

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Escola de Engenharia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

**Estudo da variabilidade do cimento Portland que abasteceu o
mercado do Rio Grande do Sul no período de 1992 a 2012**

Ricardo Girardi

Porto Alegre
2014

ESTUDO DA VARIABILIDADE DO CIMENTO PORTLAND QUE ABASTECEU O MERCADO DO RIO GRANDE DO SUL NO PERÍODO DE 1992 A 2012

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia. Orientação: Prof^a. Dr^a. Denise Carpena Coitinho Dal Molin.

RICARDO GIRARDI

Porto Alegre
2014

ESTUDO DA VARIABILIDADE DO CIMENTO PORTLAND QUE ABASTECEU O MERCADO DO RIO GRANDE DO SUL NO PERÍODO DE 1992 A 2012

Esta dissertação de mestrado foi julgada adequada para a obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA, Construção Civil, e aprovada em sua forma final pelo orientador e pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 11 de agosto de 2014.

Prof.^a Denise Carpena Coitinho Dal Molin
Dr.^a. pela Universidade de São Paulo / Brasil
Orientadora

Prof. Dr. Armando Miguel Awruch
Coordenador do PPGEC/UFRGS

BANCA EXAMINADORA

Prof. André Luiz Bortolacci Geyer (UFG)
Dr. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof.^a Ângela Borges Masuero (PPGEC/UFRGS)
Dr.^a pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Fernando Antônio Piazza Recena (CIENTEC/PUCRS)
Dr. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Aos que disseminam a cultura do saber ou que simplesmente ouvem àqueles que detêm a dúvida como pior inimigo...

Aos meus pais pelo fato de serem meu amparo...

A Ela a quem devo todo meu respeito como homem...

AGRADECIMENTOS

Aquele que conduzir sozinho, de forma completa um trabalho, ou outra tarefa qualquer, jamais saberá quantificar a magnitude da bondade e gratidão, que as pessoas podem lhe proporcionar.

Não seria justo apenas citar nomes, os quais fazem parte deste trabalho, da forma mais ampla, de quem teve o discernimento, de orientar, e até quem teve apenas ouvidos a escutar desabafos, ou até mesmo, quem não imaginava. Portanto, deixo registrado agradecimento aos que, de uma forma ou outra, se envolveram até a contemplação deste estudo.

Ao NORIE – Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação pelo conhecimento repassado através de seu corpo docente nas disciplinas cursadas durante a primeira fase do mestrado. Em especial um abraço aos colegas da turma que iniciaram a busca do objetivo em março de 2012.

À professora Denise Carpena Coitinho Dal Molin, orientadora deste trabalho, que sempre esteve à disposição para discussões, opiniões, sempre de maneira sábia e concreta, resultando assim em foco e trabalho. Ter realizado este trabalho sob sua orientação, certamente é um privilégio, de que todos gostariam de ter, pois o conhecimento que adquiriu durante anos é fruto da pessoa que és.

Aos meus pais pela pessoa que sou. Na verdade, posso ser o complemento do que sonharam, ou talvez, a gratidão, e a humildade que sempre me pediram, mas desta maneira aprendi, e obtive a certeza que seria capaz de alcançar meus sonhos.

A Ela que me detém de forma sentimental, fazendo-me crescer e amadurecer, a cada dia, mais e mais, onde somos um sonho em execução de uma família– Tiessa Gass. Neste momento lhe agradeço não por fazer parte da minha história, mas de fato o papel fundamental que teve na correção de língua portuguesa e com as ferramentas de Excel.

Ao professor Fernando Antônio Piazza Recena, pelas inúmeras vezes que retribuiu respostas consistentes, e críticas, a este trabalho, e também por todo conhecimento que incrementou em minha vida profissional e pessoal no decorrer dos anos, tornando-se além de colega de trabalho um verdadeiro amigo, por quem tenho mero respeito e adoto seu histórico de caráter e personalidade.

À colega Fernanda Macedo Pereira, pelas dúvidas que me ajudou a sanar de forma cotidiana, e toda a contribuição durante a pesquisa de referencias, e também por seu senso crítico, onde seu conhecimento é de admirável respeito.

À Fundação de Ciência e Tecnologia do Estado do Rio Grande do Sul – CIENTEC, onde dedico minhas atividades, como pesquisador, no Departamento de Materiais de Construção Civil.

Também devo agradecer aos meus colegas de trabalho: Nelson, José Wilson, Gilberto, Paulo Matheus, Patrícia, Rita de Cássia, Geraldo, Abílio, Andressa, Paulo, Ana Carolina, Márcio Lopes e Francieli, salientando que tenho verdadeira estima pela convivência diária que levamos e o coleguismo encontrado em nossas atividades profissionais.

A Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul que, logo após a conclusão em engenharia civil, dando a oportunidade em fazer parte do seu corpo docente. Sou grato à atividade de docência desenvolvida nesta Instituição, onde posso repassar o pouco que sei aos acadêmicos, sabendo o quão contribuo para a formação de novos profissionais e também aos colegas docentes desta universidade.

Não posso esquecer-me de agradecer a pessoa que me ajudou a catalogar o banco de dados, o acadêmico de engenharia civil Douglas Tischner Rodeghiero, pela sua ajuda nesta etapa do trabalho. Já na fase final, a acadêmica Júlia Brackmann pela ajuda na adequação/tradução do resumo deste trabalho.

E por fim, não se esquecendo de maneira intencional, mas deixo aqui meu respeito a todos que, de certa forma, passaram e contribuíram até os dias de hoje, tanto quanto profissional ou pessoal.

A alegria é o sinal pelo qual a vida
marca seu triunfo, enquanto que...
O silêncio interior é a oração que
fazem os grandes homens.

Alexis Carrel

RESUMO

GIRARDI, R. **Estudo da variabilidade do cimento Portland que abasteceu o mercado do Rio Grande do Sul no período de 1992 a 2012**. 2014. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós- Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

O cimento Portland, em seus diferentes tipos e classes, é o principal constituinte dos concretos e das argamassas, e é aplicado em todas as tipologias de obras de construção civil. Caso as propriedades do mesmo sofram variações, em função de diversos fatores, esta variabilidade influenciará nas propriedades do concreto, pelo fato do cimento Portland ser seu principal constituinte. Neste sentido, o presente trabalho visa analisar a variabilidade de diferentes tipos e marcas de cimentos produzidos no Brasil através do cálculo da média, do coeficiente de variação, da resistência característica à compressão, bem como determinar os coeficientes de crescimento de resistência à compressão entre as idades preconizadas, conforme as especificações normativas de cada cimento. Os dados para o estudo pertencem ao registro de ensaios efetuados pelo Laboratório de Materiais de Construção Civil da Fundação de Ciência e Tecnologia do Estado do Rio Grande do Sul, compreendidos entre o período de 1992 a 2012. Este banco de dados permitiu a realização das análises considerando duas faixas de tempo relacionadas a dois distintos momentos da economia brasileira, entre 1992 a 2003, referente ao pequeno crescimento do país e da indústria cimenteira, e entre 2004 a 2012, relacionado à retomada do crescimento do Brasil e consequente aumento do consumo de cimento. Da mesma forma, foi possível, separar os fabricantes de cimento que possuem o selo de qualidade segundo os padrões da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) – “Com Selo” – dos que não possuem – “Sem Selo”. Dentre as principais conclusões, pode-se ressaltar que quando analisado de forma geral, por tipo de cimento, os índices de consistência médios variam de 165mm para o CP I S a 186 mm para o CP V ARI RS, com coeficientes de variação entre 7,77% para o CP II Z 32 a 13,70% para o CP IV 32 RS; as superfícies específicas Blaine médias variam de 3480 cm²/g para o CP I S a 5170 cm²/g para o CP V ARI RS, com coeficientes de variação entre 6,21% para o CP I S 32 a 12,2% para o CP IV 32 RS; as resistências mínimas especificadas em norma foram respeitadas para todas as idades, tomando as resistências médias à compressão; em contraposição, somente os cimentos CP II Z 32 e CP II Z 32 RS atingiram as resistências características à compressão mínimas em relação à norma para todas as idades.

Palavras-chave: variabilidade do cimento Portland, resistência à compressão do cimento, índice de consistência, superfície específica Blaine.

ABSTRACT

GIRARDI, R. **Variability study of Portland cement that fuelled the market of Rio Grande do Sul in the period 1992-2012.** 2014. Master's Dissertation (Master's degree in Civil Engineering) - Postgraduate program in Civil Engineering, UFRGS, Porto Alegre - Brazil.

The Portland cement, in its different types and classes, is the main component of concrete and mortar and is applied in all types of civil construction works. If its properties suffer changes, depending on various factors, this variability will influence the properties of the concrete, because the Portland cement being its main constituent. Accordingly, this study aims to analyze the variability of different types and marks of cement produced in Brazil by calculating the mean, coefficient of variation, characteristic compression strength, and determining the coefficients of the development of compressive strength among the recommended ages, according to the normative specifications of each cement. The database for the study belong to the record of tests conducted by the Laboratory for Civil Construction Materials of Foundation of Science and Technology of Rio Grande do Sul state , ranging from the period 1992-2012. This database allowed the analyzes considering two time slots related to two distinct moments of the Brazilian economy, between 1992 and 2003, concerning the small development of the country and cement industry, and between 2004 and 2012, related to the resumption of development in Brazil and consequently an increase in cement consumption. Similarly, was possible to separate the cement manufacturers who have the seal of quality standards in the ABCP (Brazilian Association of Cement Portland) – “With Seal” - of those without the seal – “Without Seal”. Among the main conclusions, can be noted that when analyzed in general, by type of cement, the rate of medium consistency ranging from 165mm to 186mm for the CP I S to CP V ARI RS, with coefficients of variation ranging from 7.77% to 13.70% for the CP II Z 32 to CP IV 32 RS; averages Blaine specific areas ranging from 3480cm²/g to 5170cm²/g for the CP I S to CP V ARI RS, with coefficients of variation ranging from 6.21% to 12.2% for the CP I S 32 to CP IV 32 RS; the minimum resistance specified in the standard have been respected for all ages, taking the average compressive strength; in contrast, only CP II Z 32 and CP II Z 32 RS cements reached the resistance characteristics to the minimum compression relative to the standard for all ages.

Keywords: variability of Portland cement, compressive strength of the cement, the rate of consistency, Blaine specific area.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Delineamento da pesquisa.	24
Figura 2 - Produção anual (t) de cimento no Brasil (SNIC, 2013).	31
Figura 3 - Distribuição do cimento Portland nas regiões brasileiras para o ano de 2012 (SNIC, 2013).	31
Figura 4 - Composição do cimento e calor gerado (Mehta & Monteiro, 2008).	40
Figura 5 - Resistência à compressão em relação à finura (Mehta e Monteiro, 2008).	42
Figura 6 - Calor de hidratação em função da superfície específica (Mehta e Monteiro, 2008). ...	43
Figura 7- Histograma de frequências e curva de Gauss.	48
Figura 8 - Dispersão em torno da média.	49
Figura 9 - Analogia entre as resistências à compressão com atirador ao alvo (Tango e Alvin, 1993).	49
Figura 10 - Intervalo de confiança (Correa, 2003).	50
Figura 11- Distribuição de probabilidade (CORREA, 2003).	51
Figura 12 - Processo de variabilidade do concreto (Fusco,1980).	52
Figura 13 - Tipos de cimento Portland catalogados.	58
Figura 14 - Porcentagem dos cimentos Portland catalogados conforme classificação.	59
Figura 15 - Consumo per capita de cimento (kg/hab) (SNIC, 2013).	60
Figura 16 - Análise do índice de consistência de 1992 a 2012 – CP IV 32.	65
Figura 17 - Análise geral do índice de consistência de 1992 a 2003 – CP IV 32	66
Figura 18 - Análise geral do índice de consistência de 2004 a 2012 – CP IV 32	66
Figura 19 - Variação do índice de consistência da marca comercial “A” – CP IV 32.	68
Figura 20 - Índice de consistência – CP V ARI.	69
Figura 21 - Análise do índice de consistência de 1992 a 2003 – CP V ARI.	69
Figura 22 - Análise do índice de consistência de 2004 a 2012 – CP V ARI.	69
Figura 23 - Superfície Específica Blaine (cm ² /g) no tempo – CP II Z 32 RS.	74
Figura 24 - Superfície Específica Blaine (cm ² /g) no tempo – CP IV 32.	75
Figura 25 - Superfície Específica Blaine (cm ² /g) 1992 a 2003 – CP IV 32.	75
Figura 26 - Superfície Específica Blaine (cm ² /g) 2004 a 2012 – CP IV 32.	76

Figura 27 - Superfície Especifica Blaine (cm ² /g) da marca comercial “A” – CP IV 32.....	77
Figura 28 - Superfície Especifica Blaine (cm ² /g) no tempo - CP IV 32 RS.	78
Figura 29 - Curvas de valores médios da resistência à compressão – CP I S 32.	82
Figura 30 - Curvas de valores para resistência à compressão da análise geral - CP II Z 32.	83
Figura 31 - Curvas de valores da resistência à compressão “Com Selo” - CP II Z 32.....	84
Figura 32 - Distribuição da resistência à compressão aos 3 dias – CP II Z 32 RS.....	86
Figura 33 - Distribuição da resistência à compressão aos 7 dias – CP II Z 32 RS.....	87
Figura 34 - Distribuição da resistência à compressão aos 28 dias – CP II Z 32 RS.....	87
Figura 35 - Curvas de valores da resistência à compressão - CP IV 32.	89
Figura 36 - Distribuição da resistência à compressão aos 28 dias – CP IV 32.	89
Figura 37 - Variação das resistências à compressão da marca “M” - CP IV 32.	92
Figura 38 - Variação das resistências à compressão da marca “I” - CP IV 32.	93
Figura 39 - Variação das resistências à compressão da marca “F” - CP IV 32.	93
Figura 40 - Variação das resistências à compressão da marca “E” - CP IV 32.....	94
Figura 41 - Variação da resistência à compressão aos 3 dias da marca “A” - CP IV 32.	95
Figura 42 - Variação da resistência à compressão aos 7 dias da marca “A” - CP IV 32.	95
Figura 43 - Variação da resistência à compressão aos 28 dias da marca “A” - CP IV 32.	95
Figura 44 - Distribuição da resistência à compressão geral aos 28 dias - CP IV 32 RS.....	96
Figura 45 - Distribuição da resistência à compressão geral a 1 dia - CP V ARI.....	99
Figura 46 - Variação das resistências à compressão da marca “L” - CP V ARI.	100
Figura 47 - Distribuição de probabilidade da resistência à compressão para análise geral – CP I S 32.....	107
Figura 48 - Distribuição de probabilidade da resistência à compressão aos 3 dias – CP II Z 32.	109
Figura 49 - Curvas de distribuição de probabilidade do cimento “L” – CP II F 32.....	110
Figura 50 - Histograma de frequência e curva normal da análise geral aos 28 dias - CP IV 32.	110
Figura 51 - Histograma de frequência do cimento "Com Selo" aos 28 dias - CP IV 32.....	111

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Tipos de cimento Portland.....	32
Quadro 2 - Composição básica do cimento Portland brasileiro.....	33
Quadro 3 - Características físico-mecânicas do cimento Portland brasileiro.....	34
Quadro 4 - Equivalência dos tipos de cimento Portland internacionais, aos brasileiros.	35
Quadro 5 - Influência dos materiais na resistência potencial do concreto (Helene & Terzian, 1992).....	44
Quadro 6 - Classificação do coeficiente de variação (CORREA, 2003).	51
Quadro 7 - Classificação em função do coeficiente de variação (ACI 214).....	53
Quadro 8 - Exposição dos dados.	54
Quadro 9 - Marcas comerciais estudadas em função do selo de qualidade.	59
Quadro 10 - Marcas comerciais estudadas conforme situação de mercado.	59
Quadro 11 - Produção anual de cimento Portland (Adaptado de SNIC, 2013).	62
Quadro 12 - Análise geral do índice de consistência – CP I S 32.	62
Quadro 13 - Análise geral do índice de consistência – CP II Z 32.	63
Quadro 14 - Análise por marca do índice de consistência – CP II Z 32.	63
Quadro 15 - Análise do índice de consistência por classificação – CP IV 32.....	65
Quadro 16 - Análise do índice de consistência por classificação e período – CP IV 32.....	66
Quadro 17 - Análise do índice de consistência médio por marca – CP IV 32.	67
Quadro 18 - Análise do índice de consistência médio por marca – CP IV 32 RS.....	68
Quadro 19 - Índice de consistência médio por marca comercial – CP V ARI.....	70
Quadro 20 - Análise do índice de consistência por classificação: CP V ARI RS.....	70
Quadro 21 - Análise da superfície específica Blaine - CP IV 32.....	77
Quadro 22 - Análise da superfície específica Blaine por marca – CP IV 32 RS.	78
Quadro 23 - Variabilidade da resistência à compressão CP I S 32.....	81
Quadro 24 - Variabilidade da resistência à compressão CP II Z 32.	83
Quadro 25 - Variabilidade da resistência à compressão CP II Z 32 por período.	84
Quadro 26 - Variabilidade da resistência à compressão CP II Z 32 das marcas “Com Selo”.	85

Quadro 27 - Variabilidade da resistência à compressão para duas marcas de CP II Z 32.....	85
Quadro 28 - Variabilidade da resistência à compressão CP II Z 32 RS das marcas “Com Selo”.	86
Quadro 29 - Variabilidade da resistência à compressão CP II F 32 da marca “L”	88
Quadro 30 - Variabilidade geral da resistência à compressão CP IV 32.....	88
Quadro 31 - Análise das resistências à compressão por período - CP IV 32.....	90
Quadro 32 - Análise das resistências à compressão por período da classificação “Com Selo” - CP IV 32.....	90
Quadro 33 - Análise das resistências à compressão por período da classificação “Sem Selo” - CP IV 32.....	91
Quadro 34 - Análise das resistências à compressão da marca “M” - CP IV 32.....	91
Quadro 35 - Análise das resistências à compressão da marca “I” - CP IV 32.....	92
Quadro 36 - Análise das resistências à compressão da marca “F” - CP IV 32.....	93
Quadro 37 - Análise das resistências à compressão da marca “E” - CP IV 32.	94
Quadro 38 - Análise das resistências à compressão por período da marca “A” - CP IV 32.	96
Quadro 39 - Variabilidade geral da resistência à compressão - CP IV 32 RS.....	96
Quadro 40 - Variabilidade geral da resistência à compressão para diferentes marcas - CP IV 32 RS.....	97
Quadro 41 - Variabilidade geral da resistência à compressão - CP V ARI.....	98
Quadro 42 - Variabilidade geral da resistência à compressão CP V ARI por período.....	98
Quadro 43 - Variabilidade geral da resistência à compressão da marca “L” - CP V ARI.....	99
Quadro 44 - Coeficiente de crescimento da resistência à compressão para os diferentes tipos de cimento Portland.	103
Quadro 45 - Coeficiente de variação dos crescimentos dos diferentes tipos de cimento Portland.	104
Quadro 46 - Porcentagem de obtenção da resistência à compressão conforme norma para idade de 3, 7 e 28 dias.....	105
Quadro 47 - Porcentagem de obtenção da resistência à compressão conforme norma – CP V ARI e CP V ARI RS.....	105
Quadro 48 - Coeficiente de crescimento da resistência à compressão para as idades de 1, 3 e 7 dias - CP V ARI e CP V ARI RS.	106
Quadro 49 - Coeficientes de variação de crescimento - CP V ARI e CP V ARI RS.	106

Quadro 50 - Resistência característica à compressão do CP I S 32.....	108
Quadro 51 - Resistência característica à compressão do CP IV 32.....	110
Quadro 52 - Resistência característica à compressão do CP IV 32 por períodos e classificações.	111
Quadro 53 - Resistência característica à compressão para diferentes marcas – CP IV 32.....	112
Quadro 54 - Resistência característica à compressão do CP IV 32 RS.....	113
Quadro 55 - Resistência característica à compressão para diferentes marcas – CP IV 32 RS.	113
Quadro 56 - Resistência característica à compressão da marca “L” – CP V ARI.....	114
Quadro 57 - Resistência característica à compressão do CP V ARI RS.....	114
Quadro 58 - Índice de consistência médio e coeficiente de variação para os diversos tipos de cimento Portland, conforme análise geral.....	119
Quadro 59 - Índice de consistência médio e coeficiente de variação para os diversos tipos de cimento Portland por período.	119
Quadro 60 - Superfície específica Blaine média e coeficiente de variação para os diversos tipos de cimento Portland.	120
Quadro 61 - Superfície específica Blaine média e coeficiente de variação para os diversos tipos de cimento Portland por período.	121
Quadro 62 - Resistência à compressão média e coeficiente de variação para os diversos tipos de cimento Portland para diferentes idades.	123
Quadro 63 - Resistência à compressão média e coeficiente de variação para os diversos tipos de cimento Portland por período para diferentes idades.	124
Quadro 64 - Resistência característica à compressão para os diversos tipos de cimento Portland para diferentes idades.....	126
Quadro 65 - Resistência característica à compressão para os cimentos Portland CP V ARI e CP V ARI RS para diferentes idades.....	127
Quadro 66 - Resistência característica à compressão para os diversos tipos de cimento Portland por período para diferentes idades.....	127

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1	47
Equação 2	47
Equação 3	48
Equação 4	51

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	20
1.1	Importância e justificativa do trabalho.....	21
1.2	Questão de pesquisa	22
1.3	Objetivos do trabalho	23
1.3.1	Objetivo principal	23
1.3.2	Objetivos Secundários	23
1.4	Delineamento da pesquisa	24
1.4.1	Revisão Bibliográfica.....	25
1.4.2	Coleta de dados.....	25
1.4.3	Análise de dados	26
1.4.4	Comparação entre os resultados dos cimentos analisados com as referências normativas e bibliográficas	26
1.4.5	Conclusões e redação final	26
2	CIMENTO PORTLAND.....	28
2.1	Histórico do cimento Portland no Brasil	28
2.2	Patamar atual do cimento Portland no Brasil.....	30
2.3	Normalização brasileira para o cimento Portland	32
2.4	Normalização internacional do cimento Portland.....	35
2.5	Procedimentos Internacionais para a determinação da resistência à compressão do cimento Portland.	35
2.5.1	Procedimento normativo Americano	35
2.5.2	Procedimento normativo da União Europeia	36
2.6	Considerações em relação ao Cimento Portland.....	37
3	FATORES INFLUENTES NA VARIABILIDADE DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DO CIMENTO PORTLAND	39
3.1	Compostos básicos do cimento Portland.....	39
3.2	Finura do cimento Portland	41
3.3	Considerações sobre a variabilidade do cimento Portland	45
4	PARÂMETROS DE VARIABILIDADE	47
4.1	Medidas de dispersão e distribuição Normal	47

4.2	Valores espúrios	51
4.3	Aplicações ao cimento Portland	52
5	METODOLOGIA DE PESQUISA	54
5.1	Coleta dos dados de ensaios em cimento Portland	54
5.2	Avaliação das variabilidades	55
5.3	Coeficiente de crescimento da resistência à compressão	55
5.4	Determinação da resistência característica do cimento Portland	55
6	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	57
6.1	Comentários gerais	57
6.2	Análise do índice de consistência da argamassa normal.....	61
6.2.1	Cimento Portland Comum – CP I S	61
6.2.2	Cimento Portland Composto tipo II.....	63
6.2.2.1	Cimento Portland Composto - CP II Z.....	63
6.2.2.2	Cimento Portland Composto - CP II F.....	64
6.2.3	Cimento Portland Pozolânico - CP IV	64
6.2.4	Cimento Portland de Alta Resistência Inicial - CP V ARI	69
6.2.5	Comentários gerais do índice de consistência da argamassa normal	71
6.3	Análise geral da superfície específica Blaine.....	73
6.3.1	Cimento Portland Comum – CP I S	73
6.3.2	Cimento Portland Composto tipo II.....	73
6.3.2.1	Cimento Portland Composto - CP II Z.....	73
6.3.2.2	Cimento Portland Composto - CP II F.....	74
6.3.3	Cimento Portland Pozolânico - CP IV	74
6.3.4	Cimento Portland de Alta Resistência Inicial - CP V ARI	79
6.3.5	Comentários gerais da superfície específica Blaine	79
6.4	Análise geral da resistência à compressão	81
6.4.1	Cimento Portland Comum – CP I S	81
6.4.2	Cimento Portland Composto – tipo II.....	83

6.4.2.1	Cimento Portland Composto - CP II Z.....	83
6.4.2.2	Cimento Portland Composto - CP II F.....	87
6.4.3	Cimento Portland Pozolânico - CP IV.....	88
6.4.4	Cimento Portland de Alta Resistência Inicial - CP V ARI.....	98
6.4.5	Comentários gerais da resistência à compressão.....	100
6.5	Análise do crescimento da resistência à compressão nas diferentes idades.....	103
6.6	Resistência Característica do Cimento Portland.....	107
6.6.1	Cimento Portland Comum – CP I S.....	107
6.6.2	Cimento Portland Composto – tipo II.....	108
6.6.2.1	Cimento Portland Composto - CP II Z.....	108
6.6.2.2	Cimento Portland Composto - CP II F.....	109
6.6.3	Cimento Portland Pozolânico - CP IV.....	110
6.6.4	Cimento Portland de Alta Resistência Inicial - CP V ARI.....	113
6.6.5	Comentários gerais da resistência característica do cimento Portland.....	115
7	CONCLUSÕES FINAIS.....	117
7.1	Conclusões de caráter geral.....	117
7.2	Conclusões em relação ao índice de consistência da argamassa padrão.....	118
7.3	Conclusões em relação à superfície específica Blaine.....	120
7.4	Conclusões em relação à resistência à compressão do cimento Portland.....	121
7.5	Sugestões para estudos futuros.....	128
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	129
9	APÊNDICES.....	132
9.1	Apêndice A – Dados referentes ao cimento Portland CP I S 32.....	132
9.2	Apêndice B – Dados referentes ao cimento Portland CP II Z 32.....	133
9.3	Apêndice C – Dados referentes ao cimento Portland CP II Z 32 RS.....	136
9.4	Apêndice D – Dados referentes ao cimento Portland CP II F 32.....	138
9.5	Apêndice E – Dados referentes ao cimento Portland CP IV 32.....	140
9.6	Apêndice F – Dados referentes ao cimento Portland CP IV 32 RS.....	156

9.7	Apêndice G – Dados referentes ao cimento Portland CP V ARI	160
9.8	Apêndice H – Dados referentes ao cimento Portland CP V ARI RS	164
9.9	Apêndice I – Dados referentes aos demais tipos de cimento Portland	166

1 INTRODUÇÃO

No início do desenvolvimento da produção do cimento Portland no Brasil, os processos de produção não detinham tanta tecnologia, e o mercado nacional apresentava pouco desenvolvimento, levando ao fechamento de atividades de algumas fábricas existentes e a maior parte do cimento consumido na época era oriunda de importação.

Hoje, o crescimento econômico do país vem superando limites e batendo recordes a cada ano. De fato, este avanço necessita de maior dedicação e fornecimento de matéria prima aos diversos projetos e obras civis, que na maior parte tem o concreto como principal constituinte.

