

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL -
PPGEC

**ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA
UTILIZAÇÃO DA CINZA DA CASCA DO ARROZ COMO
MATERIAL POZOLÂNICO PARA CONCRETO DOSADO EM
CENTRAL**

Dissertação submetida à
Universidade Federal de Santa
Catarina como requisito parcial
exigido pelo Programa de Pós-
Graduação em Engenharia Civil –
PPGEC, Área de Concentração:
Construção Civil, para a obtenção
do Título de MESTRE em
Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Luiz Roberto
Prudêncio Jr.

Cleiton Anderson Coelho

Florianópolis, 2013

Cleiton Anderson Coelho

Dissertação julgada adequada para a obtenção do Título de MESTRE em Engenharia Civil e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – PPGEC, da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC.

“ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA UTILIZAÇÃO DA CINZA DA CASCA DO ARROZ COMO MATERIAL POZOLÂNICO PARA CONCRETO DOSADO EM CENTRAL”

Dr. ROBERTO CALDAS DE ANDRADE PINTO - Coordenador do PPGEC

Dr. LUIZ ROBERTO PRUDÊNCIO JR. – Orientador / Moderador

COMISSÃO EXAMINADORA:

Dra. JANAIDE CAVALCANTE ROCHA - ECV/UFSC

Dr. ALEXANDRE LIMA DE OLIVEIRA – IFSC

Dr. ENIO JOSÉ PAZINI FIGUEIREDO - UFG

AGRADECIMENTOS

À Max Mohr Filho e Cia Ltda, dando total liberdade para realização deste estudo na central de Blumenau, e pela doação do cimento e agregados utilizados nesta pesquisa, bem como o espaço físico e horas de seus funcionários para os ensaios laboratoriais.

Ao professor, orientador e amigo, Luiz Roberto Prudêncio Jr, por ter dado a oportunidade desta pesquisa para mim. Ao longo de quatro anos, conquistou meu respeito e admiração por sua competência, profissionalismo e conhecimento.

À Família GTec (Grupo de Tecnologia em Materiais e Componentes à base de Cimento Portland), Amigos que, além de me auxiliarem na realização de parte do programa experimental, compartilharam de suas experiências, facilitando minha pesquisa.

A minha companheira, amiga e esposa, Laiz Ap. Soares, que participou da fase mais importante e decisiva deste trabalho, sendo minha maior incentivadora. Agradeço por estar ao meu lado e me dar todo o apoio durante a redação final deste trabalho e me impulsionando nos momentos de desânimo em que achava que não iria conseguir conciliar trabalho com estudo. Não tenho palavras para agradecer-te, Laiz, pelo amor, cumplicidade, paciência e incentivo para chegar ao fim desta jornada.

Aos meus Pais, João e Wilma, por mesmo não conseguindo ter a dimensão deste programa, sempre colocaram em suas orações esta minha jornada e me incentivaram a chegar ao fim deste ciclo em minha vida.

E, acima de tudo, agradeço a Deus pelo dom da vida e por me capacitar e encorajar a enfrentar novos desafios.

RESUMO

A utilização de materiais pozolânicos em substituição de parte do cimento durante a produção de concreto dosado em central tem se tornado prática para empresas do ramo, tendo como objetivo principal a redução de custos para a produção do produto final. Além das vantagens econômicas e técnicas, viabiliza-se a utilização de resíduos industriais e agrícolas, como a cinza da casca de arroz, contribuindo para a preservação do meio ambiente.

Tendo conhecimento destas vantagens, produtores e beneficiadores deste cereal começaram a beneficiar a casca do arroz para ser utilizado como material pozolânico, com o objetivo de comercializar este produto para centrais dosadoras de concreto. Entretanto, o procedimento que este material é beneficiado, percentual de substituição e o tipo de cimento influenciam diretamente no desempenho final do concreto dosado em central. Dentro deste contexto, este trabalho apresenta uma comparação entre os resultados entre lotes deste produto, suas respectivas substituições, bem como, desempenho dos mesmos com dois tipos diferentes de cimento.

Os resultados indicaram que existe diferença de desempenho entre lotes de cinza da casca do arroz, suas substituições em relação a massa de cimento e os tipos de cimento utilizados, impactando diretamente no preço que uma Concreteira da região do vale do Itajai – SC poderá pagar por este insumo para utilizar em sua produção de concreto dosado em central.

Palavra chave: Concreto, Cinza da Casca do Arroz, Custo

ABSTRACT

The use of pozzolanic materials to replace part of the cement during the production of measured concrete in central has become a practice for companies in the industry, with the main objective of reducing costs for the production of the final product. In addition to the economic advantages and techniques, it facilitates the use of industrial and agricultural waste, such as rice husk ash, helping to preserve the environment.

Knowing the advantages, the producers and processors began to benefit the rice husk to be used as pozzolanic material in order to negotiate this product to concrete plant. However, the procedure of this material, the percentage of replacement and the type of cement, influence on the final performance of concrete measured in central. Within this context, the this work presents a comparison of the results among batches of this product, their respective replacements, as well as the performance with two different types of cement.

The results indicated a difference in the performance among batches of rice husk ash, the replacements related to the mortar cement and the types of cement, impacting directly on the price that a concrete plant around the region of Itajai Valley – SC could pay for this input to use in its production of concrete measured in central.

Key-Word: Concrete, Rice Husk Ash, Cost

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1 – Central vertical (LIEBHERR, 2005) LIEBHERR Brasil G. M. O. Ltda. Apresenta informações sobre a empresa, seus serviços e produtos. Disponível em: http://www.liebherr.com	34
FIGURA 2.2 – Central horizontal (LIEBHERR, 2005) LIEBHERR Brasil G. M. O. Ltda. Apresenta informações sobre a empresa, seus serviços e produtos. Disponível em: http://www.liebherr.com	35
FIGURA 2.3 - Controle manual de uma central de concreto.....	36
FIGURA 2.4 - Controle Automático (LIEBHERR, 2012) LIEBHERR Brasil G. M. O. Ltda. Apresenta informações sobre a empresa, seus serviços e produtos. Disponível em: http://www.liebherr.com	37
FIGURA 2.5 - Carregamento do caminhão-betoneira em uma central de concreto.....	39
FIGURA 2.6 - Recebimento de insumos em uma central de concreto..	40
FIGURA 2.7 - Coleta de amostras em uma central de Concreto.....	41
FIGURA 2.8 - Armazenamento de aditivos em central de Concreto.....	42
FIGURA 3.3 – Comparação entre as metodologias para determinação da atividade pozolânica e influência da marca de cimento (Adaptado de GAVA, 1999).....	52
FIGURA 4.1 - Depósito clandestino de CCA – Criciúma, sul de Santa Catarina (Fonte: SANTOS, 1997).....	58
FIGURA 4.2 – Micrografia eletrônica de varredura da cinza da casca do arroz (Fonte: DAFICO, 2001).....	60
Figura 4.3 - Difração de Raios-X das cinzas obtidas com tratamento ácido – (1) 1 N HCl; (2) 3 N HCl; (3) 5 N HCl e (4) CCA não tratada (Fonte: CHAKRAVERTY et al.,1988).....	62
Figura 4.4 - Micrografia da CCA: (a) 15 minutos de moagem; (b) 2 horas de moagem (SANTOS, 1997 apud PUDRÊNCIO JR. et al, 2003).....	64
Figura 4.5 - Variação do índice de atividade pozolânica pelo tempo de moagem (SANTOS, 1997 apud PRUDÊNCIO JR. et al, 2003).....	66
Figura 4.6 - Demanda de água nos decorridos tempos de moagem. (SANTOS, 1997 apud PRUDÊNCIO JR. et al, 2003).....	66

Figura 4.7 - Resistência das argamassas contendo diferentes teores de CCA (Adaptado de SANTOS, 1997)	67
FIGURA 5.1 - Curva Granulométrica Lote 1.....	71
FIGURA 5.2 - Curva Granulométrica Lote 2.....	72
FIGURA 5.3 - Curva Granulométrica Lote 3.....	72
FIGURA 5.4 - Curva Granulométrica Lote 4.....	73
FIGURA 5.5 - Curva Granulométrica Lote 5.....	73
FIGURA 5.6 - Curva Granulométrica Lote 6.....	74
FIGURA 5.7 - Difratoograma Lote 1.....	74
FIGURA 5.8 - Difratoograma Lote 2.....	75
FIGURA 5.9 - Difratoograma Lote 3.....	75
FIGURA 5.10 - Difratoograma Lote 4.....	76
FIGURA 5.11 - Difratoograma Lote 5.....	76
FIGURA 5.12 - Difratoograma Lote 6.....	77
FIGURA 5.13 - Consistência do ensaio de argamassa.....	93
FIGURA 5.14 - Amostras de corpos-de-prova 5 x 10 cm.....	94
FIGURA 5.15 - Ruptura dos corpos-de-prova 5 x 10 cm.....	105
FIGURA 5.16 - Sala utilizada para o estudo em concreto.....	108
FIGURA 5.17 - Consistência das misturas do estudo em concreto.....	108
FIGURA 5.18 - Moldagem dos corpos-de-prova do estudo em concreto.....	108
FIGURA 5.19 - Cura dos corpos-de-prova do estudo em concreto.....	109
FIGURA 5.20 - Curva Granulométrica Lote 5 moído.....	114
FIGURA 5.22 - Curva Granulométrica Lote 6 moído.....	115
FIGURA 6.1 - Incorporação de material em diferentes fatores água / aglomerante com substituição em 5% de CCA em massa de diferentes lotes, com cimento CPIV 32 RS.....	119
FIGURA 6.2 - Incorporação de material em diferentes fatores água / aglomerante com substituição em 10% de CCA em massa de diferentes lotes, com cimento CPIV 32 RS.....	120
FIGURA 6.3 - Incorporação de material em diferentes relações água/aglomerante com substituição em 15% de CCA em massa de diferentes lotes, com cimento CPIV 32 RS.....	120

FIGURA 6.4 - Incorporação de material em diferentes relações água/aglomerante com substituição em 5% de CCA em massa de diferentes lotes, com cimento CPV ARI RS.....	121
FIGURA 6.5 - Incorporação de material em diferentes fatores água / aglomerante com substituição em 10% de CCA em massa de diferentes lotes, com cimento CPV ARI RS.....	121
FIGURA 6.6 - Incorporação de material em diferentes fatores água / aglomerante com substituição em 15% de CCA em massa de diferentes lotes, com cimento CPV ARI RS.....	122
FIGURA 6.7 - Incorporação de material em diferentes fatores água / aglomerante com substituição em 10% de CCA modificado, em massa de diferentes, com cimento CPIV 32 RS.....	122
FIGURA 6.8 - Incorporação de material em diferentes fatores água / aglomerante com substituição em 10% de CCA modificado, em massa de diferentes, com cimento CPV ARI RS.....	123
FIGURA 6.9 - Resistência à compressão em fatores água / aglomerante 0,65, 0,55 e 0,45, com substituição em 5% de CCA em massa de diferentes lotes, utilizando cimento CPIV 32 RS.....	128
FIGURA 6.10 - Resistência à compressão em fatores água / aglomerante 0,65, 0,55 e 0,45, com substituição em 10% de CCA em massa de diferentes lotes, utilizando cimento CPIV 32 RS.....	129
FIGURA 6.11 - Resistência à compressão em fatores água / aglomerante 0,65, 0,55 e 0,45, com substituição em 15% de CCA em massa de diferentes lotes, utilizando cimento CPIV 32 RS.....	130
FIGURA 6.12 - Resistência à compressão em fatores água / aglomerante 0,65, 0,55 e 0,45, com substituição em 5% de CCA em massa de diferentes lotes, utilizando cimento CPV ARI RS.....	131
FIGURA 6.13 - Resistência à compressão em fatores água / aglomerante 0,65, 0,55 e 0,45, com substituição em 10% de CCA em massa de diferentes lotes, utilizando cimento CPV ARI RS.....	132
FIGURA 6.14 - Resistência à compressão em fatores água / aglomerante 0,65, 0,55 e 0,45, com substituição em 15% de CCA em massa de diferentes lotes, utilizando cimento CPV ARI RS.....	133
FIGURA 6.15 - Resistência à compressão aos 7 dias em relações água/aglomerante 0,55 e 0,45, com substituição em 10% de CCA em	

massa dos lotes 5 e 6, modificados e não modificados, utilizando os cimentos CPIV 32 RS e CPV ARI RS.....	137
FIGURA 6.16 - Resistência à compressão aos 28 dias em relações água/aglomerante 0,55 e 0,45, com substituição em 10% de CCA em massa dos lotes 5 e 6, modificados e não modificados, utilizando os cimentos CPIV 32 RS e CPV ARI RS.....	138
FIGURA 6.17 - Resistência à compressão aos 63 dias em relações água/aglomerante 0,55 e 0,45, com substituição em 10% de CCA em massa dos lotes 5 e 6, modificados e não modificados, utilizando os cimentos CPIV 32 RS e CPV ARI RS.....	139
FIGURA 6.18 - Resistência à compressão a 1, 7, 28, 63 dias em concretos com consumo de aglomerante em 270 kg/m ³ , com substituição de 5%,10%, 15% de CCA em massa dos lotes 5 e 6, utilizando os cimentos CPIV 32 RS e CPV ARI RS.....	150
FIGURA 6.19 - Resistência à compressão a 1, 7, 28, 63 dias em concretos com consumo de aglomerante em 310 kg/m ³ , com substituição de 5%,10%, 15% de CCA em massa dos lotes 5 e 6, utilizando os cimentos CPIV 32 RS e CPV ARI RS.	151
FIGURA 6.20 - Resistência à compressão a 1, 7, 28, 63 dias em concretos com consumo de aglomerante em 350 kg/m ³ , com substituição de 5%,10%, 15% de CCA em massa dos lotes 5 e 6, utilizando os cimentos CPIV 32 RS e CPV ARI RS.....	152
FIGURA 6.21 - Resistência à compressão a 1, 7, 28, 63 dias em concretos com consumo de aglomerante em 390 kg/m ³ , com substituição de 5%,10%, 15% de CCA em massa dos lotes 5 e 6, utilizando os cimentos CPIV 32 RS e CPV ARI RS.....	153

LISTA DE TABELAS

TABELA 3.1: Classificação dos materiais pozolânicos conforme NBR 12653/92.....	49
TABELA 3.2: Classificação dos materiais pozolânicos conforme ASTM C 618-95.....	49
TABELA 4.1: Efeito do tratamento ácido sobre a temperatura e tempo de exposição, necessários para produção de CCA branca amorfa.....	61
TABELA 4.2: Características químicas e físicas de cinzas da casca de arroz residual.....	63
TABELA 5.1: EDX lote cinza 01.....	78
TABELA 5.2: EDX lote cinza 02.....	78
TABELA 5.3: EDX lote cinza 03.....	79
TABELA 5.4: EDX lote cinza 04.....	79
TABELA 5.5: EDX lote cinza 05.....	80
TABELA 5.6: EDX lote cinza 06.....	80
TABELA 5.7: Características do Cimento Portland CPIV 32 RS.....	82
TABELA 5.8: Características do Cimento Portland CPV ARI RS.....	84
TABELA 5.9: Características da Areia Fina.....	86
TABELA 5.10: Características da Areia Artificial.....	87
TABELA 5.11: Características da Brita 1.....	88
TABELA 5.12: Características da Brita 0.....	89
TABELA 5.13: Características Técnicas do Aditivo.....	90
TABELA 5.14: Parâmetros analisados no estudo em argamassa e suas variações.....	91
TABELA 5.15: dosagem de material para as argamassas com cimento CPIV 32 RS, com 5% de substituição de CCA em relação à massa de cimento e relação água / aglomerante de 0,45.....	95
TABELA 5.16: dosagem de material para as argamassas com cimento CPIV 32 RS, com 10% de substituição de CCA em relação à massa de cimento e relação água / aglomerante de 0,45.....	95
TABELA 5.17: dosagem de material para as argamassas com cimento CPIV 32 RS, com 15% de substituição de CCA em relação à massa de cimento e relação água / aglomerante de 0,45.....	96

TABELA 5.18: dosagem de material para as argamassas com cimento CPIV 32 RS, com 5% de substituição de CCA em relação à massa de cimento e relação água / aglomerante de 0,55.....	96
TABELA 5.19: dosagem de material para as argamassas com cimento CPIV 32 RS, com 10% de substituição de CCA em relação à massa de cimento e relação água / aglomerante de 0,55.....	97
TABELA 5.20: dosagem de material para as argamassas com cimento CPIV 32 RS, com 15% de substituição de CCA em relação à massa de cimento e relação água / aglomerante de 0,55.....	97
TABELA 5.21: dosagem de material para as argamassas com cimento CPIV 32 RS, com 5% de substituição de CCA em relação à massa de cimento e relação água / aglomerante de 0,65.....	98
TABELA 5.22: dosagem de material para as argamassas com cimento CPIV 32 RS, com 10% de substituição de CCA em relação à massa de cimento e relação água / aglomerante de 0,65.....	98
TABELA 5.23: dosagem de material para as argamassas com cimento CPIV 32 RS, com 15% de substituição de CCA em relação à massa de cimento e relação água / aglomerante de 0,65.....	99
TABELA 5.24: dosagem de material para as argamassas com cimento CPV ARI RS, com 5% de substituição de CCA em relação à massa de cimento e relação água / aglomerante de 0,45.....	99
TABELA 5.25: dosagem de material para as argamassas com cimento CPV ARI RS, com 10% de substituição de CCA em relação à massa de cimento e relação água / aglomerante de 0,45.....	100
TABELA 5.26: dosagem de material para as argamassas com cimento CPV ARI RS, com 15% de substituição de CCA em relação à massa de cimento e relação água / aglomerante de 0,45.....	100
TABELA 5.27: dosagem de material para as argamassas com cimento CPV ARI RS, com 5% de substituição de CCA em relação à massa de cimento e relação água / aglomerante de 0,55.....	101
TABELA 5.28: dosagem de material para as argamassas com cimento CPV ARI RS, com 10% de substituição de CCA em relação à massa de cimento e relação água / aglomerante de 0,55.....	101

TABELA 5.29: dosagem de material para as argamassas com cimento CPV ARI RS, com 15% de substituição de CCA em relação à massa de cimento e relação água / aglomerante de 0,55.....	102
TABELA 5.30: dosagem de material para as argamassas com cimento CPV ARI RS, com 5% de substituição de CCA em relação à massa de cimento e relação água / aglomerante de 0,65.....	102
TABELA 5.31: dosagem de material para as argamassas com cimento CPV ARI RS, com 10% de substituição de CCA em relação à massa de cimento e relação água / aglomerante de 0,65.....	103
TABELA 5.32: dosagem de material para as argamassas com cimento CPV ARI RS, com 15% de substituição de CCA em relação à massa de cimento e relação água / aglomerante de 0,65.....	104
TABELA 5.33: Fatores analisados no estudo em concreto e suas variações.....	106
TABELA 5.34: mistura do material e consistência de concretos com cimento CPIV 32 RS, e consumo de aglomerante / m ³ em 270 kg.....	110
TABELA 5.35: mistura do material e consistência de concretos com cimento CPIV 32 RS, e consumo de aglomerante / m ³ em 310 kg.....	110
TABELA 5.36: mistura do material e consistência de concretos com cimento CPIV 32 RS, e consumo de aglomerante / m ³ em 350 kg.....	111
TABELA 5.37: mistura do material e consistência de concretos com cimento CPIV 32 RS, e consumo de aglomerante / m ³ em 390 kg.....	111
TABELA 5.38: mistura do material e consistência de concretos com cimento CPV ARI RS, e consumo de aglomerante / m ³ em 270 kg.....	112
TABELA 5.39: mistura do material e consistência de concretos com cimento CPV ARI RS, e consumo de aglomerante / m ³ em 310 kg.....	112
TABELA 5.40: mistura do material e consistência de concretos com cimento CPV ARI RS, e consumo de aglomerante / m ³ em 350 kg.....	113
TABELA 5.41: mistura do material e consistência de concretos com cimento CPV ARI RS, e consumo de aglomerante / m ³ em 390 kg.....	113
TABELA 5.42: dosagem de material para as argamassas com cimento CPIV 32 RS, com 10% de substituição de CCA em relação à massa de cimento e relação água / aglomerante de 0,45.....	116

TABELA 5.43: dosagem de material para as argamassas com cimento CPIV 32 RS, com 10% de substituição de CCA em relação à massa de cimento e relação água / aglomerante de 0,55.....	116
TABELA 5.44: dosagem de material para as argamassas com cimento CPV ARI RS, com 10% de substituição de CCA em relação à massa de cimento e relação água / aglomerante de 0,45.....	117
TABELA 5.45: dosagem de material para as argamassas com cimento CPV ARI RS, com 10% de substituição de CCA em relação à massa de cimento e relação água / aglomerante de 0,55.....	117
TABELA 6.1: Resistência à compressão em Mpa das argamassas com cimento CPIV 32 RS, com 5%, 10% e 15% de substituição de CCA e relação água / aglomerante de 0,45.....	125
TABELA 6.2: Resistência à compressão em Mpa das argamassas com cimento CPIV 32 RS, com 5%, 10% e 15% de substituição de CCA e relação água / aglomerante de 0,55.....	125
TABELA 6.3: Resistência à compressão em Mpa das argamassas com cimento CPIV 32 RS, com 5%, 10% e 15% de substituição de CCA e relação água / aglomerante de 0,65.....	126
TABELA 6.4: Resistência à compressão em Mpa das argamassas com cimento CPV ARI RS, com 5%, 10% e 15% de substituição de CCA e relação água / aglomerante de 0,45.....	126
TABELA 6.5: Resistência à compressão em Mpa das argamassas com cimento CPV ARI RS, com 5%, 10% e 15% de substituição de CCA e relação água / aglomerante de 0,55.....	127
TABELA 6.6: Resistência à compressão em Mpa das argamassas com cimento CPV ARI RS, com 5%, 10% e 15% de substituição de CCA e relação água / aglomerante de 0,65.....	127
TABELA 6.7: Resistência à compressão em Mpa das argamassas com cimento CPIV 32 RS, com 10% de substituição dos lotes 5 e 6 modificados e não modificados de CCA em relação água / aglomerante 0,45.....	135
TABELA 6.8: Resistência à compressão em Mpa das argamassas com cimento CPIV 32 RS, com 10% de substituição dos lotes 5 e 6 modificados e não modificados de CCA em relação água / aglomerante 0,55.	135

TABELA 6.9: Resistência à compressão em Mpa das argamassas com cimento CPV ARI RS, com 10% de substituição dos lotes 5 e 6 modificados e não modificados de CCA em relação água / aglomerante 0,45	136
TABELA 6.10: Resistência à compressão em Mpa das argamassas com cimento CPV ARI RS, com 10% de substituição dos lotes 5 e 6 modificados e não modificados de CCA em relação água / aglomerante 0,55.....	136
TABELA 6.11: Incorporação de ar e massa específica dos concretos com cimento CPIV 32 RS, com 5%, 10% e 15% de substituição dos lotes 5 e 6 CCA, com consumo de aglomerante em 270 Kg/m ³	141
TABELA 6.12: Incorporação de ar e massa específica dos concretos com cimento CPIV 32 RS, com 5%, 10% e 15% de substituição dos lotes 5 e 6 CCA, com consumo de aglomerante em 310 Kg/m ³	141
TABELA 6.13: Incorporação de ar e massa específica dos concretos com cimento CPIV 32 RS, com 5%, 10% e 15% de substituição dos lotes 5 e 6 CCA, com consumo de aglomerante em 350 Kg/m ³	142
TABELA 6.14: Incorporação de ar e massa específica dos concretos com cimento CPIV 32 RS, com 5%, 10% e 15% de substituição dos lotes 5 e 6 CCA, com consumo de aglomerante em 390 Kg/m ³	142
TABELA 6.15: Incorporação de ar e massa específica dos concretos com cimento CPV ARI RS, com 5%, 10% e 15% de substituição dos lotes 5 e 6 CCA, com consumo de aglomerante em 270 Kg/m ³	143
TABELA 6.16: Incorporação de ar e massa específica dos concretos com cimento CPV ARI RS, com 5%, 10% e 15% de substituição dos lotes 5 e 6 CCA, com consumo de aglomerante em 310 Kg/m ³	143
TABELA 6.17: Incorporação de ar e massa específica dos concretos com cimento CPV ARI RS, com 5%, 10% e 15% de substituição dos lotes 5 e 6 CCA, com consumo de aglomerante em 350 Kg/m ³	144
TABELA 6.18: Incorporação de ar e massa específica dos concretos com cimento CPV ARI RS, com 5%, 10% e 15% de substituição dos lotes 5 e 6 CCA, com consumo de aglomerante em 390 Kg/m ³	144
TABELA 6.19: Resistência característica a compressão em Mpa dos concretos com cimento CPIV 32 RS, com 5%, 10% e 15% de	

substituição dos lotes 5 e 6 CCA, com consumo de aglomerante em 270Kg/m ³	145
TABELA 6.20: Resistência característica a compressão em Mpa dos concretos com cimento CPIV 32 RS, com 5%, 10% e 15% de substituição dos lotes 5 e 6 CCA, com consumo de aglomerante em 310Kg/m ³	146
TABELA 6.21: Resistência característica a compressão em Mpa dos concretos com cimento CPIV 32 RS, com 5%, 10% e 15% de substituição dos lotes 5 e 6 CCA, com consumo de aglomerante em 350Kg/m ³	146
TABELA 6.22: Resistência característica a compressão em Mpa dos concretos com cimento CPIV 32 RS, com 5%, 10% e 15% de substituição dos lotes 5 e 6 CCA, com consumo de aglomerante em 390Kg/m ³	147
TABELA 6.23: Resistência característica a compressão em Mpa dos concretos com cimento CPV ARI RS, com 5%, 10% e 15% de substituição dos lotes 5 e 6 CCA, com consumo de aglomerante em 270Kg/m ³	147
TABELA 6.24: Resistência característica a compressão em Mpa dos concretos com cimento CPV ARI RS, com 5%, 10% e 15% de substituição dos lotes 5 e 6 CCA, com consumo de aglomerante em 310Kg/m ³	148
TABELA 6.25: Resistência característica a compressão em Mpa dos concretos com cimento CPV ARI RS, com 5%, 10% e 15% de substituição dos lotes 5 e 6 CCA, com consumo de aglomerante em 350Kg/m ³	148
TABELA 6.26: Resistência característica a compressão em Mpa dos concretos com cimento CPV ARI RS, com 5%, 10% e 15% de substituição dos lotes 5 e 6 CCA, com consumo de aglomerante em 390Kg/m ³	149
TABELA 6.27: Consumo de aglomerante dos concretos com cimento CPIV 32 RS, com 5%, 10% e 15% de substituição por CCA dos lotes 5 e 6.....	154

TABELA 6.28: Custo unitário em R\$/m ³ dos concretos com cimento CPIV 32 RS com 5%, 10% e 15% de substituição dos lotes 5 e 6 de CCA.....	154
TABELA 6.29: Consumo de aglomerante dos concretos com cimento CPV ARI RS, com 5%, 10% e 15% de substituição por CCA dos lotes 5 e 6.....	155
TABELA 6.30: Custo unitário em R\$/m ³ , dos concretos com cimento CPV ARI RS com 5%, 10% e 15% de substituição por CCA dos lotes 5 e 6.....	156
TABELA 6.31: Custo unitário em R\$/ton, sugeridos aos lotes 5 e 6 de CCA, para a viabilidade econômica para utilização em uma central dosadora de concreto.....	156
TABELA 6.32: Consumo de aglomerante dos concretos com cimento CPIV 32 RS, com 5%, 10% e 15% de substituição por CCA dos lotes 5 e 6, com resistência aos 63 dias.....	157
TABELA 6.33: Custo unitário em R\$/m ³ , dos concretos com cimento CPIV 32 RS com 5%, 10% e 15% de substituição dos lotes 5 e 6 de CCA, com resistência aos 63 dias.....	158
TABELA 6.34: Consumo de aglomerante dos concretos com cimento CPV ARI RS, com 5%, 10% e 15% de substituição por CCA dos lotes 5 e 6, com resistência aos 63 dias.....	159
TABELA 6.35: Custo unitário em R\$/m ³ dos concretos com cimento CPV ARI RS com 5%, 10% e 15% de substituição por CCA dos lotes 5 e 6, com resistência aos 63 dias.....	159
TABELA 6.36: Custo unitário em R\$/ton sugeridos aos lotes 5 e 6 de CCA, para a viabilidade econômica para utilização em uma central dosadora de concreto com resistência aos 63 dias.....	160

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	27
1.1	Considerações iniciais	27
1.2	Objetivos	28
1.2.1	Geral	28
1.2.2	Específicos.....	28
1.3	Estrutura do Trabalho	29
2	CONCRETO DOSADO EM CENTRAL	31
2.1	Definição	31
2.2	Breve Histórico no Brasil	32
2.3	Disposições das centrais	33
2.3.1	Centrais Verticais	33
2.3.2	Centrais Horizontais	34
2.4	Tipos de controles	35
2.4.1	Central Dosadora Manual	36
2.4.2	Central Dosadora Automática	36
2.5	Tipo de Mistura	37
2.5.1	Mistura completa em equipamento estacionário	37
2.5.2	Mistura completa em caminhão-betoneira na central	38
2.5.3	Mistura parcial na central e complementação na obra.....	38
2.6	Processo de Produção	39
2.6.1	Recebimento e armazenamento dos materiais	39
2.6.2	Proporcionamento dos Materiais Constituintes do Concreto	42
2.6.3	Mistura e transporte do concreto no caminhão-betoneira.....	44
2.6.4	Entrega do Concreto na Obra	45
3	ADIÇÃO POZOLÂNICA NO CIMENTO PORTLAND	47
3.1	Índice de Atividade Pozolânica	50
3.1.1	Tipos de Pozolanas	52
3.1.2	Cinza Volante	53
3.1.3	Metacaulim	53
3.1.4	Sílica Ativa	54
4	CINZA DA CASCA DO ARROZ	57
4.1	Processos de Combustão & Tratamento Térmico	59
4.2	Processos de Moagem & Tratamento Físico	63

5	METODOLOGIA	69
5.1	Coletas de diferentes cinzas da casca do arroz	70
5.2	Características químicas e físicas das amostras de cinza da casca do arroz.....	71
5.3	Caracterização dos Materiais.....	81
5.3.1	Cimento	81
5.3.2	Agregado	86
5.3.3	Água	90
5.3.4	Aditivo.....	90
5.4	Primeiro Estudo em Argamassa	90
5.4.1	Preparo das amostras em argamassa	92
5.5	Estudo em Concreto	105
5.5.1	Preparo das amostras em concreto	106
5.6	Segundo estudo em Argamassa	114
6	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	119
6.1	Resultados dos Ensaios em argamassa	119
6.1.1	Incorporação de Material	119
6.2	Resistências a Compressão das argamassas.....	124
6.3	Resultados dos Ensaios em Concreto.....	140
6.3.1	Incorporação de Ar e Massa Específica	140
6.3.2	Resistências dos Concretos	145
6.3.3	Cálculos de Dosagens e Quantitativo dos Traços.....	153
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	161
7.1	Fatores Investigados na Caracterização das Cinzas da Casca do Arroz.....	161
7.2	Fatores Investigados no ensaio em Argamassa.....	161
7.3	Fatores Investigados no ensaio em Concreto.....	163
7.4	Sugestão para Trabalhos Futuros.....	164
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	167
9	ANEXOS	175
9.1	ANEXO 1 – Granulometria dos lotes de cca.....	176
9.2	ANEXO 2 – Diagrama de dosagem e discriminação dos traços e custo unitário dos produtos aos 28 dias.....	179

9.3 ANEXO 3 – Diagrama de dosagem e discriminação dos traços e custo unitário dos produtos aos 63 dias.....207

1 Introdução

1.1 Considerações iniciais

A produção de arroz no ano de 2010 no mundo teve aumento de aproximadamente 4 % como a ONU descreve para Agricultura e Alimentação (FAO, 2010), chegando à produtividade de 710 milhões de toneladas. A Ásia lidera a produção e consumo deste cereal em todo o mundo, chegando à casa de 90% do consumo mundial. A América Latina, em relação à produção, está em segundo lugar e em consumo ocupa a terceira colocação em todo o mundo. Somente na Ásia, principalmente na China, Tailândia e Birmânia, a produção chegou à casa de 643 milhões de toneladas no ano de 2010, 29 milhões superior ao ano anterior. O Brasil destaca-se como o País com maior produção mundial fora do continente asiático, representando cerca de 2% da produção realizada em todo o mundo, estando no estado do Rio Grande do Sul, a maior produção de arroz em casca no ano de 2010, representando 65,1% da produção nacional (IBGE, 2010).

Diante da quantia de produção do arroz no país, principalmente na região sul, e como seu processo de queima para a produção final do arroz gera um passivo ambiental que é a casca do arroz, é necessário o uso de alternativas para consumir esse produto. A queima da casca do arroz para obtenção de energia junto das beneficiadoras do cereal, a partir de sistemas com controle da temperatura é utilizado no Brasil, sendo a forma mais viável para utilização deste passivo ambiental na construção civil, tornando-se um material pozolânico se for processado para este fim. Hoje empresas como Intersilica, Arroz Pileco e Silica Nobre, comercializam cinza da casca do arroz como material pozolânico na região sul do País, evidenciando a necessidade de trabalhos técnicos voltados para utilização deste material em concreto dosado em central e indústrias cimenteiras.

O principal objetivo do uso de adições em substituição ao material cimentício é diminuir a extração de matéria prima para a produção de cimento, reduzindo conseqüentemente a quantia de clínquer a ser produzida em uma fábrica de cimento. Ao reduzir o processo de industrialização do cimento, é reduzida, na atmosfera, a presença de gás carbônico dando-se destino a subprodutos agroindustriais que no passado eram tratados como simples rejeitos. (ISAIA; GASTALLDINI, 2003).

As cimenteiras, até o presente momento, não demonstraram interesse neste produto pelo fato de o processo de beneficiamento da cinza da casca do arroz ser bastante pulverizado em todo país. Hoje, principalmente na região sul, este seguimento detêm posse dos resíduos das indústrias termoelétricas na qual o processo de retirada deste resíduo é bastante concentrado, viabilizando a questão dos custos de transporte.

Do ponto de vista econômico, com o aumento gradativo do consumo de cimento praticamente todos os anos, devido ao custo do transporte e produção, o uso de adições fica cada vez mais atrativo tanto para empresas do ramo do concreto dosado em central, como para beneficiadores de adições, como é o caso de alguns produtores de cinza de casca do arroz que entraram recentemente neste mercado. Assim, o estudo do desempenho deste tipo de pozolana em concreto dosado em central será o foco principal do estudo.

1.2 *Objetivos*

1.2.1 Geral

Avaliar o uso da cinza da casca do arroz para concreto dosado em central, do ponto de vista técnico e econômico, bem como a variabilidade desta cinza oriunda de processo industrial e sua influência no concreto.

1.2.2 Específicos

1- Determinar a porcentagem ideal de substituição de cimento pela cinza da casca do arroz para concretos dosados em central, do ponto de vista técnico e econômico;

2- Avaliar a variabilidade entre lotes da cinza da casca do arroz e seus efeitos nas propriedades do concreto;

3- Determinar as características físicas e mecânicas dos concretos produzidos;

4- Determinar o custo final que uma central dosadora de concreto pode pagar pela cinza da casca do arroz, para valer a pena a sua utilização neste seguimento.

1.3 Estrutura do Trabalho

O trabalho será organizado em 7 capítulos. Os capítulos 2, 3 e 4 são dedicados à revisão de literatura. No capítulo 2 são abordados os aspectos relativos a concreto dosado em central, no capítulo 3 discute-se sobre o comportamento de pozolana no concreto. Posteriormente, no capítulo 4 discute-se o uso de CCA em misturas à base de cimento Portland. O capítulo 5 descreve o programa experimental adotado e as características dos materiais utilizados. Os resultados e discussões são apresentados no capítulo 6. Por fim, no capítulo 7, é realizada uma análise integrada dos resultados alcançados, bem como, são feitas sugestões sobre a continuidade das investigações com a cinza da casca do arroz.

2 Concreto dosado em Central

Será dedicado um capítulo especial para a discussão sobre o processo produtivo de uma central de concreto para enfatizar a importância de cada etapa no carregamento do concreto, garantindo assim a qualidade no uso de adições por este seguimento, bem como para mensurar a eficácia do uso de adições. Como isto, busca-se evitar mais uma variável e garantir a otimização de resultados com o uso de adições no processo industrial de proporcionamento do concreto.

2.1 Definição

Segundo a NBR 7212:2012, define-se o CDC como “...concreto dosado, misturado em equipamento estacionário ou em caminhão-betoneira, transportado por caminhão-betoneira ou outro tipo de equipamento, dotado ou não de agitação, para entrega antes do início de pega do concreto, em local e tempo determinados, para que se processem as operações subsequentes à entrega, necessárias à obtenção de um concreto endurecido com as propriedades pretendidas”.

Alguns fatores têm impulsionado o uso do concreto dosado em central em todo o mundo (PRUDÊNCIO JR., 2005):

- 1) Custo Reduzido em função do poder de barganha em relação a negociação dos insumos, além do gasto reduzido no canteiro com manutenção preventiva e corretiva de equipamentos, controle de armazenamento de insumos, menor gasto com energia elétrica, etc;
- 2) Superior produtividade nas obras em relação a concretagens de modo convencional, em função da necessidade de menos mão de obra e velocidade na execução da concretagem;
- 3) Capacidade de mistura de maiores volumes e em tempos determinados, conforme o andamento da obra;
- 4) Produto mais homogêneo devido ao controle de fornecedores específicos e bem capacitados;
- 5) Estocagem de cimento em silos metálicos e consumo do cimento em menores tempos, preservando suas características e resistência;
- 6) Otimização dos materiais em obra, controle de estoque, evitando assim desperdício dos insumos;

Pode-se considerar uma vantagem inigualável, a possibilidade da busca por novas tecnologias e insumos para a melhoria do concreto produzido. Devido a todas as vantagens descritas acima, torna-se viável

o uso de adições alternativas, desde que bem avaliado o seu desempenho técnico e econômico que é a proposta inicial do estudo.

2.2 Breve Histórico no Brasil

Nos anos 50, as centrais dosadoras de concreto pioneiras se instalaram em nosso país no período em que cidades brasileiras começavam a se desenvolver e a indústria nacional estava sendo fortemente impulsionada com a chegada da fábrica de alto - peças e fabricação de automóveis.

Este período foi marcado por um forte desenvolvimento, com a construção de grandes edifícios e novas ruas e avenidas em São Paulo para a comemoração do seu IV Centenário em 1954, em paralelo à construção de Brasília, no final da década de 50 (ABESC, 2003).

A primeira central dosadora de concreto (Usina Central de Concreto S/A (UCC) iniciou suas atividades em 1950, a partir de uma necessidade de construir um trecho de rodovia ligando Jundiaí à São Paulo. Esta central de fabricação americana foi adquirida por empreiteiros que iriam construir a obra citada acima. Seu modo de operação era do tipo manual, com caminhões betoneira. Inicialmente, todo o concreto produzido era apenas para uso próprio da empresa, posteriormente passou a ser comercializado para atender outras empreiteiras. Rapidamente aumentou-se a demanda deste produto e logo após, foram abertas outras três filiais na região de São Paulo. Não demorou muito para o mercado enxergar um potencial neste negócio e novas empresas de serviços de concretagem iniciaram suas atividades, se espalhando por vários estados brasileiros como Rio de Janeiro, Minas Gerais e Rio Grande do Sul (ABESC, 2003).

A partir da década de 60, firma-se a importância deste setor na construção civil, em função das inúmeras vantagens deste produto oferecido, tais como: agilidade, continuidade e qualidade determinada. Assim este produto tornou-se imprescindível nas obras que deram suporte ao desenvolvimento do país e ao passar dos anos vem crescentemente evoluindo, se aperfeiçoando e tornando possível a realização dos mais importantes desafios da engenharia de materiais para construção civil (ABESC, 2003).

Nos países desenvolvidos, a produção de concreto dosado em central é responsável pelo consumo de 60% da produção de cimento. Já

no Brasil, a média do consumo de cimento nos grandes centros como Rio de Janeiro e São Paulo, supera a casa dos 30%, o que não representa a média nacional que fica em torno dos 13% ABESC (2003).

Uma central dosadora de concreto normalmente abrange cargos de administração, vendas, faturamento, cobrança, programação, controle de qualidade, assessoria técnica, treinamento e aperfeiçoamento profissional no setor de controle dos processos, atendimento ao cliente e logística deste produto. Existem diversos tipos de centrais de concreto, classificadas de acordo com sua disposição (vertical, horizontal ou mista), tipo de controle do proporcionamento (manual ou automático), equipamento de mistura (apenas dosadora ou dosadora e misturadora) e ainda, tipo de mistura no caminhão-betoneira, quando do tipo dosadora apenas (completa na central ou parcial na central e complementação na obra).

Cada tipo de equipamento tem suas vantagens, dependendo da necessidade de cada obra. Todavia, pelo presente estudo, as centrais verticais de modo automático potencializam a viabilidade do uso de adições em centrais de concreto. A precisão será parâmetro fundamental para operacionalização do uso de adições.

2.3 Disposições das centrais

A montagem e, conseqüentemente, a distribuição dos equipamentos de uma central dosadora de concreto deve oferecer o melhor custo / benefício para rentabilidade operacional e financeira para seus acionistas. (TARTUCE e GIOVANNETTI, 1990).

Para conseguir este desempenho, trabalha-se no planejamento de seus equipamentos e controle de qualidade de seu produto, adquirindo confiabilidade no processo e a otimização nos custos dos insumos. Conforme descrito acima, essas centrais estão classificadas nos seguintes modelos:

2.3.1 Centrais Verticais

Conhecidas também como centrais de gravidade, tem sua vantagem pela simplicidade nos acionamentos, que implica em pequena motorização elétrica e a robustez em elementos estruturais, o que ajuda na minimização da troca de peças de desgaste. Utiliza-se correia

transportadora em alguns casos apenas para transporte de agregado. Seu maior inconveniente é a falta de mobilidade do equipamento. São instalações definitivas ou semi-permanentes para obras de longa duração ou mercados específicos (Figura 2.1).



Figura 2.1 – Central vertical (LIEBHERR, 2005).

2.3.2 Centrais Horizontais

Fundamentam-se por acionamentos motorizados e seu carregamento dos insumos é baseado por correias transportadoras. Sua estrutura é mais leve, mas, por outro lado, as transmissões para as balanças dosadoras são mais complexas. A sua principal vantagem é a mobilidade, podendo ser instalada em obras de canteiro e consequentemente não sujeita a mercados específicos. Seu investimento inicial é normalmente inferior ao de uma usina gravimétrica (Figura 2.2);



Figura 2.2 – Central horizontal (LIEBHERR, 2005).

É de fundamental importância para a operacionalização do uso de adições em uma central dosadora de concreto, ter silos e balanças específicas para o armazenamento e pesagem de adições, a fim de garantir uma precisão adequada e posterior rastreabilidade do carregamento, já que a quantidade de adição utilizada geralmente é pequena em relação à quantidade de cimento empregado em 1m^3 de concreto e o efeito da adição pode ser totalmente diferenciado variando a quantidade de carregamento.

2.4 Tipos de controles

Hoje em dia, o controle rigoroso na operação é peça fundamental para uma boa qualidade do concreto dosado em central. Todavia, ainda existem sistemas que não atendem às necessidades impostas pelas obras de engenharia.

Tartuce e Giovanneti (1990) afirmam que a importância da precisão das dosagens depende, sem dúvida, dos controles das centrais (operações e dispositivos que transmitem os comandos). Genericamente podemos classificar as centrais dosadoras em:

2.4.1 Central Dosadora Manual

Implica basicamente na presença de um operador de central, o qual, através de receitas determinadas pelo setor de engenharia, opera a central dosadora através de acionamentos por válvulas e alavancas. A vulnerabilidade deste processo é muito grande, pois depende única e exclusivamente do acionamento manual do processo, podendo ocasionar erros no carregamento, sem nenhum registro e controle de rastreabilidade. Esse método de proporcionamento para utilização de adições em concreto dosado em central não é recomendável devido à falta de controle citada acima. Pode-se, ao invés de potencializar o desempenho de uma central dosadora de concreto, aumentar a variabilidade do processo produtivo.



Figura 2.3 – Controle manual de uma central de concreto

2.4.2 Central Dosadora Automática

Neste processo, praticamente a totalidade das funções do operador são realizadas por componentes eletrônicos. Assim, todo o acionamento de válvulas, sequência e controle de pesagem, inserção dos materiais no caminhão betoneira, ficam por conta do sistema. Este processo torna o operador da central um supervisor no carregamento. Além de o sistema fornecer rastreabilidade das dosagens neste tipo de pesagem, gera maior

confiabilidade. Este tipo de acionamento é fundamental para operacionalizar o uso de adições em centrais dosadoras de concreto. (Figura 2.4).



Figura 2.4 – Controle automático (LIEBHERR, 2012);

2.5 Tipos de Mistura

Segundo a NBR 7212:2012, as misturas do concreto são divididas em três tipos:

2.5.1 Mistura completa em equipamento estacionário

Todos os insumos são devidamente dosados, e posteriormente são colocados em equipamentos de transporte para levar o produto até a obra. Esse tipo de dosagem garante na central dosadora uma mistura completa e homogênea, pois toda a dosagem é determinada dentro da central dosadora, diminuindo a interferência humana na dosagem.

No entanto, a maioria das centrais dosadoras de concreto não utilizam esse método de dosagem por caracterizar seu produto como industrializado, cujo valor de imposto cobrado é maior do que o praticado em misturas realizadas em caminhão-betoneira, sendo este caracterizado como prestação de serviço. Todavia, este seria o método mais adequado para viabilizar o uso de adições em concretos dosado em central.

2.5.2 Mistura completa em caminhão-betoneira na central

Neste método, os insumos são colocados no caminhão-betoneira na ordem dos materiais com maior poder de mistura e homogeneidade, obedecendo a critérios de velocidade da rotação para mistura, conforme especificações do equipamento.

Esse tipo de mistura é difícil de acontecer na prática em uma central de concreto, pois devido ao tempo de transporte / temperatura dos materiais componentes, o concreto, ao chegar à obra, apresenta perda de abatimento em relação ao inicial, o que deve ser corrigido com água e/ou aditivo, na dosagem adequada.

2.5.3 Mistura parcial na central e complementação na obra

Os componentes do concreto são colocados no caminhão-betoneira, adicionando parte da dosagem de água na central dosadora de concreto, e posteriormente é complementada a dosagem de água em obra, até chegar ao abatimento proposto na descrição do produto, chegando à mistura final para posterior descarga. Neste caso, é estabelecido normalmente um controle da quantidade de água adicionada na central e a ser completada na obra, para não ultrapassar a prevista no concreto.

Este método de dosagem será o adotado no estudo de caso, para a avaliação de viabilidade técnica e econômica da utilização da cinza da casca do arroz em concreto dosado em central.



Figura 2.5 – Carregamento do caminhão-betoneira em uma central de concreto

2.6 Processo de Produção

A seguir, serão descritas as diferentes etapas do processo de produção de uma central de concreto do tipo horizontal que efetua apenas o proporcionamento e carregamento dos insumos, sendo a mistura do concreto feita no caminhão-betoneira. O controle do proporcionamento é do tipo automático, com os comandos efetuados por meio de um painel digital. A mistura é feita parcialmente na central e sua dosagem final é feita em obra até o concreto chegar no abatimento proposto. Optou-se por este tipo de central de concreto no presente trabalho, por ser o mais encontrado em todo o estado de Santa Catarina, onde está sendo desenvolvido o estudo.

2.6.1 Recebimento e armazenamento dos materiais

Todo o processo de concreto dosado em central inicia no recebimento dos seus materiais constituintes. Tendo como certa essa afirmativa, deve ser uma etapa controlada, pois a qualidade destes materiais é de fundamental importância para que sejam atingidas as características especificadas para o concreto a ser dosado. A homogeneidade dos materiais constituintes do concreto é fundamental para a viabilidade do estudo, pois sem ela, inclui-se mais uma variável no processo.

Partindo do princípio de que a colocação acima é verdadeira, um dos objetivos do trabalho é mensurar a variabilidade da cinza da casca

do arroz na produção de concreto através de ensaios em concreto fresco e endurecido em laboratório.

Como descreve a NBR 12654, todos os insumos utilizados na fabricação do concreto devem passar por ensaios de caracterização e qualificação antes de serem inseridos como materiais constituintes do concreto em uma central dosadora, obedecendo ao mínimo dos requisitos necessários. Durante o recebimento dos materiais, devem ser coletadas amostras de todos os lotes recebidos para realização de ensaios de qualificação e caracterização, tendo como exceção a água de amassamento, que deve ser ensaiada para qualificação apenas quando se perceber indício de alteração da sua qualidade. Este procedimento, entretanto, fica inviável operacionalmente em uma central de concreto, pois o recebimento de vários lotes dos materiais constituintes é constante no dia a dia de concreteiras, devido a elevada produção de concreto diária, proporcionada pela demanda da construção civil.



Figura 2.6 – Recebimento de insumos em uma central de concreto

Para tanto, uma solução paliativa no caso dos agregados é o recebimento por avaliação visual da granulometria e forma e a coleta de amostras em períodos regulares para realização dos ensaios de caracterização e qualificação. Para cimentos e aditivos, o controle pode ser efetuado através de ensaios de amostras armazenadas por no mínimo

sessenta dias somente em casos de ocorrência de não conformidades ou comportamentos muito distintos do habitual, bem como pela análise de laudos técnicos emitidos pelo fabricante mensalmente.



Figura 2.7 – Coleta de amostras em uma central de concreto

Em se tratando do armazenamento dos insumos, a NBR 7212:2012 descreve que deve-se tomar o cuidado de armazenar em locais ou recipientes apropriados, de modo a não permitir a contaminação por impurezas indesejáveis, a fim de manter as características dos materiais. Especificamente, os agregados devem ser estocados separadamente por tipo e granulometria e depositados sobre uma base que permita o escoamento da água livre. A NBR 12655, sugere que o piso da baía seja concretado e com divisórias que proporcionam a não contaminação entre os insumos da central. Já o cimento, usualmente é estocado em silos que devem ser estanques, providos de respiradouros com filtro para reter a poeira, tubulação de carga e descarga e janela para inspeção, como recomenda a mesma norma. Este cuidado deve ser tomado também no caso do uso de adições em uma central dosadora de concreto.

Quanto aos aditivos, quando fornecidos em tonéis, devem permanecer em sua embalagem original até o momento do uso, quando então podem ser transferidos para um recipiente estanque e tampado. Antes do carregamento, o aditivo deve ser homogeneizado energicamente para evitar a decantação dos sólidos, no caso de fornecimento em caminhões-pipa e armazenamento em reservatórios que alimentam diretamente o caminhão-betoneira, NBR 12655.

Hoje em dia, na maioria das centrais dosadoras de concreto, os aditivos são transportados por caminhões com compartimentos específicos para produtos químicos e descarregados em tanques de 6000

l a 12.000 l. A dosagem destes aditivos em uma central dosadora, usualmente é realizada em balanças de precisão de 0,01 kg, ou ainda através de copos dosadores pneumáticos volumétricos. Por fim, a água deve ser armazenada em recipiente estanque e tampado, impedindo a contaminação por impurezas NBR 12655.



Figura 2.8 – Armazenamento de aditivos em central de concreto

2.6.2 Proporcionamento dos Materiais Constituintes do Concreto

Como todo o processo produtivo do concreto é baseado em pesagens, uma etapa fundamental da qualidade do concreto é a aferição das balanças. Este procedimento deve ser periódico e regular. As balanças de pesagem dos agregados e do cimento, de acordo com a NBR 7212:2012, devem ser aferidas a cada 5.000 m³ de produção ou três meses. Hoje em dia, as centrais dosadoras estão optando por períodos de aferição ainda mais curtos devido à exigência do mercado consumidor, que tem optado por estruturas cada vez mais arrojadas e pedidos por concretos com composição diferenciada. Qualquer incerteza na pesagem pode atrapalhar muito a qualidade do produto final. A NBR 7212:2012, também estipula limites de desvio de pesagem que deve obedecer 1%

para cimento e 3% para agregados, além da pesagem de ambos serem feitas de maneira separada.

A dosagem dos materiais constituintes do concreto é comandada pelo operador de central, através de painel de controle ou de automação. Comumente os traços já estão disponíveis na cabine de dosagem através do sistema específico de carregamento. O operador tem a função de selecionar o traço contratado pelo cliente, alimentar o sistema com os percentuais de umidade que se encontra em cada agregado utilizado no traço a ser carregado. Cabe ao próprio sistema realizar as correções necessárias advindas da presença de umidade no material. Posteriormente a isto, o balanceiro confere o volume a ser carregado na carga determinada e inicia o processo de pesagem através de comandos pneumáticos, quando o sistema for manual, ou através de sistema de automação.

Um ponto fundamental para o andamento correto do processo dentro de uma central dosadora de concreto é a correção da umidade encontrada na areia. É recomendado na prática, realizar três vezes ao dia esse ensaio e principalmente quando se perceber uma mudança visual quanto à umidade, nos lotes de areias recém-descarregados.

Necessita-se contabilizar ainda as outras formas de adição de água no concreto até a descarga final, como a água acrescentada pelo motorista para lavagem interna do caminhão-betoneira para limpeza do funil e facas após o carregamento dos materiais, água para correção do abatimento do concreto por perda de abatimento por evaporação, ou ainda, a água deixada no balão do caminhão-betoneira ao final da concretagem anterior, normalmente 100L. Portanto, é necessário controles específicos para conhecer a real relação água / cimento do concreto, evitando assim alterações da relação água / cimento definida para cada traço.

Sobre a sequência ótima da colocação dos insumos dentro do caminhão betoneira, não existem regras, o que existem são modelos de equipamentos diferentes, nos quais, para garantir um melhor sistema de mistura, a sequência de carregamento é alterada. A NBR 7212:2012 não especifica uma sequência de colocação dos insumos no caminhão-betoneira, fazendo apenas uma recomendação: "...deve estar de acordo com as especificações do equipamento ou conforme indicado por experiência". Para exemplificar, abaixo está descrita uma sequência que normalmente é seguida em centrais verticais, a qual garante na maioria dos caminhões betoneira / central de concreto um produto homogêneo:

- 1) 70% da água corrigida em relação a umidade das areias;
- 2) Durante a colocação da água, os agregados e o cimento devem ser colocados simultaneamente. Não se recomenda a colocação do cimento antes ou depois dos agregados para evitar que o mesmo grude nas paredes internas do balão ou em suas facas, o que dificultaria o processo de mistura;
- 3) Por fim é adicionado o aditivo plastificante juntamente com 10% da água corrigida em função da umidade do agregado. O restante da água é adicionado em duas etapas. Uma parcela é adicionada no ponto de redosagem, e o restante da água, quando necessário, é utilizado para fazer a redosagem final em obra, até chegar ao abatimento proposto;

2.6.3 Mistura e transporte do concreto no caminhão-betoneira

A mistura dos insumos do concreto se dá através de caminhão-betoneira, no mesmo instante que é feito o carregamento de todos os materiais, até se obter uma mistura homogênea. Entretanto, a NBR 7212:2012 não estabelece velocidade e número de revoluções, bem como tempo de mistura, apenas afirma a importância de que sejam obedecidas as especificações do equipamento.

Comumente a mistura é feita no momento do carregamento dos materiais em velocidade de mistura contínua de 14 a 16 rotações por minuto (rpm), por aproximadamente 50 revoluções. Na prática, estipula-se um minuto por metro cúbico para o bom entendimento da equipe operacional e para que o mesmo seja cumprido por todos os colaboradores. Depois de realizado esse tempo para a mistura perfeita do concreto, o caminhão segue rumo à obra, com o balão girando à velocidade de agitação, ou seja, de 2 a 4 rpm.

Algumas especificações de fabricantes estipulam um número total de revoluções do balão, fixando um limite de 300 revoluções para caminhões-betoneira. Entretanto, dependendo do concreto a ser entregue, esse limite pode ser ultrapassado, o que não é raro quando adiciona-se água ou aditivo super-plastificante em obra, para correção do abatimento quando sua perda é muito acentuada. Neste caso, são necessárias em média mais 30 revoluções, à rotação de mistura, antes da descarga do concreto (ACI 305R-91; ACI 363R-92) para garantir uma mistura tecnicamente homogênea. Para conseguir uma mistura perfeita, também é aconselhado ter alinhado o lado de manutenção preventiva e corretiva do equipamento de mistura, tais como: balão limpo, facas

inteiras e comando e sistema hidráulico do balão funcionando perfeitamente em ordem.

O tempo de transporte é uma etapa fundamental para a garantia da qualidade final do concreto. Esse tempo é contado a partir do início do carregamento até a chegada à obra e não deve exceder 1 hora e 30 minutos, sendo que o tempo total até a descarga de todo o volume do caminhão não deve exceder 2 horas e 30 minutos. Esses prazos servem como uma segurança da central dosadora de concreto diante do produto entregue ao seu cliente, uma vez que a NBR 7212:2012 cita que pode sofrer alteração em função do uso de aditivos retardadores, do tipo de cimento, das condições ambientais, de peculiaridades da obra e de refrigeração, entre outros.

2.6.4 Entrega do Concreto na Obra

O primeiro procedimento após chegada do concreto em obra, é o ensaio de verificação do abatimento do concreto (slump test), conforme a NBR NM 67. Caso o abatimento não esteja de acordo com o especificado, procede-se a sua correção, adicionando-se água ou aditivos plastificante ou superplastificante, de acordo com as especificações de cada produto, sob orientação do departamento técnico de cada empresa.

