOR DE ADITIVO  
REDUTOR DE ÁGUA: ESTUDO DE CASO

RELATÓRIO DE TCC EM ENGENHARIA CIVIL

CÉSAR AUGUSTO COSTA MONTEIRO

Ijuí/RS, Dezembro de 2002

UNIJUÍ – UNIVERSIDADE REGIONAL DO NOROESTE  
DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

DETEC – DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

ESTUDO DA VARIAÇÃO DA RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL  
DE UM CONCRETO, COM A VARIAÇÃO DO TEOR DE ADITIVO  
REDUTOR DE ÁGUA: ESTUDO DE CASO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil, Departamento de Tecnologia da UNIJUÍ – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para obtenção do Título de Engenheiro Civil.

CÉSAR AUGUSTO COSTA MONTEIRO

Orientador: Francisco Ripoli Filho

Ijuí/RS, Dezembro de 2002.

## FOLHA DE APROVAÇÃO

Trabalho de conclusão de curso defendido e aprovado em 16/12/2002 pela banca examinadora

---

Prof. M. Eng. Francisco Ripoli Filho – Orientador (DETEC/EGC)

---

Prof. M. Eng. Luís Eduardo A. Modler (DETEC/EGC)

---

Prof. M. Eng. Luciano Pivoto Specht (DETEC/EGC)

---

Prof. M. Eng. Cristina Eliza Pozzobon  
Coordenadora do colegiado do curso de Engenharia Civil da UNIJUÍ

## AGRADECIMENTOS

Desejo agradecer as seguintes pessoas e instituições:

A Concreteira Prontomix que possibilitou a realização desse trabalho.

Aos professores do Curso de Engenharia Civil pelos ensinamentos ministrados.

Ao Professor Luiz Eduardo pelas informações fornecidas no decorrer do trabalho.

Ao Professor orientador Francisco Ripoli Filho, que além de ter possibilitado o contato com a empresa concreteira, se mostrou sempre prestativo a resolver os problemas surgidos durante o trabalho, fornecendo informações que foram de grande valia para a elaboração do relatório final.

Aos funcionários do Laboratório de Engenharia Civil, da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul que direta ou indiretamente, colaboraram na execução deste trabalho, e em especial a Salete Zaltron e Ivan Stroschein, que colaboraram na realização dos ensaios em laboratório.

E a Deus por conceder-me condições para desenvolver este trabalho.

Dedico este Trabalho de Conclusão de Curso aos meus pais, que nunca mediram esforços na educação de seus filhos, às minhas irmãs e a minha namorada, como reconhecimento ao apoio e incentivo prestado por todos nos momentos difíceis.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	9
LISTA DE QUADROS .....	13
RESUMO .....	15
1. INTRODUÇÃO.....	16
1.1 Delimitação do tema.....	17
1.2 Formulação da questão de estudo.....	17
1.3 Definição dos objetivos de estudo.....	17
1.3.1. Objetivo geral .....	17
1.3.2. Objetivos específicos.....	17
1.4. Justificativa.....	18
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
2.2 Cimento .....	19
2.2.1 Cimento Portland.....	19
2.3 Pozolanas .....	21
2.4 Agregados.....	22
2.5 Aditivos .....	23
2.5.1 Aditivos Plastificantes .....	24
2.5.2 Aditivos superplastificantes: .....	26
2.6 Água de amassamento .....	27
2.7 Concreto .....	28
2.7.1 Concretos com cinza volante.....	33

3. METODOLOGIA.....	36
3.1 Dados preliminares .....	36
3.1.1. Descrição da área e período de estudo.....	36
3.1.2. Descrição do estudo.....	36
3.2. Materiais utilizados: ensaios de caracterização .....	38
3.3. Método de execução do concreto .....	39
3.4. Medida da trabalhabilidade (abatimento - <i>slump test</i> ).....	40
3.5. Ar incorporado.....	40
3.6. Moldagem dos corpos de prova.....	40
3.8. Rompimento .....	41
3.9 Manipulação dos dados .....	41
4. ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS.....	43
4.1. Análise dos materiais constituintes do concreto.....	43
4.1.1. Cimento .....	43
4.1.2. Cinza Pozolana .....	44
4.1.3. Agregados.....	44
4.1.4. Água .....	46
4.1.4. Aditivos .....	46
4.2 Resultado do fator água/cimento para os materiais da Amostra A, com o aditivo MASTERMIX 390 N .....	47
4.2.1. Concreto Bombeado .....	47
4.2.2. Concreto Convencional .....	48
4.3. Resultado da Resistência a Compressão dos corpos de prova com os materiais da Amostra A e com o aditivo MASTERMIX 390 N.....	49
4.3.1. Concreto Bombeado: .....	49
4.3.2. Concreto Convencional .....	52
4.3.3. Resultados obtidos com o concreto bombeado e o concreto convencional, executados com a Amostra A de materiais, e o aditivo MASTERMIX 390 N.....	56
4.4. Resultado do fator água/cimento para os materiais da Amostra B com a dosagem para concreto bombeado.....	59
4.4.1. Aditivo MASTERMIX 390 N.....	59
4.4.2. Aditivo MASTERMIX 397 N .....	60

4.5. Resultado da resistência a compressão dos corpos de prova com os materiais da Amostra B e com a dosagem de concreto bombeado .....	61
4.5.1. Aditivo MASTERMIX 390 N .....	61
4.5.2. Aditivo MASTERMIX 397 N .....	63
4.6. Resultado do ensaio de ar incorporado no concreto executado com os materiais da Amostra B para o concreto bombeado com os aditivos MASTERMIX 390 N e MASTERMIX 397 N.....	66
4.7. Resultados obtidos com o concreto bombeado, executados com a Amostra A e Amostra B de materiais, com o Aditivo 390 N .....	67
4.8. Resultados obtidos com o concreto bombeado, executados com a Amostra B de materiais, com o aditivo MASTERMIX 390 N e MASTERMIX 397 N. ....	69
5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES .....	73
5.1. Conclusões.....	73
5.2. Sugestões .....	75
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	76
ANEXO 1 .....	81
FICHA TÉCNICA: ADITIVO MASTERMIX 390 N .....	82
FICHA TÉCNICA: ADITIVO MASTERMIX 397 N .....	83
ANEXO 2 .....	85
ENSAIOS FÍSICOS DE CIMENTO.....	86
ENSAIOS FÍSICOS COM A CINZA VOLANTE .....	88
ENSAIOS FÍSICOS DE AGREGADO MIÚDO .....	90
ENSAIOS FÍSICOS DE AGREGADOS GRAÚDOS .....	92
ANEXO 3. ....	96
FICHAS DE MOLDAGEM E ENSAIO DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL DOS CORPOS DE PROVA .....	96
ANEXO 4. ....	109
FIGURAS ILUSTRATIVAS.....	110



## LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Dispersão dos grãos de cimento explicada pela repulsão eletrostática.....	25
Figura 2 – Variação do fator água/cimento com o aumento do teor Aditivo MASTERMIX 390 N no concreto bombeado.....	47
Figura 3 – Variação do fator água/cimento com o aumento do teor Aditivo MASTERMIX 390 N no concreto convencional. ....	48
Figura 4 – Variação da resistência aos 7 dias com a variação do teor de Aditivo MASTERMIX 390 N e a diminuição do fator água/cimento para o concreto bombeado. .....	50
Figura 5 – Variação da resistência aos 14 dias com a variação do teor de aditivo MASTERMIX 390 N e a diminuição do fator água/cimento para o concreto bombeado. .....	50
Figura 6 – Variação da resistência aos 28 dias com a variação do teor de Aditivo MASTERMIX 390 N, e a diminuição do fator água/cimento para o concreto bombeado .....	51
Figura 7 – Variação da resistência aos 91 dias com a variação do teor de aditivo MASTERMIX 390 N, e a diminuição do fator água/cimento para o concreto bombeado .....	51
Figura 8 – Variação da resistência com o aumento do tempo de cura para os teores de aditivo MASTERMIX 390 N utilizados com os materiais da Amostra A de materiais e para a dosagem de concreto bombeado.....	52
Figura 9 – Variação da resistência aos 7 dias com a variação do teor de aditivo MASTERMIX 390 N e a diminuição do fator água/cimento para o concreto convencional.....	53

Figura 10 – Variação da resistência aos 14 dias com a variação do teor de aditivo MASTERMIX 390 N e a diminuição do fator água/cimento para o concreto convencional.....	54
Figura 11 – Variação da resistência aos 28 dias com a variação do teor de aditivo MASTERMIX 390 N e a diminuição do fator água/cimento para o concreto convencional.....	54
Figura 12 – Variação da resistência aos 91 dias com a variação do teor de aditivo MASTERMIX 390 N e a diminuição do fator água/cimento para o concreto convencional.....	55
Figura 13 – Variação da resistência com o aumento do tempo de cura para os teores de aditivos MASTERMIX 390 N utilizados com os materiais da Amostra A e para a dosagem de concreto convencional.....	55
Figura 14 – Variação do fator água/cimento com o aumento do teor de aditivo MASTERMIX 390 N para o concreto bombeado e convencional moldados com a Amostra A de materiais .....	57
Figura 15 – Variação da resistência aos 07 dias para o concreto bombeado e para concreto convencional, executado com a Amostra A de materiais e com o aditivo MASTERMIX 390 N .....	58
Figura 16 – Variação da resistência aos 14 dias para o concreto bombeado e para concreto convencional, executado com a Amostra A de materiais e com o aditivo MASTERMIX 390 N .....	58
Figura 17 – Variação da resistência aos 28 dias para o concreto bombeado e para concreto convencional, executado com a Amostra A de materiais e com o aditivo MASTERMIX 390 N .....	59
Figura 18 – Variação da quantidade de água e do fator água/cimento com o aumento do teor de aditivo MASTERMIX 390 N no concreto bombeado, executado com a Amostra B de materiais .....	60
Figura 19 – Variação da quantidade de água e do fator água/cimento com o aumento do teor de aditivo MASTERMIX 397 N no concreto bombeado, executado com a Amostra B de materiais .....	61
Figura 20 – Variação da resistência a compressão axial e do fator água/cimento com o aumento do teor de aditivo MASTERMIX 390 N no concreto bombeado, executado com a Amostra B de materiais aos 7 dias.....	62

Figura 21 – Variação da resistência a compressão axial e do fator água/cimento com o aumento do teor de aditivo MASTERMIX 390 N no concreto bombeado, executado com a Amostra B de materiais aos 14 dias.....	62
Figura 22 – Variação da resistência a compressão axial e do fator água/cimento com o aumento do teor aditivo MASTERMIX 390 N no concreto bombeado, executado com a Amostra B de materiais aos 28 dias. ....	63
Figura 23 – Variação da resistência a compressão axial e do fator água/cimento com o aumento do teor aditivo MASTERMIX 397 N no concreto bombeado, executado com a Amostra B de materiais aos 7 dias. ....	64
Figura 24 – Variação da resistência a compressão axial e do fator água/cimento com o aumento do teor aditivo MASTERMIX 397 N no concreto bombeado, executado com a Amostra B de materiais aos 14 dias. ....	65
Figura 25 – Variação da resistência a compressão axial e do fator água/cimento com o aumento do teor aditivo MASTERMIX 397 N no concreto bombeado, executado com a Amostra B de materiais aos 28 dias. ....	65
Figura 26 -Variação do fator água/cimento para o concreto bombeado executado com a Amostra A e Amostra B de materiais, com o aditivo MASTERMIX 390 N.....	67
Figura 27 – Variação da resistência aos 07 dias para o concreto bombeado executados com a Amostra A de materiais e do concreto bombeado executado com a Amostra B de materiais, com o Aditivo MASTERMIX 390 N .....	68
Figura 28 – Variação da resistência aos 14 dias para o concreto bombeado executados com a Amostra A de materiais e do concreto bombeado executado com a Amostra B de materiais, com o Aditivo MASTERMIX 390 N .....	68
Figura 29 – Variação da resistência aos 28 dias para o concreto bombeado executados com a Amostra A de materiais e do concreto bombeado executado com a Amostra B de materiais, com o Aditivo MASTERMIX 390 N .....	69
Figura 30 - Variação do fator água/cimento para o concreto bombeado executado com a Amostra B de materiais e com os aditivo MASTERMIX 390 N e MASTERMIX 397 N .....	70
Figura 31 -Variação da resistência do concreto moldado com o aditivo MASTERMIX 390 e 397 N, com a amostra B de materiais aos 07 dias. ....	71
Figura 32 -Variação da resistência do concreto moldado com o aditivo MASTERMIX 390 e 397 N, com a amostra B de materiais aos 14 dias. ....	71

Figura 33 -Variação da resistência do concreto moldado com o aditivo MASTERMIX 390 e 397 N, com a Amostra B de materiais aos 28 dias.....	72
Figura 34 – Prensa instrumentada - Laboratório de Engenharia Civil – LEC/UNIJUÍ.....	109
Figura 35 – Laboratório de concreto – ar incorporado – LEC/UNIJUÍ .....	110
Figura 36 – Silos para armazenamento de cimento e cinza volante – Prontomix – Santa Maria .....	110
Figura 37 – Armazenamento dos agregados – Prontomix – Santa Maria .....	111

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Principais compostos de Cimento Portland.....	20
Quadro 2 - Plasticidade aproximada do concreto nas estruturas .....	32
Quadro 3 – Traço unitário das dosagens do concreto convencional e do bombeado.....	38
Quadro 4 – Valores dos ensaios de pH, teor de sólidos e massa específica para os aditivos MASTERMIX 390 N E MASTERMIX 397 N.....	47
Quadro 5 – Resultado da resistência a compressão dos corpos de prova com os materiais da Amostra A e com o aditivo MASTERMIX 390 N, para a dosagem do concreto bombeado.....	52
Quadro 6 – Resultado da resistência a compressão dos corpos de prova com os materiais da Amostra A e com o aditivo MASTERMIX 390 N, para a dosagem do concreto convencional.....	56
Quadro 7 – Valores de resistência a compressão axial e do fator água/cimento para os vários teores de aditivo MASTERMIX 390 N no concreto bombeado, executado com a Amostra B de materiais .....	63
Quadro 8 – Valores de resistência a compressão axial e do fator água/cimento para os vários teores de aditivo MASTERMIX 397 N no concreto bombeado, executado com a Amostra B de materiais .....	66
Quadro 9 – Resultado do ensaio de ar incorporado no concreto executado com os materiais da Amostra B, com a dosagem de concreto bombeado e com o aditivo MASTERMIX 390 N e MASTERMIX 397 N .....	66
Quadro 10 – Dados do ensaio da finura na peneira nº 200 do cimento - Amostra A.....	86

Quadro 11 – Dados do ensaio massa específica do cimento - Amostra A.....	86
Quadro 12 – Dados do ensaio da Massa unitária solta do cimento - Amostra A.....	86
Quadro 13 – Dados do ensaio da finura na peneira nº 200 do cimento - Amostra B.....	86
Quadro 14 – Dados do ensaio massa específica do cimento - Amostra B.....	87
Quadro 15 – Dados do ensaio massa unitária solta do cimento - Amostra B.....	87
Quadro 16 – Dados do ensaio da finura pro permeabilmetro ao ar (blaine) do cimento - Amostra B.....	87
Quadro 17 – Dados do ensaio da finura na peneira nº 200 da cinza volante - Amostra A.....	88
Quadro 18 – Dados do ensaio massa específica da cinza volante - Amostra A.....	88
Quadro 19 – Dados do ensaio da Massa unitária solta da cinza volante - Amostra A.....	88
Quadro 20 – Dados do ensaio da finura na peneira nº 200 da cinza volante - Amostra B.....	88
Quadro 21 – Dados do ensaio massa específica da cinza volante - Amostra B.....	89
Quadro 22 – Dados do ensaio massa unitária solta da cinza volante - Amostra B.....	89
Quadro 23 – Dados do ensaio da finura pro permeabilmetro ao ar (blaine) da cinza volante da Amostra B.....	89
Quadro 24 – Composição granulométrica do agregado miúdo - Amostra A.....	90
Quadro 25 – Massa específica (Chapman) e massa unitária solta do agregado miúdo - Amostra A.....	90
Quadro 26 – Composição granulométrica do agregado miúdo - Amostra B.....	91
Quadro 27 – Massa específica (Chapman) e massa unitária solta do agregado miúdo - Amostra B.....	91
Quadro 28 – Composição granulométrica do agregado graúdo - Amostra A.....	92
Quadro 29 – Massa específica absoluta, absorção e massa unitária solta do agregado graúdo - Amostra A.....	93
Quadro 30 – Composição granulométrica do agregado graúdo - Amostra B.....	94
Quadro 31 – Massa específica absoluta, absorção e massa unitária solta do agregado graúdo - Amostra B.....	95

## RESUMO

O presente trabalho analisa a variação da resistência a compressão axial de duas dosagens de concreto e duas amostras de materiais com a variação do teor de dois aditivos redutores de água. A adição de aditivo é geralmente expressa em porcentagem com relação à massa de cimento, estipulada através das indicações dos fabricantes, sem considerar as particularidades e variações possíveis nas propriedades dos materiais utilizados na concretagem. Foram realizados ensaios com amostras de materiais recebidos da concreteira Prontomix-Tecnologia de concreto Ltda. de Santa Maria/RS. Os estudos realizados se basearam na determinação da quantidade de água necessária para manter uma mesma trabalhabilidade do concreto, para vários teores do aditivo. O controle foi realizado com o ensaio de consistência pelo abatimento do tronco de cone, o qual foi realizado sempre que se adicionava certa quantidade de água além da dosagem inicial que fora estipulada. Ao se atingir a consistência requerida, foram moldados corpos de prova para cada dosagem. Verificou-se que houve um aumento da resistência a compressão axial do concreto, como também, houve uma variação da água de amassamento ao se elevar os teores de aditivo.

## 1. INTRODUÇÃO

O concreto é o material estrutural conhecidamente mais utilizado no Brasil, sendo de fundamental importância a utilização e o desenvolvimento de materiais e/ou produtos que visem melhorar as suas características funcionais e obter uma melhor relação custo/qualidade.

O processo de desenvolvimento da tecnologia do concreto tem-se caracterizado por fases mais ou menos definidas nas quais algumas características chave do material são otimizadas. Primeiramente, procurou-se a obtenção de concretos com constituintes proporcionados de forma a diminuir os custos finais do concreto. Numa segunda fase, as próprias características dos materiais até então utilizados começaram a variar. É o caso, por exemplo, do desenvolvimento dos vários tipos de cimentos, e as suas adições. Atualmente, encontramos-nos numa etapa de desenvolvimento da tecnologia do concreto na qual não só o proporcionamento dos materiais e suas propriedades são estudados. É a fase do aparecimento de aditivos responsáveis pela melhoria de alguma propriedade do concreto (super fluidificantes, plastificantes, aceleradores, etc), de novos materiais que substituem alguma fase tradicional (resinas que podem substituir o cimento em concretos polímeros) ou de adições pozolânicas (Dal Molin *et al*, 1997).



## **1.1 Delimitação do tema**

O tema que será tratado neste trabalho de Conclusão de Curso (TCC) será a utilização de aditivos redutores de água em duas dosagens de concreto realizado pela Concreteira Prontomix – Tecnologia de concreto Ltda., localizada no município de Santa Maria/RS.

## **1.2 Formulação da questão de estudo**

A questão de estudo estabelecida para esta pesquisa é: A dosagem utilizada pela concreteira é a ideal para maximizar as vantagens ocasionadas pelos aditivos.

## **1.3 Definição dos objetivos de estudo**

### **1.3.1. Objetivo geral**

Analisar o comportamento da resistência a compressão, variando os teores de aditivos redutores de água em uma dosagem de concreto, com um fck pré-estabelecido.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

1) Verificar a variação do fator água/cimento com o aumento da dosagem de aditivo;

2) Moldar corpos de prova de concreto para rompimento e verificar a variação da resistência a compressão axial, com o aumento do teor de aditivo.

#### **1.4. Justificativa**

Com a escassez de recursos financeiros, e com o desenvolvimento de obras mais sofisticadas, com características e necessidades especiais, é de fundamental importância o uso racional de todos os recursos disponíveis para desenvolvimento e aperfeiçoamento dos materiais de construção civil. Para que se possa, através do uso do desenvolvimento tecnológico repassar à sociedade as vantagens técnicas e econômicas, é necessário que se faça um estudo cuidadoso, considerando as particularidades inerentes a cada caso.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

O estudo é iniciado com uma breve revisão sobre os assuntos relacionados a esta pesquisa. Será realizado um aprofundamento maior nos temas específicos do trabalho

### **2.2 Cimento**

Os cimentos que interessam no preparo do concreto são denominados de cimentos hidráulicos, por ter a propriedade de endurecer com a água. Estes possuem como constituintes principais os silicatos e aluminatos de cálcio e podem ser classificados de forma ampla, como cimentos naturais, cimentos Portland e cimentos aluminosos.(NEVILLE, 1997).

#### **2.2.1 Cimento Portland**

Cimento Portland é um aglomerante hidráulico obtido pela pulverização do clínquer, e se constitui essencialmente de silicatos hidráulicos de cálcio, uma certa proporção de sulfato de cálcio natural, e outras adições de substâncias que modificam as suas propriedades ou facilitam o seu emprego ( BAUER, 1995).

O clínquer é obtido pelo cozimento até fusão incipiente, ( $\pm 30\%$  de fase líquida) de mistura de calcário e argila convenientemente dosada e homogeneizada, de tal forma que toda a cal se combine com os compostos argilosos. Após a queima, é adicionado em pequena quantidade o sulfato de cálcio, para que o teor de  $\text{SO}_3$  (anidro sulfúrico) não ultrapasse a  $3,0\%$ , limite que serve para regularizar o tempo de início das reações do aglomerante com a água (PETRUCCI, 1998).

Na química dos cimentos é usada uma notação abreviada para representar os óxidos do cimento, neste é usado apenas uma letra, como segue: Óxido de cálcio  $\text{CaO} = \text{C}$ ; sílica  $\text{SiO}_2 = \text{S}$ ;  $\text{Al}_2\text{O}_3 = \text{A}$ ;  $\text{Fe}_2\text{O}_3 = \text{F}$ . A água, ( $\text{H}_2\text{O}$ ) é representada por H (NEVILLE, 1997).

Neville (1997), cita quatro compostos, e suas abreviações, que são usualmente considerados como os principais constituintes do cimento, conforme pode ser visto o Quadro 1.

Quadro 1. – Principais compostos de Cimento Portland.

Nome do composto	Composição, em óxidos	Abreviações
Silicato tricálcio	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C3S
Silicato dicálcio	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C2S
Aluminato tricálcio	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	C3A
Ferroaluminato tetracálcio	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	C4 AF

Fonte: Neville, 1997, p.29

Neville (1997), afirma ainda que existem outros compostos secundários como o  $\text{MgO}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  e  $\text{Na}_2\text{O}$ , que representam uma pequena porcentagem da massa de cimento.

Segundo a Associação Brasileira de ABCP (1997), os cimentos portland brasileiros são CP I S, CP II E, CP II Z, CP III, CP IV, CP V e devem atender às seguintes exigências das normas brasileiras: NBR 5732/91 – Cimento Portland Comum; NBR 5733/91 – Cimento Portland de Alta Resistência Inicial; NBR 5735/91 – Cimento Portland Pozolânico; NBR 5736/91 – Cimento Portland Pozolânico; NBR 11578/91 – Cimento Portland Composto.

### 2.3 Pozolanas

Pozolana é um material natural ou artificial que contém sílica em forma ativa. A ASTM 618-94a. descreve a pozolana como “material silicoso ou sílico-aluminoso que, por si só, tem pouco ou nenhum valor cimentício, mas , quando finamente subdividido e na presença de umidade, reage quimicamente com o hidróxido de cálcio à temperatura ambiente, formando compostos com propriedades cimentícias” (NEVILLE, 1997).

Segundo Petrucci (1998), as pozolanas naturais (rochas e cinzas vulcânicas), ocorrem em jazidas e não requerem tratamento maior a não ser moagem em alguns casos. Outro tipo citado são os depósitos sedimentares de granulação fina constituída de carapaças silicosas de plantas aquáticas.