Esta alta taxa de desenvolvimento na construção civil faz com que a indústria cimenteira nacional e internacional, aumente a sua produção, a fim de suprir a necessidade do mercado consumidor.

A instalação de novas unidades fabris de cimento Portland demanda alto custo e tempo, o que dificulta o acompanhamento do crescimento do país. Neste sentido, o Sindicato Nacional da Indústria Cimenteira, em relatório publicado no ano de 2013, cita que o mercado de cimento está preparado para investir na construção de novas fábricas para produção de cimento no país.

Battagin e Battagin (2010) salientam que durante a fabricação do cimento é exigido um controle rigoroso nos processos de industrialização, através de uma gama de ensaios físico – químicos das matérias primas, de forma a atingir uma qualidade mínima no produto final.

A fim de servir como parâmetro à indústria, a Associação Brasileira de Normas Técnicas instituiu diversas normas regulamentadoras para a produção de cimento Portland no Brasil, visando o controle das propriedades do cimento, e principalmente a qualidade do produto.

No Brasil, o ensaio mais utilizado para verificar as possíveis variações ou discrepâncias do cimento é o preconizado pela NBR 7215 (ABNT, 1996), que especifica a metodologia de ensaio para resistência à compressão, onde a relação água/cimento é fixada em 0,48, num traço em massa respeitando a proporção de uma unidade de cimento Portland para três de agregado miúdo padronizado.

Os variados tipos e classes de cimento Portland, através das respectivas normas (NBR 5732 (ABNT, 1991), NBR 11578 (ABNT, 1991), NBR 5736 (ABNT, 1991), NBR 5733 (ABNT, 1991) e NBR 5737 (ABNT, 1992)), têm em seus contextos outras especificações, tais como: superfície específica Blaine, mínima, e também tornam como requisito que a classe de resistência seja

objeto de controle estatístico, obedecendo à hipótese de uma distribuição gaussiana, com uma probabilidade de 97% de atingir a resistência à compressão.

Na busca pela minimização das variações advindas do processo de fabricação é necessário conhecer o comportamento do cimento Portland no decorrer do tempo.

Sendo assim, o presente trabalho visa analisar a variabilidade de diferentes tipos e marcas de cimentos produzidos no Brasil através do cálculo da média e coeficiente de variação, da resistência característica à compressão, bem como determinar quais os coeficientes de crescimentos de resistência à compressão entre as idades preconizadas, conforme as especificações normativas de cada cimento.

Os dados para o estudo pertencem ao registro de ensaios efetuados pelo Laboratório de Materiais de Construção Civil da Fundação de Ciência e Tecnologia do Estado do Rio Grande do Sul, compreendidos entre o período de 1992 a 2012.

1.1 Importância e justificativa do trabalho

O cimento Portland, em seus diferentes tipos e classes, é o principal constituinte dos concretos e de argamassas, e é aplicado em todas as tipologias de obras de construção civil.

Caso suas propriedades sofram variações, em função de diversos fatores, esta variabilidade influenciará nas propriedades do concreto, pelo fato do cimento Portland ser seu principal constituinte.

De acordo com Recena (2007), o cimento Portland, por ser um produto totalmente comercial, apresenta variações em função das diferentes marcas existentes no mercado. Também a ocorrência de variabilidade pode acontecer considerando o mesmo tipo e classe de uma mesma marca, decorrente da heterogeneidade da composição básica da matéria prima empregue, e nos processos de fabricação.

Os requisitos de desempenho que a Associação Brasileira de Normas Técnicas atribui, para cada tipo de cimento, visam a controlar e incrementar qualidade dos produtos colocados no mercado brasileiro.

Dentre todas as especificações constantes nos dispositivos normativos, a mais empregada, e que visa ao estabelecimento de um parâmetro de controle por parte do mercado fornecedor de cimento Portland, é a resistência à compressão com a verificação do índice de consistência da argamassa normal, e da análise da superfície específica Blaine.

Neste sentido a Associação Brasileira de Cimento Portland criou o Selo de Qualidade para certificar as indústrias de cimento associadas que estão com seus produtos conforme os requisitos internos e normativos, servindo assim como certificadora e apoiando a qualidade.

Entretanto, empresas de diversos ramos da construção civil muitas vezes procuram orientações junto ao corpo técnico da CIENTEC através de ensaios ou consultorias, buscando explicações direcionadas ao fato de que o concreto, empregado em sua obra, não atingiu a resistência desejada ou apresentou características variáveis ao longo do tempo. É comum, ainda, preocupações relativas ao tempo de início e fim de pega.

As empresas fornecedoras de concreto relatam não haver mudanças em relação ao tipo de aditivo e demais materiais utilizados, bem como do proporcionamento do concreto, que possa explicar as variabilidades obtidas nas suas propriedades.

Em busca de explicações para o comportamento atual dos materiais que levam em sua concepção o cimento Portland, foi proposta uma pesquisa com o objetivo de avaliar a variabilidade da resistência à compressão, e da superfície específica Blaine, dos diferentes tipos e classes de cimento Portland produzidos no Brasil e comercializados no Rio Grande do Sul, numa faixa abrangente de tempo. Para tal, realizou-se uma compilação e análise dos resultados de ensaios do banco de dados pertencente ao Laboratório de Materiais de Construção Civil da Fundação de Ciência e Tecnologia do Estado do Rio Grande do Sul (CIENTEC).

Em suma, a pesquisa tem caráter de orientação para o meio acadêmico e técnico, pelo incremento do conhecimento das variabilidades que possam existir nos cimentos consumidos no Estado do Rio Grande do Sul, visando, ao término, quantificar a variabilidade detectada neste insumo utilizado em concretos e argamassas.

1.2 Questão de pesquisa

As diferentes marcas, tipos e classes de cimento Portland, principalmente produzidos e comercializados no estado do Rio Grande do Sul, têm suas propriedades de resistência à compressão, índice de consistência e superfície específica Blaine, especificadas conforme documentos normativos em vigor no país.

“Durante os últimos 21 anos (período compreendido entre 1992 a 2012), os valores obtidos destas propriedades respeitaram os requisitos normativos? Qual a variabilidade encontrada para diferentes tipos e marcas de cimentos Portland que abasteceu o mercado do Rio Grande do Sul nos últimos 21 anos?”.

1.3 Objetivos do trabalho

Os objetivos do trabalho são divididos em principais e secundários, conforme mostrados a seguir:

1.3.1 Objetivo principal

O objetivo principal da pesquisa consiste em avaliar, para um período de 21 anos, a variabilidade da resistência à compressão, índice de consistência da argamassa normal e superfície específica Blaine de diferentes tipos de cimento Portland, voltado para a produção e principalmente a comercialização no mercado regional do Rio Grande do Sul.

1.3.2 Objetivos Secundários

Como objetivos secundários podem-se listar:

- a) criar um banco de dados referente à resistência à compressão, ao índice de consistência da argamassa normal e à superfície específica Blaine, dos diferentes tipos e classes de cimento Portland, durante o período de 1992 a 2012, que abasteceu o mercado do Rio Grande do Sul;
- b) verificar a média e o coeficiente de variação para a resistência à compressão, índice de consistência da argamassa normal e superfície específica Blaine, dos diferentes tipos e classes de cimento Portland, no período de 1992 a 2012;
- c) analisar o crescimento da resistência à compressão nas diferentes idades para os diferentes tipos de cimento;
- d) verificar se a resistência à compressão do cimento Portland, para cada idade de ensaio conforme cada tipo de cimento, segue uma distribuição gaussiana, conforme indicado pelas respectivas normas;
- e) calcular a resistência característica à compressão do cimento Portland para cada idade de ensaio, considerando uma distribuição gaussiana com uma probabilidade de ser atingida em 97% dos casos;
- f) comparar os dados da resistência característica à compressão do cimento Portland com os limites preestabelecidos pelas referidas normas.

1.4 Delimitações do trabalho

A delimitação do trabalho restringe-se à utilização de dados registrados entre 1992 e 2012, que foram obtidos pelo Laboratório de Materiais de Construção Civil da Fundação de Ciência e Tecnologia do Estado do Rio Grande do Sul – CIENTEC, situada na cidade de Porto Alegre/RS.

Os dados catalogados, e apresentados no trabalho, são oriundos de ensaios solicitados pela iniciativa privada e por órgãos vinculados ao governo estadual.

1.5 Limitações do trabalho

O fato de este trabalho ser um dos primeiros estudos sobre a variabilidade do cimento Portland brasileiro, existem poucas referências bibliográficas específicas, ficando assim condicionado ao material existente.

Os dados referem-se principalmente aos cimentos produzidos e comercializados no estado do Rio Grande do Sul, porém poucas amostras são oriundas de outros estados brasileiros.

1.4 Delineamento da pesquisa

O avanço do conhecimento científico, impulsionado pelas atividades de pesquisa, baseia-se principalmente em quatro parâmetros: revisão bibliográfica, que se desenvolve ao longo de toda a pesquisa; coleta de dados, que estabelece as diretrizes e limitação de trabalho; em seguida o tratamento dos dados, que consiste na preparação para a obtenção dos resultados; e por fim, a análise com a comparação dos resultados obtidos com dados disponíveis. A figura 1 ilustra o delineamento da pesquisa a ser desenvolvida e nos itens que segue são descritos os mesmos.

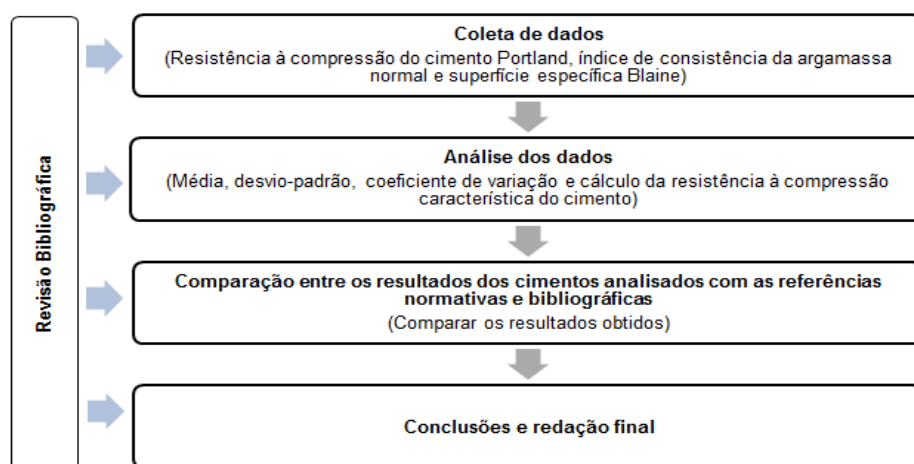


Figura 1 - Delineamento da pesquisa.

1.4.1 Revisão Bibliográfica

Esse quesito tem como principal escopo a busca em referências bibliográficas da lacuna de conhecimento, e do embasamento teórico necessário para o desenvolvimento da pesquisa. Em suma, o estudo teórico do trabalho acompanha o todo, que vai desde a concepção do projeto de pesquisa até a fase de análise final dos resultados.

Inicialmente a revisão bibliográfica volta-se a um breve histórico do desenvolvimento da produção de cimento Portland, e, em paralelo, o crescimento do mercado consumidor, e da indústria cimenteira no país durante as últimas décadas. Desta maneira, frisa-se que alguns tipos de cimento não são mais produzidos, mudaram a marca ou houve a incorporação por grupos maiores.

Num segundo momento teve como foco o processo de fabricação do cimento Portland brasileiro, abordando seus principais constituintes, os compostos formados e suas respectivas características, e possíveis alterações que possam apresentar ao longo do tempo.

Desta forma é possível voltar-se aos parâmetros de ensaio, que visam à qualidade do cimento brasileiro. As metodologias de ensaios do escopo deste trabalho são preconizadas pelas NBR 7215 (ABNT, 1996) – Cimento Portland – Determinação da Resistência à Compressão e, NBR NM 76 (ABNT, 1998) – Cimento Portland – Determinação da finura pelo método de permeabilidade ao ar (Método de Blaine).

No capítulo 4 é apresentada uma revisão da bibliografia voltada para os indicadores de variabilidade utilizados neste trabalho, como a média, o coeficiente de variação e a resistência característica à compressão. Com isso é possível analisar as especificações que regem os diversos tipos de cimento Portland brasileiro, observando os que são escopo deste trabalho, para que seja possível calcular e comparar aos parâmetros estipulados.

1.4.2 Coleta de dados

Foram obtidos dados relativos às resistências à compressão, índice de consistência da argamassa normal e da superfície específica Blaine, dos diferentes tipos de cimento Portland, subdivididos com relação ao tipo e classe de resistência.

Os registros efetuados partem do ano de 1992 e vão até o término de 2012, com base nos ensaios catalogados pelo Laboratório de Materiais de Construção Civil, da Fundação de Ciência e Tecnologia do Estado do Rio Grande do Sul.

1.4.3 Análise de dados

Os dados coletados de resistência à compressão, para todas as idades normativas, do índice de consistência e da superfície específica Blaine foram analisados através do cálculo da média, desvio-padrão e coeficiente de variação.

Para os dados de resistência à compressão, nas diversas idades foi efetuado o teste de normalidade, visando verificar a adaptação dos resultados a uma distribuição de probabilidade gaussiana, conforme orientam as respectivas normas de cada tipo e classe de cimento Portland, para o cálculo da resistência característica à compressão nas idades de referência de ensaio, salientando que foi realizado o tratamento dos dados espúrios, adotando o critério de exclusão dos resultados que se diferem mais que três desvios-padrões, da média original.

Durante esta etapa, quando o número de dados permitia, foi realizada a análise de possíveis variabilidades em frações de períodos compreendidos entre 1992 a 2012, para os diferentes tipos e classe de cimento Portland.

Vale ressaltar que os ensaios nas amostras de cimento, desde 1992 foram efetuados pelo mesmo laboratorista (exceto no período férias), na mesma mesa do índice de consistência, e equipamentos com certificados de calibração periódicos.

1.4.4 Comparação entre os resultados dos cimentos analisados com as referências normativas e bibliográficas

Com o término da análise dos dados tornam-se possíveis as comparações dos resultados de variabilidades calculados, com os disponíveis em referências bibliográficas, e as especificações normativas, para cada tipo e classe de cimento Portland.

Em caso de ausência de valores normativos, ou da literatura, os resultados foram expressos de maneira que possam servir de balizamento para futuras pesquisas em outras regiões do país, ou de caráter internacional.

1.4.5 Conclusões e redação final

Na fase final, foi organizada a redação de maneira a criar aspectos críticos quanto aos resultados encontrados com base em pesquisas já realizadas, e documentos normativos em vigor no país.

As conclusões do presente trabalho visam contribuir para um melhor entendimento do estágio da variabilidade atual dos diferentes tipos e marcas comercial de cimento Portland brasileiro, em especial a região do estado do Rio Grande do Sul, no decorrer do tempo (1992 a 2012), frisando alguns aspectos que foram esquecidos com os novos documentos normativos.

Também é intuito registrar o conhecimento ao meio acadêmico e indústria cimenteira do país, tanto em caráter de melhorias, e /ou comparações de evolução de tecnologia, para que o aperfeiçoamento e estudo dos processos produtivos sejam contínuos, contribuindo para a disseminação do saber.

2 CIMENTO PORTLAND

2.1 Histórico do cimento Portland no Brasil

O início dos estudos para a fabricação de cimento Portland no Brasil foi 1888, quando Antônio Proost Rodovalho esforçou-se para unir forças para iniciar a instalação de uma fábrica na cidade de Sorocaba, no estado de São Paulo. Nesta mesma época, várias foram as iniciativas para implantação de fábricas, mas muitas não detinham tecnologia ou apoio, e outras estavam distantes dos centros de consumo e assim não conseguiam competir comercialmente com os cimentos importados (Battagin e Battagin, 2010).

A falta de infraestrutura de logística, tecnologia, ausência dos meios de divulgação e também a baixa procura do produto tornaram-se barreiras enfrentadas para o crescimento da indústria na época.

A fábrica instalada por Rodovalho em 1897 lançou a sua primeira produção através da marca Santo Antônio, mas não obteve êxito e operou até 1904, interrompendo as atividades. Em 1907, tentou a retomada, mas enfrentou problemas de qualidade e extinguiu-se definitivamente no ano de 1918 (Battagin e Battagin, 2010).

O processo de produção de cimento Portland deve respeito à primeira iniciativa enfrentada por Rodovalho, pois a experiência contribuiria para a ascensão, posteriormente. No ano de 1912, o governo do Espírito Santo fundou uma fábrica com grande precariedade de tecnologia, sendo produzidas aproximadamente 8000 toneladas ao ano, porém encerrada em 1924, onde mais tarde, já pouco mais modernizada, voltou a funcionar, em 1935.

Estas tentativas para colocar à disposição o cimento Portland no mercado brasileiro não deram certo até a implantação de uma fábrica em Perus, no estado de São Paulo, chamada de Companhia Brasileira de Cimento Portland, que atualmente está desativada.

Os primeiros resultados da produção de cimento foram colocados no mercado em 1926, época em que a maior parte consumida no país dependia basicamente da importação. A busca do equilíbrio, entre o consumo e a produção, dependia do cimento importado, arrastando o país por várias décadas, até se estagnar, ou praticamente deixar de existir nos dias de hoje.

Com um horizonte próspero para a economia, e da necessidade de implantação de parâmetros técnicos para a indústria cimenteira, em 1936, as cinco fábricas que existiam decidiram criar uma

associação técnica para auxiliar e dar suporte à área, nascendo então a Associação Brasileira de Cimento Portland – ABCP, a qual têm atividades desenvolvidas até os dias de hoje.

Posteriormente, nos anos de 1940, foi fundada a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT com a função de criar parâmetros de qualidade e conformidade para a produção de diversos materiais, tendo publicado a norma EB-1, referentes à especificação do cimento Portland Comum.

Mais tarde, em 1953, foi fundado o Sindicato Nacional da Indústria do Cimento (SNIC) para dar suporte e orientação quanto às projeções de mercado referente à fabricação e importação em prol do comércio de cimento Portland no país.

Inicialmente a produção de cimento Portland se dava com um alto teor de clínquer, ou seja, sem adições minerais. Em 1952, foi realizado um estudo pioneiro para a incorporação de resíduo de escória de alto forno ao cimento Portland, sendo publicada então a primeira especificação para este tipo de cimento, a EB-208.

Com o decorrer do tempo, e avanços tecnológicos, as pesquisas fundamentaram-se, e diversos tipos de cimentos foram sendo elaborados, tais como os que levam adições pozolânicas e fíler em suas composições.

Na década de 60, o desenvolvimento do cimento Portland Pozolânico teve seus primeiros passos seguidos, fruto de estudos do antigo Instituto Tecnológico do Rio Grande do Sul (ITERGS) com empenho dos pesquisadores Gobetti e Scarrone onde avaliaram o desempenho da cinza de carvão da Termoelétrica de Charqueadas/RS no cimento Portland Comum, publicando no ano de 1969 o Boletim Técnico nº 49, em consequência duas fábricas existentes na região passaram a produzir cimentos pozolânicos, obtidos da mistura do clínquer com esta cinza (RECENA, 2011).

Em 1991 os cimentos Portland foram revisados e tiveram a sua terminologia alterada, sendo considerada a classificação por tipo e classe. Também, nesse ano, foram publicadas e revisadas algumas normas.

A tendência entre o ponto de partida para a produção de cimento atual é a perspectiva de se utilizar o mínimo possível de clínquer na composição do cimento Portland, visto ser viável a maior incorporação de adições minerais, mas sempre respeitando os requisitos impostos pelas normas em vigor.

Isto pode ser verificado nos dados apresentado por Battagin & Battagin (2010), onde a produção de cimento Portland Comum – tipo I, que no ano de 1960 correspondia a 95,5% do mercado brasileiro, já em 2009 esse percentual, caiu para 0,2%. Enquanto que o cimento Portland de Alto Forno – tipo III em 1960 era responsável por 3,8% da produção de cimento, passou em 2009 a ser responsável por 16,4%.

Segundo Battagin e Battagin (2010), os limites de adições minerais para a incorporação no cimento Portland foram aumentados conforme o tempo e aprimoramento das tecnologias, sendo mantidas as características de desempenho de resistência à compressão.

Tais fatores visam à diminuição do consumo energético na produção do cimento, a tentativa de preservação, ou aumento, da vida útil das jazidas de exploração de matéria prima, a adaptação para a utilização de alguns tipos de cimento Portland em ambientes propícios, e principalmente a grande contribuição para a diminuição da emissão de dióxido de carbono para a atmosfera.

2.2 Patamar atual do cimento Portland no Brasil

Mehta e Monteiro (2008) afirmam que o concreto de cimento Portland tinha em 2008, consumo muito maior em relação há 40 anos atrás, estimando que o consumo de concreto no mundo seja da ordem de 11 bilhões de toneladas ao ano.

Atualmente, no Brasil, a injeção de recursos financeiros, tanto pelo setor privado, quanto pelo Governo, impulsionou o crescimento e desenvolvimento da construção civil em diversas áreas, as quais consomem, como principal insumo, o concreto.

E ainda, em 2012 o desempenho da construção civil brasileira foi melhor que a economia como um todo, tendo crescimento de 1,4%, sendo o setor imobiliário o responsável por este alavancamento (SNIC, 2013).

Isaia (2011) reforça que o cimento Portland, e seus derivados, são os principais produtos industriais consumidos pelo homem, isto devido às inúmeras possíveis aplicações, e em especial, cita as estruturas de concreto.

A figura 2 apresenta o crescimento da indústria cimenteira no Brasil no período de 2006 a 2012.

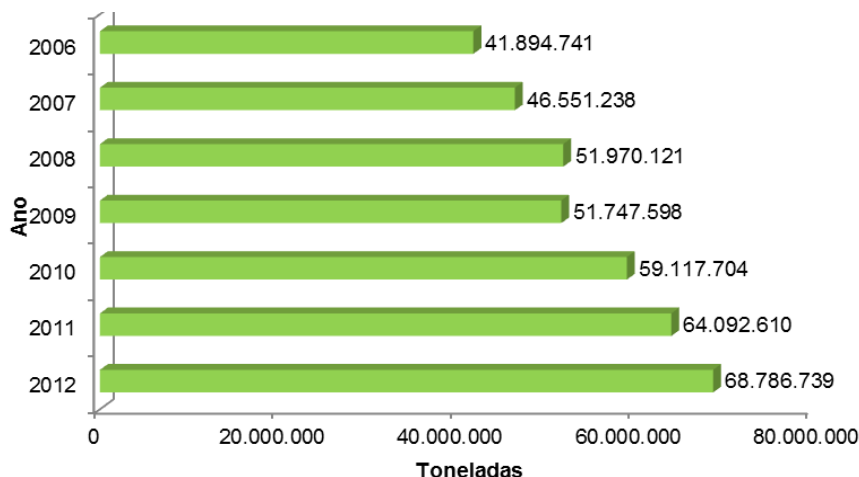


Figura 2 - Produção anual (t) de cimento no Brasil (SNIC, 2013).

De 2006 a 2008 o crescimento médio anual da produção de cimento Portland no Brasil ficou próximo à 11%, enquanto que entre 2008 e 2009 houve uma estagnação. A partir de 2010 o crescimento foi retomado, chegando a 14,2% de 2009 a 2010 e ficando na faixa de 8,41% e 7,32%, entre 2010 a 2012.

Isto significa que a indústria cimenteira teve alto crescimento na produção (64,2%), passando de 41,9 milhões de toneladas, em dezembro de 2006, para 68,8 milhões de toneladas, ao término de 2012.

A figura 3 apresenta os dados de consumo de cimento Portland nas diferentes regiões do país, e o total consumido, para o ano de 2012.

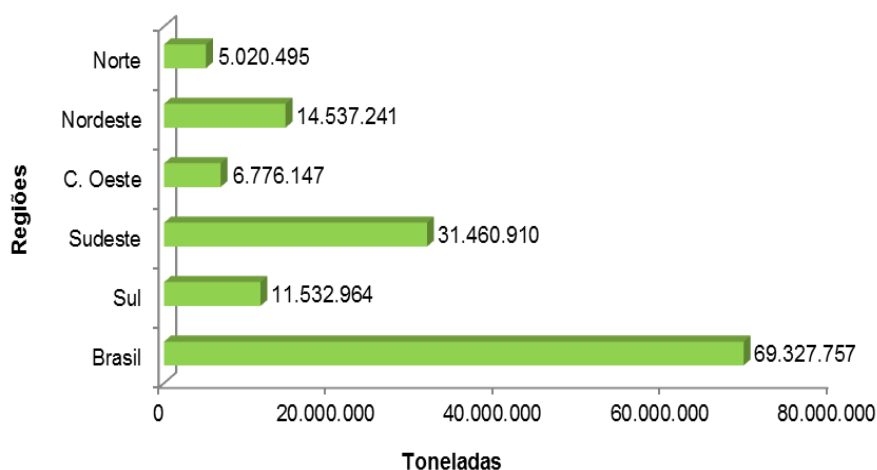


Figura 3 - Distribuição do cimento Portland nas regiões brasileiras para o ano de 2012 (SNIC, 2013).

As regiões sudeste e nordeste do país ocupam o patamar de maiores consumidores. Os estados da região sul se encontram no quadro nacional como sendo o terceiro maior consumidor. A

maior concentração de indústrias cimenteiras situa-se na região sudeste, onde é responsável por cerca de 45% do total consumido no país.

Vale ressaltar que ao comparar os dados de produção e consumo anual de cimento Portland em 2012, há um déficit na produção, que já conta as importações realizadas pela indústria cimenteira do país.

Desta maneira, a fim de atender a demanda do mercado da construção civil, houve a partir de 2010, alta no crescimento da produção de cimento Portland, com isso foram inauguradas novas unidades, e também se aumentou a capacidade das fábricas já existentes (SNIC, 2013).

2.3 Normalização brasileira para o cimento Portland

Atualmente, o Brasil conta com oito tipos de cimento Portland especificados, conforme a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). No quadro 1 estão representados os tipos de cimento, bem como suas classes de resistência à compressão.

Cimento Portland Brasileiro			
Tipo	Sigla	Classes (MPa)	Norma
Comum	CP I	25, 32, 40	ABNT NBR 5732:1991
Composto	CP II	25, 32, 40	ABNT NBR 11578:1991
Alto - Forno	CP III	25, 32, 40	ABNT NBR 5735:1991
Pozolânico	CP IV	25, 32	ABNT NBR 5736:1991
Alta Resistência Inicial	CP V - ARI	-	ABNT NBR 5733:1991
Resistente aos Sulfatos	RS	25, 32,40	ABNT NBR 5737:1992
Baixo Calor de Hidratação	BC	25, 32,40	ABNT NBR 13116:1994
Branco Estrutural	CPB	25, 32,40	ABNT NBR 12989:1993

Quadro 1 - Tipos de cimento Portland.

O cimento Portland Comum, tipo I, nas classes 25, 32 ou 40 MPa, não é praticamente mais comercializado no mercado brasileiro. O cimento Portland Composto, dito do tipo II, sofre divisão conforme o tipo de adição mineral a ele incorporada no processo de fabricação, podendo ser a escória de alto forno, o fíler calcário ou uma pozolana, assumindo dessa maneira, a denominação respectiva de: CP II E, CP II F e CP II Z.