Hoje em dia, a maioria do concreto dosado em central e aplicado nas obras de grandes centros, é auxiliado por intermédio de bombas de concreto que tem o intuito de agilizar o tempo de descarga através do lançamento do concreto até a peça aplicada, diminuindo a quantidade de pessoas para realizar o serviço de concretagem, garantindo assim, uma maior homogeneidade entre as cargas. Em resumo, facilita a aplicação do concreto em obra. Entretanto, alguns cuidados devem ser tomados para que o processo de bombeamento ocorra sem maiores transtornos e o concreto lançado apresente as características adequadas:

1 – O concreto não deve ser segregável. Para o concreto segregar, pode estar faltando finos e/ou estar com abatimento superior ao proposto do produto contratado;

2- O bombeamento deve ser contínuo para evitar que a mistura presente no interior da tubulação dificulte a retomada da operação depois de determinado período. Para que isso aconteça, deve haver uma sincronia muito grande entre concreteira e obra. A concreteira deve ter o compromisso de não faltar caminhão abastecendo o equipamento de

bombeio. Por parte do cliente, deve haver agilidade na aplicação para que não seja utilizado concreto com tempo superior a 2 horas e 30 min.;

3 - Devem ser evitados trechos de tubulações verticais, com curvas excessivas, pois podem reduzir consideravelmente a distância de transporte; e a tubulação deve ser limpa de forma adequada ao final da concretagem (MEHTA e MONTEIRO, 1994);

Após iniciar a descarga do concreto, ao atingir aproximadamente o terço médio do volume de descarga, é retirada uma amostra para moldagem dos corpos-de-prova para ensaio de resistência à compressão aos 28 dias e demais idades eventualmente especificadas, de acordo com a NBR 5738. Após a moldagem, os corpos-de-prova devem permanecer por no mínimo um dia em local protegido de perturbações e possíveis intempéries. Ao término de toda a operação de descarga, as atividades de concretagem com responsabilidade da central, para um determinado caminhão, estão encerradas.

Em resumo, o propósito deste capítulo foi o de descrever o processo produtivo onde pretende-se inserir o cinza de casca de arroz como uma adição ao concreto, atentando-se para os equipamentos e procedimentos necessários ao seu uso adequado, bem como para justificar alguns dos procedimentos adotados na parte experimental deste trabalho.

3 ADIÇÃO POZOLÂNICA NO CIMENTO PORTLAND

O termo pozolana foi utilizado pela primeira vez para designar uma cinza vulcânica proveniente de Pozzuoli, na região de Nápoles na Itália. Emprega-se atualmente este termo em todos os materiais naturais e artificiais que apresentam características similares daquelas cinzas (CINCOTTO, 1988).

Pozolanas são classificadas como adições minerais. Adicionando ou substituindo o cimento por este material em concretos e argamassas, além de promover uma melhora na trabalhabilidade do produto em estado fresco, em alguns casos, consegue-se uma redução de custos (MEHTA E MONTEIRO, 1994).

Pode-se dizer que acrescentando materiais pozolânicos na mistura com cimento Portland, eles reagem com o hidróxido de cálcio proveniente da hidratação do cimento, produzindo C-S-H secundário. Nesta formação, tem-se a densificação da matriz, já que ele se deposita nos poros existentes da mistura, tornando o produto menos permeável, dificultando assim, o acesso de íons cloreto e sulfato através da matriz (MEHTA e MONTEIRO, 1994).

A adição mineral ativa modifica todo o equilíbrio químico das espécies iônicas presentes na solução de amassamento, ocorrendo aceleração ou retardo na taxa de hidratação do cimento (Lawrence *et al.*, 2003). Em resumo, tem-se a certeza de que a presença de pozolanas acelera a hidratação do C_3A e do C_4AF . Quanto ao C_3S , pode-se observar efeito de retardo inicial e após 48 horas, uma aceleração (Massazza, 1998).

Nas misturas onde o material cimentício é apenas cimento Portland, a porcentagem de hidróxido de cálcio e alumina presente é superior a de misturas que contenham pozolanas. A substituição parcial de cimento por adições de origem pozolânica implica na redução imediata do teor de C_3A presente, reduzindo a disponibilidade de alumina na mistura. Contudo, a formação da etringita pode ser minimizada (MEHTA E MALHOTRA, 1996).

Segundo descreve a NBR 12653/92 e ASTM C 618-95:

“materiais pozolânicos são compostos de materiais silicosos ou sílico aluminosos que, possuem pouca ou nenhuma atividade aglomerante, mas que, quando finamente divididos e na presença de água, reagem com

hidróxido de cálcio à temperatura ambiente, para formar compostos com propriedades aglomerantes”.

A classificação dos materiais pozolânicos segundo a NBR 12653/92 e a ASTM C 618-95 é determinada pela a origem do material, conforme ilustrado nas tabelas 3.1 e 3.2.

TABELA 3.1 – Classificação dos materiais pozolânicos conforme NBR 12653/92.

Classe	NBR 12652/92
N	Pozolanas naturais e artificiais, materiais vulcânicos, terras diatomáceas e argilas calcinadas.
C	Cinza Volante produzida pela combustão do carvão mineral em usinas termoelétricas.
E	Pozolanas que diferem das classes anteriores.

TABELA 3.2 – Classificação dos materiais pozolânicos conforme ASTM C 618-95.

Classe	ASTM 618-95
N	Pozolanas Cruas ou calcinadas, que concordam com as exigências aplicáveis conforme dado nesta classe, como algumas terras diatomáceas; quartzo de apalina e xistos; tufos e cinzas ou pedras vulcânicas, podendo ou não serem processadas por calcinação; e vários materiais que exigem calcinação para levar a propriedades satisfatórias, como algumas argilas e xistos.
F	Cinza volante produzida pela queima de carvão antracito ou betuminoso, que preenchem os requisitos dados nesta classe. Esta classe de cinza volante tem propriedades pozolânicas.
C	Cinza volante produzida de lignina ou carvão betuminoso, que preenche os requisitos aplicáveis para esta classe. Esta classe de cinza volante, além de apresentar propriedades pozolânicas, também apresenta propriedades cimentantes. Algumas cinzas volantes de classe C podem apresentar conteúdo de cal maior que 10%.

3.1 Índice de Atividade Pozolânica

Vários métodos em todo o mundo são utilizados para a determinação do índice de atividade pozolânica, baseados principalmente na resistência mecânica de argamassas e também em ensaios químicos. Apesar de estarem baseados em apenas duas formas, as condições de cura, tipo de cimento e teor de materiais pozolânicos são fatores que influenciam diretamente na comparação entre pozolanas ensaiadas. (GAVA, 1999).

Entretanto, descreve-se a seguir alguns métodos para determinação de atividade pozolânica:

1º) NBR 5752/1992 - Materiais Pozolânicos - Determinação de atividade pozolânica com cimento Portland – Índice de Atividade Pozolânica:

Esse método especifica a preparação com duas argamassas no traço 1:3 (cimento: areia normal). A primeira contém 100% de cimento Portland e na segunda é utilizada a substituição de material cimentício por material pozolânico a ser analisado. A consistência da argamassa é mantida fixa em 225 +- 5mm, sendo controlada através da quantidade de água adicionada. A mistura dos materiais, bem como as moldagens dos corpos-de-prova são feitos conforme determina a NBR 7215, moldando-se 3 corpos-de-prova cilíndricos de 5mm x 10mm para cada uma das misturas. Durante as primeiras 24 horas de cura os corpos-de-prova são mantidos nos moldes em câmara úmida à temperatura de 23+-2°C, sendo desformados com 24 horas de idade e colocados em recipientes fechados e estanques a temperatura de 38 +-2°C durante 27 dias. Aos 28 dias de idade os corpos-de-prova são esfriados a temperatura de 23+-2°C, capeados com mistura de enxofre e ensaiados a compressão. O Índice de Atividade Pozolânica é dado pela razão porcentagem entre a resistência média dos 3 corpos-de-prova com 35% de Pozolana e a resistência média dos 3 corpos-de-prova, confeccionados com a mistura utilizando somente cimento (GAVA, 1999).

2º) NBR 5751/1992 - Materiais pozolânicos - Determinação de atividade pozolânica - Índice de atividade pozolânica com cal:

Este método detém a preparação de uma argamassa de cimento e cal, no traço 1:9 (hidróxido de cálcio : areia normal) traço este em massa, com mais uma quantidade do material pozolânico a ser testado que corresponde ao dobro do volume absoluto do hidróxido de cálcio $2 \times$ (massa específica da pozolana / massa específica do hidróxido de cálcio) \times massa do hidróxido de cálcio). A quantidade de água a ser

adicionada na mistura deve ser suficiente para atingir um índice de consistência de 225 \pm 5mm, conforme estabelece a NBR 7215. Tendo a mistura realizada, são moldados 3 corpos-de-prova que ficam em estado de cura por um período de 7 dias. Em seu primeiro dia a temperatura de cura deve ser de 23 \pm 2°C e nos 6 dias restantes de 55 \pm 2°C até 4 \pm 0,5 horas antes do ensaio de resistência à compressão. Para o ensaio de resistência à compressão dos corpos-de-prova, os mesmos devem ser resfriados à temperatura de 23 \pm 2°C e capeados com mistura de enxofre. O Índice de Atividade Pozolânica é a média da resistência à compressão dos 3 corpos-de-prova, expresso em MPa. (GAVA, 1999).

3°) MB 1154/1991 - Cimento Portland pozolânico - Determinação da pozolanicidade. Método de Fratini.

A determinação da atividade pozolânica neste ensaio é avaliada comparando a quantidade de hidróxido de cálcio presente na fase líquida (expresso em milimol CaO/l) em contato com o cimento hidratado, necessitando a quantidade de hidróxido de cálcio capaz de saturar um meio com a mesma alcalinidade. O método possui uma curva de saturação do hidróxido em função da alcalinidade. Para o cimento ser considerado pozolânico a quantidade de hidróxido, em função da alcalinidade, deve estar sempre abaixo desta curva de saturação, também devendo se comportar assim o cimento Portland comum, misturados com pozolanas. (CINCOTTO, 1988).

4°) Método Chapelle Modificado – IPT

A pozolanicidade de um material é determinada pela quantidade de cal fixada pela pozolana testada, através da comparação de uma mistura de pozolana com óxido de cálcio, e outra sem adição. As misturas são mantidas em ebulição à 90°C, durante 16 horas, em equipamento padronizado para o ensaio e, em seguida, mede-se a quantidade de óxido de cálcio que não manifestou reação. O resultado do ensaio é expresso pela quantidade de óxido de cálcio consumido ou fixado por grama de material pozolânico (mg CaO/g de amostra). Quanto maior for o consumo de CaO, maior a pozolanicidade do material (GAVA, 1999).

Gava (1999) realizou a análise de diferentes pozolanas sob diferentes métodos de avaliação da reatividade do material. Foram utilizadas variadas relações água/cimento, tipo e teor de pozolanas, cimento CP I-S de dois diferentes fabricantes, aditivos redutores de água (plastificantes e superplastificantes). Avaliando os resultados de reatividade obtidos por diferentes ensaios, a autora conclui que a ordem de classificação das pozolanas foi sempre a mesma: cinza de casca de

arroz com os maiores índices, seguidos da sílica ativa e, por último, a cinza volante, como é possível observar na Figura 3.3.

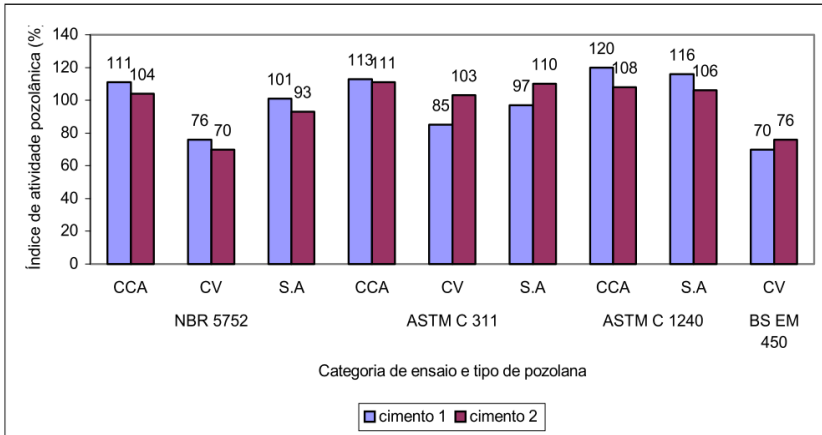


FIGURA 3.3 – Comparação entre as metodologias para determinação da atividade pozolânica e influência da marca de cimento (Adaptado de GAVA, 1999).

A determinação da atividade pozolânica de um material se faz necessária para mensurar a quantidade de material ativo existente nesta adição, uma vez que espera-se que o mesmo desenvolva compostos com propriedades cimentantes (GAVA, 1999). Para SANTAMARIA (1983), esta é a principal razão para que os métodos de ensaios para quantificar esta propriedade sejam estudados mais profundamente, buscando métodos que atendam todos os tipos de pozolanas, que sejam rápidos, precisos e que possam ser relacionados com a viabilidade do emprego do material.

3.1.1 Tipos de Pozolanas

Atualmente a opção pelo uso de adições pozolânicas em concreto dosado em central torna-se cada vez mais atrativa. Reajustes são anualmente repassados pelas indústrias cimenteiras aos seus consumidores e o valor comercializado do concreto produzido em central não consegue ter o mesmo crescimento devido à concorrência encontrada nas principais praças. Então, a importância dada para novas possibilidades de adições no concreto torna-se peça fundamental para a sobrevivência de uma empresa no mercado produtivo de concreto.

Existem hoje, para comercialização, vários tipos de materiais pozolânicos e a seguir estão descritos os principais tipos:

3.1.2 Cinza Volante

Material também conhecido como cinza volante pulverizada, é a cinza obtida por precipitação mecânica ou eletrostática dos gases de exaustão de estações alimentadas por carvão, principalmente das usinas termoelétricas que queimam o carvão mineral para a produção de energia elétrica. (NEVILLE, 1997).

Sua composição química é basicamente SiO_2 e Al_2O_3 . Encontra-se nesta matéria prima uma porção de minerais cristalinos, como quartzo e mica, que em temperaturas comuns não exibem propriedades aglomerantes. (X. Fu et al. 2002).

Sabe-se que, aumentando a área específica de um aglomerante, melhora-se a reatividade de suas partículas. Sendo assim, ampliando a superfície de contato dos grãos de clínquer, promove-se uma melhor hidratação dos componentes das cinzas volantes como hidróxido de cálcio e óxido de silício ou de óxido de alumínio, melhorando assim a reatividade com conjunto cimentício. (X. Fu et al. 2002).

Utilizando cinzas volantes no sistema cimentício, tem-se um aumento potencial na densidade do material, tornando o produto final menos permeável ao ataque de sulfatos, água e produtos químicos (Malek et. Al. 2005).

Contudo, a cinza volante torna-se um produto ainda mais atrativo para as cimenteiras, pelo fato da produção deste material estar concentrada em poucos lugares, viabilizando o custo de transporte para utilização desta cinza. Para centrais dosadoras de concreto, esse material praticamente não é comercializado, pelo fato de praticamente toda a sua totalidade ser consumida pelas indústrias cimenteiras.

3.1.3 Metacaulim

O Metacaulim é basicamente constituído por compostos a base de sílica (SiO_2) e alumina (Al_2O_3) na fase amorfa, que combinam com o hidróxido de cálcio – $\text{Ca}(\text{OH})_2$ – presente na pasta de cimento. O Metacaulim tende a se posicionar entre as partículas de cimento, preenchendo os vazios (ação de micro-filler) e reagindo quimicamente com o hidróxido de cálcio (Metacaulim,2012).

O preparo deste tipo de material para comercialização se dá através da calcinação de alguns tipos de argilas específicas como a caulínicas e os caulins de alta pureza, em uma temperatura de 600°C a 900°C.

Como as jazidas desse tipo de material específico não são encontradas facilmente, fica mais difícil sua comercialização no sul do País devido ao custo do frete, principalmente em centrais dosadoras de concreto onde o volume de utilização deste material poderia ser atrativo.

3.1.4 Sílica Ativa

A sílica ativa é um subproduto industrial da produção do silício metálico, ligas de ferro silício ou outros produtos silicosos em grandes fornos elétricos a arco. Os insumos para a fabricação destas ligas são o carvão, quartzo e madeira que são queimados a temperaturas superiores a 2000°C. O silício ou ferro silício escoam pelo fundo do forno, enquanto que em outra região forma-se o SiO gasoso que, ao atingir a parte superior do forno, oxida-se e forma o SiO₂, que se condensa em partículas muito pequenas. Estas partículas de SiO₂ são recolhidas e são o subproduto conhecido como sílica ativa (ACI, 1987; ALMEIDA, 1990; DAL MOLIN, 1995). A captação é feita em filtros de manga e, em seguida, o material é armazenado em silos adequados e embalada em big-bags e sacos de 15kg para comercialização (Tecnosil, 2012).

No concreto, a sílica ativa possui uma ação química como material pozolânico de elevada reatividade, devido à rápida combinação de hidróxido de cálcio (Ca(OH)₂) formando silicato de cálcio hidratado (C-S-H) adicional, que é o principal responsável pelo desenvolvimento da resistência na pasta de cimento hidratada. O grau pozolanicidade é atribuído principalmente às suas partículas não cristalinas de elevada finura (GAVA, 1999).

O desenvolvimento da resistência de concretos com adição de sílica ativa, é atribuído às características da sílica ativa (tamanho de partículas, área específica e quantidade de partículas amorfas), pela composição do concreto (relação água/aglomerante, tipo e quantidade de cimento, presença de outras adições, quantidade de sílica ativa) e pelas condições de cura (temperatura e umidade relativa do ar) (MEHTA, 1989).

Semelhante ao produto metacaulim, o custo do frete é uma barreira para a utilização da sílica ativa em larga escala em centrais

dosadoras de concreto. Hoje a sílica ativa é utilizada em concreteiras somente em concretos especiais com características específicas.

4 CINZA DA CASCA DO ARROZ

Pode-se definir cinza da casca do arroz como o material resultante da queima deste produto para a produção de calor e consequentemente energia. Esta queima geralmente é realizada nas próprias empresas beneficiadoras de arroz para gerar energia para o processo da secagem e parborização dos grãos. (SANTOS, 2001) ou, mais recentemente, em pequenas centrais termelétricas.

Pesquisadores, nas últimas décadas, vem dedicando atenção especial para este produto. Em muitos trabalhos relacionados, classificam seu desempenho como similar ao da sílica ativa, chamando-as, em alguns casos, de super pozolanas. (MEHTA e MONTEIRO, 1994).

A maioria das beneficiadoras de arroz da região são empresas de pequeno porte, não tendo descarte ambientalmente adequado para o subproduto oriundo da queima das cascas, muito menos controle do processo para produção do produto que poderá ser utilizado na construção civil. Na maioria das vezes, as cinzas são depositadas em terrenos baldios e em alguns casos, lançadas em cursos d'água, levando à contaminação dos rios. Para minimizar o problema, órgãos ambientais têm procurado melhorar o descarte deste subproduto. No Estado de Santa Catarina, por exemplo, a Fundação de Amparo e Tecnologia do Meio Ambiente - FATMA exige a instalação de um sistema de silo separador e decantação para reter a cinza junto às beneficiadoras, evitando assim, que a mesma seja descartada no meio ambiente (SANTOS, 2001).



Figura 4.1 – Depósito clandestino de CCA – Criciúma, sul de Santa Catarina.

(Fonte: SANTOS, 1997)

O setor Industrial com capacidade de absorver a quantidade elevada de volume destes resíduos, é a indústria cimenteira e posteriormente o seguimento industrial do concreto. Além de aspectos de viabilidade técnica, oriundos da utilização de adições pozolânica ativas no cimento, existem também aspectos econômicos e ecológicos com relevância, que têm levado ao aumento do interesse deste seguimento para utilização do produto em questão. (SANTOS, 2001).

Contudo, além do lado ambiental ser bastante forte na justificativa por produtos alternativos na produção de material cimentício, outro ponto não menos importante é a otimização de custos do produto final, o que chama bastante atenção para centrais dosadoras de concreto, sendo um dos focos principais deste estudo.

Sem dúvida, um dos materiais pozolânicos disponíveis para comercialização e que está mais bem situado geograficamente na região sul do país é a cinza da casca do arroz. A região sul é a maior produtora de arroz do País e o desenvolvimento da cinza da casca do arroz para uso em centrais de concreto é atrativo tanto para produtores e beneficiadores de arroz quanto para o seguimento do concreto dosado em central, que

vem constantemente em busca de tecnologias a fim de otimizar seus custos de produção e melhorar a competitividade de seu produto.

Os benefícios da utilização da cinza da casca do arroz como adição ao cimento portland têm sido enfatizado por muitos pesquisadores nos últimos tempos. Todavia, a utilização da cinza da casca do arroz ainda não alcançou o sucesso comercial desejável, devido à barreira imposta pelo mercado consumidor à aparência escura que esta adição proporciona a concretos produzidos com cimentos Portland. Essa coloração escura é proveniente do elevado teor de carbono incombusto existente na cinza da casca do arroz, que está relacionado principalmente com o processo de queima deste material (SANTOS, 2006).

4.1 Processos de Combustão & Tratamento Térmico

A matéria prima “casca do arroz” tem sua formação por uma capa lenhosa, dura e altamente silicosa. Sua composição é basicamente formada por 50% de celulose, 30% de lignina e 20% de sílica em base anidra, proveniente do solo (HUSTON, 1972; BARTHA e HUPPERTZ, 1974; METHA, 1992). A partir da queima incompleta da casca de arroz para obtenção de calor utilizado no processo de beneficiamento do cereal, cerca de 20% da massa desta matéria-prima é transformada em cinza. A Figura 4.2 tem o objetivo de mostrar a formação de uma estrutura celular porosa com elevada superfície específica (50 a 100m²/g) que ocorre durante o processo de queima da casca pela remoção da lignina e da celulose (MEHTA, 1992).

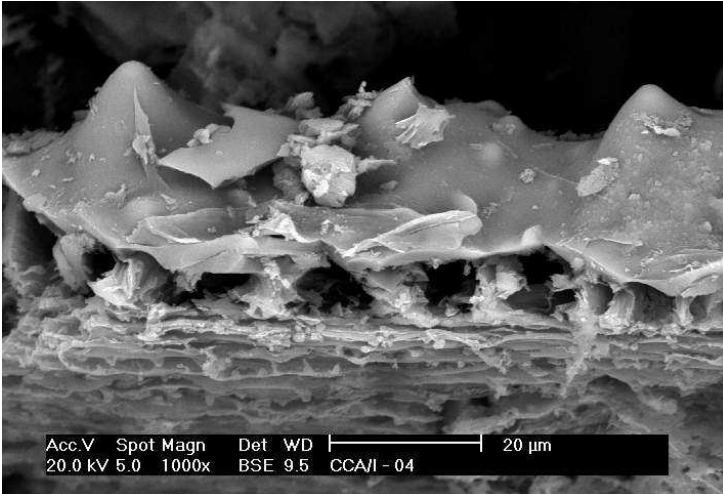


Figura 4.2 – Micrografia eletrônica de varredura da cinza da casca de arroz (Fonte: DAFICO, 2001)

Ao realizar-se o processo de queima da casca do arroz, obtêm-se um produto de coloração variável contendo entre 93 a 95% de sílica amorfa e/ou cristalina (HOUSTON, 1972). Com esse elevado teor de sílica amorfa, forma-se um produto atrativo à indústria da construção civil, uma vez que apresenta propriedades pozolânicas, melhorando assim as propriedades técnicas e econômicas da mistura.

Pode-se considerar a cinza com baixo teor de carbono, aquela que apresentar resultado a perda ao fogo inferior a 3%. Este teor produz cinzas de cores mais claras, que não afetam a coloração dos aglomerantes e concretos com elas produzidos (SANTOS, 2001).

Segundo Isaia (1995) e Pouey (2006), vários pesquisadores, estudaram a variação do desempenho da cinza da casca do arroz levando em conta as condições de temperatura e tempo de exposição:

- Hwang e Wu (1989) apresentaram as propriedades mecânicas e físicas das pastas e argamassas, variando a temperatura de queima entre 400 e 1200°C;
- Boateng e Skeete (1990) concluíram que a temperatura de queima deve se manter constante entre uma faixa de 800 e 900°C para que a cinza apresente característica amorfa e reativa;

- Sugita *et al.*(1993) afirmam obter maior atividade pozolânica com temperaturas controladas entre 500 e 600°C e por um tempo não superior a uma hora. Estes autores concluíram que a melhor temperatura de queima está em uma faixa de 400 a 660°C.

Mehta e Pitt (1974) desenvolveram e posteriormente patentearam um processo de larga escala de produção da cinza da casca do arroz, com custo baixo e uma temperatura controlada inferior a 500°C, constituída essencialmente de sílica em estado amorfo.

CINCOTTO *et al.* (1990) compararam o desempenho de argamassas confeccionadas com cimento e CCA, obtidas por queima em leito fluidizado em teores de substituição de 30, 40 e 50%. O processo foi obtido por queima estática a temperatura inferior a 800°C durante 24 horas em teor de substituição de 30%. Os resultados indicaram desempenho superior, até os 180 dias de idades, para todas as argamassas com cinza de leito fluidizado.

Outros tipos de tratamento foram utilizados para a obtenção de CCA com características adequadas ao uso como pozolana. Chakraverty *et al.* (1988), por exemplo estudaram a obtenção de cinza pela combustão completa des lotes tratados com ácido. As CCA obtidas mostraram-se completamente brancas para as temperaturas superior à 500°C. As cinzas não tratadas, ficaram de cor marrom. Esse efeito do tratamento utilizado, bem como, temperatura de exposição é representado na TABELA 4.1.

TABELA 4.1: Efeito do tratamento ácido sobre a temperatura e tempo de exposição, necessários para produção de CCA branca amorfa.

Tratamento	Temperatura (°C)									
	300		400		500		600		700	
	Tempo (h)	Cor obtida	Tempo (h)	Cor obtida	Tempo (h)	Cor obtida	Tempo (h)	Cor obtida	Tempo (h)	Cor obtida
CCA não tratada	24	Preta	24	Marrom	5	Marron Suave	3,5	Marron Suave	1,5	Marron Suave
1 N HCl	24	Preta	24	Marrom	5	Marron Suave	3,5	Branca	1,5	Branca
3 N HCl	24	Preta	24	Marrom	5	Branca	3,5	Branca	1,5	Branca
5 N HCl	24	Preta	24	Marrom	5	Branca	3,5	Branca	1,5	Branca

Fonte: Adaptado por Santos (1997) de Chakraverty *et al.* (1988)

A Figura 4.3 mostra o difratograma de raios-X das cinzas utilizando diferentes tratamentos químicos. Não importando o tratamento adotado, as cinzas obtidas por este processo, não apresentaram picos de cristalização na difração de raios-X, mostrando-se assim amorfas, o que indica que o tratamento ácido não afetou a estrutura da sílica (Gava,1999).

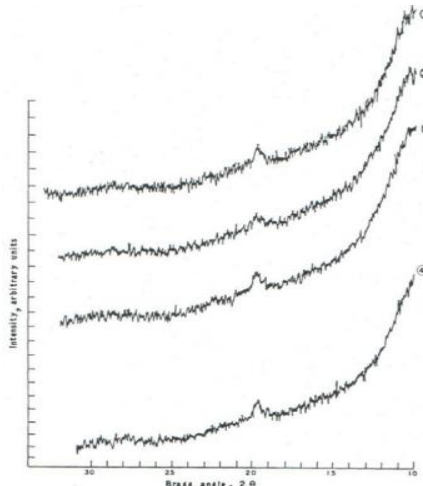


Figura 4.3 – Difração de Raios-X das cinzas obtidas com tratamento ácido – (1) 1 N HCl; (2) 3 N HCl; (3) 5 N HCl e (4) CCA não tratada (Fonte: CHAKRAVERTY et al.,1988).

SANTOS (1997) estudou diversos tipos de cinza da casca de arroz residual submetida por diversos tipos de queima sem controle de tempo de exposição e temperatura, obteve desempenho superior aos exigidos na NBR 12653/92. Alguns lotes destas cinzas também apresentaram índices de atividade pozolânica superiores aos da sílica ativa e cinza volante.

As principais características químicas e físicas observadas por SANTOS (1997) em cinzas da casca de arroz residuais, produzidas sem nenhum controle de temperatura e tempo de exposição, provenientes de distintos processos de queima estão resumidos na TABELA 4.2.

TABELA 4.2: Características químicas e físicas de cinzas da casca de arroz residual. (SANTOS, 1997).

Compostos	Porcentagens
SiO ₂	96,08 – 78,54
Al ₂ O ₃	5,86 – 1,29
Fe ₂ O ₃	2,16 – 0,74
CaO	3,57 – 1,17
K ₂ O	0,94 – 0,42
MgO	1,02 – 0,37
SO ₃	0,43 – 0,00
Na ₂ O	0,00
Perda ao Fogo	11,52 – 4,44
Massa Específica	2,12 – 1,93

Pouey (2006) descreve que o resultado do processo de combustão da cinza da casca do arroz depende do equipamento utilizado, temperatura de queima e tempo de exposição da cinza no processo de queima.

Dafico e Prudêncio Jr. (2002) investigaram as condições de queima para obtenção de pozolana branca. Os autores acreditam que, quanto menor a influência na coloração dos produtos finais com base em cimentos compostos, maior será a sua aceitação pelo mercado consumidor. Para isso, construíram uma fornalha de leito fixo com diferentes possibilidades de injeção de ar invertido, seguida de combustão residual de leito fixo. Tiveram sucesso no fim do estudo, obtendo cinza clara com baixo teor de carbono e amorfa. Entretanto, esta elevada reatividade é também consequência do grau de moagem da cinza.

4.2 Processos de Moagem, Tratamento Físico e Teores de Substituição.

Um fator importante na atuação da cinza de casca de arroz como material pozolânico em concreto é a moagem, pois modifica propriedades físicas da cinza da casca do arroz (CCA), bem como, a superfície específica e a sua finura. Estas propriedades estão ligadas à trabalhabilidade da mistura. A moagem da CCA consiste da fragmentação de uma estrutura sólida, quando submetida a esforços mecânicos, aplicados por elementos que vêm provocar uma deformação das partículas a ponto garantir maior compacidade à mistura, tornando as

partículas, inicialmente aciculares, mais próximas da forma esférica, conforme ilustrado na Figura 4.4 (CORDEIRO, 2009).

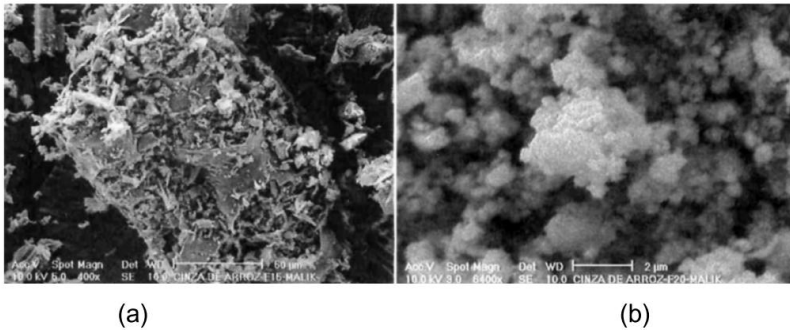


Figura 4.4 - Micrografia da CCA: (a) 15 minutos de moagem; (b) 20 horas de moagem (SANTOS, 1997 apud PUDRÊNCIO JR. et al, 2003)

O tratamento físico empregado para a obtenção da cinza da casca do arroz é principalmente realizado através da moagem via úmida e principalmente via seca. Vários pesquisadores utilizaram o sistema de moagem em moinho de bolas obtendo diâmetros médios entre 7 e 8 μm em via seca, outros, com o método via úmida, conseguiram diâmetros ainda menores. (DAFICO, 2001; FERREIRA, 1990; FONSECA 1999; RÊGO, 2001; SENSALÉ, 2000; SILVEIRA,1996; DELA 2001 e outros).

Santos (1997), analisou diferentes cinzas da casca do arroz residuais e verificou que diferentes tipos de moagem resultaram em áreas superficiais distintas. Concluiu, então, que, para cada tipo de queima, haverá um tempo de moagem específico para atingir o seu melhor grau de pozolanicidade.

Weber (2001), realizou diferentes tipos de moagem entre 2 e 24 horas, utilizando moinho de bolas, podendo observar que quanto maior o tempo de moagem, menor o tamanho médio da partícula. Conseqüentemente, constatou o aumento de área superficial e da massa específica. Entretanto, o aumento não foi significativo após 12 horas de moagem.

Vieira *et al.* (2005), moeram distintas cinzas da casca do arroz com diferentes teores amorfos que necessitaram de diferentes tempos de moagem para chegar a um mesmo diâmetro médio, ficando em torno de 4,5 μm . Os autores chegaram à conclusão de que existem diferentes

tempos de moagem para cada tratamento térmico utilizado no processo de combustão da casca. Concluíram que as transformações estruturais que ocorrem durante a queima, influenciam diretamente o grau de moagem a ser utilizado, bem como as suas características e sua atividade pozolânica.

Pouey (2006) aponta que um dos aspectos críticos citados por alguns pesquisadores para obter uma boa reatividade da cinza da casca do arroz, com cimento ou com cal, é o controle de temperatura de queima que determina o teor de sílica amorfa e a atividade pozolânica.

Neville (1997) afirma que, para obter pozolana, a sílica deve estar amorfa pois a cinza na forma cristalina possui pouca reatividade. Afirma também que a cinza deve estar finamente moída para poder combinar com hidróxido de cálcio na presença de água. Segundo o autor, a ocorrência da pozolanicidade é complicado pois além da composição química e área superficial, é essencial uma interação entre ambas.

Guedert (1989) afirma que as CCA produzidas sem nenhum controle de temperatura podem gerar características pozolânicas, adequando-se para a produção de cimento pozolânico. Avaliando a eficácia do processo de moagem destas cinzas através da medida da área específica pelo Método Blaine os resultados deste autor demonstram que há um aumento da área superficial compatível com o aumento do tempo de moagem em 1, 2, 4, e 8 horas. Para cada dos tempos de moagem, foram submetidas as cinzas ao ensaio de pozolanicidade, indicando que também há um aumento da resistência à compressão ao aumentarmos a área específica.

Prudêncio Jr. et al (2003) afirmam que, à medida que se aumenta o tempo de exposição da CCA a moagem, aumenta-se o grau de pozolanicidade. Entretanto, em moagens prolongadas, esse efeito não se mantém. O autor atribuí, como causa principal disto, a dificuldade de dispersar partículas muito finas na argamassa, tal qual mostra a Figura 4.5.

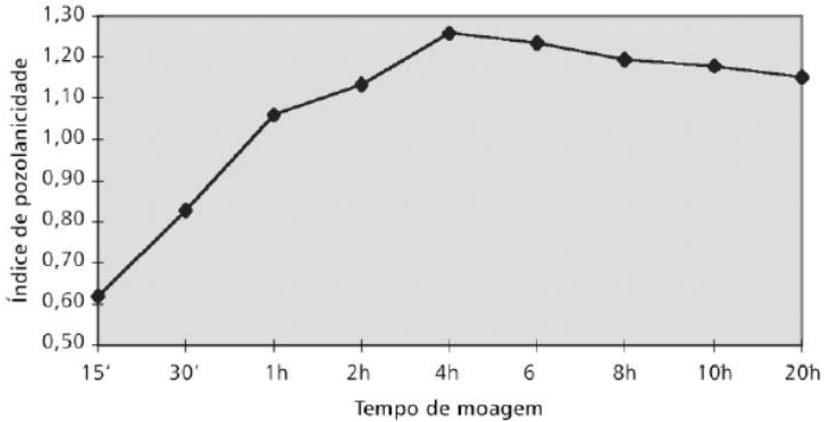


Figura 4.5 - Variação do índice de atividade pozolânica pelo tempo de moagem (SANTOS, 1997 apud PRUDÊNCIO JR. et al, 2003)

Guedert (1989) afirma que o crescimento da área superficial está diretamente ligado ao prolongamento do tempo de moagem e este aumento influencia no crescimento da resistência à compressão axial.

Prudêncio Jr. et al (2003) ainda observa um item importante: quanto a diminuição da demanda de água das argamassas, aumentando do grau de moagem, atribuída à destruição progressiva da estrutura esponjosa da cinza (Figura 4.6).

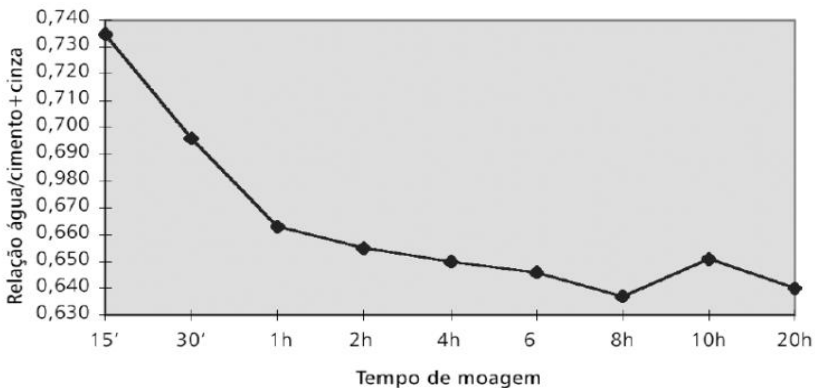


Figura 4.6- Demanda de água nos decorridos tempos de moagem. (SANTOS, 1997 apud PRUDÊNCIO JR. et al, 2003)

A utilização da cinza da casca do arroz como material pozolânico promove uma melhora efetiva do concreto frente ao ataque por sulfatos e quanto à inibição do desenvolvimento da reação álcali agregado, comparada com concreto referência (SANTOS S, 2001).

Santos (1997), buscando chegar no melhor potencial para utilização da cinza da casca do arroz residual produzida na região sul do estado de Santa Catarina, concluiu, em seu estudo, que o teor ideal para substituição do cimento Portland para a confecção de concretos de auto desempenho era de 15% em volume do cimento empregado, conforme demonstrado na FIGURA 4.7.

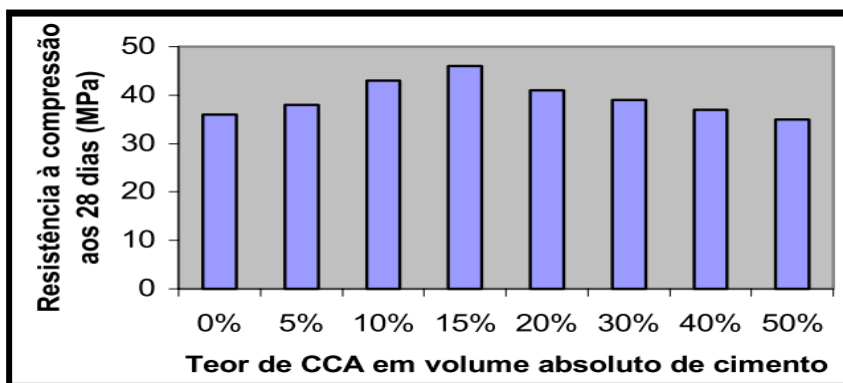


Figura 4.7– Resistência das argamassas contendo diferentes teores de CCA (Adaptado de SANTOS, 1997)

Pouey (2006), que avaliou vários tratamentos para produção de cinza da casca do arroz com baixo teor de carbono e uso de cimentos compostos ou pozolânicos, também indicou que o teor ótimo de substituição seria de 15% de cinza da casca do arroz para diversos tipos de cimentos Portland.

Conclui-se assim que, para mensurar o real desempenho de um material pozolânico, é necessário submeter o mesmo às reais condições do produto onde há a inclusão desta matéria prima. Essa é a filosofia empregada na realização do presente trabalho, que tem a intenção de analisar a viabilidade técnica e econômica da utilização da cinza da casca do arroz como material pozolânico em centrais dosadoras de concreto.

Sabe-se que o tipo do cimento a ser empregado em cada estudo pode ter variação no desempenho efetivo da cinza da casca do arroz. Para este estudo serão utilizados cimentos CP V e CPIV, com o intuito

de mensurar o real desempenho das CCA como material pozolânico em diferentes tipos de cimento que hoje estão sendo utilizados na região sul de nosso país, mesmo sabendo-se que o cimento CPIV não seria o mais adequado a receber adições pozolânicas pelo mesmo já conter elevados teores de cinza volante.

Diante do exposto, este trabalho propõe-se a realizar estudos em concretos e argamassas buscando analisar o comportamento físico em diferentes partidas da cinza da casca do arroz produzidas por diferentes empresas que atuam no mercado do Sul do Brasil, constatando melhores composições em relação a desempenho e a custo para produção em concretos produzidos em centrais dosadoras.

5. METODOLOGIA

Baseado nos conhecimentos expostos nos capítulos anteriores e diante dos objetivos principais do presente estudo, o programa experimental está definido conforme descrito abaixo:

- a) Avaliar diferentes lotes de cinza da casca do arroz e identificar se existe variação significativa entre lotes que possam atrapalhar o processo produtivo de uma central de concreto;
- b) Avaliar as características químicas de cada lote de CCA;
- c) Avaliar as características físicas de cada lote de CCA;
- d) Realizar estudo em argamassa, variando o tipo de cimento e relação água/aglomerante, determinando a quantidade de agregado necessária para obter-se uma dada consistência;
- e) Analisar a evolução da resistência, ao longo do tempo, das argamassas confeccionadas com cimento CPIV e CPV e os diferentes teores de CCA;
- f) Realizar estudo de dosagem em concreto, variando o consumo de aglomerante, empregando dois tipos de cimento (CPIV e CPIV), fixando uma dada trabalhabilidade avaliando o desempenho de dois lotes distintos de CCA;
- g) Analisar a evolução da resistência, ao longo do tempo, de concretos confeccionados com cimento CPIV, CPV contendo diferente teores de CCA;
- h) Calcular curvas de dosagens de concreto para três teores de CCA confeccionadas com cimentos CPIV e CPV;
- I) Determinar um possível custo unitário que pode ser comercialmente pago pelos dois lotes de CCA (valor agregado), mediante seu desempenho nas curvas de dosagens com resultados obtidos nas rupturas de corpos-de-prova, aos 28 dias;

Para atender estes objetivos, o trabalho é basicamente realizado através de ensaios em argamassas e concretos substituindo em massa, diferentes lotes e teores de CCA. O processo consiste em mensurar a trabalhabilidade e a resistência característica a compressão, bem como alguns ensaios para quantificar a característica física e química de cada lote. Tal procedimento visou explicar alguns comportamentos obtidos nos ensaios de trabalhabilidade e resistência de concretos e argamassas em diferentes idades.

O programa experimental realizado foi constituído das seguintes etapas:

- 1º) Coleta de diferentes cinzas da casca do arroz;
- 2º) Caracterização química e física das amostras de cinza da casca do arroz;
- 3º) Seleção dos demais materiais a serem utilizados neste estudo para argamassas e concretos, bem como, ensaios de caracterização dos mesmos;
- 4º) Realização de ensaios em argamassas em diferentes dosagens de CCA, com dois tipos de cimento, em três relações água/aglomerante previamente fixados, com uma dada tolerância de trabalhabilidade em todas as misturas;
- 5º) Realização de ensaios de resistência à compressão de corpos-de-prova de argamassa, confeccionados com diferentes tipos e teores de CCA, em diferentes idades;
- 6º) Confeção de curvas de dosagens em concreto com dois lotes de CCA, em três diferentes porcentagens, com o intuito de mensurar o real desempenho de cada amostra e correlacionar com o desempenho alcançado no estudo em argamassa;
- 7º) Realização do ensaio de resistência à compressão do concreto em diferentes idades e com resultado de 28 e 63 dias, estimando o real desempenho dos lotes de CCA para utilização em concretos dosados em central;
- 8º) Baseado nos custos médios de insumos de uma central de concreto, calcular o custo unitário que uma central de concreto pode pagar pela cinza da casca do arroz, tendo como base o real desempenho apresentado nos concretos produzidos, utilizando-se, como parâmetro de custo, uma central de concreto localizada na região do vale de Itajai em Santa Catarina;

Os ensaios em concretos e argamassas do programa experimental foram realizados no laboratório de pesquisa e desenvolvimento da empresa Max Mohr Filho e Cia Ltda, localizada na cidade de Blumenau-SC. Tratando-se de ensaios físicos e químicos da cinza da casca do arroz, estes foram realizados em diferentes laboratórios de pesquisa da Universidade federal de Santa Catarina.

5.1 Coletas de diferentes cinzas da casca do arroz

As amostras de cada lote de cinza foram retiradas em diferentes centrais de concreto, as quais já utilizam ou utilizaram a cinza da casca do arroz em concretos dosados em central, nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná, todas oriundas do Rio Grande do Sul,

onde estão concentradas as empresas que fazem o beneficiamento da cinza da casca do arroz e comercializam a mesma para todo o sul e sudeste do Brasil.

5.2 Características químicas e físicas das amostras de cinza da casca do arroz

Para análise física das amostras, foram realizados ensaio de granulometria dos lotes de cinza da casca do arroz utilizando o aparelho por difração a laser disponível no laboratório do NANOTEC da Universidade Federal de Santa Catarina. Os resultados estão apresentados no anexo 1, bem como as curvas granulométricas dos lotes de cinza da casca do arroz representadas nas figuras 5.1 à 5.6.

Observa-se que os perfis da quantidade de material retido acumulado em cada lote de cinza obtido pelo ensaio de granulometria tem padrões distintos. Existe pouca variação no diâmetro de partícula que corresponde ao percentual retido acumulado de 50% (12 a 24 μm). Todavia, o percentual retido acumulado correspondente ao diâmetro médio de 5 μm , considerado pela bibliografia consultada (Pouey, 2006) como um valor abaixo do qual a reatividade da CCA é elevado varia consideravelmente (entre 8% lote 6 e 28% no lote 4). Acredita-se que esta pequena variação na finura do material tem influência direta no desempenho final em concreto.

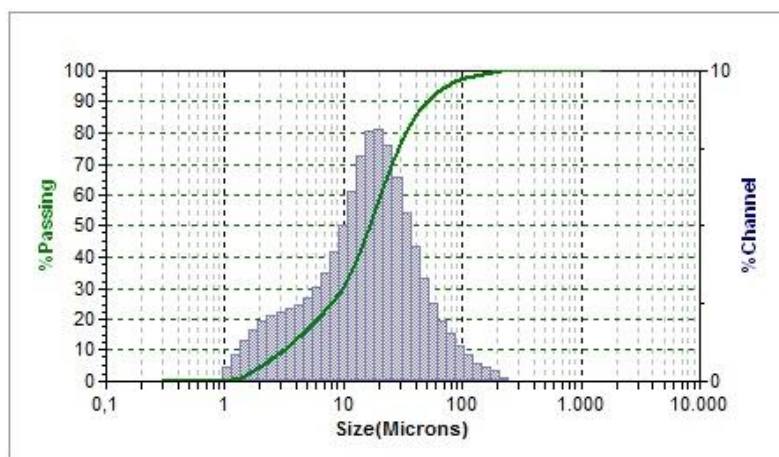


FIGURA 5.1: Curva Granulométrica Lote 1.

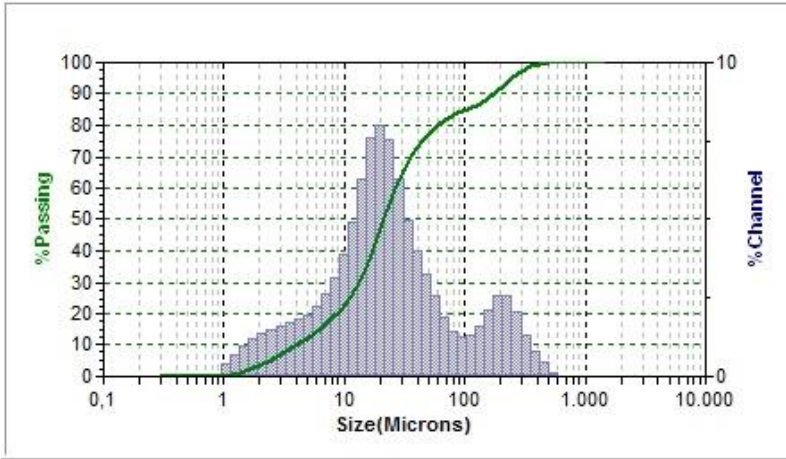


FIGURA 5.2: Curva Granulométrica Lote 2.

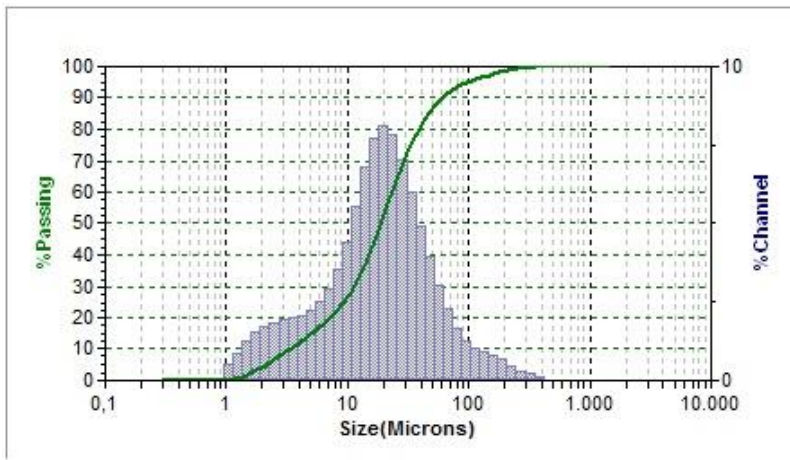


FIGURA 5.3: Curva Granulométrica Lote 3.

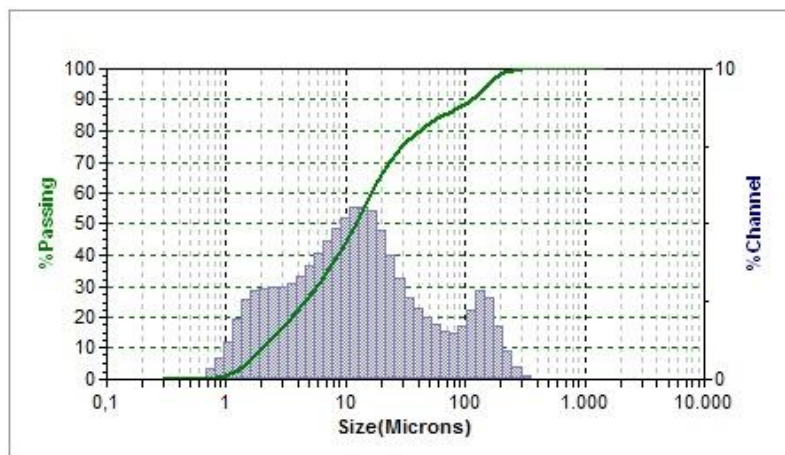


FIGURA 5.4: Curva Granulométrica Lote 4.

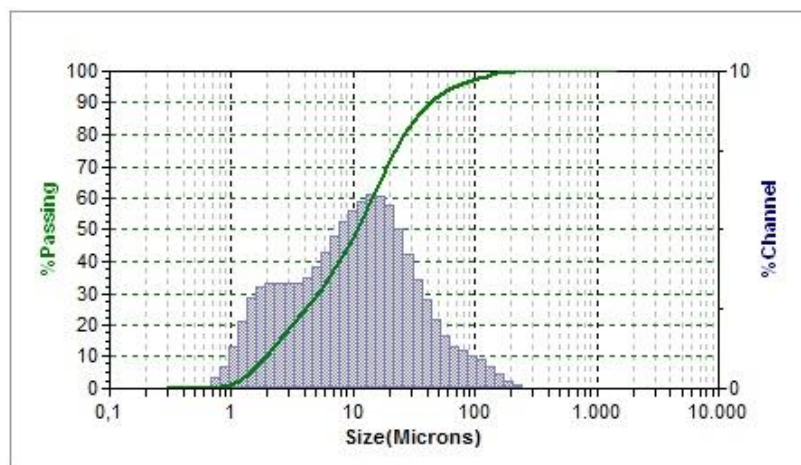


FIGURA 5.5: Curva Granulométrica Lote 5.

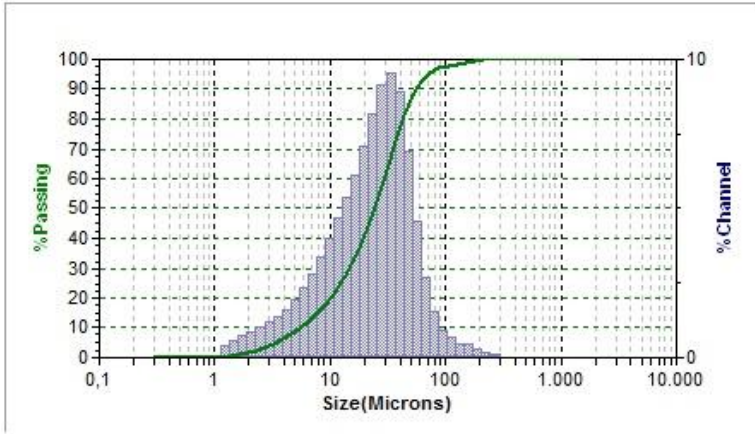


FIGURA 5.6: Curva Granulométrica Lote 6.

As FIGURAS 5.7, 5.8, 5.9, 5.10, 5.11 e 5.12 representam os difratogramas de raio X referentes aos lotes de cinza da casca do arroz utilizado neste estudo. Os ensaios são realizados pelo laboratório NANOTEC – da Engenharia Civil – UFSC.

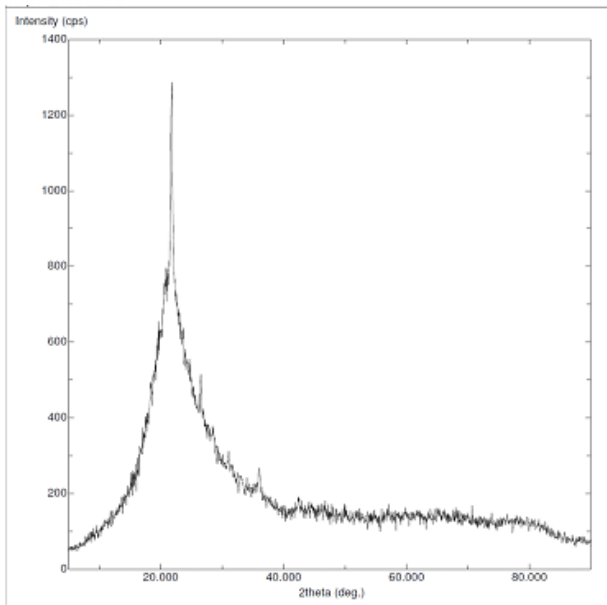


FIGURA 5.7: Difratograma Lote 1.

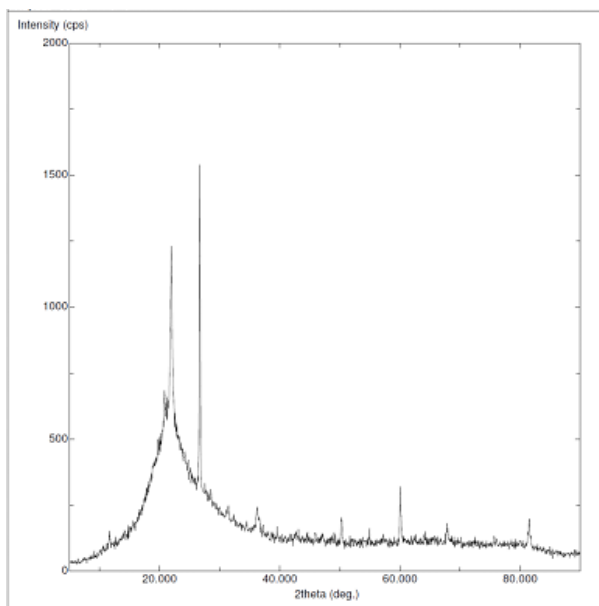


FIGURA 5.8: Difratoograma Lote 2.

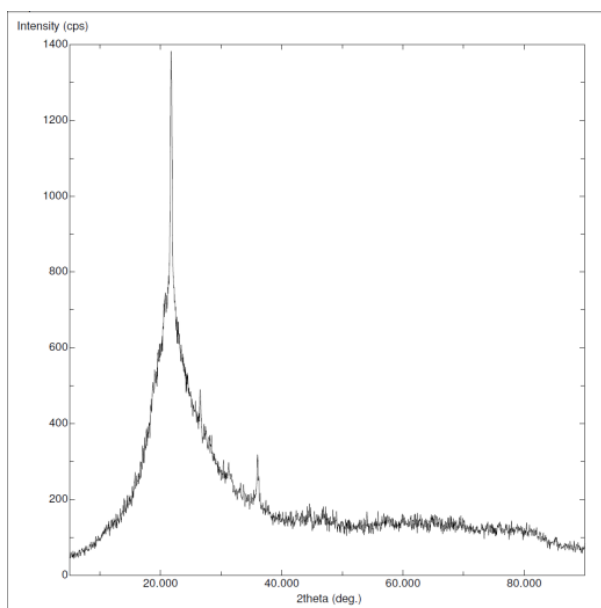


FIGURA 5.9: Difratoograma Lote 3.