As pozolanas artificiais resultam da calcinação de rochas sedimentares a temperaturas adequadas, cerca de 1000 °C, tais como as argilas caoliníticas, montmoriloníticas ou ilíticas (PETRUCCI, 1998);

Também pode ser produzidas pozolanas artificiais pela combustão do carvão mineral em usinas termelétricas.

A sílica ativa trata-se de um subproduto da industria de ferro-ligas, constitui-se de um gás transformado em pó através da sua oxidação quando entra em contato com a atmosfera. Possui uma superfície específica muito grande e o diâmetro médio de seu grão é 100 (cem) vezes menor que o de cimento (SOUZA, 1997).

A sílica ativa é composta de cerca de 90% de SiO<sub>2</sub>, sendo o restante composto por diversos óxidos e carbono. (SERRA, 1997).

Argila calcinada: também chamada de metacaulinita, obtido pela caucinação de argila caulinítica pura ou refinada a temperatura entre 650°C e 850°C e moída até a finura de 700 m<sup>2</sup>/Kg ou 900 m<sup>2</sup>/Kg (NEVILLE, 1997).

Cinzas leves ou volante (*fly-ashes*): Provenientes da queima de carvão pulverizado em usinas termoelétricas finamente divididas e com composição química adequada, constituem excelente pozolana (PETRUCCI, 1998).

## 2.4 Agregados

Segundo Bauer (1995), “agregado é um material particulado incoesivo, de atividade química praticamente nula, constituído de partículas cobrindo extensa gama de tamanhos”.

Os agregados ocupam pelo menos três quartos do volume do concreto (NEVILLE, 1997).

Segundo Isaia (1988), os agregados possuem três finalidades básicas para serem utilizados na composição dos concretos: Transmitir as tensões aplicadas ao concreto através de seus grãos, que possuem uma resistência à compressão oscilando de 100 a 250 Mpa, geralmente maior que o do concreto; diminuir os efeitos da variação volumétrica, devido a retração pela formação de um esqueleto rígido, dentro do concreto; diminuir o custo do concreto, por esse ser geralmente componente mais barato da mistura.

Bauer (1995), diz que os agregados classificam-se de três formas:

**Segundo a origem:** Naturais: os que já se encontram em forma particulada na natureza como a areia e o cascalho; Industrializados: os que tem sua composição particulada obtida por processos industriais.

**Segundo as dimensões das partículas:** Miúdos, como a areia; Graúdos, cascalhos e britas.

**Segundo o peso específico aparente:** Leves, médios e pesados.

As características fundamentais de qualidade dos agregados miúdos e graúdos para serem utilizados no concreto são: Agregados miúdos como a areia e pó de pedra devem ser limpas e isentas de substâncias nocivas (torrões de argila, materiais carbonosos e material pulverulento) e impurezas orgânicas; a granulometria deve apresentar grãos uniformemente

distribuídos entre as peneiras 4,8 e 0,15 mm, formando de preferência uma graduação contínua em todas as peneiras, devendo apresentar módulo de finura na faixa de 2,0 e 3,0 enquadrando-se como areia média, a fração fina menor que 0,3 mm deve ser de no máximo 15% para propiciar boa coesão e trabalhabilidade ao concreto (ISAÍÁ, 1988).

Para os agregados graúdos Isaía (1988), cita que os aspectos importantes são relacionados à forma dos agregados. Quanto menos lamelares forem os grãos dos agregados, menor será o índice de forma e menor será o teor de vazios, logo a quantidade de argamassa para preenche-los será menor, assim como também a quantidade total de água será menor, tornando o concreto mais barato por consumir menos cimento com a mesma consistência e resistência.

Mehta & Monteiro (1994, p. 22), realça que em um concreto com elevada proporção de partículas chatas e alongadas, maior é a tendência do filme de água se acumular próximo à superfície do agregado, o que enfraquece a zona de transição pasta-agregado.

Além disso, Isaía (1988) menciona outros fatores importantes, como o teor de material pulverulento que deve ser o mínimo possível, pois sua presença aumenta a superfície específica e assim o consumo de água e cimento e por conseqüência o custo do concreto. A dimensão máxima característica do agregado definida pela porcentagem retida acumulada nas peneiras, deve seguir uma proporção que leve em conta a distância entre as faces das formas, espessura da laje e a menor distância e armaduras.

## **2.5 Aditivos**

A NBR 11768 – Aditivos para concreto de cimento Portland, define aditivos, como: “produtos que adicionados em pequena quantidade a concretos de Cimento Portland, modificam algumas de suas propriedades, no sentido de melhor adequá-las a determinadas condições.”

A ASTM C 494-92 classifica os aditivos da seguinte forma: Tipo A – Plastificantes; tipo B – Retardadores; tipo C – Aceleradores; tipo D – Plastificantes retardadores; tipo E – Plastificantes Aceleradores; tipo F – Superplastificantes; tipo G – Superplastificantes retardadores (NEVILLE, 1977).

Conforme Isaia, (*apud* Dallepiane 2001), “as exigências requeridas para o controle dos aditivos fornecidos pelos fabricantes são as seguintes:  $\text{ph} \approx \pm 1\%$ ; teor de sólidos (líquidos)  $\approx \pm 5\%$ ; teor de sólidos (não líquidos)  $\approx \pm 4\%$ ; massa específica ( $\text{g/cm}^3$ )  $\approx \pm 0,002$ ; teor de cloretos =  $\pm 10\%$ .”

### 2.5.1 Aditivos Plastificantes

Conforme MATERIAL DIDÁTICO DE MATERIAIS DE COSTRUÇÃO CIVIL II, os aditivos plastificantes são aqueles que para uma mesma relação água/cimento aumentam a trabalhabilidade da mistura (tornam o concreto mais plástico) ou que para uma mesma trabalhabilidade reduzem a relação água/cimento, razão pela qual, são chamados de redutores de água. A adição de aditivos plastificantes em teores elevados poderia reduzir a relação água/cimento em até 20%, mas como estes aditivos têm o efeito secundário de retardadores, mesmo depois de dias ou semanas o concreto não estaria ainda endurecido.

Segundo Neville (1997), “os componentes ativos principais dos aditivos são agentes tensoativos, substâncias que se concentram na interface entre duas fases não miscíveis alterando as forças físico-químicas atuantes nessa interface. Essas substâncias são absorvidas nas partículas de cimento, conferindo-lhe uma carga elétrica negativa, resultando uma repulsão entre as partículas, isto é, uma defloculação, com a estabilização da dispersão. As bolhas de ar também são repelidas e não podem aderir às partículas de cimento. Os redutores de água aumentam a superfície do cimento que pode se hidratar inicialmente e aumentam a água disponível para hidratação porque, com a defloculação fica aprisionado um pouco de água e partículas de cimento entram em contato entre si, as partes em contato não ficam disponíveis para o início da hidratação.”,



A Figura 1. mostra uma ilustração do efeito da dispersão de grãos de cimento, ocasionada pela repulsão eletrostática causada pelos aditivos redutores de água.

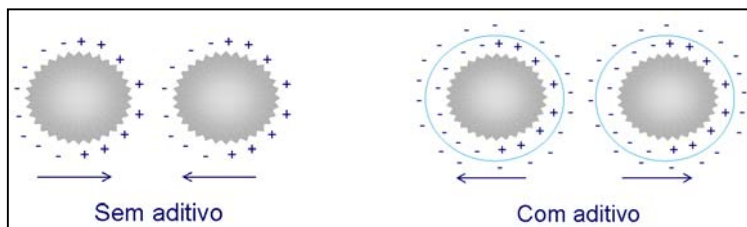


Figura 01 – Dispersão dos grãos de cimento explicada pela repulsão eletrostática

Segundo Mehta e Monteiro, (1994, p. 279), “quando uma pequena quantidade de água é adicionada ao cimento, sem a presença de tensoativos, não se obtém um sistema bem disperso, primeiro, porque a água possui tensão superficial elevada (estrutura molecular com ligação tipo ponte de hidrogênio), e, segundo, as partículas de cimento tendem a se aglomerar ou formar flocos (existem forças de atração entre arestas, cantos e superfícies, carregados positivamente e negativamente, quando os compostos ou minerais cristalinos são finamente moídos).”

Os agentes tenso-ativos constituem-se essencialmente de “moléculas orgânicas de cadeia longa, com uma extremidade hidrófila (que atrai água) e uma hidrófoba (que repele a água).” (MEHTA E & MONTEIRO 1994, p. 277),

Conforme, MATERIAL DIDÁTICO DE MATERIAIS DE COSTRUÇÃO CIVIL II, Com base na natureza química dos produtos, os aditivos plastificantes podem ser classificados em três grupos, e cada um dos quais pode ter os seguintes componente principais:

- **Lignosulfonato:** é um subproduto da extração da celulose da madeira acompanhado de açúcares e amido que conferem ao produto características retardadoras. A retirada dos açúcares do lignosulfonato pode transformá-lo em um aditivo plastificante-acelerador. Por outro lado, o lignosulfonato por si só incorpora um pouco de ar (2,0 a 3,0% do volume de concreto), ( MATERIAL DIDÁTICO...).

“O lignosulfonato provoca uma diminuição na resistência mecânica nas primeiras idades, em virtude de uma diminuição na velocidade de hidratação do cimento atribuída ao envolvimento do grão de cimento pelo aditivo, mas nas idades posteriores esta perda é recuperada e há até um aumento na resistência mecânica devido à maior dispersão das partículas, que provoca o aumento da superfície específica de contato dos grãos de cimento com a água.”

- **Hidroxi-carboxílicos:** (ácido glucômico, salicílico, cítrico, tartárico e mícico) e dos seus sais têm sua ação plastificante baseada na adsorção das moléculas por parte das partículas de cimento por meios de grupos -OH e -COOH, que apresentam também um efeito retardante, no entanto, podem ser empregados na fabricação de aditivos plastificantes do tipo normal ou acelerador pela adição de cloreto ou formiato de cálcio, ou de trietanolamina.

- **Polímeros hidroxilados:** “são obtidos pela hidrólise de carboidratos (açúcares) de massa molecular elevada, como o amido e a dextrina e transformados em polímeros de massa molecular mais baixa contendo de 3 a 25 unidades glucosídicas.”

A eficiência dos redutores de água com relação à resistência varia consideravelmente com a composição do cimento, sendo maior quando usados com cimentos com baixos teores de álcalis ou baixo teor de  $C_3A$ , sendo influenciado também pelo teor de cimento, teor de água, tipo de agregado usado, presença de incorporadores de ar, pozolanas e pela temperatura. (NEVILLE, 1997).

### 2.5.2 Aditivos superplastificantes:

Conforme MATERIAL DIDÁTICO DE MATERIAIS DE COSTRUÇÃO CIVIL II, “Os aditivos superplastificantes têm uma ação sobre a consistência do concreto muito mais marcante do que os aditivos plastificantes. A redução da relação água/cimento ocasionada por um plastificante é, em média, de 5%, já para um superplastificantes, esta pode atingir de 20 a 40%. Por outro lado, a adição de um superplastificantes pode transformar um concreto seco comum abatimento de 10 a 20 mm em um concreto fluido com abatimento superior a 200 mm.”

Ainda conforme MATERIAL DIDÁTICO DE MATERIAIS DE COSTRUÇÃO CIVIL II, os produtos principais empregados na composição dos superfluidificantes são polímeros sintetizados, que não apresentam o efeito retardante dos plastificantes, com isso, torna-se possível elevar a dosagem destes, a teores altos (1 a 3 %), conseguindo desta maneira a alta plasticidade nas misturas em que são empregados.

Conforme Mehta e Monteiro (1994, p. 282), os superplastificantes constituem-se de “tensoativos aniônicos de cadeia longa, massa molecular elevada com um grande número de grupos polares na cadeia de hidrocarboneto.”

“Os polímeros empregados para a produção de superfluidificantes são os naftalenossulfatos condensados com formaldeído e a trimetil-metilamina sulfonada condensada com formaldeído” (MATERIAL DIDÁTICO DE MATERIAIS DE COSTRUÇÃO CIVIL II).

Dal Molin (1997), comenta que o “superplastificante age mais efetivamente se ele for adicionado alguns minutos após a colocação da água de amassamento.”

Dal Molin (1997), comenta ainda que “a variação da temperatura possui um efeito marcante tanto na consistência inicial como na taxa de perda da consistência com o tempo nos concretos com aditivos superplastificantes.” Em geral, a dosagem de superplastificante aumenta com o aumento da temperatura.

## **2.6 Água de amassamento**

Segundo Isaía, (1988), a água não pode possuir substâncias que possam reagir com o cimento, trazendo efeitos colaterais danosos ao concreto. Caso a qualidade da água seja suspeita, devem ser realizados ensaios para verificar a sua ação sobre o tempo de pega, resistência mecânica e estabilidade de volume.

Alves (apud Dallepiane, 2001), cita que:

“sempre que tivermos dúvida sobre a qualidade de uma água, devemos pelo menos fazer um ensaio comparativo da resistência a compressão com corpos de prova de argamassa de cimento e areia, utilizando a água em estudo e uma água reconhecida como de boa qualidade. O uso desta água será permitido desde que a queda de resistência seja no máximo de 10 % em relação a água tomada como padrão. Quando há condição de se fazer a análise da água, será conveniente, para nos dar mais elementos para julgar sua qualidade”.

Neville (1997, p. 193), afirma que, geralmente é satisfatório a recomendação de usar água potável para o amassamento, mas adverte, que há exceções, como no caso de algumas águas potáveis de regiões áridas, onde a água é salobra com excesso de cloretos, e algumas águas minerais, que contém teores indesejáveis de carbonatos alcalinos que podem contribuir para a reação álcali-sílica.

A ABNT, 1982, NBR 6118, considera satisfatória as águas potáveis que contenham PH entre 5,8 e 8,0, devendo considerar os seguintes limites máximos: matéria orgânica = 3 mg/l, resíduo sólido = 5000 mg/l, sulfatos (expressos em íon  $SO_4$ ) = 300 mg/lm, cloretos (expressos em íon  $Cl^-$ ) = 500 mg/l e açúcar = 5 mg/l.

## 2.7 Concreto

Segundo Mehta & Monteiro (1994, p. 08), “concreto é um material composto que consiste essencialmente de um meio contínuo aglomerante (formado por cimento e água, no caso de cimento hidráulico), dentro do qual estão mergulhados partículas ou fragmentos de agregados.

O concreto fresco deve ter as seguintes propriedades: consistência, textura, trabalhabilidade, integridade da massa (oposto de segregação), poder de retenção de água (oposto de exsudação) e massa específica (PETRUCCI, 1994, p. 81).

O concreto endurecido deve apresentar basicamente resistência mecânica e durabilidade compatíveis com as condições do projeto e localização da estrutura (Isaia, 1998).

Dentre as propriedades que o concreto deve possuir, serão analisadas neste trabalho a trabalhabilidade ou consistência (estado fresco), resistência à compressão e durabilidade (estado endurecido).

- **Resistência:**

Mehta & Monteiro (1994, p. 44) define resistência de um material como: “capacidade de este resistir a tensão sem ruptura.

Segundo Neville (1997), a resistência fornece uma idéia geral da qualidade do concreto, sendo ela influenciada pelo volume de vazios, ar aprisionado, poros capilares, poros do gel e ar incorporado. Além do que, a resistência é um elemento essencial do projeto estrutural.

Neville (1997, p.278-282), cita outros fatores que influenciam na resistência do concreto, entre eles: o grau de adensamento, o qual deve ser tal que a consistência da mistura do concreto fresco possibilite que o mesmo possa ser transportado, lançado, adensado e acabado com suficiente facilidade e sem segregação; condições de mistura; cura e ensaio; relação água/cimento; relação cimento/agregados; Granulometria, textura superficial, forma, resistência e rigidez das partículas dos agregados; tamanho máximo dos agregados, sendo que, de modo geral, os agregados graúdos mais arredondados e lisos, resultam em resistências menores do que os com agregados angulosos e ásperos.

Além disso, Walker & Bloem (*apud* Neville, 1997, p. 279), citam que a resistência a compressão do concreto é resultado de: 1) resistência da argamassa; 2) aderência entre argamassa e o agregado graúdo, 3) resistência das partículas de agregado graúdo, 4) grau de hidratação do cimento e suas propriedades físicas e químicas; 5) temperatura; 6) fissuras devido a exsudação, 7) propriedades agregado/pasta de cimento.

- **Permeabilidade:**

Neville (1997), refere-se a permeabilidade como “facilidade com a qual os fluídos, tanto líquidos como gases, podem ingressar no concreto e se deslocar no seu interior”.

“O efeito da relação água/cimento sobre a permeabilidade/difusividade e a resistência do concreto é geralmente atribuído à dependência que existe entre a relação água/cimento e a porosidade da pasta de cimento” (MEHTA & MONTEIRO, p. 41).

- **Durabilidade:**

Conforme o comitê 201 do ACI – American Concrete Institute, (apud Mehta & Monteiro 1994, p. 120), a “durabilidade do concreto de cimento Portland é definido como a capacidade de resistir à ação das intempéries, ataques químicos, abrasão ou qualquer outro processo de deterioração, isto é, o concreto durável conservará a sua forma original, qualidade e capacidade de utilização quando exposto ao meio ambiente.”

Segundo Neville (1997, p. 481), as formas de ação que podem comprometer a durabilidade do concreto podem ser físicas (efeitos de altas temperaturas ou diferenças de coeficientes de dilatação térmica do agregado e da pasta de cimento hidratada, alternância de congelamento e degelo associada à ação dos sais descongelantes), químicas (internas: reações álcali-sílica e álcali-carbonato; externa: ocorre principalmente pela ação de íons agressivos como cloretos, sulfatos ou dióxidos de carbono e muitos líquidos e gases naturais e artificiais) ou mecânicas (abrasão, impacto erosão ou cavitação).

Segundo Neville, (1997, p. 482), com exceção da deterioração mecânica, todas as influências desfavoráveis decorrem do transporte de fluídos através do concreto, por isso, a durabilidade depende muito da permeabilidade do concreto.

Segundo Silva (1995, p. 12), a permeabilidade, ou seja facilidade de penetração de substâncias agressivas tais como CO<sub>2</sub> (gás carbônico), CL<sup>-</sup> (cloretos), O<sub>2</sub> (oxigênio) e H<sub>2</sub>O é de vital importância para a durabilidade do concreto.

- **Zona de transição:**

Segundo Mehta & Monteiro (1994, p. 18), a “zona de transição representa a região interfacial entre as partículas de agregado graúdo e a pasta de cimento, sendo uma camada delgada, tipicamente 10 a 50 µm de espessura ao redor do agregado graúdo.”

Maso, *apud* Mehta & Monteiro (1994, p. 37), a zona de transição se forma por um filme de água ao redor das partículas de agregado, o que é responsável pela elevação da relação água/cimento e um aumento do volume de vazios nesta proximidade, o que ocasiona uma menor adesão entre os produtos de hidratação do cimento e as partículas de agregado, e por consequência uma menor resistência do concreto.

Mehta & Monteiro (1994, p. 40), comentam que zona de transição é geralmente o elo mais fraco da corrente”, sendo por causa desta que o concreto rompe a um nível de tensão consideravelmente mais baixo do que a resistência dos dois constituintes principais (agregado e pasta ou argamassa).

As fissuras da zona de transição se estendem com o aumento da tensão( de 40 a 70% da resistência última). A níveis de tensão maiores do que 70% da resistência última, as concentrações de tensão nos poros grandes da matriz de argamassa ocasionam novas fissuras que como o aumento da tensão se propagam até se unirem com as fissuras da zona de transição. O sistema de fissuras torna-se então contínuo e o material rompe.

- **Trabalhabilidade:**

A ASTM C 125 – 93 define a trabalhabilidade como: “propriedade que determina o esforço necessário para manipular uma quantidade de concreto recém-misturado com uma perda mínima de homogeneidade” (NEVILLE, 1997, p. 196).

Segundo MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL I e II, - os fatores que afetam a trabalhabilidade podem ser classificados em três classes: Características do próprio concreto, representadas pela consistência, que corresponde ao grau de plasticidade da massa e pela sua capacidade de manter-se homogênea; condições de manipulação, envolvendo os tipos de equipamentos e sistemas de trabalho adotados nas operações de produção, transporte e lançamento do concreto; condições de projeto, caracterizadas pelas dimensões dos elementos de construção e afastamento das armaduras.

Segundo MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL I e II, os parâmetros para definição da plasticidade são: fator água/cimento; compacidade, compactação ótima sem vazios;

mobilidade, facilidade de escoar com coesão e viscosidade; relação água/materiais secos (%); granulometria e forma do grão do agregado; tipo e finura do cimento; dimensões das peças de lançamento; menor afastamento e distribuição das barras das armaduras; aditivos, plastificantes, retardadores etc.; tempo de lançamento; tipo de acabamento.

A medida de consistência é realizada pelo emprego do cone de Abrams (ensaio de abatimento tronco cônico), expresso em milímetros. “ Os equipamentos utilizados para este teste conforme a NBR 7223/1982 são o cone de 30 cm de altura, 10 cm de diâmetro menor e 20 cm de diâmetro maior, um soquete de 16 mm de diâmetro e 60 cm de comprimento, uma placa metálica e régua. No procedimento de ensaio, o cone deve ser molhado internamente e colocado sobre uma chapa metálica também molhada onde são moldados três camadas de igual altura de concreto, sendo que cada uma recebe 25 golpes com o soquete, o cone é retirado o abatimento é medido com uma régua. (Bauer, *apud* Dallepiane 2001).

Conforme MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL I e II, os valores aproximados do concreto nas estruturas, conforme pode ser visto no Quadro 2.

Quadro 2. Plasticidade aproximada do concreto nas estruturas

Peças estruturais	(mm)		
	Artefatos de concreto, tubos, blocos, bloquetes, poste e palanque	0	a
Peças em pré-moldadas, Vigas, laje, lajotas meio fio etc.	10	a	20
Lançamento pelo sistema deslizante	20	a	50
Fundações Armadas, Paredes e Pisos	50	a	120
Fundações Maciças e Infra-estrutura de Muro	30	a	100
Lajes, Vigas e Muros, Pilares	50	a	150
Massa	Inferior a 60		

Fonte: MATERIAIS...

- **Relação entre o fator água/cimento, resistência, trabalhabilidade e durabilidade:**

“A relação água/cimento determina a porosidade da pasta de cimento endurecida em qualquer estágio da hidratação” (NEVILLE, 1997, p. 278).



Segundo Neville (1997, p. 278), considera-se na prática que: “a resistência de um concreto a uma certa idade, curado em água a uma temperatura estabelecida, depende de dois fatores: a relação água/cimento e o grau de adensamento”.

Da mesma forma, a trabalhabilidade do concreto fresco é diretamente proporcional a quantidade de água. Se a quantidade de água é reduzida, obtém-se um concreto mais resistente e menos poroso, porém difícil de ser moldado na forma, além de tender a formar “ninhos” decorrentes de falhas no preenchimento da forma e não envolver a armadura adequadamente. Aumentando a quantidade de água, o concreto fica mais trabalhável, a resistência cai, a porosidade e as microfissuras aumentam. (SERRA, 1997).

Segundo Isaia (1998), a impermeabilidade é a pré-condição da durabilidade aos agentes agressivos.

O concreto com mais água torna-se um concreto mais poroso, cheio de capilares intercomunicantes que permitem a penetração de fluídos tais como o ar, os gases, a água e os produtos químicos.

### **2.7.1 Concretos com cinza volante**

Almeida (1992), comenta em seu trabalho, que as adições de pozolanas, chamado por ele como aditivo mineral, juntamente com aditivos químicos (plastificantes), podem provocar alterações nas características do concreto, tanto no estado fresco quanto no estado endurecido. A maior parte delas é decorrente das modificações que surgem na sua microestrutura. Os aditivos em geral atuam não apenas na fase pasta de cimento, mas também na interface ou ligação agregado-pasta.

Segundo Neville (1997, p. 644), a principal influência da adição de cinza volante no concreto, é a redução da demanda de água, em torno de 5% a 15%, em relação a uma mistura com cimento Portland sem adições. Outra influência é um concreto mais coesivo (menor tendência à exsudação).