Além disso, os tipos de cimento podem ser dotados de alguma característica físico-química, especial como a resistência ao ataque por sulfatos – seguidos da sigla RS; ou quando influem na redução do calor liberado na hidratação do cimento – acrescidos pela sigla BC.

As classes brasileiras de resistência à compressão são verificadas por meio de ensaio especificado na NBR 7215 (ABNT, 1996).

Battagini e Battagini (2010) colocam que as opções de cimento Portland brasileiro atendem, quanto ao desempenho, aos mais variados tipos de obras de construção civil, e que o cimento Portland comum é tomado como referência brasileira.

Para cada tipo de cimento a norma correspondente estabelece os principais materiais componentes, o que baliza a indústria cimenteira e controla as faixas de distribuição de tais materiais. No quadro 2 são demonstrados os principais constituintes para cada tipo de cimento e variações entre compostos.

Materiais componentes do cimento Portland					
Tipo	Sigla	Componentes (%)			
		Clínquer e Gesso	Escória	Pozolana	Fíler calcário
Comum	CP I	100	0	0	0
Comum com Adição	CP I S	95-99	1-5	1-5	1-5
Composto com Escória	CP II E	56-94	6-34	0	0-10
Composto com Fíler	CP II F	90-94	0	0	6-10
Composto com Pozolana	CP II Z	76-94	0	6-14	0-10
Alto - Forno	CP III	25-65	35-70	0	0-5
Pozolânico	CP IV	45-85	0	15-50	0-5
Alta Resistência Inicial	CP V - ARI	95-100	0	-	0-5
Resistente aos Sulfatos	RS	Depende do tipo original			
Baixo Calor de Hidratação	BC				
Branco Estrutural	CPB	-	-	-	-

Quadro 2 - Composição básica do cimento Portland brasileiro.

Nota-se que as variações possíveis entre as substituições do clínquer possuem grande amplitude, podendo ser fator decisivo na resistência potencial do cimento em determinada idade, ou seja, a variação que pode apresentar dentro de uma mesma marca, tipo e classe, em comparação a períodos diferentes de fabricação.

Por outro lado, Metha e Monteiro (2008) salientam que a perspectiva de produção dos cimentos hidráulicos, para o futuro, seja com o mínimo possível de clínquer, contendo grande percentual de subprodutos na composição, fato caracterizado não apenas pelo alto consumo energético na produção do clínquer para o cimento Portland, mas também pela alta taxa de CO₂ liberado à atmosfera.

Em suma, as pesquisas acadêmicas e a indústria cimenteira devem encontrar o ponto de equilíbrio entre o desempenho esperado do cimento com o mínimo de impacto ambiental, caso

contrário, a perda da qualidade do cimento Portland pode justificar aumento de maior expressão no consumo deste insumo em concretos e argamassas, não alcançando o objetivo esperado de redução da emissão de CO₂.

As características físico-mecânicas do cimento Portland devem ser respeitadas conforme a norma referente a cada tipo de cimento. No quadro 3 são apresentadas algumas das características.

Características do cimento Portland							
Tipo de cimento	Classes	Superfície Específica Blaine (cm ² /g)	Resistência à compressão (MPa)				
			1 dia	3 dias	7 dias	28 dias	91 dias
CP I CP I - S	25	≥ 2400	-	≥ 8	≥ 15	≥ 25	-
	32	≥ 2600		≥ 10	≥ 20	≥ 32	
	40	≥ 2800		≥ 15	≥ 25	≥ 40	
CP II - E	25 32 40	≥ 2400	-	≥ 8	≥ 15	≥ 25	-
CP II - F		≥ 2600		≥ 10	≥ 20	≥ 32	
CP II - Z		≥ 2800		≥ 15	≥ 25	≥ 40	
CP III	25	-	-	≥ 8	≥ 15	≥ 25	≥ 32
	32			≥ 10	≥ 20	≥ 32	≥ 40
	40			≥ 12	≥ 23	≥ 40	≥ 48
CP IV	25	-	-	≥ 8	≥ 15	≥ 25	≥ 32
	32			≥ 10	≥ 20	≥ 32	≥ 40
CP V - ARI		≥ 3000	≥ 14	≥ 24	≥ 34	-	

Quadro 3 - Características físico-mecânicas do cimento Portland brasileiro.

A superfície específica Blaine tem como referência a NBR NM 76 (ABNT, 1998) e a verificação da resistência à compressão do cimento Portland respeita a metodologia de ensaio da NBR 7215 (ABNT, 1996).

As NBR 5732 (ABNT, 1991), NBR 11578 (ABNT, 1991), NBR 5736 (ABNT, 1991), NBR 5733 (ABNT, 1991) e NBR 5737 (ABNT, 1992) citam que a resistência à compressão deve ser objeto de controle estatístico, admitindo uma distribuição de probabilidade do tipo gaussiana.

Na idade de referência descrita em cada norma deve haver a probabilidade de 3% em não ser atingida a resistência mínima especificada, ou seja, deverá ser superada em 97% dos casos, e que o limite superior de resistência à compressão na idade tem uma probabilidade de 3% em ser superado.

2.4 Normalização internacional do cimento Portland

Os cimentos Portland produzidos no Brasil têm suas especificações técnicas similares as dos cimentos Portland Americanos e Europeus, respectivamente com base na ASTM C 150 - ASTM C595, e com a BS- EN-197-1. O quadro 4 mostra as equivalências entre as normas brasileiras com relação às estrangeiras.

Cimento Portland					
Cimento Brasileiro		Cimento Americano		Cimento Europeu	
Tipo	Norma	Tipo	Norma	Tipo	Norma
CP I e CP I - S	ABNT NBR 5732	I	ASTM C 150	CEM I	EN-197-1
CP II	ABNT NBR 11578	II	ASTM C 150	CEM II	
CP III	ABNT NBR 5735	IS	ASTM C 595	CEM III	
CP IV	ABNT NBR 5736	IP	ASTM C 595	CEM IV	
CP V - ARI	ABNT NBR 5733	III	ASTM C 150	CEM V	

Quadro 4 - Equivalência dos tipos de cimento Portland internacionais, aos brasileiros.

Battagin (2011) lembra que, comparado aos cimentos americanos, a equivalência é dada em relação às propriedades, e não pela composição, e salienta que os cimentos europeus têm grande semelhança aos cimentos padronizados pelas normas da ABNT, seguindo o mesmo princípio de diferenciação ao tipo e porcentagem da substituição do clínquer.

2.5 Procedimentos Internacionais para a determinação da resistência à compressão do cimento Portland.

No Brasil, a determinação da resistência à compressão, para os diversos tipos de cimento Portland, é definida conforme a NBR 7215 (ABNT, 1996). Nos Estados Unidos da América o referencial para a base de ensaio é o método da ASTM C 109/C109M – 05, e na União Europeia o ensaio pode ser realizado conforme a BS-EN 196-1:2005.

2.5.1 Procedimento normativo Americano

Os Estados Unidos da América seguem o documento normativo da ASTM C109/C109M. Esta norma determina as proporções, em massa, de uma parte de cimento para 2,75 de agregado padrão, e relação água/cimento de 0,485. Diferente da norma brasileira, ela preconiza que o ensaio de resistência à compressão seja realizado em cubos de 50 mm, e as orientações quanto ao processo de mistura sejam condizentes com as referidas na norma brasileira.

Os cubos de ensaio não recebem nenhuma espécie de capeamento em suas faces, mas ASTM C 109 orienta que estas, sejam as que ficaram em contato com o molde. Caso a face apresente

alguma incrustação ou ondulação, deverá ser realizado processo de preparo a partir da retificação, ou lixamento da superfície.

A taxa de carregamento do equipamento de compressão é de 0,30 a 0,72 MPa/s, tendo diferença quando comparada à da NBR 7215 (ABNT,1996), que é de $0,25 \pm 0,05$ MPa/s. Ainda, a ASTM C 109 orienta que o nível de confiança para ser atingida a resistência mínima na idade do ensaio é de 95%, ou seja, a probabilidade de não ser atingida a resistência é de 5%, enquanto que a norma brasileira estabelece o nível de confiança de 97%.

2.5.2 Procedimento normativo da União Europeia

O procedimento adotado pela União Europeia dá-se através da norma BS-EN-196-1:2005, a qual descreve que a resistência à compressão é realizada com corpos de prova prismáticos de seção 40 x 40 x 160 mm, tendo a opção de realizar o ensaio de tração por flexão.

A argamassa normalizada é constituída de uma parte de cimento, três partes de areia padrão, e relação água/cimento de 0,50. Os moldes para a confecção dos corpos de prova devem ser lubrificados com óleo mineral para facilitar a desmoldagem. A BS-EN-196-1:2005 especifica, na etapa de mistura, o tempo para a raspagem da argamassa aderida no interior da cuba, que deve ser efetuada em 30 segundos, diferente da NBR 7215 (ABNT, 1996) que recomenda 15 segundos. Ambas as normas utilizam os mesmos padrões quanto à velocidade de mistura, definidas como lenta e alta.

Os corpos de prova, conforme a BS-EN-196-1:2005, são moldados em duas camadas de alturas iguais, compactadas por equipamento mecânico com 60 golpes, simulando uma queda de $15 \pm 0,3$ mm a cada golpe, com velocidade uniforme.

Em relação à NBR 7215 (ABNT, 1996) e à ASTM C 109, nas primeiras idades de ensaio há tolerância inferior, quando comparado com a BS-EN-196-1:2005, e na idade de 7 e 28 dias apresenta a mesma tolerância em relação à norma brasileira, que por sua vez é inferior à tolerância apresentada na norma ASTM C 109.

Os corpos de prova prismáticos devem apresentar fratura no terço médio em ensaio cuja aplicação da carga é feita por dois cutelos. A área de carregamento é composta pela face lateral com lado de 40 x 40 mm. Durante o ensaio de resistência à compressão o carregamento deve respeitar uma taxa de 2400 ± 200 N/s, diferenciando-se assim da NBR 7215 (ABNT, 1996) e da ASTM C 109.

2.6 Considerações em relação ao Cimento Portland

O cimento Portland de fato é um material com inúmeras possibilidades de aplicação em diferentes ramos da engenharia, por tratar-se de um material cimentante com propriedades bem definidas.

Battagin e Battagi (2010) relatam que as modificações verificadas na última década em relação à produção do cimento Portland não repercutiram de maneira que provocasse alterações significativas tanto na finura quanto na resistência à compressão e que de fato o que foi alterado são as participações no mercado brasileiro dos tipos de cimento Portland consumido.

A cerca das características físicas impostas pelas respectivas normas, vale ressaltar a superfície específica mínima, onde através do quadro 3 é possível verificar que não se têm um limite para superfície específica Blaine máxima.

Da mesma forma, a resistência à compressão nas idades para ensaio, determinadas conforme o tipo de cimento Portland, fica condicionada também a uma resistência mínima a ser atingida, e não a uma resistência à compressão máxima.

Essas considerações vão ao encontro sobre possíveis variabilidades que se pode ter no processo de fabricação, que poderá influenciar diretamente as propriedades do cimento Portland e, conseqüentemente, as do material no qual ele será empregado.

Ainda, a faixa possível para substituição de clínquer por adição mineral, como pozolana ou escória, é muito ampla, refletindo diretamente na cinética das reações e produtos químicos gerados, resultando em variações da resistência à compressão.

Dentre os diversos ensaios realizados para o controle do cimento Portland, o mais corriqueiro ainda é o de resistência à compressão. Este ensaio, muitas vezes, fica a critério de realização por parte do consumidor final, o qual não realiza na maioria dos casos. Contudo, o controle da resistência à compressão é feito com base num valor médio amostral, sendo que nenhum dos valores deve se afastar mais que 6% da resistência média, ou seja, os resultados de controle deveriam ser expressos de forma estatística com base em nível de confiança de 97%, conforme os requisitos normativos para cada tipo de cimento Portland.

Em suma, é necessária uma produção de cimento Portland com o menor teor que seja possível de clínquer, mas ao mesmo tempo devem-se estreitar as possíveis variáveis que possa intervir no processo de produção, de maneira que se tenha um produto com extrema qualidade, além de

continuar satisfazendo os requisitos de mercado, mas que se delimitem características e fatores para evitar, ou minimizar, as variabilidades que possam vir a ocorrer.

Também se dá ênfase que a ASTM C 1157 estabelece diretrizes para a avaliação do desempenho do cimento hidráulico em diversos requisitos físicos necessário visando tornar o cimento com variabilidade controlada.

3 FATORES INFLUENTES NA VARIABILIDADE DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DO CIMENTO PORTLAND

3.1 Compostos básicos do cimento Portland

Os principais constituintes do cimento Portland são: cal (CaO), sílica (SiO_2), alumina (Al_2O_3), óxido de ferro (Fe_2O_3), magnésia (MgO) e uma porção de anidrido sulfúrico (SO_3) que é adicionada para regular o tempo de pega do cimento. Também fazem parte outros componentes em menores quantidades (OLIVEIRA, 2000).

A partir das matérias primas oriundas do processo de britagem, passam por um processo de moagem até ficarem pulverizadas, em seguida são realizadas as operações de mistura e homogeneização, seguindo para o forno de calcinação. Esses constituintes básicos do cimento são dosados conforme a qualidade da matéria prima, a fim de se manter a característica pré-estabelecida do clínquer.

A qualidade da matéria prima influenciará diretamente na reatividade entre estes materiais, e posteriormente nas características do cimento. Caso seja necessário, é possível, antes do processo de calcinação, a adição de outro material para regular tal característica, como por exemplo, se a matéria prima tem deficiência de sílica, é possível adicionar quartzo (areia).

No forno de calcinação a mistura é submetida a altas temperaturas até a fusão incipiente dos compostos, resultando assim na obtenção do clínquer. O material formado tem características dos compostos definidos pelo tempo de permanência e pela temperatura atingida durante a fusão.

O tempo de permanência no forno de clínquerização varia de 3 a 4 horas (OLIVEIRA, 2000) e Mehta e Monteiro (2008) complementam que a temperatura que pode atingir o interior do forno fica em torno de 1450 a 1550°C. O clínquer é uma esfera com diâmetro entre 5 a 25 μm .

A reação química que acontece entre as matérias primas utilizadas, gera quatro compostos básicos denominados: aluminato tricálcico (C_3A), ferro aluminato tetracálcico (C_4AF), silicato dicálcico (C_2S) e o silicato tricálcico (C_3S). Normalmente as quantidades variam respectivamente entre: 6 a 12%, 6 a 8%, 15 a 30% e 45 a 60% (MEHTA & MONTEIRO, 2008).

Mehta & Monteiro (2008) reforçam que a reatividade individual dos compostos do cimento Portland com a água varia de forma considerável, tornando-se possível alterar as características de desenvolvimento da resistência apenas modificando as proporções dos compostos.

Oliveira (2000) relata que o C_3S é o maior responsável pela resistência, essencialmente até o primeiro mês de idade, enquanto que o C_2S contribui para a resistência em períodos mais elevados. O C_3A tem papel fundamental no desenvolvimento de resistência nas primeiras horas contribuindo de forma significativa para a geração de calor na hidratação nesse período, e por fim, o C_4AF pouco contribui para a resistência.

Os compostos C_2S e C_4AF praticamente não afetam o tempo de pega do cimento, devido ao fato de hidratarem-se de forma lenta (OLIVEIRA, 2000). A figura 4 demonstra a variação do calor gerado em função da composição do cimento.

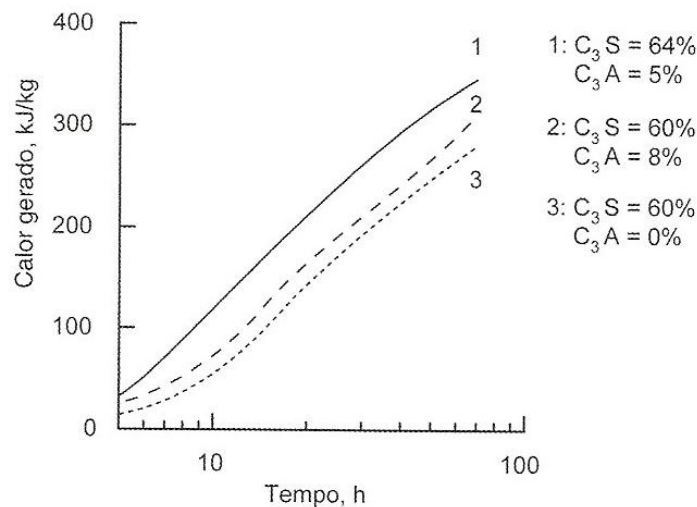


Figura 4 - Composição do cimento e calor gerado (Mehta & Monteiro, 2008).

Com base na figura apresentada observa-se que quanto maior o teor de C_3S , maior o calor gerado durante as primeiras horas de hidratação.

Já na terceira curva da figura 2, o teor de C_3S permaneceu igual em relação a curva 2, enquanto que o C_3A diminuiu 8%, e o calor gerado sofre redução. Isso caracteriza a importância do C_3A no calor gerado nas primeiras idades, quando comparado à segunda curva, fato esse justificado por Oliveira (2000) quando relata que aluminato tricálcico é o responsável pelo início imediato do endurecimento do cimento, além de contribuir com 207 cal/g de cimento, enquanto que o silicato tricálcico contribui com 120 cal/g.

Mehta e Monteiro (2008) resumem que a resistência do cimento terá valor maior nas idades de 3, 7 e 28 dias, caso este apresente maior teor de silicato tricálcico (C_3S) e aluminato tricálcico (C_3A). Caso o cimento contiver maiores teores de silicato dicálcico (C_2S) em sua composição, as resistências iniciais terão menor magnitude. Petrucci (1998) complementa que a resistência à compressão do cimento Portland depende basicamente da composição química deste, em

específico dos compostos C_3S e C_2S . O primeiro é responsável pelo ganho da resistência inicial e o segundo, pelo acréscimo da resistência final em maiores idades.

Após a obtenção do clínquer, é realizado o processo de moagem do mesmo com uma quantidade definida de gipsita, para ajustar o tempo de pega do cimento, e juntamente com esses materiais pode ser adicionado algum aditivo químico, a fim de facilitar a etapa de moagem.

Segundo Mehta e Monteiro (2008), a moagem é a operação final do processo de fabricação do cimento Portland, a qual consiste na pulverização do clínquer e suas respectivas adições minerais. As partículas tem diâmetro entre 10 e 15 μ m, em média.

Oliveira (2000) salienta que após a moagem, o material pulverizado é conduzido através de um sistema pneumático para o processo separador, ou seja, os grãos de tamanho grande que não foram moídos são reconduzidos ao processo de moagem, e os que tiveram a finura alcançada são encaminhados para os silos de estocagem, para que estes sejam posteriormente ensacados ou carregados direto em caminhões silos.

Os mais variados tipos e classes de cimento Portland têm suas características definidas em relação às proporções de clínquer e as possíveis adições minerais, incorporadas em faixas preestabelecidas por norma.

3.2 Finura do cimento Portland

A finura do cimento é uma característica física ligada ao processo de moagem do clínquer do cimento Portland no moinho de bolas. Ela pode ser determinada através de dois ensaios: análise granulométrica ou superfície específica dos grãos.

A determinação da superfície específica dos grãos é realizada conforme o procedimento descrito na NBR NM 76 (ABNT, 1998), avaliando qual é a área superficial dos grãos contidos em cada grama de cimento Portland.

Já composição granulométrica informa como se comporta a distribuição, ou seja, quais os tamanhos dos grãos que aquele cimento Portland fabricado dispõe, identificando ainda o tamanho máximo. Battagin (2011) cita que a distribuição granulométrica intervém expressivamente no desenvolvimento da resistência à compressão do cimento Portland.

Também Buchanan (*apud* Battagin, 2011) destaca que se forem considerados dois tipos de cimento, com mesma superfície específica e variando a granulometria de ambos, essa razão irá influenciar diretamente nos comportamentos reológicos da pasta de cimento.

Pode-se usar a analogia da distribuição granulométrica para agregados. Caso o cimento Portland apresente uma distribuição próxima de uma curva contínua, o encaixe entre os grãos tem maior contribuição para a fluidez, ao mesmo tempo em que vai ao encontro de um grão de forma circular e liso. Caso apresente uma distribuição mais próxima à uniforme, ou descontínua, as propriedades de fluidez são afetadas, juntamente com a alteração da superfície do grão, ao invés de lisa, ser áspera, de forma cúbica ou lamelar.

Mas, caso sejam consideradas duas amostras de cimento Portland, com a mesma composição granulométrica, mas que contenham diferentes superfícies específicas, a área de exposição, ou de contato com a água, será superior no cimento em que a superfície específica é maior, ou seja, nesse cimento a dissolução ocorrerá com maior velocidade.

Petrucci (1998) ressalta que a reação do cimento Portland com a água é um efeito de superfície externa para a interna do grão, ou seja, o grau de moagem do cimento influenciará na velocidade de hidratação e desenvolvimento de resistência à compressão.

Os autores Helene e Terzian (1992) confirmam que a finura baliza a velocidade de hidratação do cimento Portland, e que o aumento ocorre no mesmo sentido da resistência à compressão nas primeiras idades, mas em contrapartida ocorre liberação expressiva de calor, ou seja, a superfície específica é de extrema importância para as taxas de hidratação e pega do cimento. A figura 5 demonstra o crescimento da resistência à compressão para diferentes superfícies específicas do cimento.

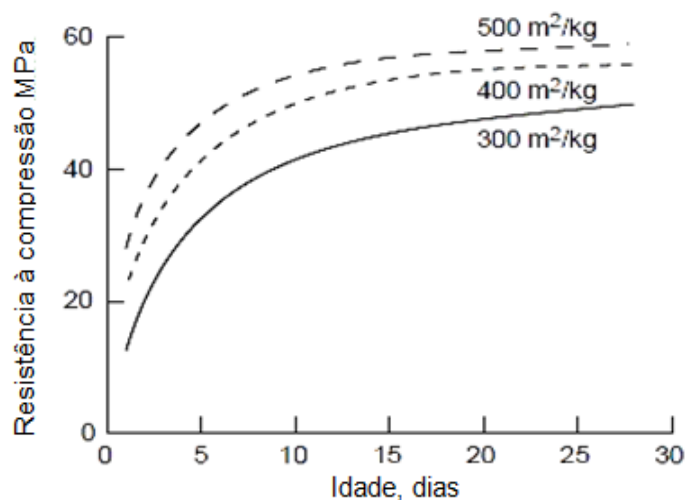


Figura 5 - Resistência à compressão em relação à finura (Mehta e Monteiro, 2008).

Considerando a mesma composição química, fica claro que quanto maior a superfície específica do cimento Portland, maior a resistência à compressão nas primeiras idades, ou seja, o grau de dissolução dos grãos é maior nas primeiras idades devido à área superficial exposta à água ser superior. Contudo, no decorrer do tempo, haverá a estabilização e as resistências irão se equivaler quando ocorrer à dissolução quase que total dos grãos maiores.

Neville (1997) comenta que com o aumento da finura, o teor de gipsita a ser adicionado ao cimento Portland, será maior visando ajustar o tempo de pega, evidenciando que há maior disponibilidade de C_3A para uma hidratação prematura.

Na figura 6 pode-se observar a relação existente entre a superfície específica e o calor gerado durante a hidratação do cimento.

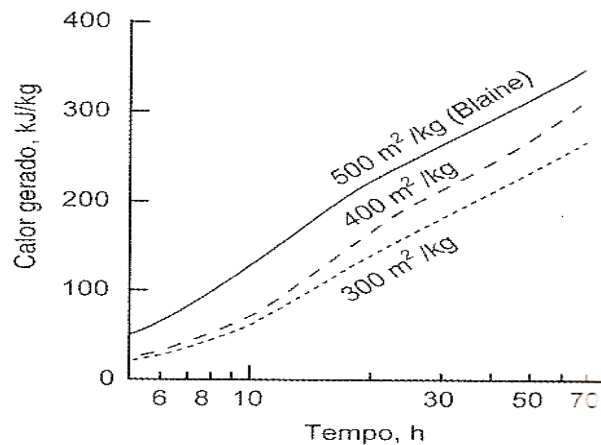


Figura 6 - Calor de hidratação em função da superfície específica (Mehta e Monteiro, 2008).

O calor gerado nas primeiras idades é produzido de forma mais intensa na medida em que aumenta a superfície específica do cimento Portland. Oliveira (2000) ainda complementa que cimentos que tiverem procedências distintas, com características de finura iguais, podem apresentar diferentes comportamentos quanto ao calor de hidratação gerado e à resistência à compressão. Esse fato deve-se às características químicas, ou seja, a relação entre os compostos pertencentes ao clínquer – a composição química.

Levando em consideração que o cimento Portland sofre variação quanto à origem e proporção da matéria prima, quanto às adições minerais adicionadas para fabricar tal tipo e classe de cimento, e quanto ao tempo de moagem, ele tem papel fundamental na variabilidade dos produtos nos quais será empregado.

Helene & Terzian (1992) listam possíveis variabilidades na resistência potencial do concreto, destacando de forma quantitativa as máximas variações que se pode esperar dos materiais empregados. O quadro 5 apresenta as variações do concreto em relação aos materiais.

Causa da variação dos materiais:	Efeito máximo no resultado:
Variabilidade da resistência do cimento	±12%
Variabilidade da quantidade total de água	±15%
Variabilidade dos agregados	±8%

Quadro 5 - Influência dos materiais na resistência potencial do concreto (Helene & Terzian, 1992).

A variação de ±12% na resistência do concreto, introduzida pela resistência à compressão do cimento Portland, é maior que a contribuição dos agregados, que corresponde a 8%, por sua vez, é menor que a variabilidade da quantidade de água, regida pela Lei de Abrahms.

No mesmo sentido Petrucci (1998) é mais cauteloso ao transcrever que a variação no cimento pode levar a uma variação total de até 50% na resistência à compressão do concreto, conforme dados obtidos no Annales de Travaux Publics de Belgique do ano de 1949.

A orientação de Neville (1997) é que sempre a variabilidade causada pelo cimento Portland ao concreto deve ser comparada ao mesmo tipo e classe do cimento, e que numa obra de grande porte a baixa variabilidade do cimento pode ser responsável por uma economia de aproximadamente 10% no custo total desse insumo.

A variabilidade do cimento tem grande importância prática quando empregado para um processo de dosagem de concreto, visando à obtenção do traço referente a uma resistência à compressão característica.

Neville (1997) cita que num estudo de dosagem para um traço de concreto para determinada resistência característica à compressão, caso seja utilizado um cimento de baixa resistência à compressão, e pouca variabilidade, o consumo de cimento por m³ para o nível de resistência do concreto será maior em função do baixo rendimento do cimento, já caso seja utilizado um cimento com boa resistência à compressão e alta variação, o traço será dimensionado com base na resistência elevada do cimento, ficará condicionada o alcance da resistência à compressão do concreto à variabilidade deste cimento.

Em suma, se o concreto for dosado para uma partida de cimento de melhor resistência à compressão, automaticamente ocorre a diminuição do consumo de cimento por m³, contudo a

alta variação que esse cimento venha apresentar afeta diretamente a resistência à compressão do concreto, ora podendo não ser atingida.