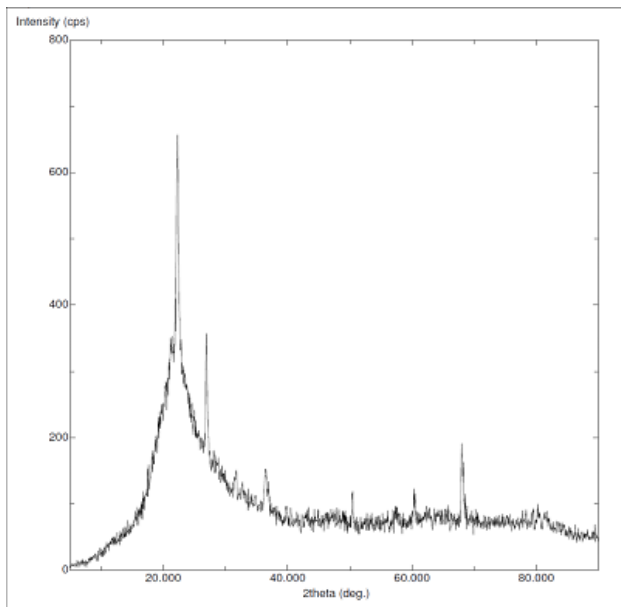


FIGURA 5.10: Difratoograma Lote 4.

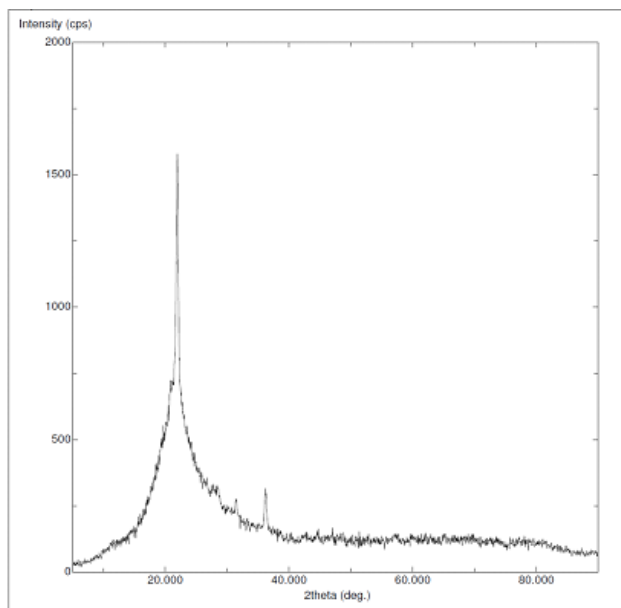


FIGURA 5.11: Difratoograma Lote 5.

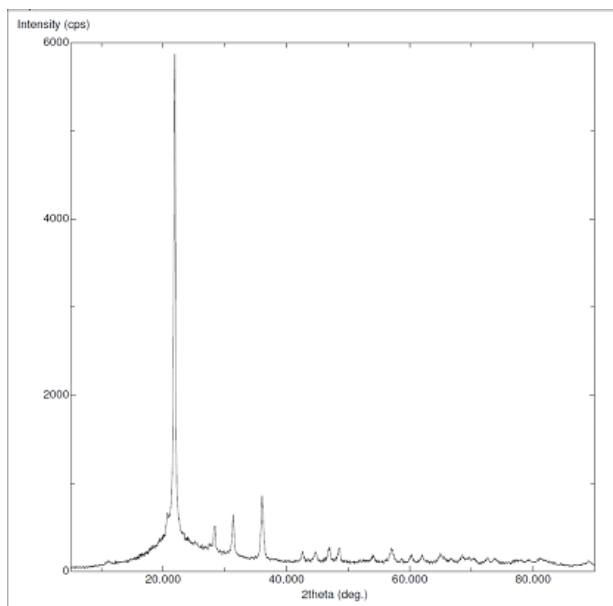


FIGURA 5.12: Difratoograma Lote 6.

Os difratogramas apresentados nas figuras acima mostram perfis bastante diferentes oriundos de arranjos cristalinos e do processo produtivo, principalmente de queima de cada lote de cinza da casca do arroz. O lote 6 apresentou uma cristalinidade bastante acentuada enquanto que os lotes 1, 4 e 3 apresentaram uma tendência maior ao amorfismo, apesar de exibirem alguns picos cristalinos.

Para obtenção das composições químicas de cada amostra, foi realizado o ensaio de EDX, no laboratório VALORES – UFSC, conforme demonstrado nas tabelas 5.1 à 5.6. Observou-se um inesperado elevado teor de Al_2O_3 em todas as amostras, particularmente no referente ao lote 1. O teor de sílica foi bastante variável (entre 46,5 e 71,6%).

TABELA 5.1: EDX lote cinza 01.

Analyte Line	Int. (cps/uA)	Result	Std.Dev.	Proc.-Calc.
SiO2 0.2553		46.504 %	(0.371)	Quan-FP SiKa
Al2O3 0.0500		43.833 %	(9.530)	Quan-FP AlKa
K2O 0.3063		1.369 %	(0.010)	Quan-FP K Ka
CaO 0.1277		0.313 %	(0.004)	Quan-FP CaKa
MnO 1.8625		0.190 %	(0.003)	Quan-FP MnKa
Fe2O3 0.4058		0.031 %	(0.002)	Quan-FP FeKa
Rb2O 0.6420		0.006 %	(0.000)	Quan-FP RbKa
CuO 0.1650		0.005 %	(0.001)	Quan-FP CuKa
ZnO 0.0656		0.002 %	(0.000)	Quan-FP ZnKa
CO2		7.748 %	(-----)	Fix

TABELA 5.2: EDX lote cinza 02.

Quantitative Result

Analyte Line	Int. (cps/uA)	Result	Std.Dev.	Proc.-Calc.
SiO2 0.2684		67.461 %	(0.540)	Quan-FP SiKa
Al2O3 0.0161		23.729 %	(15.258)	Quan-FP AlKa
K2O 0.3053		2.334 %	(0.018)	Quan-FP K Ka
CaO 0.2363		1.015 %	(0.009)	Quan-FP CaKa
Fe2O3 2.2976		0.321 %	(0.005)	Quan-FP FeKa
MnO 1.5614		0.285 %	(0.005)	Quan-FP MnKa
Rb2O 0.5740		0.009 %	(0.000)	Quan-FP RbKa
CuO 0.1435		0.007 %	(0.001)	Quan-FP CuKa
ZnO 0.0563		0.002 %	(0.001)	Quan-FP ZnKa
CO2		4.837 %	(-----)	Fix

TABELA 5.3: EDX lote cinza 03.

Quantitative Result				
Analyte		Result	Std.Dev.	Proc.-Calc.
Line	Int. (cps/uA)			
SiO2		63.258 %	(0.477)	Quan-FP SiKa
0.2735				
Al2O3		28.795 %	(14.328)	Quan-FP AlKa
0.0225				
K2O		1.952 %	(0.015)	Quan-FP K Ka
0.2919				
CaO		0.481 %	(0.006)	Quan-FP CaKa
0.1295				
MnO		0.298 %	(0.005)	Quan-FP MnKa
1.9177				
Fe2O3		0.045 %	(0.003)	Quan-FP FeKa
0.3758				
Rb2O		0.009 %	(0.000)	Quan-FP RbKa
0.6932				
ZnO		0.006 %	(0.001)	Quan-FP ZnKa
0.1782				
CuO		0.006 %	(0.001)	Quan-FP CuKa
0.1306				
CO2		5.150 %	(-----)	Fix

TABELA 5.4: EDX lote cinza 04.

Quantitative Result				
Analyte		Result	Std.Dev.	Proc.-Calc.
Line	Int. (cps/uA)			
SiO2		71.653 %	(0.585)	Quan-FP SiKa
0.2578				
Al2O3		18.771 %	(19.183)	Quan-FP AlKa
0.0109				
K2O		2.456 %	(0.020)	Quan-FP K Ka
0.2748				
CaO		2.080 %	(0.014)	Quan-FP CaKa
0.4113				
MnO		0.375 %	(0.006)	Quan-FP MnKa
1.7061				
P2O5		0.293 %	(0.057)	Quan-FP P Ka
0.0039				
Fe2O3		0.191 %	(0.005)	Quan-FP FeKa
1.1355				
Rb2O		0.011 %	(0.001)	Quan-FP RbKa
0.5800				
CuO		0.010 %	(0.001)	Quan-FP CuKa
0.1690				
ZnO		0.009 %	(0.001)	Quan-FP ZnKa
0.1845				
CO2		4.150 %	(-----)	Fix

TABELA 5.5: EDX lote cinza 05.

Quantitative Result

Analyte Line	Int. (cps/uA)	Result	Std.Dev.	Proc.-Calc.	
SiO2 0.2819		64.090 %	(0.473)	Quan-FP	SiKa
Al2O3 0.0242		30.036 %	(13.185)	Quan-FP	AlKa
K2O 0.2590		1.700 %	(0.014)	Quan-FP	K Ka
CaO 0.1347		0.488 %	(0.006)	Quan-FP	CaKa
MnO 1.8483		0.281 %	(0.005)	Quan-FP	MnKa
Fe2O3 0.4040		0.047 %	(0.003)	Quan-FP	FeKa
Rb2O 0.5078		0.007 %	(0.000)	Quan-FP	RbKa
ZnO 0.1781		0.006 %	(0.001)	Quan-FP	ZnKa
CuO 0.1457		0.006 %	(0.001)	Quan-FP	CuKa
CO2		3.340 %	(-----)	Fix	

TABELA 5.6: EDX lote cinza 06.

Quantitative Result

Analyte Line	Int. (cps/uA)	Result	Std.Dev.	Proc.-Calc.	
SiO2 0.2313		71.310 %	(0.598)	Quan-FP	SiKa
Al2O3 0.0040		14.408 %	(2.157)	Quan-FP	AlKa
K2O 0.3212		3.257 %	(0.024)	Quan-FP	K Ka
CaO 0.1512		0.880 %	(0.010)	Quan-FP	CaKa
MnO 2.1371		0.528 %	(0.008)	Quan-FP	MnKa
Fe2O3 0.8921		0.169 %	(0.005)	Quan-FP	FeKa
ZnO 0.3468		0.020 %	(0.001)	Quan-FP	ZnKa
CuO 0.1677		0.012 %	(0.001)	Quan-FP	CuKa
CO2		9.417 %	(-----)	Fix	

5.3 Caracterização dos Materiais

5.3.1 Cimento

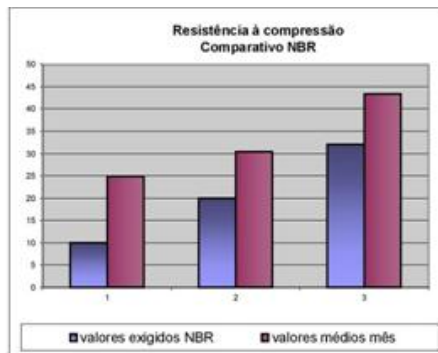
No presente estudo, utilizou-se dois tipos de cimento Portland de um único fornecedor, CPIV 32 RS e CPV ARI RS, Votorantim Cimento. Apesar de conterem adições de cinza volante o que poderia prejudicar o desempenho da CCA, esses cimentos foram escolhidos pelo emprego quase exclusivo nas centrais de concreto da região Sul do Brasil. Quanto à caracterização deste insumo, esta foi obtida pelo laboratório do próprio fornecedor. Suas características estão expressas nas TABELAS 5.7 e 5.8.

TABELA 5.7: Características do Cimento Portland CPIV 32 RS.

VOTORANTIM CIMENTOS BRASIL S/A Controle da Qualidade - Rio Branco		CP IV-32 RS (NBR 5736/Jul91) - Fíli dezembro/12											Votorantim Cimentos			
BOLETIM DE ANÁLISES DE CIMENTO		Certificada pela NBR ISO 9001:2000														
Limites de Norma	ENSAIOS QUÍMICOS					ENSAIOS FÍSICOS E MECÂNICOS										
	TEORES (%)					Resist. à Compressão (MPa)				Finura (%)		Blaine	Água de	Tempo Pega (h:min)	Exp. Quente	
	≤ 4,50	≤ 6,5	≤ 4,0	≤ 3,0	Não Aplicável	Não Aplicável	≥ 10,0	≥ 20,0	≥ 32,0	≤ 8,0	Não Aplicável	Não Aplicável	Água de	≥ 60	≤ 720	≤ 5,0
PF	MgO	SO ₃	CO ₂	RI	1 Dias	3 Dias	7 Dias	28 Dias	#200	#325	cm ² /g	Cons. (%)	INÍCIO	FIM	(mm)	
01/12/2012																
02/12/12																
03/12/12	3,01	4,64	2,51	2,33	31,08	16,30	24,50	29,60	44,10	0,40	2,00	4710	31,30	280	360	0,00
04/12/12	2,96	4,64	2,33	2,50	30,82	15,70	23,10	27,90	42,60	0,40	2,20	4670	31,00	250	320	0,00
05/12/12	2,83	4,62	1,95	2,53	29,33	13,30	22,50	28,00	42,00	0,60	1,80	4570	31,00	230	290	0,00
06/12/12	3,03	4,57	2,58	2,58	30,22	14,40	24,60	29,30	43,90	0,60	1,70	4740	31,00	270	350	0,00
07/12/12	3,92	4,50	2,54	2,95	30,99	15,90	24,30	28,60	42,70	0,70	1,70	4690	31,70	250	320	0,00
08/12/12																
09/12/12																
10/12/12	3,03	4,34	2,67	2,54	28,71	16,40	26,00	31,70	44,00	0,40	2,30	4910	31,60	260	340	0,00
11/12/12	3,34	4,36	2,41	2,86	29,23	17,20	24,20	29,60	42,50	0,40	2,50	4740	31,80	240	300	0,00
12/12/12	3,38	4,31	2,65	2,90	27,75	19,10	26,30	32,70	44,30	0,40	2,20	4850	31,60	250	320	0,00
13/12/12	3,28	4,28	2,79	2,78	28,35	15,20	26,80	32,20	45,60	0,40	0,90	4910	32,40	280	360	0,00
14/12/12	3,58	4,50	2,59	2,97	25,94	15,20	23,00	28,80	40,70	0,70	2,30	4640	31,20	280	355	0,00
15/12/12																
16/12/12																
17/12/12	3,09	4,93	2,46	2,73	23,75	15,80	23,40	29,70	42,00	0,70	2,80	4340	30,80	260	340	0,00
18/12/12	3,06	5,01	2,37	2,72	23,20	16,00	24,60	30,90	42,00	0,70	2,60	4150	31,00	260	340	0,00
19/12/12	2,53	5,05	2,30	2,23	23,65	17,20	26,30	32,20	45,40	0,20	1,80	4300	30,80	270	350	0,00
20/12/12	3,28	4,92	2,46	2,66	28,21	14,80	24,30	29,90	42,30	0,30	2,00	4460	32,20	270	350	0,00
21/12/12	3,18	4,91	2,68	2,46	28,64	16,70	24,10	29,10	42,00	0,70	2,20	4410	31,20	270	350	0,00
22/12/12																
23/12/12																
24/12/12	3,33	4,85	2,45	2,73	29,01	15,80	25,50	30,00	42,70	1,00	2,20	4380	31,10	270	350	0,00
25/12/12																
26/12/12	3,03	4,90	2,42	2,55	29,25	16,90	25,70	31,90	44,20	0,70	2,20	4600	31,40	280	360	0,00
27/12/12	2,65	4,47	2,57	2,06	28,30	16,20	26,80	31,90	45,00	0,70	2,10	4460	31,20	280	360	0,00
28/12/12	3,02	5,25	2,25	2,39	24,16	14,90	26,70	32,80	45,30	0,70	1,80	4070	30,40	280	360	0,00
29/12/12																
30/12/12																
31/12/12																
Média	3,13	4,69	2,47	2,60	27,93	15,95	24,88	30,36	43,33	0,56	2,07	4568	31,30	265	341	0,00
D. Padrão	0,32	0,29	0,19	0,25	2,55	1,25	1,37	1,61	1,42	0,20	0,41	251	0,49	15	21	0,00
Mínimo	2,53	4,28	1,95	2,06	23,20	13,30	22,50	27,90	40,70	0,20	0,90	4070	30,40	230	290	0,00
Máximo	3,92	5,25	2,79	2,97	31,08	19,10	26,80	32,80	45,60	1,00	2,80	4910	32,40	280	360	0,00

Continua

Continuação



Observações:

Abilio Estevão Galli Junior
Gerente Controle de Qualidade

Paulo Roberto Niebel
Comercial

Atualizado em:

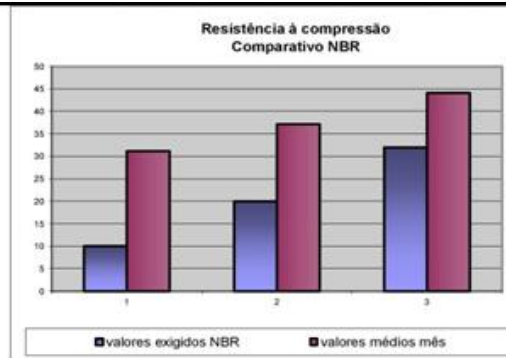
01/02/13

TABELA 5.8: Características do Cimento Portland CPV ARI RS.

VOTORANTIM CIMENTOS S/A				CPVARI-RS (NBR 5737)				Votorantim Cimentos						
Controle da Qualidade - Vidal Ramos				dezembro/12										
BOLETIM DE ANÁLISES DE CIMENTO				Certificada pela NBR ISO 9001:2000										
Limites de Norma	ENSAIOS QUÍMICOS				ENSAIOS FÍSICOS E MECÂNICOS									
	TEORES (%)				Resist. à Compressão(MPa)				Finura(%)		Blaine	Água de	Tempo Pega(h:min)	
	≤ 4,50	≤ 6,5		Não Aplicável	≥ 11,0	≥ 24,0	≥ 34,0	Não Aplicável	≤ 6,0	Não Aplicável	≥ 3000	Não Aplicável	≥ 60	≤ 600
01/12/2012	PF	MgO	SO3	RI	1 Dias	3 Dias	7 Dias	28 Dias	#200	#400	cm2/g	Cons. (%)	INÍCIO	FIM
01/12/12	3,46	5,62	2,99	12,47	24,80	33,80	38,30	47,30	0,01	1,80	4570	30,40	240	300
02/12/12														
03/12/12	3,84	5,43	2,95	13,21	21,40	31,10	37,40	45,10	0,00	1,70	4540	31,20	240	300
04/12/12	3,56	5,31	2,89	13,84	22,90	31,40	39,20	45,40	0,10	1,80	4510	31,00	240	300
05/12/12	3,50	5,53	2,82	12,51	22,70	31,70	38,20	44,80	0,00	1,47	4760	31,80	220	280
06/12/12	3,78	5,53	3,24	12,76	21,90	31,40	37,80	43,30	0,00	1,90	4520	31,50	230	290
07/12/12	3,29	5,42	2,86	14,20	20,20	32,50	38,50	44,80	0,00	1,47	4670	30,90	230	300
08/12/12														
09/12/12														
10/12/12	3,20	5,21	2,95	14,86	21,80	32,20	37,70	42,00	0,00	1,70	4540	30,80	240	300
11/12/12	3,30	5,18	2,80	15,69	21,20	30,40	36,50	42,50	0,00	1,30	4600	30,10	230	290
12/12/12	3,90	5,28	2,78	13,73	22,60	31,00	36,90	41,90	0,02	2,40	4640	31,00	220	280
13/12/12	3,80	5,46	2,89	13,78	22,50	31,80	37,10		0,00	1,84	4540	31,10	220	280
14/12/12	3,87	5,39	3,00	14,76	20,50	30,20	38,56		0,20	3,00	4400	30,60	225	280
15/12/12														
16/12/12														
17/12/12	3,30	5,67	2,97	14,04	22,30	31,40	38,03		0,02	2,30	4570	31,10	240	310
18/12/12	3,59	5,54	3,09	14,08	20,40	30,50	36,83		0,00	2,87	4830	30,80	230	280
19/12/12	4,00	5,67	3,18	10,35	21,80	31,00	37,50		0,02	2,70	4540	30,80	240	310
20/12/12	3,60	5,43	2,88	13,87	21,40	31,20	38,10		0,00	3,30	4540	31,00	220	280
21/12/12	3,30	5,35	2,94	14,64	21,50	30,00	35,00		0,00	2,50	4570	30,90	230	290
22/12/12														
23/12/12														
24/12/12														
25/12/12														
26/12/12	3,48	5,53	2,86	13,81	22,80	30,83	35,00		0,10	1,70	4540	30,60	230	290
27/12/12	3,26	5,68	2,94	15,43	21,03	30,46	35,10		0,00	1,20	4510	30,80	220	280
28/12/12	3,86	5,66	2,82	14,27	19,20	29,30	34,40		0,38	1,93	4520	30,70	220	280
29/12/12														
30/12/12														
31/12/12														
Média	3,57	5,47	2,94	13,81	21,73	31,17	37,16	44,12	0,04	2,04	4574	30,90	230	291
D.Padrão	0,26	0,16	0,12	1,21	1,24	1,00	1,39	1,82	0,10	0,59	96	0,37	8	11
Mínimo	3,20	5,18	2,78	10,35	19,20	29,30	34,40	41,90	0,00	1,20	4400	30,10	220	280
Máximo	4,00	5,68	3,24	15,69	24,80	33,80	39,20	47,30	0,38	3,30	4830	31,80	240	310

Continua

Continuação



Observações:

Mauro José Bueno Mordhost
Coordenador Controle de Qualidade

Paulo Roberto Niebel
Comercial

5.3.2 Agregado

Os agregados utilizados neste estudo foram disponibilizados pela empresa Max Mohr filho e Cia Ltda, onde todo o estudo em argamassa e concreto foi desenvolvido. As caracterizações referentes a estes insumos também foram realizadas no laboratório desta empresa. Suas características estão expressas nas TABELAS 5.9 e 5.12.

TABELA 5.9: Características da Areia Fina.

Central Dosadora de Concreto: <input type="text" value="Blumenau"/>			
Fornecedor: <input type="text" value="Dona Otília"/>			
Data do Ensaio: 04/03/2013		Data de coleta do material: 01/03/2013	
Responsável pelo Ensaio: <input type="text" value="Renan Guilherme"/>			
Material: <input type="text" value="Agregado Miúdo"/>			
ENSAIOS SOLICITADOS:			
	Mod. Fin.	D Máx.	
<input checked="" type="checkbox"/> Granulometria	1,37	1,2 mm	<input type="checkbox"/> Absorção Agregado
<input checked="" type="checkbox"/> Massa Específica	2,629		<input type="checkbox"/> Composição
<input checked="" type="checkbox"/> Mat. Pulverulento	2,80%		<input type="checkbox"/> Inchamento Areia
<input type="checkbox"/> Massa Unitária Solta			<input type="checkbox"/> Massa Específica Agregado Graúdo
<input type="checkbox"/> Massa Unitária Compactada			<input type="checkbox"/> Material Orgânico
<input type="checkbox"/> Índice de Forma			<input type="checkbox"/> Massa Específica Artefato
<input type="checkbox"/> Impureza orgânica	0	Aprovado	<input type="checkbox"/> Índice de Vazios
	0	Reprovado	
CURVA GRANULOMÉTRICA DO AGREGADO - NBR 7211/09			
<p>— resultante - - - limite inferior - - - limite superior</p>			

TABELA 5.10: Características da Areia Artificial.

Central Dosadora de Concreto:	Blumenau		
Fornecedor:	Vale do Selke		
Data do Ensaio:	04/03/2013	Data de coleta do material:	01/03/2013
Responsável pelo Ensaio:	Renan Guilherme		
Material:	Agregado Miúdo		
ENSAIOS SOLICITADOS:			
	Mod. Fin.	D Máx.	
<input checked="" type="checkbox"/> Granulometria	2,48	4,8 mm	<input type="checkbox"/> Absorção Agregado
<input checked="" type="checkbox"/> Massa Específica	3,012		<input type="checkbox"/> Composição
<input checked="" type="checkbox"/> Mat. Pulverulento	13,50%		<input type="checkbox"/> Inchamento Areia
<input type="checkbox"/> Massa Unitária Solta			<input type="checkbox"/> Massa Específica Agregado Graúdo
<input type="checkbox"/> Massa Unitária Compactada			<input type="checkbox"/> Material Orgânico
<input type="checkbox"/> Índice de Forma			<input type="checkbox"/> Massa Específica Artefato
<input type="checkbox"/> Impureza orgânica	0	Aprovado	<input type="checkbox"/> Índice de Vazios
	0	Reprovado	
CURVA GRANULOMÉTRICA DO AGREGADO - NBR 7211/09			
<p> <input checked="" type="checkbox"/> resultante <input type="checkbox"/> limite superior <input type="checkbox"/> limite inferior </p>			

TABELA 5.11: Características da Brita 1.

Central Dosadora de Concreto:	Blumenau		
Fornecedor:	Vale do Selke		
Data do Ensaio:	04/03/2013	Data de coleta do material:	01/03/2013
Responsável pelo Ensaio:	Renan Guilherme		
Material:	Agregado Graúdo		

ENSAIOS SOLICITADOS:

	Mod. Fin.	D Máx.	
<input checked="" type="checkbox"/> Granulometria	6,94	19 mm	<input type="checkbox"/> Absorção Agregado
<input checked="" type="checkbox"/> Massa Específica	2,994		<input type="checkbox"/> Composição
<input checked="" type="checkbox"/> Mat. Pulverulento	1,20%		<input type="checkbox"/> Inchamento Areia
<input type="checkbox"/> Massa Unitária Solta			<input type="checkbox"/> Massa Específica Agregado Graúdo
<input type="checkbox"/> Massa Unitária Compactada			<input type="checkbox"/> Material Orgânico
<input type="checkbox"/> Índice de Forma			<input type="checkbox"/> Massa Específica Artefato
<input type="checkbox"/> Impureza orgânica	0	Aprovado	<input type="checkbox"/> Índice de Vazios
	0	Reprovado	

CURVA GRANULOMÉTRICA DO AGREGADO - NBR 7211/09

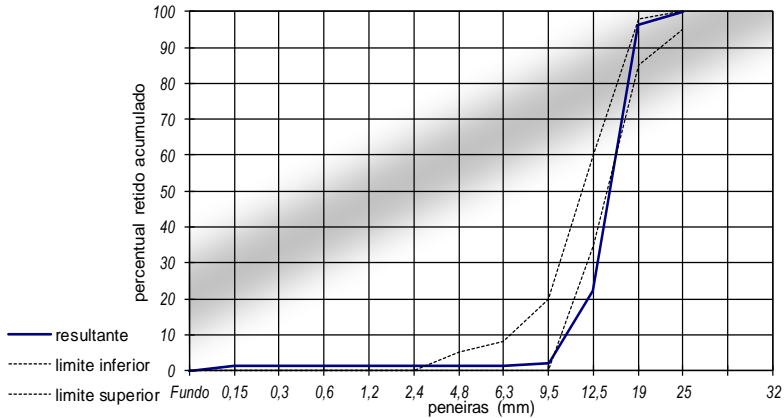


TABELA 5.12: Características da Brita 0.

Central Dosadora de Concreto:	Blumenau		
Fornecedor:	Vale do Selke		
Data do Ensaio:	04/03/2013	Data de coleta do material:	01/03/2013
Responsável pelo Ensaio:	Renan Guilherme		
Material:	Agregado Graúdo		
ENSAIOS SOLICITADOS:			
	Mod. Fin.	D Máx.	
<input checked="" type="checkbox"/> Granulometria	5,86	12,5 mm	<input type="checkbox"/> Absorção Agregado
<input checked="" type="checkbox"/> Massa Específica	2,959		<input type="checkbox"/> Composição
<input checked="" type="checkbox"/> Mat. Pulverulento	1,30%		<input type="checkbox"/> Inchamento Areia
<input type="checkbox"/> Massa Unitária Solta			<input type="checkbox"/> Massa Específica Agregado Graúdo
<input type="checkbox"/> Massa Unitária Compactada			<input type="checkbox"/> Material Orgânico
<input type="checkbox"/> Índice de Forma			<input type="checkbox"/> Massa Específica Artefato
<input type="checkbox"/> Impureza orgânica	0	Aprovado	<input type="checkbox"/> Índice de Vazios
	0	Reprovado	
CURVA GRANULOMÉTRICA DO AGREGADO - NBR 7211/09			
<p>— resultante limite inferior limite superior</p>			

5.3.3 Água

Para a confecção das argamassas e concretos, a água utilizada foi oriunda da rede de abastecimento local. Para a cura dos corpos-de-prova, também foi utilizada a água da mesma origem saturada com cal hidratada.

5.3.4 Aditivo

O aditivo utilizado neste estudo é da marca BASF, comercialmente denominada BF 30. Este aditivo tem características polifuncionais de base lignosulfonato. O fornecedor recomenda a sua dosagem entre 0,6 a 1,0% sobre a massa de cimento e afirma que para uma boa redução de água (>10%) o teor ideal pode variar de acordo com a temperatura ambiente, tipo de cimento, quantidade de finos na mistura, relação A/C, condições de mistura, tipos de agregados, etc. O tempo de pega pode ser influenciado pela temperatura e umidade ambientes, bem como pelo aumento da dosagem.

TABELA 5.13: Características Técnicas do Aditivo.

Dados Técnicos			
Função: Aditivo plastificante polifuncional para concreto.			
Base Química: Lignosulfonatos e aditivos especiais.			
Aspecto: Líquido			
Cor: Castanho escuro			
Teste	Método BASF	Especificação	Unidade
Aparência	TM 761B	Líquido castanho escuro	Visual
pH	TM 112 B	8 - 10	-
Densidade	TM 103 B	1, 150 - 1, 190	g/cm ³
Sólidos	TM 613 B	35 - 37	%

5.4 Primeiro Estudo em Argamassa

O estudo em argamassa teve como objetivo principal identificar possíveis variações físicas entre diferentes lotes de CCA em três teores de substituição em massa sobre a massa do cimento, assim como seu comportamento em misturas contendo dois diferentes tipos de cimento. Desta forma, foram confeccionadas dezenas de misturas contendo três relações água / aglomerante, fixando-se as consistências em 200 + 15mm. Os parâmetros analisados em argamassa estão expressos na TABELA 5.14.

TABELA 5.14 Parâmetros analisados no estudo em argamassa e suas variações.

Parâmetros Analisados	Níveis de Variação
Relação água / aglomerante	a/ag 1 = 0,45
	a/ag 2 = 0,55
	a/ag 2 = 0,65
Lotes de CCA	Lote 1 à Lote 6
Teor de substituição	5%, 10%, 15%
Tipos de Cimento	CPIV 32 RS
	CPV ARI RS
Aditivo	Pastificante polifuncional - 0,6% em relação ao peso de cimento
Idade	7, 28 e 63 dias
Cura	Água com cal saturada a temperatura controlada de 23±2°C

A escolha do teor de substituição em relação à massa de cimento da cinza da casca do arroz foi determinada no decorrer da revisão bibliográfica, com base em estudos anteriores e debate com a banca de avaliação na apresentação da qualificação desta dissertação. A variação entre as três relações água / aglomerante teve como objetivo principal abranger diferentes níveis de resistência utilizados em uma central dosadora de concreto.

A escolha dos agregados utilizados neste estudo teve como objetivo principal representar ao máximo as características utilizadas em uma central de concreto e suas variações como, por exemplo, a forma dos agregados, a quantidade de material pulverulento nos agregados miúdos e composições entre areia de britagem e areia natural.

O emprego dos cimentos CPIV 32 RS e CPV ARI RS neste trabalho, como já foi mencionado, teve como premissa primordial a grande utilização na região sul do Brasil destes dois tipos de cimento (demais tipos de cimento sem adições ativas – CPII-F e CPV-ARI, não estão comercialmente disponíveis para concreteiras em grandes quantidades).

Os aditivos utilizados atualmente pela maioria das concreteiras são chamados comercialmente de Polifuncional, com base de lignosulfonato e, por esse motivo, foram empregados neste estudo.

5.4.1 Preparo das amostras em argamassa

Em todas as misturas realizadas, o percentual substituição dos lotes de cinza da casca do arroz foi feito em relação à massa do cimento. Esta forma de dosagem é adotada com base em pesquisa de mercado informal em centrais dosadoras de concreto que estão utilizando adição em cimento composto. Assim, as relações água / aglomerante utilizadas neste estudo foram 0,45, 0,55, e 0,65 respectivamente em massa.

A trabalhabilidade (consistência) das argamassas foi avaliada por meio do ensaio na mesa de consistência, conhecida como (flow table). Foi fixada a trabalhabilidade da mistura em 200+-15 mm, obtida através do incremento de areia na pasta aglomerante, na composição de 60% de areia artificial e 40% de areia natural fina, não havendo assim variações na relação água / aglomerante.

No decorrer das misturas, variando diferentes lotes de CCA e suas porcentagens na mistura final, foi possível observar o quão eficiente é a composição em relação à trabalhabilidade, através da quantia de areia que é possível incluir com a mesma consistência.

Para a mistura e preparo das argamassas, os passos e procedimentos encontram-se descritos abaixo:

1. Coloca-se na cuba da argamassadeira 70% da quantia de água de cada traço e todo o material aglomerante;
2. Liga-se a argamassadeira e realiza-se a mistura por 30 segundos na velocidade 1 do equipamento;
3. Posteriormente, coloca-se a quantidade determinada de aditivo e os 30% faltante da água determinada no traço;
4. Nos próximos 30 segundos acrescenta-se gradualmente a mistura de areia, nas porcentagens previamente determinadas, homogeneizada e pesada, até atingir a consistência determinada;
5. Após 1 minuto e 30 segundos de mistura, o equipamento é desligado e se necessário for, descola-se o material grudado nas facas e na cuba e posteriormente a essa verificação, é religado o equipamento por mais 30 segundos de mistura em velocidade 1;
6. Com essa mistura, determina-se a consistência de cada amostra e atingindo a trabalhabilidade desejada, retorna-se a mistura para o misturador por mais 30 segundos para uma melhor homogeneização e confecciona-se então, os corpos-de-prova. Caso a trabalhabilidade da argamassa fosse maior que a determinada, retorna-se a argamassa para a cuba e acrescenta-se a quantia de areia necessária para chegar

na consistência adotada. Todavia, se a trabalhabilidade da mistura fosse superior a desejada (muito fluida), descarta-se esta mistura e o ensaio é realizado novamente.



FIGURA 5.13: Consistência do ensaio de argamassa.

Inicialmente foram realizados os ensaios em argamassas sem substituição pela cinza da casca do arroz, com intuito de ajustar as quantias de materiais a serem pesadas para cada relação água/aglomerante determinadas para a consistência de cada mistura em 200 ± 15 mm.

A quantidade de material para cada mistura deve ser suficiente para que sejam confeccionados corpos de prova 5×10 cm em número necessário para o ensaio de resistência à compressão. Neste caso, fez-se necessário repetir a mistura por duas vezes, tendo assim a quantidade desejada para ruptura de dois corpos de prova para cada idade (7, 28, 63 dias).



FIGURA 5.14: Amostras de corpos-de-prova 5 x 10 cm.

As TABELAS 5.15 à 5.32 apresentam as quantidades de material utilizadas nos ensaios e seus índices de consistência para cada tipo de cimento e teor de substituição, em diferentes lotes de cinza da casca do arroz.

TABELA 5.15: Dosagem de material para as argamassas com cimento CPIV 32 RS, com 5% de substituição de CCA em relação à massa de cimento e relação água / aglomerante de 0,45.

LOTE CAA	CIMENTO (g)	CAA (g)	AGUA (g)	ADITIVO (g)	M - REAL	AREIA (g)	FLOW MEDIO (mm)
-	822,22	0,00	370	4,93	1,3	1057,0	213,0
LOTE 1	781,11	41,11	370	4,93	1,1	932,0	196,6
LOTE 2	781,11	41,11	370	4,93	1,2	963,0	211,4
LOTE 3	781,11	41,11	370	4,93	1,2	949,0	206,8
LOTE 4	781,11	41,11	370	4,93	1,3	1061,0	187,1
LOTE 5	781,11	41,11	370	4,93	1,2	993,0	205,2
LOTE 6	781,11	41,11	370	4,93	0,9	766,0	202,9

TABELA 5.16: Dosagem de material para as argamassas com cimento CPIV 32 RS, com 10% de substituição de CCA em relação à massa de cimento e relação água / aglomerante de 0,45.

LOTE CAA	CIMENTO (g)	CAA (g)	AGUA (g)	ADITIVO (g)	M - REAL	AREIA (g)	FLOW MEDIO (mm)
-	822,22	0,00	370	4,93	1,3	1057,0	213,0
LOTE 1	740,00	82,22	370	4,93	1,1	897,0	215,0
LOTE 2	740,00	82,22	370	4,93	1,3	1039,0	195,9
LOTE 3	740,00	82,22	370	4,93	1,0	782,0	208,5
LOTE 4	740,00	82,22	370	4,93	1,1	867,0	202,1
LOTE 5	740,00	82,22	370	4,93	0,9	774,0	193,2
LOTE 6	740,00	82,22	370	4,93	0,8	652,0	203,2

TABELA 5.17: Dosagem de material para as argamassas com cimento CPIV 32 RS, com 15% de substituição de CCA em relação à massa de cimento e relação água / aglomerante de 0,45.

LOTE CAA	CIMENTO (g)	CAA (g)	AGUA (g)	ADITIVO (g)	M - REAL	AREIA (g)	FLOW MEDIO (mm)
-	822,22	0,00	370	4,93	1,3	1057,0	213,0
LOTE 1	698,89	123,33	370	4,93	1,0	796,0	199,2
LOTE 2	698,89	123,33	370	4,93	1,2	968,0	204,2
LOTE 3	698,89	123,33	370	4,93	1,1	903,0	186,4
LOTE 4	698,89	123,33	370	4,93	1,2	989,0	187,7
LOTE 5	698,89	123,33	370	4,93	0,7	601,0	203,5
LOTE 6	698,89	123,33	370	4,93	0,7	579,0	188,7

TABELA 5.18: Dosagem de material para as argamassas com cimento CPIV 32 RS, com 5% de substituição de CCA em relação à massa de cimento e relação água / aglomerante de 0,55.

LOTE CAA	CIMENTO (g)	CAA (g)	AGUA (g)	ADITIVO (g)	M - REAL	AREIA (g)	FLOW MEDIO (mm)
-	672,73	0,00	370	4,04	2,1	1432,0	215,0
LOTE 1	639,09	33,64	370	4,04	2,2	1447,2	212,0
LOTE 2	639,09	33,64	370	4,04	2,1	1445,2	204,9
LOTE 3	639,09	33,64	370	4,04	2,2	1469,2	210,3
LOTE 4	639,09	33,64	370	4,04	2,3	1580,2	198,3
LOTE 5	639,09	33,64	370	4,04	2,1	1427,0	210,3
LOTE 6	639,09	33,64	370	4,04	2,5	1674,0	204,9

TABELA 5.19: Dosagem de material para as argamassas com cimento CPIV 32 RS, com 10% de substituição de CCA em relação à massa de cimento e relação água / aglomerante de 0,55.

LOTE CAA	CIMENTO (g)	CAA (g)	AGUA (g)	ADITIVO (g)	M - REAL	AREIA (g)	FLOW MEDIO (mm)
-	672,73	0,00	370	4,04	2,1	1432,0	215,0
LOTE 1	605,45	67,27	370	4,04	2,1	1421,0	192,5
LOTE 2	605,45	67,27	370	4,04	2,1	1430,5	208,6
LOTE 3	605,45	67,27	370	4,04	2,0	1359,0	201,0
LOTE 4	605,45	67,27	370	4,04	2,3	1571,5	197,0
LOTE 5	605,45	67,27	370	4,04	2,0	1320,0	205,7
LOTE 6	605,45	67,27	370	4,04	1,8	1189,0	196,9

TABELA 5.20: Dosagem de material para as argamassas com cimento CPIV 32 RS, com 15% de substituição de CCA em relação à massa de cimento e relação água / aglomerante de 0,55.

LOTE CAA	CIMENTO (g)	CAA (g)	AGUA (g)	ADITIVO (g)	M - REAL	AREIA (g)	FLOW MEDIO (mm)
-	672,73	0,00	370	4,04	2,1	1432,0	215,0
LOTE 1	571,82	100,91	370	4,04	1,8	1207,0	208,2
LOTE 2	571,82	100,91	370	4,04	2,0	1347,0	210,9
LOTE 3	571,82	100,91	370	4,04	1,7	1133,0	207,7
LOTE 4	571,82	100,91	370	4,04	2,0	1337,0	210,5
LOTE 5	571,82	100,91	370	4,04	1,8	1204,0	210,4
LOTE 6	571,82	100,91	370	4,04	1,7	1136,0	198,1

TABELA 5.21: Dosagem de material para as argamassas com cimento CPIV 32 RS, com 5% de substituição de CCA em relação à massa de cimento e relação água / aglomerante de 0,65.

LOTE CAA	CIMENTO (g)	CAA (g)	AGUA (g)	ADITIVO (g)	M - REAL	AREIA (g)	FLOW MEDIO (mm)
-	569,23	0,00	370	3,42	2,9	1670,0	200,7
LOTE 1	540,77	28,46	370	3,42	2,9	1673,0	185,8
LOTE 2	540,77	28,46	370	3,42	3,0	1705,0	204,0
LOTE 3	540,77	28,46	370	3,42	3,0	1691,0	202,9
LOTE 4	540,77	28,46	370	3,42	2,9	1672,0	207,2
LOTE 5	540,77	28,46	370	3,42	3,0	1693,0	213,8
LOTE 6	540,77	28,46	370	3,42	3,0	1189,0	206,9

TABELA 5.22: Dosagem de material para as argamassas com cimento CPIV 32 RS, com 10% de substituição de CCA em relação à massa de cimento e relação água / aglomerante de 0,65.

LOTE CAA	CIMENTO (g)	CAA (g)	AGUA (g)	ADITIVO (g)	M - REAL	AREIA (g)	FLOW MEDIO (mm)
-	569,23	0,00	370	3,42	2,9	1670,0	200,7
LOTE 1	512,31	56,92	370	3,42	2,8	1579,0	194,5
LOTE 2	512,31	56,92	370	3,42	2,9	1627,0	214,7
LOTE 3	512,31	56,92	370	3,42	2,8	1602,0	200,1
LOTE 4	512,31	56,92	370	3,42	3,0	1693,0	210,7
LOTE 5	512,31	56,92	370	3,42	2,9	1655,0	209,0
LOTE 6	512,31	56,92	370	3,42	2,9	1175,0	212,7

TABELA 5.23: Dosagem de material para as argamassas com cimento CPIV 32 RS, com 15% de substituição de CCA em relação à massa de cimento e relação água / aglomerante de 0,65.

LOTE CAA	CIMENTO (g)	CAA (g)	AGUA (g)	ADITIVO (g)	M - REAL	AREIA (g)	FLOW MEDIO (mm)
-	569,23	0,00	370	3,42	2,9	1670,0	200,7
LOTE 1	483,85	85,38	370	3,42	2,8	1608,0	188,2
LOTE 2	483,85	85,38	370	3,42	3,0	1704,0	211,1
LOTE 3	483,85	85,38	370	3,42	3,0	1715,0	188,4
LOTE 4	483,85	85,38	370	3,42	3,0	1695,0	199,3
LOTE 5	483,85	85,38	370	3,42	2,8	1569,0	198,5
LOTE 6	483,85	85,38	370	3,42	2,9	1177,0	208,4

TABELA 5.24: Dosagem de material para as argamassas com cimento CPV ARI RS, com 5% de substituição de CCA em relação à massa de cimento e relação água / aglomerante de 0,45.

LOTE CAA	CIMENTO (g)	CAA (g)	AGUA (g)	ADITIVO (g)	M - REAL	AREIA (g)	FLOW MEDIO (mm)
-	822,22	0,00	370	4,93	1,3	1079,0	186,4
LOTE 1	781,11	41,11	370	4,93	1,2	982,0	200,8
LOTE 2	781,11	41,11	370	4,93	1,1	868,0	212,8
LOTE 3	781,11	41,11	370	4,93	1,2	971,0	196,7
LOTE 4	781,11	41,11	370	4,93	1,2	995,0	208,4
LOTE 5	781,11	41,11	370	4,93	1,2	955,0	214,8
LOTE 6	781,11	41,11	370	4,93	1,2	1010,0	207,7

TABELA 5.25: Dosagem de material para as argamassas com cimento CPV ARI RS, com 10% de substituição de CCA em relação à massa de cimento e relação água / aglomerante de 0,45.

LOTE CAA	CIMENTO (g)	CAA (g)	AGUA (g)	ADITIVO (g)	M- REAL	AREIA (g)	FLOW MEDIO (mm)
-	822,22	0,00	370	4,93	1,3	1079,0	186,4
LOTE 1	740,00	82,22	370	4,93	0,9	757,0	186,8
LOTE 2	740,00	82,22	370	4,93	1,0	783,0	200,6
LOTE 3	740,00	82,22	370	4,93	0,9	756,0	188,6
LOTE 4	740,00	82,22	370	4,93	1,0	809,0	185,8
LOTE 5	740,00	82,22	370	4,93	1,0	796,0	185,5
LOTE 6	740,00	82,22	370	4,93	0,9	772,0	211,6

TABELA 5.26: Dosagem de material para as argamassas com cimento CPV ARI RS, com 15% de substituição de CCA em relação à massa de cimento e relação água / aglomerante de 0,45.

LOTE CAA	CIMENTO (g)	CAA (g)	AGUA (g)	ADITIVO (g)	M- REAL	AREIA (g)	FLOW MEDIO (mm)
-	822,22	0,00	370	4,93	1,3	1079,0	186,4
LOTE 1	698,89	123,33	370	4,93	0,4	364,0	198,0
LOTE 2	698,89	123,33	370	4,93	0,8	618,0	210,0
LOTE 3	698,89	123,33	370	4,93	0,6	504,0	191,2
LOTE 4	698,89	123,33	370	4,93	0,7	567,0	186,2
LOTE 5	698,89	123,33	370	4,93	0,9	749,0	207,8
LOTE 6	698,89	123,33	370	4,93	0,8	617,0	185,4

TABELA 5.27: Dosagem de material para as argamassas com cimento CPV ARI RS, com 5% de substituição de CCA em relação à massa de cimento e relação água / aglomerante de 0,55.

LOTE CAA	CIMENTO (g)	CAA (g)	AGUA (g)	ADITIVO (g)	M - REAL	AREIA (g)	FLOW MEDIO (mm)
-	672,73	0,00	370	4,04	2,0	1316,0	204,8
LOTE 1	639,09	33,64	370	4,04	2,0	1371,0	196,8
LOTE 2	639,09	33,64	370	4,04	1,9	1258,0	193,0
LOTE 3	639,09	33,64	370	4,04	1,8	1207,0	214,1
LOTE 4	639,09	33,64	370	4,04	1,7	1170,0	215,0
LOTE 5	639,09	33,64	370	4,04	2,2	1453,0	185,5
LOTE 6	639,09	33,64	370	4,04	1,9	1305,0	191,6

TABELA 5.28: Dosagem de material para as argamassas com cimento CPV ARI RS, com 10% de substituição de CCA em relação à massa de cimento e relação água / aglomerante de 0,55.

LOTE CAA	CIMENTO (g)	CAA (g)	AGUA (g)	ADITIVO (g)	M - REAL	AREIA (g)	FLOW MEDIO (mm)
-	672,73	0,00	370	4,04	2,0	1316,0	204,8
LOTE 1	605,45	67,27	370	4,04	1,6	1104,0	185,5
LOTE 2	605,45	67,27	370	4,04	1,9	1310,0	185,1
LOTE 3	605,45	67,27	370	4,04	1,7	1147,0	204,9
LOTE 4	605,45	67,27	370	4,04	1,8	1228,0	202,2
LOTE 5	605,45	67,27	370	4,04	1,9	1299,0	201,7
LOTE 6	605,45	67,27	370	4,04	1,8	1210,0	199,7

TABELA 5.29: Dosagem de material para as argamassas com cimento CPV ARI RS, com 15% de substituição de CCA em relação à massa de cimento e relação água / aglomerante de 0,55.

LOTE CAA	CIMENTO (g)	CAA (g)	AGUA (g)	ADITIVO (g)	M - REAL	AREIA (g)	FLOW MEDIO (mm)
-	672,73	0,00	370	4,04	2,0	1316,0	204,8
LOTE 1	571,82	100,91	370	4,04	1,4	959,0	206,0
LOTE 2	571,82	100,91	370	4,04	1,9	1252,0	192,8
LOTE 3	571,82	100,91	370	4,04	1,7	1114,0	192,3
LOTE 4	571,82	100,91	370	4,04	1,6	1047,0	213,6
LOTE 5	571,82	100,91	370	4,04	2,0	1312,0	206,8
LOTE 6	571,82	100,91	370	4,04	1,7	1143,0	202,0

TABELA 5.30: Dosagem de material para as argamassas com cimento CPV ARI RS, com 5% de substituição de CCA em relação à massa de cimento e relação água / aglomerante de 0,65.

LOTE CAA	CIMENTO (g)	CAA (g)	AGUA (g)	ADITIVO (g)	M - REAL	AREIA (g)	FLOW MEDIO (mm)
-	569,23	0,00	370	3,42	3,0	1709,0	197,3
LOTE 1	540,77	28,46	370	3,42	2,9	1678,0	187,7
LOTE 2	540,77	28,46	370	3,42	2,9	1632,0	210,3
LOTE 3	540,77	28,46	370	3,42	2,8	1614,0	202,3
LOTE 4	540,77	28,46	370	3,42	2,9	1625,0	211,4
LOTE 5	540,77	28,46	370	3,42	3,1	1773,0	214,6
LOTE 6	540,77	28,46	370	3,42	2,9	1626,0	202,2

TABELA 5.31: Dosagem de material para as argamassas com cimento CPV ARI RS, com 10% de substituição de CCA em relação à massa de cimento e relação água / aglomerante de 0,65.

LOTE CAA	CIMENTO (g)	CAA (g)	AGUA (g)	ADITIVO (g)	M- REAL	AREIA (g)	FLOW MEDIO (mm)
-	569,23	0,00	370	3,42	3,0	1709,0	197,3
LOTE 1	512,31	56,92	370	3,42	2,6	1461,0	195,8
LOTE 2	512,31	56,92	370	3,42	2,9	1650,0	197,7
LOTE 3	512,31	56,92	370	3,42	2,6	1508,0	197,8
LOTE 4	512,31	56,92	370	3,42	2,8	1603,0	190,9
LOTE 5	512,31	56,92	370	3,42	3,0	1700,0	196,3
LOTE 6	512,31	56,92	370	3,42	2,7	1565,0	206,2

TABELA 5.32: Dosagem de material para as argamassas com cimento CPV ARI RS, com 15% de substituição de CCA em relação à massa de cimento e relação água / aglomerante de 0,65.

LOTE CAA	CIMENTO (g)	CAA (g)	AGUA (g)	ADITIVO (g)	M - REAL	AREIA (g)	FLOW MEDIO (mm)
-	569,23	0,00	370	3,42	3,0	1709,0	197,3
LOTE 1	483,85	85,38	370	3,42	2,7	1539,0	198,7
LOTE 2	483,85	85,38	370	3,42	2,9	1669,0	198,1
LOTE 3	483,85	85,38	370	3,42	2,7	1533,0	197,4
LOTE 4	483,85	85,38	370	3,42	3,0	1699,0	192,9
LOTE 5	483,85	85,38	370	3,42	2,9	1673,0	194,3
LOTE 6	483,85	85,38	370	3,42	2,6	1503,0	214,9

Após realizadas as moldagens dos corpos-de-prova, as mesmos foram mantidos por 24 horas nos moldes a temperatura ambiente e posteriormente colocados em cura em água saturada com cal hidratado, com a temperatura do tanque de cura controlada em $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ até a data de ruptura. Para ensaio de ruptura, os corpos de prova foram retificados e posteriormente ensaiados conforme NBR 7215.



FIGURA 5.15: Ruptura dos corpos-de-prova 5 x 10 cm.

5.5 Estudo em Concreto

A partir dos resultados obtidos nos ensaios em argamassa, deu-se início ao estudo em concreto através de curvas de dosagens, fixando consumo de aglomerante na quantia de 270 kg, 310 kg, 350 kg e 390 kg, por m^3 . O objetivo principal desta etapa do programa experimental foi, por meio dos resultados obtidos de resistência característica à compressão aos 28 dias, estimar o quanto uma central dosadora poderia pagar pela cinza da casca do arroz para ser viável sua utilização sem prejudicar o custo final do concreto. Os fatores analisados em concreto estão expressos na TABELA 5.33.

TABELA 5.33 Fatores analisados no estudo em concreto e suas variações.

Parâmetros Analisados	Níveis de Variação
Consumo de aglomerante	270 kg/m ³
	310 kg/m ³
	350 kg/m ³
	390 kg/m ³
Lotes de CCA	Lote 5 e Lote 6
Teor de substituição	5%, 10%, 15%
Tipos de Cimento	CPV 32 RS
	CPV ARI RS
Aditivo	Pastificante polifuncional - 0,6% em relação ao peso de cimento
Idade	1,7, 28 e 63 dias
Cura	Água com cal saturada a temperatura controlada de 23±2°C

A escolha dos lotes de cinza 5 e 6 para serem utilizados no estudo em concreto foi feita pelo fato de dispor-se de uma maior quantidade desses dois materiais.

Os níveis de variação no consumo de aglomerante utilizado neste estudo abrangem diferentes níveis de resistência utilizados comercialmente em uma central dosadora de concreto.

Procurou-se utilizar os níveis de substituição da cinza da casca do arroz usados no estudo de argamassa, a fim de comparar os desempenhos dos dois métodos.

O consumo de aditivo polifuncional foi fixado em 0,6% em relação a massa de aglomerante igualmente utilizado no estudo de argamassa, com o objetivo de não aumentar as variáveis analisadas no estudo de argamassa em relação ao de concreto.

5.5.1 Preparo das amostras em concreto

Igualmente ao estudo de argamassa, em todas as misturas estudadas, o percentual de substituição dos lotes de cinza da casca do arroz foi feita em relação à massa do cimento. Esta forma de dosagem, como já foi citado, é adotada com base em pesquisa de mercado informal em centrais dosadoras de concreto que estão utilizando adição em cimento composto.

A trabalhabilidade de todos os concretos foi avaliada por meio do ensaio do abatimento do tronco de cone (slump test). Fixou-se a

consistência em 140±20 mm através do incremento de água na mistura, havendo variações na relação água/aglomerante em cada mistura. Fixado o tempo de perda de abatimento das misturas em 15 minutos com a betoneira ligada, verificou-se o comportamento de cada mistura em relação à manutenção de abatimento.

O teor de argamassa adotado na mistura foi determinado por meio de consulta aos traços utilizados na central dosadora de concreto, onde foi desenvolvido grande parte deste estudo.

No decorrer do preparo das misturas, variando os dois lotes de cinza utilizados em concreto e suas porcentagens na mistura final, foi possível observar o quão eficiente era a composição em relação à trabalhabilidade, através da diferença na quantia de água requerida para a obtenção da mesma consistência.

Para a mistura e preparo dos concretos, eram adotados os seguintes passos e procedimentos:

1º) Pesa-se todos os componentes dos traços separadamente para a obtenção da quantia de 20L da mistura;

2º) Todo o material é incluído na betoneira, respeitando a sequência abaixo descrita:

- agregado graúdo;
- Cimento;
- Cinza da casca do arroz;
- agregado miúdo;

3º) Posteriormente, liga-se a betoneira e adiciona-se 80% da água do traço;

4º) Após 30 segundos, adiciona-se a quantidade de aditivo determinada;

5º) Depois de 1 minuto e 30 segundos de mistura, o equipamento é desligado e caso necessário, descola-se o material grudado nas facas da betoneira e posteriormente, adiciona-se o restante da água previamente calculada no traço. Então, verifica-se visualmente a trabalhabilidade do concreto, ajustando a consistência da mistura em 140±20mm, até 3 minutos e 30 segundos de mistura;

6º) Realizado o quinto passo, para-se a betoneira e realiza-se o ensaio de slump test. Caso o concreto não esteja na consistência determinada, retorna-se o concreto a betoneira e adiciona-se água até alcançar a consistência determinada;

7º) Realiza-se novamente o ensaio de slump test e se o concreto estiver na consistência adequada, molda-se os corpos-de-prova. Caso contrário, a amostra é descartada e repete-se todo o procedimento;

Para cada mistura confeccionada, realiza-se a moldagem de uma amostra contendo oito corpos-de-prova com dimensões 10 x 20 cm que

após 24 horas são desmoldados e colocados imersos na água de cal com temperatura controlada de 23 ± 2 °C até a idade de 7, 28 e 63 dias.



FIGURA 5.16: Sala utilizada para o estudo em concreto.



FIGURA 5.17: Consistência das misturas do estudo em concreto.



FIGURA 5.18: Moldagem dos corpos-de-prova do estudo em concreto.



FIGURA 5.19: Cura dos corpos-de-prova do estudo em concreto.

As TABELAS 5.34 a 5.46 apresentam as quantias de aglomerante utilizadas em cada mistura, com suas respectivas substituições de cinza da casca do arroz em dois diferentes lotes, demanda de água, e suas consistências, sem e com perda de abatimento.

TABELA 5.34: mistura do material e consistência de concretos com cimento CPIV 32 RS, e consumo de aglomerante / m³ em 270 kg.

LOTE CAA	CINZA (%)	AGLOMERANTE (Kg/m ³)	AGUA INICIAL (L/m ³)	A/C - INICIAL	SLUMP INICIAL (mm)	SLUMP APÓS A PERDA (mm)	AGUA FINAL (L/m ³)	A/C - FINAL	SLUMP FINAL (mm)
-	0	270,0	200,0	0,739	145,0	85,0	219,0	0,809	140,0
LOTE 5	5,0	270,0	203,0	0,750	150,0	90,0	218,0	0,806	140,0
LOTE 6	5,0	270,0	208,0	0,769	140,0	90,0	225,0	0,833	140,0
LOTE 5	10,0	270,0	205,0	0,760	155,0	90,0	220,0	0,816	140,0
LOTE 6	10,0	270,0	208,0	0,769	140,0	85,0	227,0	0,839	140,0
LOTE 5	15,0	270,0	211,0	0,781	140,0	95,0	224,0	0,828	145,0
LOTE 6	15,0	270,0	213,0	0,787	145,0	95,0	225,0	0,833	145,0

TABELA 5.35: mistura do material e consistência de concretos com cimento CPIV 32 RS, e consumo de aglomerante / m³ em 310 kg.