Neville (1997), argumenta que a redução da água de amassamento é causado pela forma esférica e maciça das pozolanas, o que causa um efeito de rolamento. As cargas elétricas fazem com que as partículas mais finas de cinza volante fiquem adsorvidas na superfície das partículas de cimento, que ficam defloculadas. Neville, adverte que: se a cinza adicionada for superior à necessária para envolver as partículas de cimento, pode haver um aumento considerável na demanda de água.

Almeida (1992), cita em seu trabalho, que os aditivos minerais como a microsilica ou as cinzas volantes, possuem duas formas básicas de atuação no concreto:

“uma física, o denominado efeito de filler (ou de preenchimento de vazios), que colabora para aumentar a coesão e a compacidade tanto da fase pasta quanto da ligação agregado-pasta, e outra química, a clássica reação pozolânica de transformação do frágil hidróxido de cálcio- $\text{Ca(OH)}_2$  no resistente silicato de cálcio hidratado.”

Neville (1997), cita outras vantagens que podem ser consideradas quanto ao uso de adições minerais com vistas à durabilidade: inibição da reação álcali-agregado, minimizando as expansões deletérias provocadas por este fenômeno; melhoria das características da zona de transição pasta-agregado; algumas adições impedem que o agregado graúdo se solte quando a superfície do concreto estiver sendo submetida à abrasão e erosão, o que favorece sua utilização em pisos industriais, pavimentos e estruturas hidráulicas.

Neville, (1997, p. 644) cita que a cinza volante tem um efeito retardador sobre o concreto, o que fica em torno de 1 hora.

Neville (1997), comenta que a reação da cinza volante no concreto exige muito tempo (em geral quanto o valor do pH da água dos poros for menor que 13,2). Dessa forma é necessário haver uma cura mais prolongada, e deve-se tomar cuidado para que os ensaios à compressão de corpos de prova curados em condições ideais não resulte em enganos com relação a resistência do concreto nas obras.

Outro fator levantado por Neville (1997), é que: as “temperaturas mais elevadas, entre 20°C e 28°C aceleram mais as reações de cinza volante do que no caso do cimento Portland sem adições.”

### **3. METODOLOGIA**

#### **3.1 Dados preliminares**

##### **3.1.1. Descrição da área e período de estudo**

A pesquisa foi realizada com materiais (agregados, aglomerantes e aditivos), coletados na Concreteira Prantomix Ltda., localizada no município de Santa Maria/RS. Foi utilizado para a realização deste trabalho o Laboratório de Engenharia Civil da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUÍ), onde foram realizados os ensaios de caracterização dos materiais componentes do concreto, ensaio de ar incorporado, slump test e o rompimento dos corpos de prova aos 7, 14, 28 e 91 dias de idade.

Os dados desta pesquisa foram coletados e analisados no período compreendido entre Abril e Novembro de 2002.

##### **3.1.2. Descrição do estudo**

Esse estudo tem como objetivo, obter os resultados quanto às modificações da consistência ou trabalhabilidade, (medido pelo ensaio de slump test), e da resistência a compressão axial de corpos de prova aos 7, 14, 28 e 91 dias de idade, com a variação do teor de aditivo redutor de água adicionado ao concreto. Foi realizado o mesmo estudo para dois tipos de aditivos redutores de água, o MASTERMIX 390 N e o MASTERMIX 397 N, sendo que ambos são aditivos líquidos isentos de cloretos e que atendem a classificação da norma EB 1763 (Tipo P), conforme o boletim técnico no Anexo 1.

Sabendo que a dosagem é um fator decisivo para a obtenção de um concreto com as máximas vantagens, tanto no estado fresco como no endurecido, é importante salientar que não foi realizado estudo de dosagem para verificar se o traço utilizado é o mais apropriado. O tipo e proporcionamento dos materiais foram definidos através de uma dosagem fornecida pela concreteira.

As características das dosagens são:

- **Resistência Característica do Concreto:** 20 MPa;
- **Tipo de Cimento:** Cimento Portland de Alta Resistência Inicial (CPV – ARI);
- **Cinza Pozolana.**
- **Agregado Graúdo:** Brita 1;
- **Agregado Miúdo:** Areia Média;
- **Abatimento:** Convencional –  $6 \pm 1$  cm e Bombeado -  $10 \pm 2$  cm;
- **Consumo de Cimento:** para o convencional =  $349 \text{ Kg/m}^3$ , para o bombeado =  $354 \text{ Kg/m}^3$ .
- **Aditivo/Teor:** Foram utilizados os aditivos MASTERMIX 390 N e o MASTERMIX 397 N. Os teores de aditivos utilizados variaram de 0,1 a 0,7 litros de aditivos para cada 100 Kg de material cimentício, sendo que o valor utilizado pela empresa concreteira é de 0,4 litros respectivamente.

O traço unitário para o concreto bombeado e para o concreto convencional encontra-se no Quadro 3.

Quadro 3 – Traço unitário da dosagem do concreto convencional e do bombeado.

Traços unitários (Kg)		
Material	Concreto	
	Convencional	Bombeado
Cimento	1	1
Pozolana	0,67	0,67
Areia	2,14	2,36
Brita	2,87	2,54
Água	Variável	Variável
Aditivo	Variável	Variável

**Obs:** No decorrer do trabalho os teores de aditivo serão mencionados apenas com os valores de 0,1 a 0,7 litros, para evitar a repetição das palavras: litros de aditivo para cada 100 kg de material cimentício.

### 3.2. Materiais utilizados: ensaios de caracterização

Neste item serão abordados os ensaios de caracterização das amostras de materiais que foram utilizadas neste Trabalho de Conclusão de Curso.

É importante salientar que, no decorrer da pesquisa, foi necessário fazer uma mudança nos planos da mesma. Verificou-se que o material recolhido para a realização dos ensaios, não seria suficiente para o seu término, face solicitação de maior abrangência, sendo necessário fazer uma nova coleta do mesmo. Reiniciado os ensaios foi constatados que houve uma alteração nas propriedades dos materiais, o que alterava significativamente os resultados. Optamos por realizar uma análise comparativa apenas da dosagem do concreto bombeado, pelo motivo de que este havia mostrado um comportamento satisfatório. Foram verificadas as resistências para o concreto convencional e bombeado para a primeira

amostra. As duas amostras serão chamadas no decorrer do trabalho, de: “Amostra A” para a primeira coleta de material, e “Amostra B” para a segunda coleta de material.

Os ensaios que foram realizados com os materiais utilizados para a produção do concreto são os seguintes:

**Aglomerantes:**

- Finura – NBR 5732 (EB-1) e NBR 5733 (EB-2),
- Massa unitária – NBR 7251;
- Massa específica – NBR NM 23
- Finura por permeabilidade ao ar – Blaine (NBR NM 76)

**Cinza pozolana artificial:**

- Massa unitária – NBR 7251;
- Massa específica – NBR NM 23
- Finura por permeabilidade ao ar – Blaine (NBR NM 76)

**Agregados:**

- Granulometria dos agregados miúdos e graúdos – NBR 7217;
- Massa específica dos agregados miúdos – NBR 9776;
- Massa específica dos agregados graúdos – NBR 9937;
- Massa unitária dos agregados graúdos e miúdos – NBR 7251;
- Teor de materiais pulverulentos – NBR 7219;
- Teor de impurezas orgânicas húmicas – NBR 7220.

**Aditivos:**

- Ensaio de uniformidade (massa específica, teor de sólidos e pH) – NBR 10908

### **3.3. Método de execução do concreto**

Para a execução do concreto, foi utilizado o seguinte procedimento, quando à ordem de se adicionar os materiais na betoneira:

- 1º - Agregado graúdo;
- 2º - Parte da água de amassamento, já adicionada com o aditivo plastificante;
- 3º - Cimento;

- 4° - Cinza pozolana;
- 5° - Agregado miúdo;
- 6° - Restante da quantidade de água necessária para resultar no slump desejado.

A 6ª etapa foi realizada adicionando água de 200 em 200 ml e medindo o slump resultante, até que o mesmo atingisse os valores requisitados, para a trabalhabilidade requerida.

### **3.4. Medida da trabalhabilidade (abatimento -*slump test*)**

O procedimento de moldagem foi realizado conforme a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) – NBR 7223.

As medidas de abatimento no ensaio de *slump* foram realizadas para manter uma mesma trabalhabilidade (ou consistência) do concreto, a medida que se aumentava a quantidade de aditivo adicionada ao mesmo, para isso os abatimentos utilizados foram de 10 ±2 cm para o concreto bombeado e 6±1cm para o concreto convencional.

Os valores dos abatimentos estão apresentados juntamente com a ficha de controle de ruptura no Anexo 3.

### **3.5. Ar incorporado**

Os ensaios de ar incorporado foram realizados apenas durante as moldagens com a Amostra B de material, o mesmo era feito após o momento em que o slump desejado era alcançado. O método do ensaio foi baseado na ASTM C 231.

### **3.6. Moldagem dos corpos de prova**



Os corpos de prova realizados com a Amostra A foram moldados em moldes de dimensões 15 cm de diâmetro e 30 cm de altura. Já os corpos de prova realizados com a Amostra B de materiais foram moldados em corpos de prova de 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura.

Com os materiais da Amostra A foram moldados corpos de prova tanto para o concreto bombeado como para o convencional, utilizando o Aditivo MASTERMIX 390 N nos teores de 0,4 a 0,7 litros para o concreto bombeado e 0,3 a 0,7 para o concreto convencional. Já os estudos realizados com a Amostra B de materiais, foram para o concreto bombeado, e utilizando os aditivos e o MASTERMIX 390 N e MASTERMIX 397 N, com os teores de 0,1 a 0,7 litros.

A decisão por fazer os teores de 0,1 a 0,3 a mais do que foi realizado com a Amostra B de materiais, foi tomada, após analisar os resultados obtidos pela Amostra A, e verificar que os mesmos não haviam produzido redução significativa no fator água/cimento.

Após a moldagem dos corpos de prova, os mesmos eram deixados em repouso por cerca de 24 horas nos moldes em uma sala com temperatura controlada em  $\pm 23^{\circ}\text{C}$ . Posteriormente os mesmos foram levados para uma câmara úmida, até a data correspondente ao rompimento. Os tempos de cura usados na pesquisa foram de 7, 14, 28 e 91 dias, para a Amostra A de materiais e 7, 14, 28 dias para a amostra B.

### **3.8. Rompimento**

Após os respectivos tempos de cura, foram realizados os rompimentos dos corpos de prova em uma prensa instrumentados do laboratório de Engenharia Civil da UNIJUÍ, conforme mostra a Figura 34 do Anexo 4.

### **3.9 Manipulação dos dados**

Os resultados dos rompimentos e do fator água/cimento foram analisados em tabelas e gráficos plotados com o auxílio do software Microsoft Excel. Os gráficos cujos dados resultaram em um comportamento com muita oscilação foram plotados juntamente com as fórmulas da curva de tendência, e o coeficiente de determinação (R-quadrado – proximidade dos valores estimados da linha de tendência em correspondência com os dados verdadeiros).

## 4. ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

### 4.1. Análise dos materiais constituintes do concreto

Todos os ensaios dos materiais foram realizados conforme as respectivas normas citadas anteriormente.

#### 4.1.1. Cimento

No ensaio da massa específica, as duas amostras de material apresentaram um resultado de  $3,019 \text{ g/cm}^3$ . O valor apresentado pela concreteira foi de  $3,00 \text{ g/cm}^3$ .

No ensaio de finura na peneira 200, o resultado para a primeira amostra foi de 0,31%, já para a segunda foi de 0,24%. A porcentagem retida para o cimento CPV-ARI, deve ser menor ou igual a 6%, conforme a NBR 5733.

Quanto à massa unitária solta, o valor encontrado para a primeira amostra foi de  $0,873 \text{ Kg/dm}^3$  e para a segunda foi de  $0,864 \text{ Kg/dm}^3$ . O valor apresentado pela concreteira foi de  $1,15 \text{ Kg/dm}^3$ .

O ensaio da superfície específica indicou para o cimento da amostra B, um valor de 479,474 m<sup>2</sup>/kg. A norma NBR NM 76, fixa um valor mínimo para o cimento portland CP-V de 300 m<sup>2</sup>/kg.

Os dados dos ensaios realizados com as amostras de cimento, encontram-se no Anexo 2.

#### **4.1.2. Cinza Pozolana**

No ensaio da massa específica, as duas amostras de material apresentaram um valor de 2,133 g/cm<sup>3</sup>.

Quanto à massa unitária solta, o valor encontrado para Amostra A de material foi de 0,690 Kg/dm<sup>3</sup>, menor que Amostra B de materiais de 0,804 Kg/dm<sup>3</sup>. O valor apresentado pela concreteira foi de 0,65 Kg/dm<sup>3</sup>.

O ensaio da área específica pelo permeabilímetro ao ar – blaine indicou para a cinza volante da amostra B, um valor de 556,596 m<sup>2</sup>/kg.

Os dados dos ensaios realizados com as amostras de cinza, encontram-se no Anexo 2.

#### **4.1.3. Agregados**

Os resultados de laboratório das amostras de materiais variaram, se comparados com os valores fornecidos pela concreteira. Alguns deles, por solicitação da interessada, foram fornecidos para devidas correções de traço usado na concreteira.

O agregado miúdo foi o que sofreu uma maior alteração, na primeira, o mesmo apresentou um módulo de finura de 1,760 e um diâmetro máximo de 2,4 mm, já na segunda amostra, o módulo de finura foi de 2,321, e o diâmetro máximo de 4,8 mm. Essa alteração provocou a necessidade de uma alteração nos planos da pesquisa, conforme citado no Item 3.2.

A granulometria do agregado graúdo da Amostra A, apresentou um material um pouco mais “grosso” que a Amostra B, porém a alteração foi muito pequena, sendo que ambas as amostras apresentaram um diâmetro máximo de 19 mm. O módulo de finura da Amostra A foi de 6,961 e da Amostra B de 6,782.

O resultado da massa específica do agregado miúdo foi para a Amostra A de 2,574 Kg/dm<sup>3</sup> e para a Amostra B de 2,591 Kg/dm<sup>3</sup>.

O resultado da massa específica do agregado graúdo foi, para a Amostra A, de 2,492 Kg/dm<sup>3</sup> e para a Amostra B de 2,466 Kg/dm<sup>3</sup>.

A determinação da massa unitária solta dos agregados miúdos, mostraram um aumento no valor, de 1,508 Kg/dm<sup>3</sup> na Amostra A para 1,559 Kg/dm<sup>3</sup> na Amostra B.

Quanto aos agregados graúdos, a massa unitária solta teve uma pequena variação entre as amostras, na Amostra A, apresentou um valor de 1,256 Kg/dm<sup>3</sup> e na Amostra B, um valor de 1,261 Kg/dm<sup>3</sup>.

O ensaio do teor de material pulverulento, só foi realizado para Amostra B, sendo que para a areia, indicou um percentual de 0,92 %, e para a brita um percentual de 0,60%.

O ensaio de materiais carbonosos, realizados para a Amostra B, indicou uma coloração para a solução padrão de classificada no colorímetro ASTM C40 entre os números 2 e 3, e para a solução com a areia, a cor se classificou no índice 3.

Os valores dos ensaios realizados com as amostras de agregados, encontram-se no Anexo 2.

#### **4.1.4. Água**

Foi utilizada água potável servida no laboratório, não sendo realizado nenhum ensaio com a mesma.

#### **4.1.4. Aditivos**

Os valores de pH, teor de sólidos, e massa específica , encontrados nos ensaios podem ser visualizados no Quadro 4.

O valor do pH encontrado para ambos os aditivos foram inferiores aos estipulados pelo fabricante de  $8 \pm 1$ , para o aditivo MASTERMIX 390 N e de 7 a 9 para o MASTERMIX 397 N.

A massa específica está de acordo com os valores estipulados pelo fabricante de  $1,18 \pm 0,02 \text{ g/cm}^3$  para o MASTERMIX 390 N e de 1,19 a  $1,23 \text{ g/cm}^3$  para o MASTERMIX 397 N.

Os valores do teor de sólidos apresentados pelo fabricante são de 38 % para o aditivo MASTERMIX 390 N e de 42 a 46 % para o MASTERMIX 397 N.

Os valores indicados pelo fabricante se encontram nas fichas técnicas junto ao Anexo 1.

Quadro 4 – Valores dos ensaios de pH, teor de sólidos e massa específica para os aditivos  
MASTERMIX 390 N E MASTERMIX 397 N

Aditivo	pH	Teor de sólidos	Massa específica (g/cm <sup>3</sup> )
MASTERMIX 390	6,49	34,96	1,180
MASTERMIX 397 N	6,23	41,42	1,215

## 4.2 Resultado do fator água/cimento para os materiais da Amostra A, com o aditivo MASTERMIX 390 N

### 4.2.1. Concreto Bombeado

Analisando a variação da quantidade de água necessária para manter o mesmo índice de consistência do concreto, verificou-se, uma pequena redução no fator água/cimento com o aumento da quantidade de aditivo adicionado, reduzindo-o de 0,57 para 0,54 para as adições de 0,4 e 0,7 litros, respectivamente. Esse comportamento pode ser visualizado na Figura 2, no qual se encontra a sua curva de tendência polinomial com a sua respectiva fórmula, e no Quadro 5.

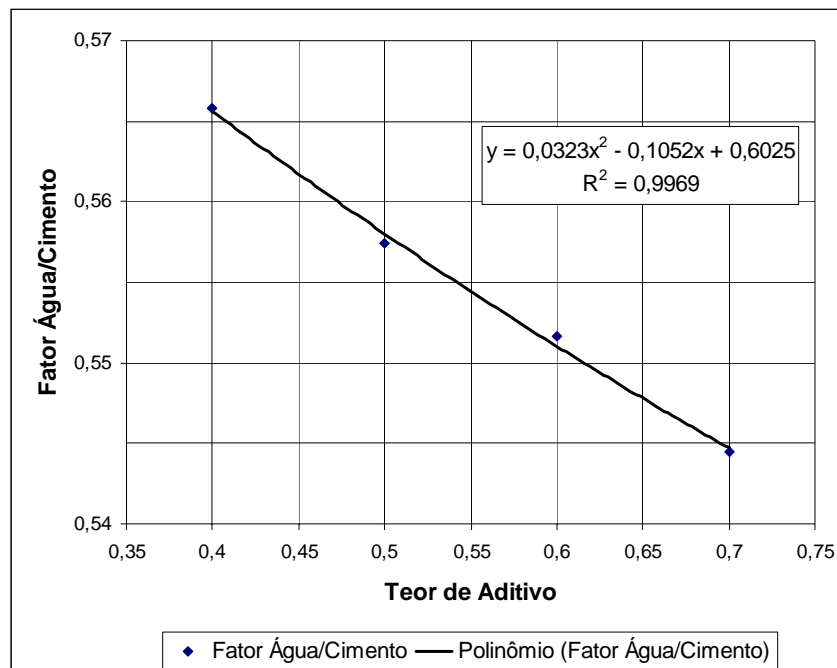


Figura 2 – Variação do fator água/cimento com o aumento do teor Aditivo MASTERMIX 390 N no concreto bombeado.

#### 4.2.2. Concreto Convencional

Devido a grande desvio obtido com os teores de aditivo de 0,5 e 0,7, litros, os mesmos não apresentaram a mesma tendência de comportamento que os outros pontos. Por isso optou-se por analisar somente os teores de 0,3; 0,4 e 0,6. Analisando a variação da quantidade de água necessária para manter o mesmo índice de consistência do concreto, (Figura 3), verificou-se, uma pequena redução no fator água/cimento com o aumento da quantidade de aditivo, reduzindo o mesmo de 0,55 para 0,53 para as adições de 0,3 e 0,6 litros, respectivamente. Os valores de todos os teores estudados, inclusive os com o teor de aditivo de 0,5 e 0,7 litros, podem ser visualizados no Quadro 6.

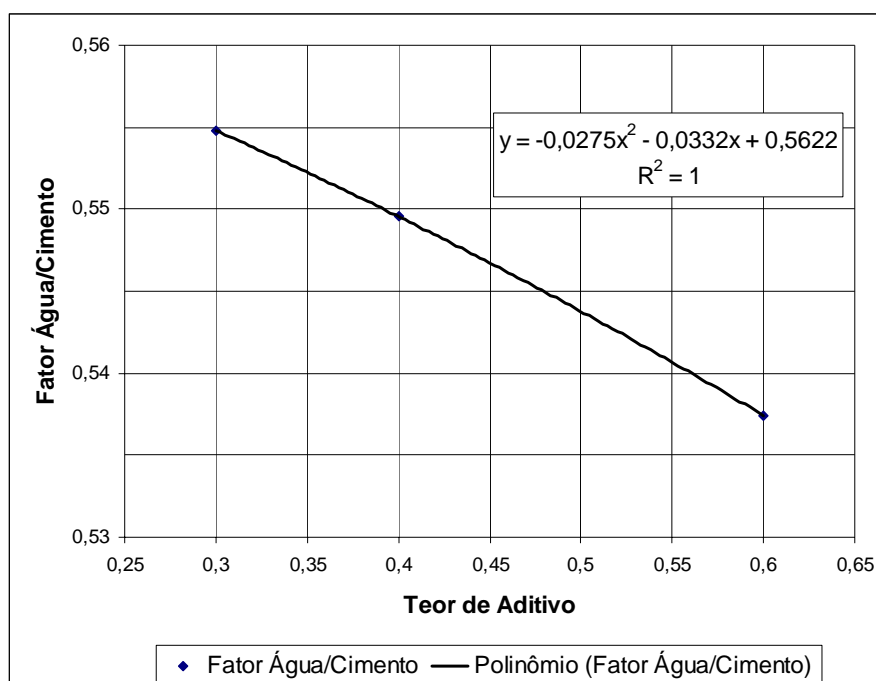


Figura 3 – Variação do fator água/cimento com o aumento do teor Aditivo MASTERMIX 390 N no concreto convencional.

OBS: para facilitar a execução dos gráficos foram colocados nos eixos, apenas a notação teor de aditivo, sendo que os mesmos valores representam a quantidade em litros de Aditivo para cada 100 Kg de material cimentício.



### **4.3. Resultado da Resistência a Compressão dos corpos de prova com os materiais da Amostra A e com o aditivo MASTERMIX 390 N**

#### **4.3.1. Concreto Bombeado:**

Em ambas as idades verificou-se que a variação da resistência obtida para os diferentes teores de aditivo aumentaram, atingindo entre a dosagem de 0,4 e 0,7 litros, um acréscimo médio de aproximadamente 10,0 %.

Entre as idades de cura, verificou-se, um aumento da resistência com o tempo.

Houve um aumento maior nas resistências nas maiores idades do que nas menores idades. A variação da resistência obtida entre os tempos de cura de 7 a 91 dias, para o teor de 0,4 de aditivo, foi de 18,37 MPa, para o teor de 0,7 litros foi de 19,57 MPa, ou seja, uma diferença de 1,2 MPa. Da mesma forma todas as outras adições resultaram em um mesmo comportamento, ou seja, quanto maior foi o teor de aditivo adicionado, maior foi a diferença obtida na resistência nas maiores idades do aditivo. Esse comportamento pode ser visualizado no Quadro 5, ou comparando as Figuras 4, 5, 6 e 7. pelo aumento da curvatura da resistência com o aumento do teor de aditivo, e na Figura 8. que mostra a variação da resistência com o aumento do tempo de cura para os vários teores de aditivo.