Fusco (1980) complementa na orientação em que no caso do concreto ser controlado através da sua resistência característica à compressão, o cimento Portland deve ter a sua variabilidade controlada.

Helene & Terzian (1992) salientam, com base na NBR 7215 (ABNT, 1996), que a resistência à compressão numa idade qualquer é considerada uma variável aleatória contínua e independente, devido à relação água/cimento ser fixada em 0,48 e os agregados utilizados serem padronizados. Os valores diferenciados de resistência à compressão serão decorrentes da composição química e finura do cimento.

Fato a considerar para a diminuição do desvio-padrão é a relação direta com a superfície específica, causadora das maiores variabilidades do cimento, sendo que o efeito apresenta maior significância nas primeiras idades, e com o tempo deixa de ser significativo (NEVILLE, 1997).

Neste sentido, a influência da superfície específica sobre a resistência à compressão do cimento Portland, Fusco (1980) alerta que é necessário atenuar a variabilidade da resistência à compressão do cimento Portland, pois ela irá exercer variação na resistência do concreto, e caso não seja controlada através de limites de resistência mínimos e máximos, a resistência característica do concreto pode não ser atingida, devido a mudanças na matéria prima, bem como nos processos de fabricação do cimento Portland.

Em complementação as afirmações de Fusco (1980), ressalta-se que concretos de diferentes resistências à compressão poderão apresentar diferentes módulos de deformação, ou seja, concretos que apresentarem menor resistência à compressão terão módulo de deformação mais baixos, apresentando maiores deformações em peças estruturais para uma mesma modelagem matemática.

3.3 Considerações sobre a variabilidade do cimento Portland

Perante as informações descritas no decorrer do capítulo 3, considera-se que é impossível a produção de cimento sem qualquer variabilidade, devido a heterogeneidade dos materiais constituintes da matéria prima, a variação da temperatura e tempo de permanência no interior do forno de calcinação, a moagem, a quantidade de gipsita e as adições minerais adicionadas ao clínquer para a produção do cimento Portland.

Salienta-se que a variabilidade introduzida na resistência do concreto, por parte do cimento, poderá ser avaliada em qualquer idade, ou pode ser verificada nas primeiras idades. Nas primeiras idades o fato é ligado principalmente à característica da finura do cimento Portland, podendo desenvolver, em algum momento, resistências mais elevadas, e em outros de menor magnitude, dependendo se o cimento tem superfície específica maior ou menor.

Neste ponto, se uma central de dosagem de concreto desenvolveu uma matriz de traços para um cimento, que possui superfície específica de 4000 cm²/g, e perante novo abastecimento por parte da cimenteira, recebe nova amostra de cimento com uma superfície específica de 4800 cm²/g, desde que mantidas fixas as demais variáveis, ou seja, não havendo aumento na demanda de água, estará alterando suas características de velocidade de hidratação, liberação de calor e desenvolvimento de resistência à compressão.

Com isso as características reológicas do concreto sofrerão alteração, tendo em vista que a área superficial de exposição das partículas de cimento aumenta, por essa razão, se o objetivo é a correção da fluidez do concreto, será necessária maior incorporação de água na mistura, fato acompanhado da redução da resistência à compressão do concreto.

Desta forma o que se subentende é que a alteração das propriedades físicas, ou mecânicas, do cimento Portland age diretamente sobre os materiais que o utilizam como base cimentante.

Afirma Fusco (1980) ser necessário que os processos de fabricação e extração da matéria prima, sejam controlados, visando à busca de baixas variabilidades do cimento Portland.

4 PARÂMETROS DE VARIABILIDADE

Neste capítulo são descritos os parâmetros base para as análises de variabilidade aplicadas aos resultados do programa experimental.

4.1 Medidas de dispersão e distribuição Normal

Correa (2003) cita que os valores de média, desvio-padrão e o coeficiente de variação estão associados respectivamente ao parâmetro de variância da dispersão amostral, em torno do valor médio.

As equações 1 e 2 representam respectivamente o cálculo da resistência média, e do desvio padrão.

$$f_{cm} = \sum Xi / n \quad \text{Equação 1}$$

$$\sigma = \sqrt{[\sum (f_{cm} - f_{ci})^2 / (n-1)]} \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

X_i = Resistência à compressão individual;

n = número de amostras;

f_{cm} = Resistência média à compressão;

σ = Desvio-padrão.

Com esses parâmetros, a NBR 7215 (ABNT, 1996) impõe que o processo de fabricação do cimento Portland deve ser objeto de controle estatístico, assumindo a possibilidade de distribuição gaussiana, onde a resistência característica deverá ser atingida em, pelo menos, 97% dos casos.

Neville (1997) ressalta que este tipo de curva é o mais próximo da realidade, e acaba se tornando um instrumento de grande importância para os cálculos de variabilidade para o concreto.

Esta afirmação é válida, caso os resultados sejam homogêneos e os valores pertençam a uma distribuição normal (PEREIRA, 2008).

A curva de distribuição normal, ou gaussiana, parte do acúmulo de frequências ocorridas para o devido fato, ou seja, do histograma de frequência, e tem um valor central designado por sua média amostral, apresentando um afastamento bilateral dado pelo desvio-padrão.

Para dado conjunto de dados, quando conhecidos os valores de média e desvio padrão, torna-se possível o cálculo da probabilidade de ocorrência de resultado, empregando assim a função da distribuição de probabilidade normal, para um intervalo de ocorrência infinito ($-\infty < x < +\infty$).

A equação que modela a função de distribuição de probabilidade normal está representada na equação 3 abaixo.

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(x - \mu)^2}{2\sigma^2}\right] \quad \text{Equação 3}$$

Onde:

μ = média;
 σ = desvio-padrão;
 x = variável;
 π = constante.

A figura 7 mostra o modelo da distribuição normal, ou gaussiana, a partir do histograma de frequências, sendo modelado pela função de distribuição de probabilidade, obtendo o formato de sino.

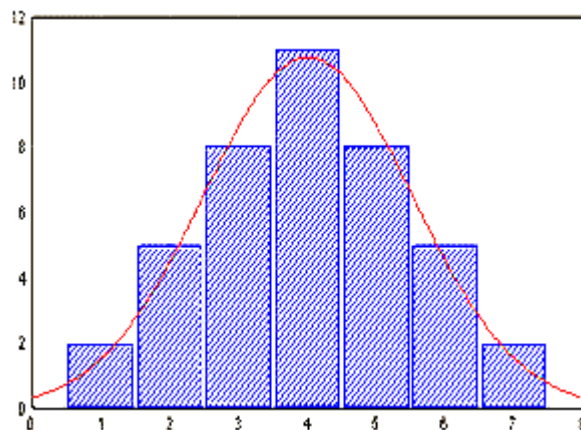


Figura 7- Histograma de frequências e curva de Gauss.

Através do conhecimento do grau de dispersão em torno do valor médio, pode-se ter diferentes comportamentos em relação à curva de distribuição de probabilidade, ou seja, quando se

considera maior dispersão, por consequência o valor do desvio-padrão terá maior significância, resultando em uma curva mais achatada.

Entretanto, quanto menor a variância em torno da média, menor a dispersão, o que caracteriza uma curva mais fechada. Na figura 8 está representada a situação em que o valor da média é igual e $\sigma_a > \sigma_b > \sigma_c$.

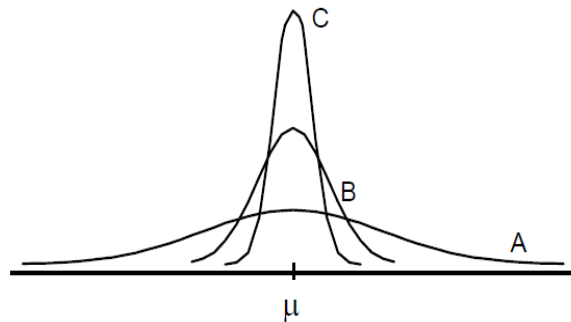


Figura 8 - Dispersão em torno da média.

Observa-se que quanto maior o valor do desvio-padrão, maior o afastamento dos valores em torno da média central, e o perfil da curva apresenta-se mais achatado.

Tango e Alvin (1993) fazem analogia da variabilidade da resistência à compressão do concreto, com um atirador ao alvo, conforme ilustrado na figura 9.

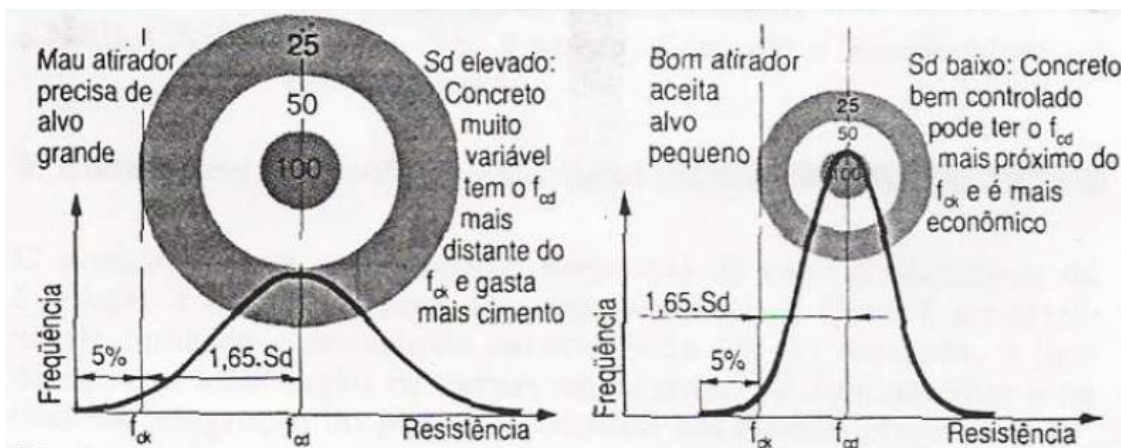


Figura 9 - Analogia entre as resistências à compressão com atirador ao alvo (Tango e Alvin, 1993).

Através da figura 7 verifica-se que quando se tem um atirador preciso é possível acertar um alvo pequeno, ou seja, os valores se aproximam mais em relação à média, e apresentarão valor menor de desvio-padrão.

Por outro lado, quando o atirador não possui precisão, o alvo será maior, para que seja possível acertá-lo, com isso promove variação mais acentuada, visto que os valores não serão homogêneos, aumentando conseqüentemente o desvio-padrão.

Tango e Alvin (1993) relatam que a economia de cimento Portland, para um traço de concreto, pode ser realizada perante o controle da variabilidade do próprio concreto.

Para Ribeiro e Schwengber (2011), as causas das variabilidades fazem com que os valores se afastem tanto para cima, quanto a baixo, representando assim o limite inferior esquerdo, e limite superior esquerdo, da curva de distribuição de probabilidade.

Os limites inferior e superior têm sua definição quanto ao intervalo de confiança, que é expresso na probabilidade de ocorrência de tal fato, ou seja, a confiabilidade para que haja a ocorrência de tal valor. Correa (2003) cita que o intervalo de confiança depende do nível de incerteza, ou do grau de desconfiança, para um dado conjunto de dados. O intervalo de confiança é apresentado na figura 10.

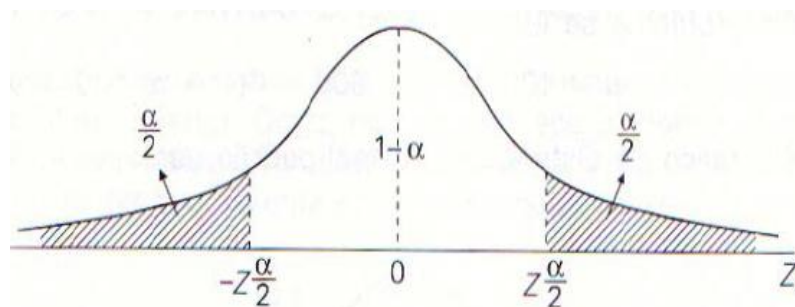


Figura 10 - Intervalo de confiança (Correa, 2003).

O valor α caracteriza o nível de incerteza, já o intervalo $1 - \alpha$ a área de significância de ocorrência de dado evento. Em suma, $\alpha/2$ corresponde à porcentagem de probabilidade de não ser atingido dado evento, tanto no limite inferior, quanto no limite superior.

A variabilidade pode ser expressa através de indicadores estatísticos para se determinar a probabilidade de ocorrência de um valor de resposta, ou fixando-se o grau de probabilidade descobrir qual o valor correspondente. Também é possível analisar o comportamento de tais índices em relação ao tempo, e outras variáveis.

Neste sentido é importante conhecer qual o grau de dispersão dos resultados em torno da média. Para isto, Correa (2003) explica que o coeficiente de variação trata-se de uma medida de dispersão útil, o que caracteriza uma possível avaliação do grau de concentração dos

resultados, ou seja, se estão dispersos do valor central ou não, podendo este valor ser expresso através da equação 4.

$$c_v = \frac{\sigma}{\mu}$$

Equação 4

O coeficiente é expresso em porcentagem, obtido pela divisão entre o desvio-padrão e a média. O quadro 6 mostra as classificações sugeridas por Correa (2003), quanto ao coeficiente de variação, para distribuições de caráter em geral.

Classificação quanto à dispersão	Coefficiente de Variação (%)
Baixa	$\leq 15\%$
Média	$15\% < CV < 30\%$
Alta	$\geq 30\%$

Quadro 6 - Classificação do coeficiente de variação (CORREA, 2003).

4.2 Valores espúrios

A distribuição de probabilidade normal, ou gaussiana, revela que à medida que cresce o afastamento em torno da média pelo alto desvio-padrão, que gera um coeficiente de variação alto, a probabilidade de certo valor ser alcançado, decresce. A figura 11 apresenta a distribuição de probabilidade para uma curva gaussiana.

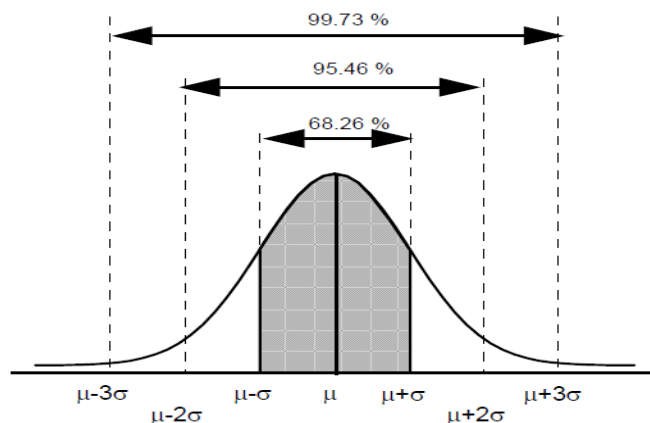


Figura 11- Distribuição de probabilidade (CORREA, 2003).

Diante do exposto na figura anterior, a partir da média, quando se situa um desvio-padrão abaixo e outro acima, 68,26% dos valores estão contidos neste intervalo. Agora, quando se aplica a relação de três desvios-padrão em relação ao valor central da curva, obtêm-se cerca de 99,73%

dos resultados. Desta maneira, de valores que se afastam mais de três vezes do desvio-padrão, em relação à média, há uma probabilidade de apenas 0,27% de ocorrência.

4.3 Aplicações ao cimento Portland

A NBR 7215 (ABNT,1996) orienta apenas para a realização de controle em nível de ensaio, que fica a critério do consumidor, onde na respectiva idade de ensaio, com o valor das quatro resistências à compressão individuais, determina-se a média e o desvio máximo relativo. Ainda complementa que, caso o desvio máximo relativo seja superior a 6%, deve-se recalculer uma nova média, desconsiderando o valor mais afastado.

Por outro lado, se o desvio máximo não for respeitado, descartam-se os corpos de prova restantes e realiza-se a repetição do ensaio. Caso contrário, o valor da resistência à compressão é tomado como a média.

Com isto a variabilidade em nível de produção não é repassada ao mercado, e sim, fica a critério apenas do consumidor, caso opte pela realização do ensaio no cimento de sua utilização.

Fusco (1980) salienta que a perturbação que o concreto possa vir a ter, em relação ao seu valor característico, está interligada com a variabilidade que o cimento Portland apresenta em nível de produção. A figura 12 apresenta, esquematicamente, o reflexo da variabilidade do cimento Portland no concreto.

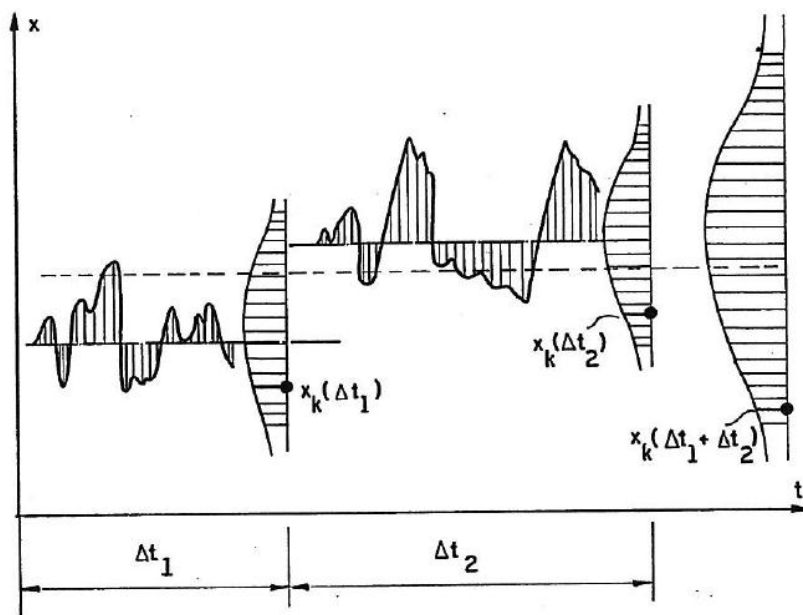


Figura 12 - Processo de variabilidade do concreto (Fusco,1980).

Através da figura 10, nota-se que, caso sejam, considerado os dois valores de variabilidade do primeiro instante (Δt_1), somado com o do segundo (Δt_2), haverá uma mudança na centragem do processo. Então a variabilidade total do processo depende tanto da variabilidade do processo (intrínseca), quanto da variação aparente.

Neste sentido, as resistências do concreto e do cimento estão assimiladas as variáveis de processos de produção aleatórias e gaussianas, estacionárias e intrínsecas, ao processo de produção (FUSCO, 1980).

Ainda Fusco (1980) orienta que, considerando a resistência à compressão do concreto, é de suma importância conhecer as prováveis variabilidades do processo, ou seja, caso não forem detectadas essas variabilidades, elas passam de variações aparentes, e tornam-se intrínsecas ao processo, podendo levar à rejeição do material.

Como o cimento Portland contribui para o incremento da variabilidade no concreto, é possível minimizar as variações deste insumo através do controle do desvio-padrão no tempo. Bastaria a normalização especificar limites toleráveis para a variabilidade da resistência à compressão do cimento Portland (FUSCO, 1980).

Neste sentido a ACI 214 visa orientar o controle estatístico para o concreto, mas pensando nas melhorias dos processos de fabricação e controle, são expostos no quadro 7 os coeficientes de variação aceitáveis pela norma americana.

Varição Global					
Classe de Operação	Coeficiente de variação conforme padrões de controle (%)				
	Excelente	Muito Bom	Bom	Razoável	Ruim
Ensaio em Obra	< 7,0	7,0 a 9,0	9,0 a 11,0	11,0 a 14	> 14,0
Ensaio em Laboratório	< 3,5	3,5 a 4,5	4,5 a 5,5	5,5 a 7,0	> 7,0

Quadro 7 - Classificação em função do coeficiente de variação (ACI 214).

Com isto os coeficientes de variação são distribuídos perante duas classes de operação, uma quando o ensaio é realizado em obra, e outro quando é feito em laboratório. É possível notar que quando o ensaio é realizado em laboratório o coeficiente de variação tem valores inferiores, fato tal, que a grande maioria deste detém sistema de qualidade, e servem de indicadores de confiabilidade por parte de clientes.

5 METODOLOGIA DE PESQUISA

Neste capítulo é feita a descrição do programa experimental, explicitando o método de coleta de dados e avaliação dos resultados.

5.1 Coleta dos dados de ensaios em cimento Portland

A coleta de dados com relação à resistência à compressão dos diversos tipos e classes de cimento Portland deu-se através de levantamento dos resultados pertencentes ao Departamento de Materiais de Construção Civil da Fundação de Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, num período compreendido entre 1992 a 2012. O cabeçalho apresentado no quadro 8 permite visualizar a forma de apresentação dos dados coletados.

Marca comercial	Classificação	Cimento	Data de recebimento	Índice de consistência (mm)	Superfície Específica Blaine (cm ² /g)	Resistência à Compressão (MPa)			
						1 dia	3 dias	7 dias	28 dias
A	Com Selo	CP IV 32	28/03/1995	150	4120	-	12,0	25,3	35,8
B	Sem Selo	CP II Z 32	24/04/2012	165	4500	-	15,3	27,8	33,8
Sem marca	Sem Classificação	CP V ARI	05/02/1995	170	5000	15,0	26,8	38,0	-

Quadro 8 - Exposição dos dados.

No total foram coletados dados referentes a 10 tipos e classes diferentes de cimento Portland, distribuídos num total de 20 marcas comerciais, totalizando 1259 amostras catalogadas de ensaios, no período supracitado. A **marca comercial** refere-se a marca como o cimento é comercializada no mercado interno denominada genericamente. A coluna **cimento** refere-se ao tipo e classe do cimento Portland, e um subtipo referente aos cimentos que não tiveram o tipo declarado (Não Declarado). A **data de recebimento** é referente à data que o material chegou ao laboratório para ensaio.

A **classificação** foi definida conforme grupo de marcas pertencentes aos três blocos:

- a) Cimento Portland “Com Selo” (CS) do padrão de qualidade da ABCP do ano de 2012;
- b) Cimento Portland “Sem Selo” (SS) do padrão de qualidade da ABCP do ano de 2012;
- c) Cimento Portland “Sem Classificação” (SC), quando a marca comercial não foi citada.

O **índice de consistência** é a média de duas determinações, definido na mesa de consistência normal, conforme a NBR 7215 (ABNT, 1996), antes da moldagem dos corpos de prova para o ensaio de resistência à compressão.

A **Superfície Específica Blaine** é o resultado da amostra quando submetido ao ensaio da NBR NM 76 (ABNT, 1998) e a **resistência à compressão** se refere ao resultado médio do ensaio dos corpos de prova, segundo os critérios da NBR 7215 (ABNT, 1996) para cada idade referência de ensaio a cada tipo de cimento Portland.

5.2 Avaliação das variabilidades

A análise feita procurou relacionar as variações observadas ao longo do tempo na amplitude máxima considerada, representada pela abrangência da coleta de dados e fragmentado em períodos menores. Essa análise considerou, de forma geral, o tipo de cimento Portland em função do:

- ✓ Período x Índice de Consistência;
- ✓ Período x Superfície Específica Blaine;
- ✓ Período x Resistência à compressão (em todas as idades de referência).

Considerando esses cruzamentos, o estudo foi expandido buscando encontrar possíveis indícios de variabilidade nas diferentes classificações: “Com Selo” e “Sem Selo”. Também para as marcas comerciais que obtiveram acima de 20 dados para cada grandeza realizaram-se análises separadamente. E por fim, realizou-se análise em dois períodos, um de 1992 a 2003 e o outro, de 2004 a 2012.

Os valores médios, mínimos e máximos de cada grandeza analisada foram comparados com os valores especificados pelas normas vigentes.

5.3 Coeficiente de crescimento da resistência à compressão

Considerando o grupo de cada tipo de cimento Portland em suas diferentes classes, calcularam-se os coeficientes de crescimento entre todas as situações possíveis, em relação às idades referência da norma e adotando-se valores médios de crescimento, apresentando também o coeficiente de variação amostral.

5.4 Determinação da resistência característica do cimento Portland

Para todas as possíveis análises de resistência à compressão foi realizado um teste de aderência para a verificação do ajuste dos resultados à distribuição normal. E com isto foi determinada a curva gaussiana para cada tipo de cimento Portland, calculando-se a resistência

característica à compressão, obedecendo as recomendações de cada norma expressas por um intervalo de confiança de 97 %, ou seja, a probabilidade da resistência mínima não ser atingida é de 3%.

Este valor característico é confrontado com os valores estabelecidos como mínimo pela norma. Caso o valor mínimo de resistência característico não seja atendido é calculado o novo intervalo de confiança, para se verificar qual a probabilidade de não ser atingida a resistência mínima.

6 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Este capítulo apresenta os resultados obtidos e a análise dos mesmos, as análises foram feitas com base nos dados catalogados, os quais constam nos apêndices no item 9.

6.1 Comentários gerais

A pesquisa baseou-se na compilação do banco de dados referente às amostras submetidas ao ensaio de resistência à compressão de cimento Portland, no Laboratório de Materiais de Construção Civil da Fundação de Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – CIENTEC.

Ressalta-se que os ensaios foram realizados sempre pelo mesmo laboratorista/operador, salvo em períodos de férias, e que os equipamentos são calibrados periodicamente, sendo que o laboratório participa regularmente de Programas Interlaboratoriais para a verificação da conformidade.

Juntamente com a análise da amostra pelo ensaio de resistência à compressão e conforme procedimento da NBR 7215 (ABNT, 1996), se tem o registro do índice de consistência da argamassa padrão, e também em alguns casos foi efetuado o ensaio de superfície específica Blaine.

Qualquer ensaio parte da solicitação de clientes. A base de dados compilada, totalizando as 1259 amostras constam nos apêndices do item 9.

Esse total está dividido em 20 marcas comerciais; e uma classificação chamada de “Sem Marca”, criado pelo autor, devido às amostras cuja marca não foi declarada; distribuídas em 10 tipos de cimento Portland e quando a amostra de cimento recebida para ensaio não apresentava identificação de marca, tipo e classe o registro foi feito sob a indicação de “Não Declarado”.

A figura 13 demonstra a distribuição quanto à porcentagem referente a cada tipo cimento Portland do total de amostras coletadas.

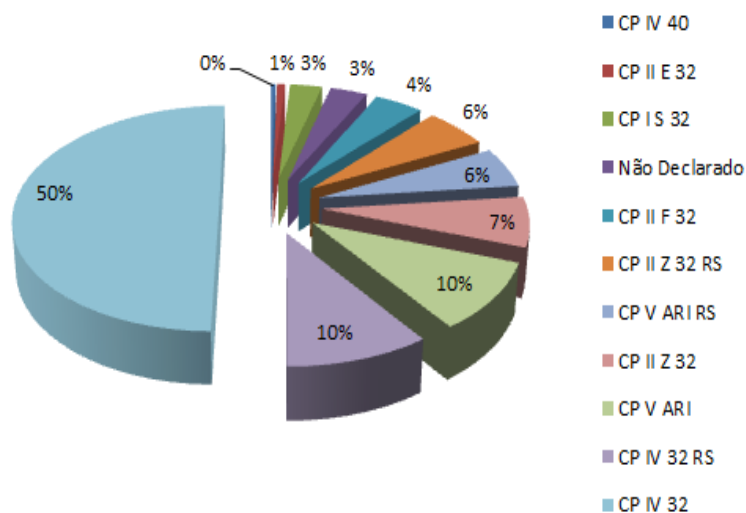


Figura 13 - Tipos de cimento Portland catalogados.