LOTE CAA	CINZA (%)	AGLOMERANTE (Kg/m ³)	AGUA INICIAL (L/m ³)	A/C - INICIAL	SLUMP INICIAL (mm)	SLUMP APÓS A PERDA (mm)	AGUA FINAL (L/m ³)	A/C - FINAL	SLUMP FINAL (mm)
-	0	310,0	197,0	0,634	150,0	95,0	209,0	0,674	150,0
LOTE 5	5,0	310,0	199,0	0,642	155,0	95,0	214,0	0,690	150,0
LOTE 6	5,0	310,0	202,0	0,650	150,0	100,0	216,0	0,695	150,0
LOTE 5	10,0	310,0	201,0	0,649	145,0	90,0	219,0	0,706	150,0
LOTE 6	10,0	310,0	209,0	0,674	145,0	105,0	223,0	0,719	145,0
LOTE 5	15,0	310,0	206,0	0,665	145,0	90,0	224,0	0,721	150,0
LOTE 6	15,0	310,0	213,0	0,685	145,0	105,0	228,0	0,734	150,0

TABELA 5.36: mistura do material e consistência de concretos com cimento CPIV 32 RS, e consumo de aglomerante / m³ em 350 kg.

LOTE CAA	CINZA (%)	AGLOMERANTE (Kg/m ³)	AGUA INICIAL (L/m ³)	A/C - INICIAL	SLUMP INICIAL (mm)	SLUMP APÓS A PERDA (mm)	AGUA FINAL (L/m ³)	A/C - FINAL	SLUMP FINAL (mm)
-	0	350,0	196,0	0,560	150,0	110,0	205,0	0,584	150,0
LOTE 5	5,0	350,0	201,0	0,574	145,0	105,0	215,0	0,614	145,0
LOTE 6	5,0	350,0	205,0	0,584	155,0	110,0	220,0	0,627	150,0
LOTE 5	10,0	350,0	208,0	0,593	150,0	105,0	222,0	0,635	145,0
LOTE 6	10,0	350,0	208,0	0,593	150,0	110,0	222,0	0,634	150,0
LOTE 5	15,0	350,0	213,0	0,607	155,0	105,0	225,0	0,643	150,0
LOTE 6	15,0	350,0	217,0	0,619	150,0	105,0	229,0	0,654	150,0

TABELA 5.37: mistura do material e consistência de concretos com cimento CPIV 32 RS, e consumo de aglomerante / m³ em 390 kg.

LOTE CAA	CINZA (%)	AGLOMERANTE (Kg/m ³)	AGUA INICIAL (L/m ³)	A/C - INICIAL	SLUMP INICIAL (mm)	SLUMP APÓS A PERDA (mm)	AGUA FINAL (L/m ³)	A/C - FINAL	SLUMP FINAL (mm)
-	0	390,0	205,0	0,524	150,0	130,0	213,0	0,546	150,0
LOTE 5	5,0	390,0	206,0	0,529	155,0	120,0	217,0	0,556	150,0
LOTE 6	5,0	390,0	208,0	0,532	155,0	120,0	219,0	0,560	150,0
LOTE 5	10,0	390,0	203,0	0,520	150,0	105,0	213,0	0,547	145,0
LOTE 6	10,0	390,0	209,0	0,535	155,0	110,0	221,0	0,567	145,0
LOTE 5	15,0	390,0	210,0	0,538	160,0	115,0	221,0	0,567	150,0
LOTE 6	15,0	390,0	216,0	0,553	160,0	120,0	225,0	0,577	150,0

TABELA 5.38: mistura do material e consistência de concretos com cimento CPV ARI RS, e consumo de aglomerante / m³ em 270 kg.

LOTE CAA	CINZA (%)	AGLOMERANTE (Kg/m ³)	AGUA INICIAL (L/m ³)	A/C - INICIAL	SLUMP INICIAL (mm)	SLUMP APÓS A PERDA (mm)	AGUA FINAL (L/m ³)	A/C - FINAL	SLUMP FINAL (mm)
-	0	270,0	195,0	0,722	155,0	80,0	217,0	0,803	145,0
LOTE 5	5,0	270,0	205,0	0,757	145,0	100,0	220,0	0,816	145,0
LOTE 6	5,0	270,0	206,0	0,762	150,0	90,0	225,0	0,831	145,0
LOTE 5	10,0	270,0	207,0	0,768	155,0	100,0	223,0	0,824	150,0
LOTE 6	10,0	270,0	209,0	0,773	150,0	90,0	225,0	0,835	145,0
LOTE 5	15,0	270,0	207,0	0,765	150,0	100,0	223,0	0,827	150,0
LOTE 6	15,0	270,0	208,0	0,772	145,0	95,0	226,0	0,836	150,0

TABELA 5.39: mistura do material e consistência de concretos com cimento CPV ARI RS, e consumo de aglomerante / m³ em 310 kg.

LOTE CAA	CINZA (%)	AGLOMERANTE (Kg/m ³)	AGUA INICIAL (L/m ³)	A/C - INICIAL	SLUMP INICIAL (mm)	SLUMP APÓS A PERDA (mm)	AGUA FINAL (L/m ³)	A/C - FINAL	SLUMP FINAL (mm)
-	0	310,0	193,0	0,623	155,0	90,0	210,0	0,679	145,0
LOTE 5	5,0	310,0	197,0	0,635	155,0	95,0	214,0	0,691	145,0
LOTE 6	5,0	310,0	207,0	0,668	160,0	95,0	223,0	0,719	145,0
LOTE 5	10,0	310,0	201,0	0,649	150,0	105,0	214,0	0,690	145,0
LOTE 6	10,0	310,0	205,0	0,660	150,0	105,0	217,0	0,701	150,0
LOTE 5	15,0	310,0	203,0	0,654	150,0	105,0	218,0	0,704	145,0
LOTE 6	15,0	310,0	210,0	0,677	160,0	105,0	221,0	0,712	155,0

TABELA 5.40: mistura do material e consistência de concretos com cimento CPV ARI RS, e consumo de aglomerante / m³ em 350 kg.

LOTE CAA	CINZA (%)	AGLOMERANTE (Kg/m ³)	AGUA INICIAL (L/m ³)	A/C - INICIAL	SLUMP INICIAL (mm)	SLUMP APÓS A PERDA (mm)	AGUA FINAL (L/m ³)	A/C - FINAL	SLUMP FINAL (mm)
-	0	350,0	197,0	0,563	155,0	95,0	219,0	0,624	145,0
LOTE 5	5,0	350,0	198,0	0,565	150,0	90,0	219,0	0,626	145,0
LOTE 6	5,0	350,0	201,0	0,575	155,0	90,0	223,0	0,636	145,0
LOTE 5	10,0	350,0	205,0	0,586	160,0	95,0	225,0	0,643	145,0
LOTE 6	10,0	350,0	213,0	0,607	145,0	90,0	231,0	0,661	150,0
LOTE 5	15,0	350,0	214,0	0,611	150,0	90,0	234,0	0,669	150,0
LOTE 6	15,0	350,0	219,0	0,626	150,0	95,0	239,0	0,683	155,0

TABELA 5.41: mistura do material e consistência de concretos com cimento CPV ARI RS, e consumo de aglomerante / m³ em 390 kg.

LOTE CAA	CINZA (%)	AGLOMERANTE (Kg/m ³)	AGUA INICIAL (L/m ³)	A/C - INICIAL	SLUMP INICIAL (mm)	SLUMP APÓS A PERDA (mm)	AGUA FINAL (L/m ³)	A/C - FINAL	SLUMP FINAL (mm)
-	0	390,0	199,0	0,511	155,0	100,0	219,0	0,562	150,0
LOTE 5	5,0	390,0	205,0	0,524	150,0	90,0	227,0	0,581	150,0
LOTE 6	5,0	390,0	205,0	0,526	145,0	95,0	225,0	0,578	145,0
LOTE 5	10,0	390,0	209,0	0,535	150,0	105,0	227,0	0,583	155,0
LOTE 6	10,0	390,0	210,0	0,538	155,0	95,0	230,0	0,590	150,0
LOTE 5	15,0	390,0	212,0	0,543	155,0	100,0	232,0	0,594	150,0
LOTE 6	15,0	390,0	216,0	0,553	155,0	100,0	234,0	0,600	150,0

5.6 Segundo estudo em Argamassa

Após a constatação da grande demanda de água nos traços de concreto e pouca inclusão de areia no primeiro estudo de argamassa, antes mesmo dos resultados finais de resistência à compressão e com base em estudos anteriores, verificou-se a importância de ampliar o estudo. Com base nos resultados de estudos anteriores (PRUDÊNCIO JR et al, 2003 e GUEDERT, 1989) julgou-se que a causa provável da baixa trabalhabilidade observada poderia ser uma moagem deficiente da cinza. Por isso, resolveu-se moer amostras de 2 kg das duas cinzas utilizadas no estudo de concreto, em dois ciclos de 2 horas e 40 minutos no moinho de bolas disponível no laboratório de materiais de UFSC. Posteriormente, repetiu-se os estudos em argamassa, com a utilização dos cimentos CPIV 32 RS e CPV ARI RS. O teor de substituição neste estudo foi de 10% sobre o peso do cimento em duas diferentes relações água/aglomerante.

É importante ressaltar que o objetivo desta nova demanda de estudos não foi determinar uma finura ideal para cinza da casca do arroz, mas sim identificar se somente um aumento da finura do CCA corrigiria o seu baixo desempenho em relação a demanda de água e consequentemente a resistência da mistura.

Os resultados das curvas obtidas com o granulômetro a laser após a moagem das diferentes amostras de cinza estão apresentadas nas Figuras 5.20 e 5.21.

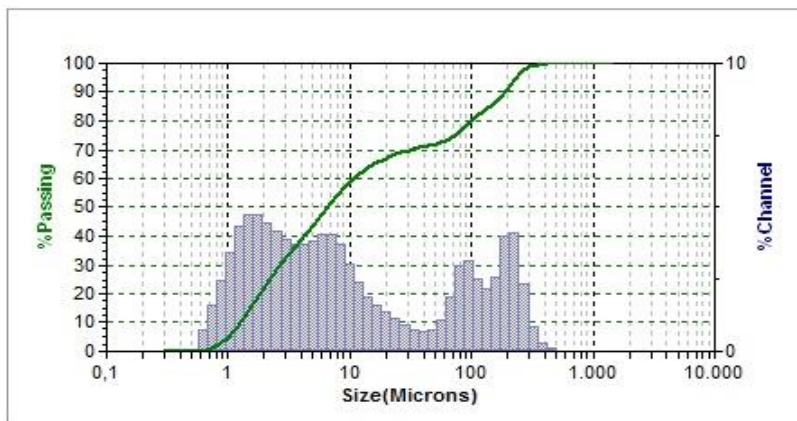


Figura 5.20 - Curva granulométrica da cinza do lote 5, após moagem em laboratório.

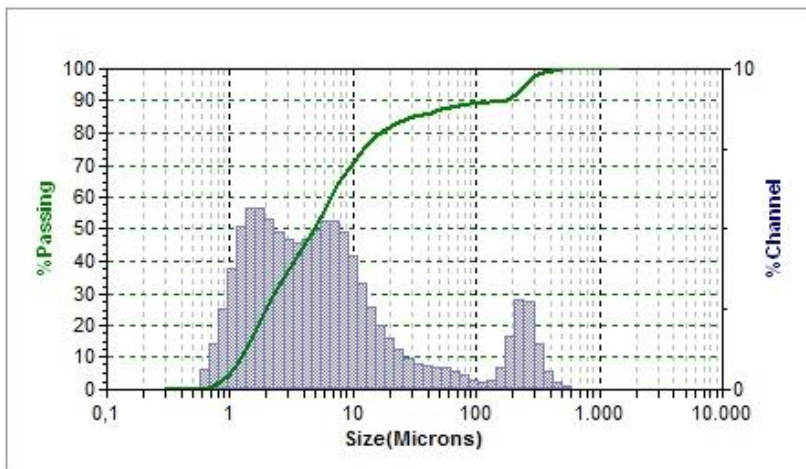


Figura 5.22 - Curva granulométrica da cinza do lote 6, após moagem em laboratório.

A porcentagem de substituição de cinza da casca do arroz foi fixada em 10% e foram estudadas apenas duas relações água/aglomerante, devido à pequena disponibilidade de cinzas dos mesmos lotes empregados neste estudo. Os demais procedimentos como preparos das amostras, tempos e moldagens dos corpos de prova são mantidos idênticos ao do primeiro estudo em argamassa.

As TABELAS 5.42 a 5.45 representam as quantidades de material utilizadas nos ensaios e seus índices de consistência para cada tipo de cimento, teor de substituição em 10% sobre o peso de cimento nos lotes de CCA 5 e 6, com finura normal e finura modificada.

TABELA 5.42: Dosagem de material para as argamassas com cimento CPIV 32 RS, com 10% de substituição de CCA em relação à massa de cimento e relação água / aglomerante de 0,45.

LOTE CAA	CIMENTO (g)	CAA (g)	AGUA (g)	ADITIVO (g)	M - REAL	AREIA (g)	FLOW MEDIO (mm)
-	822,22	0,00	370	4,93	1,4	1142,0	214,5
LOTE 5	740,00	82,22	370	4,93	1,3	1071,0	207,0
LOTE 6	740,00	82,22	370	4,93	1,2	977,0	214,3
LOTE 5 - modificado	740,00	82,22	370	4,93	1,6	1334,0	187,0
LOTE 6 - modificado	740,00	82,22	370	4,93	1,4	1129,0	208,3

TABELA 5.43: Dosagem de material para as argamassas com cimento CPIV 32 RS, com 10% de substituição de CCA em relação à massa de cimento e relação água / aglomerante de 0,55.

LOTE CAA	CIMENTO (g)	CAA (g)	AGUA (g)	ADITIVO (g)	M - REAL	AREIA (g)	FLOW MEDIO (mm)
-	672,73	0,00	370	4,04	1,9	1262,0	215,2
LOTE 5	605,45	67,27	370	4,04	2,2	1496,0	212,5
LOTE 6	605,45	67,27	370	4,04	2,0	1331,0	214,5
LOTE 5 - modificado	605,45	67,27	370	4,04	2,4	1496,0	191,5
LOTE 6 - modificado	605,45	67,27	370	4,04	2,2	1504,0	201,9

TABELA 5.44: Dosagem de material para as argamassas com cimento CPV ARI RS, com 10% de substituição de CCA em relação à massa de cimento e relação água / aglomerante de 0,45.

LOTE CAA	CIMENTO (g)	CAA (g)	AGUA (g)	ADITIVO (g)	M- REAL	AREIA (g)	FLOW MEDIO (mm)
-	822,22	0,00	370	4,93	1,5	1270,8	197,5
LOTE 5	740,00	82,22	370	4,93	1,4	1160,0	204,5
LOTE 6	740,00	82,22	370	4,93	1,4	1192,2	203,5
LOTE 5 - modificado	740,00	82,22	370	4,93	1,6	1316,0	196,0
LOTE 6 - modificado	740,00	82,22	370	4,93	1,6	1281,0	214,5

TABELA 5.45: Dosagem de material para as argamassas com cimento CPV ARI RS, com 10% de substituição de CCA em relação à massa de cimento e relação água / aglomerante de 0,55.

LOTE CAA	CIMENTO (g)	CAA (g)	AGUA (g)	ADITIVO (g)	M- REAL	AREIA (g)	FLOW MEDIO (mm)
-	672,73	0,00	370	4,04	2,5	1663,0	206,5
LOTE 5	605,45	67,27	370	4,04	2,2	1480,0	214,0
LOTE 6	605,45	67,27	370	4,04	1,8	1194,3	215,0
LOTE 5 - modificado	605,45	67,27	370	4,04	2,3	1573,0	215,0
LOTE 6 - modificado	605,45	67,27	370	4,04	2,1	1445,3	204,1

6. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo apresenta-se os resultados obtidos referentes aos estudos apresentados no capítulo 5.

Dos estudos em argamassa é apresentada a análise das influências das seguintes variáveis: Relação água/aglomerante, tipo de cimento, lotes de CCA, teores de substituição do CAA sobre a massa do cimento, incorporação de agregado miúdo e resistência característica à compressão.

Posteriormente, no estudo em concreto, verificou-se as influências das CCA dos lotes 5 e 6 em substituição à massa de cimento, fixando o abatimento de cada mistura em 140+-20 mm.

6.1 Resultados dos ensaios em argamassa

6.1.1 Incorporação de Material

Observou-se que a substituição do cimento pelos diferentes lotes de cinza da casca do arroz em diferentes teores influenciaram na incorporação de areias nas misturas. Nota - se essas diferenças nas TABELAS 5.15 a 5.31, TABELAS 5.40 a 5.43 e nas FIGURAS 6.1 a 6.8, as diferenças de incorporação de areia em cada mistura.

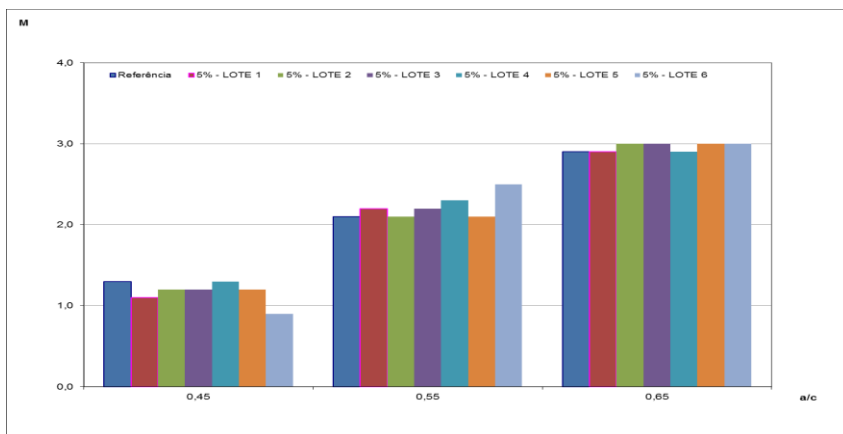


FIGURA 6.1 - Incorporação de material em diferentes relações água/aglomerante com substituição em 5% de CCA em massa de diferentes lotes, com cimento CPIV 32 RS.

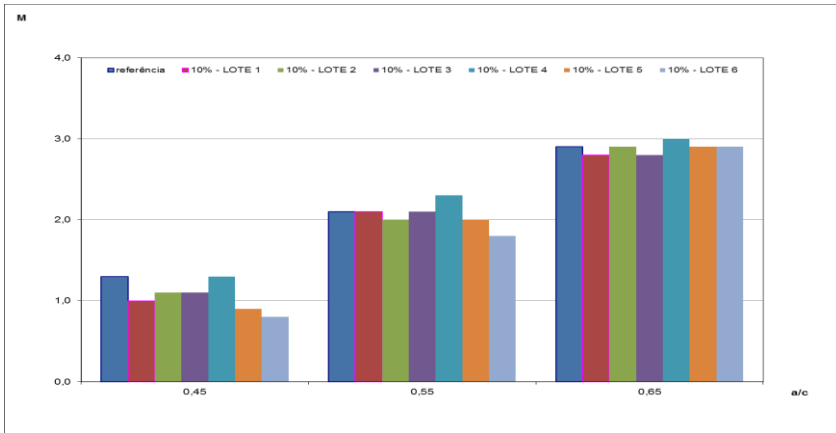


FIGURA 6.2 - Incorporação de material em diferentes relações água/aglomerante com substituição em 10% de CCA em massa de diferentes lotes, com cimento CPIV 32 RS.

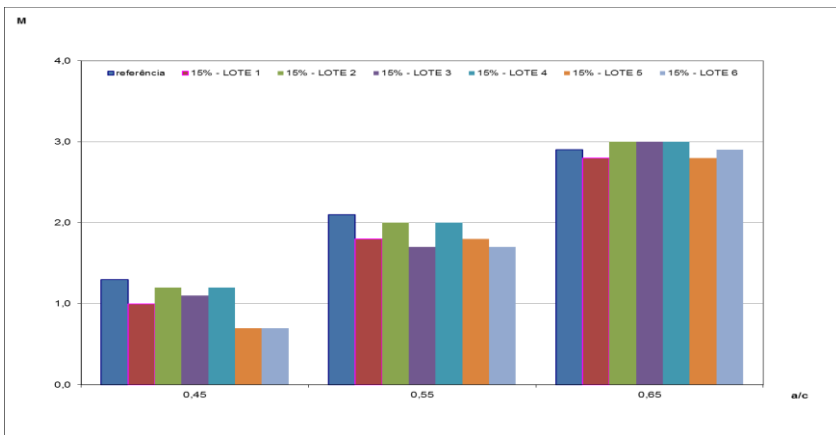


FIGURA 6.3 - Incorporação de material em diferentes relações água/aglomerante com substituição em 15% de CCA em massa de diferentes lotes, com cimento CPIV 32 RS.

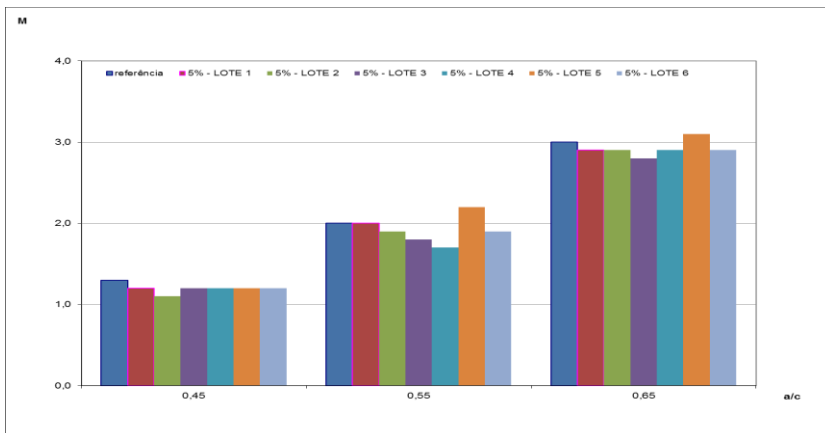


FIGURA 6.4 - Incorporação de material em diferentes relações água/aglomerante com substituição em 5% de CCA em massa de diferentes lotes, com cimento CPV ARI RS.

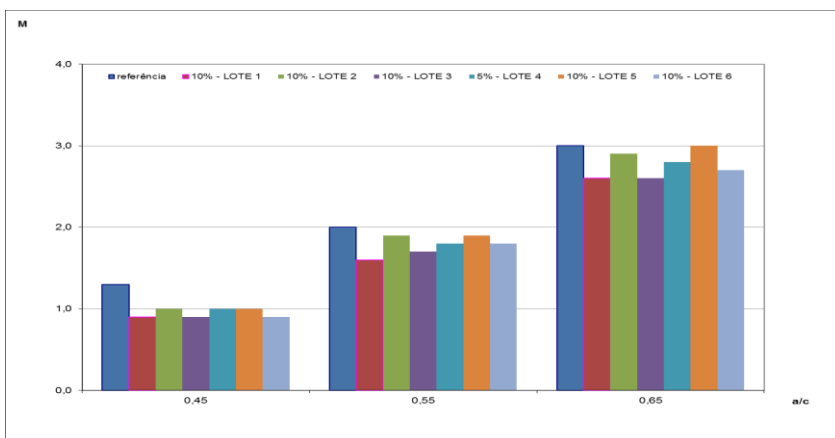


FIGURA 6.5 - Incorporação de material em diferentes relações água/aglomerante com substituição em 10% de CCA em massa de diferentes lotes, com cimento CPV ARI RS.

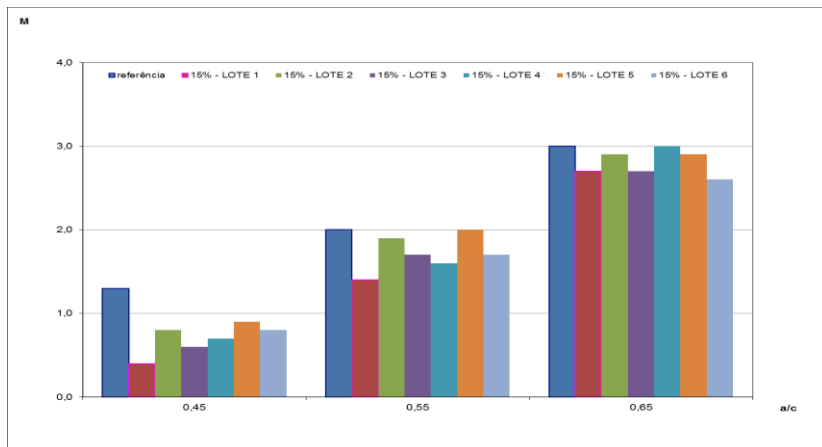


FIGURA 6.6 - Incorporação de material em diferentes relações água/aglomerante com substituição em 15% de CCA em massa de diferentes lotes, com cimento CPV ARI RS.

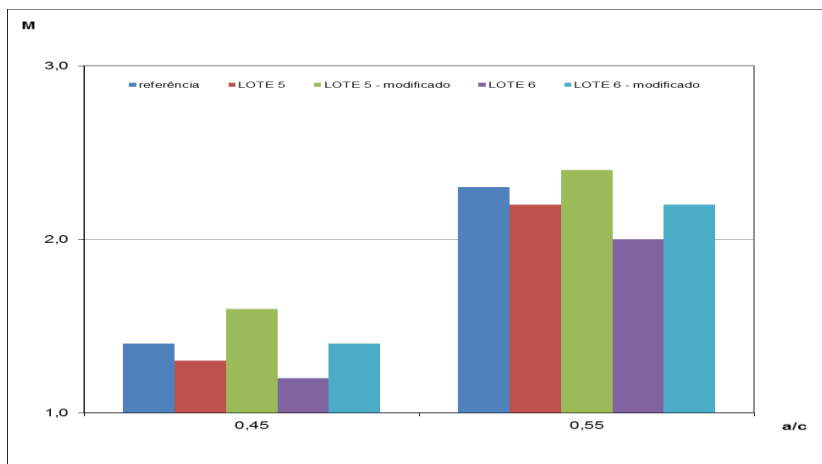


FIGURA 6.7: Incorporação de material em diferentes relações água/aglomerante com substituição em 10% de CCA modificado, em massa de diferentes, com cimento CPIV 32 RS.

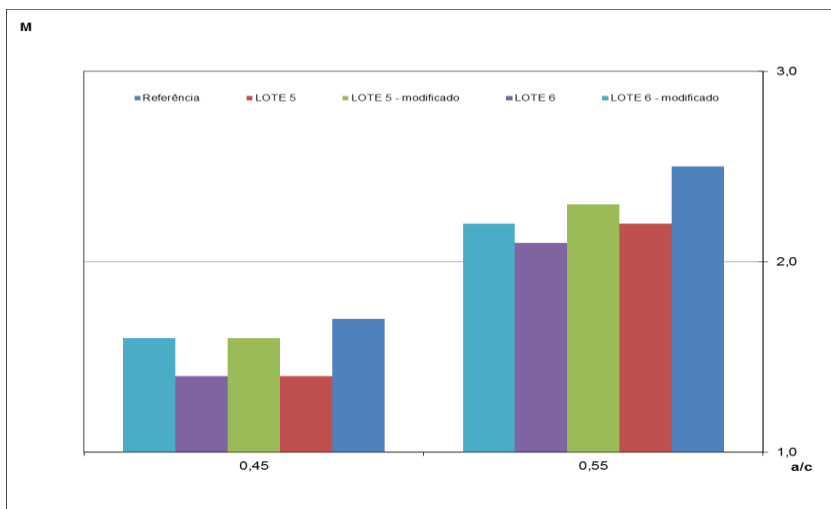


FIGURA 6.8: Incorporação de material em diferentes relações água/aglomerante com substituição em 10% de CCA modificado, em massa de diferentes, com cimento CPV ARI RS.

À medida que a relação água/aglomerante é diminuída nas misturas, em geral, diminui-se a quantidade de material na mistura para chegar à mesma consistência desejada. Isto pode ser explicado pelo fato de que é a relação água/materiais secos que governa a consistência de uma argamassa, para um mesmo traço e, quanto maior a quantidade de aglomerante, maior será a relação água/materiais secos da argamassa devido ao aumento da superfície específica da mistura. Assim, no caso da relação água/aglomerante de 0,45, a relação água/materiais secos ficou na ordem de 22% enquanto que, para a relação 0,65, este valor ficou na casa de 17%.

A substituição de cimento por cinza da casca do arroz, independente do lote ou teor, diminui a fluidez da argamassa, o que pode ser observado na relação água/aglomerante 0,45. Essa diminuição na consistência acontece ainda com mais ênfase no cimento CPV ARI RS do que no cimento CPIV 32 RS. Isto ocorre possivelmente pelo excesso de finos que naturalmente existe nessas argamassas (cimento mais CCA) com baixa relação água cimento e pela menor massa específica que possui a CCA em relação a do cimento já que a substituição foi feita em massa.

Nota-se que nas relações água/aglomerante 0,55 e 0,65, a diferença entre consistência em diferentes lotes é diminuída e em alguns

casos, consegue-se incorporar mais areia do que os traços referência. Isto ocorre pela maior quantidade de areia incorporada em função da maior quantidade de água na mistura o que faz com que os finos trabalhem como lubrificante reduzindo o atrito dos agregados. Todavia, é possível observar uma maior variação no incremento de agregado em relação à referência no cimento CPV ARI RS.

Depois da realização da moagem dos lotes 5 e 6, foi repetido o estudo em argamassa e observou-se uma grande diferença no incremento de material para uma dada consistência (Figuras 6.7 e 6.8). Isto pode ser explicado pela natural estrutura porosa das partículas de CCA que, quando moída, reduz a demanda de água na mistura.

Nota-se que a incorporação de areia no estudo em argamassa pode ser um indicador valioso quanto ao uso de uma adição em um determinado cimento. Percebe-se também que a variação dos lotes implicou em mudança de trabalhabilidade das misturas o que pode gerar variabilidades adicionais nas propriedades dos concretos no estado fresco com este tipo de adição.

6.2 Resistências à Compressão das argamassas

Os resultados obtidos das resistências à compressão das argamassas com cimento CPIV 32 RS e CPV ARI RS, estão apresentados nas TABELAS 6.1 a 6.6 e FIGURAS 6.9 a 6.14, obtidos com os diferentes lotes de cinza da casca do arroz.

TABELA 6.1: Resistência à compressão em MPa das argamassas com cimento CPIV 32 RS, com 5%, 10% e 15% de substituição de CCA e relação água / aglomerante de 0,45.

LOTE CAA	REFERÊNCIA			CAA 5%			CAA 10%			CAA 15%		
	R7	R28	R63	R7	R28	R63	R7	R28	R63	R7	R28	R63
-	29,80	49,80	58,49									
LOTE 1				27,20	46,90	51,31	31,00	50,40	58,00	31,90	51,30	54,66
LOTE 2				32,30	46,80	52,30	32,40	44,30	53,51	30,20	49,40	49,87
LOTE 3				33,70	41,70	47,44	29,50	52,60	55,27	32,50	53,70	56,65
LOTE 4				33,50	46,90	56,95	32,60	45,90	55,20	31,70	48,30	52,32
LOTE 5				29,71	47,48	57,90	29,93	48,22	58,30	31,85	47,22	57,40
LOTE 6				29,57	33,60	51,32	30,59	39,50	47,21	20,07	37,08	46,90

TABELA 6.2: Resistência à compressão em MPa das argamassas com cimento CPIV 32 RS, com 5%, 10% e 15% de substituição de CCA e relação água / aglomerante de 0,55.

LOTE CAA	REFERÊNCIA			CAA 5%			CAA 10%			CAA 15%		
	R7	R28	R63	R7	R28	R63	R7	R28	R63	R7	R28	R63
-	25,63	35,30	42,48									
LOTE 1				24,80	35,60	41,21	24,81	35,47	43,57	23,00	40,30	49,20
LOTE 2				27,13	32,60	40,81	25,47	35,60	41,63	23,10	35,75	42,14
LOTE 3				27,07	35,60	45,25	22,76	34,14	35,01	18,10	37,49	38,80
LOTE 4				23,64	34,90	44,48	24,88	32,60	41,28	23,30	36,90	43,30
LOTE 5				24,08	33,82	42,19	20,34	35,88	41,20	21,74	31,33	43,16
LOTE 6				21,43	29,44	38,22	20,22	28,65	37,81	18,70	26,00	34,37

TABELA 6.3: Resistência à compressão em MPa das argamassas com cimento CPIV 32 RS, com 5%, 10% e 15% de substituição de CCA e relação água / aglomerante de 0,65.

LOTE CAA	REFERÊNCIA			CAA 5%			CAA 10%			CAA 15%		
	R7	R28	R63	R7	R28	R63	R7	R28	R63	R7	R28	R63
-	18,88	29,44	38,31									
LOTE 1				22,00	33,60	37,52	19,03	32,10	42,66	14,70	29,00	42,57
LOTE 2				18,90	32,80	39,46	18,90	32,47	36,17	16,43	30,20	37,41
LOTE 3				18,60	32,90	41,61	20,12	30,17	41,16	18,97	31,55	35,86
LOTE 4				20,50	30,90	35,52	17,26	26,85	33,87	18,97	30,88	38,54
LOTE 5				19,20	28,01	37,08	17,82	28,28	36,80	16,34	29,45	37,21
LOTE 6				8,44	20,79	31,15	18,17	20,79	30,20	8,96	26,12	35,20

TABELA 6.4: Resistência à compressão em MPa das argamassas com cimento CPV ARI RS, com 5%, 10% e 15% de substituição de CCA e relação água/aglomerante de 0,45.

LOTE CAA	REFERÊNCIA			CAA 5%			CAA 10%			CAA 15%		
	R7	R28	R63	R7	R28	R63	R7	R28	R63	R7	R28	R63
-	41,82	54,20	58,9									
LOTE 1				42,91	56,65	66,64	28,14	43,69	52,70	33,39	47,01	59,70
LOTE 2				38,12	50,65	58,60	40,09	49,45	57,36	39,44	50,50	60,60
LOTE 3				34,14	43,86	52,80	30,80	49,14	56,97	33,05	50,69	59,32
LOTE 4				38,80	52,40	61,50	37,20	48,98	60,59	36,84	51,03	61,40
LOTE 5				44,00	46,25	51,39	41,60	54,28	58,60	42,87	50,40	56,00
LOTE 6				41,78	45,15	51,14	44,11	45,60	49,40	42,04	48,28	50,38

TABELA 6.5: Resistência à compressão em MPa das argamassas com cimento CPV ARI RS, com 5%, 10% e 15% de substituição de CCA e relação água / aglomerante de 0,55.

LOTE CAA	REFERÊNCIA			CAA 5%			CAA 10%			CAA 15%		
	R7	R28	R63	R7	R28	R63	R7	R28	R63	R7	R28	R63
-	36,67	41,76	47,82									
LOTE 1				35,58	41,54	50,77	35,60	44,76	49,51	32,87	37,83	47,50
LOTE 2				29,77	34,00	51,59	25,99	41,25	48,22	32,53	39,19	49,90
LOTE 3				26,10	40,70	49,90	36,36	47,04	54,50	34,48	44,95	52,20
LOTE 4				33,92	40,25	49,50	33,81	43,92	48,30	30,98	37,06	50,60
LOTE 5				34,68	40,72	46,50	34,34	41,13	44,70	31,89	44,13	48,23
LOTE 6				29,34	39,40	44,50	36,77	40,35	46,20	29,57	38,29	42,30

TABELA 6.6: Resistência à compressão em MPa das argamassas com cimento CPV ARI RS, com 5%, 10% e 15% de substituição de CCA e relação água / aglomerante de 0,65.

LOTE CAA	REFERÊNCIA			CAA 5%			CAA 10%			CAA 15%		
	R7	R28	R63	R7	R28	R63	R7	R28	R63	R7	R28	R63
-	28,83	35,02	39,8									
LOTE 1				29,70	35,81	39,81	25,10	32,93	41,02	29,41	33,62	41,06
LOTE 2				28,86	34,30	37,00	27,93	35,51	38,94	26,18	31,81	37,50
LOTE 3				29,59	35,15	40,20	29,17	38,42	37,32	26,81	36,13	43,80
LOTE 4				28,94	31,82	39,60	26,52	36,46	39,21	27,17	33,56	43,44
LOTE 5				28,76	35,15	38,21	26,24	34,38	38,30	26,62	35,37	39,10
LOTE 6				27,58	28,18	35,60	24,09	30,16	36,10	28,10	31,84	37,22

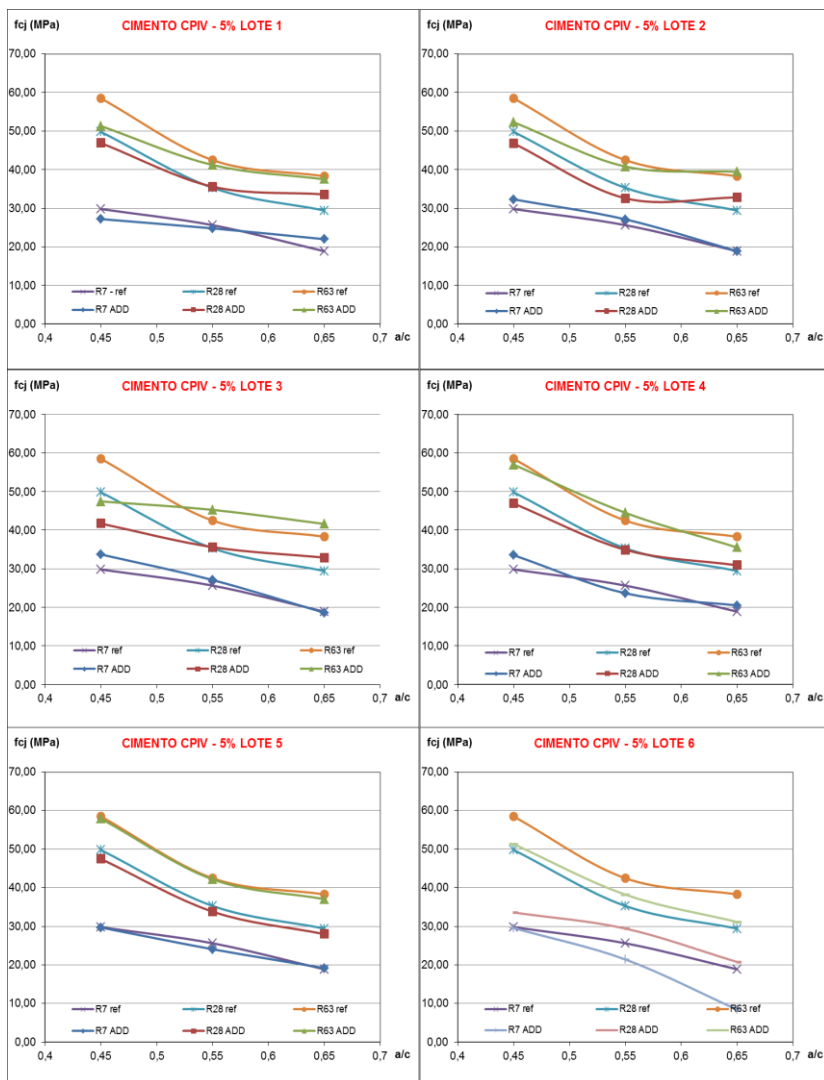


FIGURA 6.9 - Resistência à compressão em relações água/aglomerante 0,65, 0,55 e 0,45, com substituição em 5% de CCA em massa de diferentes lotes, utilizando cimento CPIV 32 RS.

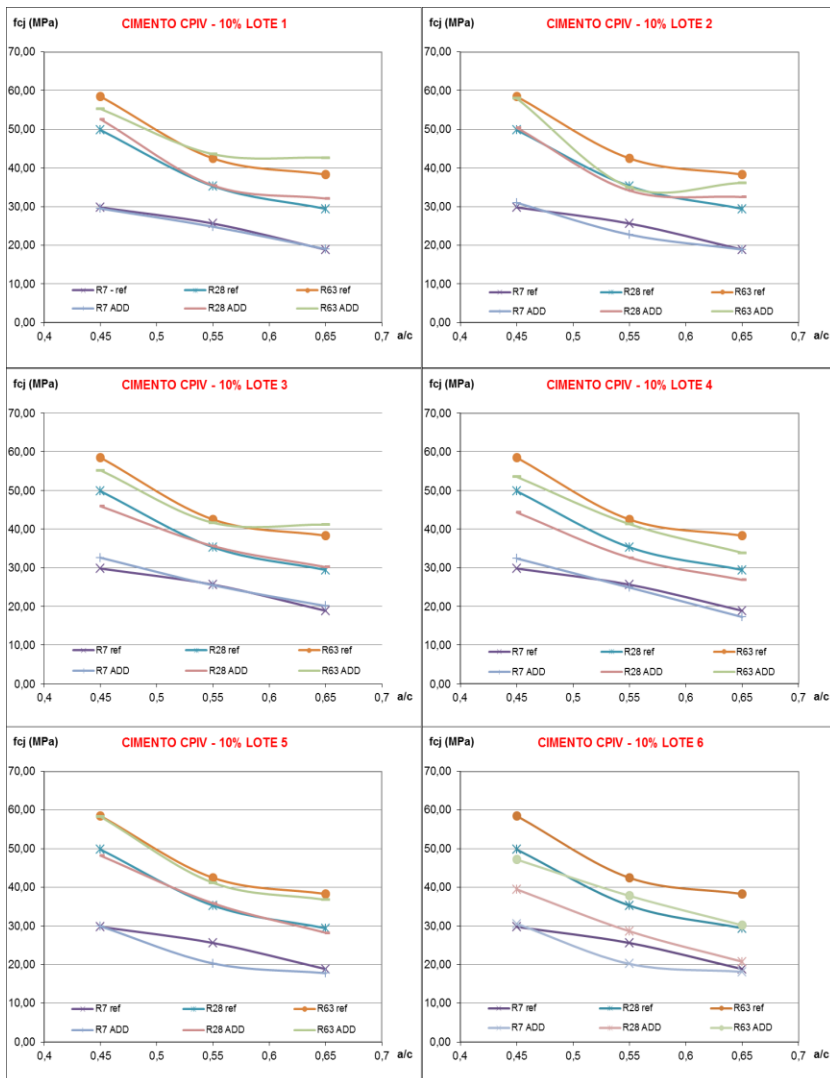


FIGURA 6.10 - Resistência à compressão relações água/aglomerante 0,65, 0,55 e 0,45, com substituição em 10% de CCA em massa de diferentes lotes, utilizando cimento CPIV 32 RS.

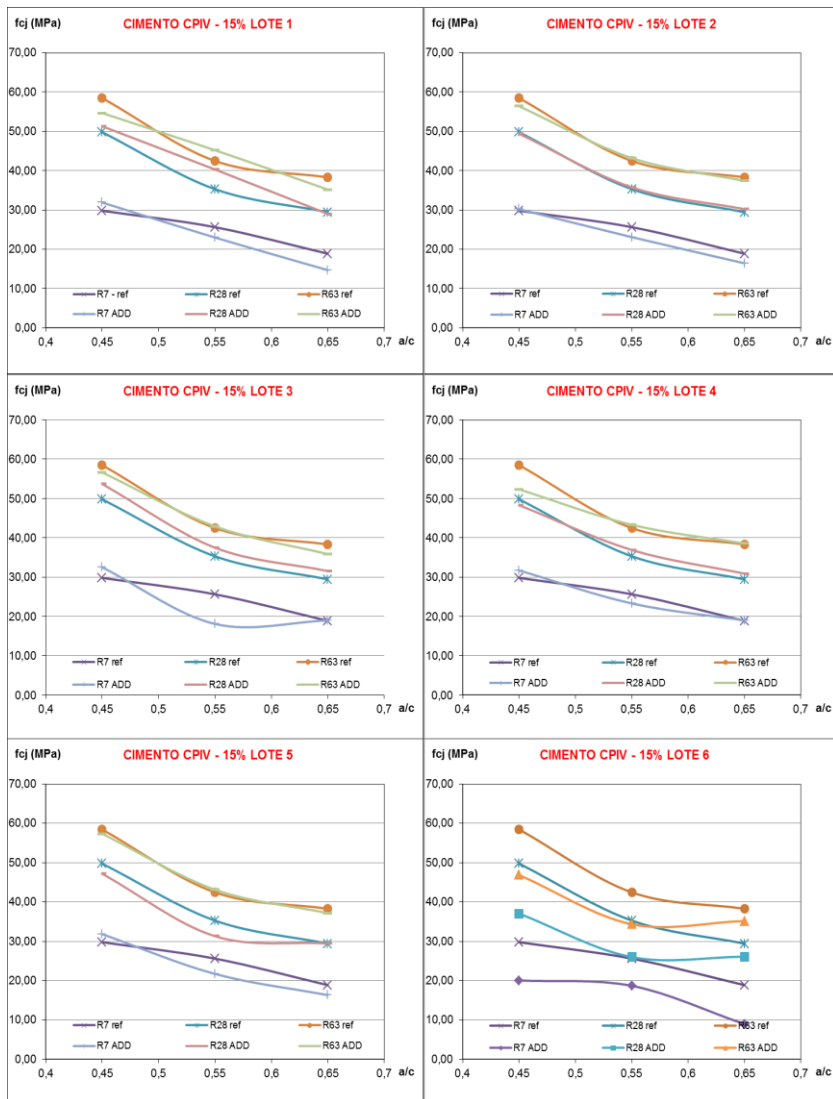


FIGURA 6.11- Resistência à compressão em relações água/aglomerante 0,65, 0,55 e 0,45, com substituição em 15% de CCA em massa de diferentes lotes, utilizando cimento CPIV 32 RS.

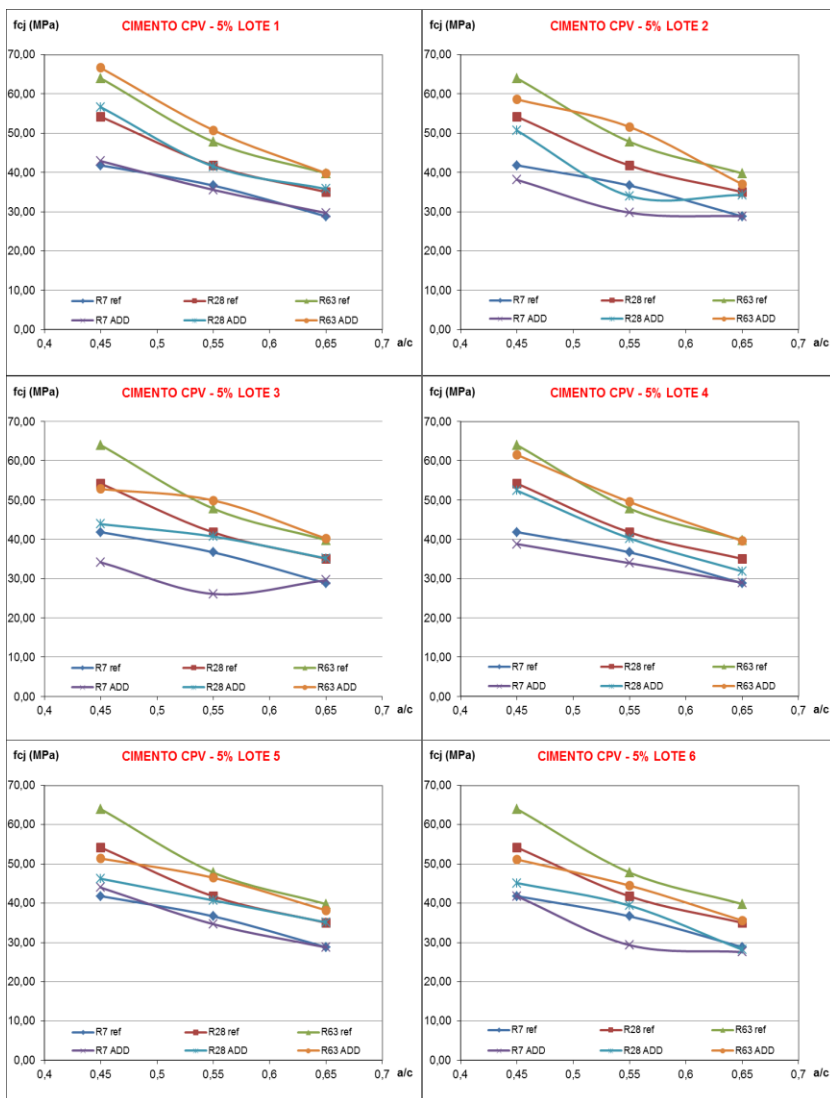


FIGURA 6.12 - Resistência à compressão em relações água/aglomerante 0,65 0,65, 0,55 e 0,45, com substituição em 5% de CCA em massa de diferentes lotes, utilizando cimento CPV ARI RS.

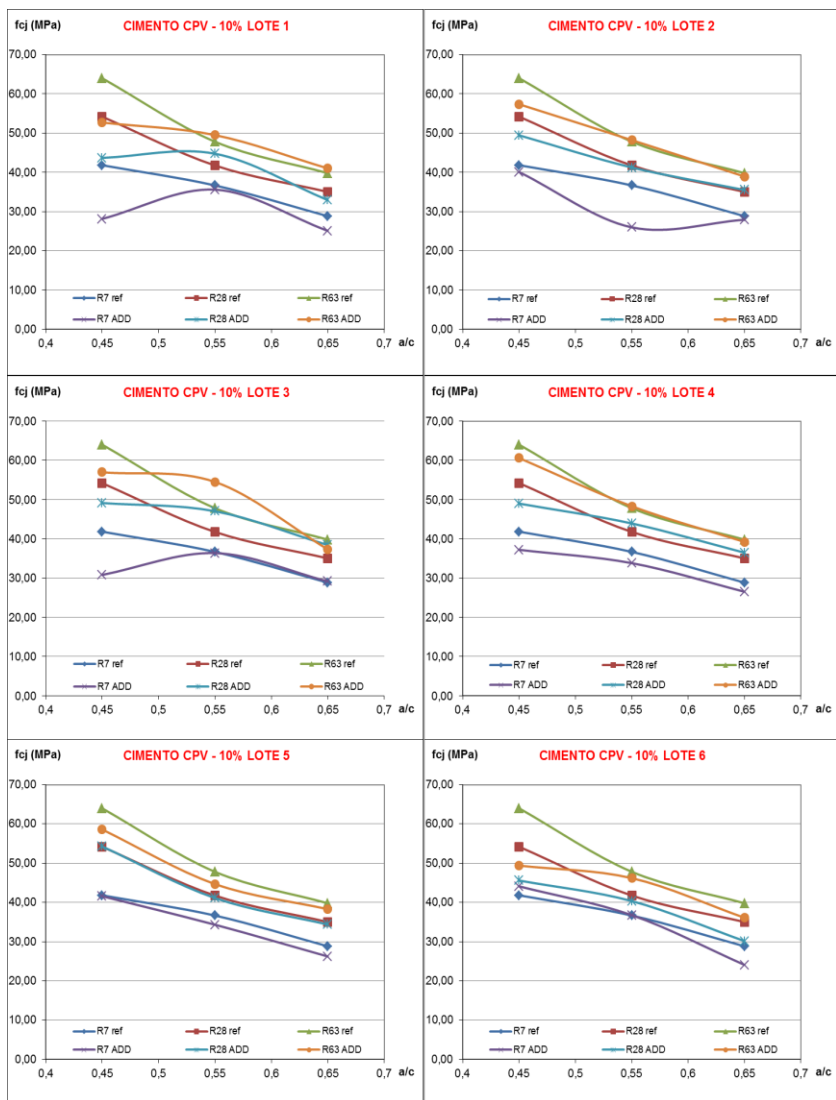


FIGURA 6.13 - Resistência à compressão em relações água/aglomerante 0,65, 0,55 e 0,45, com substituição em 10% de CCA em massa de diferentes lotes, utilizando cimento CPV ARI RS.

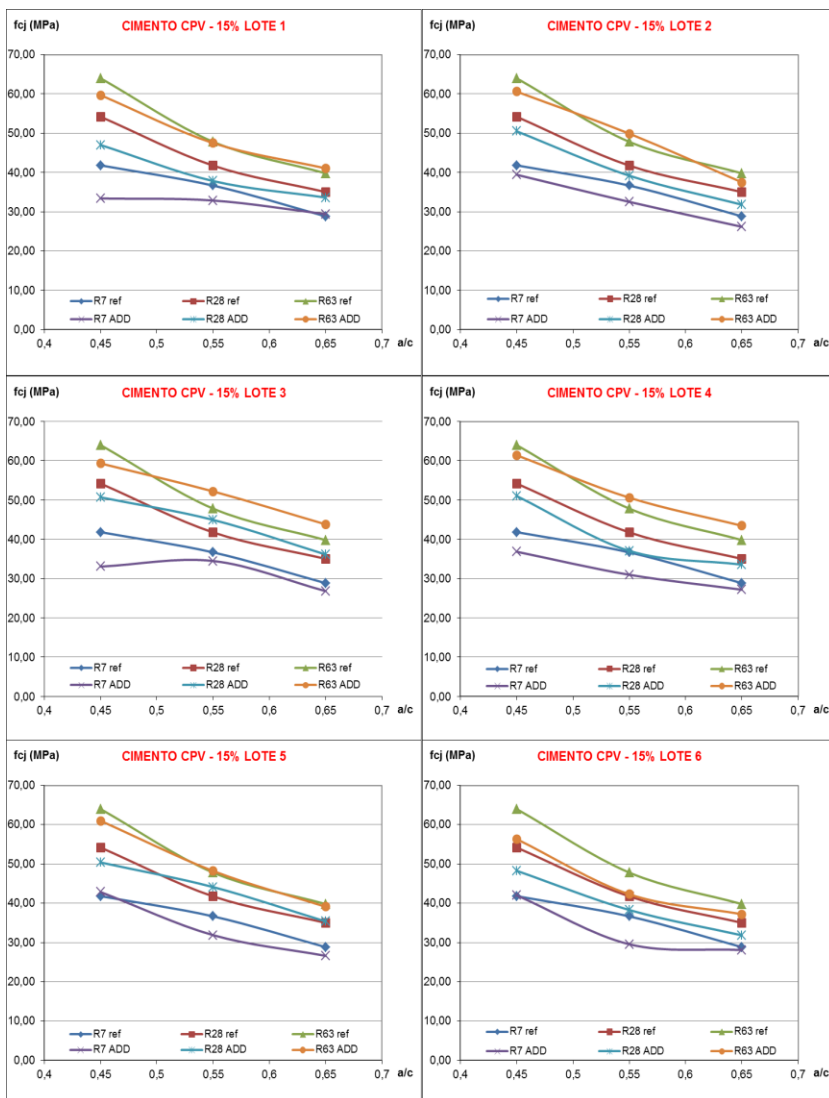


FIGURA 6.14 - Resistência à compressão em fatores relações água/aglomerante 0,65, 0,55 e 0,45, com substituição em 15% de CCA em massa de diferentes lotes, utilizando cimento CPV ARI RS.

Em se tratando das argamassas contendo cimento CPIV 32 RS, as distintas substituições com diferentes lotes de cinza da casca do arroz provocaram uma queda de resistência em relação às argamassas de referência. Esta queda foi pouco perceptível nas relações água/aglomerante 0,65 e 0,55 e mais intensa na relação 0,45.

No caso das argamassas contendo cimento CPV – ARI RS, observou-se uma variação benéfica na resistência para praticamente todos as relações água/aglomerante e distintos teores utilizados. Isto pode ser explicado pelo menor teor de cinza volante que este cimento possui em relação ao cimento CPIV (resíduo insolúvel de 14% e 25% respectivamente). Com isto, o teor de hidróxido de cálcio, necessário à reação com a CCA, é mais elevado promovendo uma mais eficiente reação pozolânica.

Sem dúvida, os desempenhos mais significativos da substituição do cimento por CCA foram nas relações água/cimento mais elevadas. Não se constatou uma nítida tendência a um melhor desempenho de um determinado nível de substituição. Em algumas situações, o melhor percentual de substituição foi de 15% e em outros de 5%.

Observa-se também uma grande diferença de desempenho das misturas contendo CCA do lote 6 em todos os teores de substituição em relação aos demais lotes. Já era esperado esse desempenho inferior em função dos resultados da caracterização desta cinza que apresentou o perfil mais cristalino no difratograma de raio X e o pior grau de moagem em relação aos outros lotes estudados (apenas 15% dos grãos eram inferiores a $5\mu\text{m}$ e o diâmetro médio das partículas era de $24\mu\text{m}$).

A moagem adicional realizada nas amostras referentes aos lotes 5 e 6, mostrou que é possível melhorar o desempenho das CCA mesmo possuindo uma composição cristalina. As TABELAS 6.7 a 6.10 e FIGURAS 6.15 a 6.17 mostram esta tendência.

TABELA 6.7: Resistência à compressão em MPa das argamassas com cimento CPIV 32 RS, com 10% de substituição dos lotes 5 e 6 modificados e não modificados de CCA em relação água / aglomerante 0,45.

LOTE CCA	REFERÊNCIA			CCA 10%		
	R7	R28	R63	R7	R28	R63
-	32,14	48,60	55,6			
LOTE 5				28,92	49,20	58,10
LOTE 5 - modificado				38,10	54,80	63,40
LOTE 6				31,28	44,66	56,20
LOTE 6 - modificado				30,13	52,15	62,50

TABELA 6.8: Resistência à compressão em MPa das argamassas com cimento CPIV 32 RS, com 10% de substituição dos lotes 5 e 6 modificados e não modificados de CCA em relação água / aglomerante 0,55.