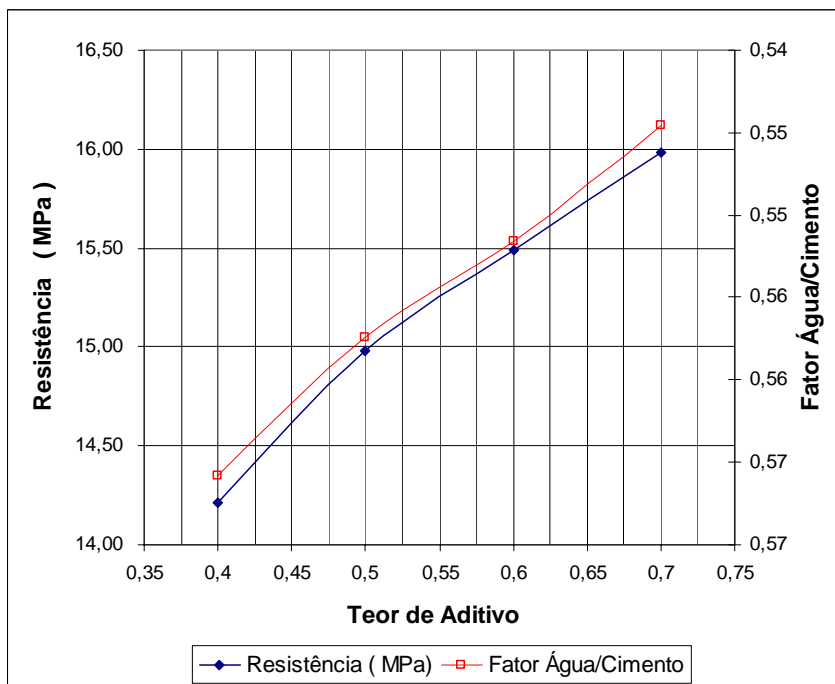


Figura 4 – Variação da resistência aos 7 dias com a variação do teor de Aditivo MASTERMIX 390 N e a diminuição do fator água/cimento para o concreto bombeado.

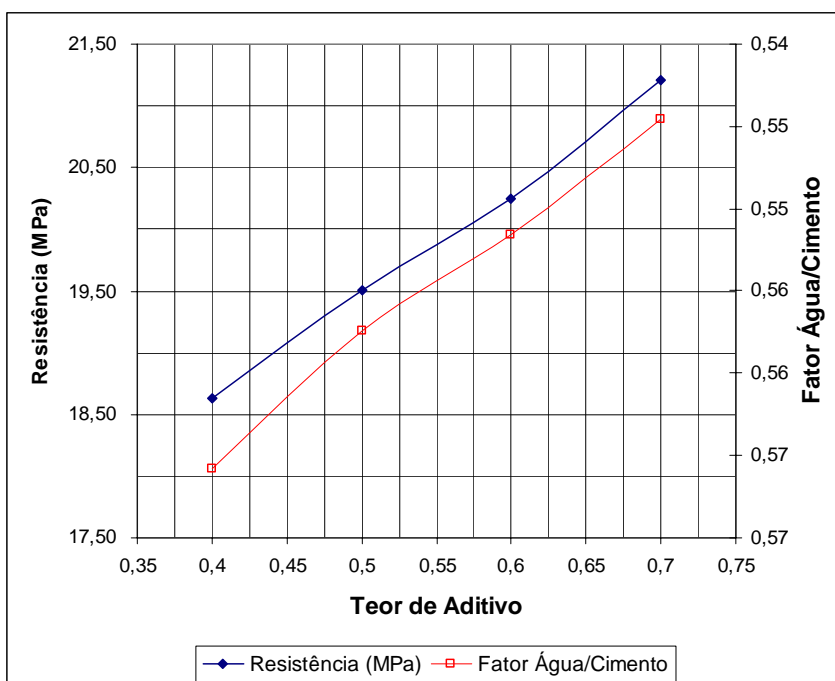


Figura 5 – Variação da resistência aos 14 dias com a variação do teor de aditivo MASTERMIX 390 N e a diminuição do fator água/cimento para o concreto bombeado.

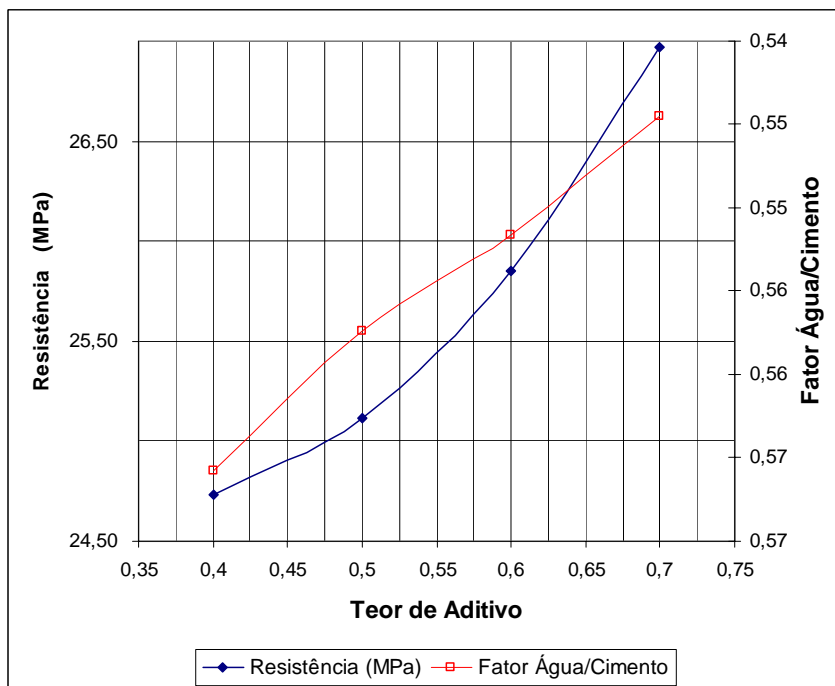


Figura 6 – Variação da resistência aos 28 dias com a variação do teor de Aditivo MASTERMIX 390 N, e a diminuição do fator água/cimento para o concreto bombeado

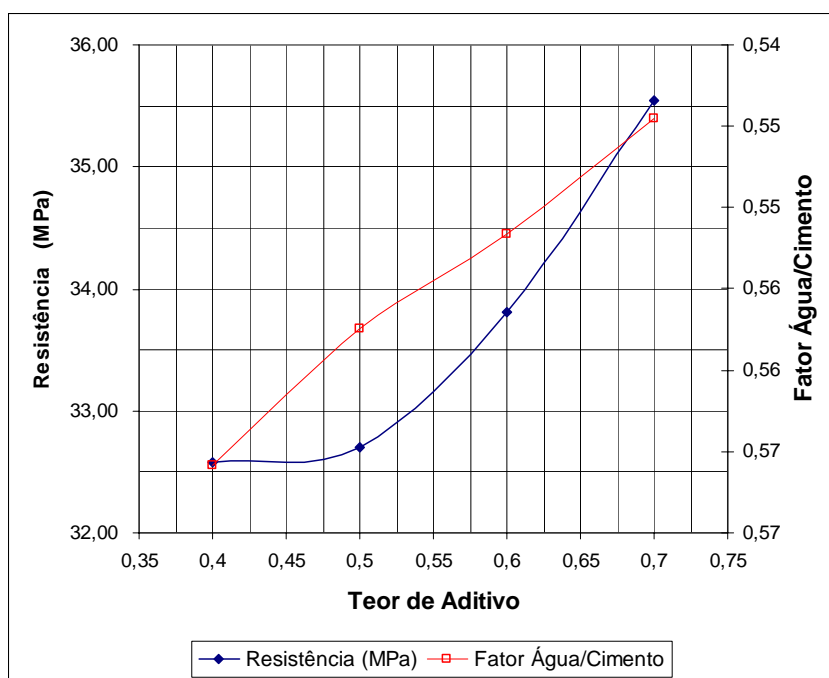


Figura 7 – Variação da resistência aos 91 dias com a variação do teor de aditivo MASTERMIX 390 N, e a diminuição do fator água/cimento para o concreto bombeado

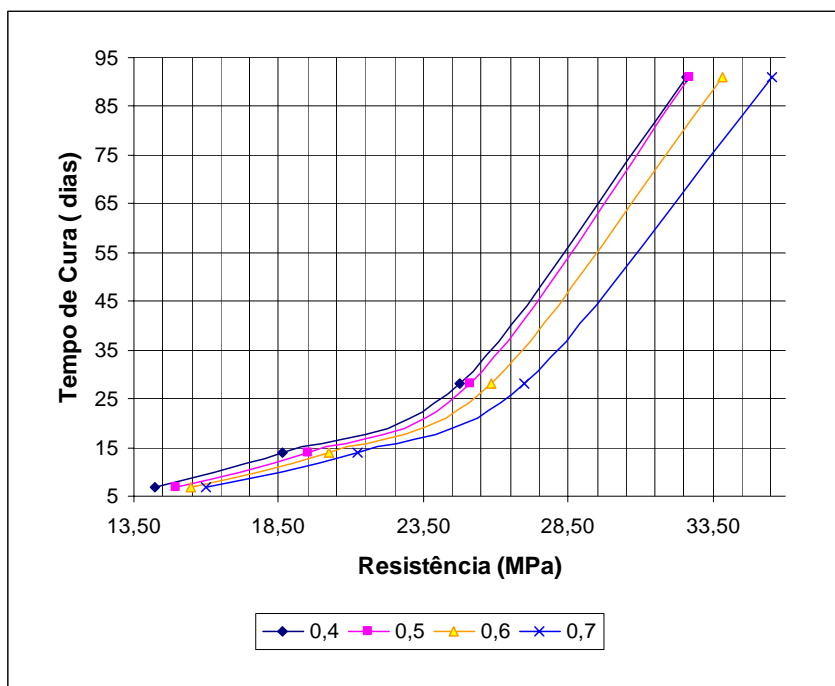


Figura 8 – Variação da resistência com o aumento do tempo de cura para os teores de aditivo MASTERMIX 390 N utilizados com os materiais da Amostra A de materiais e para a dosagem de concreto bombeado.

Quadro 5. – Resultado da resistência a compressão dos corpos de prova com os materiais da Amostra A e com o aditivo MASTERMIX 390 N, para a dosagem do concreto bombeado.

Teor de Aditivo	Fator A/C	Resistência 7 dias (MPa)	Resistência 14 dias (MPa)	Resistência 28 dias (MPa)	Resistência 91 dias (MPa)
0,4	0,57	14,21	18,63	24,74	32,58
0,5	0,56	14,98	19,50	25,12	32,70
0,6	0,55	15,49	20,25	25,85	33,81
0,7	0,54	15,98	21,21	26,97	35,55

#### 4.3.2. Concreto Convencional

Pelo mesmo motivo citado no item 4.2.2, optou-se por analisar somente os teores de 0,3; 0,4 e 0,6.

Da mesma forma que o concreto bombeado, o convencional apresentou em ambas as idades um aumento da resistência para os diferentes teores de aditivo, atingindo entre a dosagem de 0,3 e 0,6 litros, um acréscimo médio de 5,2 %.

Entre as idades de cura, verificou-se, um aumento da resistência com o tempo.

Com relação ao um aumento da resistência com o aumento do tempo de cura, houve, igualmente ao concreto bombeado, um aumento maior nas resistências nas maiores idades do que nas menores idades. A variação da resistência obtida entre os tempos de cura de 7 a 91 dias, para o teor de 0,3 litros, foi de 17,27 MPa, já para o teor de 0,6 litros, foi de 17,80 Mpa, ou seja, uma diferença de 0,52 MPa. Da mesma forma todos as outras adições resultaram em um mesmo comportamento, ou seja, quanto maior foi o teor de aditivo adicionado, maior foi a diferença obtida na resistência nas maiores idades do aditivo. Esse comportamento pode ser visualizado no Quadro 6, comparando as Figuras 9, 10, 11 e 12., pelo aumento da curvatura da resistência com o aumento do teor de aditivo, e na Figura 13, que mostra . a variação da resistência com o aumento do tempo de cura para os vários teores de aditivo.

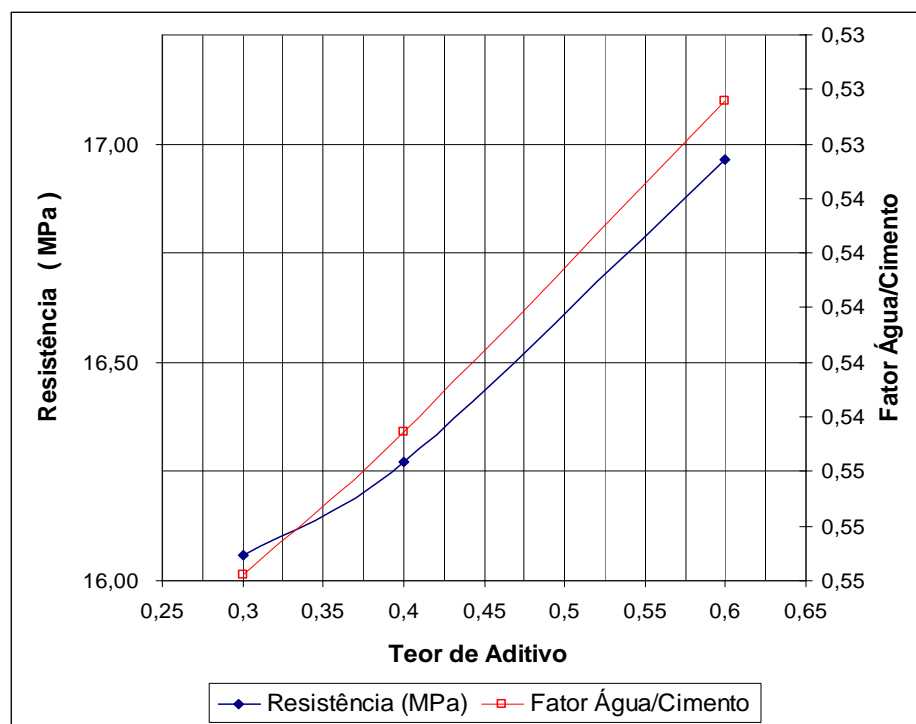


Figura 9 – Variação da resistência aos 7 dias com a variação do teor de aditivo MASTERMIX 390 N e a diminuição do fator água/cimento para o concreto convencional.

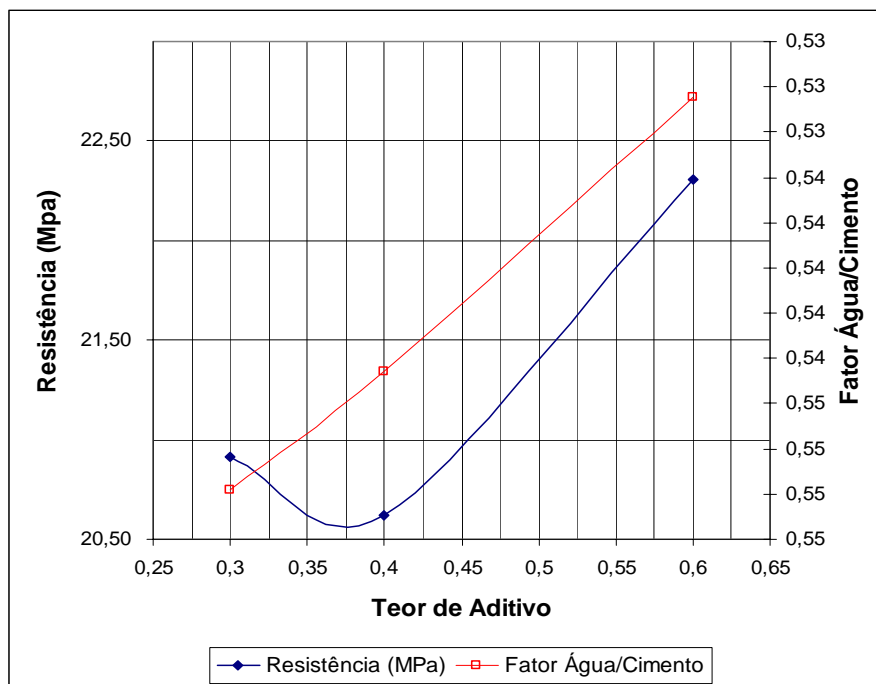


Figura 10 – Variação da resistência aos 14 dias com a variação do teor de aditivo MASTERMIX 390 N e a diminuição do fator água/cimento para o concreto convencional.

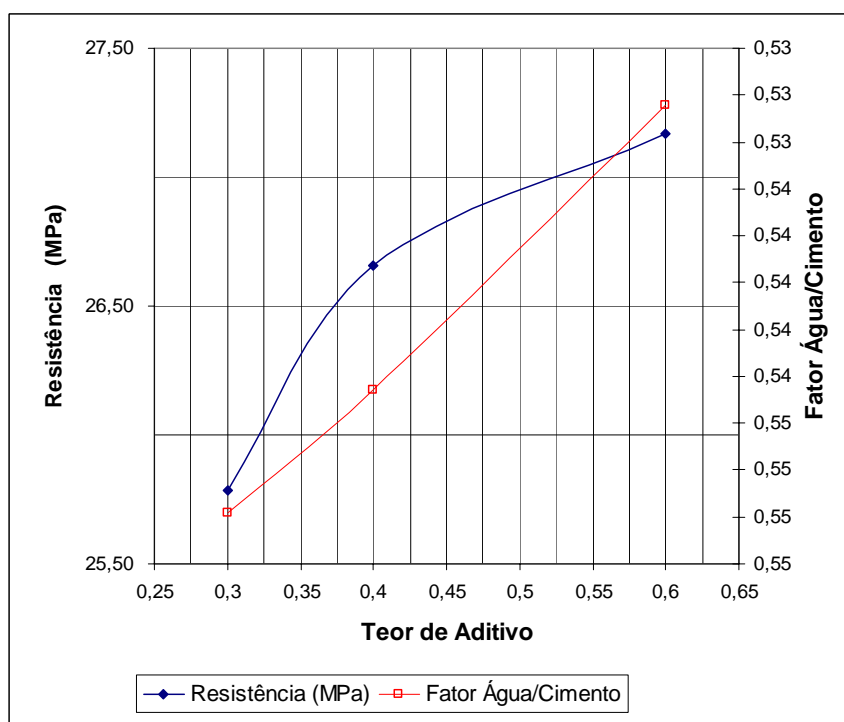


Figura 11 – Variação da resistência aos 28 dias com a variação do teor de aditivo MASTERMIX 390 N e a diminuição do fator água/cimento para o concreto convencional.

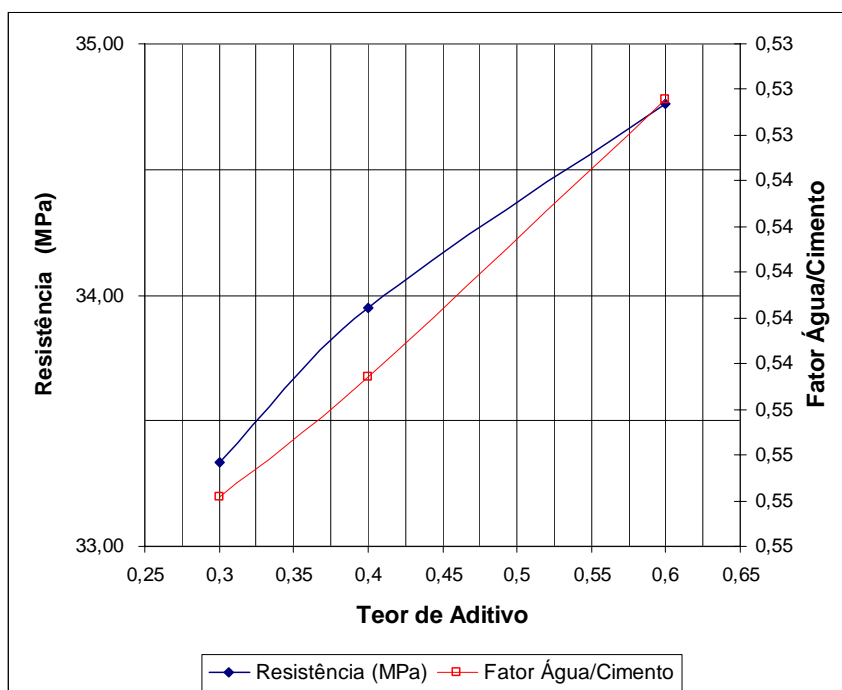


Figura 12 – Variação da resistência aos 91 dias com a variação do teor de aditivo MASTERMIX 390 N e a diminuição do fator água/cimento para o concreto convencional.

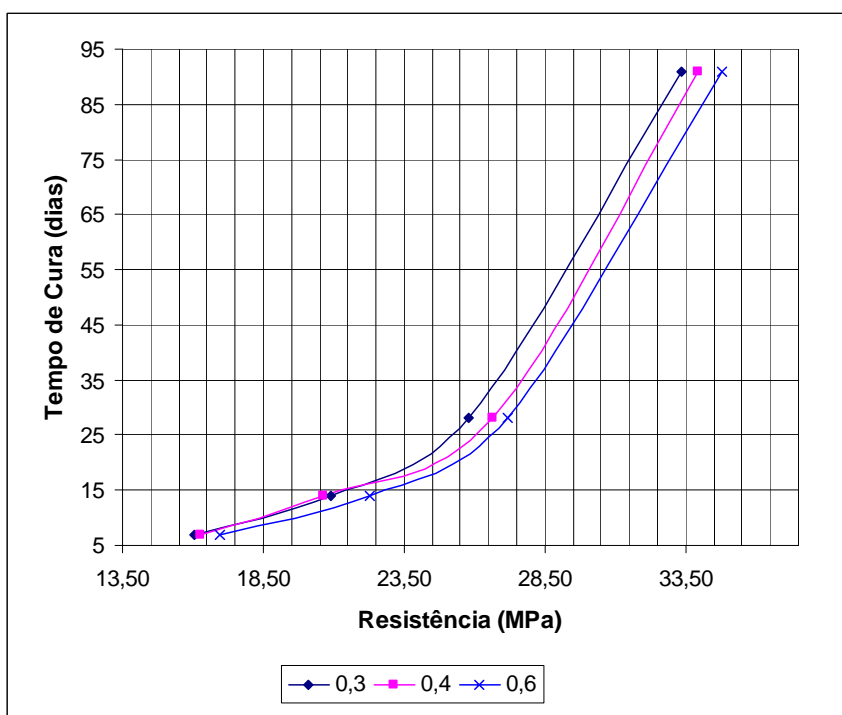


Figura 13 – Variação da resistência com o aumento do tempo de cura para os teores de aditivos MASTERMIX 390 N utilizados com os materiais da Amostra A e para a dosagem de concreto convencional.

Quadro 6. – Resultado da resistência a compressão dos corpos de prova com os materiais da Amostra A e com o aditivo MASTERMIX 390 N, para a dosagem do concreto convencional.

Aditivo	Fator a/c	Resistência 7 dias (Kgf)	Resistência 14 dias (Kgf)	Resistência 28 dias (Kgf)	Resistência 91 dias (Kgf)
0,3	0,55	16,06	20,91	25,78	33,33
0,4	0,54	16,27	20,62	26,66	33,95
0,5	0,51	18,52	23,16	29,37	36,35
0,6	0,53	16,96	22,31	27,17	34,76
0,7	0,54	18,32	22,99	30,14	37,31

#### **4.3.3. Resultados obtidos com o concreto bombeado e o concreto convencional, executados com a Amostra A de materiais, e o aditivo MASTERMIX 390 N**

Observou-se que tanto para o concreto bombeado, como para o concreto convencional, houve um comportamento, linear, quanto à diminuição do fator água/cimento com o aumento do teor de aditivo MASTERMIX 390 N adicionado ao concreto. Ambas as dosagens apresentaram uma diminuição de aproximadamente 1% no fator água/cimento, para cada aumento no teor de aditivo utilizado

Como o concreto bombeado deveria apresentar uma trabalhabilidade maior que o concreto convencional, na espera que o mesmo apresenta-se um fator água/cimento superior ao do concreto convencional. Esse comportamento pode ser visualizado na Figura 14. e nos Quadros 5 e 6.