Observa-se, na figura 13 que os cimentos CP IV 32 e CP IV 32 RS representam 60% dos dados catalogados, corroborando as colocações de Mehta & Monteiro (1994) que afirmavam que a tendência com o tempo é a utilização de cimento com o menor teor de clínquer possível.

Este percentual deve-se também ao fator regional já que o cimento Portland pozolânico, caracterizado como sendo o do tipo IV, é o principal cimento produzido nos estados da região sul do país em decorrência da disponibilidade elevada de cinza volante.

Recena (2011) cita que a produção de cimento do tipo pozolânico, e de outros tipos resistentes a sulfatos, verifica-se diretamente na indústria cimenteira do Rio Grande do Sul, através do alto consumo de cinza volante.

Com isso, por tratar-se de uma pesquisa de ordem regional, fica condicionada aos tipos de cimento disponíveis no entorno da região sul. Também objetivando a preservação das marcas de cimento Portland, nesta pesquisa as marcas comerciais foram separadas em dois grupos para a posterior análise dos resultados.

O primeiro grupo é composto pelos fabricantes que detêm o selo de qualidade segundo os padrões da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) – “Com Selo”, e o segundo grupo se refere às marcas que não detêm o selo – “Sem Selo”.

Salienta-se que a adoção desse critério teve como ponto de partida o Boletim Técnico da instituição supracitada para o ano de 2012, a qual divulgou quais marcas associadas receberam o selo de qualidade no respectivo ano. No quadro 9 estão apresentadas as marcas comerciais

estudadas, identificando as que detêm selo de qualidade e as que não possuem órgão para certificar a qualidade.

Classificação	Marcas comerciais
Com Selo	A - C - H - L - Q - S
Sem Selo	B - D - E - F - G - I - J - K - M - N - O - P - R - T

Quadro 9 - Marcas comerciais estudadas em função do selo de qualidade.

Após a análise conforme os grupos, para as marcas comerciais que tiverem maior quantitativo de resultados de ensaios foi realizada uma análise dos resultados em separado. Por outro lado algumas marcas comerciais já tiveram suas atividades encerradas no mercado, enquanto outras continuam a ser comercializadas. O quadro 10 apresenta esta distribuição.

Situação da comercialização	Marcas comerciais
No mercado	A - C - D - H - I - J - K - L - N - Q - S
Fora de mercado	B - E - F - G - M - O - P - R - T

Quadro 10 - Marcas comerciais estudadas conforme situação de mercado.

A figura 14 demonstra os tipos de cimento Portland catalogados distribuídos conforme o critério utilizado para em três classificações: “Com Selo”, “Sem Selo” e “Sem Classificação”.

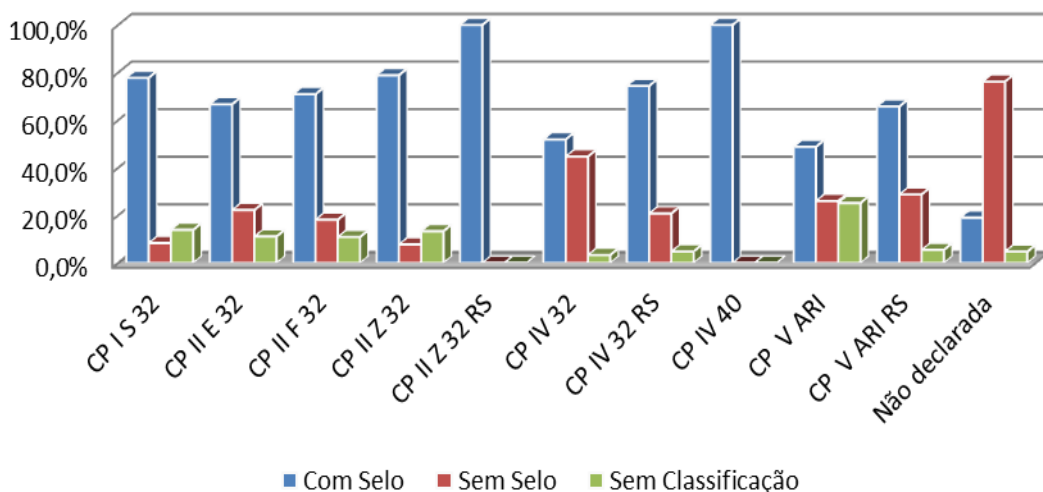


Figura 14 - Porcentagem dos cimentos Portland catalogados conforme classificação.

Numa avaliação global das amostras catalogadas, a maior parte dos cimentos possui selo; exceto no caso onde não foram declarados o tipo e a classe do cimento Portland, que obteve 73% com a classificação “Sem Selo”.

Através da atribuição dessas classificações é possível comparar a qualidade dos cimentos que não detêm o selo de qualidade com os que têm selo da ABCP. Esse escopo será abordado no decorrer do trabalho.

O estudo trata da análise de um banco de dados compreendido em 21 anos a partir de 1992. A fim de tornar possível a observação de variabilidades dos tipos de cimento Portland com o decorrer do tempo, foi atribuído o intervalo de análise nos períodos de 1992 a 2003 e 2004 a 2012. A divisão do banco de dados, segundo essa faixa de tempo, corresponde a 50% das amostras para cada período supracitado.

Com base nos dados fornecidos pela SNIC (2013), através da figura 15, é possível observar, a partir dos anos 80, leve variação no decorrer de 15 anos na produção e consumo de cimento em kg/habitante de cimento.

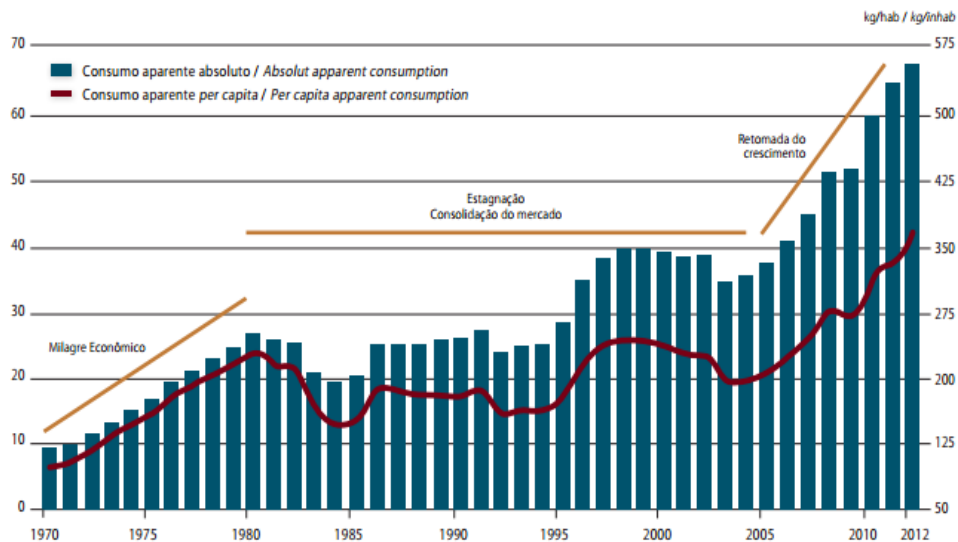


Figura 15 - Consumo per capita de cimento (kg/hab) (SNIC, 2013).

Ainda é possível verificar que, após meados da década de 80, houve leve redução por quase 8 anos na produção de cimento, onde o consumo per capita de cimento Portland não ultrapassou os 186 kg/habitante. A partir do ano de 1993 houve a retomada do consumo de cimento, chegando a 241 kg/habitante, em 1998. Outro fato relevante é a relação da produção e consumo de cimento com a economia brasileira, ou fatos importantes.

Já no período de 2000 a 2003 houve uma pequena redução na produção, devido à crise na construção civil no país. A redução dos investimentos no setor público, principalmente nas obras de infraestrutura, decorrem de cortes no orçamento governamental para que se possam atingir superávits primários, da baixa eficiência até então dos financiamentos habitacionais e da queda

na renda real da população em geral. Estes fatores explicam a redução na produção e consumo de cimento durante o período de 2000 a 2003 (SNIC, 2004).

Então, só em 2004 é possível observar um ponto de inflexão bem definido em relação ao crescimento acelerado da produção e consumo de cimento Portland no país. O consumo per capita era aproximadamente 197 kg/habitante, já alcançando 353 kg/habitante, em 2012, correspondendo a um crescimento de 79,2%. No mesmo sentido, a produção de cimento Portland saltou de 35 milhões de toneladas em 2004 para mais de 68 milhões ao término de 2012, o que caracteriza um aumento de 94% na produção.

Em suma, o ano de 2012 bateu o recorde de consumo per capita aparente de toda história, que antes era de 333 kg/habitante, em 2011.

Devido a esses dois distintos momentos da economia brasileira, entre 1992 e o término de 2003 referentes ao pequeno crescimento da indústria cimenteira e; 2004 a 2012 onde o país situa-se em ascensão de crescimento a cada ano, foram realizadas as análises de variabilidade sobre o cimento Portland divididas nestas duas faixas de tempo.

6.2 Análise do índice de consistência da argamassa normal

O índice de consistência é uma determinação realizada conforme a NBR 7215 (ABNT, 1996) antes da moldagem dos corpos de prova para a verificação da resistência à compressão, referente à amostra de cimento Portland de estudo.

No presente trabalho este índice é analisado inicialmente em caráter geral, observando o tipo e classe do cimento Portland e posteriormente realizando a análise conforme os blocos e períodos indicados anteriormente, no item 6.1.

6.2.1 Cimento Portland Comum – CP I S

O cimento Portland Comum possui registros de ensaios no banco de dados desde o início de 1993 até o ano de 2003. Este fato é justificado por Battagin e Battagin (2010) que mencionam que o CP I S 32 praticamente desapareceu em 2000, tendo apenas uma participação no mercado nacional de pouco mais de 1%.

Por outro lado, quando engajado no tempo, observa-se que a partir de 2003 a economia brasileira retomou o crescimento, ou seja, a necessidade de produção de cimento Portland, visando suprir a indústria da construção civil, isto fez com que a indústria cimenteira buscasse alternativa para aumentar a produção, já que o aumento da estrutura física das fábricas não era

possível em tão pouco tempo. Desta maneira a solução em curto prazo foi a de incorporar maior quantidade possível de adições ao cimento Portland, ou seja, deixando de produzir cimento com alto teor de clínquer, como no caso os do tipo I. Neste sentido, o quadro 11 apresenta a produção anual de cada tipo cimento a partir de 2005 até 2010.

Ano	Tipos de Cimento						Subtotal	Ajustes*	TOTAL
	CP I	CP II	CP III	CP IV	CP V	Branco			
2005	786	25.180	6.792	2.545	2.040	96	37.439	1.266	38.705
2006	794	27.116	7.239	2.846	2.436	93	40.524	1.371	41.895
2007	1.034	29.848	7.842	3.876	3.254	115	45.969	582	46.551
2008	346	33.080	8.879	5.714	3.577	86	51.682	288	51.970
2009	84	34.662	7.967	5.097	3.377	-	51.187	560	51.747
2010	88	38.474	8.345	6.686	4.211	-	57.804	1.313	59.117
(*) Dados estimados									
Obs.: valores em 1.000 toneladas									

Quadro 11 - Produção anual de cimento Portland (Adaptado de SNIC, 2013).

O quadro 12 mostra os dados referentes à análise geral da variabilidade para o índice de consistência do cimento CP I S 32 durante esse período.

Tamanho da amostra	Índice de consistência (mm)			Coeficiente de variação (%)
	Mínimo	Médio	Máximo	
36	130	165	230	9,54

Quadro 12 - Análise geral do índice de consistência – CP I S 32.

A análise geral do índice de consistência, em relação ao coeficiente de variação da amostra, caracteriza assim uma dispersão em torno do valor médio de 165 mm, tendo atingido o valor de 9,54%. Na orientação geral, é visualmente grande a variação entre os limites mínimo e máximo, respectivamente com 130 mm e 230 mm.

Quando a análise é realizada conforme a classificação do cimento como “Com Selo”, esse coeficiente de variação aumenta para 9,87% e o índice de consistência médio é de 163 mm, analisando 28 amostras.

As amostras restantes são consideradas como “Sem Selo” e “Sem Classificação” e não possuem tamanho amostral especificado a que permita a aplicação dos conceitos estatísticos, impossibilitando a análise.

Também para este tipo de cimento a marca “A” detêm 20 valores do total das amostras, sendo que resulta numa variação de 11,4% com média de 162 mm. Com isso nota-se que a marca “A” possui média próxima à geral, mas a dispersão é maior em torno de seu valor médio.

6.2.2 Cimento Portland Composto tipo II

6.2.2.1 Cimento Portland Composto - CP II Z

Esta classificação de cimento tem sua produção contínua desde a implantação do documento normativo referente às especificações e exigência para a fabricação. Dessa forma é possível a análise da variabilidade em uma maior faixa de tempo. No quadro 13 estão relacionados os dados gerais quanto ao cimento Portland CP II Z, classe 32.

Tamanho da amostra	Índice de consistência (mm)			Coeficiente de variação (%)
	Mínimo	Médio	Máximo	
90	146	179	210	7,77

Quadro 13 - Análise geral do índice de consistência – CP II Z 32.

O indicativo da variação em torno da média é representado pelo coeficiente de variação de 7,77%, para o valor médio de 179 mm, quando submetido a uma análise geral, enquanto o índice mínimo é de 146 mm, e o máximo de 210 mm.

Os dados catalogados para este tipo de cimento na maioria são representativos das empresas que possuem o selo de qualidade da ABCP, sendo que o coeficiente de variação do índice de consistência dessa categoria é de 7,84% para uma média de 177 mm, num total de 71 amostras.

O fato relevante é que mais de 90% das amostras catalogados deste tipo de cimento correspondem a ensaios realizados após o início de 2003. Isso confirma o que já foi citado em relação à incorporação de adições na produção do cimento Portland como alternativa para a indústria cimenteira, pois o CP II Z pode conter em sua composição até 14% de material pozolânico, que normalmente na região sul do país é cinza volante de termoelétricas.

No quadro 14 são apresentados os resultados equivalentes à análise da variabilidade conforme a marca comercial dos cimentos Portland, tipo II Z, classe 32.

Marca	Tamanho da amostra	Índice de consistência (mm)			Coeficiente de variação (%)
		Mínimo	Médio	Máximo	
A	44	146	172	210	8,10
Q	18	163	181	198	5,47

Quadro 14 - Análise por marca do índice de consistência – CP II Z 32.

Nota-se que a variação do índice de consistência é menor no cimento de marca comercial “Q” em relação à marca “A”, obtendo respectivamente 5,47% e 8,10% de variação em torno do valor

médio, e também a marca “Q” apresenta um índice de consistência superior em relação a marca “A”.

Já na análise do CP II Z RS de classe 32, somente há resultados de ensaios para os cimentos “Com Selo”, dessa maneira a média do índice de consistência foi de 175 mm, tendo um coeficiente de variação de 7,87%, constituída por uma amostra de 73 observações, e os valores mínimo e máximo, respectivamente de 148 mm e 202 mm.

Ainda no caso do cimento CP II Z 32 RS todos os dados catalogados representam as amostras dos ensaios de apenas uma marca comercial.

6.2.2.2 Cimento Portland Composto - CP II F

O cimento Portland composto com fíler (CP II F), classe 32, apresenta coeficiente de variação de 9,72%, em relação à média de 176 mm, sendo essa amostra composta de 55 resultados, onde aproximadamente 70% dos resultados catalogados são de cimento “Com Selo”. Também, os valores mínimo e máximo são respectivamente de 149 mm e 232 mm.

Para o cimento cuja classificação é “Sem Selo” não foi realizada análise pela quantidade insuficiente de dados. No mesmo sentido o cimento Portland em questão apresenta índice de consistência médio próximo ao referenciado no item 6.2.2.1 (CP II Z 32).

Por outro lado, o cimento de marca comercial “L”, que detêm 23 amostras no total, resulta num índice de consistência médio de 178 mm, com mínimo de 150 mm, e máximo de 216 mm, para um coeficiente de variação de 8,74%. O índice médio situa-se um pouco acima da média geral, enquanto que no sentido contrário a variação baixa cerca de 1%.

6.2.3 Cimento Portland Pozolânico - CP IV

O tipo de cimento com maior participação na produção e consumo na região sul do país é o cimento Portland pozolânico, tipo CP IV, classe 32. A análise da variação do índice de consistência geral partiu de 627 amostras, resultando numa média de 171 mm com coeficiente de variação igual a 10,5%, tendo o limite mínimo de 127 mm, e máximo, 241 mm. Constata-se a grande distância entre o valor mínimo e máximo.

A figura 16 apresenta o comportamento para o período de 1992 a 201, sendo possível observar duas fases distintas, onde uma corresponde a valores abaixo da média geral (1992 a 2000), e posteriormente acima do valor médio.

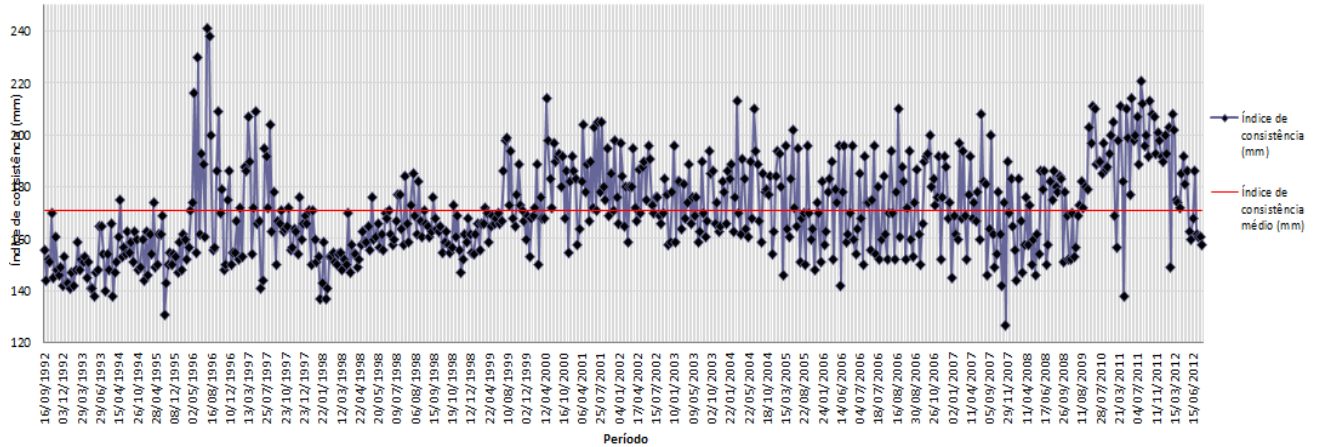


Figura 16 - Análise do índice de consistência de 1992 a 2012 – CP IV 32.

O cimento, quando separado conforme o critério de classificação - “Com Selo”, apresenta coeficiente de variação de 10,1%, com média 170 mm, numa análise composta de 326 amostras.

Enquanto a classificação “Sem Selo” tem uma variação de 10,6% com 280 amostras e média 173 mm para o índice de consistência.

Já os cimentos que não foram classificados obtiveram média inferior, sendo de 156 mm, para um grupo de 21 amostras e variação de 9,88%. O quadro 15 demonstra os resultados da análise, conforme a classificação.

Cimento	Tamanho da amostra	Índice de consistência (mm)			Coeficiente de variação (%)
		Mínimo	Médio	Máximo	
Com Selo	326	138	170	221	10,1
Sem Selo	280	127	173	241	10,6
Sem Classificação	21	131	156	182	9,88

Quadro 15 - Análise do índice de consistência por classificação – CP IV 32.

É possível ver, através do quadro 15, que o grupo que tem maior afastamento em relação à média é o cimento “Sem Selo”, chegando a ter no extremo mínimo 127 mm, e 241 mm no máximo.

O quadro 16 apresenta o coeficiente de variação dos cimentos de acordo com a subdivisão em dois períodos de tempo (1992-2003 e 2004-2012).

Cimento	Tamanho da amostra		Média (mm)		Coeficiente de variação (%)	
	Período					
	1992-2003	2004-2012	1992-2003	2004-2012	1992-2003	2004-2012
Geral	365	262	167	176	10,1	10,2
Com Selo	202	124	164	180	8,05	10,2
Sem Selo	146	134	173	173	11,1	10,0

Quadro 16 - Análise do índice de consistência por classificação e período – CP IV 32.

Observa-se que o índice de consistência médio em todos os casos aumentou, ou permaneceu igual, em relação aos períodos considerados. Vale enfatizar que na análise geral o índice de consistência médio aumentou, enquanto a variação permaneceu inalterada. As figuras 17 e 18 apresentam os comportamentos da análise geral segundo os períodos, para o cimento CP IV 32.

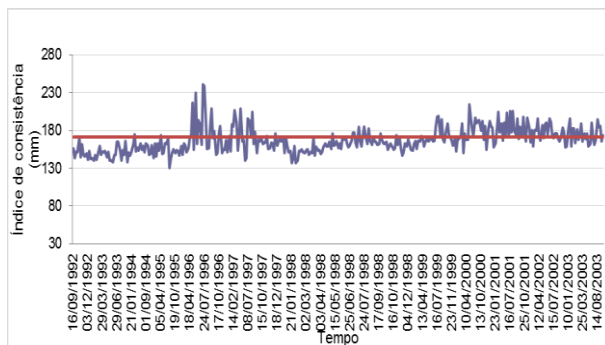


Figura 17 - Análise geral do índice de consistência de 1992 a 2003 – CP IV 32

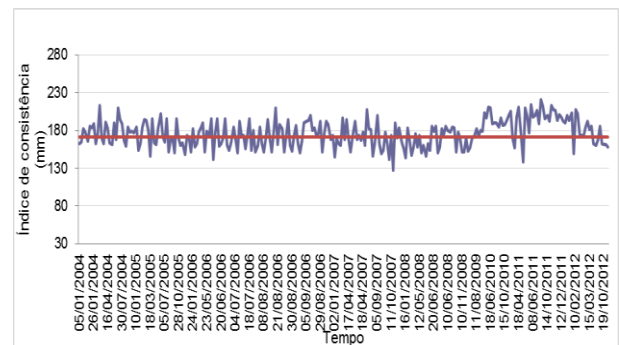


Figura 18 - Análise geral do índice de consistência de 2004 a 2012 – CP IV 32

Verifica-se nas figuras 17 e 18, as variações, sendo que no primeiro período de 1992 a 2003, grande parte dos valores situa-se abaixo do valor médio geral, enquanto que após 2004, os valores situam-se acima do valor geral médio.

Já quando observada a variabilidade no último período (2004 a 2012), em todos os casos é próximo a 10%, dá-se ênfase ao cimento “Com Selo” por apresentar a variação de 8,05% no período de 1992-2003, aumentando para 10,2% no período de 2004-2012, apresentando assim acréscimo de 2,15%.

Em contrapartida o grupo de cimento “Sem Selo” obteve uma redução no coeficiente de variação do primeiro para o segundo período. Isso significa maior homogeneidade dos resultados, ou seja, a distribuição fica próximo ao valor médio.

O grupo de cimento “Sem Classificação” não foi analisado devido a pouca quantidade de resultados para os períodos.

Ainda quando tomado por base as marcas comerciais que têm ao menos 20 amostras pode-se verificar a variabilidade conforme demonstrado no quadro 17.

Marca comercial	Tamanho da amostra	Índice de consistência (mm)			Coeficiente de variação (%)
		Mínimo	Médio	Máximo	
A	286	138	169	221	9,79
E	40	147	178	241	13,3
F	23	127	170	213	9,69
I	43	138	180	214	11,1
M	27	142	154	200	7,21
Q	22	150	176	212	11,2
R	124	141	174	210	8,74

Quadro 17 - Análise do índice de consistência médio por marca – CP IV 32.

Através dos resultados do quadro 17 observa-se que a marca comercial “M” é a que tem menos variabilidade no índice de consistência, com 7,21% de coeficiente de variação, mas ao mesmo tempo distancia-se da média geral (171 mm) com 154 mm. Por outro lado, o cimento “E” apresenta quase o dobro de variação ao se comparar com a marca “M”, e possui um índice de consistência médio de 178 mm, e também a marca “I” e “Q” apresentam variação em torno de 11%.

Já as demais marcas comerciais apresentam variação que fica compreendida entre 8,74% (marca “R”), e 9,79% (marca “A”).

Por outro lado, a marca comercial “A” apresenta uma quantidade de resultados que possibilita a avaliação em diferentes períodos, sendo obtido do início do ano de 1992 ao término de 2003, um índice de consistência médio de 163 mm e coeficiente de variação de 7,74%, enquanto que de 2004 a 2012 apresentou 180 mm de índice de consistência e coeficiente de variação 10,1%. Desta maneira verifica-se que houve uma elevação na variação, e do índice de consistência para esta marca comercial com o passar do tempo, como é apresentado na figura 19.

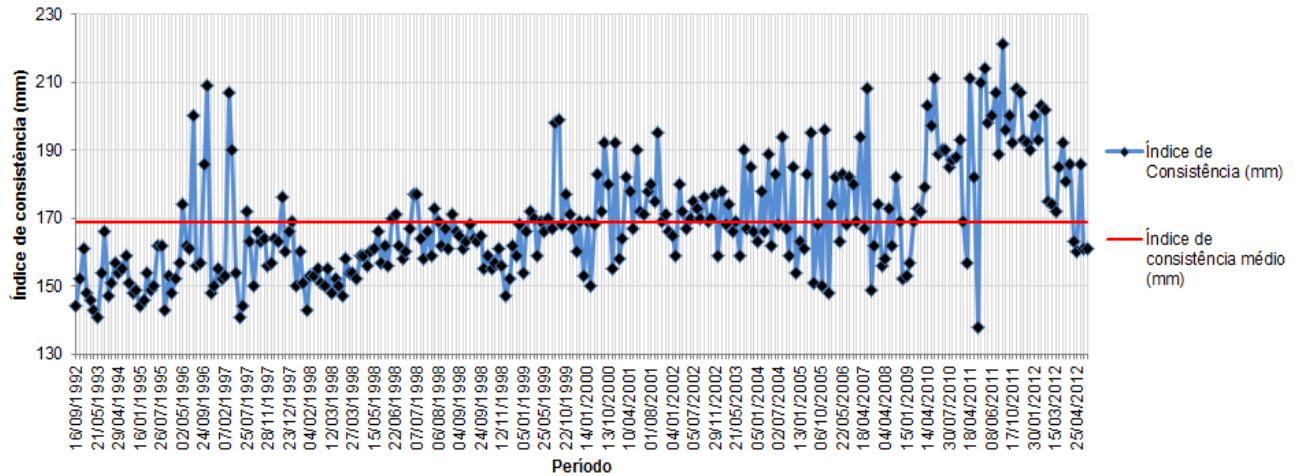


Figura 19 - Variação do índice de consistência da marca comercial “A” – CP IV 32.

A análise do cimento Portland Pozolânico tipo IV, classe 32 resistente a sulfatos (RS) – CP IV 32 RS, apresentou, a partir de 1992, o índice de consistência médio de 171 mm e a variação de 13,7%, observando 125 amostras.