LOTE CCA	REFERÊNCIA			CCA 10%		
	R7	R28	R63	R7	R28	R63
-	25,12	40,85	45,5			
LOTE 5				25,14	39,20	43,20
LOTE 5 - modificado				27,28	42,70	50,90
LOTE 6				25,33	38,34	41,93
LOTE 6 - modificado				25,00	41,60	50,53

TABELA 6.9: Resistência característica à compressão em MPa das argamassas com cimento CPV ARI RS, com 10% de substituição dos lotes 5 e 6 modificados e não modificados de CCA em relação água / aglomerante 0,45.

LOTE CCA	REFERÊNCIA			CCA 10%		
	R7	R28	R63	R7	R28	R63
-	43,87	51,97	63,3			
LOTE 5				35,38	51,30	65,50
LOTE 5 - modificado				46,20	55,10	67,20
LOTE 6				39,97	47,16	60,10
LOTE 6 - modificado				45,88	53,80	65,50

TABELA 6.10: Resistência característica à compressão em MPa das argamassas com cimento CPV ARI RS, com 10% de substituição dos lotes 5 e 6 modificados e não modificados de CCA em relação água / aglomerante 0,55.

LOTE CCA	REFERÊNCIA			CCA 10%		
	R7	R28	R63	R7	R28	R63
-	36,47	43,90	48,71			
LOTE 5				28,73	42,96	53,20
LOTE 5 - modificado				32,01	45,20	55,90
LOTE 6				24,26	42,30	52,73
LOTE 6 - modificado				28,93	43,70	54,30

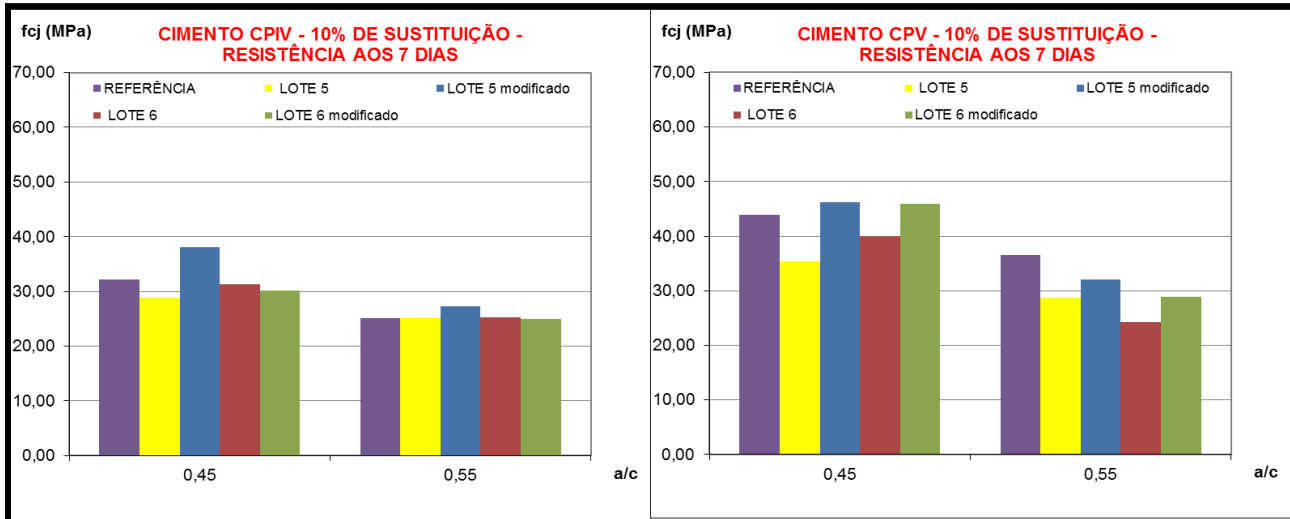


FIGURA 6.15 - Resistência à compressão aos 7 dias em relações água/aglomerante 0,55 e 0,45, com substituição em 10% de CCA em massa dos lotes 5 e 6, modificados e não modificados, utilizando os cimentos CPIV 32 RS e CPV ARI RS.

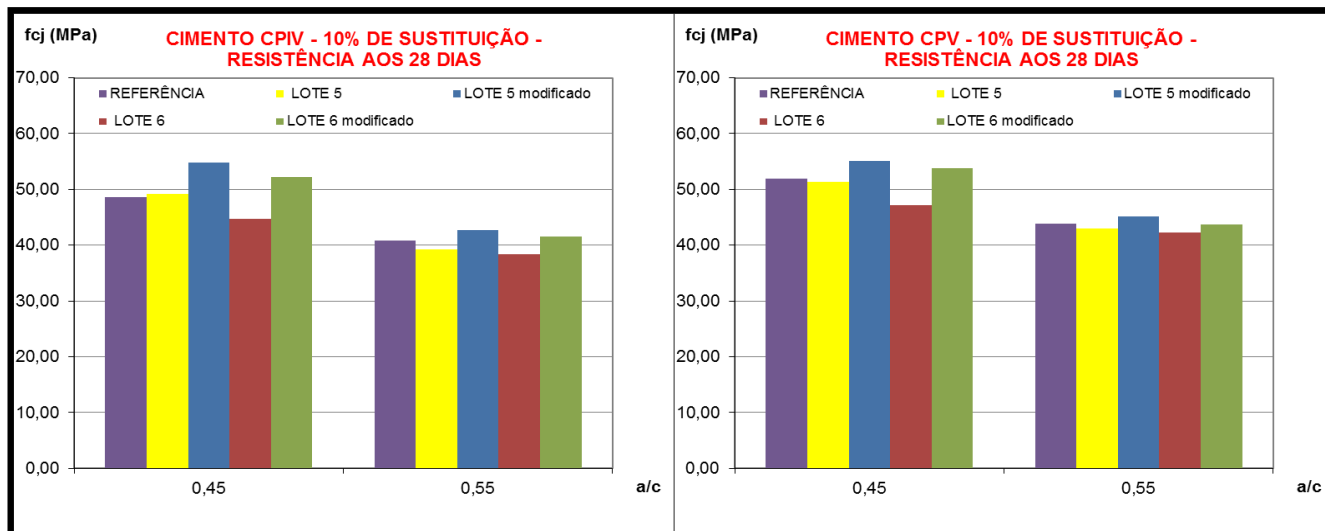


FIGURA 6.16 - Resistência à compressão aos 28 dias em relações água/aglomerante 0,55 e 0,45, com substituição em 10% de CCA em massa dos lotes 5 e 6, modificados e não modificados, utilizando os cimentos CPIV 32 RS e CPV ARI RS.

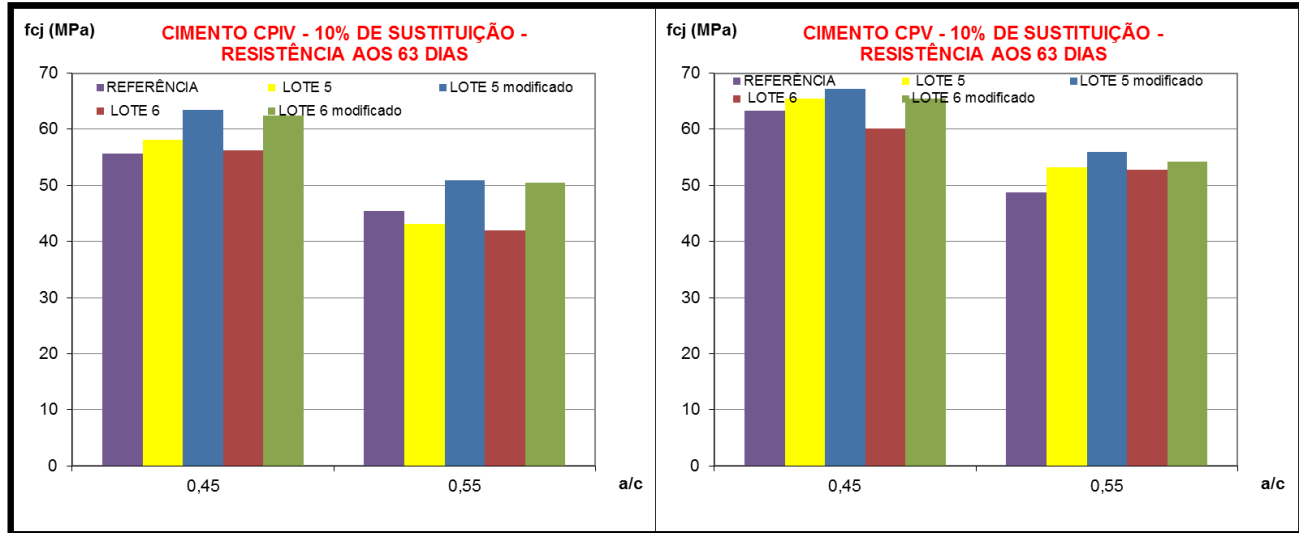


FIGURA 6.17 - Resistência à compressão aos 63 dias em relações água/aglomerante 0,55 e 0,45, com substituição em 10% de CCA em massa dos lotes 5 e 6, modificados e não modificados, utilizando os cimentos CPIV 32 RS e CPV ARI RS.

Com base nos resultados de 7 dias, consegue-se observar uma evolução significativa nas resistências das argamassas, principalmente na substituição feita no cimento CPV ARI RS. A evidência na melhora da resistência das argamassas confeccionadas com CCA dos lotes modificados é mais pronunciada na relação água/aglomerante 0,45.

Por sua vez, os resultados aos 28 dias demonstram uma grande evolução de crescimento de resistência nas relações água/aglomerante 0,55 e 0,45. Nesta idade de ruptura, todas as argamassas feitas com as CCA dos lotes modificados ultrapassam as argamassas referência em termos de resistência.

Analisando os resultados de 63 dias, nota-se novamente um desempenho superior nas argamassas contendo CCA dos lotes de cinza modificados em relação às demais amostras. Desta forma, fica evidente a eficácia que a moagem tem em relação ao desempenho deste insumo e que é capaz de compensar deficiências na mineralogia da CCA advindas de uma queima mal feita.

6.3 Resultados dos Ensaios em Concreto

Foram confeccionadas 8 curvas de dosagens, com os cimentos CPIV 32 RS e CPV ARI RS, substituindo em massa os lotes 5 e 6, nas porcentagens de 5%, 10% e 15%, igualmente utilizados no estudo de argamassa. Desta forma, foi possível comparar com o desempenho obtido no estudo em argamassa apresentado anteriormente.

Os consumos de aglomerante utilizados nestas curvas de dosagens são obtidos através de pesquisa na própria central de concreto, onde estes quatro consumos que estão sendo estudados representam 90% da gama de traços comercializados nesta empresa. Os resultados de todos os traços e curvas de dosagens, suas variações e desempenho físico e econômico estão expostos nos itens subsequentes deste trabalho.

6.3.1 Incorporação de Ar e Massa Específica

Os resultados de incorporação de ar e massa específica dos concretos desenvolvidos foram obtidos através do método gravimétrico. Esta escolha fez-se necessária para não perder concreto e/ou reutilizar a amostra de concreto deste ensaio para, posteriormente e após homogeneizada toda a mistura, confeccionar a moldagem dos corpos-de-prova. Estas informações estão expressas nas TABELAS 6.11 à 6.18.

TABELA 6.11: Incorporação de ar e massa específica dos concretos com cimento CPIV 32 RS, com 5%, 10% e 15% de substituição dos lotes 5 e 6 CCA, com consumo de aglomerante em 270 Kg/m³.

LOTE CAA	CINZA (%)	AGLOMERANTE (Kg/m ³)	CIMENTO (Kg/m ³)	CAA (Kg/m ³)	ADITIVO (Kg/m ³)	AR INCORP.	M. E. (Kg/m ³)
-	0	270,0	270,0	0,0	1,62	1,00%	2554,22
LOTE 5	5,0	270,0	256,5	13,5	1,62	1,08%	2546,18
LOTE 6	5,0	270,0	256,5	13,5	1,62	1,21%	2550,20
LOTE 5	10,0	270,0	243,0	27,0	1,62	1,14%	2542,17
LOTE 6	10,0	270,0	243,0	27,0	1,62	1,07%	2550,20
LOTE 5	15,0	270,0	229,5	40,5	1,62	1,08%	2542,17
LOTE 6	15,0	270,0	229,5	40,5	1,62	1,60%	2530,12

TABELA 6.12: Incorporação de ar e massa específica dos concretos com cimento CPIV 32 RS, com 5%, 10% e 15% de substituição dos lotes 5 e 6 CCA, com consumo de aglomerante em 310 Kg/m³.

LOTE CAA	CINZA (%)	AGLOMERANTE (Kg/m ³)	CIMENTO (Kg/m ³)	CAA (Kg/m ³)	ADITIVO (Kg/m ³)	AR INCORP.	M. E. (Kg/m ³)
-	0	310,0	310,0	0,0	1,86	0,68%	2554,22
LOTE 5	5,0	310,0	294,5	15,5	1,86	0,83%	2550,20
LOTE 6	5,0	310,0	294,5	15,5	1,86	1,05%	2546,18
LOTE 5	10,0	310,0	279,0	31,0	1,86	0,94%	2546,18
LOTE 6	10,0	310,0	279,0	31,0	1,86	1,26%	2542,17
LOTE 5	15,0	310,0	263,5	46,5	1,86	2,02%	2518,07
LOTE 6	15,0	310,0	263,5	46,5	1,86	2,10%	2516,27

TABELA 6.13: Incorporação de ar e massa específica dos concretos com cimento CPIV 32 RS, com 5%, 10% e 15% de substituição dos lotes 5 e 6 CCA, com consumo de aglomerante em 350 Kg/m³.

LOTE CAA	CINZA (%)	AGLOMERANTE (Kg/m ³)	CIMENTO (Kg/m ³)	CAA (Kg/m ³)	ADITIVO (Kg/m ³)	AR INCORP.	M. E. (Kg/m ³)
-	0	350,0	350,0	0,0	2,10	0,29%	2570,28
LOTE 5	5,0	350,0	332,5	17,5	2,10	0,72%	2554,22
LOTE 6	5,0	350,0	332,5	17,5	2,10	0,74%	2558,23
LOTE 5	10,0	350,0	315,0	35,0	2,10	1,09%	2546,18
LOTE 6	10,0	350,0	315,0	35,0	2,10	1,54%	2534,14
LOTE 5	15,0	350,0	297,5	52,5	2,10	1,27%	2538,15
LOTE 6	15,0	350,0	297,5	52,5	2,10	1,58%	2434,14

TABELA 6.14: Incorporação de ar e massa específica dos concretos com cimento CPIV 32 RS, com 5%, 10% e 15% de substituição dos lotes 5 e 6 CCA, com consumo de aglomerante em 390 Kg/m³.

LOTE CAA	CINZA (%)	AGLOMERANTE (Kg/m ³)	CIMENTO (Kg/m ³)	CAA (Kg/m ³)	ADITIVO (Kg/m ³)	AR INCORP.	M. E. (Kg/m ³)
-	0	390,0	390,0	0,0	2,34	0,92%	2554,22
LOTE 5	5,0	390,0	370,5	19,5	2,34	1,15%	2546,18
LOTE 6	5,0	390,0	370,5	19,5	2,34	0,91%	2554,22
LOTE 5	10,0	390,0	351,0	39,0	2,34	1,05%	2538,15
LOTE 6	10,0	390,0	351,0	39,0	2,34	1,21%	2542,17
LOTE 5	15,0	390,0	331,5	58,5	2,34	1,72%	2522,09
LOTE 6	15,0	390,0	331,5	58,5	2,34	2,02%	2518,07

TABELA 6.15: Incorporação de ar e massa específica dos concretos com cimento CPV ARI RS, com 5%, 10% e 15% de substituição dos lotes 5 e 6 CCA, com consumo de aglomerante em 270 Kg/m³.

LOTE CAA	CINZA (%)	AGLOMERANTE (Kg/m ³)	CIMENTO (Kg/m ³)	CAA (Kg/m ³)	ADITIVO (Kg/m ³)	AR INCORP.	M. E. (Kg/m ³)
-	0	270,0	270,0	0,0	1,62	0,62%	2566,27
LOTE 5	5,0	270,0	256,5	13,5	1,62	1,03%	2554,22
LOTE 6	5,0	270,0	256,5	13,5	1,62	1,97%	2534,14
LOTE 5	10,0	270,0	243,0	27,0	1,62	0,65%	2562,25
LOTE 6	10,0	270,0	243,0	27,0	1,62	1,23%	2550,20
LOTE 5	15,0	270,0	229,5	40,5	1,62	0,79%	2554,22
LOTE 6	15,0	270,0	229,5	40,5	1,62	1,52%	2538,15

TABELA 6.16: Incorporação de ar e massa específica dos concretos com cimento CPV ARI RS, com 5%, 10% e 15% de substituição dos lotes 5 e 6 CCA, com consumo de aglomerante em 310 Kg/m³.

LOTE CAA	CINZA (%)	AGLOMERANTE (Kg/m ³)	CIMENTO (Kg/m ³)	CAA (Kg/m ³)	ADITIVO (Kg/m ³)	AR INCORP.	M. E. (Kg/m ³)
-	0	310,0	310,0	0,0	1,86	0,30%	2570,28
LOTE 5	5,0	310,0	294,5	15,5	1,86	0,42%	2566,27
LOTE 6	5,0	310,0	294,5	15,5	1,86	1,21%	2554,22
LOTE 5	10,0	310,0	279,0	31,0	1,86	0,59%	2554,22
LOTE 6	10,0	310,0	279,0	31,0	1,86	0,57%	2558,23
LOTE 5	15,0	310,0	263,5	46,5	1,86	1,00%	2542,17
LOTE 6	15,0	310,0	263,5	46,5	1,86	0,94%	2546,18

TABELA 6.17: Incorporação de ar e massa específica dos concretos com cimento CPV ARI RS, com 5%, 10% e 15% de substituição dos lotes 5 e 6 CCA, com consumo de aglomerante em 350 Kg/m³.

LOTE CAA	CINZA (%)	AGLOMERANTE (Kg/m ³)	CIMENTO (Kg/m ³)	CAA (Kg/m ³)	ADITIVO (Kg/m ³)	AR INCORP.	M. E. (Kg/m ³)
-	0	350,0	350,0	0,0	2,10	0,90%	2566,27
LOTE 5	5,0	350,0	332,5	17,5	2,10	0,60%	2566,27
LOTE 6	5,0	350,0	332,5	17,5	2,10	1,30%	2554,22
LOTE 5	10,0	350,0	315,0	35,0	2,10	1,40%	2546,18
LOTE 6	10,0	350,0	315,0	35,0	2,10	1,70%	1546,18
LOTE 5	15,0	350,0	297,5	52,5	2,10	1,30%	2550,20
LOTE 6	15,0	350,0	297,5	52,5	2,10	1,90%	2542,17

TABELA 6.18: Incorporação de ar e massa específica dos concretos com cimento CPV ARI RS, com 5%, 10% e 15% de substituição dos lotes 5 e 6 CCA, com consumo de aglomerante em 390 Kg/m³.

LOTE CAA	CINZA (%)	AGLOMERANTE (Kg/m ³)	CIMENTO (Kg/m ³)	CAA (Kg/m ³)	ADITIVO (Kg/m ³)	AR INCORP.	M. E. (Kg/m ³)
-	0	390,0	390,0	0,0	2,34	0,51%	2578,31
LOTE 5	5,0	390,0	370,5	19,5	2,34	0,98%	2566,27
LOTE 6	5,0	390,0	370,5	19,5	2,34	1,56%	2550,20
LOTE 5	10,0	390,0	351,0	39,0	2,34	1,17%	2554,22
LOTE 6	10,0	390,0	351,0	39,0	2,34	1,12%	2558,23
LOTE 5	15,0	390,0	331,5	58,5	2,34	1,27%	2550,20
LOTE 6	15,0	390,0	331,5	58,5	2,34	1,67%	2542,17

6.3.2 Resistências dos Concretos

Os resultados das resistências características à compressão dos concretos com e sem substituição de cinza da casca do arroz, confeccionadas com cimento CPIV 32 RS e CPV ARI RS, estão expressos nas TABELAS 6.19 a 6.26 e nas FIGURAS 6.17 a 6.20.

TABELA 6.19: Resistência à compressão em MPa dos concretos com cimento CPIV 32 RS, com 5%, 10% e 15% de substituição por CCA dos lotes 5 e 6, com consumo de aglomerante em 270 Kg/m³.

LOTE CAA	CINZA (%)	AGLOMERANTE (Kg/m ³)	R1	R7	R28	R63
-	0	270,0	6,07	14,30	21,30	25,00
LOTE 5	5,0	270,0	5,33	14,00	21,10	25,10
LOTE 6	5,0	270,0	4,79	12,90	20,50	24,40
LOTE 5	10,0	270,0	4,98	13,00	20,70	26,20
LOTE 6	10,0	270,0	4,04	12,10	20,10	23,30
LOTE 5	15,0	270,0	3,82	10,50	19,80	25,40
LOTE 6	15,0	270,0	3,36	10,60	18,00	20,70

TABELA 6.20: Resistência à compressão em MPa dos concretos com cimento CPIV 32 RS, com 5%, 10% e 15% de substituição por CCA dos lotes 5 e 6, com consumo de aglomerante em 310 Kg/m³.

LOTE CAA	CINZA (%)	AGLOMERANTE (Kg/m ³)	R1	R7	R28	R63
-	0	310,0	7,53	18,40	31,10	34,20
LOTE 5	5,0	310,0	6,10	17,10	29,80	34,30
LOTE 6	5,0	310,0	5,84	16,20	28,20	30,60
LOTE 5	10,0	310,0	5,40	16,60	30,40	32,50
LOTE 6	10,0	310,0	4,49	15,80	28,30	29,10
LOTE 5	15,0	310,0	4,80	14,90	29,70	31,90
LOTE 6	15,0	310,0	3,90	13,10	25,10	28,00

TABELA 6.21: Resistência à compressão em MPa dos concretos com cimento CPIV 32 RS, com 5%, 10% e 15% de substituição por CCA dos lotes 5 e 6, com consumo de aglomerante em 350 Kg/m³.

LOTE CAA	CINZA (%)	AGLOMERANTE (Kg/m ³)	R1	R7	R28	R63
-	0	350,0	9,01	25,70	37,90	47,20
LOTE 5	5,0	350,0	7,31	23,00	36,30	44,00
LOTE 6	5,0	350,0	6,69	22,40	32,80	42,50
LOTE 5	10,0	350,0	5,61	20,60	33,00	43,90
LOTE 6	10,0	350,0	5,22	19,20	33,70	41,40
LOTE 5	15,0	350,0	5,25	18,50	33,60	44,50
LOTE 6	15,0	350,0	4,20	16,90	28,10	37,70

TABELA 6.22: Resistência à compressão em MPa dos concretos com cimento CPIV 32 RS, com 5%, 10% e 15% de substituição por CCA dos lotes 5 e 6, com consumo de aglomerante em 390 Kg/m³.

LOTE CAA	CINZA (%)	AGLOMERANTE (Kg/m ³)	R1	R7	R28	R63
-	0	390,0	8,37	27,30	38,90	46,80
LOTE 5	5,0	390,0	8,08	24,70	38,40	44,80
LOTE 6	5,0	390,0	8,00	24,00	37,20	46,60
LOTE 5	10,0	390,0	7,79	22,50	38,10	45,40
LOTE 6	10,0	390,0	6,42	23,50	35,70	44,30
LOTE 5	15,0	390,0	6,34	21,40	35,00	43,70
LOTE 6	15,0	390,0	5,49	21,00	32,30	39,40

TABELA 6.23: Resistência à compressão em MPa dos concretos com cimento CPV ARI RS, com 5%, 10% e 15% de substituição por CCA dos lotes 5 e 6, com consumo de aglomerante em 270 Kg/m³.

LOTE CAA	CINZA (%)	AGLOMERANTE (Kg/m ³)	R1	R7	R28	R63
-	0	270,0	7,54	25,40	29,50	32,60
LOTE 5	5,0	270,0	6,80	23,00	31,30	34,80
LOTE 6	5,0	270,0	6,13	22,70	28,30	32,90
LOTE 5	10,0	270,0	6,59	21,00	29,50	35,10
LOTE 6	10,0	270,0	5,85	19,30	27,50	33,40
LOTE 5	15,0	270,0	5,30	19,40	29,90	32,60
LOTE 6	15,0	270,0	4,85	19,30	26,50	31,30

TABELA 6.24: Resistência à compressão em MPa dos concretos com cimento CPV ARI RS, com 5%, 10% e 15% de substituição por CCA dos lotes 5 e 6, com consumo de aglomerante em 270 Kg/m³., com consumo de aglomerante em 310 Kg/m³.

LOTE CAA	CINZA (%)	AGLOMERANTE (Kg/m ³)	R1	R7	R28	R63
-	0	310,0	10,88	30,50	35,00	39,00
LOTE 5	5,0	310,0	9,23	29,70	35,30	40,60
LOTE 6	5,0	310,0	9,59	27,10	32,20	36,00
LOTE 5	10,0	310,0	9,28	27,50	36,40	40,10
LOTE 6	10,0	310,0	8,22	26,50	33,20	37,20
LOTE 5	15,0	310,0	7,60	24,21	33,90	39,30
LOTE 6	15,0	310,0	6,59	23,10	31,20	34,80

TABELA 6.25: Resistência à compressão em MPa dos concretos com cimento CPV ARI RS, com 5%, 10% e 15% de substituição por CCA dos lotes 5 e 6, com consumo de aglomerante em 270 Kg/m³., com consumo de aglomerante em 350 Kg/m³.

LOTE CAA	CINZA (%)	AGLOMERANTE (Kg/m ³)	R1	R7	R28	R63
-	0	350,0	14,56	35,80	39,60	43,30
LOTE 5	5,0	350,0	13,46	35,20	41,80	45,10
LOTE 6	5,0	350,0	13,85	34,90	40,00	42,00
LOTE 5	10,0	350,0	14,90	34,10	42,20	45,10
LOTE 6	10,0	350,0	11,70	33,10	38,70	42,40
LOTE 5	15,0	350,0	10,26	30,80	39,70	43,90
LOTE 6	15,0	350,0	9,10	27,60	34,00	39,50

TABELA 6.26: Resistência à compressão em MPa dos concretos com cimento CPV ARI RS, com 5%, 10% e 15% de substituição por CCA dos lotes 5 e 6, com consumo de aglomerante em 390 Kg/m³.

LOTE CAA	CINZA (%)	AGLOMERANTE (Kg/m ³)	R1	R7	R28	R63
-	0	390,0	17,88	36,80	43,90	49,60
LOTE 5	5,0	390,0	14,53	34,20	44,60	49,40
LOTE 6	5,0	390,0	15,01	35,90	42,30	49,10
LOTE 5	10,0	390,0	13,62	34,20	42,00	49,90
LOTE 6	10,0	390,0	13,21	33,70	39,80	46,80
LOTE 5	15,0	390,0	12,65	30,80	40,90	47,30
LOTE 6	15,0	390,0	9,66	30,60	38,10	45,20

Analisando os resultados referentes aos consumos de aglomerante de 270 kg/m^3 do cimento CPIV 32 RS, percebe-se um desempenho inferior ao concreto referência nos dois lotes de CCA nas idades de 1, 7, e 28 dias. Aos 63 dias, especificamente no lote 5, com 10% de substituição, o resultado ultrapassa a resistência referência.

Quanto aos resultados referentes ao consumo de aglomerante de 270 kg/m^3 do cimento CPV ARI RS, conseguiu-se um desempenho igual ou superior em termos de resistência, especificamente no lote 5 com substituição de 5%, 10% e 15% com as idades de 28 e 63 dias.

É notória a diferença de desempenho entre o lote 5 e lote 6 no consumo de 270 kg/m^3 com os dois tipos de cimento utilizados em todos os 3 teores de substituição, conforme é expresso na FIGURA 6.18.

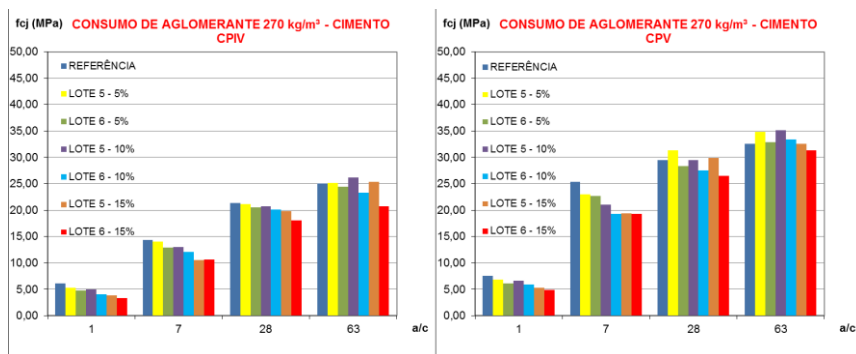


FIGURA 6.18 - Resistência à compressão a 1, 7, 28, 63 dias em concretos com consumo de aglomerante em 270 kg/m^3 , com substituição de 5%, 10%, 15% de CCA em massa dos lotes 5 e 6, utilizando os cimentos CPIV 32 RS e CPV ARI RS.

Analisando-se os resultados dos concretos com consumo de aglomerante de 310 kg/m^3 do cimento CPIV 32 RS, percebe-se um desempenho inferior ao concreto referência nos dois lotes de CCA nas idades de 1, 7, e 28 dias. Aos 63 dias, especificamente nos concretos referentes às adições de CCA do lote 5 com 5% de substituição, o resultado iguala-se ao da resistência referência.

Entretanto, nos resultados referentes ao consumo de aglomerante de 310 kg/m^3 do cimento CPV ARI RS, é possível observar um desempenho superior, especificamente nos concretos com CCA do lote 5 com substituição 5%, 10% com a idade de 28 dias. Aos 63 dias,

pode-se observar este desempenho maior que a referência nos concretos contendo CCA do lote 5 com substituição de 5%, 10% e 15%.

Novamente constatou-se a diferença de desempenho entre das CCA do lote 5 e lote 6 nos concretos com consumo de 310 kg/m³ com os dois tipos de cimento utilizados em todos os 3 teores de substituição, conforme é expresso na FIGURA 6.19.

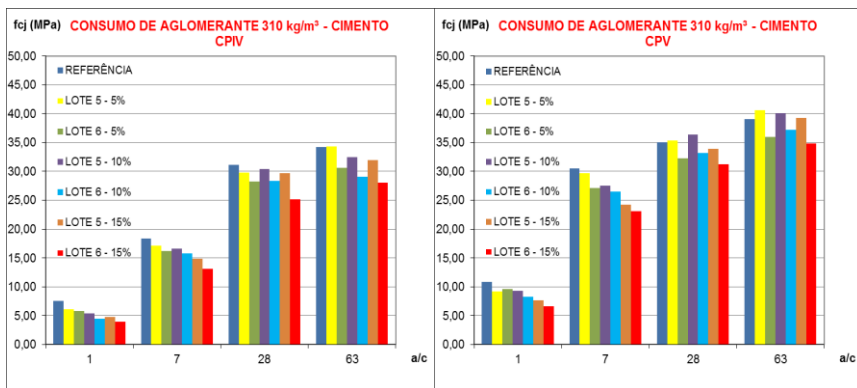


FIGURA 6.19 - Resistência à compressão a 1, 7, 28, 63 dias em concretos com consumo de aglomerante em 310 kg/m³, com substituição de 5%, 10%, 15% de CCA em massa dos lotes 5 e 6, utilizando os cimentos CPIV 32 RS e CPV ARI RS.

Por sua vez, em concretos com consumo de aglomerante de 350 kg/m³ do cimento CPIV 32 RS, percebe-se que os concretos contendo CCA apresentaram um desempenho inferior ao concreto referência para os dois lotes testados nas idades de 1, 7, 28 e 63 dias.

No entanto, no caso dos concretos com consumo de aglomerante de 350 kg/m³ confeccionados com cimento CPV ARI RS, os concretos contendo CCA do lote 5 apresentaram um desempenho superior, para os teores de substituição de 5% e 10% para a idade de 28 dias. Aos 63 dias, há um desempenho superior dos concretos contendo CCA em relação ao de referência no caso do lote 5 com substituição de 5%, 10% e 15%.

Percebe-se, mais uma vez, a diferença de desempenho entre o lote 5 e lote 6 no consumo de 350 kg/m³ com os dois tipos de cimento utilizados em todos os 3 teores de substituição, conforme é expresso na FIGURA 6.20.

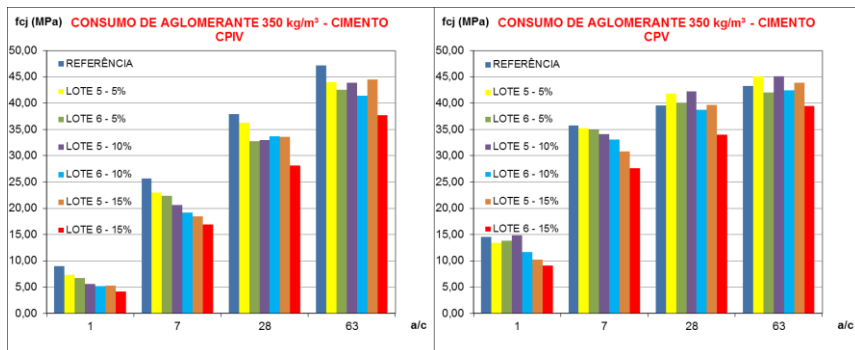


FIGURA 6.20 - Resistência à compressão a 1, 7, 28, 63 dias em concretos com consumo de aglomerante em 350 kg/m³, com substituição de 5%, 10%, 15% de CCA em massa dos lotes 5 e 6, utilizando os cimentos CPIV 32 RS e CPV ARI RS.

Da mesma forma, em concretos com consumo de aglomerante de 390 kg/m³ do cimento CPIV 32 RS, o desempenho dos concretos contendo CCA foi inferior ao concreto referência nas idades de 1, 7, 28 e 63 dias, para os dois lotes testados. Já no caso dos concretos contendo cimento CPV ARI RS, o desempenho da mistura contendo CCA do lote 5 no teor de 5% foi melhor do que o da mistura de referência a 28 dias. Aos 63 dias, o desempenho do concreto contendo CCA do lote 5 só foi superior ao de referência com a substituição de 10% de CCA em massa.

Ao fim das análises de resistência à compressão do concreto, constatou-se que a diferença de desempenho entre as CCA dos lotes 5 e 6, também para os concretos com consumo de 390 kg/m³, para os dois tipos de cimento utilizados em todos os 3 teores de substituição, é significativa conforme é expresso na FIGURA 6.21.

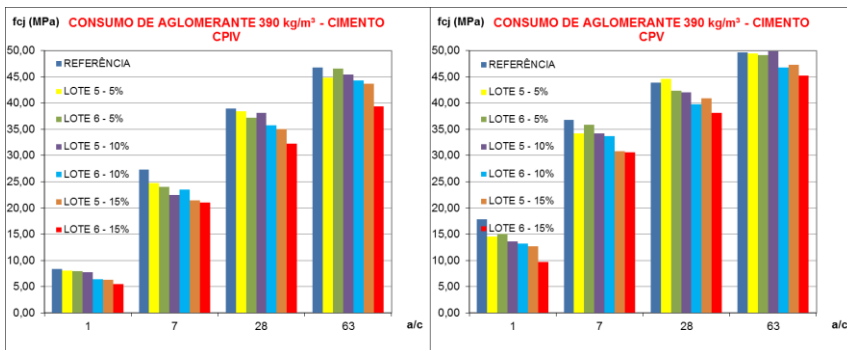


FIGURA 6.21: Resistência à compressão a 1, 7, 28, 63 dias em concretos com consumo de aglomerante em 390 kg/m³, com substituição de 5%, 10%, 15% de CCA em massa dos lotes 5 e 6, utilizando os cimentos CPIV 32 RS e CPV ARI RS.

6.3.3 Cálculos de Dosagens e Quantitativo dos Traços

Após análise dos dados obtidos referentes à resistência à compressão do concreto e com base nos custos de comercialização de cada insumo, procedeu-se os cálculos das curvas de dosagem. Utilizando-se o método de dosagem da central dosadora onde foi desenvolvido o estudo, depois de realizada a pesquisa de custos de todos os materiais utilizados, construiu-se os gráficos de dosagem e planilhas de traços com base no desvio padrão da central, bem como os custos e quantitativos unitários dos traços de resistência 20 MPa a 35 MPa representados nas FIGURAS e TABELAS ANEXO 2.

A TABELA 6.27 mostra a diferença de consumo de aglomerante com cimento CPIV 32 RS. O cálculo foi feito com base no desempenho obtido dos concretos com idade de 28 dias dos lotes 5 e 6. Pode-se observar, na maioria dos Fck's, um aumento necessário no consumo de aglomerante à medida que a substituição é aumentada, exceto no Fck 20

MPa, com substituição de 15% do lote 5 onde obteve-se um consumo de aglomerante menor que o da referência.

TABELA 6.27: Consumo de aglomerante dos concretos com cimento CPIV 32 RS, com 5%, 10% e 15% de substituição por CCA dos lotes 5 e 6.

Fck	Referência	5% Lote 5	5% Lote 6	10% Lote 5	10% Lote 6	15% Lote 5	15% Lote 6
20,0	273	275	282	275	277	267	280
25,0	294	300	314	303	307	298	322
30,0	327	335	355	345	359	366	384
35,0	383	390	408	406	454	522	475

A TABELA 6.28 apresenta a diferença de custos obtidos em cada cálculo de dosagem utilizando como base os valores de mercado de cada material componente dos concretos. Nota-se o aumento nos custos para todos os Fck com a substituição de cimento por cinza da casca do arroz para os dois lotes utilizados. Este aumento foi mais significativo para os Fck maiores. Deve-se salientar que, no caso dos concretos contendo CCA do lote 5, os custos foram sempre menores dos que os obtidos com os concretos contendo CCA do lote 6.

TABELA 6.28: Custo unitário em R\$/m³ dos concretos com cimento CPIV 32 RS com 5%, 10% e 15% de substituição dos lotes 5 e 6 de CCA.

Fck	Referência	5% Lote 5	5% Lote 6	10% Lote 5	10% Lote 6	15% Lote 5	15% Lote 6
20,0	142,67	144,29	146,16	144,87	145,27	142,81	146,91
25,0	149,72	152,16	156,62	153,93	155,26	152,91	160,82
30,0	160,44	163,59	169,88	167,59	172,02	175,62	181,37
35,0	177,86	181,23	186,78	188,12	203,05	227,71	212,06
40,0	209,67	211,32	208,50	219,37	274,79	389,97	257,88

A TABELA 6.29 mostra a diferença de consumo de aglomerante com cimento CPV RS. O cálculo foi feito com base no desempenho obtido dos concretos com idade de 28 dias dos lotes 5 e 6.

Em relação ao concreto contendo CCA do lote 5 com substituição de 5%, o consumo de aglomerante é inferior aos concretos referências nos Fck's 25 Mpa, 30 Mpa e 35 Mpa. Substituindo este o cimento por CCA do mesmo lote em 10%, consegue-se ter um consumo

de aglomerante menor comparado com a referência, nos Fck's 30 Mpa e 35 Mpa. Com substituição de 15%, obtêm-se um consumo menor nos Fck's 20 Mpa, 25 Mpa e 35 Mpa.

Por sua vez, os concretos feitos com CCA do lote 6 com substituição de 5%, 10% e 15%, apresentam um consumo de aglomerante maior comparado com o dos concretos de referência em todos os Fck's calculados, exceto no Fck 20 Mpa com substituição de 5%, onde o mesmo consumo é alcançado.

TABELA 6.29: Consumo de aglomerante dos concretos com cimento CPV ARI RS, com 5%, 10% e 15% de substituição por CCA dos lotes 5 e 6.

Fck	Referência	5% Lote 5	5% Lote 6	10% Lote 5	10% Lote 6	15% Lote 5	15% Lote 6
20,0	238	240	238	245	245	221	247
25,0	265	254	274	266	276	261	288
30,0	301	291	314	295	314	308	337
35,0	343	337	350	336	356	347	387

A TABELA 6.30 apresenta a diferença de custos obtidos em cada cálculo de dosagem utilizando como base os valores de mercado de cada material componente dos concretos. Consegue-se notar que com o cimento CPV ARI RS, com o teor de substituição de em 5% de CCA do lote 5, pode-se alcançar uma redução de custo em relação ao concreto referência em todos os Fck's. O mesmo aconteceu pontualmente no caso de substituição de 15% no lote 5, especificamente no Fck 20 Mpa.

Entretanto, o desempenho em relação ao custo unitário do produto final utilizando a cinza da casca do arroz do lote 6 não demonstra viabilidade econômica na utilização deste insumo comercializado hoje no Estado de Santa Catarina.

TABELA 6.30: Custo unitário em R\$/m³, dos concretos com cimento CPV ARI RS com 5%, 10% e 15% de substituição por CCA dos lotes 5 e 6.

Fck	Referência	5% Lote 5	5% Lote 6	10% Lote 5	10% Lote 6	15% Lote 5	15% Lote 6
20,0	133,02	132,16	133,77	137,19	136,45	129,04	138,03
25,0	142,53	139,02	145,90	144,59	147,11	142,90	151,98
30,0	154,51	152,00	158,95	154,71	159,99	158,53	167,97
35,0	168,14	166,96	170,95	168,30	173,56	171,54	184,74

Em pesquisa feita com os fornecedores de cinza da casca do arroz, quanto ao custo do insumo posto na região do Vale do Itajaí – SC, o valor chega a 400,00 R\$/ton. Todavia, com base em todos os resultados já demonstrados, existe viabilidade econômica de utilização para uma central de concreto nesta região somente com o uso do cimento CPV ARI RS, substituindo 5% da massa de cimento pelo lote 5.

Entretanto, para tornar o estudo mais abrangente, foram calculados os valores que uma central dosadora na região do Vale do Itajaí – SC pode pagar por cada lote de cinza em R\$/ton, considerando o percentual de substituição em cada traço.

A central dosadora, onde foi conduzido este estudo, tem por Fck médio comercializado nos últimos meses 30 Mpa. Sendo assim, este foi o Fck utilizado para cálculo do valor que o fabricante de cinza da casca do arroz poderia comercializar este produto na região estudada, a fim de viabilizar este insumo em concretos dosados em centrais na região do Vale do Itajaí – SC, tendo como base o desempenho do produto nos concretos desenvolvidos (Tabela 6.31).

TABELA 6.31: Custo unitário em R\$/ton, sugeridos aos lotes 5 e 6 de CCA, para a viabilidade econômica para utilização em uma central dosadora de concreto.

CUSTO UNITÁRIO DA CINZA CASCA DO ARROZ PARA VIABILIDADE ECONOMICA DE CADA LOTE E PERCENTUAL DE SUBSTITUIÇÃO						
VALOR ESPOSTO EM R\$/TON						
Fck 30 Mpa	5% Lote 5	5% Lote 6	10% Lote 5	10% Lote 6	15% Lote 5	15% Lote 6
CIMENTO CPIV 32 RS	211,88	-131,68	192,52	77,20	123,75	-98,21
CIMENTO CPV ARI RS	572,24	117,04	393,07	225,76	312,87	133,52

Com posse nos quantitativos dos insumos utilizados nos cálculos do Fck 30 Mpa, é possível utilizar a ferramenta do programa Excel (atingir meta), para chegar aos valores expressos em R\$/Ton de valor do produto. Com isto, pode-se distinguir bem as diferenças de desempenho entre lotes de CCA e cimento utilizados para utilização das cinzas.

Observa-se no cálculo de viabilidade econômica da CCA do lote 6 em concretos contendo cimento CPIV 32 RS em substituição de 5% e 15%, que o resultado de custo da cinza da casca do arroz fica negativo, ou seja, sua utilização não seria viável para esse cimento nem mesmo a custo zero. Por sua vez, no caso das CCA do lote 5, especificamente em teor de substituição de 5% da massa do cimento, tem-se um resultado superior ao que hoje é comercializado na região onde os estudos estão sendo desenvolvidos mostrando sua viabilidade econômica.

Com base nos resultados de resistência aos 63 dias, calculou-se a viabilidade econômica dos concretos produzidos com os dois lotes de CCA com o intuito de verificar se existia uma evolução de desempenho em maiores idades. Os gráficos de dosagens e cálculo dos traços estão apresentados nas FIGURAS e TABELAS anexo 3.

A TABELA 6.32 abaixo mostra a diferença de consumo de aglomerante em concretos com cimento CPIV 32 RS, cálculo feito com base no desempenho obtido nos concretos com idade de 63 dias contendo CCA dos lotes 5 e 6. Fica clara a melhora significativa relativa ao consumo de aglomerante em todos os traços quando se compara com os resultados obtidos aos 28 dias.

TABELA 6.32: Consumo de aglomerante dos concretos com cimento CPIV 32 RS, com 5%, 10% e 15% de substituição por CCA dos lotes 5 e 6, com resistência aos 63 dias.

Fck	Referência	5% Lote 5	5% Lote 6	10% Lote 5	10% Lote 6	15% Lote 5	15% Lote 6
20,0	262	261	265	255	270	255	278
25,0	282	280	290	282	296	289	302
30,0	306	303	317	309	322	319	330
35,0	331	329	342	335	346	341	364

A TABELA 6.33 apresenta a diferença de custos obtida em cada cálculo de dosagem utilizando como base os valores de mercado de cada material componente dos concretos. Comparando os custos obtidos com

resultados de dosagem aos 28 dias, fica evidente uma grande melhora nos custos na maioria dos traços, tendo um custo por m³ menor que o dos concretos referências. Para o custo unitário de cada lote de cinza e suas proporções fica determinado um valor especificado de acordo com o seu desempenho aos 63 dias, tendo como base o Fck 30 Mpa.

TABELA 6.33: Custo unitário em R\$/m³, dos concretos com cimento CPIV 32 RS com 5%, 10% e 15% de substituição dos lotes 5 e 6 de CCA, com resistência aos 63 dias.

Fck	Referência	5% Lote 5	5% Lote 6	10% Lote 5	10% Lote 6	15% Lote 5	15% Lote 6
20,0	138,85	139,91	136,96	136,53	137,31	133,78	137,90
25,0	145,72	146,18	145,09	145,00	145,48	144,20	145,06
30,0	153,53	153,53	153,53	153,53	153,53	153,53	153,53
35,0	161,55	162,20	161,25	161,80	160,76	160,52	163,59

A TABELA 6.34 demonstra a diferença de consumo de aglomerante com cimento CPV ARI RS. O cálculo foi feito com base no desempenho obtido dos concretos com idade de 63 dias dos lotes 5 e 6.

Em relação ao concreto contendo CCA do lote 5 com substituição de 5%, o consumo de aglomerante é inferior ao dos concretos referências nos Fck's 20 Mpa, 25 Mpa, 30 Mpa e 35 Mpa. Com substituição de 10%, consegue-se ter um consumo de aglomerante menor do que o do concreto de referência, nos Fck's 25 Mpa, 30 Mpa e 35 Mpa. Com substituição de 15%, o consumo é menor também nos Fck's 25 Mpa, 30 Mpa e 35 Mpa.

Por sua vez, os concretos feitos com CCA do lote 6 com substituição de 5%, o consumo de aglomerante é inferior ao dos concretos de referência nos Fck's 20 MPa e 25 MPa. Substituindo o cimento por CCA deste mesmo lote em 10%, é possível obter consumos de aglomerantes menores comparados com os dos concretos de referência nos Fck's 20 Mpa, 25 Mpa e 30 Mpa. Com substituição de 15%, o consumo é menor no Fck 20 MPa.

TABELA 6.34: Consumo de aglomerante dos concretos com cimento CPV ARI RS, com 5%, 10% e 15% de substituição por CCA dos lotes 5 e 6, com resistência aos 63 dias.

Fck	Referência	5% Lote 5	5% Lote 6	10% Lote 5	10% Lote 6	15% Lote 5	15% Lote 6
20,0	227	217	202	228	217	227	213
25,0	248	235	238	238	238	247	251
30,0	276	262	281	263	274	272	294
35,0	311	296	327	301	319	303	336

A TABELA 6.35 mostra a diferença de custos obtidos em cada cálculo de dosagem utilizando como base os custos resultantes dos concretos utilizando CP V ARI RS com resistências similares aos 63 dias.

TABELA 6.35: Custo unitário em R\$/m³ dos concretos com cimento CPV ARI RS com 5%, 10% e 15% de substituição por CCA dos lotes 5 e 6, com resistência aos 63 dias.

Fck	Referência	5% Lote 5	5% Lote 6	10% Lote 5	10% Lote 6	15% Lote 5	15% Lote 6
20,0	128,97	129,50	119,85	131,16	125,15	131,07	121,02
25,0	136,52	136,69	131,87	136,52	133,73	137,88	132,92
30,0	146,25	146,25	146,25	146,25	146,25	146,25	146,25
35,0	157,73	158,17	161,14	159,45	161,08	156,66	159,12

Por fim, após o cálculo de dosagem aos 63 dias e realizado o quantitativo de custos, a TABELA 6.36 especifica o quanto que uma central dosadora de concreto, com a características geográficas similares, poderia pagar nas CCA oriundas dos lotes 5 e 6, tendo como aglomerantes principais os cimentos CPIV 32 RS e CPV ARI RS. Percebe-se uma significativa evolução no valor agregado dos lotes, se comparado com os valores obtidos nos cálculos de viabilidade aos 28 dias.

TABELA 6.36: Custo unitário em R\$/ton sugeridos aos lotes 5 e 6 de CCA, para a viabilidade econômica para utilização em uma central dosadora de concreto., com resistência aos 63 dias.

CUSTO UNITÁRIO DA CINZA CASCA DO ARROZ PARA VIABILIDADE ECONOMICA DE CADA LOTE E PERCENTUAL DE SUBSTITUIÇÃO						
VALOR ESPOSTO EM R\$/TON						
R63 = 30 Mpa	5% Lote 5	5% Lote 6	10% Lote 5	10% Lote 6	15% Lote 5	15% Lote 6
CIMENTO CPIV 32 RS	423,61	137,25	326,57	196,64	266,41	199,22
CIMENTO CPV ARI RS	737,77	262,60	496,75	389,49	390,91	228,72

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após pesquisa bibliográfica e de campo para desenvolvimento deste estudo e com base nos resultados obtidos e analisados durante e após o término do programa experimental, pode-se tirar algumas conclusões sobre o uso da cinza da casca do arroz em concreto dosado em central. Vale apenas ressaltar que as conclusões expostas a seguir são válidas única e exclusivamente para os materiais e propriedades estudadas nesta pesquisa.

7.1 Fatores Investigados na Caracterização das Cinzas da Casca do Arroz

Os ensaios químicos, físicos e mineralógicos realizados demonstraram que existe uma diferença significativa entre as partidas de cinza da casca do arroz, tais como:

- lotes mais cristalinos que os outros;
- presença de alumina em volumes distintos;
- variação na composição química de cada lote;
- distribuição granulométrica diferenciada em cada partida;

Grande parte desta distinção entre os lotes julga-se estar relacionada com o processo de queima e de moagem na obtenção da cinza da casca do arroz e até a uma possível contaminação do produto. Essa diferença acarretará numa não confiabilidade do uso deste insumo em centrais dosadoras de concreto.

7.2 Fatores Investigados no Ensaio em Argamassa

As investigações realizadas nos ensaios de argamassa, mostram que existe uma diferença significativa no desempenho das diferentes CCA testada, quando utilizada em substituição parcial ao cimento, impulsionada por diversos fatores, como: tipo de cimento, teor de substituição pela cinza da casca do arroz, diferença entre lotes e fornecedores deste insumo.

Quanto ao tipo de cimento, foram observadas pequenas variações na incorporação de areia nas misturas contendo CPIV 32 RS e CPV ARI RS. Essa diferença em incorporação de material na mistura com uma dada trabalhabilidade torna-se mais notória à medida que a

relação água/aglomerante diminuía ou era substituída parte do cimento por cinza da casca do arroz.

Ao analisar-se o teor de substituição do cimento por CCA nas argamassas com os dois tipos de cimento, percebeu-se um incremento menor de incorporação de areia a medida que aumentava-se o teor de substituição de cimento por cinza da casca do arroz. Acredita-se que essa diferença esteja relacionada diretamente com a demanda de água no estudo de concreto e terá um impacto negativo na resistência das misturas tanto em concreto como em argamassa para um dado traço ou na demanda de aglomerante se, for fixada a relação água/aglomerante. Pode-se explicar esse fato pela elevada área específica que a cinza da casca do arroz possui, diminuindo assim a fluidez das misturas para uma mesma quantia de água adicionada à mistura.

Além disso, percebeu-se uma diferença significativa entre a incorporação de areia nas argamassas referentes aos diferentes lotes de cinza com o mesmo teor de substituição, principalmente no caso do lote 6 em relação os demais. Cabe salientar que esta cinza é aquela com o pior grau de moagem. Essa diferença leva a concluir que se faz necessário um estudo criterioso laboratorial e acompanhamento efetivo em produção, quando uma central dosadora de concreto que adota como insumo a cinza da casca do arroz em suas misturas e, por alguma necessidade, resolva trocar de fornecedor ou mesmo para verificar a homogeneidade entre partidas de um mesmo fornecedor. Este ensaio de incorporação de areia pode auxiliar neste controle.

No caso da resistência à compressão das argamassas, observou-se uma redução no desempenho das misturas contendo CCA, principalmente para baixas relações água/aglomerantes, auto teor de substituição (15%) e para as CCA com pior moagem (lote 6). Atribui-se este comportamento, diferente do encontrado na literatura, principalmente ao insipiente grau de moagem adotado industrialmente.

Após a moagem das CCA dos lotes 5 e 6, percebeu-se que o desempenho das argamassas em termos de resistência e incorporação de areia superou o das argamassas de referência. Além disso, a diferença de desempenho das cinzas dos dois lotes citados diminuiu consideravelmente mostrando que um boa moagem pode mitigar o efeito negativo de uma queima mal feita que leva à obtenção de uma cinza mais cristalina.

7.3 Fatores Investigados no ensaio em Concreto

As investigações realizadas nos ensaios de concreto, ratificaram os resultados obtidos nos estudos em argamassa. Também mostraram que existe uma diferença significativa em seu desempenho, quando o cimento é parcialmente substituído por CCA, impulsionada por diversos fatores, como: tipo e cimento, teor de substituição da cinza da casca do arroz, diferença entre lotes e fornecedores deste insumo.

Quanto a diferença no tipo de cimento, observou-se um desempenho superior dos concretos produzidos com cimento CPV ARI RS em relação aos produzidos com cimento CPIV 32 RS, quando substituídos parcialmente por cinza da casca do arroz. Com base nas composições de cada tipo de cimento já era esperado esta diferença de desempenho, pois existe uma quantidade de adição pozolânica (cinza volante) superior no cimento CPIV 32 RS comparada a do cimento CPV ARI RS. Como já explicado no capítulo anterior, existe menos hidróxido de cálcio disponível no cimento CPIV para reação com a cinza da casca do arroz devido a quantidade de cinza volante já inclusa neste aglomerante. Mesmo assim, não estaria descartada a utilização de cinza da casca do arroz em concretos contendo cimentos CPIV 32 RS, principalmente para idades igual ou maiores que 63 dias. Todavia o custo desta adição teria um valor agregado bem menor do que hoje é comercializado para que seja viável sua utilização em centrais dosadoras de concreto da região do Vale do Itajaí.

Quanto à demanda de água utilizada nas misturas em concreto, esta variou consideravelmente à medida que o percentual de substituição era aumentado em relação aos concretos de referência. Esse tipo de comportamento foi observado também no estudo em argamassa quanto à incorporação de areia para uma dada trabalhabilidade. Esse comportamento pode ser explicado pela estrutura porosa da cinza da casca do arroz e pelo fato da substituição utilizada no estudo ter sido feita em massa, onde a massa específica da cinza é menor, gerando mais finos nas misturas testadas.

É importante ressaltar que, considerando-se os resultados obtidos neste estudo com a idade de ruptura aos 28 dias, o único teor de substituição que traria retorno em termos econômicos à uma central dosadora de concreto, com o preço praticado hoje pelos fornecedores deste insumo para região do vale do Itajaí, seria o lote 5 com substituição de 5%, utilizando o cimento CPV ARI RS. Aos 63 dias, ter-se-ia uma viabilidade em sua utilização especificamente no lote 5 com

substituição de 5% e de 10%, utilizando o cimento CPV ARI RS e somente 5% de substituição no cimento CPIV 32 RS neste mesmo lote.

Observou-se ainda no estudo em concreto, a grande diferença de desempenho entre lotes de fornecedores distintos. Essa diferença tanto econômica como técnica confirma a importância e necessidade de um minucioso estudo laboratorial, caso uma central dosadora de concreto que por ventura utilize este aglomerante, necessite efetivar ou mesmo efetuar uma troca de fornecedor.

Finalmente, é importante ressaltar o quão eficiente foi o desempenho das CCA nos ensaios em argamassa após a realização da nova moagem em laboratório, melhorando todas as características das misturas tanto em estado fresco com endurecido. Este estudo foi realizado somente em argamassa, porém acredita-se que mediante aos resultados obtidos tanto em concreto como na própria argamassa feitas com CCA do lotes 5 e 6, existe uma correlação confiável nos dois métodos de avaliação.

Essa melhora na moagem no processo industrial de fabricação da cinza da casca do arroz traria um maior valor agregado para os produtores deste insumo, pois com uma pequena substituição obtém-se um significativo aumento na resistência do concreto e que promove uma necessidade de menos aglomerante na mistura para uma dada resistência e, conseqüentemente, menor custo de produção para uma central dosadora de concreto.