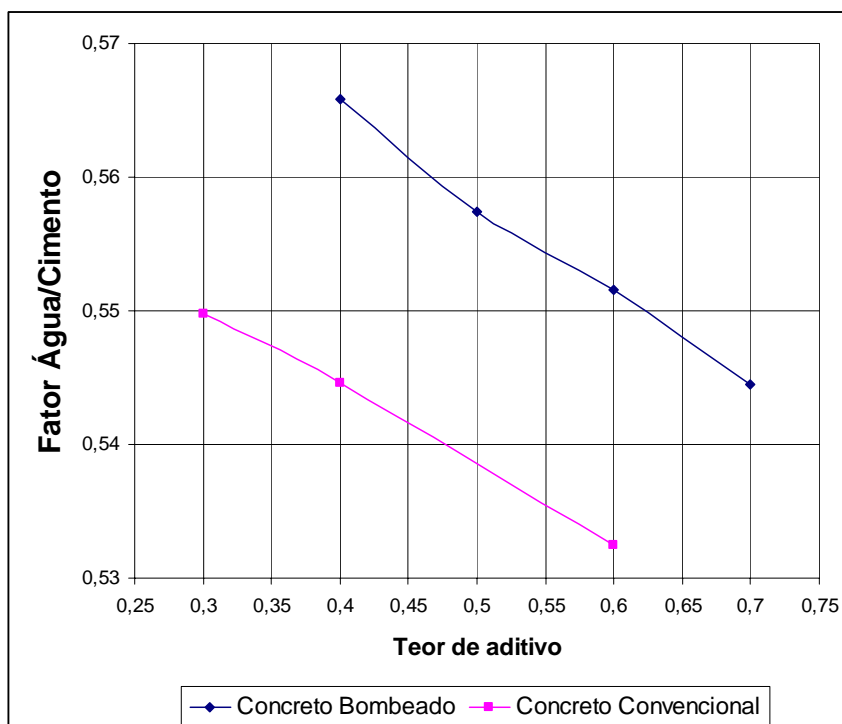


Figura 14 – Variação do fator água/cimento com o aumento do teor de aditivo MASTERMIX 390 N para o concreto bombeado e convencional moldados com a Amostra A de materiais

Verificou-se que, segundo os dados de controle da concreteira, tanto o concreto bombeado, com o teor de 0,4 litros, e o concreto convencional com o teor de 0,3 são dosados para obter um concreto com fck de 20 MPa. Os mesmos deveriam resultar com médias aproximadas de resistência para o concreto. Os ensaios mostraram para os respectivos teores de aditivo, que o concreto bombeado para o tempo de cura de 28 dias, apresentou uma resistência de 24,74 MPa, e o concreto convencional apresentou uma resistência de 25,74 MPa, ou seja, uma tendência de aumento para o convencional (diferença de 1,0 MPa). O comportamento obtido nas moldagens podem ser vistas nas Figura 15, 16, 17 e através dos Quadros 5 e 6 apresentados anteriormente.

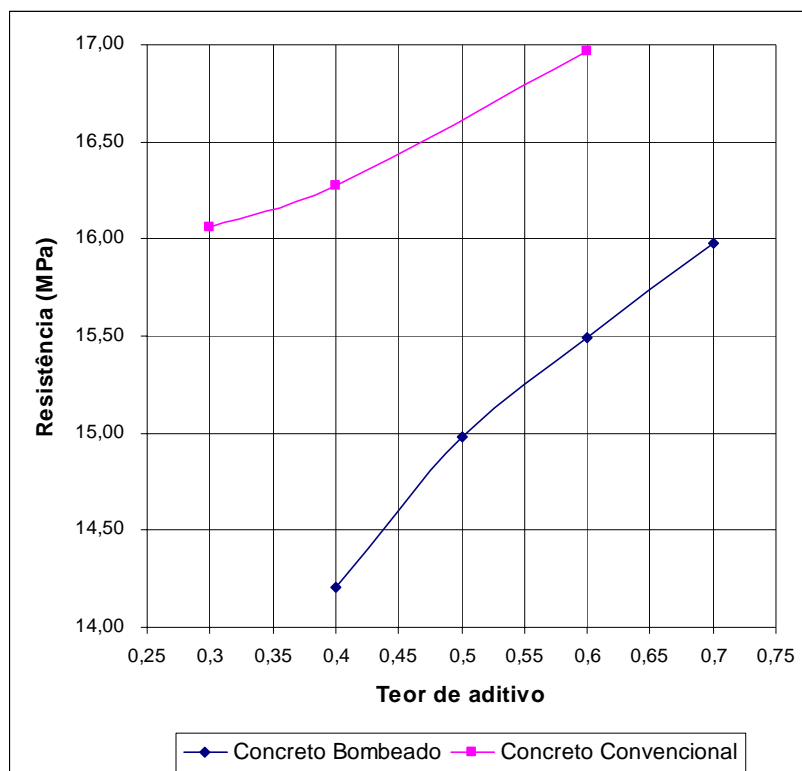


Figura 15 – Variação da resistência aos 07 dias para o concreto bombeado e para concreto convencional, executado com a Amostra A de materiais e com o aditivo MASTERMIX 390 N

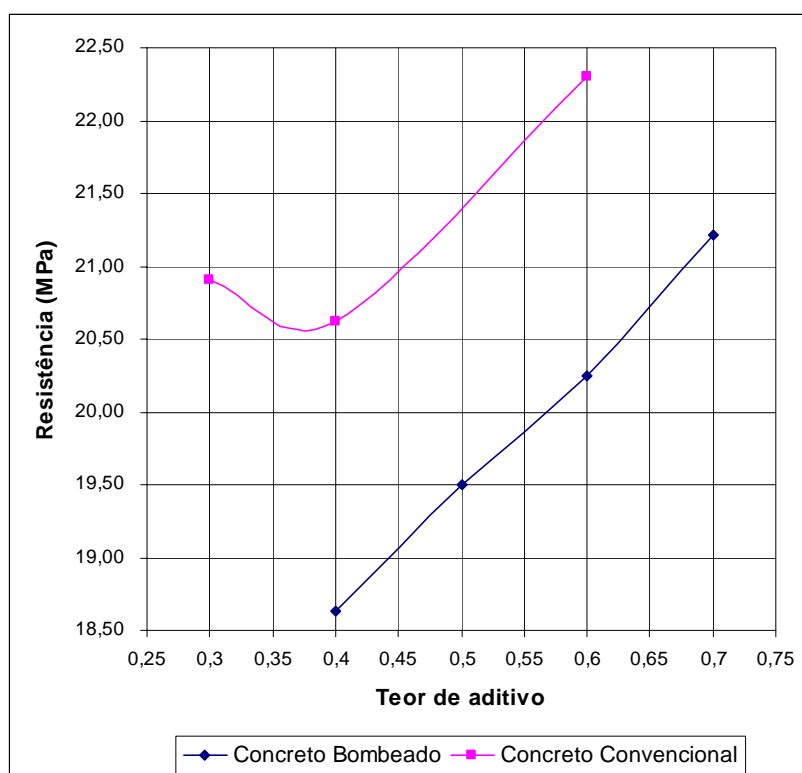


Figura 16 – Variação da resistência aos 14 dias para o concreto bombeado e para concreto convencional, executado com a Amostra A de materiais e com o aditivo MASTERMIX 390 N

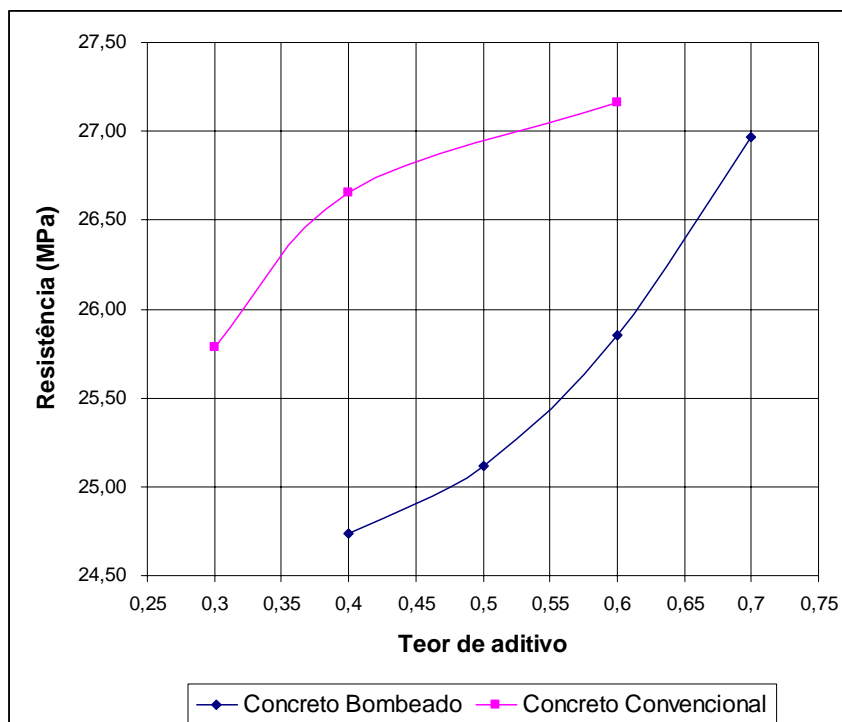


Figura 17 – Variação da resistência aos 28 dias para o concreto bombeado e para concreto convencional, executado com a Amostra A de materiais e com o aditivo MASTERMIX 390 N

#### 4.4. Resultado do fator água/cimento para os materiais da Amostra B com a dosagem para concreto bombeado

##### 4.4.1. Aditivo MASTERMIX 390 N

Os ensaios demonstraram uma diminuição da água de amassamento com o aumento do teor de aditivo, não apresentando um comportamento uniforme entre os teores estudados entre 0 a 0,7 litros, houve uma redução de 8% no fator água/cimento. Os resultados podem ser visualizados na Figura 18. e no Quadro 7.

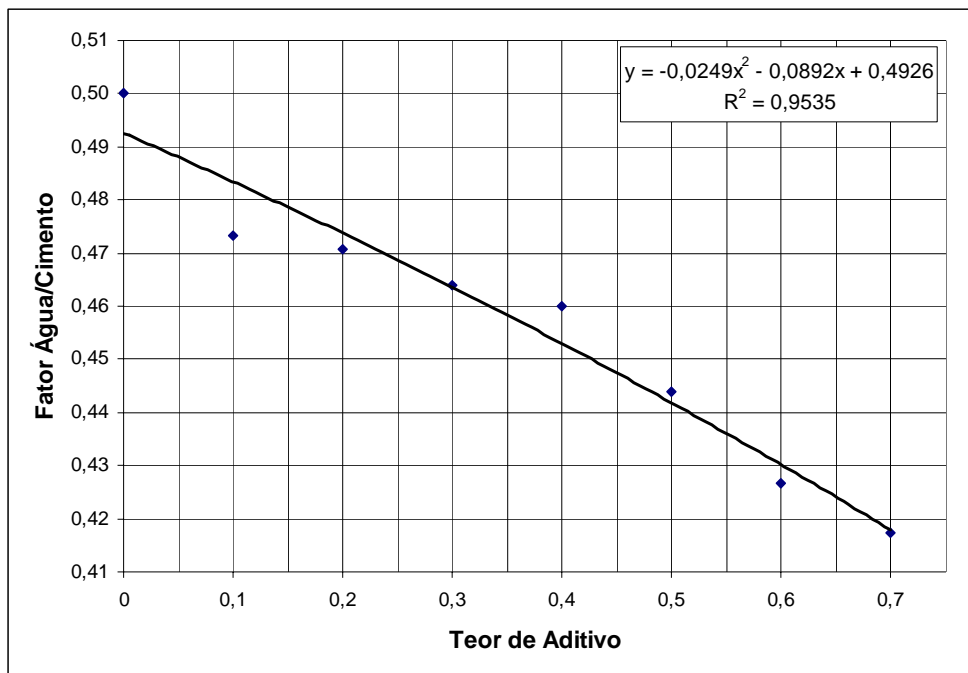


Figura 18 – Variação da quantidade de água e do fator água/cimento com o aumento do teor de aditivo MASTERMIX 390 N no concreto bombeado, executado com a Amostra B de materiais

#### 4.4.2. Aditivo MASTERMIX 397 N

O Aditivo MASTERMIX 397 N apresentou um comportamento semelhante ao MASTERMIX 390 N, havendo uma diminuição da água de amassamento com o aumento do teor de aditivo, e apresentando um comportamento não uniforme entre os teores estudados. Entre os teores de 0 a 0,7 litros, houve uma redução de 8% no fator água/cimento. Os resultados podem ser vistos na Figura 19. e no Quadro 08.

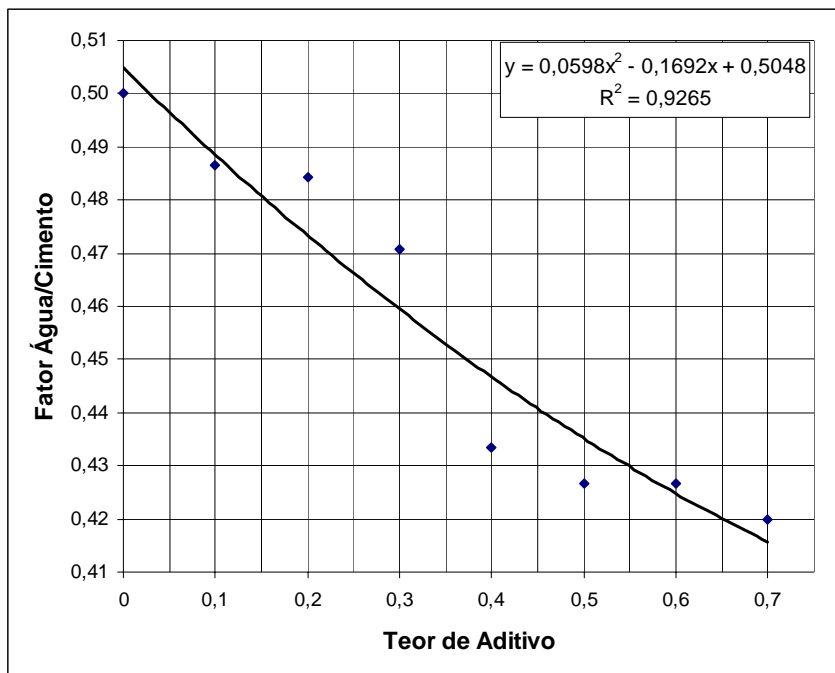


Figura 19 – Variação da quantidade de água e do fator água/cimento com o aumento do teor de aditivo MASTERMIX 397 N no concreto bombeado, executado com a Amostra B de materiais

#### 4.5. Resultado da resistência a compressão dos corpos de prova com os materiais da Amostra B e com a dosagem de concreto bombeado

##### 4.5.1. Aditivo MASTERMIX 390 N

Em ambas as idades verificou-se, que a resistência obtida para os diferentes teores de aditivo oscilaram, porém os gráficos da curva de tendência polinomial, apresentaram um comportamento geral de aumento da resistência com o aumento do teor de aditivo. O comportamento para cada idade de cura para os teores de aditivo utilizados podem ser visualizadas nas Figuras 20, 21 e 22 e quadro 7.

Entre as idades de cura, verificou-se, um aumento da resistência com o aumento do tempo de cura.

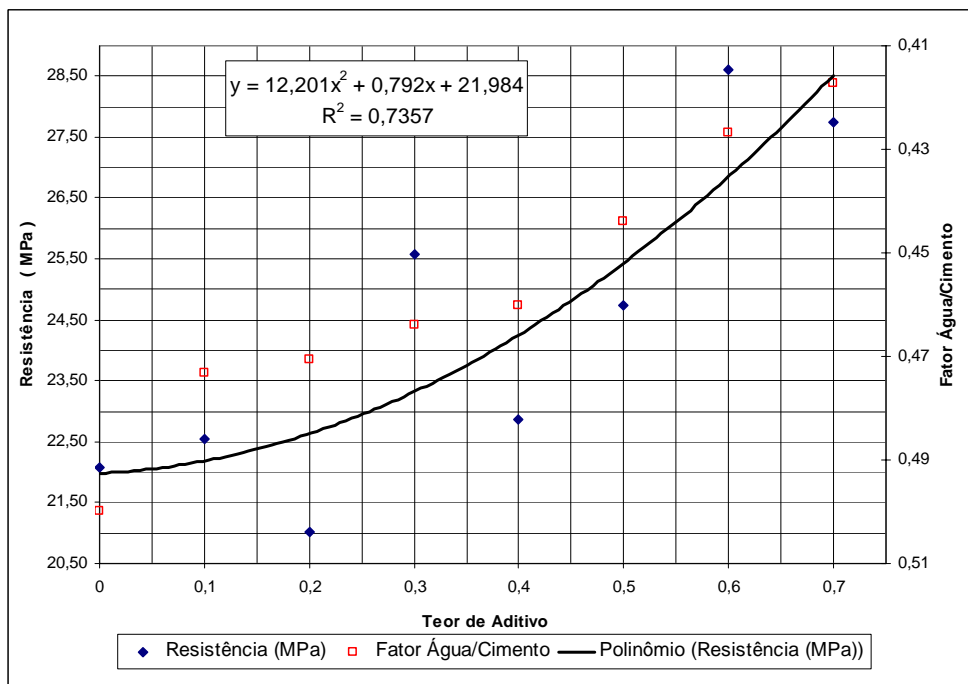


Figura 20 – Variação da resistência a compressão axial e do fator água/cimento com o aumento do teor de aditivo MASTERMIX 390 N no concreto bombeado, executado com a Amostra B de materiais aos 7 dias.

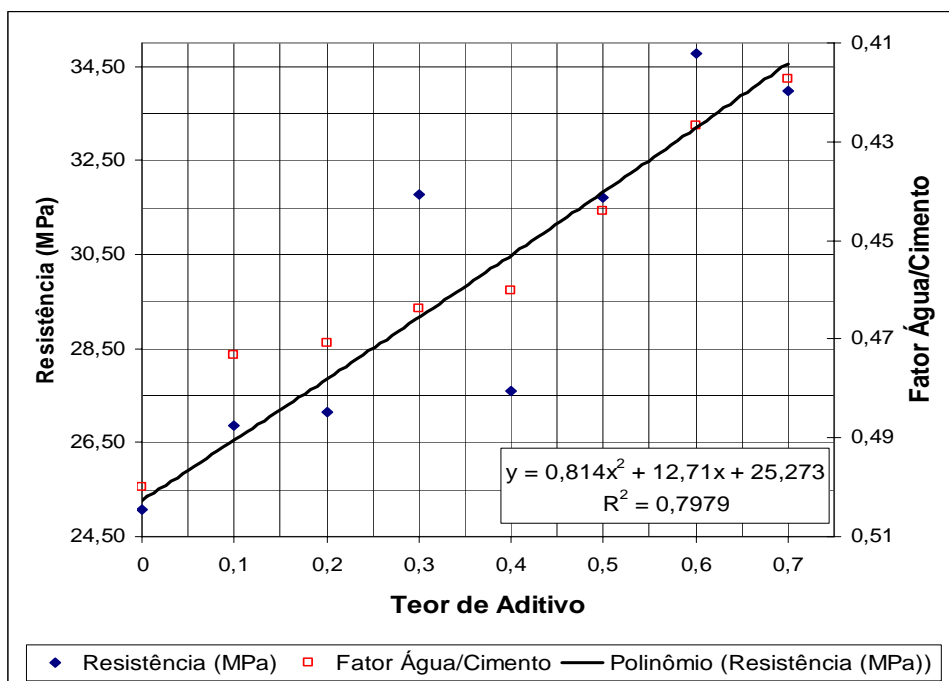


Figura 21 – Variação da resistência a compressão axial e do fator água/cimento com o aumento do teor de aditivo MASTERMIX 390 N no concreto bombeado, executado com a Amostra B de materiais aos 14 dias.

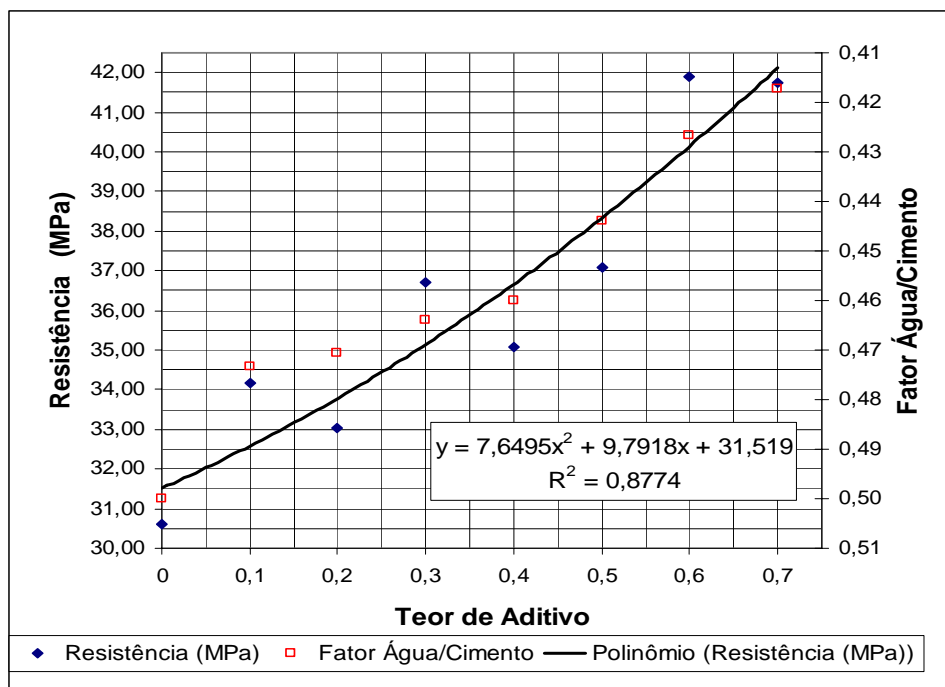


Figura 22 – Variação da resistência a compressão axial e do fator água/cimento com o aumento do teor aditivo MASTERMIX 390 N no concreto bombeado, executado com a Amostra B de materiais aos 28 dias.

Quadro 7 – Valores de resistência a compressão axial e do fator água/cimento para os vários teores de aditivo MASTERMIX 390 N no concreto bombeado, executado com a Amostra B de materiais

Teor de Aditivo	Fator A/C	Resistência 7 dias (MPa)	Resistência 14 dias (MPa)	Resistência 28 dias (MPa)
0	0,50	22,09	25,07	30,59
0,1	0,47	22,54	26,85	34,15
0,2	0,47	21,01	27,13	33,03
0,3	0,46	25,58	31,79	36,72
0,4	0,46	22,86	27,61	35,08
0,5	0,44	24,74	31,71	37,10
0,6	0,43	28,62	34,78	41,89
0,7	0,42	27,74	33,97	41,72

#### 4.5.2. Aditivo MASTERMIX 397 N

Analisando a curva da resistência obtida aos sete dias de idade para os diferentes teores de aditivo, observa-se que o mesmo apresentou maior aumento entre os teores de 0,2 e 0,4 litros, diminuindo a sua inclinação dos 0,5 aos 0,7 litros. Aos 14 e 28 dias a resistência apresentou uma oscilação maior, apresentando pela curva de tendência polinomial,

um aumento da resistência semelhante ao obtido pelos 7 dias de idade. Houve uma diminuição da resistência aos 28 dias com o teor de aditivo de 0,7 litros, As curvas da resistência com o aumento do teor de aditivo podem ser visualizados nas Figuras 23, 24, 25 e no Quadro 8.

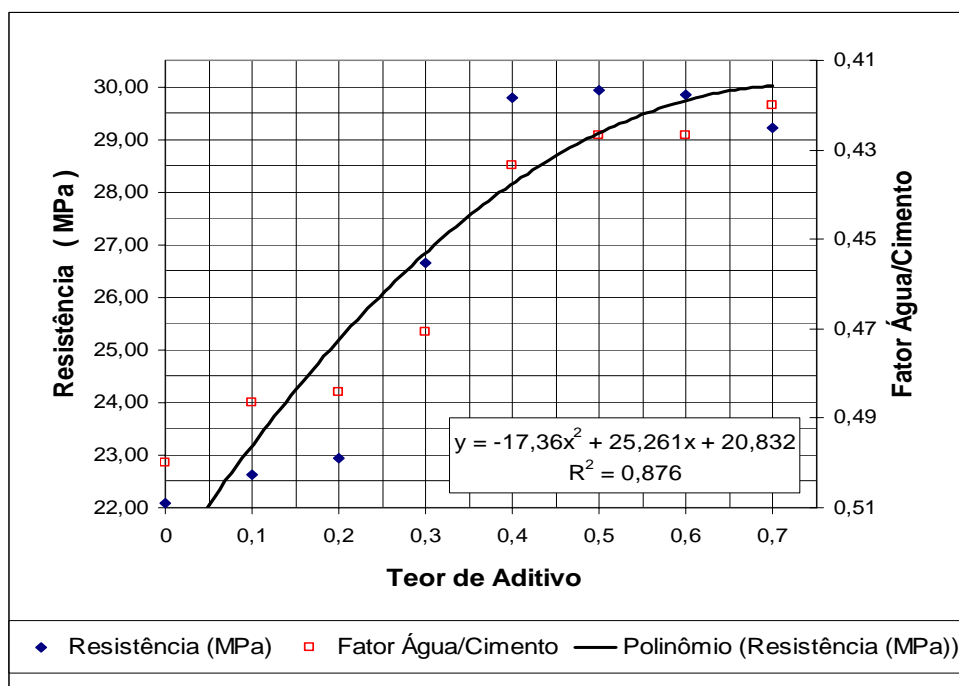


Figura 23 – Variação da resistência a compressão axial e do fator água/cimento com o aumento do teor aditivo MASTERMIX 397 N no concreto bombeado, executado com a Amostra B de materiais aos 7 dias.