Para esse cimento os grupos “Com Selo” e “Sem Selo” resultaram em um índice de consistência de 172 e 168 mm, e coeficiente de variação de 15,2% e 7,9%, respectivamente. Nesse quesito é possível admitir que o grupo “Sem Selo” gera resultados mais homogêneos.

Com os dados catalogados foi efetuada a análise para as marcas comerciais que apresentaram no mínimo 20 dados. Os resultados estão expostos no quadro 18.

Marca comercial	Tamanho da amostra	Índice de consistência (mm)			Coeficiente de variação (%)
		Mínimo	Médio	Máximo	
A	45	142	161	196	7,84
B	20	144	166	184	7,88
Q	47	150	185	222	9,20

Quadro 18 - Análise do índice de consistência médio por marca – CP IV 32 RS.

Em suma, exceto a marca comercial “Q” apresentou valor abaixo da média geral para o índice de consistência (171 mm), tendo obtido 185 mm, e coeficiente de variação 9,20%. Já as marcas “A” e “B” apresentaram índice de consistência na faixa de 160 mm, e variações em torno do valor médio de 7,80%, valor abaixo do encontrado pela marca “Q”.

6.2.4 Cimento Portland de Alta Resistência Inicial - CP V ARI

A avaliação geral do cimento CP V ARI partiu da totalidade 123 amostras catalogadas, resultando em um índice de consistência médio de 178 mm, com coeficiente de variação de 10,2%. A figura 20 apresenta o comportamento geral no período para o CP V ARI.

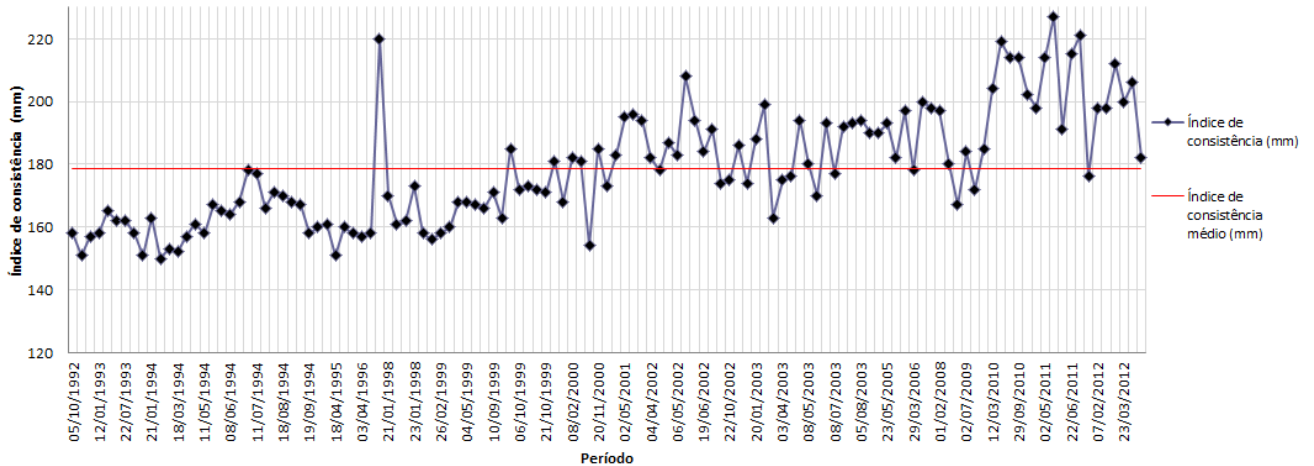


Figura 20 - Índice de consistência – CP V ARI.

É possível verificar na figura 16 que a partir de 1992 até o fim de 2000, praticamente todos os resultados estão abaixo da média geral, entretanto a partir de 2001, os valores se situaram acima da média geral.

Com a subdivisão nos períodos de 1992 a 2003, e 2004 a 2012, houve um aumento de mais de 14% no índice de consistência para o período subsequente, ou seja, de 172 mm passou para 197 mm. Contudo o coeficiente de variação foi de 8,31% para o primeiro período, e de 7,67% para 2004 a 2012. As figuras 21 e 22 apresentam o comportamento para os períodos.

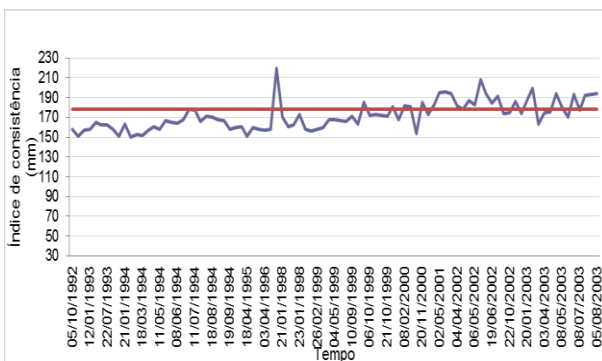


Figura 21 - Análise do índice de consistência de 1992 a 2003 – CP V ARI.

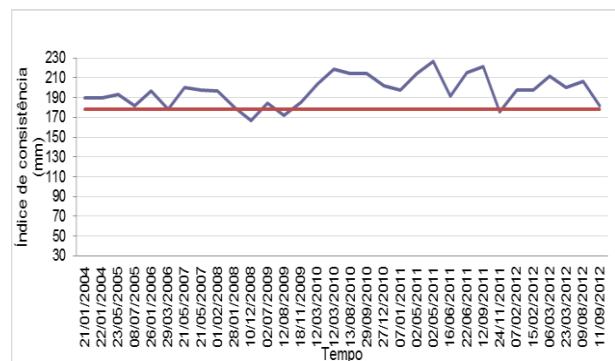


Figura 22 - Análise do índice de consistência de 2004 a 2012 – CP V ARI.

O cimento “Com Selo”, numa avaliação global, teve seu índice de consistência médio acompanhado pela tendência geral da análise, resultando num crescimento de 11%: inicialmente era 177 mm, passando para 197 mm no segundo período.

Em relação aos grupos, “Sem Selo” e “Sem Classificação”, foi encontrado o índice de consistência médio, respectivamente, 175 mm e 169 mm. Os coeficientes de variação ficaram abaixo de 9,20%.

Para esses dois grupos observa-se que há tendência na elevação do índice de consistência médio a partir de 2004. O fato de não estarem expostos os resultados de maneira explícita é devido a pouca quantidade de resultados disponíveis para os períodos considerados no trabalho.

Tomando como base as marcas comerciais que têm mais de 20 dados, foi analisada a variabilidade conforme os resultados expostos no quadro 19.

Marca comercial	Tamanho da amostra	Índice de consistência (mm)			Coeficiente de variação (%)
		Mínimo	Médio	Máximo	
L	21	162	186	221	10,8
R	21	156	171	183	4,62

Quadro 19 - Índice de consistência médio por marca comercial – CP V ARI.

Nota-se que a marca “L” possui índice de consistência acima da média geral (178 mm) e neste sentido o coeficiente de variação fica próximo ao geral, com 10,8%. Verifica-se que a marca “L” possui o dobro de variabilidade em relação à “R”, ou seja, a marca “L” está com variabilidade bem abaixo da média (10,2%), e com índice de consistência médio próximo ao da análise geral.

O cimento CP V ARI RS, de forma geral, apresenta índice de consistência médio de 182 mm, já quando respeitadas as duas classificações, as médias amostrais permanecem inalteradas, enquanto que a variação do cimento “Com Selo” é superior ao “Sem Selo”, sendo respectivamente 9,23% e 7,07%.

O quadro 20 demonstra os resultados referentes à análise do cimento CP V ARI RS.

Classificação	Tamanho da amostra	Índice de consistência (mm)			Coeficiente de variação (%)
		Mínimo	Médio	Máximo	
Geral	73	158	182	210	8,63
Com Selo	48	158	182	210	9,23
Sem Selo	21	161	181	208	7,07

Quadro 20 - Análise do índice de consistência por classificação: CP V ARI RS.

Para o cimento “Sem Classificação” não foi possível analisar devido aos poucos resultados, procedendo da mesma maneira na separação por períodos.

A marca comercial “Q” apresenta 25 resultados de índice de consistência médio, resultando num coeficiente de variação de 9,36%, para uma consistência média de 175 mm. O índice obtido por

esta marca situa-se um pouco abaixo da média geral, entretanto o coeficiente de variação fica próximo aos encontrados na análise geral.

6.2.5 Comentários gerais do índice de consistência da argamassa normal

A NBR 7215 (ABNT, 1996) padroniza os agregados miúdos utilizados para o ensaio de resistência à compressão, sendo os mesmos distribuídos pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo, e a quantidade de água é fixada em relação ao cimento, com a/c de 0,48. Esta argamassa é denominada de argamassa normal. O ensaio utilizado para a verificação da trabalhabilidade no estado fresco é o índice de consistência.

Analisando os índices de consistência normal ao longo do tempo, para os diferentes tipos de cimento, pode-se observar que:

- a) o cimento Portland tipo I, classe 32, na análise geral teve o coeficiente de variação (9,54%), classificado como baixo, quando adotado os valores do quadro citado por Correa (2003), e a marca “A”, apesar de apresentar variação (11,4%) superior a análise geral, também ficou classificada como baixa variação;
- b) os cimentos Portland compostos (CP II Z 32, CP II Z 32 RS, CP II F 32) apresentaram coeficiente de variação todos abaixo de 15,0%, sendo classificados como variabilidade baixa. Ressalta-se que na análise geral os índices de consistência médios estão compreendidos no intervalo de 175mm a 179mm. Também é necessário frisar que a marca “A” possui maior variação que a “Q” no caso do CP II Z 32, onde apresentam respectivamente 8,10% e 5,47% para o coeficiente de variação. Já no caso do cimento CP II F 32 a marca “L” apresentou coeficiente de variação pouco abaixo da análise geral, e no caso do CP II Z 32 RS todos os resultados pertencem a mesma marca comercial;
- c) o cimento Portland Pozolânico, tipo IV classe 32, apresentou variabilidade próximo de 10%, sendo que o valor do índice de consistência situou-se entre 170 e 173 mm, tanto para os cimentos “Com Selo”, quanto para os “Sem Selo”. Com os dados para este tipo de cimento Portland, a subdivisão em períodos, de 1992 a 2003 e 2004 a 2012, resultou num aumento do índice de consistência do primeiro período para o segundo, onde o cimento “Com Selo” apresentou aumento de 2,15% no coeficiente de variação. Por outro lado, quando foi analisada de forma separada cada marca comercial, o cimento da marca “M” apresentou 7,21% de variação e índice de consistência abaixo da média geral, com apenas 154 mm. Já os cimentos “I”, “E” e “Q” apresentaram variabilidade acima de 11% e índices de consistência acima do valor médio geral. Enquanto que as demais marcas comerciais, “R”, “F” e “A”, apresentaram índice de

consistência próximo ao da média geral e coeficiente de variação próximo a 9%. A marca comercial “A”, por apresentar grande quantidade de resultados, quando analisada em relação aos períodos de 1992 a 2003 e 2004 a 2012, revelou um acréscimo de variação de 2,27%, e elevação do índice de consistência de 163 mm para 180 mm;

d) o cimento CP IV 32 RS apresentou coeficiente de variação de 13,7%, para o período de 1992 a 2012, e índice de consistência médio de 171 mm. Após a segmentação para análise em grupo, a classificação do cimento “Com Selo” resultou no índice de consistência médio de 172 mm e coeficiente de variação de 15,2%. Enquanto o cimento “Sem Selo” apontou 7,9% de variação e 168 mm de índice de consistência médio. Já ao se tomar a análise individual conforme o fabricante, a marca comercial “Q” apresentou variação superior às marcas “A” e “B”, com coeficiente de variação de 9,20% e índice de consistência médio de 185 mm, e mesmo assim situou-se abaixo da variabilidade geral do período.

e) o cimento Portland de Alta Resistência Inicial, tipo CP V ARI, durante a análise temporal resultou em 178 mm de índice de consistência médio, correspondendo a 10,2% de variação. Após a divisão entre períodos, de 1992 a 2003, verifica-se que o índice de consistência médio é menor em relação a média geral, sendo 172mm, apresentando 8,31% de variação. Já no período seguinte (2004-2012) o índice de consistência cresceu 14%, resultando em 197 mm, e a variabilidade teve um decréscimo, passando a 7,67%. A marca “R” apresentou 4,62% de variabilidade, menos da metade da apresentada pela marca “L”, com coeficiente de variação de 10,8%. Também a marca “L” apresentou índice de consistência médio superior ao valor médio geral.;

f) no caso do CP V ARI RS, a análise que envolve todos os dados resultou em 182 mm de índice médio de consistência, e variação de 8,63%, sendo que as classificações de cimento “Com Selo” e “Sem Selo” obtiveram respectivamente 182 mm e 181 mm de índice de consistência médio, sendo que a classificação “Sem Selo” obteve um coeficiente de variação de 7,07% e a outra, 9,23%. Para este tipo de cimento a marca “Q” apresentou índice de consistência médio de 175 mm, abaixo do índice médio geral e a variação situou-se pouco acima com 9,36%;

Não há dados disponíveis na bibliografia para comparação direta com estes valores, desta maneira deixa-se registrado para futuros estudos.

Se a análise da variabilidade for interpretada segundo orientações de Correa (2003), todos os coeficientes de variação seriam considerados com baixa dispersão, pois apresentam valores inferiores a 15%.

Ary Torres, citado por Recena (1994), afirma que o procedimento da MB-1 orientava que a argamassa padrão era preparada com uma quantidade de água variável, a fim de obtenção de um índice de consistência que respeitasse 165 ± 5 mm.

Atualmente, a relação água/cimento é fixada em 0,48, segundo a NBR 7215 (ABNT,1996), sendo o índice de consistência função da composição e granulometria do cimento Portland em análise.

Portanto, com base nos resultados encontrados no estudo da variabilidade do índice de consistência da argamassa padrão para as diferentes marcas e tipos de cimento Portland vão ao encontro do que já foi citado por Recena (1994), quando o autor alerta que é constatado em laboratórios a grande variabilidade no índice de consistência medido em diversas argamassas padrão, quando comparado entre cimentos diferentes ou iguais, de mesma marca ou distintas, o que de fato significa alterações em seu rendimento, verificadas posteriormente na trabalhabilidade dos concretos, nos quais serão empregues estes cimentos.

6.3 Análise geral da superfície específica Blaine

A análise da finura do cimento Portland, através da permeabilidade pelo aparelho de Blaine, foi efetuada em algumas amostras catalogadas. Através desses dados foi estudada a variabilidade possível a cada tipo de cimento e nos casos onde há mais de 20 resultados para cada marca, procedeu-se a análise individualizada por marca comercial, conforme os itens a seguir.

6.3.1 Cimento Portland Comum – CP I S

Para este grupo de cimento Portland, conforme o registro do banco de dados, têm-se apenas 11 ensaios, tornando a análise inconsistente, porém a variabilidade apresentada é de 6,21%, apresentando superfície específica Blaine média de $3480 \text{ cm}^2/\text{g}$, valor mínimo de $3140 \text{ cm}^2/\text{g}$ e máximo de $3880 \text{ cm}^2/\text{g}$. A amostra detêm registros até o ano de 2003, sendo impossível a análise após esta data.

6.3.2 Cimento Portland Composto tipo II

6.3.2.1 Cimento Portland Composto - CP II Z

O cimento do tipo CP II Z 32 tem apenas 5 resultados de superfície específica Blaine, tornando irrelevante a tentativa de análise.

O cimento Portland CP II Z 32 RS possui registros de 23 amostras, possibilitando a análise da variabilidade conforme pode-se visualizar na figura 23.

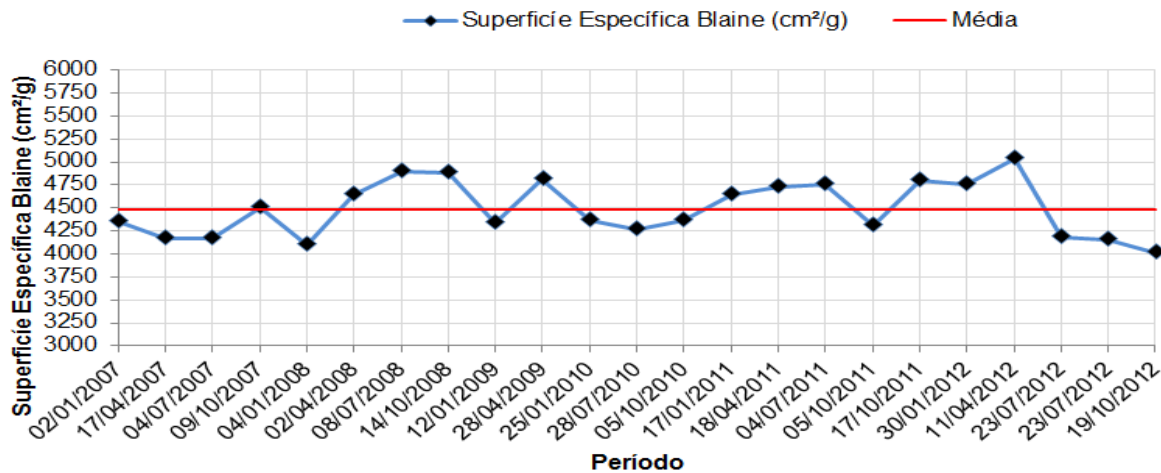


Figura 23 - Superfície Específica Blaine (cm²/g) no tempo – CP II Z 32 RS.

A análise para o CP II Z 32 RS resultou numa média de 4490 cm²/g e coeficiente de variação médio de 6,74%. Para esse tipo e classe de cimento Portland, têm-se valores mínimo e máximo, respectivamente, de 4020 e 5040 cm²/g.

Salienta-se que todos os dados catalogados para o CP II Z 32 RS são referentes à marca comercial “A”.

6.3.2.2 Cimento Portland Composto - CP II F

Em relação ao CP II F 32 não há registros de superfície específica Blaine, não sendo possível a análise.

6.3.3 Cimento Portland Pozolânico - CP IV

Para esse tipo de cimento Portland a figura 24 apresenta uma variação nítida a partir do ano de 2003, com relação à superfície específica Blaine, sendo considerados todos os resultados de ensaio.

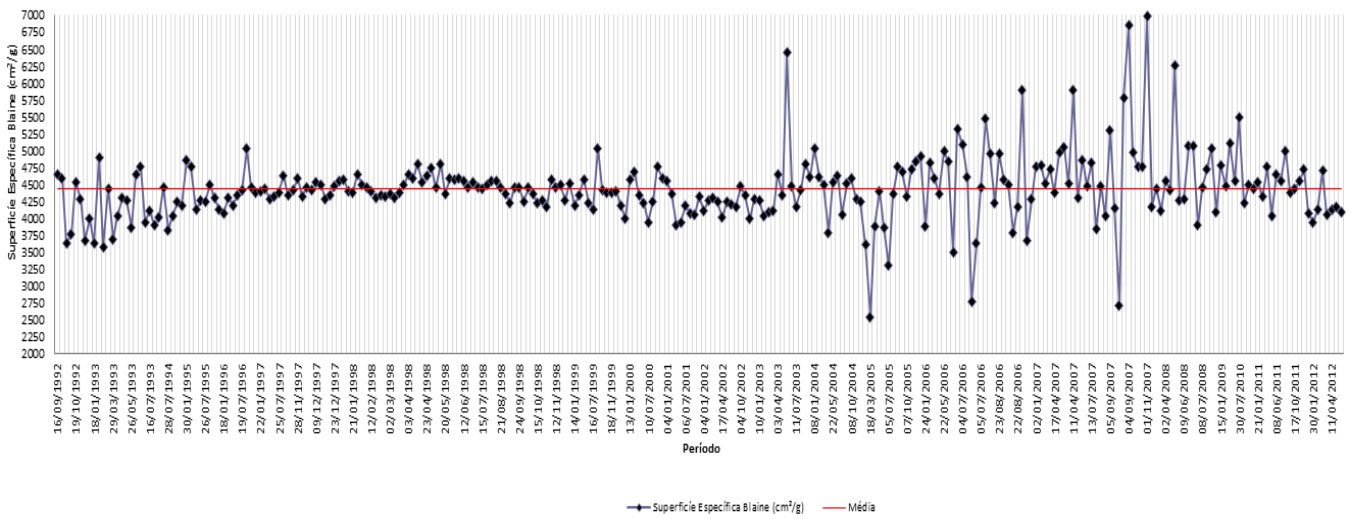


Figura 24 - Superfície Específica Blaine (cm²/g) no tempo – CP IV 32.

Analisando 279 amostras, obtiveram-se a média de 4430 cm²/g e um coeficiente de variação de 11%. Buscando a avaliação da variabilidade após 2003, fragmentou-se o período. As figuras 25 e 26 mostram os comportamentos das variações para os períodos.

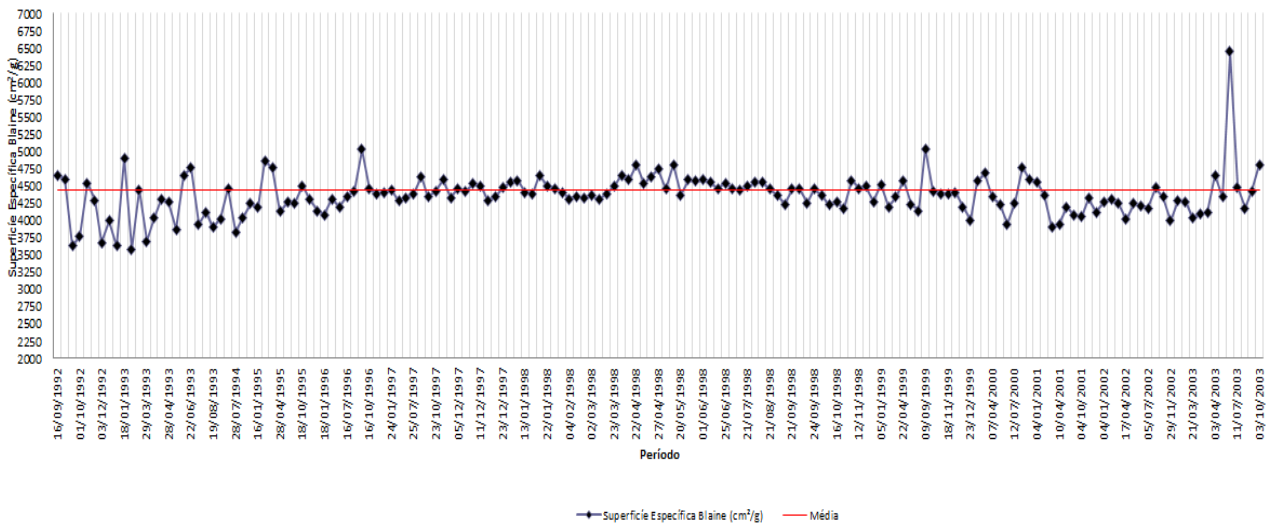


Figura 25 - Superfície Específica Blaine (cm²/g) 1992 a 2003 – CP IV 32.

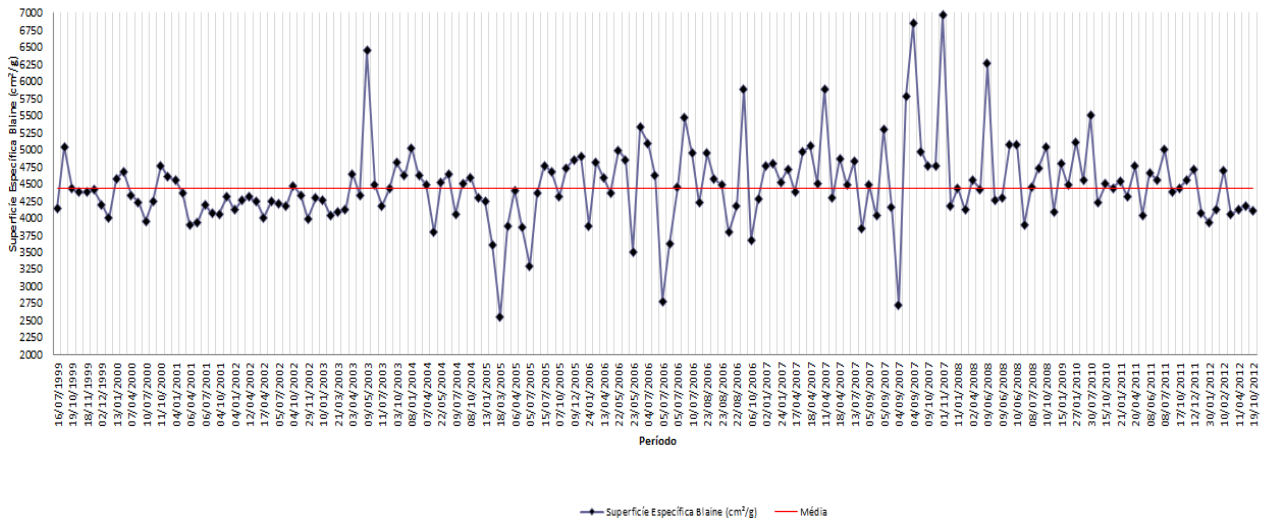


Figura 26 - Superfície Específica Blaine (cm²/g) 2004 a 2012 – CP IV 32.

Em relação à figura 25, foram analisados 163 resultados, resultando em um coeficiente de variação de 7,08% para o valor médio de superfície específica de 4360 cm²/g. Já para o período de 2004 a 2012 o valor médio para a superfície específica Blaine foi de 4530 cm²/g com um coeficiente de variação de 14,5%.

No primeiro período (1992 a 2003) o valor máximo e mínimo para superfície específica Blaine foi respectivamente de 6450 cm²/g e 3580 gm²/g. Já no período de 2004 a 2012, resultou em 2550 cm²/g e 6980 cm²/g, respectivamente, para valor mínimo e máximo de superfície específica.

Com isso observa-se que o cimento CP IV 32 teve sua finura aumentada do primeiro período para o segundo, além da duplicação do coeficiente de variação. Também considerando os dois períodos nota-se a discrepância entre os valores máximo e mínimo, em relação ao valor médio, ou seja, a distância destes em relação ao ponto médio.

Este aumento na superfície específica Blaine provavelmente deve-se ao incremento da demanda de cimento que ocorreu após 2003, segundo dados da SNIC (2013), conforme citando anteriormente.

Submetendo o grupo das marcas de cimento Portland que detêm o selo de qualidade da ABCP, a variabilidade geral do período de 1992 a 2012 foi de 6,69% e o valor médio do Blaine de 4430 cm²/g, admitindo 193 amostras. Após a separação por períodos verifica-se que a variabilidade quase duplicou, passando de 4,52% no primeiro, para 8,91% no segundo, respectivamente de 4370 a 4540 cm²/g para a superfície específica Blaine.

No caso das marcas “Sem Selo” a variabilidade geral ficou em 18,5% com média de 4460 cm²/g, analisando 72 amostras. O período de 1992 a 2003 apresentou variabilidade de 15,3% e média de 4330 cm²/g. Já para o período de 2004 a 2012 a variação cresceu para 19,5%, e o Blaine médio aumentou para 4510 cm²/g.

No quadro 21 são apresentados os resultados de todas as análises consideradas.