7.4 Sugestão para Trabalhos Futuros

Neste trabalho procurou-se avaliar a diferença de desempenho entre lotes de cinza da casca do arroz hoje comercializados em centrais dosadoras, através dos resultados de resistência à compressão e de ensaios de trabalhabilidade de argamassas e concretos, tendo como base econômica o preço praticado pelos fabricantes deste insumo na região do Vale do Itajai.

Todavia, hoje, principalmente no estado de Santa Catarina, o custo do frete deste insumo é um dos itens que mais pesa na viabilidade deste material para uso em uma central de concreto, pelo fato de que a maioria dos beneficiadores deste produto esta atualmente no estado do Rio Grande do Sul. Desta forma, estudo semelhante ao realizado neste trabalho, torna-se fundamental ser realizado em beneficiadores deste produto no estado de Santa Catarina, desde que dispostos a produzir este

insumo em escala industrial, para tornar o custo do frete menos representativo no valor final da cinza da casca do arroz.

Neste contexto, também é importante ser realizado um trabalho junto aos beneficiadores de cinza da casca do arroz existentes em nosso estado vizinho, com o objetivo de potencializar o desempenho deste produto para concreto, trabalhando sobretudo no processo de queima e de moagem, tornando o valor deste insumo economicamente e tecnicamente atrativo para centrais dosadoras de concreto no estado de Santa Catarina.

No entanto, é de grande importância estudos nos mesmos moldes que foram aplicados neste trabalho com o objetivo de avaliar outras propriedades do concreto, tais como: Módulo de elasticidade, tração na flexão e durabilidade, bem como avaliar o desempenho da cinza da casca do arroz através do uso de outros aditivos e para produtos específicos como argamassa estabilizada e concreto auto adensável.

8 Referências Bibliográficas

AL-KHALAF, M.N.; YOUSIFT, H.A. . Use of rice husk ash in concrete. **The International Journal of Cement Composites and Lightweight Concrete**, v. 6, n. 4, 1984, p.241-248.

AGOPYAN, V. **Materiais reforçados com fibras para a construção civil nos países em desenvolvimento: uso de fibras vegetais**. Tese de Livre Docência, Escola Politécnica, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1991. 99p.

ALMEIDA, I.R. **Betões de Alta Resistência e Durabilidade. Composição e Características**. Tese (Doutorado). Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 1990.

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. Comittee 305R-91. Hot weather concreting. **ACI Materials Journal**, v. 88, n. 4, p. 417- 436, july/aug. 1991.

_____.Comittee 363R-92. **State of the art Report on high-strength concrete**. ACI Manual of Concrete Practices, Part 1, Materials and general properties of concrete. Farmington Hills, Michigan, 1996. 55 p.

_____.Committee 226. **Silica Fume in Concrete**. ACI Materials Journal, v.84, n°- 2, march- april 1987, p.158-166.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7212: Execução de concreto dosado em central**. Rio de Janeiro, 2012.

_____. **NBR 12654**: Controle tecnológico de materiais componentes do concreto. Rio de Janeiro, 1992.

_____. **NBR 12655**: Concreto - preparo, controle e recebimento. Rio de Janeiro, 1996.

_____. **NBR NM 67**: Concreto - determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1998.

_____. **NBR 5738**: Concreto - procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR 5772**: Materiais pozolânicos - determinação de atividade pozolânica com cimento Portland: índice de atividade pozolânica com cimento. Rio de Janeiro, 1992.

_____. **NBR 5751**: Materiais pozolânicos - **Determinação de atividade pozolânica com cal Portland. Índice de atividade pozolânica**. Rio de Janeiro, 1992.

_____. **NBR 12653: Materiais pozolânicos – Especificação.** Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONCRETAGEM. **Manual do concreto dosado em central.** São Paulo: SAG, out. 2000.

_____. **Concreto dosado em central – meio século de serviços ao Brasil.** 1. ed. São Paulo, dez. 2003. 140p.

_____. **Apresenta informações sobre o CDC no Brasil e no mundo.** Disponível em: <<http://www.abesc.org.br>>. Acesso em: 06 mai. 2004.

BARTHA, P.; HUPPERTZ, E.A. Structure and Crystallization of Sílica in Rice Husk. In: **Internacional Conference on the Utilization of Rice By-Products**, Valencia, pain, 1974. Proceedings...Valencia: IATA, 1974, p.89-98.

CHAKRAVERTY, A., MISHRA, P. e BANERJEE, D. **Investigation of combustion of raw and acid leached rice husk ash for production of pure amorphous white silica.** Journal of Materials Science, nº 23, 1988, p 21-24.

CINCOTTO, M.A, KAUPATEZ, R.M.Z. **Seleção de materiais quanto a atividade pozolânica. Tecnologia das Edificações.** PINI, São Paulo, 1988, p.23-26.

CINCOTTO, M.A, et al.. **Optimization of rice husk ash production.** In: H. S. SOBRAL (ed) Proceedings of the second international RILEM symposium. Salvador, 1990, p.334-342.

CORDEIRO L. N. P. **Análise da Variação do Índice de Amorfismo da Cinza de Casca de Arroz Sobre a Atividade Pozolânica.** Dissertação (Mestrado em Eng. Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2009.

DAFICO, D. A. **Estudo da dosagem de concreto de alto desempenho utilizando pozolanas provenientes da cinza da casca de arroz.** Tese de doutorado UFSC. Florianópolis, 2001, 191p.

DAFICO, J.A., et. al. Argamassa Pozolânica ou Substituição do Cimento Portland (comum) por Cinza da Casca de Arroz. **Textos para Discussão**. MEC/SESu/PROED. Goiânia, 1981.

DAFICO, D. A.; PRUDÊNCIO JR., L. R. Um Estudo visando a identificação das condições de queima da casca de arroz para produção de pozolana branca. **IX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**. Foz do Iguaçu, PR: 2002. p. 1671-1680.

DAL MOLIN, D.C.C. **Contribuição ao Estudo das Propriedades Mecânicas dos Concretos de Alta Resistência com e sem Adições de Microssílica**. Tese (Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995, 260p.

DELLA, Viviana P. **Processamento e Caracterização de Sílica Ativa Obtida a partir de Cinza da Casca do Arroz**. Florianópolis, 2001. 70p. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Ciências e Engenharia dos Materiais, Universidade Federal de Santa Catarina.

FAO – **Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação**. Disponível em:< <https://www.fao.org.br/>>.

FU, X.; WANG, Z.; TAO, W.; YANG, C.; HOU, W.; DONG, Y.; WU, X. **Studies on blended cement with a large amount of fly ash**. Cement and Concrete Research, Vol. 32, p. 1153-1159, 2002.

GAVA, G. P.L.O. **Estudo comparativo de diferentes metodologias para avaliação de atividade pozolânica**. Dissertação de mestrado. UFSC. Florianópolis, 1999, 7-117 p.

GUEDERT, L. O. **Estudo da viabilidade técnica e econômica do aproveitamento da cinza da casca do arroz como material pozolânico**. 1989. 147f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1989.

ON, D.F. Rice Hulls. In: **Rice: Chemistry and Technology**. American Association Cereal Chemists (AACC), USA, 1972, p. 301-352.

HOUSTON, D.F. **Rice, chemistry and technology**. American Association of Cereal Chemical. St. Paul. Minnesota, USA, 1972, p. 301-351.

IBGE - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <www.ibge.gov.br>.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO S.A. - IPT. **Atividade Pozolânica: Método Chapelle Modificado**. Laboratório de química de materiais do IPT. 6p.

ISAIA, G.C. **Efeito de misturas binárias e ternárias de pozolanas em concreto de elevado desempenho: um estudo de durabilidade com vista a corrosão de armaduras**. Tese (Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1995. 280p.

ISAIA, G. C.; GASTALDINI, A. L. G. ; MORAES, R. **Physical and pozzolanic action of mineral additions on the mechanical strength of high- performance concrete**. Cement and Concrete Composites. v. 25, p.69-76. 2003.

JAMES, José; RAO, M.Subba. **Reativity of rice rusk ash**. Cement and Concrete Research, v.16, 1986, p.296-302.

KLIMESCH, D. S.; RAY, A.; SLOANE, B. **Autoclaved cement-quartz pastes: the effects on chemical and physical properties when using ground quartz with different surface areas. Part I: quartz of wide particle size distribution**. Cement and Concrete Research, Vol. 26, p. 1399-1408, 1996.

LIEBHERR. Liebherr Brasil G. M. O. Ltda. Apresenta informações sobre a empresa, seus serviços e produtos. Disponível em: <<http://www.liebherr.com>>. Acesso em: 25 julho. 2012.

MALEK, R. I.; KHALIL, Z. H.; IMBABY, S. S.; ROY, D. M. **The contribuion of class – F fly ash to the strength of cementitious mixtures**. Cement and Concrete Research, Vol. 35, Issue 6, p. 1152-1154, June 2005.

MASSAZZA, F. **Pozzolan and pozzolanic cements**. In: Lea's chemistry of cement and concrete. Edited by Peter C. Hewlett. Fourth Edition. 1998.

MEHTA, P.K **Rice husk ash - A unique supplementary cementing material**. In: Advances in concrete technology. CANMET. Ottawa, 1992, p. 407-431.

MEHTA, P.K. Pozzolanic and Cementitious By-Products in Concrete - Another Look. In: MALHOTRA, V.M. (ed) **International conference on the use of fly ash, sílica fume, slag and natural pozzolanas in concrete**. Trondheim, 1989. Proceedings. Detroit: American Concrete Institute, 1989, 2v., v.1, p.1-44. (SP 114)

MEHTA, P.K.; MALHOTRA, V.M. **Pozzolanic and Cementitious Materials**. Advances in Concrete Technology, Vol 1, CANMET, Canadá, 1996.

MEHTA, P. K. e MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais**. São Paulo: Pini, 1994. 573 p.

METACAULIM DO BRASIL. Apresenta informações sobre a adição mineral Metacaulim. Disponível em: <www.metacaulim.com.br>
Acesso em: 09 de setembro. 2012.

NEVILLE, A.M. **Propriedades do Concreto**. 2ª edição. São Paulo: PINI, 1997.

POUEY, M.T.F. **Beneficiamento da cinza de casca de arroz residual com vistas à produção de cimento composto e/ou pozolânico**. Tese de Doutorado. UFRGS, Porto Alegre, 2006, 317 p.

PRUDENCIO JR., L. R. **Materiais de construção civil I**. Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2005. Notas de aula.

PRUDENCIO JR., L. R, SANTOS, S, DAFICO, D. A. **Utilização de Resíduos na Construção Habitacional**. Coletânea Habitar. Vol 4 – 2003 p.240-260.

REGO, J.H.S. **As cinzas de casca de arroz (CCA's) amorfa e cristalina como adição mineral ao cimento – aspectos de microestrutura das pastas**. Tese de Doutorado. Faculdade de Tecnologia. UNB. Brasília, 2004, 274p

SANTAMARIA, F. S.. Las puzolanas y el ahorro energético en los materiales de construcción. **Materiales de Construcción**, Madrid, nº 190-191, 1983, p.69-84.

SANTOS, S. **Estudo da viabilidade de utilização de cinza de casca de arroz residual em argamassas e concretos**. Dissertação de Mestrado. UFSC, Florianópolis, 1997, 111p.

SANTOS, S. **Produção e Avaliação do Uso de Pozolana com Baixo Teor de Carbono da Cinza de Casca de Arroz Residual para Concreto de Alto Desempenho**. Dissertação de mestrado UFSC. Florianópolis, 2001, p. 39 – 67.

SANTOS, S. **Produção e Avaliação do Uso de Pozolana com Baixo Teor de Carbono da Cinza de Casca de Arroz**. Tese de doutorado UFSC. Florianópolis, 2006, p. 3 – 60.

SILVEIRA, A. A., DAL MOLIN, D. C. C. **A influência do tratamento térmico da cinza de casca de arroz na pozolanicidade e na resistência à compressão da argamassa**. Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas. Goiânia, 1995. p. 15-24.

SOUZA, M.F. et. al. Rice Hull-Derived Sílica: **Applications in Portland Cement and Mullite Whiskers**. Material Research. V.3 N.2. 2000. p.25-30.

TARTUCE, R. e GIOVANNETTI, E. **Princípios básicos sobre concreto de cimento portland**. São Paulo: Ibracon/Pini, 1990.
TECNOSIL, Apresenta informações sobre a adição mineral Sílica Ativa. Disponível em: < www.tecnosilbr.com.br> Acesso em: 09 de setembro. 2012.

VIEIRA, F. L et. al, **Comparativo da Determinação do Teor de Amorfismo da Cinza da Casca do Arroz (CAA) através de Difração de Raios X e Método Químico**. 47º Congresso Brasileiro do Concreto. Anais: Recife, 2005. p.372-381.

WCZELIK, W. N. **The tricalcium silicate hydration – calcium hydroxide determination.** *Thermochimica Acta*, Vol. 93, p. 565-568, 1985.

WEBER, S. L. **Metodologia para obtenção de sílica de elevada reatividade para uso em concreto de alto desempenho a partir do processamento de cinza de casca de arroz.** Dissertação de mestrado. UFSC. Florianópolis, 2001.

9 - ANEXOS

9.1 ANEXO 1 – Granulometria dos lotes de cca

Size(um)	LOTE 1		LOTE 2		LOTE 3		LOTE 4		LOTE 5		LOTE 6	
	%Chan	% Pass	%Chan	% Pass	%Chan	% Pass	%Chan	% Pass	%Chan	% Pass	%Chan	% Pass
1408	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00
1184	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00
995,6	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00
837,2	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00
704,0	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00
592,0	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00
497,8	0,00	100,00	0,41	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00
418,6	0,00	100,00	0,67	99,59	0,40	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00
352,0	0,00	100,00	1,16	96,92	0,59	99,60	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00
296,0	0,00	100,00	1,90	97,76	0,86	99,01	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00
248,9	0,00	100,00	2,58	95,86	1,10	98,15	0,44	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00
209,3	0,33	100,00	2,73	93,28	1,18	97,05	0,70	99,56	0,00	100,00	0,00	100,00
176,0	0,48	99,67	2,27	90,55	1,12	95,87	1,09	98,86	0,00	100,00	0,34	100,00
148,0	0,69	99,19	1,65	86,28	1,07	94,75	1,51	97,77	0,00	100,00	0,50	99,66
124,5	0,97	98,50	1,26	86,63	1,15	93,68	1,76	96,26	0,00	100,00	0,78	99,16
104,7	1,30	97,53	1,20	85,37	1,42	92,53	1,85	94,50	0,00	100,00	1,26	98,38
88,00	1,68	96,23	1,52	84,17	1,86	91,11	1,96	92,65	0,54	100,00	2,06	97,12
74,00	2,11	94,55	2,26	82,65	2,43	89,25	2,20	90,69	1,02	99,46	3,23	95,06
62,23	2,63	92,44	3,17	80,39	3,06	86,82	2,49	88,49	1,81	98,44	4,66	91,83
52,33	3,30	89,81	3,71	77,22	3,79	83,76	2,62	86,00	2,72	96,63	6,19	87,17
44,00	4,21	86,51	3,89	73,51	4,69	79,97	2,56	83,38	3,47	93,91	7,69	80,98
37,00	5,37	82,30	4,39	69,62	5,80	75,28	2,57	80,82	4,02	90,44	8,95	73,29
31,11	6,67	76,93	5,84	65,23	7,02	69,48	2,94	78,25	4,62	86,42	9,31	64,34

Continua

Continuação

31,11	6,67	76,93	5,84	65,23	7,02	69,48	2,94	78,25	4,62	86,42	9,31	64,34
26,16	7,80	70,26	8,10	59,39	8,06	62,46	3,82	75,31	5,35	81,80	8,79	55,03
22,00	8,19	62,46	9,33	51,29	8,24	54,40	5,05	71,49	6,03	76,45	7,34	46,24
18,50	8,06	54,27	8,53	41,96	7,86	46,16	6,06	66,44	6,20	70,42	5,89	38,90
15,56	7,12	46,21	6,21	33,43	6,55	38,30	6,12	60,38	6,30	64,22	4,86	33,01
13,08	5,93	39,09	4,32	27,22	5,12	31,75	5,96	54,26	6,05	57,92	4,25	28,15
11,00	4,85	33,16	3,24	22,90	3,98	26,63	5,46	48,30	5,77	51,87	3,82	23,90
9,25	4,00	28,31	2,64	19,66	3,19	22,65	5,03	42,84	5,44	46,10	3,40	20,08
7,78	3,39	24,31	2,27	17,02	2,66	19,46	4,64	37,81	4,97	40,66	2,93	16,68
6,54	2,94	20,92	2,00	14,75	2,29	16,80	4,20	33,17	4,40	35,69	2,47	13,75
5,50	2,62	17,98	1,80	12,75	2,03	14,51	3,73	28,97	3,87	31,29	2,09	11,28
4,62	2,41	15,36	1,68	10,95	1,87	12,48	3,33	25,24	3,51	27,42	1,80	9,19
3,89	2,30	12,95	1,61	9,27	1,79	10,61	3,09	21,91	3,36	23,91	1,58	7,39
3,27	2,22	10,65	1,55	7,66	1,73	8,82	3,00	18,82	3,33	20,55	1,41	5,81
2,750	2,11	8,43	1,47	6,11	1,66	7,09	2,99	15,82	3,34	17,22	1,24	4,40
2,312	1,94	6,32	1,36	4,64	1,56	5,43	3,00	12,83	3,32	13,88	1,08	3,16
1,945	1,68	4,38	1,19	3,28	1,40	3,87	2,92	9,83	3,21	10,56	0,90	2,08
1,635	1,32	2,70	0,97	2,09	1,15	2,47	2,61	6,91	2,85	7,35	0,70	1,18
1,375	0,88	1,38	0,69	1,12	0,82	1,32	1,98	4,30	2,14	4,50	0,48	0,48
1,156	0,50	0,50	0,43	0,43	0,50	0,50	1,25	2,32	1,31	2,36	0,00	0,00
0,972	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,70	1,07	0,70	1,05	0,00	0,00
0,818	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,37	0,37	0,35	0,35	0,00	0,00
0,688	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,578	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,486	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Continua

9.2 ANEXO 2 – Diagrama de dosagem e discriminação dos traços e custo unitário dos produtos aos 28 dias

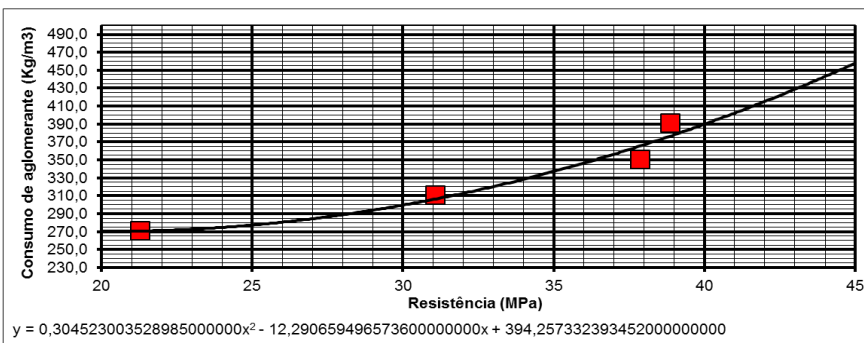
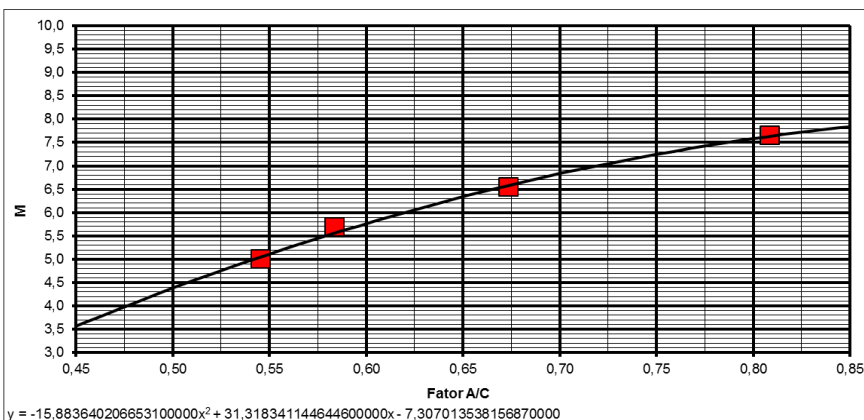
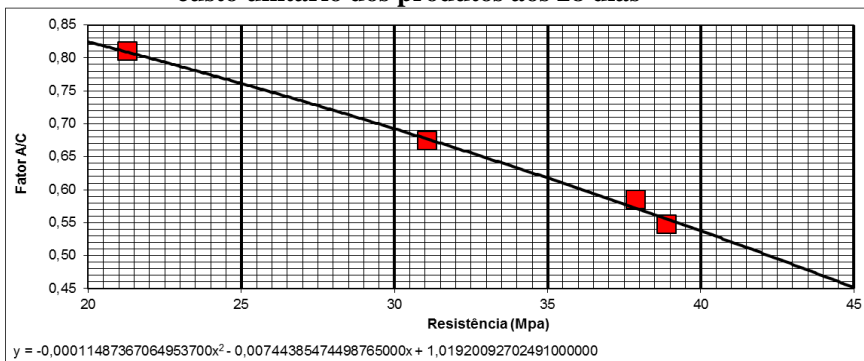


Diagrama de dosagem, misturas referência com cimento CPIV 32 RS.

		A%:	52	Ar Incorp. Médio (%):	1,000	% Ag. G. 1:	40	% Ag. G. 2:	60	% Ag. G. 3:	0	Abatim. (mm)		140	± 20											
		% Adição 1:	0	% cimento:	100	% Ag. M. 1:	60	% Ag. M. 2:	40	% Aditivo 1:		0,6	% Aditivo 2:		0,0											
Materiais a serem utilizados										custos (R\$/kg)																
Cimento:	Cimento CP IV Votoran														0,3293											
Adição 1:	Cinza da Casca do Arroz														0,4000											
Ag. Miúdo 1:	Areia Artificial - Vale do Selke														0,0230											
Ag. Miúdo 2:	Areia Fina - Dona Otília														0,0240											
Ag. Graúdo 1:	Brita 0 - Vale do Selke														0,0244											
Ag. Graúdo 2:	Brita 1 - Vale do Selke														0,0252											
Aditivo 2:	BF 30 - Basf														2,2227											
Água:	Potavel														0,0040											
Características do Traço:										Consumo de Materiais (Kg / m3)						custos por traço (R\$/m³)										
Fck:	20,0	Sd:	3,0	Fcj:	25,0	a/c:	0,76	M:	7,33	Aglomerante	Adição 1	cimento	Miúdo 1	Miúdo 2	Graúdo 1		Graúdo 2	Graúdo 3	Aditivo 1	Aditivo 2	Água					
Fck:	20,0	Sd:	3,0	Fcj:	25,0	a/c:	0,76	M:	7,33	0,00	273	1	273	2	545	1	364	2	436	2	655	0,006	1,636	0,76	208	142,67
Fck:	25,0	Sd:	3,0	Fcj:	30,0	a/c:	0,69	M:	6,77	0,00	294	1	294	2	536	1	358	1	439	2	658	0,006	1,764	0,69	204	149,72
Fck:	30,0	Sd:	3,0	Fcj:	35,0	a/c:	0,62	M:	5,99	0,00	327	1	327	2	517	1	345	1	439	2	659	0,006	1,964	0,62	203	160,44
Fck:	35,0	Sd:	3,0	Fcj:	40,0	a/c:	0,54	M:	4,95	0,00	383	1	383	1	481	1	321	1	437	2	656	0,006	2,296	0,54	206	177,86

Discriminação dos traços e custo unitário dos produtos, misturas de referência com cimento CPIV 32 RS.

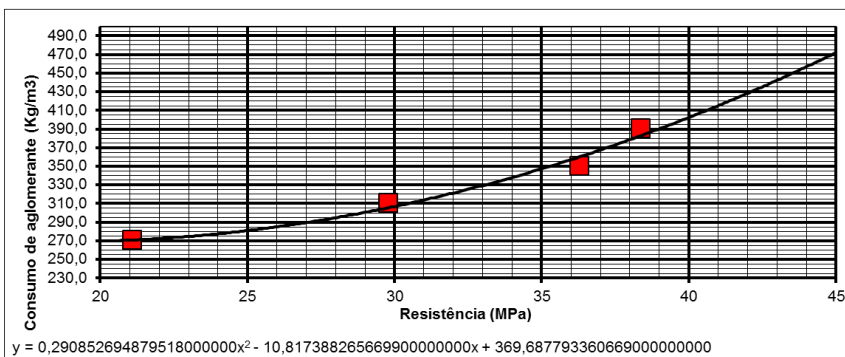
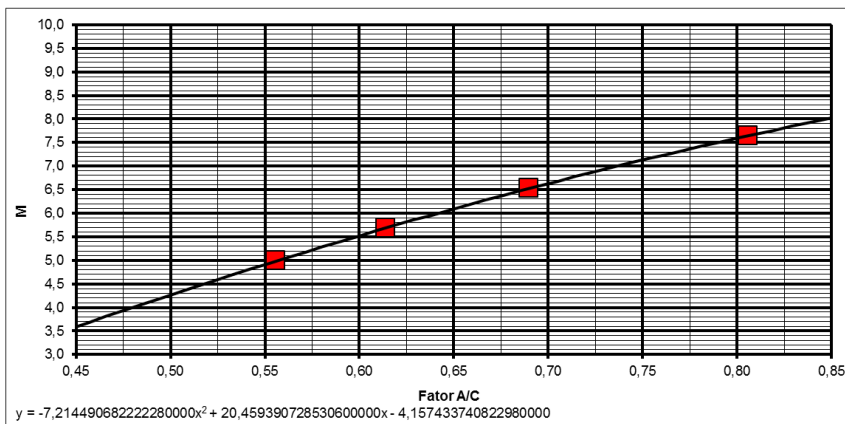
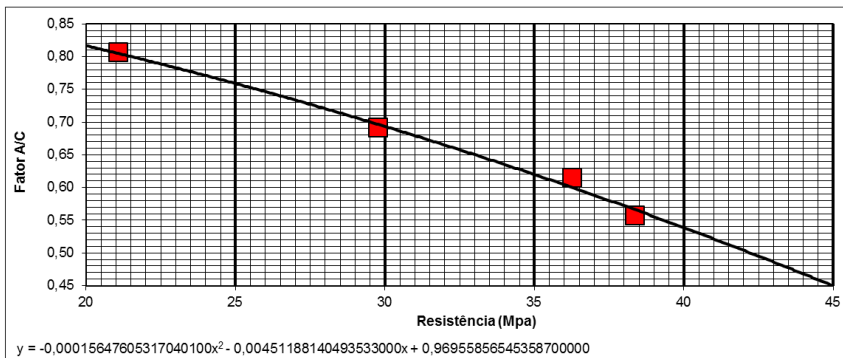


Diagrama de dosagem, misturas com cimento CPIV 32 RS, com substituição em massa de 5% de CCA do Lote 5.

		A%: 52	Ar Incorp. Médio (%):	1,000	%Ag. G. 1: 40	%Ag. G. 2: 60	%Ag. G. 3: 0	Abatim. (mm) 140			± 20																
		% Adição 1: 5	% Cimento: 95	% Ag. M. 1: 60	% Ag. M. 2: 40	% Aditivo 1: 0,6			% Aditivo 2: 0,0																		
Materiais a serem utilizados						custos (R\$/kg)																					
Cimento:	Cimento CP IV Votoran					0,3293																					
Adição 1:	Cinza da Casca do Arroz					0,4000																					
Ag. Miúdo 1:	Areia Artificial - Vale do Selke					0,0230																					
Ag. Miúdo 2:	Areia Fina - Dona Otília					0,0240																					
Ag. Graúdo 1:	Brita 0 - Vale do Selke					0,0244																					
Ag. Graúdo 2:	Brita 1 - Vale do Selke					0,0252																					
Aditivo 2:	BF 30 - Basf					2,2227																					
Água:	Potável					0,0040																					
Características do Traço:				Consumo de Materiais (Kg / m3)								custos por traço (R\$/m³)															
				aglomerante	Adição 1	cimento	Miúdo 1	Miúdo 2	Graúdo 1	Graúdo 2	Graúdo 3		Aditivo 1	Aditivo 2	Água												
Fck: 20,0	Sd: 3,0	Fcj: 25,0	a/c: 0,76	M: 7,22	0,00	275	0	14	1	262	2	541	1	361	2	435	2	652			0,006	1,652			0,76	209	144,29
Fck: 25,0	Sd: 3,0	Fcj: 30,0	a/c: 0,69	M: 6,57	0,00	300	0	15	1	285	2	528	1	352	1	435	2	653			0,006	1,797			0,69	208	152,16
Fck: 30,0	Sd: 3,0	Fcj: 35,0	a/c: 0,62	M: 5,76	0,00	335	0	17	1	318	2	506	1	337	1	435	2	653			0,006	2,010			0,62	208	163,59
Fck: 35,0	Sd: 3,0	Fcj: 40,0	a/c: 0,54	M: 4,78	0,00	390	0	20	1	371	1	470	1	313	1	433	2	650			0,006	2,342			0,54	211	181,23

Discriminação dos traços e custo unitário dos produtos, misturas com cimento CPIV 32 RS, com substituição em massa de 5% de CCA do Lote 5.

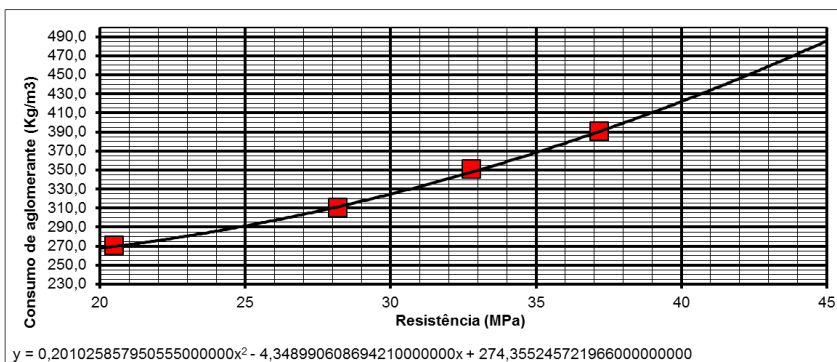
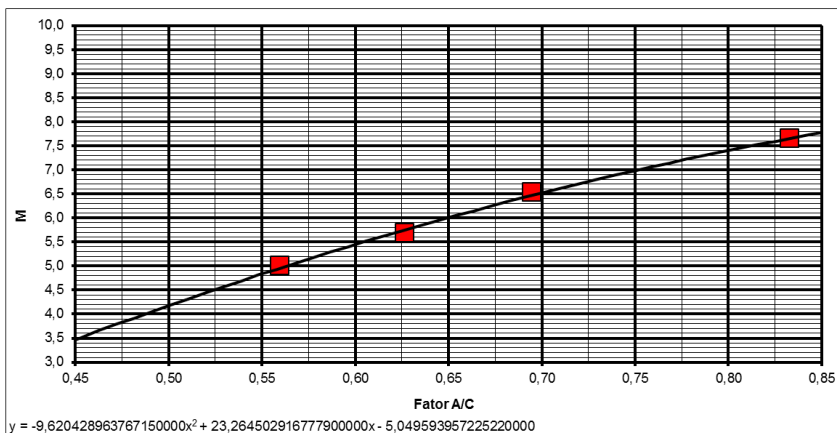
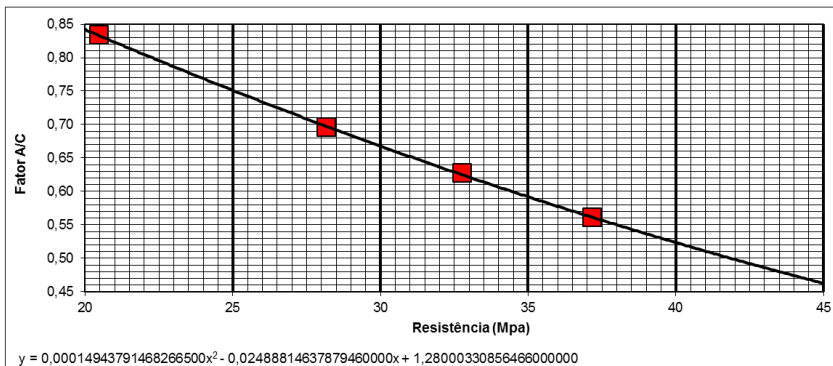


Diagrama de dosagem, misturas com cimento CPIV 32 RS, com substituição em massa de 5% de CCA do Lote 6.

		A%: 52	Ar Incorp. Médio (%):	1,000	%Ag. G. 1: 40	%Ag. G. 2: 60	%Ag. G. 3: 0	Abatim. (mm)			140	± 20											
		%Adição 1: 5	%Cimento: 95	%Ag. M. 1: 60	%Ag. M. 2: 40	%Aditivo 1: 0,6			%Aditivo 2: 0,0														
Materiais a serem utilizados										custos (R\$/kg)													
Cimento:	Cimento CP IV Votoran										0,3293												
Adição 1:	Cinza da Casca do Arroz										0,4000												
Ag. Miúdo 1:	Areia Artificial - Vale do Selke										0,0230												
Ag. Miúdo 2:	Areia Fina - Dona Otília										0,0240												
Ag. Graúdo 1:	Brita 0 - Vale do Selke										0,0244												
Ag. Graúdo 2:	Brita 1 - Vale do Selke										0,0252												
Aditivo 2:	BF 30 - Basf										2,2227												
Água:	Potável										0,0040												
Características do Traço:										Consumo de Materiais (Kg / m3)										custos por traço (R\$/m³)			
										aglomerante	Adição 1	cimento	Miúdo 1	Miúdo 2	Graúdo 1	Graúdo 2	Graúdo 3	Aditivo 1	Aditivo 2	Água			
Fck: 20,0	Sd: 3,0	Fcj: 25,0	a/c: 0,75	M: 7,01	0,00	282	0	14	1	268	2	535	1	356	2	433	2	650	0,006	1,691	0,75	212	146,16
Fck: 25,0	Sd: 3,0	Fcj: 30,0	a/c: 0,67	M: 6,20	0,00	314	0	16	1	298	2	517	1	345	1	434	2	651	0,006	1,883	0,67	210	156,62
Fck: 30,0	Sd: 3,0	Fcj: 35,0	a/c: 0,59	M: 5,36	0,00	355	0	18	1	337	1	491	1	328	1	434	2	650	0,006	2,130	0,59	210	169,88
Fck: 35,0	Sd: 3,0	Fcj: 40,0	a/c: 0,52	M: 4,50	0,00	408	0	20	1	388	1	456	1	304	1	431	2	647	0,006	2,450	0,52	214	186,78

Discriminação dos traços e custo unitário dos produtos, misturas com cimento CPIV 32 RS, com substituição em massa de 5% de CCA do Lote 6.

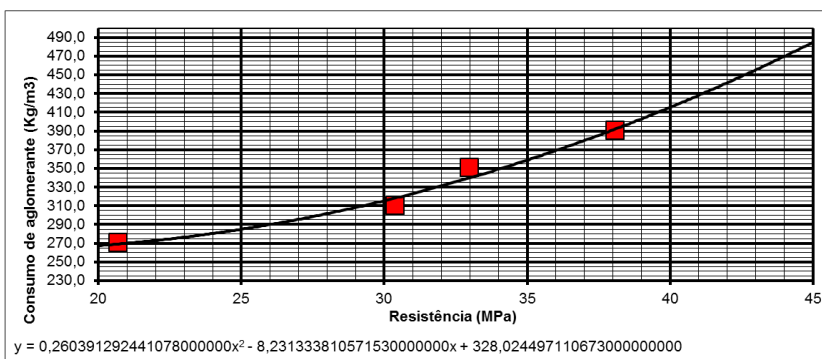
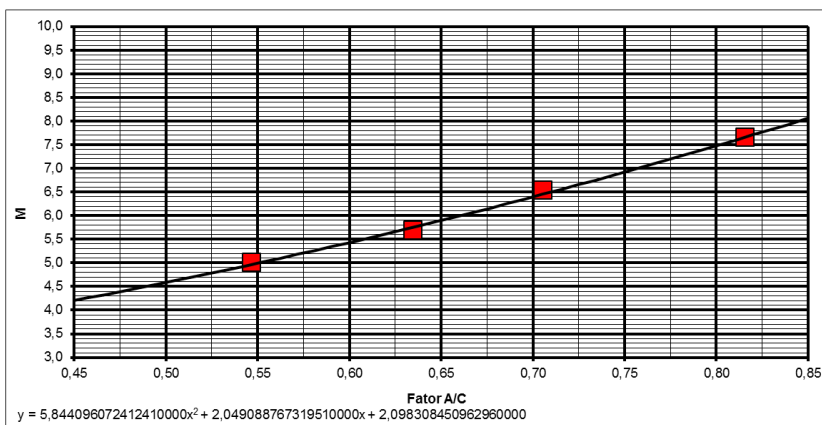
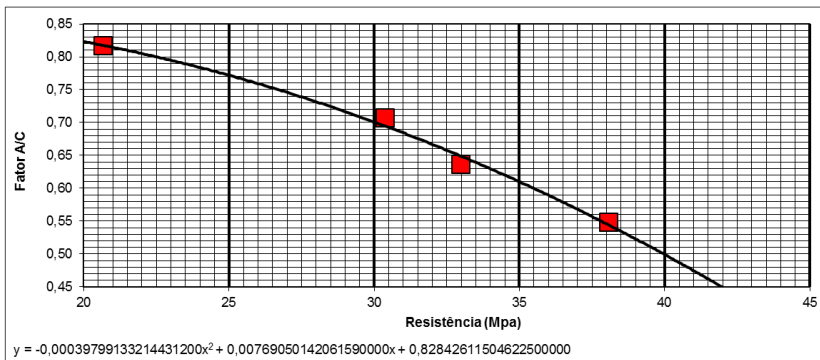


Diagrama de dosagem, misturas com cimento CPIV 32 RS, misturas com cimento CPIV 32 RS, com substituição em massa de 10% de CAA do Lote 5.

		A%	52	Ar Incorp. Médio (%)	1,000	% Ag. G. 1:	40	% Ag. G. 2:	60	% Ag. G. 3:	0	Abatim. (mm)		140	± 20																	
		% Adição 1:	10	% Cimento:	90	% Ag. M. 1:	60	% Ag. M. 2:	40	% Aditivo 1:	0,6	% Aditivo 2:		0,0																		
Materiais a serem utilizados										custos (R\$/kg)																						
Cimento:	Cimento CP IV Votoran										0,3293																					
Adição 1:	Cinza da Casca do Arroz										0,4000																					
Ag. Miúdo 1:	Areia Artificial - Vale do Selke										0,0230																					
Ag. Miúdo 2:	Areia Fina - Dona Otilia										0,0240																					
Ag. Graúdo 1:	Brita 0 - Vale do Selke										0,0244																					
Ag. Graúdo 2:	Brita 1 - Vale do Selke										0,0252																					
Aditivo 2:	BF 30 - Basf										2,2227																					
Água:	Potavel										0,0040																					
Características do Traço:				Consumo de Materiais (Kg / m3)											custos por traço (R\$/m³)																	
				aglomerante	Adição 1	cimento	Miúdo 1	Miúdo 2	Graúdo 1	Graúdo 2	Graúdo 3	Aditivo 1	Aditivo 2	Água																		
Fck:	20,0	Sd:	3,0	Fcj:	25,0	a/c:	0,77	M:	7,17	0,00	275	0	28	1	248	2	536	1	358	2	432	2	648			0,006	1,652			0,77	213	144,87
Fck:	25,0	Sd:	3,0	Fcj:	30,0	a/c:	0,70	M:	6,41	0,00	303	0	30	1	273	2	519	1	346	1	431	2	647			0,006	1,819			0,70	213	153,93
Fck:	30,0	Sd:	3,0	Fcj:	35,0	a/c:	0,61	M:	5,53	0,00	345	0	34	1	310	1	496	1	330	1	432	2	648			0,006	2,068			0,61	211	167,59
Fck:	35,0	Sd:	3,0	Fcj:	40,0	a/c:	0,50	M:	4,59	0,00	406	0	41	1	366	1	465	1	310	1	436	2	654			0,006	2,438			0,50	203	188,12

Discriminação dos traços e custo unitário dos produtos, misturas com cimento CPIV 32 RS, com substituição em massa de 10% de CCA do Lote 5.

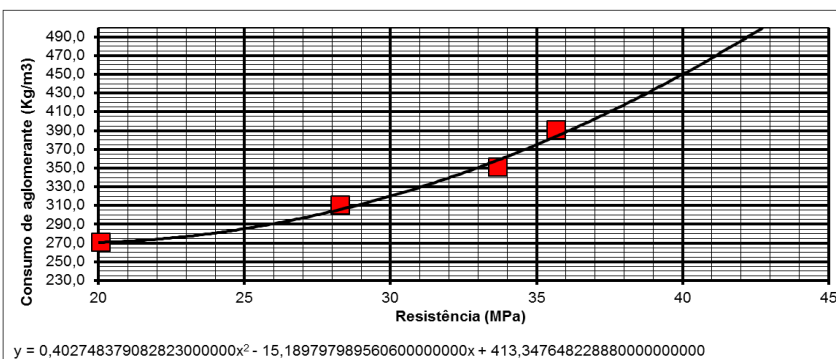
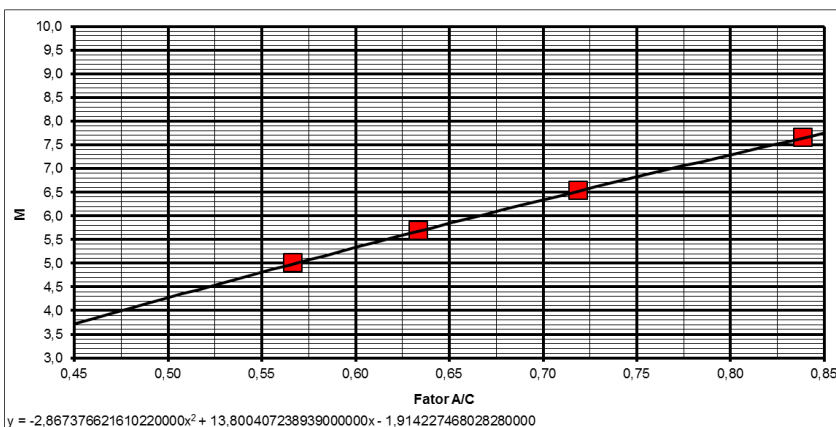
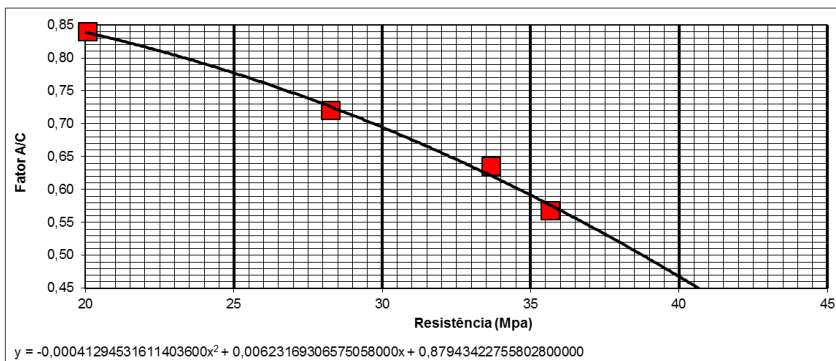


Diagrama de dosagem, misturas com cimento CPIV 32 RS, misturas com cimento CPIV 32 RS, com substituição em massa de 10% de CCA do Lote 6.

		A%: 52	Ar Incorp. Médio (%):	1,000	%Ag. G. 1: 40	%Ag. G. 2: 60	%Ag. G. 3: 0	Abatim. (mm) 140			± 20												
		% Adição 1: 10	% Cimento: 90	% Ag. M. 1: 60	% Ag. M. 2: 40	% Aditivo 1: 0,6			% Aditivo 2: 0,0														
Materiais a serem utilizados										custos (R\$/kg)													
Cimento:	Cimento CP IV Votoran										0,3293												
Adição 1:	Cinza da Casca do Arroz										0,4000												
Ag. Miúdo 1:	Areia Artificial - Vale do Selke										0,0230												
Ag. Miúdo 2:	Areia Fina - Dona Otília										0,0240												
Ag. Graúdo 1:	Brita 0 - Vale do Selke										0,0244												
Ag. Graúdo 2:	Brita 1 - Vale do Selke										0,0252												
Aditivo 2:	BF 30 - Basf										2,2227												
Água:	Potável										0,0040												
Características do Traço:										Consumo de Materiais (Kg / m3)										custos por traço (R\$/m³)			
										aglomerante	Adição 1	cimento	Miúdo 1	Miúdo 2	Graúdo 1	Graúdo 2	Graúdo 3	Aditivo 1	Aditivo 2		Água		
Fck: 20,0	Sd: 3,0	Fcj: 25,0	a/c: 0,78	M: 7,09	0,00	277	0	28	1	249	2	533	1	355	2	430	2	645	0,006	1,662	0,78	216	145,27
Fck: 25,0	Sd: 3,0	Fcj: 30,0	a/c: 0,70	M: 6,30	0,00	307	0	31	1	277	2	516	1	344	1	431	2	646	0,006	1,845	0,70	214	155,26
Fck: 30,0	Sd: 3,0	Fcj: 35,0	a/c: 0,59	M: 5,26	0,00	359	0	36	1	323	1	485	1	324	1	431	2	647	0,006	2,152	0,59	213	172,02
Fck: 35,0	Sd: 3,0	Fcj: 40,0	a/c: 0,47	M: 3,93	0,00	454	0	45	1	409	1	426	1	284	1	430	1	645	0,006	2,725	0,47	213	203,05

Discriminação dos traços e custo unitário dos produtos, misturas com cimento CPIV 32 RS, com substituição em massa de 10% de CCA do Lote 6.

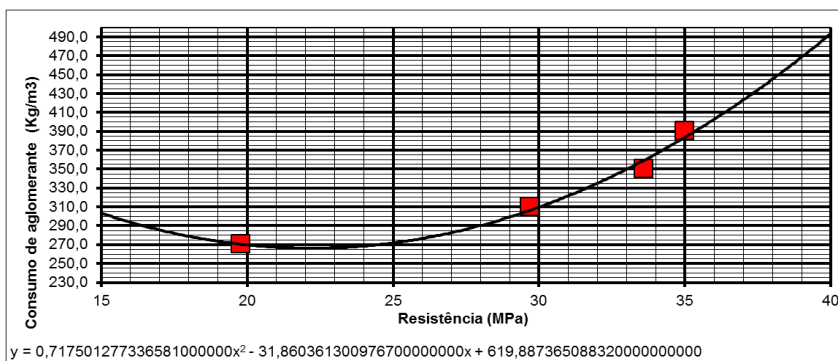
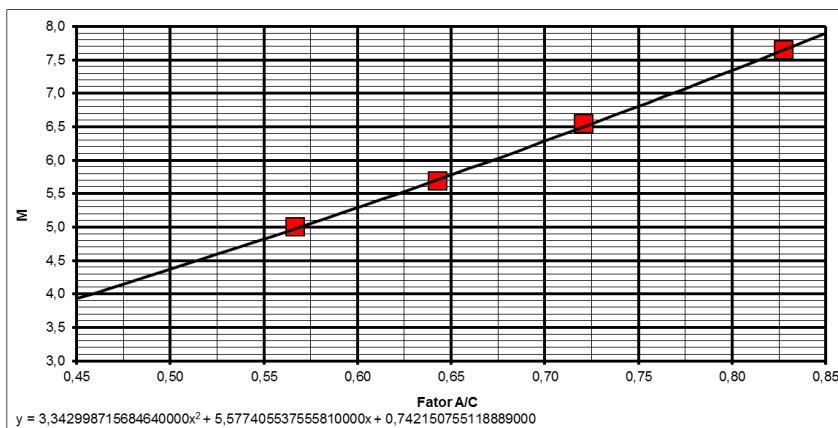
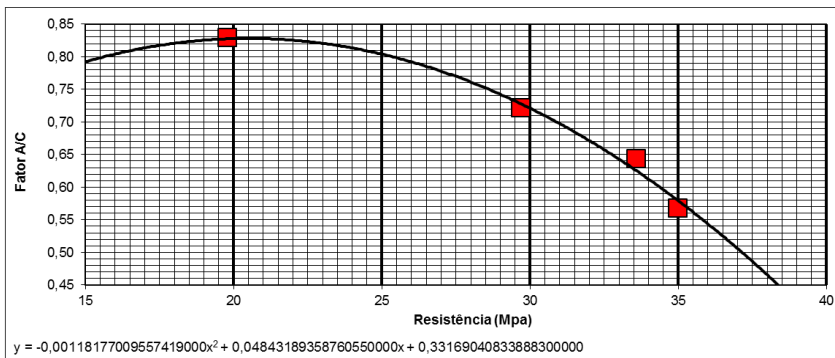


Diagrama de dosagem, misturas com cimento CPIV 32 RS, misturas com cimento CPIV 32 RS, com substituição em massa de 15% de CCA do Lote 5.

	A%	52	Ar Incorp. Médio (%):	1,000	%Ag. G. 1:	40	%Ag. G. 2:	60	%Ag. G. 3:	0	Abatim. (mm)	140	± 20																			
	% Adição 1:	15	%Cimento:	85	%Ag. M. 1:	60	%Ag. M. 2:	40	% Aditivo 1:	0,6	% Aditivo 2:	0,0																				
Materiais a serem utilizados											custos (R\$/kg)																					
Cimento:	Cimento CP IV Votoran										0,3293																					
Adição 1:	Cinza da Casca do Arroz										0,4000																					
Ag. Miúdo 1:	Areia Artificial - Vale do Selke										0,0230																					
Ag. Miúdo 2:	Areia Fina - Dona Otília										0,0240																					
Ag. Graúdo 1:	Brita 0 - Vale do Selke										0,0244																					
Ag. Graúdo 2:	Brita 1 - Vale do Selke										0,0252																					
Aditivo 2:	BF 30 - Basf										2,2227																					
Água:	Potável										0,0040																					
Características do Traço:											Consumo de Materiais (Kg / m3)											custos por traço (R\$/m³)										
											aglomerante	Adição 1	cimento	Miúdo 1	Miúdo 2	Graúdo 1	Graúdo 2	Graúdo 3	Aditivo 1	Aditivo 2	Água											
Fck:	20,0	Sd:	3,0	Fcj:	25,0	a/c:	0,80	M:	7,39	0,00	267	0	40	1	227	2	538	1	359	2	430	2	645			0,006	1,601			0,80	215	142,81
Fck:	25,0	Sd:	3,0	Fcj:	30,0	a/c:	0,72	M:	6,51	0,00	298	0	45	1	253	2	519	1	346	1	429	2	644			0,006	1,785			0,72	215	152,91
Fck:	30,0	Sd:	3,0	Fcj:	35,0	a/c:	0,58	M:	5,11	0,00	366	0	55	1	311	1	478	1	319	1	430	2	645			0,006	2,198			0,58	213	175,62
Fck:	35,0	Sd:	3,0	Fcj:	40,0	a/c:	0,38	M:	3,35	0,00	522	0	78	1	444	1	395	1	263	1	436	1	654			0,006	3,132			0,38	199	227,71

Discriminação dos traços e custo unitário dos produtos, misturas com cimento CPIV 32 RS, com substituição em massa de 15% de CCA do Lote 5.

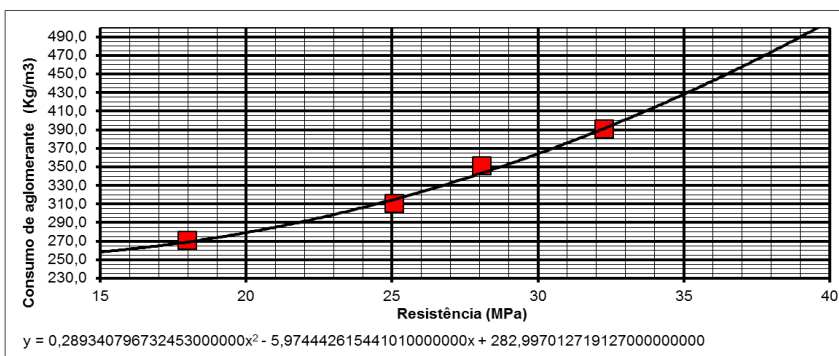
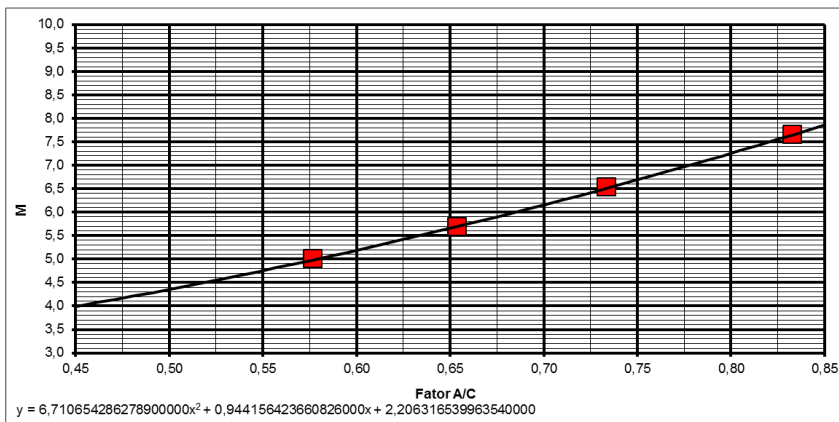
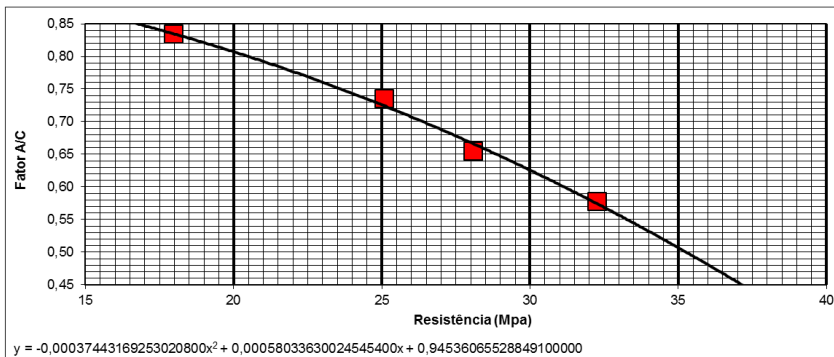


Diagrama de dosagem, misturas com cimento CPIV 32 RS, misturas com cimento CPIV 32 RS, com substituição em massa de 15% de CCA do Lote 6.

	A/c:	52	Ar Incorp. Médio (%):	1,000	% Ag. G. 1:	40	% Ag. G. 2:	60	% Ag. G. 3:	0	Abatim. (mm)	140	± 20																			
	% Adição 1:	15	% Cimento:	85	% Ag. M. 1:	60	% Ag. M. 2:	40	% Aditivo 1:	0,6	% Aditivo 2:	0,0																				
Materiais a serem utilizados										custos (R\$/kg)																						
Cimento:	Cimento CP IV Votoran										0,3293																					
Adição 1:	Cinza da Casca do Arroz										0,4000																					
Ag. Miúdo 1:	Areia Artificial - Vale do Selke										0,0230																					
Ag. Miúdo 2:	Areia Fina - Dona Otília										0,0240																					
Ag. Graúdo 1:	Brita 0 - Vale do Selke										0,0244																					
Ag. Graúdo 2:	Brita 1 - Vale do Selke										0,0252																					
Aditivo 2:	BF 30 - Basf										2,2227																					
Água:	Potavel										0,0040																					
Características do Traço:				Consumo de Materiais (Kg / m3)											custos por traço (R\$/m³)																	
				aglomerante	Adição 1	cimento	Miúdo 1	Miúdo 2	Graúdo 1	Graúdo 2	Graúdo 3	Aditivo 1	Aditivo 2	Água																		
Fck:	20,0	Sd:	3,0	Fcj:	25,0	a/c:	0,73	M:	6,44	0,00	300	0	45	1	255	2	515	1	344	1	428	2	642			0,006	1,797			0,73	218	153,37
Fck:	25,0	Sd:	3,0	Fcj:	30,0	a/c:	0,63	M:	5,44	0,00	346	0	52	1	294	1	487	1	325	1	428	2	641			0,006	2,076			0,63	217	168,70
Fck:	30,0	Sd:	3,0	Fcj:	35,0	a/c:	0,51	M:	4,42	0,00	414	0	62	1	352	1	451	1	301	1	431	2	646			0,006	2,482			0,51	210	191,36
Fck:	35,0	Sd:	3,0	Fcj:	40,0	a/c:	0,37	M:	3,48	0,00	512	0	77	1	435	1	409	1	272	1	441	1	661			0,006	3,074			0,37	190	225,08

Discriminação dos traços e custo unitário dos produtos, misturas com cimento CPIV 32 RS, com substituição em massa de 15% de CCA do Lote 6.