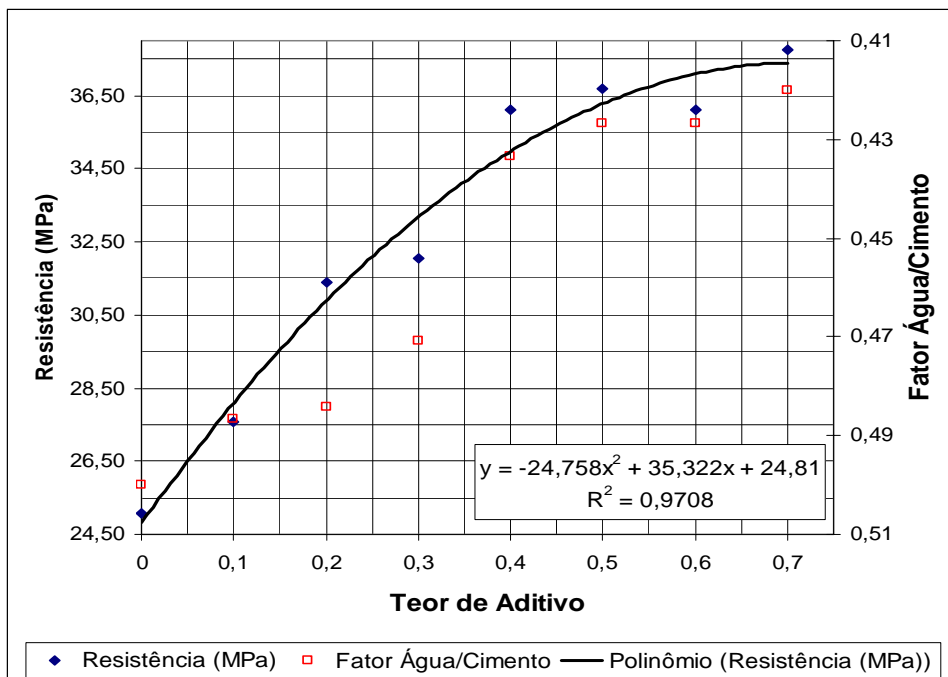


Figura 24 – Variação da resistência a compressão axial e do fator água/cimento com o aumento do teor aditivo MASTERMIX 397 N no concreto bombeado, executado com a Amostra B de materiais aos 14 dias.

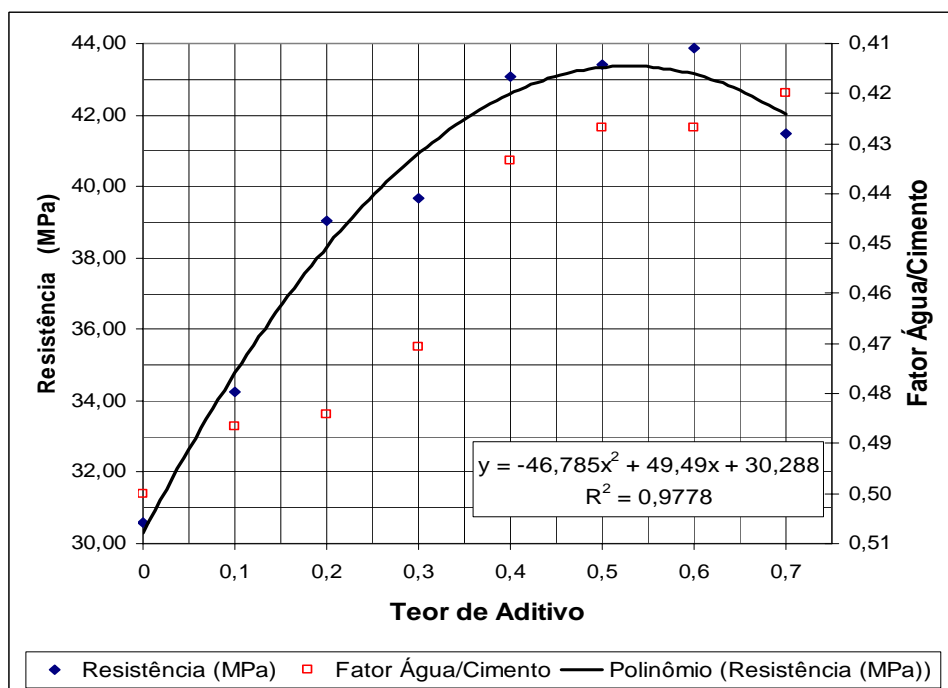


Figura 25 – Variação da resistência a compressão axial e do fator água/cimento com o aumento do teor aditivo MASTERMIX 397 N no concreto bombeado, executado com a Amostra B de materiais aos 28 dias.

Quadro 8 – Valores de resistência a compressão axial e do fator água/cimento para os vários teores de aditivo MASTERMIX 397 N no concreto bombeado, executado com a Amostra B de materiais

Teor de Aditivo	Fator A/C	Resistência 7 dias (MPa)	Resistência 14 dias (MPa)	Resistência 28 dias (MPa)
0	0,50	22,09	25,07	30,59
0,1	0,49	22,63	27,59	34,26
0,2	0,48	22,94	31,41	39,05
0,3	0,47	26,64	32,04	39,68
0,4	0,43	29,79	36,10	43,05
0,5	0,43	29,92	36,68	43,40
0,6	0,43	29,86	36,10	43,88
0,7	0,42	29,21	37,74	41,46

#### 4.6. Resultado do ensaio de ar incorporado no concreto executado com os materiais da Amostra B para o concreto bombeado com os aditivos MASTERMIX 390 N e MASTERMIX 397 N

Os ensaios de densidade e ar incorporado mostraram para ambos os aditivos que não houve variação, a medida que se aumentava o teor de aditivo, conforme pode ser visto no Quadro 9.

Quadro 9 – Resultado do ensaio de ar incorporado no concreto executado com os materiais da Amostra B, com a dosagem de concreto bombeado e com o aditivo MASTERMIX 390 N e MASTERMIX 397 N

Teor de aditivo	Ar incorporado (%)		Densidade Kg/m <sup>3</sup>	
	MASTERMIX 390 N	MASTERMIX 397 N	MASTERMIX 390 N	MASTERMIX 397 N
0	1,1		2325,32	
0,1	1,0	1,0	2344,30	2335,44
0,2	1,2	1,1	2335,44	2340,51
0,3	1,1	1,2	2337,97	2355,69
0,4	1,2	1,1	2343,04	2348,10
0,5	1,2	1,1	2350,63	2348,10
0,6	1,3	1,2	2341,77	2349,21
0,7	1,5	1,2	2324,05	2349,37

#### 4.7. Resultados obtidos com o concreto bombeado, executados com a Amostra A e Amostra B de materiais, com o Aditivo 390 N

O fator água/cimento no concreto moldado com a Amostra B não apresentou um comportamento linear, quanto ao da amostra A, o mesmo apresentou oscilações.

Devido a alteração na composição granulométrica, obtida no agregado miúdo entre as amostras de materiais, o concreto moldado com a Amostra B apresentou um fator água/cimento menor para os mesmos teores de aditivos, conforme pode ser visualizado na Figura 26.

Quanto a resistência, verifica-se que o concreto moldado com a Amostra B alcançou valores mais elevados que a Amostra A. Figuras 27, 28, 29 e nos Quadros 5 e 7.

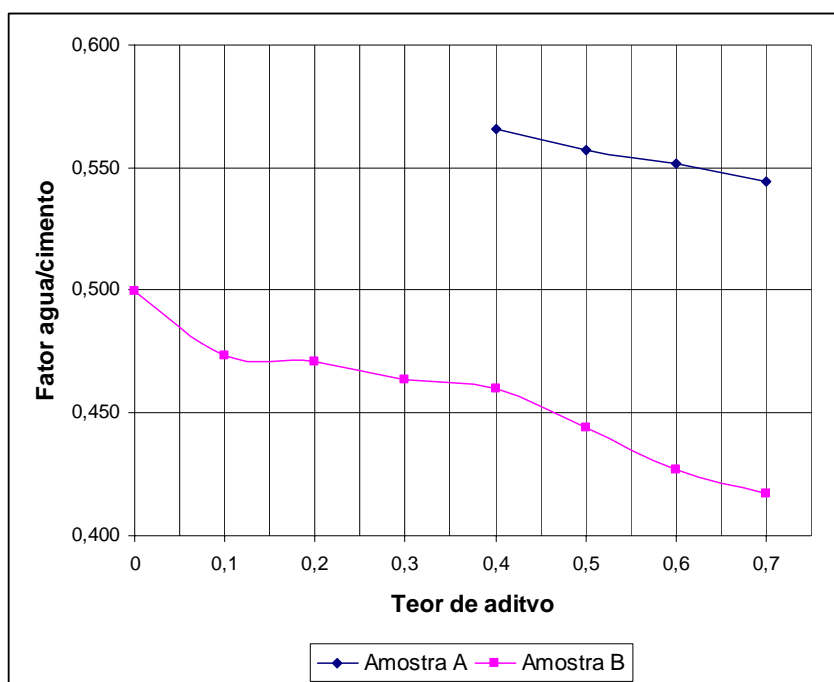


Figura 26 -Variação do fator água/cimento para o concreto bombeado executado com a Amostra A e Amostra B de materiais, com o aditivo MASTERMIX 390 N

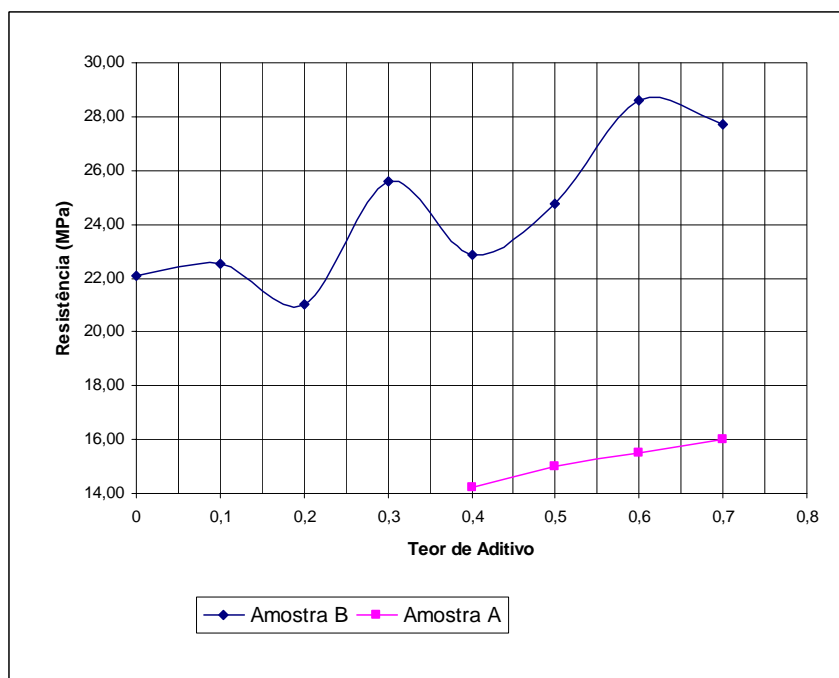


Figura 27 – Variação da resistência aos 07 dias para o concreto bombeado executados com a Amostra A de materiais e do concreto bombeado executado com a Amostra B de materiais, com o Aditivo MASTERMIX 390 N

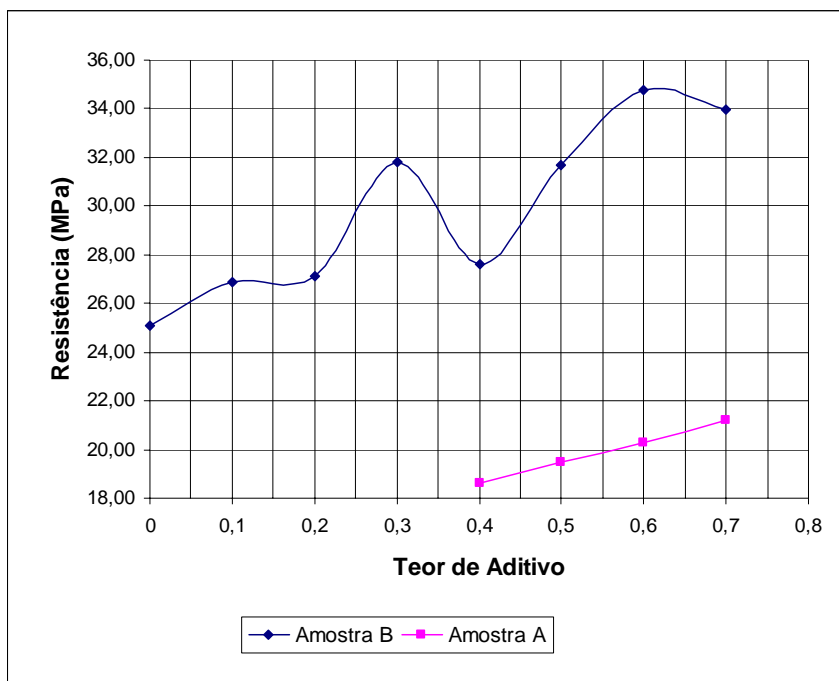


Figura 28 – Variação da resistência aos 14 dias para o concreto bombeado executados com a Amostra A de materiais e do concreto bombeado executado com a Amostra B de materiais, com o Aditivo MASTERMIX 390 N

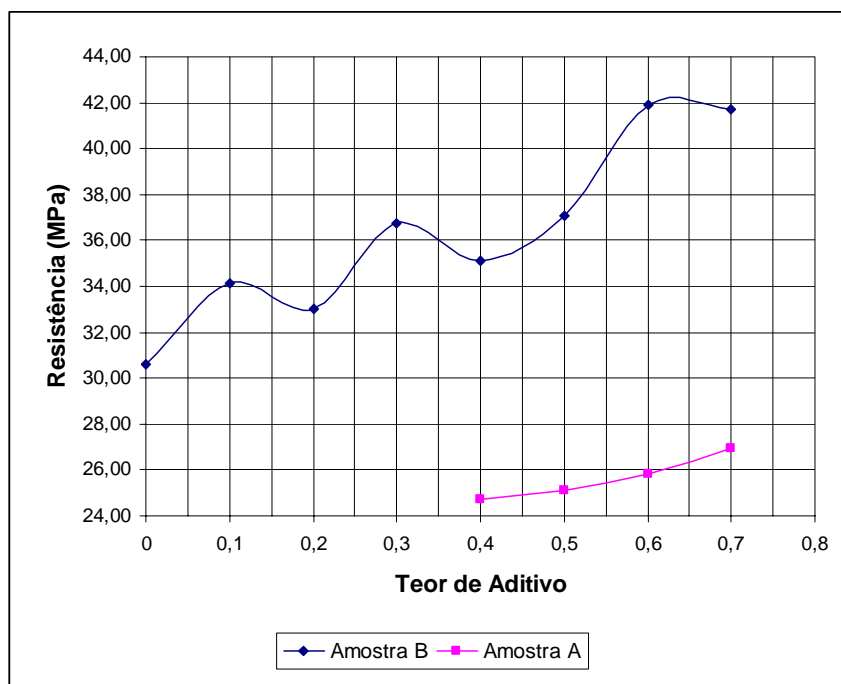


Figura 29 – Variação da resistência aos 28 dias para o concreto bombeado executados com a Amostra A de materiais e do concreto bombeado executado com a Amostra B de materiais, com o Aditivo MASTERMIX 390 N

#### **4.8. Resultados obtidos com o concreto bombeado, executados com a Amostra B de materiais, com o aditivo MASTERMIX 390 N e MASTERMIX 397 N.**

Quanto ao fator água/cimento, tanto o concreto moldado com o aditivo MASTERMIX 390 N como o moldado com o aditivo MASTERMIX 397 N apresentaram um comportamento semelhante, conforme Figura 30.

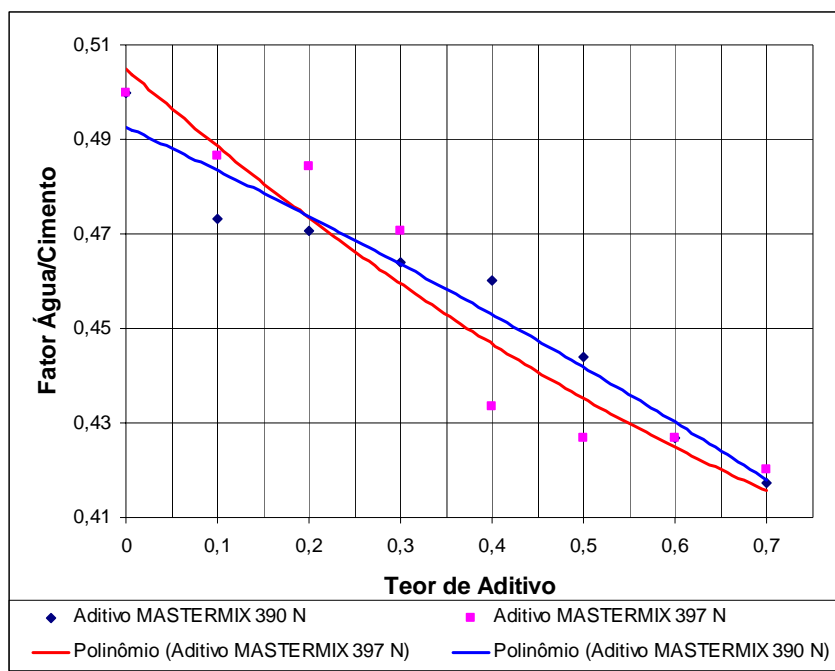


Figura 30 - Variação do fator água/cimento para o concreto bombeado executado com a Amostra B de materiais e com os aditivo MASTERMIX 390 N e MASTERMIX 397 N

Quanto a resistência, ambas as amostras apresentaram variações, no seu comportamento. Verifica-se através das curvas de tendências plotadas nas Figuras 31, 32 e 33, que o concreto moldado com o aditivo MASTERMIX 397 N, alcançou valores mais elevados que o moldado com o MASTERMIX 390 N. Os respectivos valores podem ser visualizados nos Quadros 06 e 07.

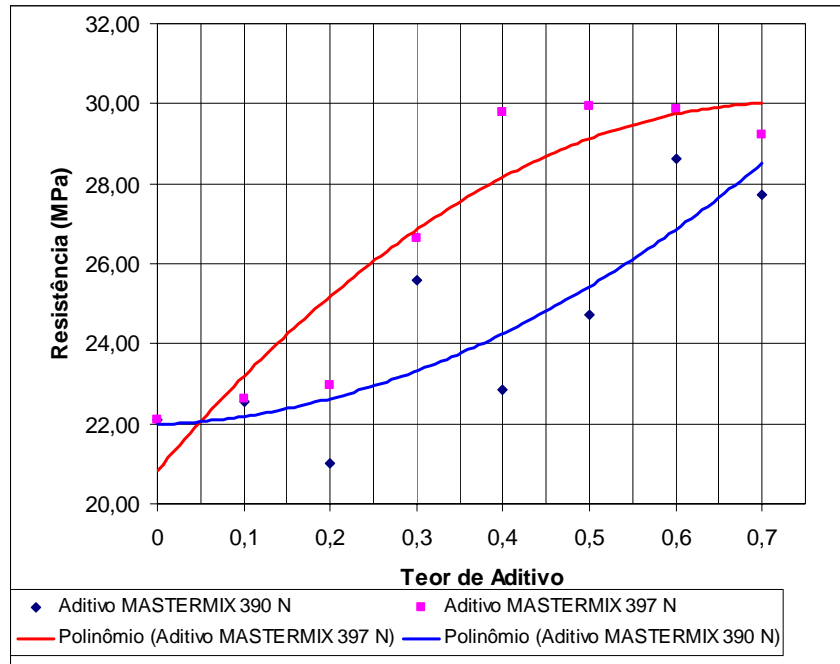


Figura 31 -Variação da resistência do concreto moldado com o aditivo MASTERMIX 390 e 397 N, com a amostra B de materiais aos 07 dias.

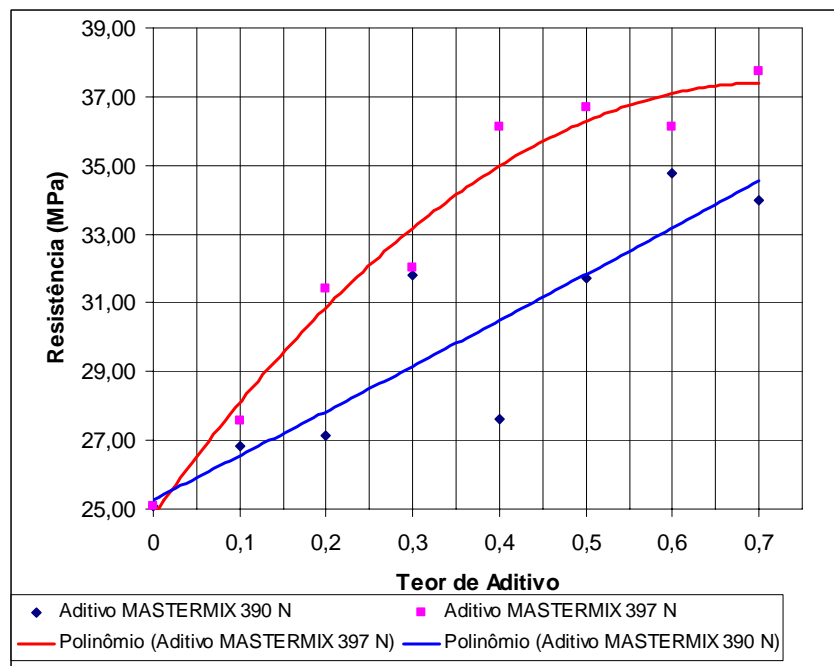


Figura 32 -Variação da resistência do concreto moldado com o aditivo MASTERMIX 390 e 397 N, com a amostra B de materiais aos 14 dias.

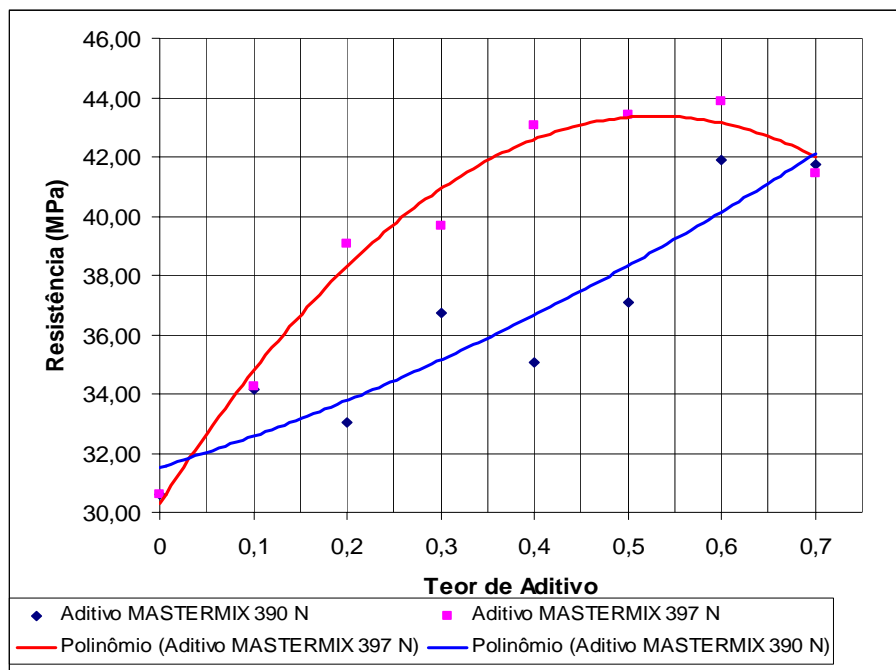


Figura 33 -Variação da resistência do concreto moldado com o aditivo MASTERMIX 390 e 397 N, com a Amostra B de materiais aos 28 dias.