Cimento	Tamanho da amostra		Média (cm ² /g)		Coeficiente de variação (%)	
	Período					
	1992-2003	2004-2012	1992-2003	2004-2012	1992-2003	2004-2012
Geral	163	116	4360	4530	7,08	14,5
Com Selo	128	65	4370	4540	4,52	8,91
Sem Selo	21	51	4330	4510	15,3	19,5

Quadro 21 - Análise da superfície específica Blaine - CP IV 32.

É possível observar que em todos os casos houve um aumento da superfície específica Blaine, do primeiro para o segundo período, e também cresceu o coeficiente de variação para todas as classificações.

A marca comercial “A” teve 186 amostras no total do período, o que corresponde à superfície específica Blaine média de 4410 cm²/g e coeficiente de variação de 5,94%. A figura 27 ilustra a variabilidade observada no período para o cimento da marca “A”.

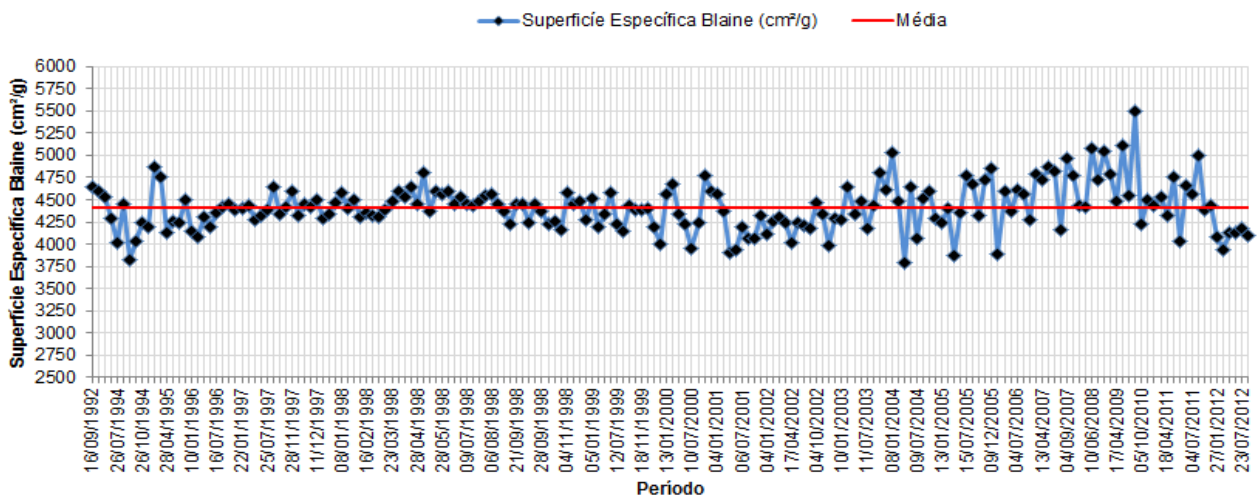


Figura 27 - Superfície Específica Blaine (cm²/g) da marca comercial “A” – CP IV 32.

Observando a figura 27 é nítido o incremento de variabilidade a partir do ano de 2003, o que acompanha a tendência geral da análise. Neste sentido a variação desde 1992 até 2003 foi de

5,94% com Blaine médio de 4370 cm²/g, e no segundo período de 2004 a 2012 teve 7,69% de coeficiente de variação para um Blaine médio de 4510 cm²/g.

Vale ressaltar ainda, para a marca “A”, os valores mínimos e máximos. No período de 1992 a 2003 apresentavam 3830 cm²/g e 4870 cm²/g e já em 2004 a 2012 obtiveram 3790 cm²/g e 5500 cm²/g, respectivamente para valores mínimos e máximos. Isso caracteriza que a finura mínima ficou praticamente estável, já a finura máxima obteve um incremento de aproximadamente 13%.

O cimento CP IV 32 RS obteve, de forma geral, uma superfície específica média de 4590 cm²/g, para 62 amostras, resultando na variação de 12,2%, tendo como valor mínimo 2860 cm²/g e máximo de 5960 cm²/g, tendo assim uma grande discrepância entre os valores extremos, quando comparado à média. A análise da variabilidade está exposta na figura 28.

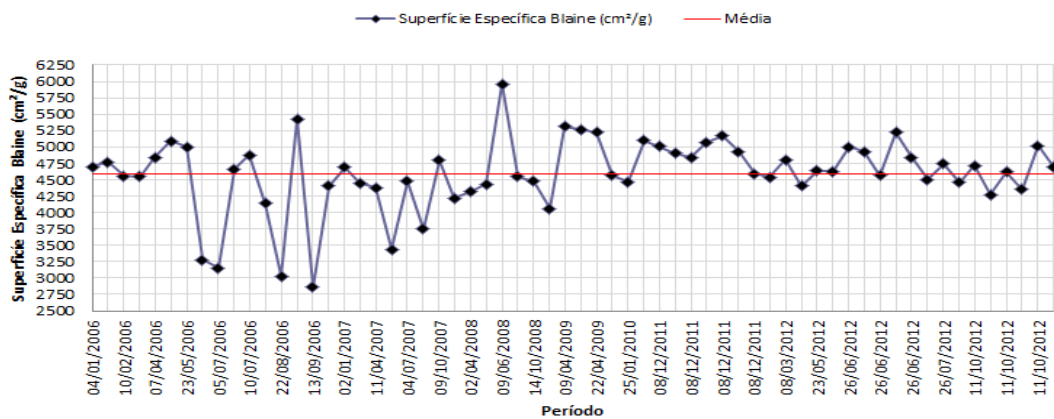


Figura 28 - Superfície Específica Blaine (cm²/g) no tempo - CP IV 32 RS.

Através da figura 24 é possível verificar considerável oscilação dos valores do Blaine. Admitindo a divisão em dois períodos, compreendidos entre 2006 a 2008 e 2009 a 2012, conclui-se que a variação diminui consideravelmente do primeiro período para o segundo, ou seja, passando de 16,0% para 6,53%, e salienta-se ainda que a média da superfície específica aumentou de 4390 cm²/g para 4780 cm²/g.

Para este tipo de cimento Portland foi analisada duas marcas comerciais denominadas “A” e “Q”, cujos resultados estão expressos no quadro 22.

Marca comercial	Tamanho da amostra	Superfície Específica Blaine (cm ² /g)			Coeficiente de variação (%)
		Mínimo	Médio	Máximo	
A	21	4060	4580	5430	7,13
Q	28	4270	4820	5310	6,11

Quadro 22 - Análise da superfície específica Blaine por marca – CP IV 32 RS.

Nota-se que entre as marcas a superfície específica tem diferença entre o valor médio e até mesmo o coeficiente de variação. A marca “A” apresenta um valor médio inferior ao da marca “Q”, mas possui variação superior a 1% em relação à marca “Q”. Por outro lado ambas ficaram abaixo da variação da análise geral (12,2%).

6.3.4 Cimento Portland de Alta Resistência Inicial - CP V ARI

Este tipo de cimento Portland possui poucos dados catalogados para a análise de variação da superfície específica Blaine. Contando apenas com 14 amostras, calculou-se a variação de 9,79% e o valor médio que ficou em 5030 cm²/g.

O CP V ARI RS possui baixa quantidade de dados, apresentando variação de 10,4%, tendo como valor médio de 5170 cm²/g, avaliando 6 amostras para todo o período.

6.3.5 Comentários gerais da superfície específica Blaine

O cimento Portland Comum apresentou valor médio de superfície específica Blaine de 3480 cm²/g, respeitando o valor mínimo de finura estabelecido pelas condições normativas. Obteve coeficiente de variação de 6,21%, o que o situa, segundo os critérios de Correa (2003), como variação baixa.

No tipo de cimento Portland Composto, tipo II, apenas o cimento CP II Z 32 RS apresentou dados suficientes para análise da variabilidade geral, situando a média da superfície específica em 4490 cm²/g, tendo valor mínimo de 4020 cm²/g e máxima de 5040 cm²/g, com 6,74% de coeficiente de variação. Conforme Correa (2003), apresenta variabilidade classificada como baixa. Salientando-se que os resultados analisados pertencem a uma única marca comercial de cimento.

Já no caso do cimento Portland Pozolânico, tipo IV, classe 32, a análise temporal geral resultou em uma superfície específica Blaine de 4430 cm²/g e variabilidade de 11%. Quando realizada a subdivisão em períodos (1992 a 2003 – 2004 a 2012), o primeiro apresentou uma variação de 7,08%, aumentando para 14,5%, ou seja, houve uma duplicação da variabilidade, enquanto os valores médios foram respectivamente de 4360 cm²/g e 4530 cm²/g. Também nota-se que este tipo de cimento, segundo a classificação geral, apresentou todos os coeficientes de variação na faixa de baixa, conforme Correa (2003).

Após a subdivisão nas suas devidas classificações, a superfície específica Blaine média foi de 4430 cm²/g para o cimento “Com Selo”, onde nota-se um aumento do valor no período de 1992 a 2003 que era de 4370 cm²/g para 4540 cm²/g. No mesmo sentido do crescimento da finura,

houve o aumento do coeficiente de variação de 4,52% para 8,91%, respectivamente do primeiro ao segundo período.

Ainda para o CP IV 32, a classificação “Sem Selo” obteve superfície específica média de 4460 cm²/g, e coeficiente de variação de 18,5%. No período de 1992 a 2003, apresentava 4330 cm²/g de finura, passando para 4510 cm²/g, no período de 2004 a 2012. Acompanhando esta elevação do Blaine, o coeficiente de variação também sofreu aumento, passando de 15,3% para 19,5%. Desta forma, a classificação do cimento Portland CP IV 32 “Sem Selo” obteve em todos os momentos o coeficiente de variação classificado de acordo com Correa (2003), como sendo médio.

Quando analisada a marca “A”, a variabilidade geral foi de 5,94% e superfície específica Blaine média de 4410 cm²/g. Após a subdivisão para análise em períodos diferentes, de 1992 a 2003 apresentou coeficiente de variação de 4,51% passando a ser 7,69% no período de 2004 a 2012. No mesmo sentido houve elevação da superfície específica Blaine que no primeiro período foi de 4370 cm²/g, passando a 4510 cm²/g. Apesar da elevação do coeficiente de variação, segundo Correa (2003) a variação pode ser classificada como baixa.

Em sentido contrário, o CP IV 32 RS obteve com o tempo uma diminuição na variabilidade, ou seja, do coeficiente de variação. Na análise geral, apresentou superfície específica média de 4590 cm²/g e variação de 12,2%. Quando efetuada a divisão em períodos, de 2006 a 2008 o Blaine apresentou 16% de variação e 4390 cm²/g de valor médio, passando no período de 2009 a 2012 a apresentar 6,53% de variação e 4780 cm²/g de área superficial média. Com isso, o cimento CP IV 32 RS obteve aumento no índice de finura Blaine, e em contrapartida houve redução no coeficiente de variação, passando da classificação média, no primeiro período, para baixa, no segundo período, segundo Correa (2003).

Na análise conforme a marca comercial o CP IV 32 RS marca “A” apresentou coeficiente de variação superior ao da marca “Q”, respectivamente os valores foram de 7,13% e 6,11%. Já a marca “Q” apresentou superfície específica Blaine superior da marca “A”, sendo respectivamente 4820 cm²/g e 4580 cm²/g. Por outro lado, quando comparado as duas marcas com a variabilidade geral apresentada, ambas obtiveram seus coeficiente de variação bem abaixo do geral e tem a variação classificada como sendo baixa, de acordo com Correa (2003).

Já os cimentos Portland CP V ARI e CP V ARI RS ficaram com superfície específica Blaine média, respectivamente, de 5030 cm²/g e 5170 cm²/g, tendo coeficiente de variação de 9,79% e 10,4%.

Corroborando o aqui descrito, Battagin e Battagin (2010) afirmam que a superfície específica Blaine para os diversos tipos de cimento não tiveram alterações significativas no decorrer do tempo.

Em contrapartida com os valores encontrados na análise geral ou por marcas, quando possível, verificam-se situações onde o coeficiente de variação foi menor num primeiro período (1992 a 2003) passando a ter incrementos no intervalo de 2004 a 2012. No mesmo sentido alguns tipos de cimento obtiveram elevação na superfície específica Blaine, o que demonstra a elevação do grau de finura.

Em suma, Battagin & Battagin (2010) citam que maiores valores de Blaine e curva granulométrica mais estreita fazem com que a quantidade de água aumente para se manter o mesmo nível de trabalhabilidade.

6.4 Análise geral da resistência à compressão

Outro requisito a ser analisado para as amostras de cimento é a resistência à compressão, verificada através do ensaio de corpos cilíndricos com dimensão de 5 x 10 cm, respectivamente diâmetro e altura.

Num primeiro momento foi realizada análise geral conforme o tipo e idade de ensaio e posteriormente a análise deu-se de forma individual a cada marca que detinha mais de 20 resultados para cada idade de ensaio. Vale ressaltar que na análise foram dispensados os resultados que apresentaram maior afastamento do que três desvios-padrão para mais ou menos, visto tornar-se um valor espúrio, como visto no item 4.2.

Nos itens que segue são apresentadas as análises em relação à resistência à compressão.

6.4.1 Cimento Portland Comum – CP I S

Os resultados do cimento Portland Comum de tipo I, classe 32, tem a compilação feita até o final dos anos 2003, conforme salientado anteriormente. O quadro 23 demonstra os resultados da análise geral referente à variabilidade da resistência à compressão, nas idades indicadas.

Idade (dias)	Tamanho da amostra	Resistência à compressão (MPa)			Coeficiente de variação (%)
		Mínima	Média	Máxima	
3	34	19,3	25,9	30,5	11,8
7	36	21,2	30,8	37,4	10,9
28	30	25,3	38,4	46,2	12,2

Quadro 23 - Variabilidade da resistência à compressão CP I S 32.

Com base na NBR 5732:1992, que salienta os níveis mínimos de resistência à compressão para este tipo de cimento Portland, se fosse admitido o valor médio como sendo o de comparação, as amostras se enquadrariam em sua totalidade. Há também uma similaridade na variação em todas as idades, ficando entre 10,9% a 12,2%.

Por outro lado, tomando os dados possíveis de analisar com relação à resistência à compressão no primeiro dia de idade, obtêm-se o valor médio de 13,4 MPa com um coeficiente de variação de 45,5%, sendo que os valores mínimo e máximos são respectivamente 4,30 e 23,9 MPa, considerando uma análise de 15 resultados.

A figura 29 apresenta a curva de ajuste com os valores médios, mínimos e máximos de resistência à compressão apresentados no quadro 2, com suas respectivas idades de ensaio.

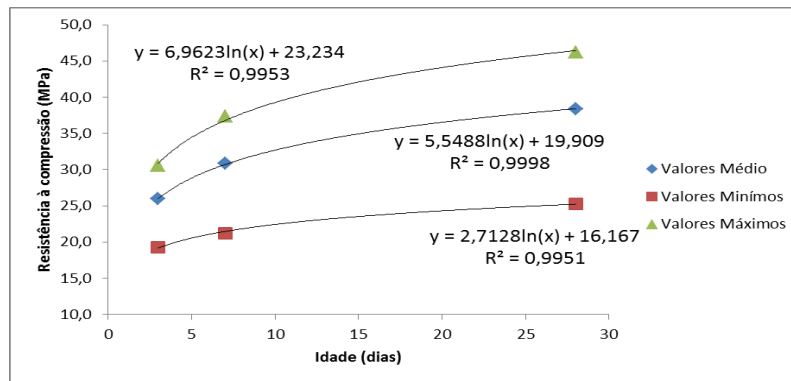


Figura 29 - Curvas de valores médios da resistência à compressão – CP I S 32.

É possível verificar que o coeficiente de determinação (R^2) está próximo a 1 para todas as situações, o que caracteriza ajuste confiável dos resultados.

Os resultados dos ensaios de resistência à compressão do CP I S 32, em sua maioria, pertencem aos cimentos citados no presente trabalho como sendo “Com Selo”, o que não torna possível a análise dos cimentos “Sem Selo”.

Após a análise conforme as classificações anteriores tomou-se o cimento da marca comercial “A” para analisar seu coeficiente de variação e resistência média a compressão. As resistências médias à compressão aos 7 e 28 dias foram respectivamente de 29,9 MPa e 36,9 MPa, com os coeficientes de variação de 13,5% e 12,2%.

Com isso os coeficientes de variação para a marca “A” ficaram acima dos encontrados na análise geral. Já a resistência à compressão aos 7 dias foi superior e aos 28 dias foi menor, quando comparado ao valor médio geral. Por outro lado, ambas as resistências à compressão apresentaram valor superior ao estipulado pela NBR 5732:1992.

6.4.2 Cimento Portland Composto – tipo II

6.4.2.1 Cimento Portland Composto - CP II Z

Para o cimento CP II Z classe 32, de forma global efetuou-se a análise da variabilidade, sendo obtidos como resultados os valores expressos no quadro 24.

Idade (dias)	Tamanho da amostra	Resistência à compressão (MPa)			Coeficiente de variação (%)
		Mínima	Média	Máxima	
3	75	16,6	27,8	37,9	17,3
7	88	22,3	33,0	42,5	13,4
28	88	30,2	40,7	53,4	11,4

Quadro 24 - Variabilidade da resistência à compressão CP II Z 32.

Ao tomar por base os valores mínimos de resistência à compressão a serem atingidos na respectiva idade, em todos os casos analisados, exceto para os valores mínimos de resistência encontrados, são respeitadas as condições normativas. Voltando-se para o coeficiente de variação há uma diminuição gradativa conforme o decorrer do tempo, que parte de 17,3% até 11,4%, aos 28 dias, conforme esperado (Neville, Mehta e Monteiro)

Na figura 30 são apresentadas as curvas de tendência de crescimento da resistência à compressão em função do tempo, com os dados do quadro 23.

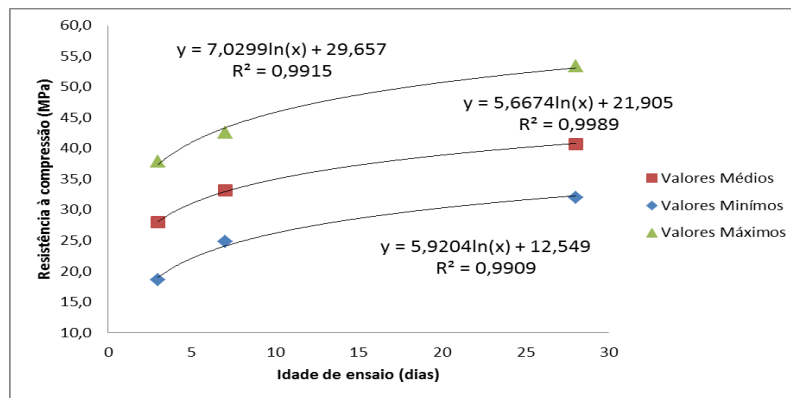


Figura 30 - Curvas de valores para resistência à compressão da análise geral - CP II Z 32.

Para as três situações o coeficiente de determinação é próximo de 1, o que define que os resultados estão alinhados com a curva de ajuste. A curva de valores mínimos apresenta como resistência, aos 28 dias, 30,2 MPa, sendo que nas outras idades são respeitados os valores mínimos da norma.

A fim de mapear a variabilidade da resistência à compressão, foi realizada a divisão nos dois períodos, conforme verifica-se no quadro 25 a seguir.

Idade (dias)	Tamanho da amostra		Resistência à compressão média (MPa)		Coeficiente de variação (%)	
	Período					
	1992-2003	2004-2012	1992-2003	2004-2012	1992-2003	2004-2012
3	26	49	30,2	26,5	15,3	16,8
7	26	62	35,2	32,1	12,9	12,8
28	26	62	43,8	39,4	12,2	9,2

Quadro 25 - Variabilidade da resistência à compressão CP II Z 32 por período.

Em todos os casos houve uma redução de até 13,9 % do valor médio da resistência à compressão aos 3 dias, acompanhando também o aumento do coeficiente de variação.

Já nas outras idades a redução da resistência média foi menor em termos percentuais e não em valores absolutos, e constatou-se que houve um menor coeficiente de variação aos 7 e 28 dias.

Para os fabricantes deste tipo de cimento Portland, classificados como “Com Selo”, são apresentadas na figura 31 as curvas de tendência das três situações.

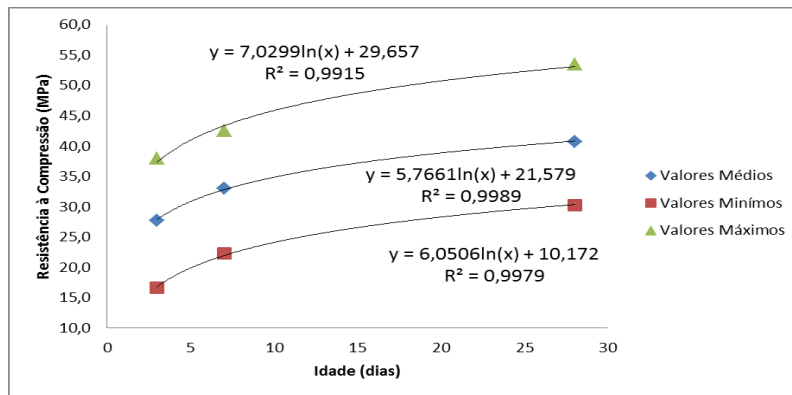


Figura 31 - Curvas de valores da resistência à compressão “Com Selo” - CP II Z 32.

Da mesma forma quando comparado com a análise geral para esta categoria, utilizando as marcas “Com Selo”, todas as curvas de tendência apresentam o coeficiente de determinação é próximo de 1.

No quadro 26 apresentam-se os resultados da análise dos valores mínimo, médio e máximo, juntamente com os coeficientes de variação.

Idade (dias)	Tamanho da amostra	Resistência à compressão (MPa)			Coeficiente de variação (%)
		Mínima	Média	Máxima	
3	59	18,6	28,0	37,9	17,7
7	71	24,8	33,2	42,5	13,5
28	71	32,0	40,7	53,4	11,4

Quadro 26 - Variabilidade da resistência à compressão CP II Z 32 das marcas “Com Selo”.

Através dos resultados pode-se verificar que as resistências mínimas, conforme a norma, são respeitadas em todas as situações, com ênfase à resistência mínima aos 28 dias que é de 32,0 MPa, limite inferior admitido pela norma. Também como anteriormente verificado, nota-se que o coeficiente de variação diminui em relação ao tempo.

As amostras restantes são pertinentes às classificações: “Sem Selo” e “Sem Classificação”, cujo conjunto de dados disponíveis é insuficiente para se apresentar resultados.

No quadro 27 são apresentados os resultados das análises de variabilidade para duas diferentes marcas do cimento CP II Z 32.

Marca comercial	Idade (dias)	Tamanho da amostra	Resistência à compressão média (MPa)	Coeficiente de variação (%)
“A”	3	32	26,2	12,7
	7	44	32,1	10,4
	28	44	39,3	8,40
“Q”	3	20	21,7	23,2
	7	21	26,0	19,2
	28	22	37,2	17,8

Quadro 27 - Variabilidade da resistência à compressão para duas marcas de CP II Z 32.

Diante dos resultados do quadro 26 observa-se que com o avanço da idade de ensaio todos os coeficientes de variação diminuíram, conforme as duas marcas comerciais analisadas. Por outro lado, o cimento “A” apresenta variabilidade inferior ao identificado pelo cimento “Q”, sendo até 50% menor. Nesse caso o que se deduz é que cimentos de mesmo tipo e classe, mas de fábricas diferentes podem apresentar desempenhos diferentes.

Também é notória a diferença de resistência à compressão média nas idades de 3 e 7 dias, chegando a se obter até 6 MPa na idade de 7 dias. Já aos 28 dias está diferença reduz para 2 MPa.

Já para o cimento Portland CP II Z 32 RS todas as amostras pertencem ao grupo dos cimentos “Com Selo” e é representado por uma única marca comercial - “A”, sendo assim a análise feita de maneira geral. No quadro 28 são apresentados os resultados da análise.

Idade (dias)	Tamanho da amostra	Resistência à compressão (MPa)			Coeficiente de variação (%)
		Mínima	Média	Máxima	
3	51	16,4	27,0	31,7	9,37
7	72	19,7	31,5	40,0	10,5
28	71	29,3	39,2	45,0	8,02

Quadro 28 - Variabilidade da resistência à compressão CP II Z 32 RS das marcas “Com Selo”.

Os valores médio e máximo respeitam os valores estipulados como mínimos pela norma brasileira, para a resistência à compressão, enquanto que o valor mínimo na idade de 7 e 28 dias não respeitam as condições imposta pela norma. Ressalta-se que o coeficiente de variação do cimento Portland CP II Z 32 RS é praticamente constante com o decorrer das idades de ensaio, atingido, aos 3 dias, 9,37%, aos 7 dias, 10,2%, e aos 28 dias, foi de 8,02%.

As figuras 32, 33 e 34 ilustram as distribuições dos resultados da resistência à compressão no tempo em relação ao valor médio. Através das referidas figuras é possível verificar alguns períodos em que as resistências à compressão situaram-se abaixo do valor médio geral.

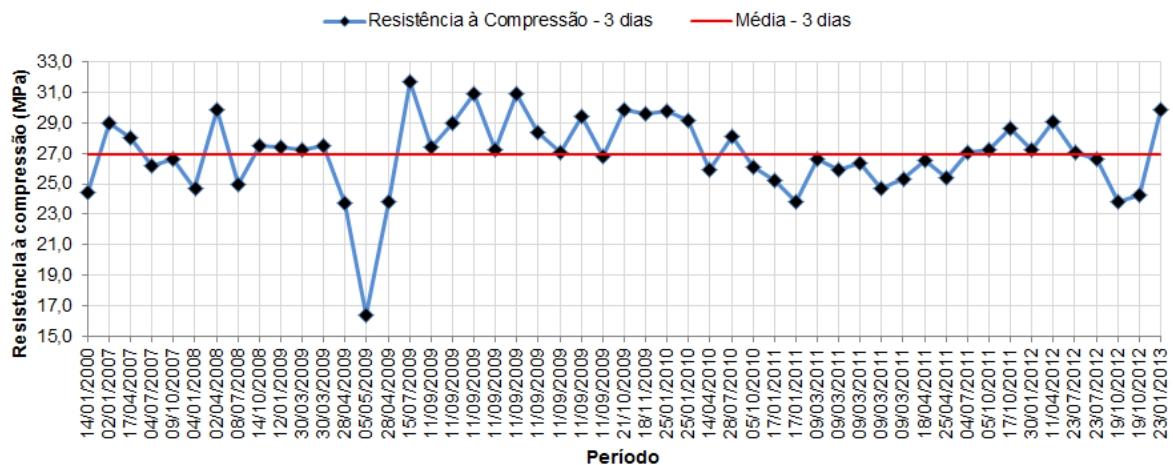


Figura 32 - Distribuição da resistência à compressão aos 3 dias – CP II Z 32 RS.