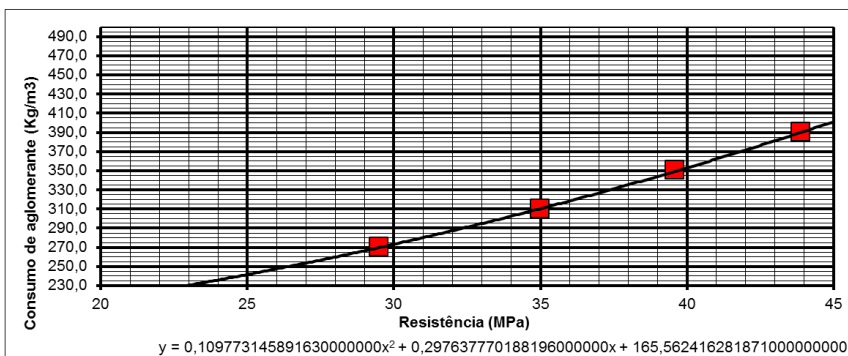
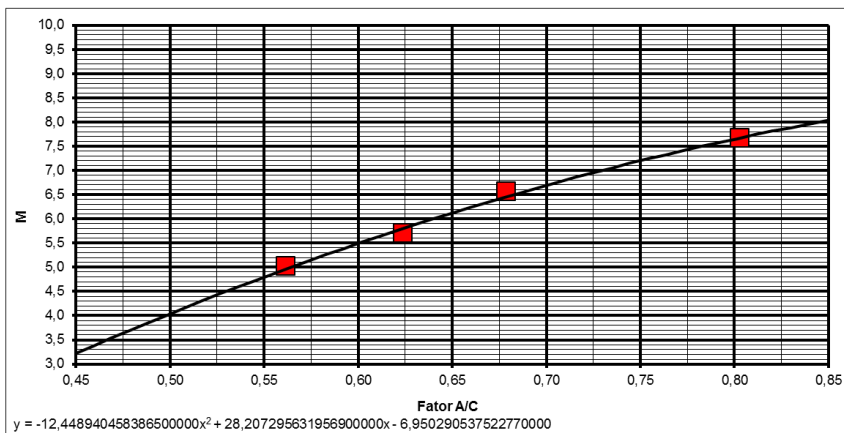
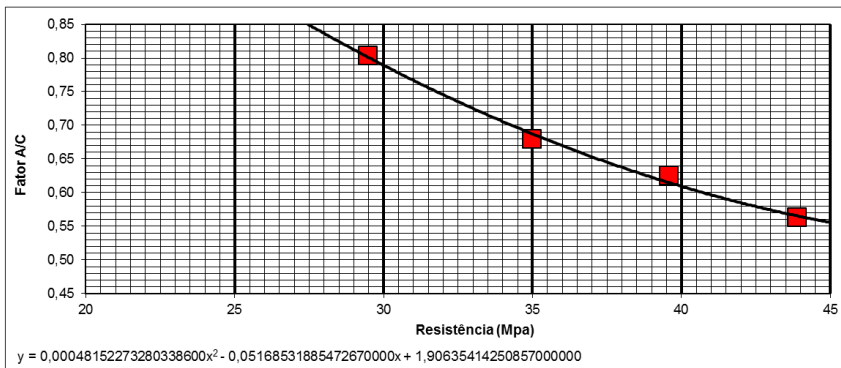


Diagrama de dosagem, misturas referência com cimento CPV ARI RS.

	A%	52	Ar Incorp. Médio (%):	1,000	%Ag. G. 1:	40	%Ag. G. 2:	60	%Ag. G. 3:	0	Abatim. (mm)	140	± 20																
	%Adição 1:	0	%Cimento:	100	%Ag. M. 1:	60	%Ag. M. 2:	40	%Aditivo 1:	0,6	%Aditivo 2:	0,0																	
Materiais a serem utilizados										custos (R\$/kg)																			
Cimento:	Cimento CPV ARI RS Votoran										0,3378																		
Adição 1:	Cinza da Casca do Arroz										0,4000																		
Ag. Miúdo 1:	Areia Artificial - Vale do Selke										0,0230																		
Ag. Miúdo 2:	Areia Fina - Dona Otília										0,0240																		
Ag. Graúdo 1:	Brita 0 - Vale do Selke										0,0244																		
Ag. Graúdo 2:	Brita 1 - Vale do Selke										0,0252																		
Aditivo 2:	BF 30 - Basf										2,2227																		
Água:	Potavel										0,0040																		
Características do Traço:				Consumo de Materiais (Kg / m3)										custos por traço (R\$/m³)															
				aglomerante	Adição 1	cimento	Miúdo 1	Miúdo 2	Graúdo 1	Graúdo 2	Graúdo 3	Aditivo 1	Aditivo 2	Água															
Fck:	20,0	Sd:	3,0	Fcj:	25,0	a/c:	0,92	M:	8,45	0,00	238		1	238	2	558	2	372	2	431	3	647		0,006	1,427		0,92	218	133,02
Fck:	25,0	Sd:	3,0	Fcj:	30,0	a/c:	0,79	M:	7,57	0,00	265		1	265	2	550	1	366	2	436	2	654		0,006	1,591		0,79	210	142,53
Fck:	30,0	Sd:	3,0	Fcj:	35,0	a/c:	0,69	M:	6,57	0,00	301		1	301	2	530	1	354	1	438	2	656		0,006	1,808		0,69	207	154,51
Fck:	35,0	Sd:	3,0	Fcj:	40,0	a/c:	0,61	M:	5,62	0,00	343		1	343	1	503	1	336	1	437	2	655		0,006	2,059		0,61	209	168,14

Discriminação dos traços e custo unitário dos produtos, misturas referência com cimento CPV ARI RS.

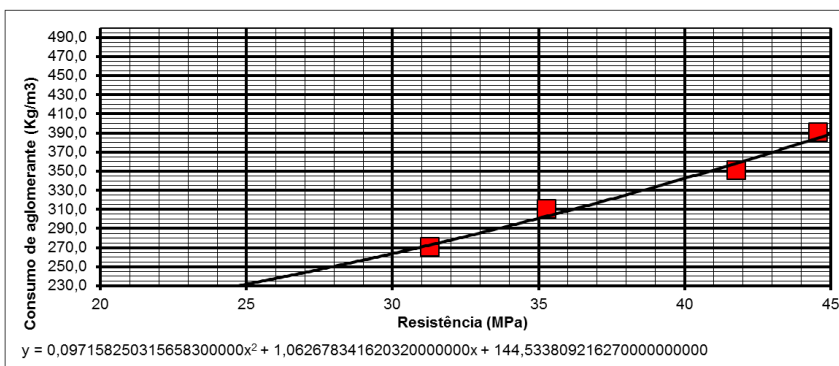
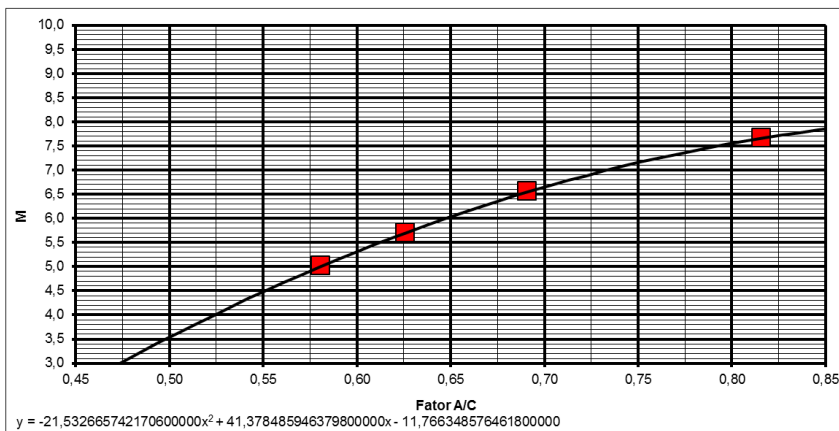
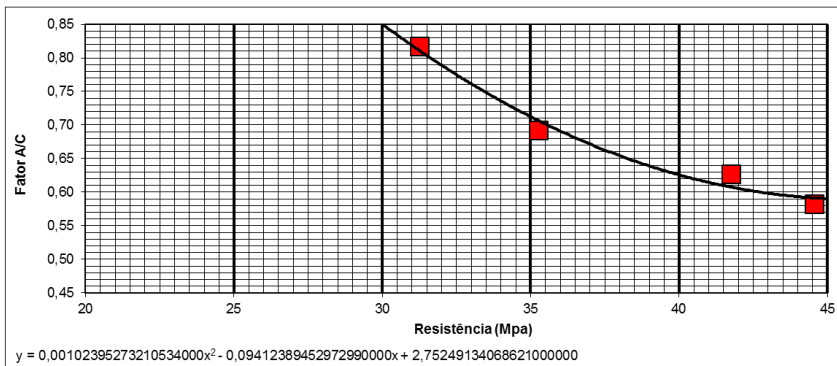


Diagrama de dosagem, misturas com cimento CPV ARI RS, com substituição em massa de 5% de CCA do Lote 5.

	A%:	52	Ar Incorp. Médio (%):	1,000	%Ag. G. 1:	40	%Ag. G. 2:	60	%Ag. G. 3:	0	Abatim. (mm)	140	± 20																		
	% Adição 1:	5	% Cimento:	95	% Ag. M. 1:	60	% Ag. M. 2:	40	% Aditivo 1:	0,6	% Aditivo 2:	0,0																			
 Materiais a serem utilizados											 custos (R\$/kg)																				
Cimento:	Cimento CPV ARI RS Votoran											0,3378																			
Adição 1:	Cinza da Casca do Arroz											0,4000																			
Ag. Miúdo 1:	Areia Artificial - Vale do Selke											0,0230																			
Ag. Miúdo 2:	Areia Fina - Dona Otília											0,0240																			
Ag. Graúdo 1:	Brita 0 - Vale do Selke											0,0244																			
Ag. Graúdo 2:	Brita 1 - Vale do Selke											0,0252																			
Aditivo 2:	BF 30 - Basf											2,2227																			
Água:	Potavel											0,0040																			
 Características do Traço:											 Consumo de Materiais (Kg / m3)											 custos por traço (R\$/m³)									
											aglomerante	Adição 1	cimento	Miúdo 1	Miúdo 2	Graúdo 1	Graúdo 2	Graúdo 3	Aditivo 1	Aditivo 2	Água										
Fck:	20,0	Sd:	3,0	Fcj:	25,0	a/c:	1,04	M:	7,97	0,00	240	0	12	1	228	2	527	1	351	2	413		3	619		0,006	1,438		1,04	250	132,16
Fck:	25,0	Sd:	3,0	Fcj:	30,0	a/c:	0,85	M:	7,86	0,00	254	0	13	1	241	2	549	1	366	2	432		3	647		0,006	1,523		0,85	216	139,02
Fck:	30,0	Sd:	3,0	Fcj:	35,0	a/c:	0,71	M:	6,80	0,00	291	0	15	1	277	2	534	1	356	1	436		2	654		0,006	1,748		0,71	208	152,00
Fck:	35,0	Sd:	3,0	Fcj:	40,0	a/c:	0,63	M:	5,71	0,00	337	0	17	1	320	1	503	1	335	1	434	2	651		0,006	2,024		0,63	211	166,96	

Discriminação dos traços e custo unitário dos produtos, misturas com cimento CPV ARI RS, com substituição em massa de 5% de CCA do Lote 5.

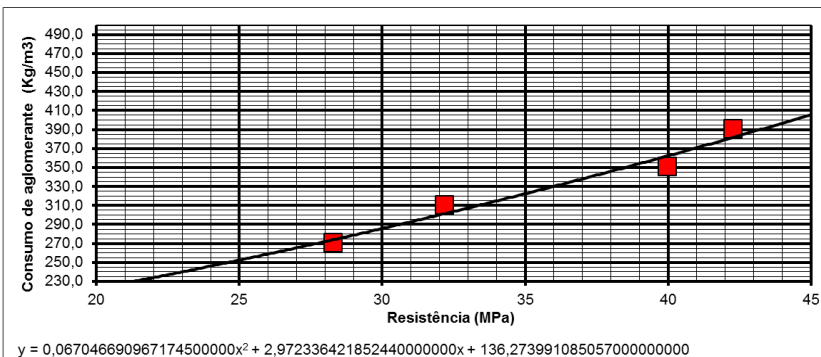
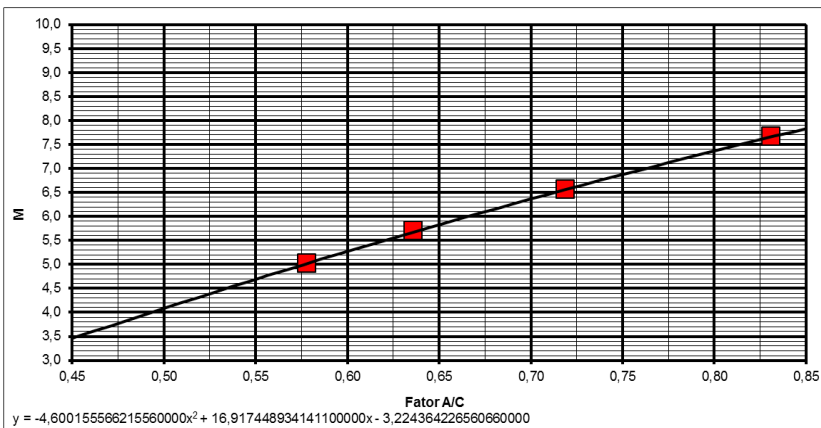
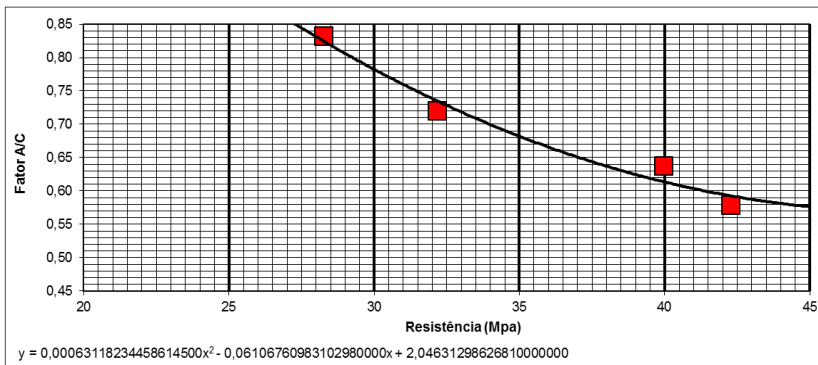


Diagrama de dosagem, misturas com cimento CPV ARI RS, com substituição em massa de 5% de CCA do Lote 6.

		A%	52	Ar Incorp. Médio (%)	1,000	%Ag. G. 1:	40	%Ag. G. 2:	60	%Ag. G. 3:	0	Abatim. (mm)		140	± 20																	
		%Adição 1:	5	%Cimento:	95	%Ag. M. 1:	60	%Ag. M. 2:	40	%Aditivo 1:		0,6	%Aditivo 2:		0,0																	
Materiais a serem utilizados										custos (R\$/kg)																						
Cimento:	Cimento CPV ARI RS Votoran										0,3378																					
Adição 1:	Cinza da Casca do Arroz										0,4000																					
Ag. Miúdo 1:	Areia Artificial - Vale do Selke										0,0230																					
Ag. Miúdo 2:	Areia Fina - Dona Otília										0,0240																					
Ag. Graúdo 1:	Brita 0 - Vale do Selke										0,0244																					
Ag. Graúdo 2:	Brita 1 - Vale do Selke										0,0252																					
Aditivo 2:	BF 30 - Basf										2,2227																					
Água:	Potável										0,0040																					
Características do Traço:										Consumo de Materiais (Kg / m3)										custos por traço (R\$/m³)												
										aglomerante	Adição 1	cimento	Miúdo 1	Miúdo 2	Graúdo 1	Graúdo 2	Graúdo 3	Aditivo 1	Aditivo 2		Água											
Fck:	20,0	Sd:	3,0	Fcj:	25,0	a/c:	0,92	M:	8,41	0,00	238	0	12	1	226	2	557	2	371	2	431	3	646			0,006	1,430			0,92	218	133,77
Fck:	25,0	Sd:	3,0	Fcj:	30,0	a/c:	0,78	M:	7,21	0,00	274	0	14	1	261	2	538	1	359	2	432	2	648			0,006	1,646			0,78	215	145,90
Fck:	30,0	Sd:	3,0	Fcj:	35,0	a/c:	0,68	M:	6,18	0,00	314	0	16	1	298	2	515	1	343	1	433	2	649			0,006	1,882			0,68	214	158,95
Fck:	35,0	Sd:	3,0	Fcj:	40,0	a/c:	0,61	M:	5,43	0,00	350	0	18	1	333	1	492	1	328	1	432	2	648			0,006	2,101			0,61	215	170,95

Discriminação dos traços e custo unitário dos produtos, misturas com cimento CPV ARI RS, com substituição em massa de 5% de CCA do Lote 6.

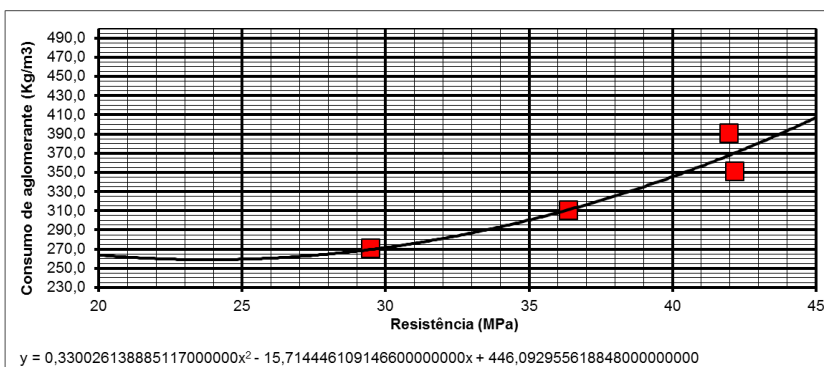
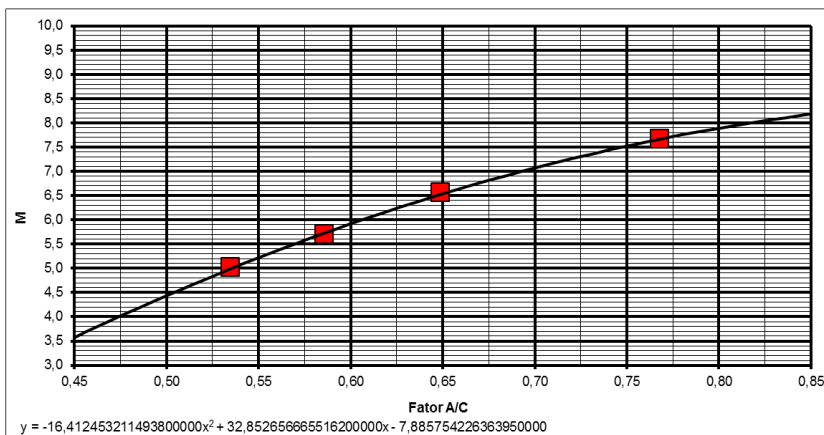
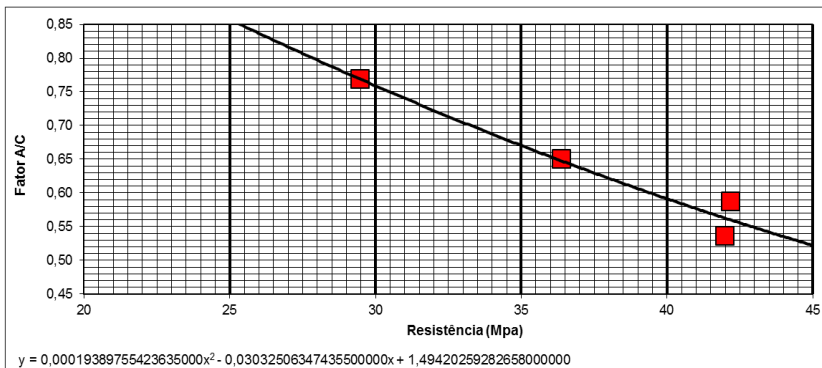


Diagrama de dosagem, misturas com cimento CPV ARI RS, com substituição em massa de 10% de CCA do Lote 5.

		A%:	52	Ar Incorp. Médio (%):	1,000	%Ag. G. 1:	40	%Ag. G. 2:	60	%Ag. G. 3:	0	Abatim. (mm)		140	± 20																	
		% Adição 1:	10	% Cimento:	90	% Ag. M. 1:	60	% Ag. M. 2:	40	% Aditivo 1:		0,6	% Aditivo 2:		0,0																	
 Materiais a serem utilizados										 custos (R\$/kg)																						
Cimento:	Cimento CPV ARI RS Votoran										0,3378																					
Adição 1:	Cinza da Casca do Arroz										0,4000																					
Ag. Miúdo 1:	Areia Artificial - Vale do Selke										0,0230																					
Ag. Miúdo 2:	Areia Fina - Dona Otília										0,0240																					
Ag. Graúdo 1:	Brita 0 - Vale do Selke										0,0244																					
Ag. Graúdo 2:	Brita 1 - Vale do Selke										0,0252																					
Aditivo 2:	BF 30 - Basf										2,2227																					
Água:	Potavel										0,0040																					
 Características do Traço:					 Consumo de Materiais (Kg / m3)											 custos por traço (R\$/m³)																
					aglomerante	Adição 1	cimento	Miúdo 1	Miúdo 2	Graúdo 1	Graúdo 2	Graúdo 3	Aditivo 1	Aditivo 2	Água																	
Fck:	20,0	Sd:	3,0	Fcj:	25,0	a/c:	0,86	M:	8,22	0,00	245	0	25	1	221	2	558	2	372	2	434	3	651			0,006	1,471			0,86	210	137,19
Fck:	25,0	Sd:	3,0	Fcj:	30,0	a/c:	0,76	M:	7,60	0,00	266	0	27	1	239	2	553	1	369	2	439	2	658			0,006	1,594			0,76	202	144,59
Fck:	30,0	Sd:	3,0	Fcj:	35,0	a/c:	0,67	M:	6,77	0,00	295	0	30	1	266	2	539	1	359	1	441	2	661			0,006	1,772			0,67	198	154,71
Fck:	35,0	Sd:	3,0	Fcj:	40,0	a/c:	0,59	M:	5,81	0,00	336	0	34	1	303	2	513	1	342	1	440	2	660			0,006	2,017			0,59	199	168,30

Discriminação dos traços e custo unitário dos produtos, misturas com cimento CPV ARI RS, com substituição em massa de 10% de CCA do Lote 5.

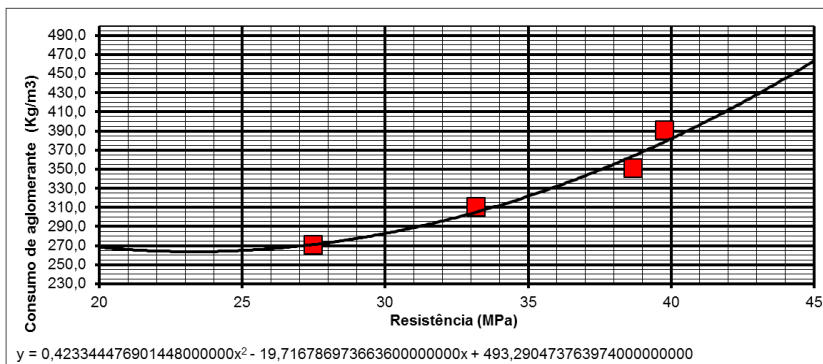
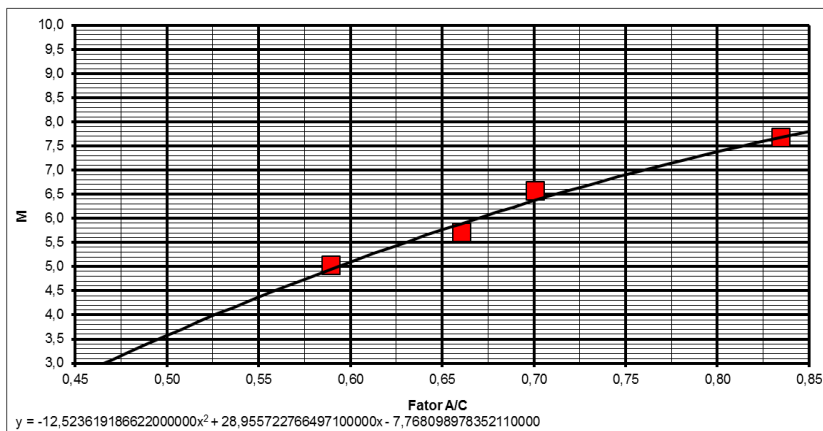
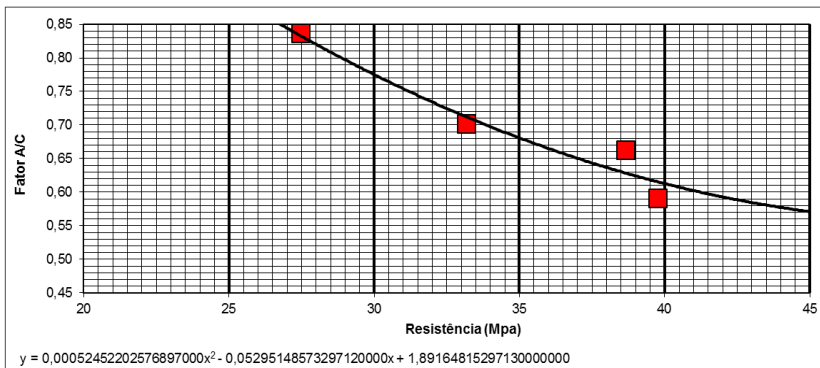


Diagrama de dosagem, misturas com cimento CPV ARI RS, com substituição em massa de 10% de CCA do Lote 6.

		A%	52	Ar Incorp. Médio (%)	1,000	% Ag. G. 1:	40	% Ag. G. 2:	60	% Ag. G. 3:	0	Abatim. (mm)		140	± 20															
		% Adição 1:	10	% Cimento:	90	% Ag. M. 1:	60	% Ag. M. 2:	40	% Aditivo 1:	0,6	% Aditivo 2:	0,0																	
Materiais a serem utilizados										custos (R\$/kg)																				
Cimento:	Cimento CPV ARI RS Votoran										0,3378																			
Adição 1:	Cinza da Casca do Arroz										0,4000																			
Ag. Miúdo 1:	Areia Artificial - Vale do Selke										0,0230																			
Ag. Miúdo 2:	Areia Fina - Dona Otília										0,0240																			
Ag. Graúdo 1:	Brita 0 - Vale do Selke										0,0244																			
Ag. Graúdo 2:	Brita 1 - Vale do Selke										0,0252																			
Aditivo 2:	BF 30 - Basf										2,2227																			
Água:	Potavel										0,0040																			
Características do Traço:				Consumo de Materiais (Kg / m3)												custos por traço (R\$/m³)														
				aglomerante	Adição 1	cimento	Miúdo 1	Miúdo 2	Graúdo 1	Graúdo 2	Graúdo 3	Aditivo 1	Aditivo 2	Água																
Fck:	20,0	Sd:	3,0	Fcj:	25,0	a/c:	0,90	M:	8,13	0,00	245	0	24	1	220	2	550	1	367	2	429	3	643		0,006	1,468		0,90	220	136,45
Fck:	25,0	Sd:	3,0	Fcj:	30,0	a/c:	0,78	M:	7,16	0,00	276	0	28	1	248	2	536	1	358	2	432	2	648		0,006	1,653		0,78	214	147,11
Fck:	30,0	Sd:	3,0	Fcj:	35,0	a/c:	0,68	M:	6,15	0,00	314	0	31	1	283	2	513	1	342	1	431	2	647		0,006	1,886		0,68	214	159,99
Fck:	35,0	Sd:	3,0	Fcj:	40,0	a/c:	0,61	M:	5,28	0,00	356	0	36	1	320	1	484	1	322	1	429	2	644		0,006	2,135		0,61	218	173,56

Discriminação dos traços e custo unitário dos produtos, misturas com cimento CPV ARI RS, com substituição em massa de 10% de CCA do Lote 6.

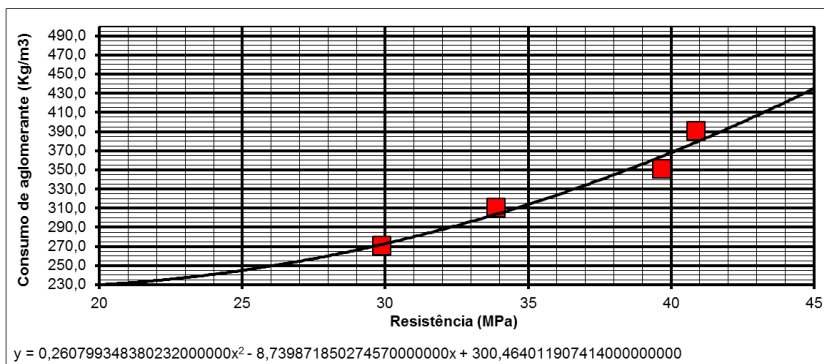
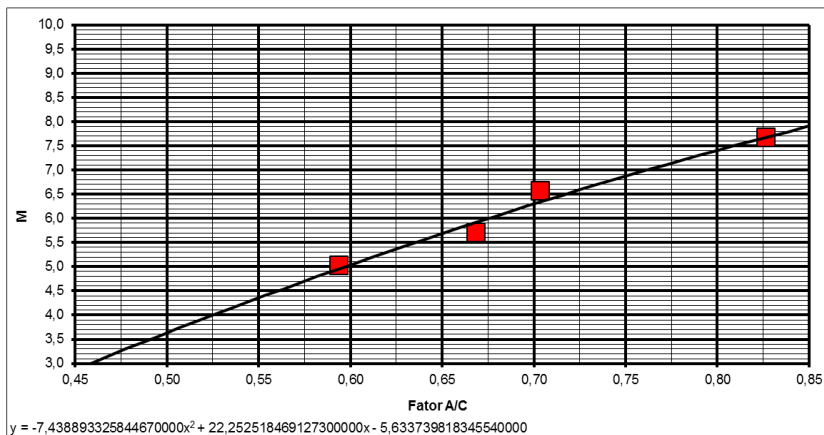
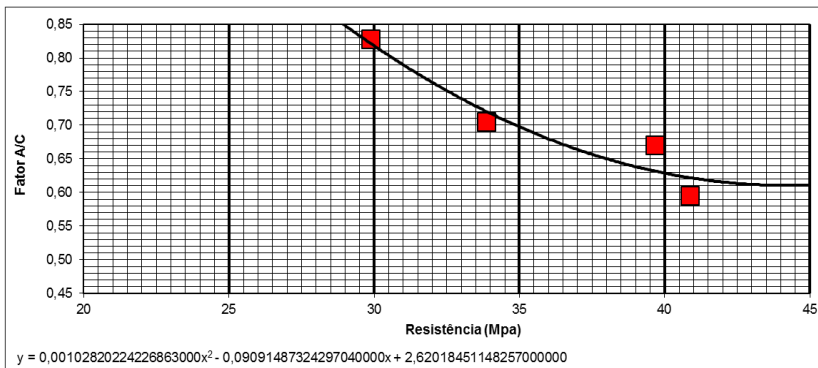


Diagrama de dosagem, misturas com cimento CPV ARI RS, com substituição em massa de 15% de CCA do Lote 5.

	A%:	52	Ar Incorp. Médio (%):	1,000	%Ag. G. 1:	40	%Ag. G. 2:	60	%Ag. G. 3:	0	Abatim. (mm)	140	± 20																			
	% Adição 1:	15	% Cimento:	85	%Ag. M. 1:	60	%Ag. M. 2:	40	% Aditivo 1:	0,6	% Aditivo 2:	0,0																				
Materiais a serem utilizados											custos (R\$/kg)																					
Cimento:	Cimento CPV ARI RS Votoran											0,3378																				
Adição 1:	Cinza da Casca do Arroz											0,4000																				
Ag. Miúdo 1:	Areia Artificial - Vale do Selke											0,0230																				
Ag. Miúdo 2:	Areia Fina - Dona Otília											0,0240																				
Ag. Graúdo 1:	Brita 0 - Vale do Selke											0,0244																				
Ag. Graúdo 2:	Brita 1 - Vale do Selke											0,0252																				
Aditivo 2:	BF 30 - Basf											2,2227																				
Água:	Potavel											0,0040																				
Características do Traço:											Consumo de Materiais (Kg / m3)											custos por traço (R\$/m³)										
											aglomerante	Adição 1	cimento	Miúdo 1	Miúdo 2	Graúdo 1	Graúdo 2	Graúdo 3	Aditivo 1	Aditivo 2	Água											
Fck:	20,0	Sd:	3,0	Fcj:	25,0	a/c:	0,99	M:	9,12	0,00	221	0	33	1	188	3	564	2	376	2	429	3	643			0,006	1,324			0,99	219	129,04
Fck:	25,0	Sd:	3,0	Fcj:	30,0	a/c:	0,82	M:	7,61	0,00	261	0	39	1	222	2	544	1	363	2	431	2	647			0,006	1,565			0,82	214	142,90
Fck:	30,0	Sd:	3,0	Fcj:	35,0	a/c:	0,70	M:	6,28	0,00	308	0	46	1	261	2	514	1	343	1	430	2	645			0,006	1,845			0,70	215	158,53
Fck:	35,0	Sd:	3,0	Fcj:	40,0	a/c:	0,63	M:	5,42	0,00	347	0	52	1	295	1	487	1	325	1	428	2	642			0,006	2,082			0,63	218	171,54

Discriminação dos traços e custo unitário dos produtos, misturas com cimento CPV ARI RS, com substituição em massa de 15% de CCA do Lote 5.

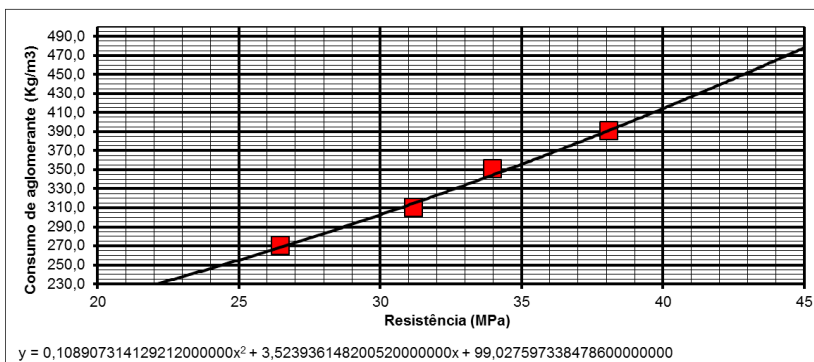
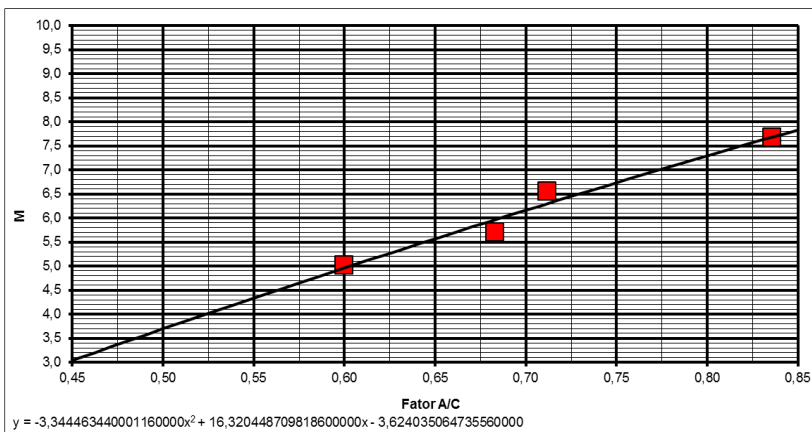
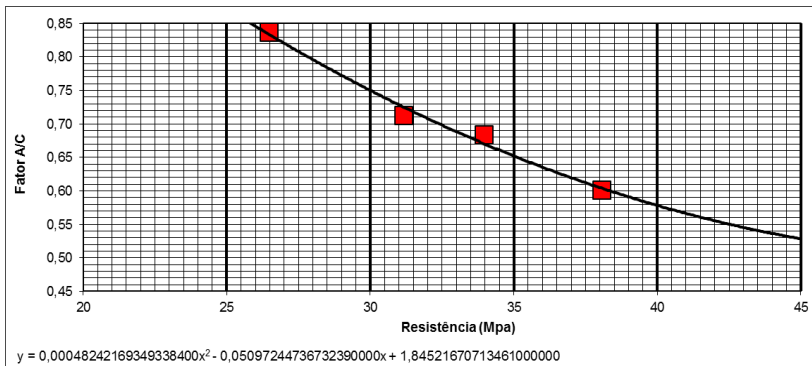


Diagrama de dosagem, misturas com cimento CPV ARI RS, com substituição em massa de 15% de CCA do Lote 6.

		A%:	52	Ar Incorp. Médio (%):	1,000	%Ag. G. 1:	40	%Ag. G. 2:	60	%Ag. G. 3:	0	Abatim. (mm)		140	± 20															
		% Adição 1:	15	% Cimento:	85	% Ag. M. 1:	60	% Ag. M. 2:	40	% Aditivo 1:		0,6	% Aditivo 2:		0,0															
 Materiais a serem utilizados										 custos (R\$/kg)																				
Cimento:	Cimento CPV ARI RS Votoran											0,3378																		
Adição 1:	Cinza da Casca do Arroz											0,4000																		
Ag. Miúdo 1:	Areia Artificial - Vale do Selke											0,0230																		
Ag. Miúdo 2:	Areia Fina - Dona Otília											0,0240																		
Ag. Graúdo 1:	Brita 0 - Vale do Selke											0,0244																		
Ag. Graúdo 2:	Brita 1 - Vale do Selke											0,0252																		
Aditivo 2:	BF 30 - Basf											2,2227																		
Água:	Potavel											0,0040																		
 Características do Traço:					 Consumo de Materiais (Kg / m3)											 custos por traço (R\$/m³)														
					aglomerante	Adição 1	cimento	Miúdo 1	Miúdo 2	Graúdo 1	Graúdo 2	Graúdo 3	Aditivo 1	Aditivo 2	Água															
Fck:	20,0	Sd:	3,0	Fc _j :	25,0	a/c:	0,87	M:	8,08	0,00	247	0	37	1	210	2	551	1	367	2	430	3	645		0,006	1,480		0,87	216	138,03
Fck:	25,0	Sd:	3,0	Fc _j :	30,0	a/c:	0,75	M:	6,75	0,00	288	0	43	1	245	2	524	1	350	1	429	2	644		0,006	1,731		0,75	217	151,98
Fck:	30,0	Sd:	3,0	Fc _j :	35,0	a/c:	0,65	M:	5,61	0,00	337	0	50	1	286	1	492	1	328	1	427	2	641		0,006	2,020		0,65	220	167,97
Fck:	35,0	Sd:	3,0	Fc _j :	40,0	a/c:	0,58	M:	4,70	0,00	387	0	58	1	329	1	457	1	305	1	424	2	636		0,006	2,324		0,58	224	184,74

Discriminação dos traços e custo unitário dos produtos, misturas com cimento CPV ARI RS, com substituição em massa de 15% de CCA do Lote 6.

ANEXO 3 – Diagrama de dosagem e discriminação dos traços e custo unitário dos produtos aos 63 dias

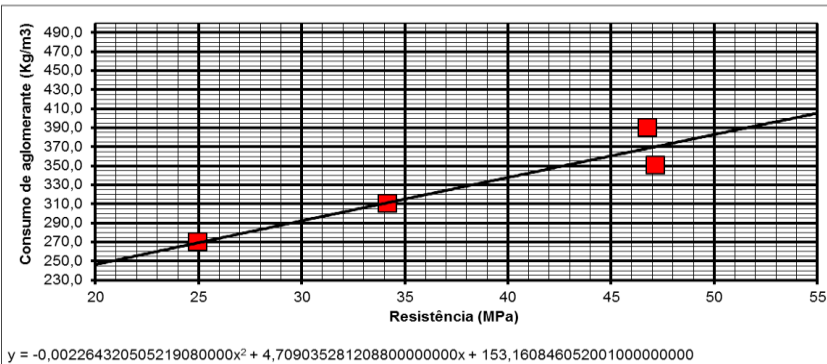
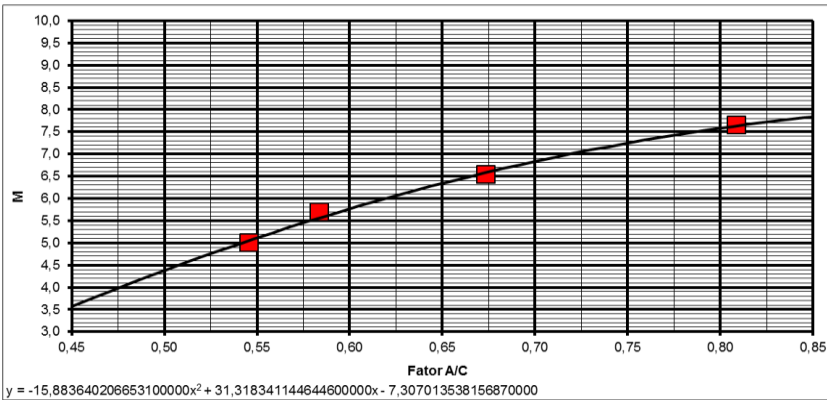
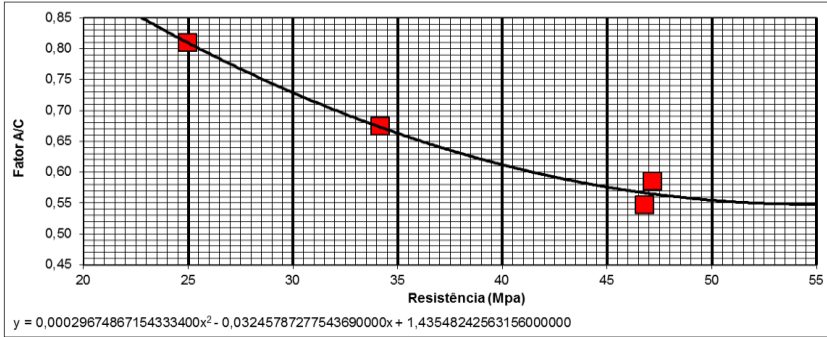


Diagrama de dosagem, misturas referência com cimento CPIV 32 RS, com resistência aos 63 dias.

		A%	52	Ar Incorp. Médio (%)	1,000	%Ag. G. 1:	40	%Ag. G. 2:	60	%Ag. G. 3:	0	Abatim. (mm)		140	± 20														
		%Adição 1:	0	%cimento:	100	%Ag. M. 1:	60	%Ag. M. 2:	40	%Aditivo 1:	0,6	%Aditivo 2:	0,0																
Materiais a serem utilizados										custos (R\$/kg)																			
Cimento:	Cimento CP IV Votoran										0,3293																		
Adição 1:	Cinza da Casca do Arroz										0,4000																		
Ag. Miúdo 1:	Areia Artificial - Vale do Selke										0,0230																		
Ag. Miúdo 2:	Areia Fina - Dona Otilia										0,0240																		
Ag. Graúdo 1:	Brita 0 - Vale do Selke										0,0244																		
Ag. Graúdo 2:	Brita 1 - Vale do Selke										0,0252																		
Aditivo 2:	BF 30 - Basf										2,2227																		
Água:	Potavel										0,0040																		
Características do Traço:				Consumo de Materiais (Kg / m3)											custos por traço (R\$/m³)														
				Aglomerante	Adição 1	cimento	Miúdo 1	Miúdo 2	Graúdo 1	Graúdo 2	Graúdo 3	Aditivo 1	Aditivo 2	Água															
Fck:	20,0	Sd:	3,0	Fcj:	25,0	a/c:	0,81	M:	7,64	0,00	262		1	262	2	548	1	366	2	434	2	651		0,006	1,570		0,81	212	138,85
Fck:	25,0	Sd:	3,0	Fcj:	30,0	a/c:	0,73	M:	7,09	0,00	282		1	282	2	542	1	361	2	438	2	656		0,006	1,691		0,73	206	145,72
Fck:	30,0	Sd:	3,0	Fcj:	35,0	a/c:	0,66	M:	6,48	0,00	306		1	306	2	530	1	353	1	439	2	659		0,006	1,834		0,66	203	153,53
Fck:	35,0	Sd:	3,0	Fcj:	40,0	a/c:	0,61	M:	5,92	0,00	331		1	331	2	515	1	343	1	439	2	659		0,006	1,985		0,61	203	161,55

Discriminação dos traços e custo unitário dos produtos, misturas de referência com cimento CPIV 32 RS, com resistência aos 63 dias.

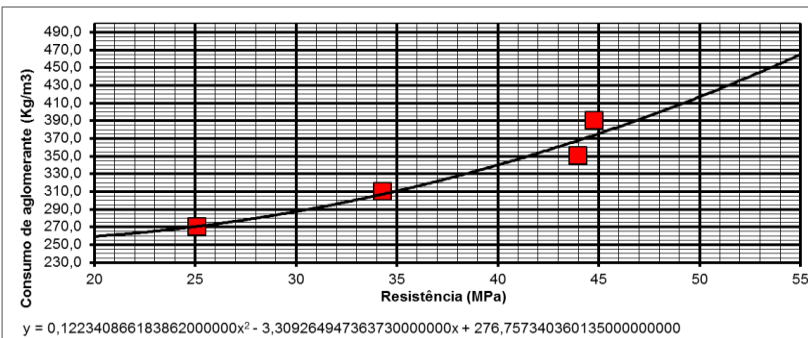
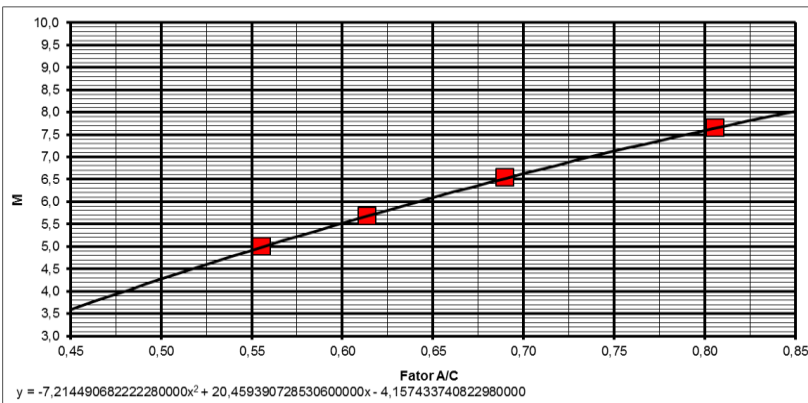
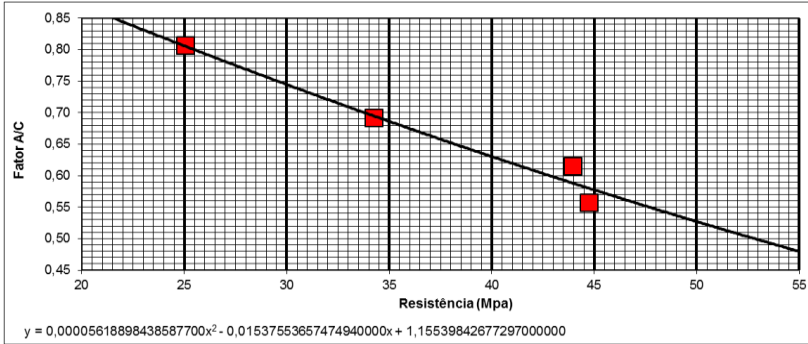


Diagrama de dosagem, misturas com cimento CPIV 32 RS, com substituição em massa de 5% de CCA do Lote 5, com resistência aos 63 dias.

		A%	52	Ar Incorp. Médio (%)	1,000	% Ag. G. 1:	40	% Ag. G. 2:	60	% Ag. G. 3:	0	Abatim. (mm)		140	± 20																	
		% Adição 1:	5	% Cimento:	95	% Ag. M. 1:	60	% Ag. M. 2:	40	% Aditivo 1:		0,6	% Aditivo 2:		0,0																	
Materiais a serem utilizados										custos (R\$/kg)																						
Cimento:	Cimento CP IV Votoran														0,3293																	
Adição 1:	Cinza da Casca do Arroz														0,4000																	
Ag. Miúdo 1:	Areia Artificial - Vale do Selke														0,0230																	
Ag. Miúdo 2:	Areia Fina - Dona Otília														0,0240																	
Ag. Graúdo 1:	Brita 0 - Vale do Selke														0,0244																	
Ag. Graúdo 2:	Brita 1 - Vale do Selke														0,0252																	
Aditivo 2:	BF 30 - Basf														2,2227																	
Água:	Potavel														0,0040																	
Características do Traço:					Consumo de Materiais (Kg / m3)												custos por traço (R\$/m³)															
					aglomerante	Adição 1		cimento	Miúdo 1	Miúdo 2	Graúdo 1	Graúdo 2	Graúdo 3	Aditivo 1		Aditivo 2		Água														
Fck:	20,0	Sd:	3,0	Fcj:	25,0	a/c:	0,81	M:	7,65	0,00	261	0	13	1	248	2	548	1	366	2	434	2	651			0,006	1,567			0,81	211	139,60
Fck:	25,0	Sd:	3,0	Fcj:	30,0	a/c:	0,75	M:	7,08	0,00	280	0	14	1	266	2	538	1	359	2	435	2	652			0,006	1,681			0,75	209	145,85
Fck:	30,0	Sd:	3,0	Fcj:	35,0	a/c:	0,69	M:	6,49	0,00	303	0	15	1	288	2	526	1	350	1	435	2	653			0,006	1,816			0,69	208	153,17
Fck:	35,0	Sd:	3,0	Fcj:	40,0	a/c:	0,63	M:	5,88	0,00	329	0	16	1	313	2	509	1	340	1	435	2	653			0,006	1,977			0,63	208	161,81

Discriminação dos traços e custo unitário dos produtos, misturas com cimento CPIV 32 RS, com substituição em massa de 5% de CCA do Lote 5, com resistência aos 63 dias.

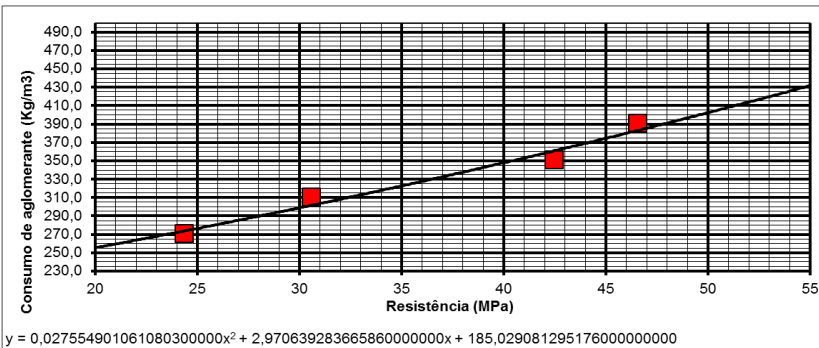
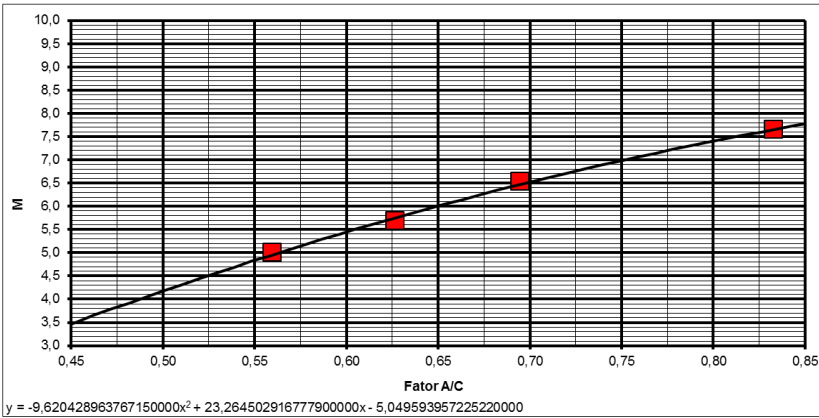
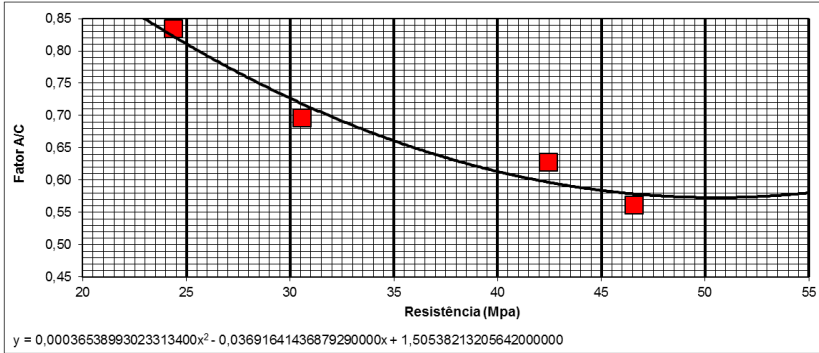


Diagrama de dosagem, misturas com cimento CPIV 32 RS, com substituição em massa de 5% de CCA do Lote 6, com resistência aos 63 dias.

		A%: 52	Ar Incorp. Médio (%):	1,000	%Ag. G. 1: 40	%Ag. G. 2: 60	%Ag. G. 3: 0	Abatim. (mm) 140			± 20																
		% Adição 1: 5	% Cimento: 95	% Ag. M. 1: 60	% Ag. M. 2: 40	% Aditivo 1: 0,6			% Aditivo 2: 0,0																		
Materiais a serem utilizados						custos (R\$/kg)																					
Cimento:	Cimento CP IV Votoran					0,3293																					
Adição 1:	Cinza da Casca do Arroz					0,4000																					
Ag. Miúdo 1:	Areia Artificial - Vale do Selke					0,0230																					
Ag. Miúdo 2:	Areia Fina - Dona Otília					0,0240																					
Ag. Graúdo 1:	Brita 0 - Vale do Selke					0,0244																					
Ag. Graúdo 2:	Brita 1 - Vale do Selke					0,0252																					
Aditivo 2:	BF 30 - Basf					2,2227																					
Água:	Potável					0,0040																					
Características do Traço:				Consumo de Materiais (Kg / m3)								custos por traço (R\$/m³)															
				aglomerante	Adição 1	cimento	Miúdo 1	Miúdo 2	Graúdo 1	Graúdo 2	Graúdo 3	Aditivo 1	Aditivo 2	Água													
Fck: 20,0	Sd: 3,0	Fcj: 25,0	a/c: 0,81	M: 7,50	0,00	265	0	13	1	251	2	543	1	362	2	432	2	647			0,006	1,587			0,81	215	140,43
Fck: 25,0	Sd: 3,0	Fcj: 30,0	a/c: 0,73	M: 6,78	0,00	290	0	15	1	276	2	530	1	354	1	434	2	650			0,006	1,741			0,73	211	148,90
Fck: 30,0	Sd: 3,0	Fcj: 35,0	a/c: 0,66	M: 6,13	0,00	317	0	16	1	301	2	515	1	343	1	434	2	651			0,006	1,903			0,66	210	157,70
Fck: 35,0	Sd: 3,0	Fcj: 40,0	a/c: 0,61	M: 5,60	0,00	342	0	17	1	325	1	500	1	333	1	434	2	651			0,006	2,053			0,61	210	165,74

Discriminação dos traços e custo unitário dos produtos, misturas com cimento CPIV 32 RS, com substituição em massa de 5% de CCA do Lote 6, com resistência aos 63 dias.

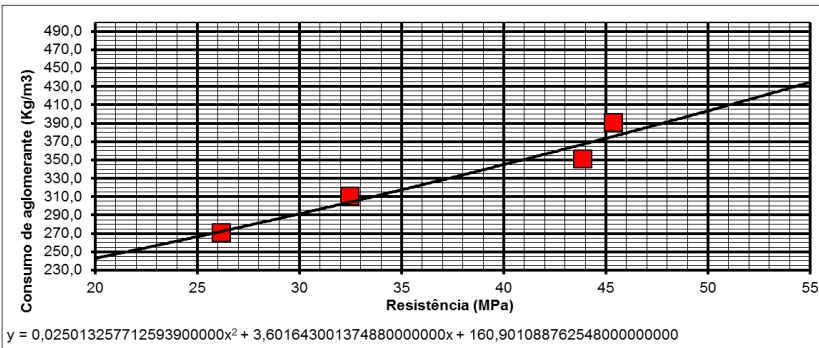
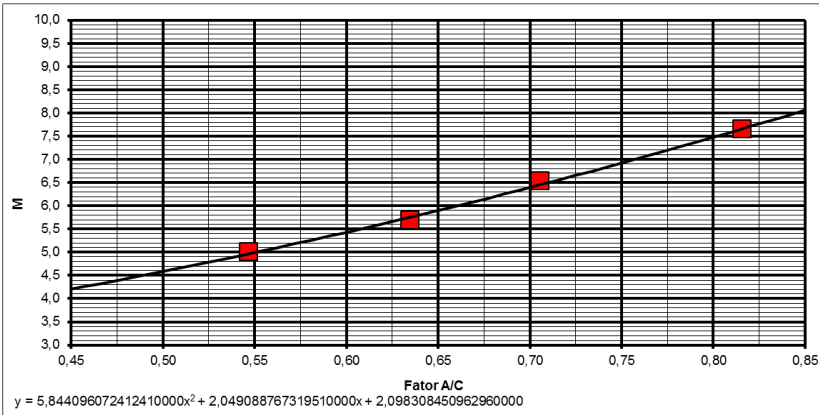
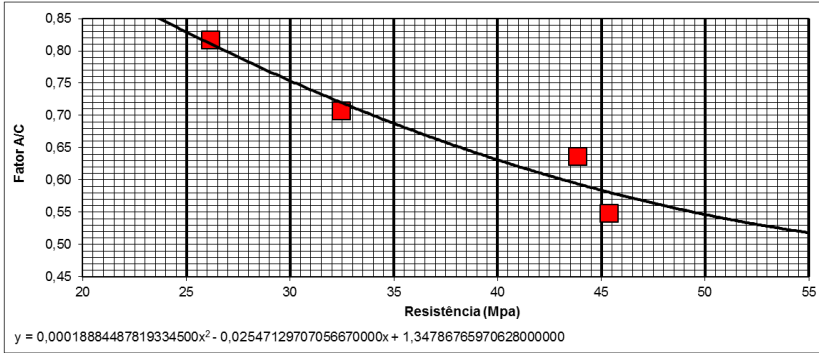


Diagrama de dosagem, misturas com cimento CPIV 32 RS, com substituição em massa de 10% de CCA do Lote 5, com resistência aos 63 dias.