## 5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES

### 5.1. Conclusões

Através da análise dos resultados obtidos, tanto nas alterações do fator água/cimento, como nas resistências a compressão axial dos corpos de prova, foi possível chegar às seguintes conclusões:

- Para a variação da quantidade de aditivo estudada ocorreram mudanças na quantidade de água adicionada ao concreto, e por consequência, o mesmo ocorreu com a resistência.
- Os aditivos, apresentaram um comportamento semelhante quanto a redução total no fator água/cimento, sendo que o concreto com o aditivo MASTERMIX 390 N, obteve uma diminuição do fator água/cimento ligeiramente inferior que o MASTERMIX 397 N, conseqüentemente ocorrendo variação no comportamento da resistência, onde o concreto com o aditivo MASTERMIX 397 N apresentou-se ligeiramente mais resistente que com o aditivo MASTERMIX 390 N.
- Observou-se a linearidade, tanto para o concreto bombeado como para o concreto convencional, quanto a diminuição do fator água/cimento com o aumento dos teores de aditivos, para um abatimento fixado.

- A maioria dos resultados apresentaram-se com uma variação elevada, a qual não se pode atribuir um motivo exato, mas sim vários motivos que podem ter influenciado nos mesmos, entre eles: o controle da qualidade da cinza volante; a variação da temperatura e umidade nos momentos de cada moldagem; alteração da granulometria recolhida no momento da pesagem dos materiais.

- Quanto à granulometria, observada entre as duas amostras. verificou-se que o agregado miúdo da Amostra B possui uma proporção bem menor de partículas finas, o que acarretou na necessidade de uma menor quantidade de água para manter uma mesma trabalhabilidade, do que a necessária para a Amostra A. A mudança de material, produziu um aumento na resistência a compressão axial e uma diminuição no fator água/cimento, fato que pode ser explicado pela mudança na granulometria e índice de forma do material.

- O comportamento dos resultados do concreto com os aditivos estudados apresentaram variações. Para o aditivo MASTERMIX 397 N os estudos apresentaram um teor “ótimo”, de aditivo, retirado da curva de tendência polinomial igual a 0,53, e um valor de  $r^2 = 0,9778$ . Quanto ao aditivo MASTERMIX 390 N, os dados não apresentaram a mesma tendência.

- Constatou-se tendência de elevação no ar incorporado na Amostra B, tanto para o concreto com aditivo MASTERMIX 390 N, como para o MASTERMIX 397 N.

- Observou-se que as resistências a compressão axial da Amostra B, bombeado, com aditivo MASTERMIX 397 N foram mais elevadas nos primeiros dias (7 e 14) do que a resistência a compressão do concreto com o aditivo MASTERMIX 390 N.

Verificando-se as finalizações citadas, pode-se concluir que o uso do aditivo homogêneo ao concreto é oportuno em técnicas dosadas e controladas, demonstrando ser eficiente para o controle do abatimento e conseqüente resistência do mesmo.

## 5.2. Sugestões

Para continuação de trabalhos na mesma linha de pesquisa, sugere-se:

- Realizar os estudos em uma sala climatizada com a temperatura e umidade controlada.
- Estudar a cinza volante a fim de se obter uma amostra homogênea, sem alteração de granulometria entre as pesagens de cada moldagem.
- Estudo da viabilidade econômica do uso acentuado do aditivo no concreto.
- Análise estatística para observação de níveis de significância, nas variações de resultado.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7215**: Cimento Portland – Determinação da Resistência a Compressão. Rio de Janeiro, 1996.

\_\_\_\_\_.**NBR NM 23**: Cimento Portland – Determinação da Massa Específica. Rio de Janeiro, 1998.

\_\_\_\_\_.**NBR NM 76**: Cimento Portland – Determinação da Finura pelo Método de Permeabilidade ao Ar (Método de Blaine). Rio de Janeiro, 1998.

\_\_\_\_\_.**NBR 5732**: Cimento Portland Comum: Especificação. Rio de Janeiro, 1991.

\_\_\_\_\_.**NBR 5733**: Cimento Portland de Alta Resistência Inicial: Especificação. Rio de Janeiro, 1991.

\_\_\_\_\_.**NBR 5738**: Moldagem e Cura dos Corpos de Prova Cilíndricos ou Prismáticos de Concreto: Procedimento. Rio de Janeiro, 1994.

\_\_\_\_\_.**NBR 5739:** Concreto – Ensaio de Compressão de Corpos de Cilíndricos: Método de Ensaio. Rio de Janeiro, 1994.

\_\_\_\_\_.**NBR 7211:** Agregados para Concretos. Rio de Janeiro, 1983.

\_\_\_\_\_.**NBR 7217:** Agregados – Determinação da Composição Granulométrica: Método de Ensaio. Rio de Janeiro, 1987.

\_\_\_\_\_.**NBR 7219:** Determinação do Teor de Materiais Pulverulentos: Método de Ensaio. Rio de Janeiro, 1987.

\_\_\_\_\_.**NBR 7220:** Determinação de Impurezas Orgânicas Húmicas em agregado Miúdo: Método de Ensaio. Rio de Janeiro, 1987.

\_\_\_\_\_.**NBR 7223:** Concreto – Determinação da Consistência pelo Abatimento Tronco Cone: Método de Ensaio. Rio de Janeiro, 1982.

\_\_\_\_\_.**NBR 7251:** Agregado em Estado Solto – Determinação da Massa Unitária: Método de Ensaio. Rio de Janeiro, 1982.

\_\_\_\_\_.**NBR 9937:** Agregados – Determinação da Absorção e da Massa Específica de Agregado Graúdo: Método de Ensaio. Rio de Janeiro, 1987.

\_\_\_\_\_.**NBR 9776:** Agregados – Determinação da Massa Específica de agregados Miúdos por Meio do Frasco de Chapman: Método de Ensaio. Rio de Janeiro, 1987.

\_\_\_\_\_.**NBR 10908:** Aditivos para argamassa e concreto – Ensaio de uniformidade. Rio de Janeiro, 1987.

\_\_\_\_\_.**NBR 11579:** Cimento Portland – Determinação da Finura por Meio da Peneira 75 µm (nº 200). Rio de Janeiro, 1991.

\_\_\_\_\_.**NBR 11768:** Aditivos para concreto de cimento portland: Especificação. Rio de Janeiro, 1992.

ASTM C 231 – Ensaio do conteúdo de ar de concreto fresco pelo método de pressão – Método de Ensaio.

ALMEIDA, Ivan Ramalho **Concreto de alto desempenho** – Concretos de Alto Desempenho. A evolução tecnológica dos Concretos Tradicionais. CD-ROM, Versão 1.0, NUTAU/USP, junho/1997.

BAUER, L. A. Falcão, **Materiais de construção**, Vol , 5ª Edição, Rio de Janeiro: LTC, 1995.

DALLEPIANE, Rodrigo **Concreto Dosado em Central:** Estudo de Caso. Ijuí. Trabalho de Conclusão de Curso, Curso de Graduação em Engenharia Civil, UNIJUÍ, 2001.

DAL MOLIN, Denise; Vieira, Fernanda M. P.; Wolf, Jairo **Concreto de alto desempenho** – Concreto de Alta Resistência. CD-ROM, Versão 1.0, NUTAU/USP, junho/1997.

GRASSI, Alcindo; Batezini, Eunires. Metodologia da Pesquisa. Edição Atualizada, Editora UNIJUÍ, 2002.

HELENE, P. R. L. & TERZIAN, P. R. **Dosagem e Controle dos Concretos de Cimento Portland**. São Paulo, Ed. Pini, 1993. Capítulos 1, 2, 3, 6.

ISAIA, Geraldo Cechela. **Controle de qualidade das estruturas de concreto armado**. Santa Maria. Ed. da UFSM, 1998.

MEHTA, P. K. & MONTEIRO, P. J. M. **Concreto** - Estrutura, propriedades e materiais, 1ª edição, São Paulo: COPYRIGHT, 1994.

NEVES, Idércio & Esperandio, Neto Ernesto **Materiais de Construção I e II**

NEVILLE, Adam M. **Propriedades do Concreto** 2ª Edição, São Paulo: Pini, 1997.

PETRUCCI Eladio G. R. **Concreto de cimento Portland**. 13ª Edição, São Paulo: Globo, 1998.

MATERIAL DIDÁTICO DE MATERIAIS DE COSTRUÇÃO CIVIL II – Universidade Federal de Viçosa – Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas. Departamento de Engenharia Civil. Disponível em: [http://www.ufv.br/dec/EngCivil/Disciplinas/civ361/361\\_Aditivos.zip](http://www.ufv.br/dec/EngCivil/Disciplinas/civ361/361_Aditivos.zip). Acesso em 20 de Setembro de 2002

MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL I e II – Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Disponível em: <http://www.ufpr.br/cursos/graduacao/civil.html> > acesso em 10 de Agosto de 2002

SERRA, Geraldo G. **Concreto de alto desempenho** – Concreto de Alto Desempenho e a nova arquitetura. CD-ROM, Versão 1.0, NUTAU/USP, junho/1997.

SILVA, Paulo F. A. Durabilidade das estruturas de concreto aparente em atmosfera urbana, 1ª edição, COPYRIGHT, 1995.

SOUZA, Marcos A. S. **Concreto de Alto desempenho suas vantagens e aplicações**, retirado de: <http://altodesempenho.faithweb.com> em 28 de Agosto de 2002.



**ANEXO 1**

## FICHA TÉCNICA: ADITIVO MASTERMIX 390 N

MASTERMIX® 390 N

*Plastificante multidosagem redutor de água*

**DESCRIÇÃO DO PRODUTO:**

MASTERMIX 390 N é um aditivo líquido para concreto, pronto para o uso, isento de cloretos. Reduz a relação água/cimento para a mesma trabalhabilidade e/ou melhora a trabalhabilidade para a mesma relação água/cimento.

MASTERMIX 390 N atende aos requisitos das normas brasileiras (tipo P) e americanas (ASTM C 494 tipo A e F), sendo compatível com diversos tipos de cimento.

**BENEFÍCIOS E PROPRIEDADES:**

Estado Fresco:

- Facilidade no bombeamento;
- Longa manutenção da trabalhabilidade;
- Atua como plastificante ou superplastificante, dependendo da dosagem;

Estado Endurecido:

- Altas resistências finais;
- Melhor resistência à flexão;
- Menor permeabilidade;
- Maior durabilidade;
- Menor retração e fluência.

**CAMPOS DE APLICAÇÃO:**

MASTERMIX 390 N mantém a trabalhabilidade do concreto fresco durante um longo período. A exata duração depende da temperatura, dos tipos de cimentos e agregados, do consumo de cimento, do transporte e da dosagem utilizada. Torna o concreto mais plástico com dosagens mais altas, mantendo-se o concreto com mesma relação água/cimento.

**MODO DE UTILIZAÇÃO/APLICAÇÃO:**

As dosagens usuais do MASTERMIX 390 N estão situadas entre 0,20 a 1litro pôr 100 kg de cimento. Recomenda-se a fixação

do teor pôr meio de misturas experimentais. Sua adição ao concreto deve ser feita juntamente com a água de amassamento.

Pode ser usado juntamente com outros tipos de aditivos MBT Brasil. Quando usado com outros aditivos, cada um deles deve ser adicionado separadamente à mistura.

**DADOS TÉCNICOS:**

Função Principal: Plastificante

Base química: Lignosulfonatos

Aspecto: Líquido

Cor: Castanho Escuro

Densidade: 1,18 ± 0,02 g/cm<sup>3</sup>

pH: 8 ± 1

Sólidos: 38%

**EMBALAGEM E ARMAZENAGEM:**

Embalagem a granel e em tambores metálicos de 200 litros, contendo aproximadamente 236kg e bombonas de 30kg. Manter as embalagens fechadas em local coberto, ventilado, seco, longe das intempéries, fontes de calor, alimentos e bebidas.

Evitar contato com ácidos e outros oxidantes. Minimizar a geração de poeira. Armazenar longe do alcance de crianças.

Validade de 12 meses a partir da data de fabricação, quando respeitadas as condições de armazenagem

**TRANSPORTE E SEGURANÇA:**

É classificado como transporte não perigoso.

Produto não inflamável ou explosivo.

Produto não considerado tóxico, porém impróprio para o consumo humano.

Utilizar EPI's adequados: luvas e botas impermeáveis, óculos de segurança química. Evitar contato com a pele e olhos; o contato prolongado com a pele pode causar dermatites. Não beber, comer ou fumar durante o manuseio; lavar as mãos antes de uma pausa ou depois do trabalho.

Para maiores detalhes, consultar nossa Ficha de Segurança.

Obs. Os dados mencionados neste folheto técnico estão baseados em provas de laboratório cuidadosamente controlados e em função dos nossos conhecimentos e experiências adquiridos. Podem ocorrer variações dentro de limites razoáveis. Não podemos nos responsabilizar por aplicações impróprias. Em caso de dúvidas, consulte o nosso Departamento Técnico.

## FICHA TÉCNICA: ADITIVO MASTERMIX 397 N

# MASTERMIX ® 397 N

*Aditivo Plastificante multidosagem redutor de água*

### DESCRIÇÃO:

MASTERMIX 397 N é um aditivo líquido para concreto, pronto para o uso, isento de cloretos. Redutor de água de amassamento e atende aos requisitos de desempenho da norma EB 1763 ( Tipo P).

### PROPRIEDADES E BENEFÍCIOS:

Estado Fresco:

- Melhora a trabalhabilidade, aumentando o slump para um mesmo fator A/C;
- Reduz a quantidade de água na mistura;
- Melhora a homogeneidade e coesão da massa;
- Melhora o rendimento do cimento devido ao efeito dispersante;
- Melhora o adensamento;

Estado Endurecido:

- Diminui a permeabilidade do concreto;
- Aumento da durabilidade do concreto;
- Diminui a retração e fissuramento do concreto;
- Aumento das resistências mecânicas;
- Melhora o aspecto final dos elementos;
- Diminui o consumo de cimento para uma dada resistência.

### CAMPOS DE APLICAÇÃO:

- Concreto dosado em central;
- Pavimentos;
- Concreto protendido;
- Concretos aparentes;
- Concretos virados em obra;
- Pré-moldados;
- Concretos bombeados.

### MODO DE UTILIZAÇÃO/APLICAÇÃO:

O MASTERMIX 397 N deve ser adicionado junto com a água de amassamento ou após a mistura dos componentes do concreto com a água. Nunca deve ser adicionado com os componentes secos do concreto (cimento e agregados).

A dosagem ideal de MASTERMIX 397 N é entre 0,2 a 0,8% sobre o peso do cimento (200 à 800 ml para cada 100 kg de cimento portland).

Estas dosagens são orientativas, sendo imprescindível a realização de testes laboratoriais e/ou de campo, a fim de estabelecer a dosagem ótima para cada caso.

MASTERMIX 397 N é compatível com outros aditivos incorporadores de ar, retardadores e aceleradores da linha MBT, para tanto se sugere entrar em contato com Departamento Técnico da MBT Brasil.

### DADOS TÉCNICOS:

Função Principal: Plastificante Multidosagem (Polifuncional)

Ação secundária: Redutor de água

Base Química: Lignosulfonatos e aditivos especiais

Estado: Líquido

Cor: Castanho

Densidade: 1,19 a 1,23 g/cm<sup>3</sup>

pH: 7 a 9

Teor de Sólidos: 42 a 46%

### EMBALAGEM E ARMAZENAGEM:

Embalagem a granel e em tambores metálicos de 200 litros, contendo aproximadamente 242kg.

Manter as embalagens fechadas em local coberto, ventilado, seco, longe das intempéries, fontes de calor, alimentos e bebidas. Evitar contato com ácidos e outros oxidantes. Minimizar a geração de poeira. Armazenar longe do alcance de crianças. Validade de 12 meses a partir da data de fabricação, quando respeitadas as condições de armazenagem

### TRANSPORTE E SEGURANÇA:

É classificado como transporte não perigoso.

Produto não inflamável ou explosivo.

Produto não considerado tóxico, porém impróprio para o consumo humano.

Utilizar EPI's adequados: luvas e botas impermeáveis, óculos se segurança química. Evitar contato com a pele e olhos; o contato prolongado com a pele pode causar dermatites. Não beber, comer ou fumar durante o manuseio; lavar as mãos antes de uma pausa ou depois do trabalho.

Para maiores detalhes, consultar nossa Ficha de Segurança.

**INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES:**

Recomenda-se homogeneizá-la antes do uso, principalmente quando estocados por algum tempo.

O tempo de pega pode ser influenciado pela temperatura e umidade ambiente, bem como com o aumento do teor de adição do produto.

Recomendamos ensaios prévios para real determinação das dosagens do aditivo em relação aos componentes do concreto utilizado na obra.

Obs. Os dados mencionados neste folheto técnico estão baseados em provas de laboratório cuidadosamente controlados e em função dos nossos conhecimentos e experiências adquiridos. Podem ocorrer variações dentro de limites razoáveis. Não podemos nos responsabilizar por aplicações impróprias. Em caso de dúvidas, consulte o nosso Departamento Técnico.

**ANEXO 2**

## ENSAIOS FÍSICOS DE CIMENTO

Quadro 10 – Dados do ensaio da finura na peneira nº 200 do cimento - Amostra A

Peneira nº:		Temperatura ambiente:			
Peso amostra (g)	Peso retido (g)	% retida	Fatores de correção	Finura (%)	Finura média
50	0,17	0,34			0,31
50	0,14	0,28			

Quadro 11 – Dados do ensaio massa específica do cimento - Amostra A

Frasco de Le Chatelier nº.:1 e 2			Temperatura ambiente: 22 °C		
Peso de cimento (g)	Temperatura do frasco (°C)	Leitura de volumes (cm <sup>3</sup> )	Volumes corrigidos (cm <sup>3</sup> )	Volume adotado (cm <sup>3</sup> )	Massa específica (g/cm <sup>3</sup> )
64	Inicial: 24,2	Inicial: 0,3	Inicial: 0	21,1	3,0332
	Final: 24,2	Final: 21,4	Final: 21,1		
64	Inicial: 24,2	Inicial: 0,2	Inicial: 0	21,3	3,0047
	Final: 24,2	Final: 21,5	Final: 21,3		
Massa específica média: 3,0189			g/cm <sup>3</sup>		

Quadro 12 – Dados do ensaio da Massa unitária solta do cimento - Amostra A

Peso Líquido (Kg)	Média Peso Líquido (Kg)	M.U.S. (Kg/dm <sup>3</sup> )
1,847	1,814	0,873
1,801		
1,794		
Volume: 2,078	Média:	

Quadro 13 – Dados do ensaio da finura na peneira nº 200 do cimento - Amostra B

Peneira nº:		Temperatura ambiente:			
Peso amostra (g)	Peso retido (g)	% retida	Fatores de correção	Finura (%)	Finura média
50	0,11	0,22			0,24
50	0,13	0,26			

Quadro 14 – Dados do ensaio massa específica do cimento - Amostra B

Frasco de Le Chatelier n°.1 e 2			Temperatura ambiente: 22 °C		
Peso de cimento (g)	Temperatura do frasco (°C)	Leitura de volumes (cm <sup>3</sup> )	Volumes corrigidos (cm <sup>3</sup> )	Volume adotado (cm <sup>3</sup> )	Massa específica (g/cm <sup>3</sup> )
64	Inicial: 22,0	Inicial: 0,3	Inicial: 0	21,2	3,019
	Final: 22,0	Final: 21,5	Final: 21,2		
64	Inicial: 22,0	Inicial: 0,3	Inicial: 0	21,2	3,019
	Final: 22,0	Final: 21,5	Final: 21,2		
Massa específica média: 3,019			g/cm <sup>3</sup>		

Quadro 15 – Dados do ensaio massa unitária solta do cimento - Amostra B

Peso Líquido (Kg)	Média Peso Líquido (Kg)	M.U.S. (Kg/dm <sup>3</sup> )
1,805	1,795	0,564
1,8		
1,78		
Volume: 2,078	Média:	

Quadro 16 – Dados do ensaio da finura por permeabilímetro ao ar (blaine) do cimento - Amostra B

Leituras	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	Médias	$\frac{A_m = k \cdot \sqrt{e^3} \cdot \sqrt{t}}{\delta \cdot (1-e) \cdot \sqrt{n}}$ $A_m = 479,47 \text{ m}^2/\text{kg}$
Tempo (s)	108	104	98	103,33	
Temperatura (°C)	24	24	24	24	
E	0,53	0,53	0,53	0,53	
N	18,39	18,39	18,39	18,39	
K	743,99				

## ENSAIOS FÍSICOS COM A CINZA VOLANTE

Quadro 17 – Dados do ensaio da finura na peneira nº 200 da cinza volante - Amostra A

Peneira nº:		Temperatura ambiente:			
Peso amostra (g)	Peso retido (g)	% retida	Fatores de correção	Finura (%)	Finura média
50	6,1	12,2			12,2
50	6,1	12,2			

Quadro 18 – Dados do ensaio massa específica da cinza volante - Amostra A

Frasco de Le Chatelier nº.:1 e 2			Temperatura ambiente: 22 °C		
Peso da cinza (g)	Temperatura do frasco (°C)	Leitura de volumes (cm <sup>3</sup> )	Volumes corrigidos (cm <sup>3</sup> )	Volume adotado (cm <sup>3</sup> )	Massa específica (g/cm <sup>3</sup> )
46,9	Inicial: 24	Inicial: 0,1	Inicial: 0	22,1	2,122
	Final: 24	Final: 22,2	Final: 22,1		
49,35	Inicial: 24	Inicial: 0,1	Inicial: 0	23	2,145
	Final: 24	Final: 23,1	Final: 23,0		
Massa específica média: 2,133			g/cm <sup>3</sup>		

Quadro 19 – Dados do ensaio da Massa unitária solta da cinza volante - Amostra A

Peso Líquido (Kg)	Média Peso Líquido (Kg)	M.U.S. (Kg/dm <sup>3</sup> )
1,447	1,441	0,69
1,449		
1,427		
Volume: 2,078	Média:	

Quadro 20 – Dados do ensaio da finura na peneira nº 200 da cinza volante - Amostra B

Peneira nº:		Temperatura ambiente:			
Peso amostra (g)	Peso retido (g)	% retida	Fatores de correção	Finura (%)	Finura média
50	6,1	12,2			12,25
50	6,15	12,3			



Quadro 21 – Dados do ensaio massa específica da cinza volante - Amostra B

Frasco de Le Chatelier n°.1 e 2			Temperatura ambiente: 22 °C		
Peso da cinza (g)	Temperatura do frasco (°C)	Leitura de volumes (cm <sup>3</sup> )	Volumes corrigidos (cm <sup>3</sup> )	Volume adotado (cm <sup>3</sup> )	Massa específica (g/cm <sup>3</sup> )
45,36	Inicial: 22,0	Inicial: 0,6	Inicial: 0	21,3	2,129
	Final: 22,0	Final: 21,9	Final: 21,3		
43,59	Inicial: 22,0	Inicial: 0,5	Inicial: 0	21,2	2,127
	Final: 22,0	Final: 19,99	Final: 20,49		
Massa específica média: 2,128			g/cm <sup>3</sup>		

Quadro 22 – Dados do ensaio massa unitária solta da cinza volante - Amostra B

Peso Líquido (Kg)	Média Peso Líquido (Kg)	M.U.S. (Kg/dm <sup>3</sup> )
1,675	1,672	0,804
1,670		
1,670		
Volume: 2,078	Média:	

Quadro 23 – Dados do ensaio da finura pro permeabilmetro ao ar (blaine) da cinza volante -

Amostra B

Leituras	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	Médias	$A_m = k \cdot \sqrt{e^3} \cdot \sqrt{t}$ $\delta \cdot (1-e) \cdot \sqrt{n}$ $A_m = 556,596 \text{ m}^2/\text{kg}$
Tempo (s)	86	77	85	82,67	
Temperatura (°C)	24	24	24	24	
E	0,43	0,43	0,43	0,43	
N	18,39	18,39	18,39	18,39	