		A%:	52	Ar Incorp. Médio (%):	1,000	%Ag. G. 1:	40	%Ag. G. 2:	60	%Ag. G. 3:	0	Abatim. (mm)		140	± 20																	
		% Adição 1:	10	% Cimento:	90	%Ag. M. 1:	60	%Ag. M. 2:	40	% Aditivo 1:		0,6	% Aditivo 2:		0,0																	
Materiais a serem utilizados										custos (R\$/kg)																						
Cimento:	Cimento CP IV Votoran										0,3293																					
Adição 1:	Cinza da Casca do Arroz										0,4000																					
Ag. Miúdo 1:	Areia Artificial - Vale do Selke										0,0230																					
Ag. Miúdo 2:	Areia Fina - Dona Otília										0,0240																					
Ag. Graúdo 1:	Brita 0 - Vale do Selke										0,0244																					
Ag. Graúdo 2:	Brita 1 - Vale do Selke										0,0252																					
Aditivo 2:	BF 30 - Basf										2,2227																					
Água:	Potavel										0,0040																					
Características do Traço:				Consumo de Materiais (Kg / m3)												custos por traço (R\$/m³)																
				aglomerante	Adição 1	cimento	Miúdo 1	Miúdo 2	Graúdo 1	Graúdo 2	Graúdo 3	Aditivo 1	Aditivo 2	Água																		
Fck:	20,0	Sd:	3,0	Fcj:	25,0	a/c:	0,83	M:	7,82	0,00	255	0	26	1	230	2	549	1	366	2	432	3	649			0,006	1,531			0,83	212	138,41
Fck:	25,0	Sd:	3,0	Fcj:	30,0	a/c:	0,75	M:	6,97	0,00	282	0	28	1	254	2	532	1	355	2	432	2	647			0,006	1,692			0,75	213	147,08
Fck:	30,0	Sd:	3,0	Fcj:	35,0	a/c:	0,69	M:	6,28	0,00	309	0	31	1	278	2	516	1	344	1	432	2	647			0,006	1,853			0,69	213	155,80
Fck:	35,0	Sd:	3,0	Fcj:	40,0	a/c:	0,63	M:	5,72	0,00	335	0	33	1	301	1	501	1	334	1	432	2	648			0,006	2,008			0,63	211	164,26

Discriminação dos traços e custo unitário dos produtos, misturas com cimento CPIV 32 RS, com substituição em massa de 10% de CCA do Lote 5, com resistência aos 63 dias.

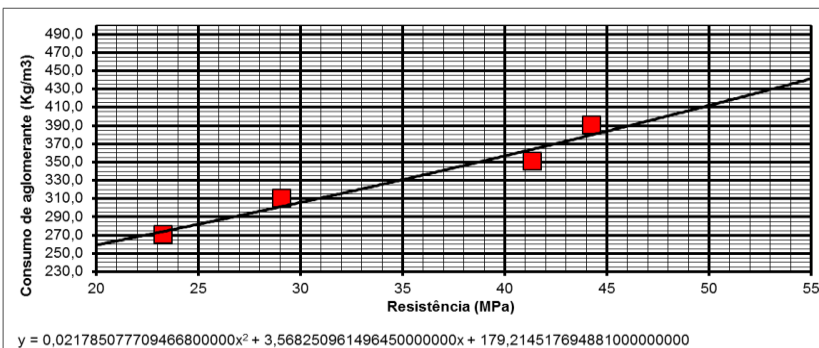
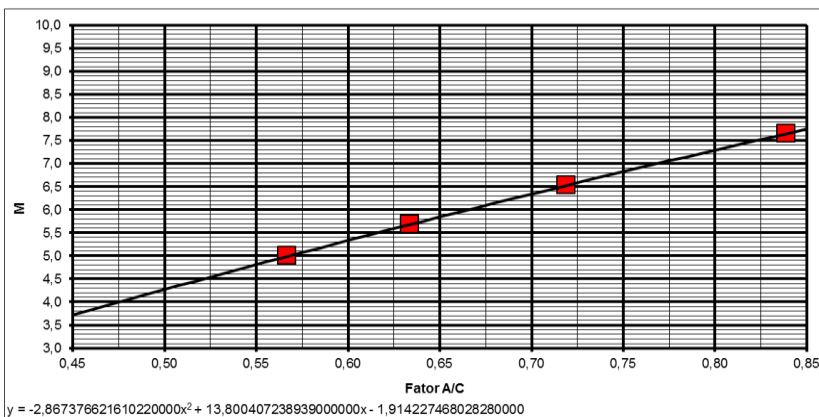
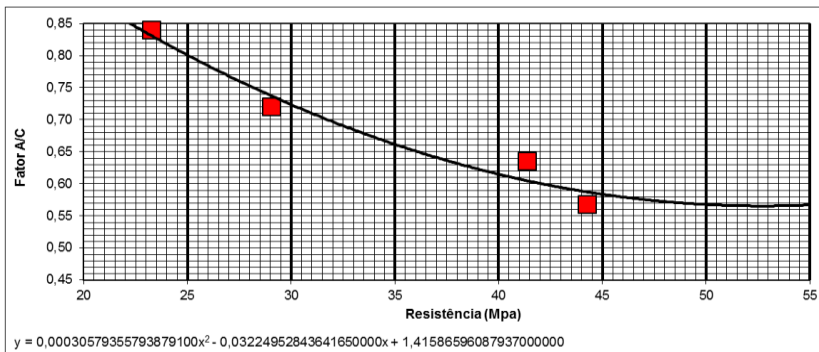


Diagrama de dosagem, misturas com cimento CPIV 32 RS, com substituição em massa de 10% de CCA do Lote 6, com resistência aos 63 dias.

	A%:	52	Ar Incorp. Médio (%):	1,000	% Ag. G. 1:	40	% Ag. G. 2:	60	% Ag. G. 3:	0	Abatim. (mm)	140	± 20																			
	% Adição 1:	10	% Cimento:	90	% Ag. M. 1:	60	% Ag. M. 2:	40	% Aditivo 1:	0,6	% Aditivo 2:	0,0																				
Materiais a serem utilizados											custos (R\$/kg)																					
Cimento:	Cimento CP IV Votoran											0,3293																				
Adição 1:	Cinza da Casca do Arroz											0,4000																				
Ag. Miúdo 1:	Areia Artificial - Vale do Selke											0,0230																				
Ag. Miúdo 2:	Areia Fina - Dona Otilia											0,0240																				
Ag. Graúdo 1:	Brita 0 - Vale do Selke											0,0244																				
Ag. Graúdo 2:	Brita 1 - Vale do Selke											0,0252																				
Aditivo 2:	BF 30 - Basf											2,2227																				
Água:	Potavel											0,0040																				
Características do Traço:				Consumo de Materiais (Kg / m3)											custos por traço (R\$/m³)																	
				aglomerante	Adição 1		cimento		Miúdo 1	Miúdo 2	Graúdo 1	Graúdo 2	Graúdo 3	Aditivo 1		Aditivo 2		Água														
Fck:	20,0	Sd:	3,0	Fcj:	25,0	a/c:	0,80	M:	7,31	0,00	270	0	27	1	243	2	537	1	358	2	430	2	645			0,006	1,617			0,80	216	142,79
Fck:	25,0	Sd:	3,0	Fcj:	30,0	a/c:	0,72	M:	6,58	0,00	296	0	30	1	266	2	522	1	348	1	431	2	646			0,006	1,776			0,72	214	151,50
Fck:	30,0	Sd:	3,0	Fcj:	35,0	a/c:	0,66	M:	5,97	0,00	322	0	32	1	290	2	507	1	338	1	431	2	646			0,006	1,933			0,66	213	160,08
Fck:	35,0	Sd:	3,0	Fcj:	40,0	a/c:	0,62	M:	5,49	0,00	346	0	35	1	311	1	493	1	329	1	431	2	647			0,006	2,074			0,62	213	167,79

Discriminação dos traços e custo unitário dos produtos, misturas com cimento CPIV 32 RS, com substituição em massa de 10% de CCA do Lote 6, com resistência aos 63 dias.

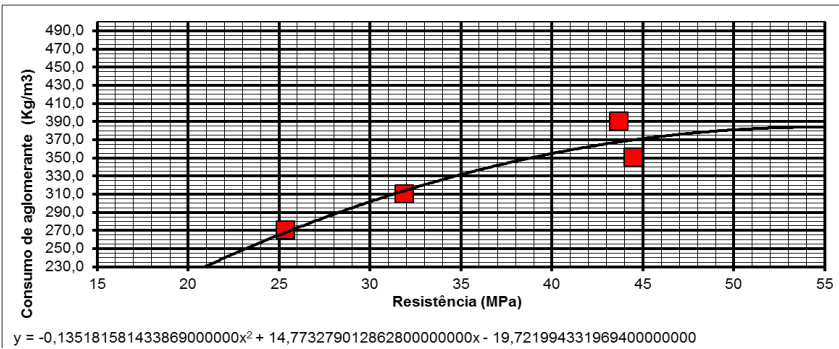
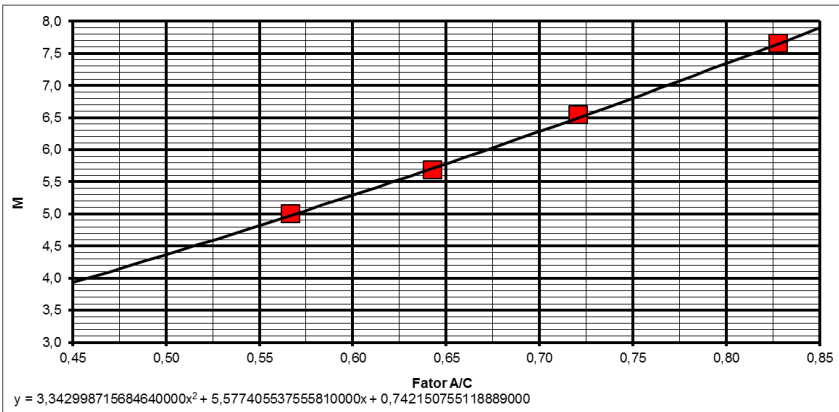
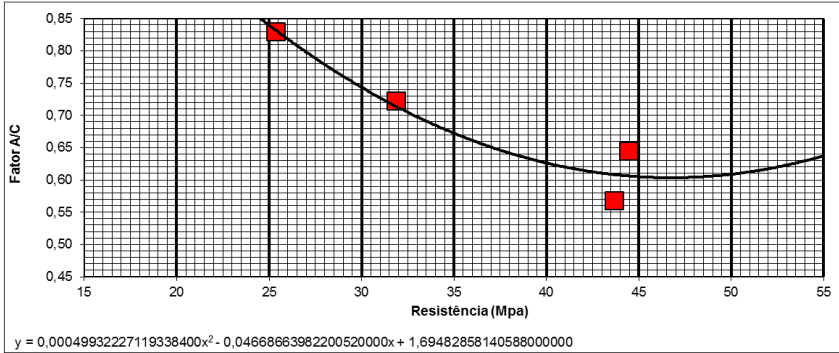


Diagrama de dosagem, mistura com cimento CPIV 32 RS, com substituição em massa de 15% de CCA do Lote 5, com resistência aos 63 dias.

		A%: 52	Ar Incorp. Médio (%):	1,000	%Ag. G. 1: 40	%Ag. G. 2: 60	%Ag. G. 3: 0	Abatim. (mm) 140			± 20																
		%Adição 1: 15	%Cimento: 85	%Ag. M. 1: 60	%Ag. M. 2: 40	%Aditivo 1: 0,6			%Aditivo 2: 0,0																		
Materiais a serem utilizados						custos (R\$/kg)																					
Cimento:	Cimento CP IV Votoran					0,3293																					
Adição 1:	Cinza da Casca do Arroz					0,4000																					
Ag. Miúdo 1:	Areia Artificial - Vale do Selke					0,0230																					
Ag. Miúdo 2:	Areia Fina - Dona Otília					0,0240																					
Ag. Graúdo 1:	Brita 0 - Vale do Selke					0,0244																					
Ag. Graúdo 2:	Brita 1 - Vale do Selke					0,0252																					
Aditivo 2:	BF 30 - Basf					2,2227																					
Água:	Potável					0,0040																					
Características do Traço:				Consumo de Materiais (Kg / m3)								custos por traço (R\$/m³)															
				aglomerante	Adição 1	cimento	Miúdo 1	Miúdo 2	Graúdo 1	Graúdo 2	Graúdo 3	Aditivo 1	Aditivo 2	Água													
Fck: 20,0	Sd: 3,0	Fcj: 25,0	a/c: 0,84	M: 7,80	0,00	255	0	38	1	217	2	546	1	364	2	430	3	645			0,006	1,528			0,84	214	138,89
Fck: 25,0	Sd: 3,0	Fcj: 30,0	a/c: 0,74	M: 6,75	0,00	289	0	43	1	245	2	525	1	350	1	429	2	644			0,006	1,732			0,74	215	149,98
Fck: 30,0	Sd: 3,0	Fcj: 35,0	a/c: 0,67	M: 6,01	0,00	319	0	48	1	271	2	506	1	337	1	429	2	644			0,006	1,913			0,67	215	159,92
Fck: 35,0	Sd: 3,0	Fcj: 40,0	a/c: 0,63	M: 5,55	0,00	341	0	51	1	290	1	493	1	329	1	429	2	644			0,006	2,048			0,63	214	167,36

Discriminação dos traços e custo unitário dos produtos, misturas com cimento CPIV 32 RS, com substituição em massa de a 15% de CCA do Lote 5, com resistência aos 63 dias.

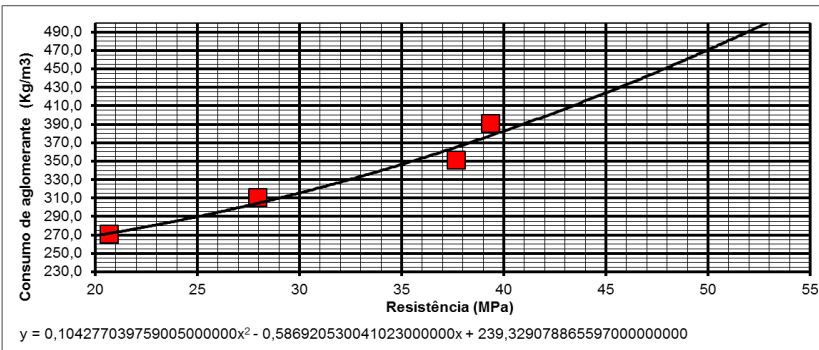
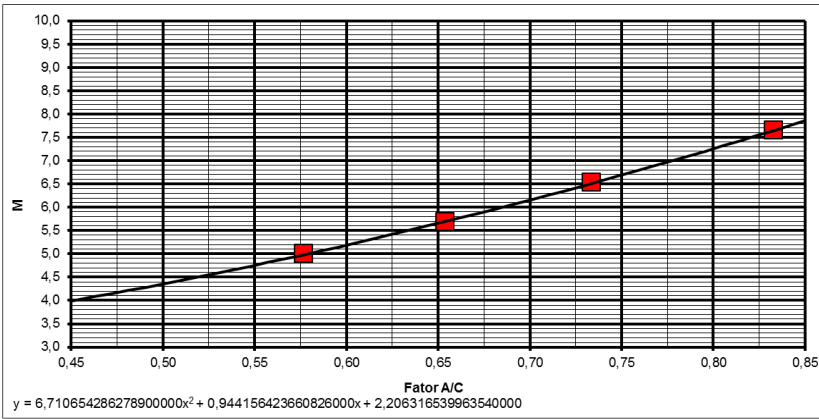
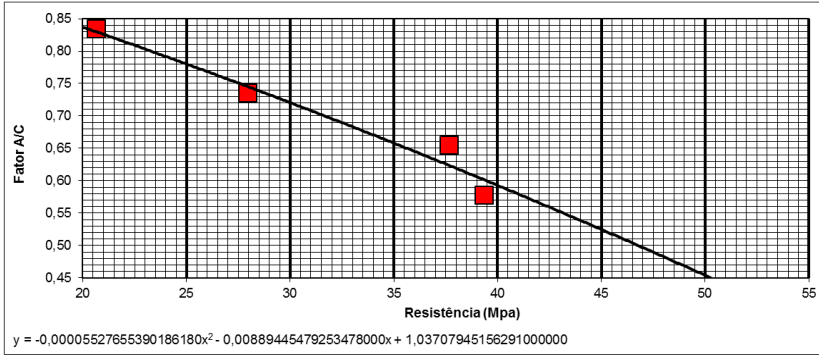


Diagrama de dosagem, misturas com cimento CPIV 32 RS, misturas com cimento CPIV 32 RS, com substituição em massa de 15% de CCA do Lote 6, com resistência aos 63 dias.

	A%:	52	Ar Incorp. Médio (%):	1,000	% Ag. G. 1:	40	% Ag. G. 2:	60	% Ag. G. 3:	0	Abatim. (mm)	140	± 20																		
	% Adição 1:	15	% Cimento:	85	% Ag. M. 1:	60	% Ag. M. 2:	40	% Aditivo 1:	0,6	% Aditivo 2:	0,0																			
Materiais a serem utilizados											custos (R\$/kg)																				
Cimento:	Cimento CP IV Votoran											0,3293																			
Adição 1:	Cinza da Casca do Arroz											0,4000																			
Ag. Miúdo 1:	Areia Artificial - Vale do Selke											0,0230																			
Ag. Miúdo 2:	Areia Fina - Dona Otília											0,0240																			
Ag. Graúdo 1:	Brita 0 - Vale do Selke											0,0244																			
Ag. Graúdo 2:	Brita 1 - Vale do Selke											0,0252																			
Aditivo 2:	BF 30 - Basf											2,2227																			
Água:	Potavel											0,0040																			
Características do Traço:				Consumo de Materiais (Kg / m3)											custos por traço (R\$/m³)																
				aglomerante	Adição 1	cimento	Miúdo 1	Miúdo 2	Graúdo 1	Graúdo 2	Graúdo 3	Aditivo 1	Aditivo 2	Água																	
Fck:	20,0	Sd:	3,0	Fcj:	25,0	a/c:	0,78	M:	7,03	0,00	278	0	42	1	236	2	530	1	353	2	428	2	643		0,006	1,666			0,78	217	146,26
Fck:	25,0	Sd:	3,0	Fcj:	30,0	a/c:	0,72	M:	6,38	0,00	302	0	45	1	257	2	514	1	343	1	428	2	641		0,006	1,812			0,72	218	154,16
Fck:	30,0	Sd:	3,0	Fcj:	35,0	a/c:	0,66	M:	5,74	0,00	330	0	50	1	281	2	496	1	331	1	427	2	641		0,006	1,982			0,66	218	163,48
Fck:	35,0	Sd:	3,0	Fcj:	40,0	a/c:	0,59	M:	5,13	0,00	364	0	55	1	309	1	477	1	318	1	428	2	642		0,006	2,182			0,59	216	174,54

Discriminação dos traços e custo unitário dos produtos, misturas com cimento CPIV 32 RS, com substituição em massa de 15% de CCA do Lote 6, com resistência aos 63 dias.

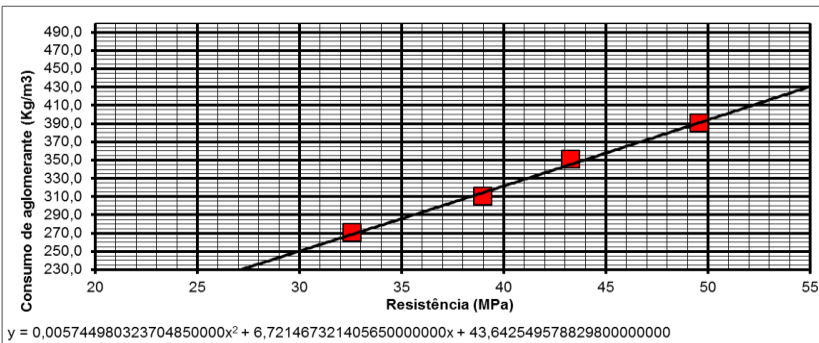
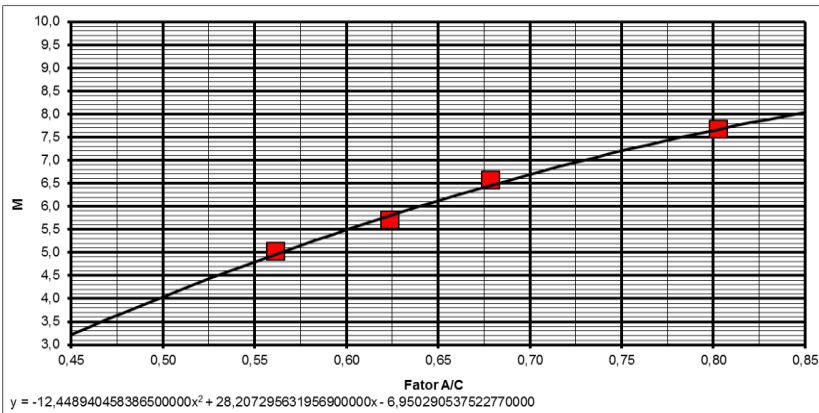
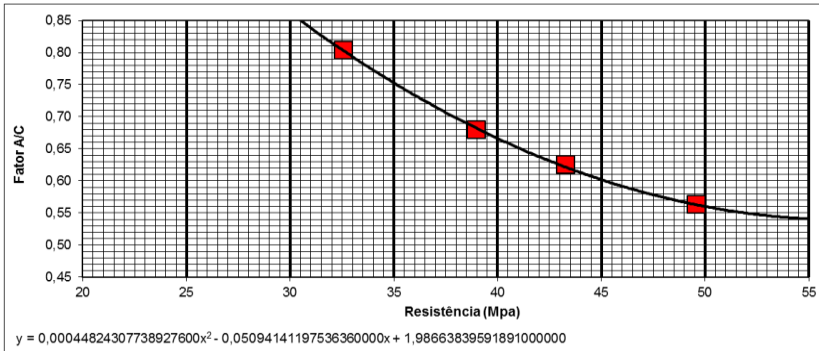


Diagrama de dosagem, misturas referência com cimento CPV ARI RS, com resistência aos 63 dias.

										A%	52	Ar Incorp. Médio (%)	1,000	%Ag. G. 1:	40	%Ag. G. 2:	60	%Ag. G. 3:	0	Abatim. (mm)		140	± 20										
										%Adição 1:	0	%Cimento:	100	%Ag. M. 1:	60	%Ag. M. 2:	40	%Aditivo 1:		0,6	%Aditivo 2:		0,0										
Materiais a serem utilizados															custos (R\$/kg)																		
Cimento:		Cimento CPV ARI RS Votoran										0,3378																					
Adição 1:		Cinza da Casca do Arroz										0,4000																					
Ag. Miúdo 1:		Areia Artificial - Vale do Selke										0,0230																					
Ag. Miúdo 2:		Areia Fina - Dona Otília										0,0240																					
Ag. Graúdo 1:		Brita 0 - Vale do Selke										0,0244																					
Ag. Graúdo 2:		Brita 1 - Vale do Selke										0,0252																					
Aditivo 2:		BF 30 - Basf										2,2227																					
Água:		Potável										0,0040																					
Características do Traço:										Consumo de Materiais (Kg / m3)															custos por traço (R\$/m³)								
										aglomerante	Adição 1	cimento	Miúdo 1	Miúdo 2	Graúdo 1	Graúdo 2	Graúdo 3	Aditivo 1	Aditivo 2	Água													
Fck:	20,0	Sd:	3,0	Fcj:	25,0	a/c:	0,99	M:	8,79	0,00	227		1	227	2	558	2	372	2	427	3	641			0,006	1,363			0,99	226	128,97		
Fck:	25,0	Sd:	3,0	Fcj:	30,0	a/c:	0,86	M:	8,12	0,00	248		1	248	2	556	1	371	2	434	3	651			0,006	1,486			0,86	214	136,52		
Fck:	30,0	Sd:	3,0	Fcj:	35,0	a/c:	0,75	M:	7,24	0,00	276		1	276	2	544	1	363	2	437	2	656			0,006	1,658			0,75	208	146,25		
Fck:	35,0	Sd:	3,0	Fcj:	40,0	a/c:	0,67	M:	6,32	0,00	311		1	311	2	524	1	350	1	438	2	656			0,006	1,867			0,67	207	157,73		

Discriminação dos traços e custo unitário dos produtos, misturas referência com cimento CPV ARI RS, com resistência aos 63 dias.

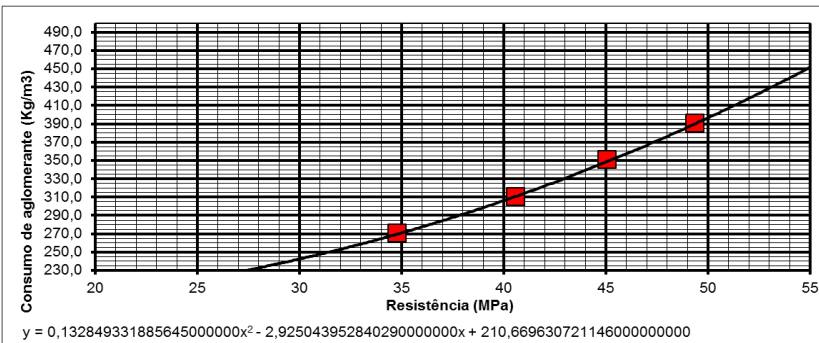
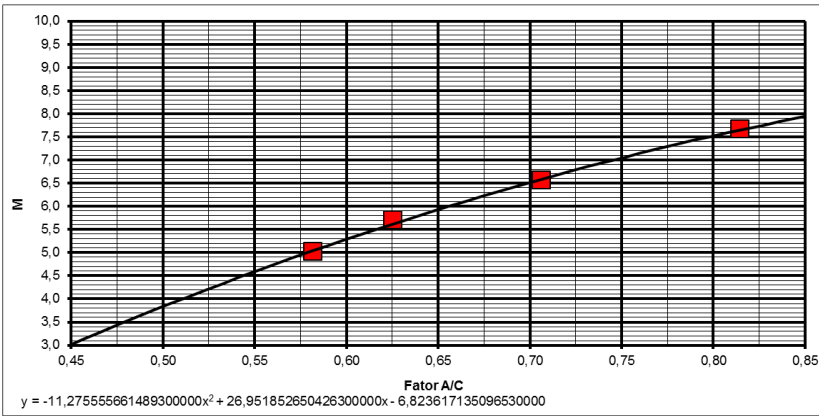
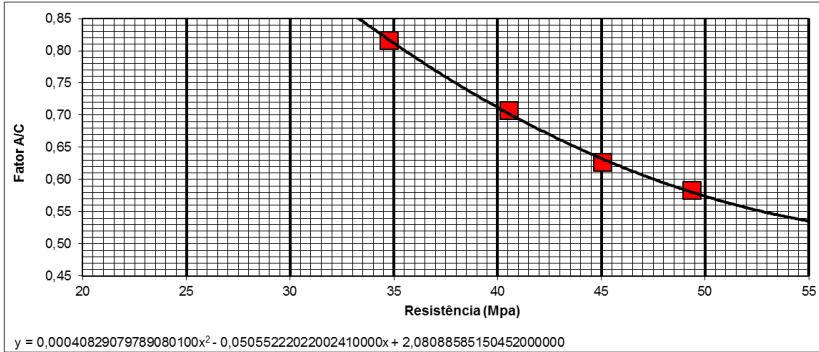


Diagrama de dosagem, misturas com cimento CPV ARI RS, misturas com cimento CPV ARI RS, com substituição em massa de 5% de CCA do Lote 5, com resistência aos 63 dias.

		A%	52	Ar Incorp. Médio (%)	1,000	% Ag. G. 1:	40	% Ag. G. 2:	60	% Ag. G. 3:	0	Abatim. (mm)		140	± 20														
		% Adição 1:	5	% Cimento:	95	% Ag. M. 1:	60	% Ag. M. 2:	40	% Aditivo 1:	0,6	% Aditivo 2:	0,0																
Materiais a serem utilizados										custos (R\$/kg)																			
Cimento:	Cimento CPV ARI RS Votoran										0,3378																		
Adição 1:	Cinza da Casca do Arroz										0,4000																		
Ag. Miúdo 1:	Areia Artificial - Vale do Selke										0,0230																		
Ag. Miúdo 2:	Areia Fina - Dona Otília										0,0240																		
Ag. Graúdo 1:	Brita 0 - Vale do Selke										0,0244																		
Ag. Graúdo 2:	Brita 1 - Vale do Selke										0,0252																		
Aditivo 2:	BF 30 - Basf										2,2227																		
Água:	Potavel										0,0040																		
Características do Traço:				Consumo de Materiais (Kg / m3)											custos por traço (R\$/m³)														
				aglomerante	Adição 1	cimento	Miúdo 1	Miúdo 2	Graúdo 1	Graúdo 2	Graúdo 3	Aditivo 1	Aditivo 2	Água															
Fck:	20,0	Sd:	3,0	Fcj:	25,0	a/c:	1,07	M:	9,12	0,00	217	0	11	1		206	3	556	2	370	2	422	3	633	0,006	1,304	1,07	233	125,83
Fck:	25,0	Sd:	3,0	Fcj:	30,0	a/c:	0,93	M:	8,51	0,00	235	0	12	1		224	2	557	2	371	2	430	3	645	0,006	1,412	0,93	220	132,71
Fck:	30,0	Sd:	3,0	Fcj:	35,0	a/c:	0,81	M:	7,63	0,00	262	0	13	1		248	2	548	1	365	2	434	2	650	0,006	1,569	0,81	213	141,83
Fck:	35,0	Sd:	3,0	Fcj:	40,0	a/c:	0,71	M:	6,66	0,00	296	0	15	1	281	2	529	1	353	1	435	2	652	0,006	1,773	0,71	211	153,18	

Discriminação dos traços e custo unitário dos produtos, misturas com cimento CPV ARI RS, com substituição em massa de 5% de CCA do Lote 5, com resistência aos 63 dias.

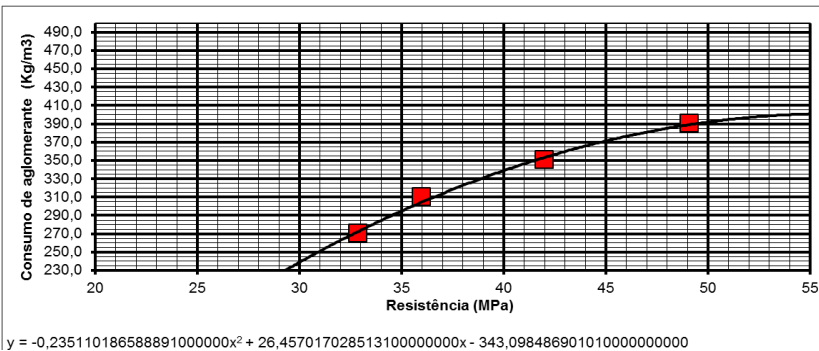
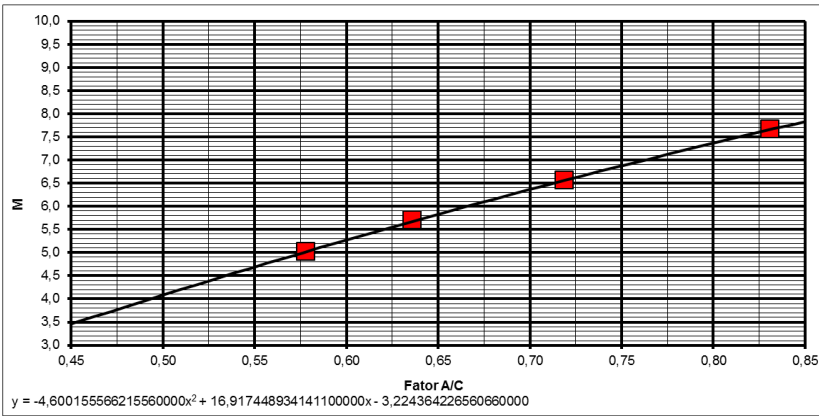
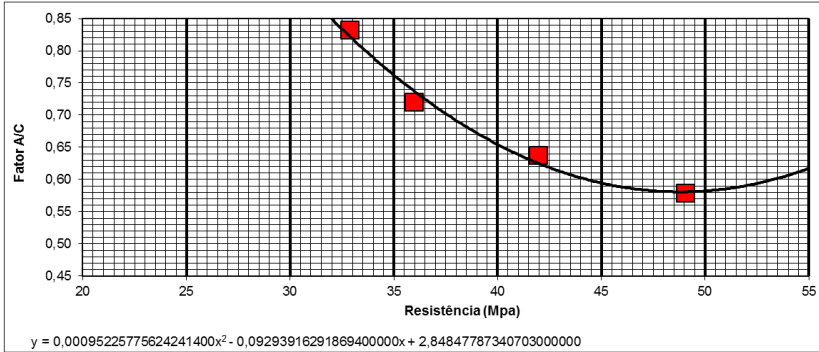


Diagrama de dosagem, misturas com cimento CPV ARI RS, misturas com cimento CPV ARI RS, com substituição em massa de 5% de CCA do Lote 6, com resistência aos 63 dias.

		A%:	52	Ar Incorp. Médio (%):	1,000	%Ag. G. 1:	40	%Ag. G. 2:	60	%Ag. G. 3:	0	Abatim. (mm)		140	± 20																	
		% Adição 1:	5	% Cimento:	95	% Ag. M. 1:	60	% Ag. M. 2:	40	% Aditivo 1:		0,6	% Aditivo 2:		0,0																	
 Materiais a serem utilizados										 custos (R\$/kg)																						
Cimento:	Cimento CPV ARI RS Votoran										0,3378																					
Adição 1:	Cinza da Casca do Arroz										0,4000																					
Ag. Miúdo 1:	Areia Artificial - Vale do Selke										0,0230																					
Ag. Miúdo 2:	Areia Fina - Dona Otília										0,0240																					
Ag. Graúdo 1:	Brita 0 - Vale do Selke										0,0244																					
Ag. Graúdo 2:	Brita 1 - Vale do Selke										0,0252																					
Aditivo 2:	BF 30 - Basf										2,2227																					
Água:	Potavel										0,0040																					
 Características do Traço:				 Consumo de Materiais (Kg / m3)												 custos por traço (R\$/m³)																
				aglomerante	Adição 1	cimento	Miúdo 1	Miúdo 2	Graúdo 1	Graúdo 2	Graúdo 3	Aditivo 1	Aditivo 2	Água																		
Fck:	20,0	Sd:	3,0	Fcj:	25,0	a/c:	1,12	M:	9,97	0,00	202	0	10	1	192	3	571	2	380	2	426	3	639			0,006	1,213			1,12	227	121,24
Fck:	25,0	Sd:	3,0	Fcj:	30,0	a/c:	0,92	M:	8,44	0,00	238	0	12	1	226	2	557	2	371	2	430	3	646			0,006	1,425			0,92	218	133,50
Fck:	30,0	Sd:	3,0	Fcj:	35,0	a/c:	0,76	M:	7,01	0,00	281	0	14	1	267	2	534	1	356	2	432	2	649			0,006	1,687			0,76	215	148,18
Fck:	35,0	Sd:	3,0	Fcj:	40,0	a/c:	0,66	M:	5,89	0,00	327	0	16	1	311	2	507	1	338	1	433	2	649			0,006	1,963			0,66	214	163,39

Discriminação dos traços e custo unitário dos produtos, misturas com cimento CPV ARI RS, com substituição em massa de 5% de CCA do Lote 6, com resistência aos 63 dias.

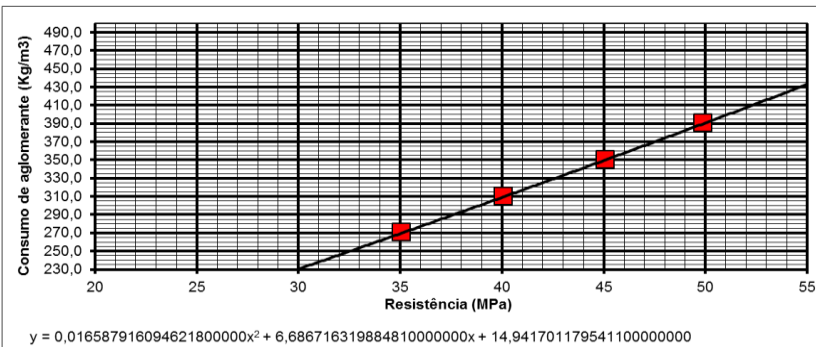
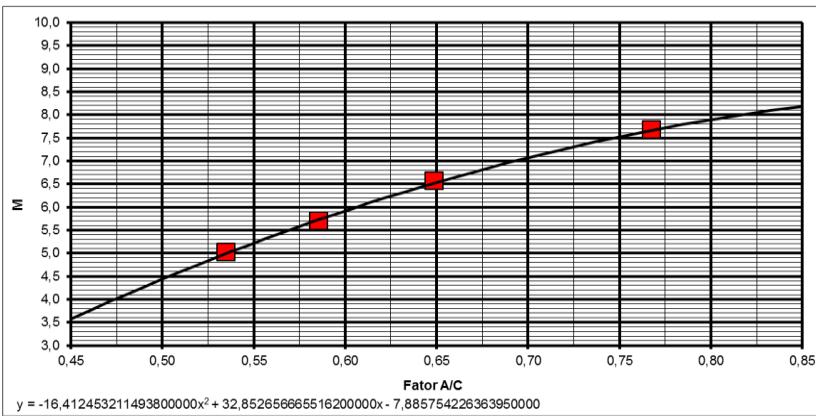
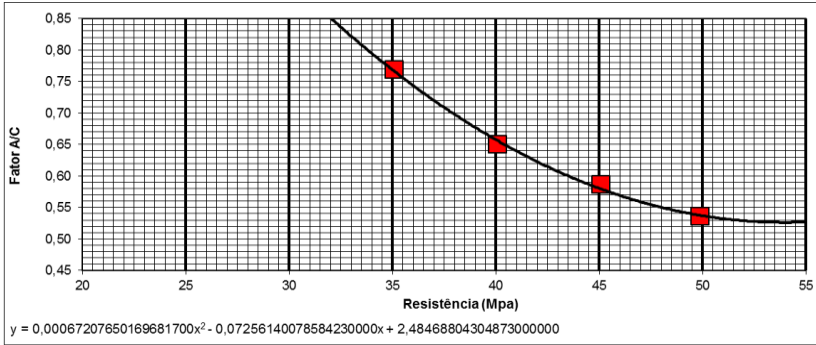


Diagrama de dosagem, misturas com cimento CPV ARI RS, com substituição em massa de 10% de CCA do Lote 5, com resistência aos 63 dias.

		A%:	52	Ar Incorp. Médio (%):	1,000	%Ag. G. 1:	40	%Ag. G. 2:	60	%Ag. G. 3:	0	Abatim. (mm)		140	± 20													
		% Adição 1:	10	% Cimento:	90	% Ag. M. 1:	60	% Ag. M. 2:	40	% Aditivo 1:		0,6	% Aditivo 2:		0,0													
 Materiais a serem utilizados										 custos (R\$/kg)																		
Cimento:	Cimento CPV ARI RS Votoran										0,3378																	
Adição 1:	Cinza da Casca do Arroz										0,4000																	
Ag. Miúdo 1:	Areia Artificial - Vale do Selke										0,0230																	
Ag. Miúdo 2:	Areia Fina - Dona Otília										0,0240																	
Ag. Graúdo 1:	Brita 0 - Vale do Selke										0,0244																	
Ag. Graúdo 2:	Brita 1 - Vale do Selke										0,0252																	
Aditivo 2:	BF 30 - Basf										2,2227																	
Água:	Potavel										0,0040																	
 Características do Traço:				 Consumo de Materiais (Kg / m3)												 custos por traço (R\$/m³)												
				aglomerante	Adição 1	cimento	Miúdo 1	Miúdo 2	Graúdo 1	Graúdo 2	Graúdo 3	Aditivo 1	Aditivo 2	Água														
Fck:	20,0	Sd:	3,0	Fcj:	25,0	a/c:	1,09	M:	8,42	0,00	228	0	23	1	205	2	533	2	356	2	412	3	619	0,006	1,369	1,09	249	128,95
Fck:	25,0	Sd:	3,0	Fcj:	30,0	a/c:	0,91	M:	8,43	0,00	238	0	24	1	214	2	557	2	371	2	430	3	645	0,006	1,425	0,91	217	134,22
Fck:	30,0	Sd:	3,0	Fcj:	35,0	a/c:	0,77	M:	7,68	0,00	263	0	26	1	237	2	554	1	370	2	438	2	657	0,006	1,579	0,77	202	143,70
Fck:	35,0	Sd:	3,0	Fcj:	40,0	a/c:	0,66	M:	6,63	0,00	301	0	30	1	271	2	536	1	357	1	441	2	661	0,006	1,804	0,66	198	156,54

Discriminação dos traços e custo unitário dos produtos, misturas com cimento CPV ARI RS, com substituição em massa de 10% de CCA do Lote 5, com resistência aos 63 dias.

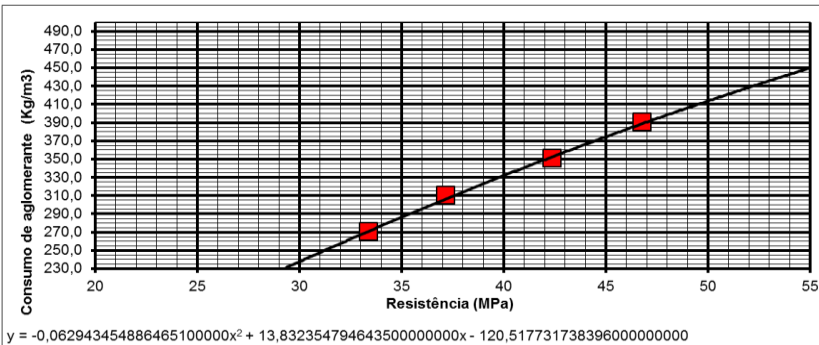
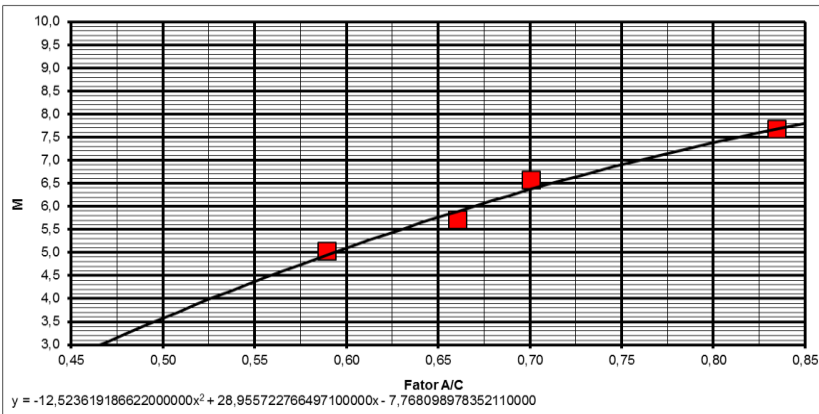
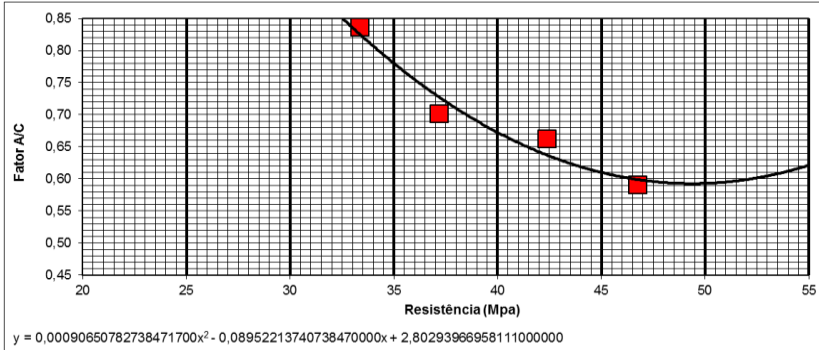


Diagrama de dosagem, misturas com cimento CPV ARI RS, misturas com cimento CPV ARI RS, com substituição em massa de 10% de CCA do Lote 6, com resistência aos 63 dias.

		A%	52	Ar Incorp. Médio (%)	1,000	% Ag. G. 1:	40	% Ag. G. 2:	60	% Ag. G. 3:	0	Abatim. (mm)		140	± 20																	
		% Adição 1:	10	% Cimento:	90	% Ag. M. 1:	60	% Ag. M. 2:	40	% Aditivo 1:	0,6	% Aditivo 2:	0,0																			
Materiais a serem utilizados										custos (R\$/kg)																						
Cimento:	Cimento CPV ARI RS Votoran										0,3378																					
Adição 1:	Cinza da Casca do Arroz										0,4000																					
Ag. Miúdo 1:	Areia Artificial - Vale do Selke										0,0230																					
Ag. Miúdo 2:	Areia Fina - Dona Otília										0,0240																					
Ag. Graúdo 1:	Brita 0 - Vale do Selke										0,0244																					
Ag. Graúdo 2:	Brita 1 - Vale do Selke										0,0252																					
Aditivo 2:	BF 30 - Basf										2,2227																					
Água:	Potavel										0,0040																					
Características do Traço:				Consumo de Materiais (Kg / m3)												custos por traço (R\$/m³)																
				aglomerante	Adição 1	cimento	Miúdo 1	Miúdo 2	Graúdo 1	Graúdo 2	Graúdo 3	Aditivo 1	Aditivo 2	Água																		
Fck:	20,0	Sd:	3,0	Fcj:	25,0	a/c:	1,13	M:	8,96	0,00	217	0	22	1	195	3	543	2	362	2	414	3	622			0,006	1,300			1,13	246	125,38
Fck:	25,0	Sd:	3,0	Fcj:	30,0	a/c:	0,93	M:	8,36	0,00	238	0	24	1	214	2	552	2	368	2	427	3	641			0,006	1,427			0,93	222	133,98
Fck:	30,0	Sd:	3,0	Fcj:	35,0	a/c:	0,78	M:	7,21	0,00	274	0	27	1	246	2	537	1	358	2	432	2	648			0,006	1,643			0,78	214	146,54
Fck:	35,0	Sd:	3,0	Fcj:	40,0	a/c:	0,67	M:	6,05	0,00	319	0	32	1	287	2	510	1	340	1	431	2	647			0,006	1,912			0,67	215	161,41

Discriminação dos traços e custo unitário dos produtos, misturas com cimento CPV ARI RS, com substituição em massa de 10% de CCA do Lote 6, com resistência aos 63 dias.

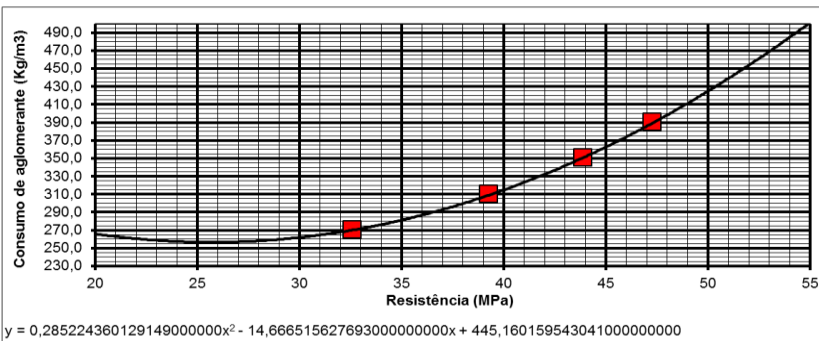
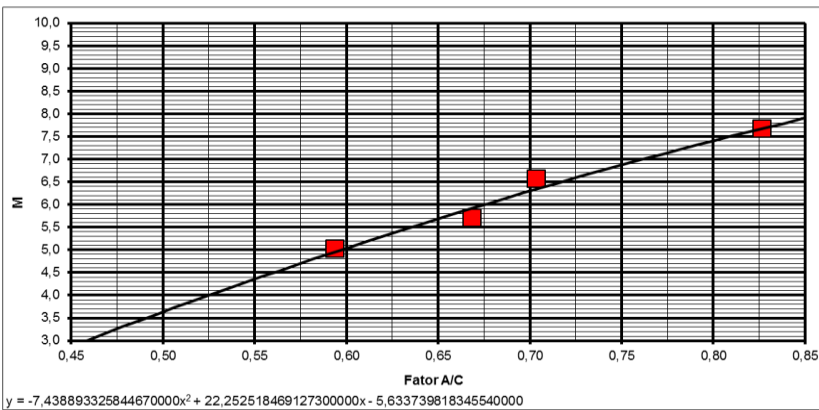
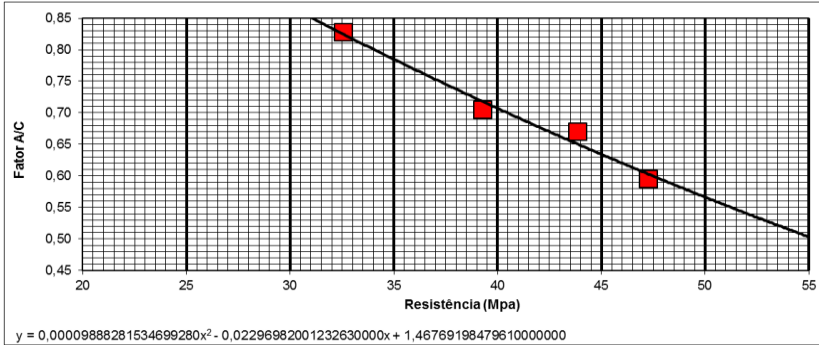


Diagrama de dosagem, misturas com cimento CPV ARI RS, com substituição em massa de 15% de CCA do Lote 5, com resistência aos 63 dias.

		A%:	52	Ar Incorp. Médio (%):	1,000	%Ag. G. 1:	40	%Ag. G. 2:	60	%Ag. G. 3:	0	Abatim. (mm)		140	± 20																	
		% Adição 1:	15	% Cimento:	85	% Ag. M. 1:	60	% Ag. M. 2:	40	% Aditivo 1:		0,6	% Aditivo 2:		0,0																	
Materiais a serem utilizados										custos (R\$/kg)																						
Cimento:	Cimento CPV ARI RS Votoran										0,3378																					
Adição 1:	Cinza da Casca do Arroz										0,4000																					
Ag. Miúdo 1:	Areia Artificial - Vale do Selke										0,0230																					
Ag. Miúdo 2:	Areia Fina - Dona Otília										0,0240																					
Ag. Graúdo 1:	Brita 0 - Vale do Selke										0,0244																					
Ag. Graúdo 2:	Brita 1 - Vale do Selke										0,0252																					
Aditivo 2:	BF 30 - Basf										2,2227																					
Água:	Potavel										0,0040																					
Características do Traço:				Consumo de Materiais (Kg / m3)												custos por traço (R\$/m³)																
				aglomerante	Adição 1	cimento	Miúdo 1	Miúdo 2	Graúdo 1	Graúdo 2	Graúdo 3	Aditivo 1	Aditivo 2	Água																		
Fck:	20,0	Sd:	3,0	Fcj:	25,0	a/c:	0,96	M:	8,84	0,00	227	0	34	1	193	2	561	2	374	2	429	3	644			0,006	1,363			0,96	217	131,38
Fck:	25,0	Sd:	3,0	Fcj:	30,0	a/c:	0,87	M:	8,08	0,00	247	0	37	1	210	2	552	1	368	2	431	3	646			0,006	1,482			0,87	215	138,22
Fck:	30,0	Sd:	3,0	Fcj:	35,0	a/c:	0,79	M:	7,26	0,00	272	0	41	1	231	2	537	1	358	2	431	2	647			0,006	1,631			0,79	214	146,62
Fck:	35,0	Sd:	3,0	Fcj:	40,0	a/c:	0,71	M:	6,39	0,00	303	0	45	1	258	2	517	1	345	1	430	2	645			0,006	1,819			0,71	215	157,08

Discriminação dos traços e custo unitário dos produtos, misturas com cimento CPV ARI RS, com substituição em massa de 15% de CCA do Lote 5, com resistência aos 63 dias.

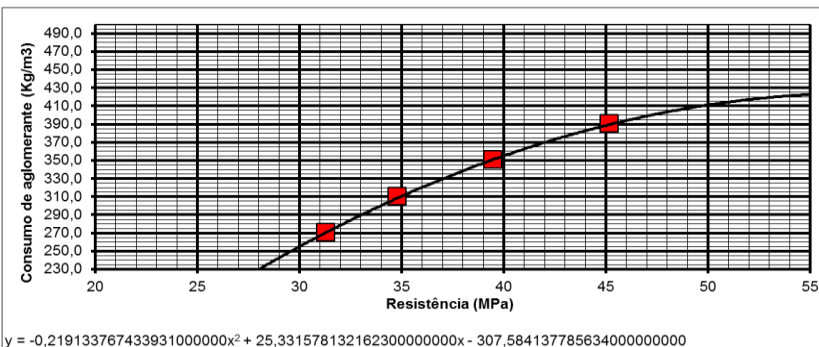
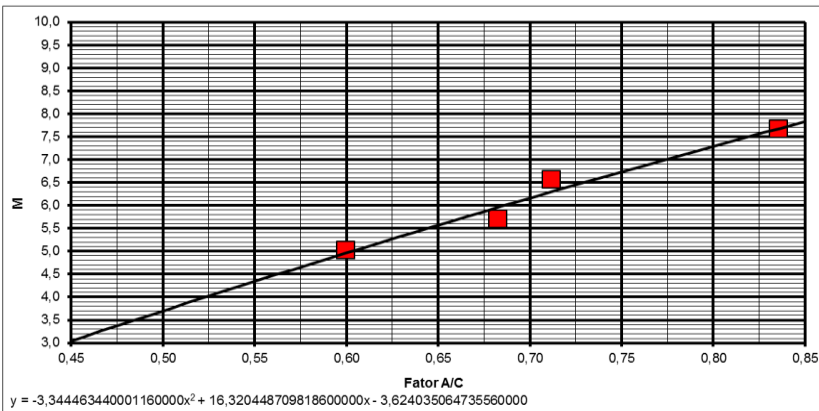
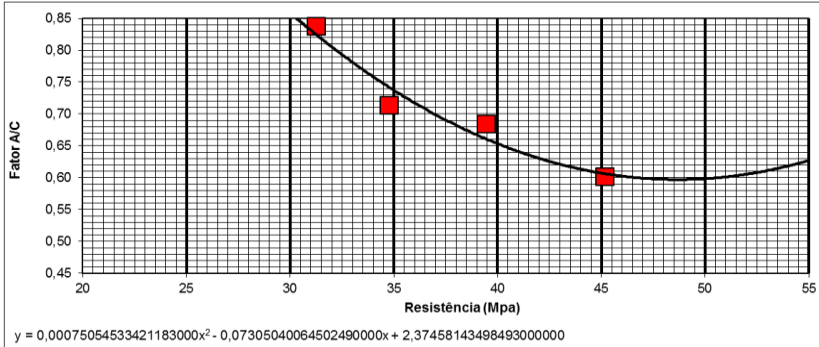


Diagrama de dosagem, misturas com cimento CPV ARI RS, misturas com cimento CPV ARI RS, com substituição em massa de 15% de CCA do Lote 6, com resistência aos 63 dias.

		A%:	52	Ar Incorp. Médio (%):	1,000	% Ag. G. 1:	40	% Ag. G. 2:	60	% Ag. G. 3:	0	Abatim. (mm)		140	± 20																	
		% Adição 1:	15	% Cimento:	85	% Ag. M. 1:	60	% Ag. M. 2:	40	% Aditivo 1:		0,6	% Aditivo 2:		0,0																	
 Materiais a serem utilizados										 custos (R\$/kg)																						
Cimento:	Cimento CPV ARI RS Votoran										0,3378																					
Adição 1:	Cinza da Casca do Arroz										0,4000																					
Ag. Miúdo 1:	Areia Artificial - Vale do Selke										0,0230																					
Ag. Miúdo 2:	Areia Fina - Dona Otília										0,0240																					
Ag. Graúdo 1:	Brita 0 - Vale do Selke										0,0244																					
Ag. Graúdo 2:	Brita 1 - Vale do Selke										0,0252																					
Aditivo 2:	BF 30 - Basf										2,2227																					
Água:	Potavel										0,0040																					
 Características do Traço:				 Consumo de Materiais (Kg / m3)											 custos por traço (R\$/m³)																	
				aglomerante	Adição 1	cimento	Miúdo 1	Miúdo 2	Graúdo 1	Graúdo 2	Graúdo 3	Aditivo 1	Aditivo 2	Água																		
Fck:	20,0	Sd:	3,0	Fcj:	25,0	a/c:	1,02	M:	9,54	0,00	213	0	32	1	181	3	571	2	381	2	430	3	645			0,006	1,275			1,02	217	126,48
Fck:	25,0	Sd:	3,0	Fcj:	30,0	a/c:	0,86	M:	7,94	0,00	251	0	38	1	213	2	549	1	366	2	430	3	645			0,006	1,504			0,86	216	139,36
Fck:	30,0	Sd:	3,0	Fcj:	35,0	a/c:	0,74	M:	6,60	0,00	294	0	44	1	250	2	521	1	347	1	429	2	643			0,006	1,764			0,74	217	153,80
Fck:	35,0	Sd:	3,0	Fcj:	40,0	a/c:	0,65	M:	5,62	0,00	336	0	50	1	286	1	492	1	328	1	427	2	641			0,006	2,016			0,65	220	167,76

Discriminação dos traços e custo unitário dos produtos, misturas com cimento CPV ARI RS, com substituição em massa de 15% de CCA do Lote 6, com resistência aos 63 dias.