## ENSAIOS FÍSICOS DE AGREGADO MIÚDO

Quadro 24 – Composição granulométrica do agregado miúdo - Amostra A

Peneiras		1ª Determinação		2ª Determinação		% Retida Média	% Retida Acumulada	
nº	mm	Peso Retido (g)	% Retida	Peso Retido (g)	% Retida			
3/8"	9,5							
1/4"	6,3	4,04	0,405	0,39	0,039	0,222		0,222
4	4,8	2,42	0,243	1,98	0,199	0,221	0,443	
8	2,4	16,49	1,636	14,54	1,460	1,548	1,991	
16	1,2	58,6	5,876	57,21	5,743	5,809	7,8	
30	0,6	121,67	12,0201	121,39	12,185	12,193	19,993	
50	0,3	337,51	33,846	312,63	31,383	32,614	52,607	
100	0,15	390,58	39,168	418,88	42,048	40,608	93,217	
Fundo	<0,15	65,88	6,607	69,17	6,943	6,775		
TOTAL		997,19	99,982	996,19	100	99,991	176,051	
Diâmetro Máximo: <b>2,4 mm</b>				Módulo de Finura: <b>1,760</b>				

Quadro 25 – Massa específica (Chapman) e massa unitária solta do agregado miúdo - Amostra A

Massa específica- Chapman			Massa Unitária Solta - NBR 7251		
Leitura Final - cm <sup>3</sup>	Leitura Média - cm <sup>3</sup>	M.E.A. - g/cm <sup>3</sup> 500/(L-200)	Peso líquido Kg	Peso Líquido Médio - Kg	Massa Unitária Média - Kg/dm <sup>3</sup>
394	394,25	2,574	30,44	30,44	<b>1,508</b>
394,5			30,48		
			30,40		
			TARA:	VOLUME: 20,19 dm <sup>3</sup>	

Quadro 26 – Composição granulométrica do agregado miúdo - Amostra B

Peneiras		1ª Determinação		2ª Determinação		% Retida Média	% Retida Acumulada	
nº	mm	Peso Retido (g)	% Retida	Peso Retido (g)	% Retida			
3/8"	9,5	3,12	0,30	1,28	0,121	0,210	0,21	
1/4"	6,3	7,50	0,720	7,23	0,685	0,703		0,913
4	4,8	5,03	0,483	7,19	0,682	0,582	1,495	
8	2,4	41,175	3,956	39,14	3,711	3,833	5,328	
16	1,2	195,50	18,783	118,91	11,273	15,028	20,356	
30	0,6	162,80	15,681	167,99	15,927	15,804	36,16	
50	0,3	366,31	35,194	382,17	36,232	35,713	71,873	
100	0,15	223,84	21,506	296,96	28,154	24,83	96,703	
Fundo	<0,15	35,55	3,416	33,90	3,214	3,315		
TOTAL		1040,82	100,04	1054,77	99,999	100,018	232,125	
Diâmetro Máximo: <b>2,4 mm</b>					Módulo de Finura: <b>2,321</b>			

Quadro 27 – Massa específica (Chapman) e massa unitária solta do agregado miúdo - Amostra B

Massa específica- Chapman			Massa Unitária Solta - NBR 7251		
Leitura Final - cm <sup>3</sup>	Leitura Média - cm <sup>3</sup>	M.E.A. - g/cm <sup>3</sup> 500/(L-200)	Peso líquido Kg	Peso Líquido Médio - Kg	Massa Unitária Média - Kg/dm <sup>3</sup>
393	393	2,591	40,15	31,48	<b>1,559</b>
393			40,20		
			40,10		
			TARA: 8,67	VOLUME: 20,19 dm <sup>3</sup>	

## ENSAIOS FÍSICOS DE AGREGADOS GRAÚDOS

Quadro 28 – Composição granulométrica do agregado graúdo - Amostra A

COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA- NBR 7217								
Peneiras		1ª Determinação		2ª Determinação		% Retida Média	% Retida Acumulada	
nº	Mm	Peso Retido (g)	% Retida	Peso Retido (g)	% Retida			
3"	76							
2 1/2"	64							
2"	50							
1 1/2"	38							
1 1/4"	32							
1"	25							
3/4"	19	259,49	3,128	283,12	3,428	3,278	3,278	
1/2"	12,5	5229	63,028	5500	66,596	64,812		68,09
3/8"	9,5	2298	27,699	2070	25,064	26,381	94,471	
1/4"	6,3	460,43	5,550	376,36	4,557	5,053		99,524
4	4,8	18,87	0,227	6,85	0,083	0,155	99,679	
8	2,4	3,00	0,036	1,94	0,023	0,029	99,708	
16	1,2	1,45	0,017	0,80	0,010	0,013	99,721	
30	0,6	1,58	0,019	1,00	0,012	0,015	99,736	
50	0,3	1,88	0,023	1,30	0,016	0,019	99,755	
100	0,15	2,30	0,028	1,84	0,022	0,025	99,78	
Fundo	<0,15	20,30	0,245	15,48	0,187	0,216		
TOTAL		8296,30	100	8258,69	99,998	99,996	696,128	
Diâmetro Máximo: <b>19 mm</b>						Módulo de Finura: <b>6,961</b>		

Quadro 29 – Massa específica absoluta, absorção e massa unitária solta do agregado graúdo -  
Amostra A


MASSA ESPECÍFICA ABSOLUTA - ASTM - C 127											
Massa seca Est. Bruta	B g	Massa seca Est. Líquida	C g	Massa Imersa Bruta	D g	Massa Imersa Líquida	E g	Massa SSS Líquida	F g	Volume dm3 E - D	M-E-A dm3 B/F
		1483		1082,9		925,7		1519		593,3	2,499
		1472,5		1077,1		919,9		1510		590,1	2,495
Cesto ao ar: 2,497				Cesto imerso 157,2				Média: <b>2,492</b>			
ABSORÇÃO ASTM-C 127						Massa Unitária Solta - NBR 7251					
Absorção E - B		Absorção % (G/B) x 100				Peso líquido Kg		Peso Líquido Médio - Kg		Massa Unitária Média - Kg/dm3	
36,0		2,43				25,15		25,36		<b>1,256</b>	
37,5		2,55				25,47					
						25,46					
MÉDIA		<b>2,49</b>				TARA:		VOLUME: 20,19			

Quadro 30 – Composição granulométrica do agregado graúdo - Amostra B

COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA- NBR 7217								
Peneiras		1ª Determinação		2ª Determinação		% Retida Média	% Retida Acumulada	
nº	Mm	Peso Retido (g)	% Retida	Peso Retido (g)	% Retida			
3"	76							
2 1/2"	64							
2"	50							
1 1/2"	38							
1 1/4"	32							
1"	25							
3/4"	19	34,40	0,655	20,0	0,382	0,518	0,518	
1/2"	12,5	2700	51,384	2680	51,192	51,288		51,806
3/8"	9,5	1595	30,355	1585	30,276	30,315	82,121	
1/4"	6,3	810	15,415	830	15,854	15,634		97,755
4	4,8	53,81	1,024	55,94	1,068	1,046	98,801	
8	2,4	23,45	0,446	24,94	0,476	0,461	99,262	
16	1,2	3,36	0,064	3,33	0,064	0,064	99,326	
30	0,6	1,64	0,031	1,79	0,034	0,032	99,358	
50	0,3	2,26	0,043	2,24	0,043	0,043	99,401	
100	0,15	3,28	0,062	3,51	0,067	0,064	99,465	
Fundo	<0,15	27,35	0,520	28,41	0,543	0,531		
TOTAL		8296,30	5254,55	99,999	5235,16	99,999	678,252	
Diâmetro Máximo: <b>19 mm</b>						Módulo de Finura: <b>6,782</b>		

Quadro 31 – Massa específica absoluta, absorção e massa unitária solta do agregado graúdo -  
Amostra B


MASSA ESPECÍFICA ABSOLUTA - ASTM - C 127											
Massa seca Est. Bruta	B g	Massa seca Est. Líquida	C g	Massa Imersa Bruta	D g	Massa Imersa Líquida	E g	Massa SSS Líquida	F g	Volume dm3 E - D	M-E-A dm3 B/F
		1497		1090,53		932,93		1552,5		619,57	2,416
		1483		1082,,30		924,30		1513,0		579,00	2,517
Cesto ao ar: 2,497				Cesto imerso: 157,60				Média: 2,4466			
ABSORÇÃO ASTM-C 127						Massa Unitária Solta - NBR 7251					
Absorção E - B		Absorção % (G/B) x 100				Peso liquido Kg		Peso Líquido Médio - Kg		Massa Unitária Média - Kg/dm3	
55,5		0,0371				34,67		34,13		1,261	
30		0,0202				33,91					
						33,81					
MÉDIA						TARA: 8,67				VOLUME: 20,19 dm <sup>3</sup>	


		LEC - LABORATÓRIO DE ENGENHARIA CIVIL				Pesquisa: Cesar A. C. Monteiro	
Concreto Bombeado - Amostra A, Corpo de prova de 15 x 30 cm							
Quantidade de aditivo para cada 100Kg de material cimentício						0,4	Litros
Consumo de Materiais						Data =	05/04/02
Cimento (Kg)	Pozolana (Kg)	Areia (Kg)	Brita (Kg)	H2O (Kg)	390 N (ml)	Ajuste da Água (litros)	
9,30	6,20	36,52	39,40	8,52	62	0,25	Slump
							9,5
Romp. Dias	Núm. do CP	Diâm. (cm)	Data Romp.	Rest. KgF	Resist. Mpa	Resist. Média	Fator a/c final (10+/-2cm)
							0,57
7	B 0 1 40	14,94	12/04/02	24010	17,628185	14,21	
		15,02		26200	14,796559		
	15,04						
	14,99						
14	B 0 3 40	15,14	19/04/02	32390	18,183234	18,63	
		14,98					
	15,05						
	14,95						
28	B 0 5 40	14,91	03/05/02	42950	24,418548	24,74	
		15,02					
	14,99						
	15,02						
91	B 0 7 40	15,00	05/07/02	56640	32,201783	32,58	
		14,93					
	15,02						
	15,00						
Quantidade de aditivo para cada 100Kg de material cimentício						0,5	Litros
Consumo de Materiais						Data =	16/04/02
Cimento (Kg)	Pozolana (Kg)	Areia (Kg)	Brita (Kg)	H2O (Kg)	390 N (ml)	Ajuste da Água (litros)	
9,30	6,20	36,52	39,40	8,14	62	0,25	Slump
						0,25	9
Romp. Dias	Núm. do CP	Diâm. (cm)	Data Romp.	Rest. KgF	Resist. Mpa	Resist. Média	Fator a/c final (10+/-2cm)
							0,56
7	B 0 25 50	15,16	23/04/02	27080	15,012288	14,98	
		15,15		26830	14,942636		
	15,14						
	15,10						
14	B 0 27 50	15,13	30/04/02	34420	19,24609	19,50	
		15,05					
	15,19						
	15,06						
28	B 0 29 50	15,12	14/05/02	45200	25,223601	25,12	
		15,09					
	15,12						
	15,03						
91	B 0 31 50	15,03	16/07/02	56570	31,631357	32,70	
		15,10					
	15,10						
	15,08						



FICHAS DE MOLDAGEM E ENSAIO DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL  
DOS CORPOS DE PROVA







		LEC - LABORATÓRIO DE ENGENHARIA CIVIL				Pesquisa: Cesar A. C. Monteiro	
<p>Concreto Bombeado - Amostra A, Corpo de prova de 15 x 30 cm</p>							
Quantidade de aditivo para cada 100Kg de material cimentício						0,6	Litros
Consumo de Materiais						Data =	18/04/02
Cimento (Kg)	Pozolana (Kg)	Areia (Kg)	Brita (Kg)	H2O (Kg)	390 N (ml)	Ajuste da Água (litros)	Slump
9,30	6,20	36,52	39,40	7,75	93,0	0,25	8,5
						0,25	0,30
<b>Romp. Dias</b>	<b>Num. do CP</b>	<b>Diâm. (cm)</b>	<b>Data Romp.</b>	<b>Rest. KgF</b>	<b>Resist. Mpa</b>	<b>Resist. Média</b>	<b>Fator a/c final (10+/-2cm)</b>
							0,55
7	B 0 41 60	15,15	25/04/02	28140	15,692975	15,49	
		15,07					
	B 0 42 60	15,14		27240	15,292105		
		14,98					
14	B 0 43 60	15,04	02/05/02	36870	20,878068	20,25	
		14,95					
	B 0 44 60	15,16		34980	19,624186		
		14,97					
28	B 0 45 60	15,11	16/05/02	45570	25,514465	25,85	
		15,05					
	B 0 46 60	15,09		46520	26,185095		
		14,99					
91	B 0 47 60	15,05	18/07/02	60900	34,233745	33,81	
		15,05					
	B 0 48 60	15,15		59670	33,386856		
		15,02					
Quantidade de aditivo para cada 100Kg de material cimentício						0,7	Litros
Consumo de Materiais						Data =	23/04/02
Cimento (Kg)	Pozolana (Kg)	Areia (Kg)	Brita (Kg)	H2O (Kg)	390 N (ml)	Ajuste da Água (litros)	Slump
9,30	6,20	36,52	39,40	7,44	108,5	0,5	9
						0,25	
<b>Romp. Dias</b>	<b>Num. do CP</b>	<b>Diâm. (cm)</b>	<b>Data Romp.</b>	<b>Rest. KgF</b>	<b>Resist. Mpa</b>	<b>Resist. Média</b>	<b>Fator a/c final (10+/-2cm)</b>
							0,54
7	B 0 57 70	15,02	30/04/02	28560	16,140127	15,98	
		15					
	B 0 58 70	15,15		28280	15,823367		
		15,02					
14	B 0 59 70	15,08	07/05/02	37150	20,827754	21,21	
		15,06					
	B 0 60 70	15,05		38390	21,594534		
		15,04					
28	B 0 61 70	15,14	21/05/02	48350	27,088937	26,97	
		15,01					
	B 0 62 70	15,09		47760	26,847351		
		15,01					
91	B 0 63 70	15,09	23/07/02	63710	35,742049	35,55	
		15,04					
	B 0 64 70	15,12		63150	35,357438		
		15,04					

		LEC - LABORATÓRIO DE ENGENHARIA CIVIL				Pesquisa: Cesar A. C. Monteiro	
Concreto Convencional - Amostra A, Corpo de prova de 15 x 30 cm							
Quantidade de aditivo para cada 100Kg de material cimentício						0,3	Litros
Consumo de Materiais						Data =	08/04/02
Cimento (Kg)	Pozolana (Kg)	Areia (Kg)	Brita (Kg)	H2O (Kg)	390 N (ml)	Ajuste da Água (litros)	Slump
9,16	6,10	32,58	43,72	8,24	62	0,15	7
<b>Romp. Dias</b>	<b>Num. do CP</b>	<b>Diâm. (cm)</b>	<b>Data Romp.</b>	<b>Rest. KgF</b>	<b>Resist. Mpa</b>	<b>Resist. Média</b>	<b>Fator a/c final (6+/-1cm)</b>
							0,55
7	C 0 9 30	14,99	15/04/02	28280	15,971247	16,06	
		15,04					
	C 0 10 30	15,03		28740	16,1449		
		15,08					
14	C 0 11 30	14,96	22/04/02	36670	20,83423	20,91	
		14,98					
	C 0 12 30	15,03		37410	20,98744		
		15,10					
28	C 0 13 30	14,98	06/05/02	45410	25,78267	25,78	
		14,97					
	C 0 14 30	15,08		45870	25,78492		
		15,02					
91	C 0 15 30	14,91	08/07/02	59100	33,4884	33,33	
		15,07					
	C 0 16 30	14,90		58550	33,17674		
		15,08					
Quantidade de aditivo para cada 100Kg de material cimentício						0,4	Litros
Consumo de Materiais						Data =	17/04/02
Cimento (Kg)	Pozolana (Kg)	Areia (Kg)	Brita (Kg)	H2O (Kg)	390 N (ml)	Ajuste da Água (litros)	Slump
9,16	6,10	32,58	43,72	8,01	61	0,2	7,7
<b>Romp. Dias</b>	<b>Num. do CP</b>	<b>Diâm. (cm)</b>	<b>Data Romp.</b>	<b>Rest. KgF</b>	<b>Resist. Mpa</b>	<b>Resist. Média</b>	<b>Fator a/c final (10+/-2cm)</b>
							0,54
7	C 0 33 40	15,16	24/04/02	29550	16,51206	16,27	
		15,03					
	C 0 34 40	15,03		28310	16,03087		
		14,96					
14	B 0 35 40	15,17	01/05/02	37150	20,51348	20,62	
		15,20					
	B 0 36 40	15,05		36950	20,72938		
		15,08					
28	B 0 37 40	15,08	15/05/02	47250	26,42004	26,66	
		15,10					
	B 0 38 40	15,08		47870	26,89131		
		15,03					
91	B 0 39 40	15,01	17/07/02	60900	34,34776	33,95	
		15,04					
	B 0 40 40	15,16		60330	33,55564		
		15,10					

		LEC - LABORATÓRIO DE ENGENHARIA CIVIL				Pesquisa: Cesar A. C. Monteiro		
		<p><b>Concreto Convencional - Amostra A, Corpo de prova de 15 x 30 cm</b></p>						
<b>Quantidade de aditivo para cada 100Kg de material cimentício</b>						<b>0,5</b>	<b>Litros</b>	
<b>Consumo de Materiais</b>						<b>Data = 22/04/02</b>		
Cimento (Kg)	Pozolana (Kg)	Areia (Kg)	Brita (Kg)	H2O (Kg)	390 N (ml)	Ajuste da Água (litros)	Slump	
9,16	6,10	32,58	43,72	7,43	76,3	0,2	7	
		LEC - LABORATÓRIO DE ENGENHARIA CIVIL				Pesquisa: Cesar A. C. Monteiro		
		<p><b>Concreto Convencional - Amostra A, Corpo de prova de 15 x 30 cm</b></p>						
7	C 0 42 50	15,04	29/04/02	32900	23,01037	18,52		
	C 0 43 50	15,1		41480	23,01037			
<b>Quantidade de aditivo para cada 100Kg de material cimentício</b>						<b>23,16</b>	<b>0,7</b>	<b>Litros</b>
<b>Consumo de Materiais</b>						<b>Data = 29/04/02</b>		
Cimento (Kg)	Pozolana (Kg)	Areia (Kg)	Brita (Kg)	H2O (Kg)	390 N (ml)	Ajuste da Água (litros)	Slump	
9,16	6,10	32,58	43,72	7,02	29,38472	0,5	8,2	
<b>Romp. Dias</b>	<b>C 0 48 50</b>	<b>15,14</b>	<b>Data 26/04/02</b>	<b>Resist. KgF</b>	<b>Resist. Mpa</b>	<b>Resist. Média</b>	<b>Fator a/c final (10+/-2cm)</b>	
	C 0 49 50	15,08		63720	35,81895		0,54	
	C 0 73 70	15,16		33580	18,8138			
7	C 0 74 70	15,11	06/05/02	32747,7	18,3597	18,59		
	C 0 75 70	15,03		39960	22,5076			
<b>Quantidade de aditivo para cada 100Kg de material cimentício</b>						<b>22,99</b>	<b>0,6</b>	<b>Litros</b>
<b>Consumo de Materiais</b>						<b>Data = 24/04/02</b>		
Cimento (Kg)	Pozolana (Kg)	Areia (Kg)	Brita (Kg)	H2O (Kg)	390 N (ml)	Ajuste da Água (litros)	Slump	
9,16	6,10	32,58	43,72	7,32	29,6349	0,25	7,2	
<b>Romp. Dias</b>	<b>C 0 80 70</b>	<b>15,02</b>	<b>Data 20/04/02</b>	<b>Resist. KgF</b>	<b>Resist. Mpa</b>	<b>Resist. Média</b>	<b>Fator a/c final (10+/-2cm)</b>	
	C 0 80 70	15,06		68110	37,8829		0,53	
	C 0 65 60	15,17		29890	16,8133		OBS:	
7	C 0 66 60	15,12	01/05/02			16,96		
	C 0 67 60	14,99		30470	17,1167			
14	C 0 67 60	15,11	08/05/02	40470	22,5691	22,31		
	C 0 68 60	15,11		39320	22,0443			
	C 0 69 60	15,06						
	C 0 70 60	15,08						
28	C 0 69 60	15,15	22/05/02	48350	26,9101	27,17		
	C 0 70 60	15,1		48750	27,4221			
	C 0 71 60	15,09						
	C 0 72 60	15						
91	C 0 71 60	15,01	24/07/02	62930	35,5874	34,76		
	C 0 72 60	15,07		60570	33,9354			
	C 0 72 60	15,08						



		LEC - LABORATÓRIO DE ENGENHARIA CIVIL				Material: Pesquisa Prontomix				
Concreto Bombeado sem aditivo- Amostra B, Corpo de prova de 10 x 20 cm										
Quantidade de aditivo para cada 100Kg de material cimentício						0		Litros		
Consumo de Materiais para 100 Kg de Concreto (Kg)						Data =		27/08/02		
Cimento (Kg)	Pozolana (Kg)	Areia (Kg)	Brita (Kg)	H2O (Kg)	Aditivo (ml)	Ajuste da Água		litros		
4,50	3,00	17,67	19,06	3,00	0,25	0,15		Slump		
					0,25	0,10				
<b>Romp. Dias</b>	<b>Núm. do CP</b>	<b>Diâm. (cm)</b>	<b>Data Romp.</b>	<b>Rest. KgF</b>	<b>Resist. Mpa</b>	<b>Resist. Média</b>	<b>Fator a/c final (10+/-2cm)</b>			
							0,500			
7	B 0 97 10	10,02	03/09/02	16820	21,31	22,09	OBS:			
		10,03								
	B 0 98 10	9,99			17960				22,87	
		10,01								
14	B 0 99 10	10,00	10/09/02	20240	25,72	25,07				
		10,02								
	B 0 100 10	10,06			19390				24,42	
		10,05								
28	B 0 101 10	10,01	24/09/02	23610	29,91	30,59				
		10,04								
	B 0 102 10	10,05			24800				31,26	
		10,05								

		LEC - LABORATÓRIO DE ENGENHARIA CIVIL				Material: Pesquisa Prontomix				
Concreto Bombeado, aditivo MASTERMIX 390 N - Amostra B, Corpo de prova de 10 x 20 cm										
Quantidade de aditivo para cada 100Kg de material cimentício						0,1		Litros		
Consumo de Materiais para 100 Kg de Concreto (Kg)						Data =		20/08/02		
Cimento (Kg)	Pozolana (Kg)	Areia (Kg)	Brita (Kg)	H2O (Kg)	390 N (ml)	Ajuste da Água		Slump		
4,50	3,00	17,67	19,06	3,00	8	0,25	0,10	+		
						0,10	0,10	+		
<b>Romp. Dias</b>	<b>Núm. do CP</b>	<b>Diâm. (cm)</b>	<b>Data Romp.</b>	<b>Rest. KgF</b>	<b>Resist. Mpa</b>	<b>Resist. Média</b>	<b>Fator a/c final (10+/-2cm)</b>			
							0,473			
7	B 0 1 10	10,02	27/08/02	18320	23,14	22,54	OBS:			
		10,06								
	B 0 2 10	10,00			17250				21,94	
		10,01								
14	B 0 3 10	10,01	03/09/02	21250	26,95	26,85				
		10,03								
	B 0 4 10	10,01			21110				26,74	
		10,04								
28	B 0 5 10	10,04	17/09/02	26800	33,68	34,15				
		10,09								
	B 0 6 10	9,99			27190				34,62	
		10,01								















## **ANEXO 4**

### **FIGURAS ILUSTRATIVAS**

Figura 34 – Prensa instrumentada - Laboratório de Engenharia Civil – LEC/UNIJUÍ



Figura 35 – Laboratório de concreto – Ar incorporado – LEC/UNIJUÍ



Figura 36 – Silos para armazenamento de cimento e cinza volante – Prontomix – Santa Maria



Figura 37 – Armazenamento dos agregados – Prontomix – Santa Maria