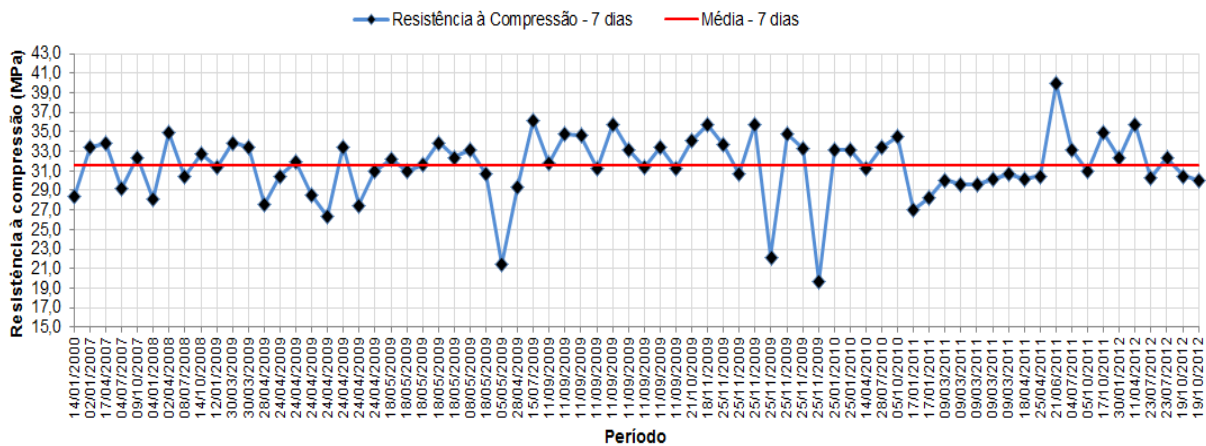


Figura 33 - Distribuição da resistência à compressão aos 7 dias – CP II Z 32 RS.

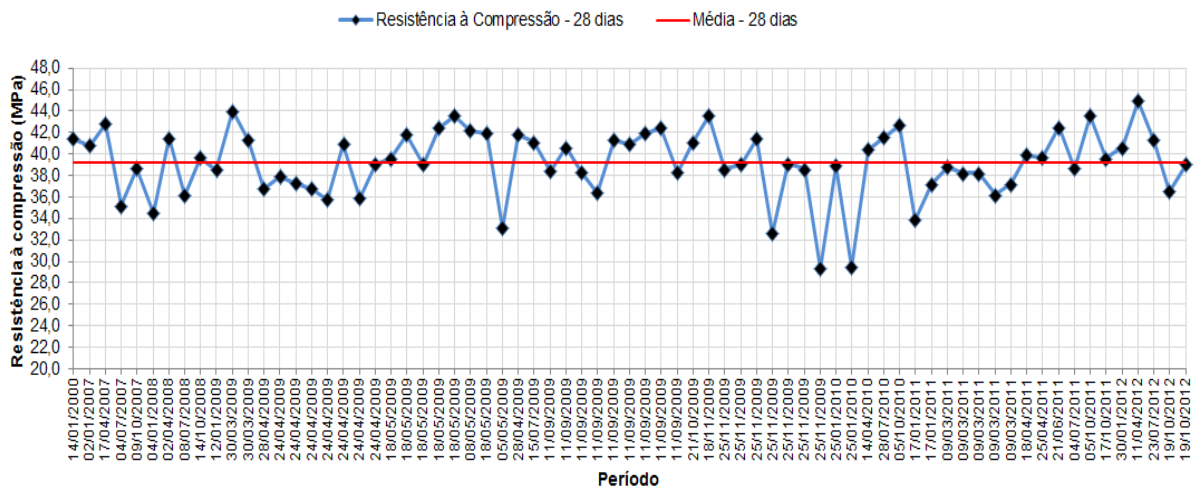


Figura 34 - Distribuição da resistência à compressão aos 28 dias – CP II Z 32 RS.

6.4.2.2 Cimento Portland Composto - CP II F

O cimento Portland CP II F 32 foi avaliado conforme sua resistência à compressão aos 3 dias, 7 dias e 28 dias de idade. Diante dos resultados foi encontrada redução no coeficiente de variação conforme avanço da idade, passando de 17,5% aos 3 dias para 9% aos 28 dias.

Em todas as idades de ensaio as resistências médias foram superiores aos limites mínimos estabelecidos pela respectiva norma, sendo que aos 3 dias foi de 23,4 MPa, 29,4 MPa aos 7 dias e 36,4 MPa para 28 dias.

Ao tomar os dados de resultados da marca “L” verifica-se o coeficiente de variação de 8,94% aos 3 dias, enquanto que aos 28 dias foi de 6,81%. O quadro 29 apresenta os resultados da análise.

Marca comercial	Idade (dias)	Tamanho da amostra	Resistência à compressão média (MPa)	Coefficiente de variação (%)
"L"	3	21	22,4	8,94
	7	22	27,8	8,76
	28	22	35,2	6,81

Quadro 29 - Variabilidade da resistência à compressão CP II F 32 da marca "L".

As resistências médias à compressão são atendidas em todas as idades de ensaio e há a redução do coeficiente de variação com o decorrer da idade de ensaio. Já ao se comparar com as resistências médias da análise geral, verifica-se que a marca "L" possui resistência inferior em todas as idades de ensaio.

6.4.3 Cimento Portland Pozolânico - CP IV

Para o cimento CP IV classe 32, a análise da variabilidade pode ser verificada de forma mais extensa, buscando identificar e distinguir a variabilidade em diferentes períodos, e também conforme as classificações entre os cimentos "Com Selo" e "Sem Selo", sendo que esse fato é possível devido ao grande número de resultados catalogados. O quadro 30 demonstra a análise geral das diversas idades para o ensaio de resistência à compressão do Cimento Portland CP IV, classe 32.

Idade (dias)	Tamanho da amostra	Resistência à compressão (MPa)			Coefficiente de variação (%)
		Mínima	Média	Máxima	
3	609	7,74	18,6	29,0	19,4
7	619	11,6	23,8	36,0	16,3
28	606	22,7	36,3	48,7	12,5

Quadro 30 - Variabilidade geral da resistência à compressão CP IV 32.

Diante dos dados expostos, os valores médios atendem aos requisitos das instruções normativas, para essa categoria de cimento Portland. Quando observados os valores mínimos, nota-se que estão abaixo dos valores estipulados pela respectiva norma.

Por outro lado o que se pode analisar é que o coeficiente de variação para este tipo de cimento, é superior ao dos outros, quando comparado nas mesmas idades de ensaio. Também o coeficiente de variação diminui conforme a idade, passando de 19,4% aos 3 dias para 12,5% aos 28 dias.

Como análise indireta a 1 dia do ensaio de resistência à compressão, a variação chega a 49,6%, tendo como valor mínimo 3,06 MPa, e máximo 18,9 MPa. Essa variação foi verificada com 44 amostras, e resultou no valor médio de 7,42 MPa. Na figura 35 estão expressas as curva de

tendência de crescimento da resistência, tomando por referência as 3 idades de ensaio, e as resistências mínimas, média e máxima.

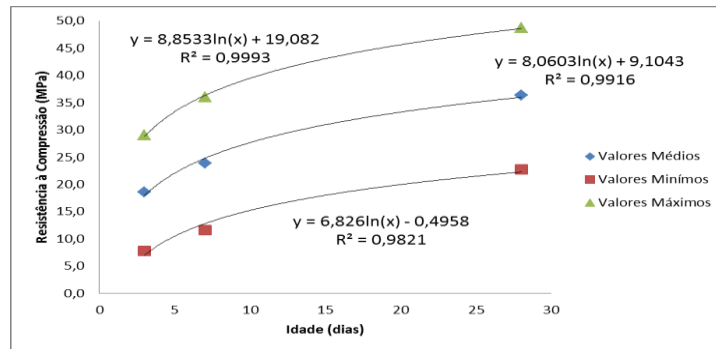


Figura 35 - Curvas de valores da resistência à compressão - CP IV 32.

Através das linhas de tendência pode-se analisar que a curva de valores mínimos tem o ponto de resistência aos 7 dias logo abaixo da sua tendência, e posteriormente nas outras esse ponto assenta-se sobre a curva, fazendo com que o coeficiente de determinação aumente até próximo de 1, equivalente aos valores máximos.

O perfil de variabilidade da resistência à compressão em relação ao tempo para a idade de 28 dias é exposto na figura 36. Essa representa o comportamento análogo das outras idades de ensaio.

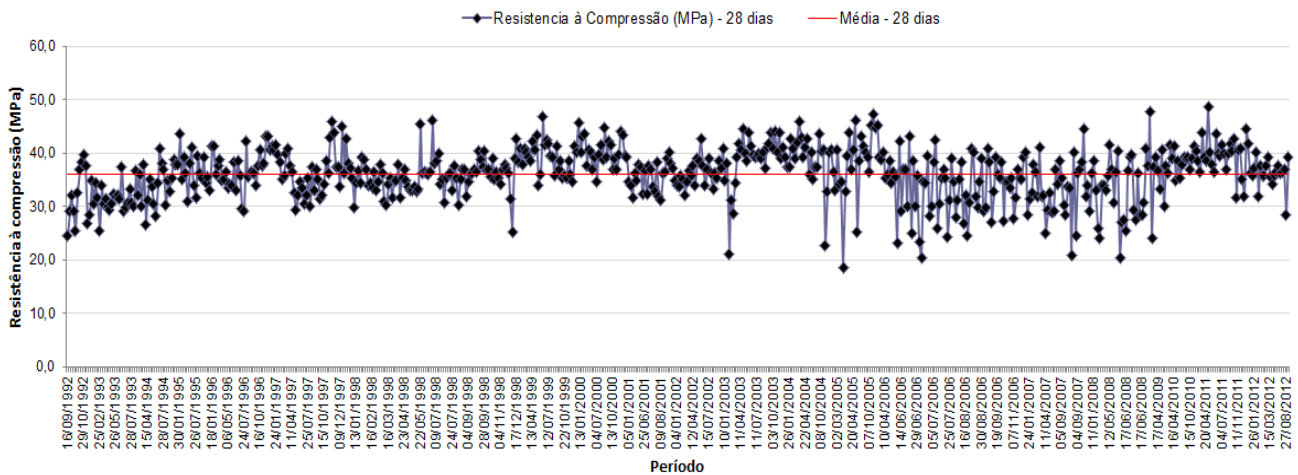


Figura 36 - Distribuição da resistência à compressão aos 28 dias – CP IV 32.

De maneira a mapear a variabilidade verificada no comportamento a partir do início de 2004, realizou-se análise por períodos distintos para todas as idades de ensaio.

Idade (dias)	Tamanho da amostra		Resistência à compressão média (MPa)		Coeficiente de variação (%)	
	Período					
	1992-2003	2004-2012	1992-2003	2004-2012	1992-2003	2004-2012
3	353	256	18,7	18,3	17,1	25,9
7	361	258	24,1	23,4	14,1	19,0
28	353	253	36,4	36,2	10,9	14,5

Quadro 31 - Análise das resistências à compressão por período - CP IV 32.

No quadro 31 estão apresentados os resultados da análise da variabilidade por período. De forma considerável o coeficiente de variação aumentou do primeiro período para o segundo, enquanto que a média permaneceu praticamente constante.

Esse aumento da variabilidade talvez seja explicado pelo fato de a produção de cimento Portland disparar no início de 2004, pois a indústria não estava preparada para atender a demanda do mercado, fato que levou as cimenteiras a aumentar a produção do cimento pozolânicos na região sul, pois o CP IV 32 é o mais produzido no Rio Grande do Sul, devido a disponibilidade de cinza volante, e para tornar esta adição reativa é necessário um grau de moagem elevado.

Para o cimento classificado como “Com Selo” a análise geral da variabilidade mostra que os valores médios ficaram todos acima dos obtidos com a amostra global, sendo que a resistência à compressão ficou em 19,7 MPa, 25,1MPa e 37,9 MPa, respectivamente para 3, 7 e 28 dias. Já os coeficientes de variação são menores, 15,7% para 3 dias, 13,6% aos 7 dias e 9,55% nos 28 dias, obedecendo o mesmo decréscimo com o avanço da idade.

Sendo assim foi analisado no mesmo período o seu comportamento em relação à variabilidade, sendo apresentados os resultados no quadro 32.

Idade (dias)	Tamanho da amostra		Resistência média à compressão (MPa)		Coeficiente de variação (%)	
	Período					
	1992-2003	2004-2012	1992-2003	2004-2012	1992-2003	2004-2012
3	191	199	19,1	20,6	15,5	15,0
7	199	122	24,6	25,9	13,7	13,0
28	194	117	37,2	38,9	9,65	8,79

Quadro 32 - Análise das resistências à compressão por período da classificação “Com Selo”- CP IV 32.

Para o cimento “Com Selo” houve aumento na resistência média em todas as idades de ensaio, do primeiro para o segundo período, e ainda houve uma redução do coeficiente de variação.

De maneira geral, o responsável pela grande variabilidade para essa classe de cimento foi a classificação do grupo “Sem Selo”, constituindo assim coeficiente de variação de 21,7%, 17,9% e 14,5%, respectivamente para 3, 7 e 28 dias de idade. Já as resistências médias para as idades são 17,4 MPa, 22,5MPa e 34,7 MPa, valores abaixo da média geral. No quadro 33 estão expostos os resultados da análise por período.

Idade (dias)	Tamanho da amostra		Resistência média à compressão (MPa)		Coeficiente de variação (%)	
	Período					
	1992-2003	2004-2012	1992-2003	2004-2012	1992-2003	2004-2012
3	146	133	18,4	16,4	19,3	22,9
7	146	133	23,6	21,2	14,7	19,9
28	143	133	35,5	33,8	12,4	16,3

Quadro 33 - Análise das resistências à compressão por período da classificação “Sem Selo” - CP IV 32.

Diante dos dados pode-se verificar que houve queda da resistência média à compressão em todas as idades de ruptura para os cimentos “Sem Selo”.

Quando comparado à variabilidade geral, nota-se que o cimento “Sem Selo” contribui significativamente com o aumento do coeficiente de variação do segundo período, compreendido de 2004 a 2012.

O restante das amostras pertence ao grupo em que não foi declarada a marca comercial, classificado como “Sem Classificação”, que não apresentava quantidade de amostra que possibilitasse uma análise confiável.

Tomando por base as resistências à compressão para as diferentes marcas de cimento Portland tipo IV, classe 32, é possível constatar diferenças entre os coeficientes de variações e resistências médias para cada marca, conforme apresentado nos quadros 34 a 37 e figuras 37 a 41 a seguir.

Marca comercial	Idade (dias)	Tamanho da amostra	Resistência à compressão média (MPa)	Coeficiente de variação (%)
“M”	3	27	18,4	12,1
	7	27	24,2	10,5
	28	27	36,8	8,44

Quadro 34 - Análise das resistências à compressão da marca “M” - CP IV 32.

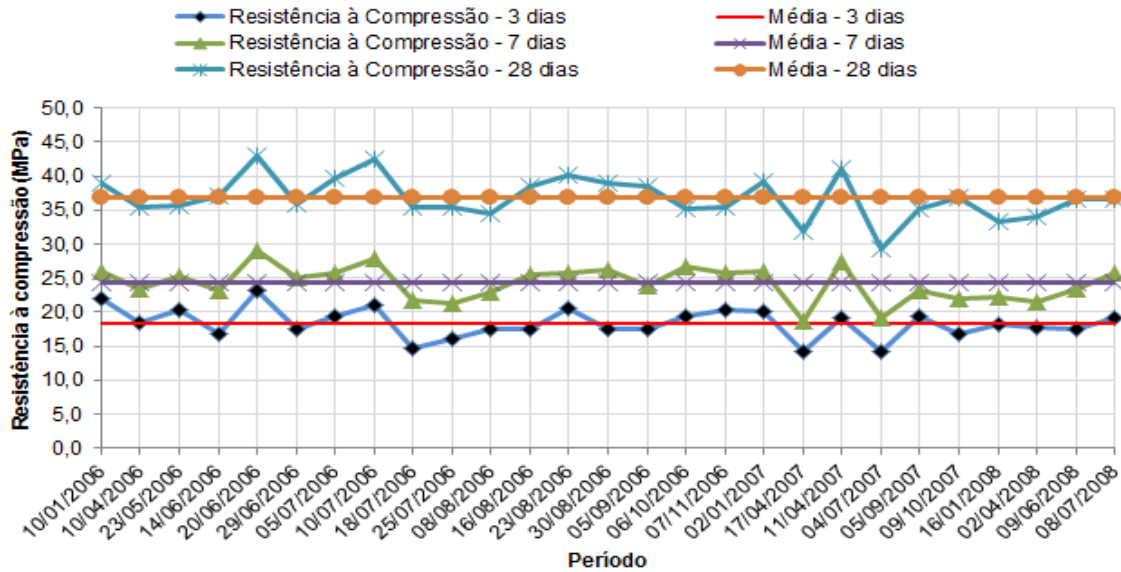


Figura 37 - Variação das resistências à compressão da marca “M” - CP IV 32.

No quadro 34 pode-se analisar que a marca “M” respeita em todas as idades de ensaio a resistência à compressão mínima, e possui coeficiente de variação decrescente com o avanço da idade. Na figura 37 é possível visualizar os comportamentos condizentes da resistência à compressão, ou seja, o comportamento ao longo do tempo dos dados para os 3 dias são semelhantes aos de 7 e 28 dias. Também é nítida a verificação de períodos onde a resistência situa-se abaixo da média geral em cada idade.

Por outro lado o cimento da marca “I” não atinge a resistência mínima indicada pela norma para a idade de 28 dias, sendo a resistência média de 31,2 MPa. Os resultados estão expostos no quadro 35.

Marca comercial	Idade (dias)	Tamanho da amostra	Resistência à compressão média (MPa)	Coefficiente de variação (%)
“I”	3	43	16,6	17,2
	7	43	20,9	15,0
	28	43	31,2	10,8

Quadro 35 - Análise das resistências à compressão da marca “I” - CP IV 32.

A figura 38 apresenta a distribuição das resistências em função do tempo para as idades de 3 dias, 7 e 28 dias para a marca “I”. Nota-se que a partir de 2006 a maior parte dos resultados se mantem abaixo da média geral. Já os coeficientes de variação decrescem em função do avanço da idade, partindo de 17,2% aos 3 dias e obtendo 10,8% aos 28 dias.

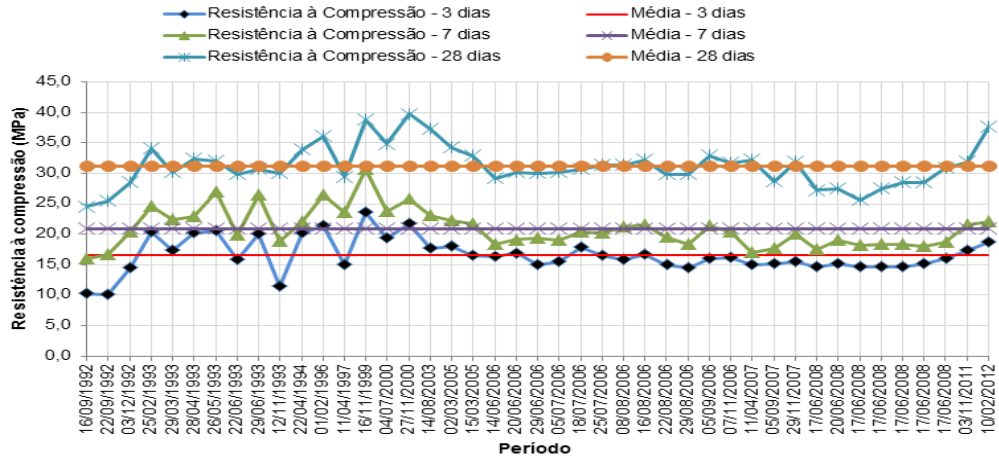


Figura 38 - Variação das resistências à compressão da marca “I” - CP IV 32.

Na análise geral, a marca “F” apresenta apenas na idade de 3 dias resultado superior ao valor de norma (10,0 MPa), e o coeficiente de variação apresenta 26,9% aos 3 dias de idade, atingindo aos 28 dias de idade 20,2%. O quadro 36 apresenta os resultados obtidos na análise e a figura 39 apresenta o comportamento ao decorrer do tempo.

Marca comercial	Idade (dias)	Tamanho da amostra	Resistência à compressão média (MPa)	Coefficiente de variação (%)
“F”	3	24	13,1	26,9
	7	24	18,0	22,4
	28	24	29,7	20,2

Quadro 36 - Análise das resistências à compressão da marca “F” - CP IV 32.

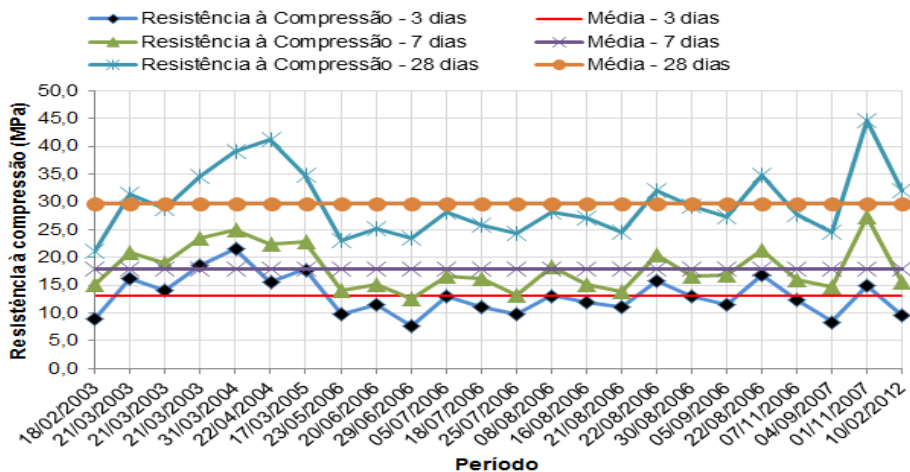


Figura 39 - Variação das resistências à compressão da marca “F” - CP IV 32.

No quadro 37 estão expostos os resultados da análise da marca comercial “E” e a figura 40 apresenta a distribuição das resistências à compressão em função do tempo.

Marca comercial	Idade (dias)	Tamanho da amostra	Resistência à compressão média (MPa)	Coefficiente de variação (%)
"E"	3	40	16,4	16,8
	7	40	22,2	12,0
	28	40	35,3	10,5

Quadro 37 - Análise das resistências à compressão da marca "E" - CP IV 32.

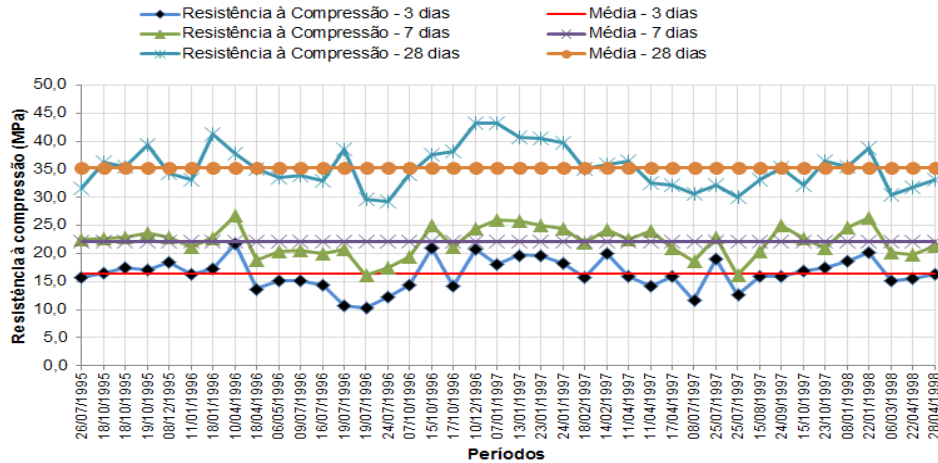


Figura 40 - Variação das resistências à compressão da marca "E" - CP IV 32.

A marca "E" apresenta em todas as idades valores superiores de resistência à compressão e os coeficientes de variação ficam no intervalo de 16,8% (aos 3 dias) e 10,5% aos 28 dias de idade. Também é possível visualizar na figura 36 que as resistências à compressão no tempo seguem o mesmo comportamento entre as idades de ensaio.

O cimento da marca "Q" apresentou na análise nas idades de ensaio de 3, 7 e 28 dias, respectivamente, as resistências à compressão de 21,7 MPa, 26,0 MPa e 37,6 MPa, tendo assim os valores mínimos respeitados por norma. Já os coeficientes de variação sofreram redução ao decorrer do tempo de ensaio, partindo de 23,4% (3 dias) e alcançando 17,8% (28 dias).

Para a marca "R" os valores de resistência à compressão geral atingiram os estipulados pela norma, obtendo-se 19,4 MPa, 24,5 MPa e 37,0 MPa respectivamente para 3, 7 e 28 dias. Os coeficientes de variação foram de 15,4% (3 dias), 13,3% (7 dias) e 11,1% (28 dias), obtendo redução com o decorrer do tempo.

No caso da marca "A" as resistências médias ficaram próximas as da marca "R", sendo respectivamente aos 3, 7 e 28 dias, de 19,5 MPa, 25,0 MPa e 37,6 MPa. A variabilidade ficou em 16,7%, 14,2% e 9,52% para as idades, notando-se assim que o coeficiente foi decrescente com o tempo. As figuras 41, 42 e 43 ilustram as resistências à compressão para as idades de 3 dias, 7 dias e 28 dias do cimento "A".

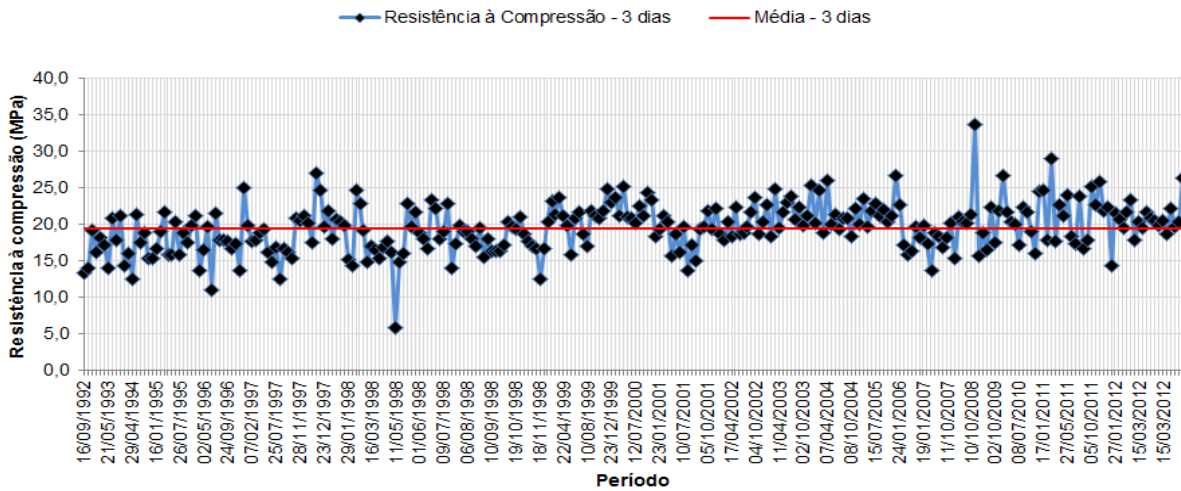


Figura 41 - Variação da resistência à compressão aos 3 dias da marca “A” - CP IV 32.

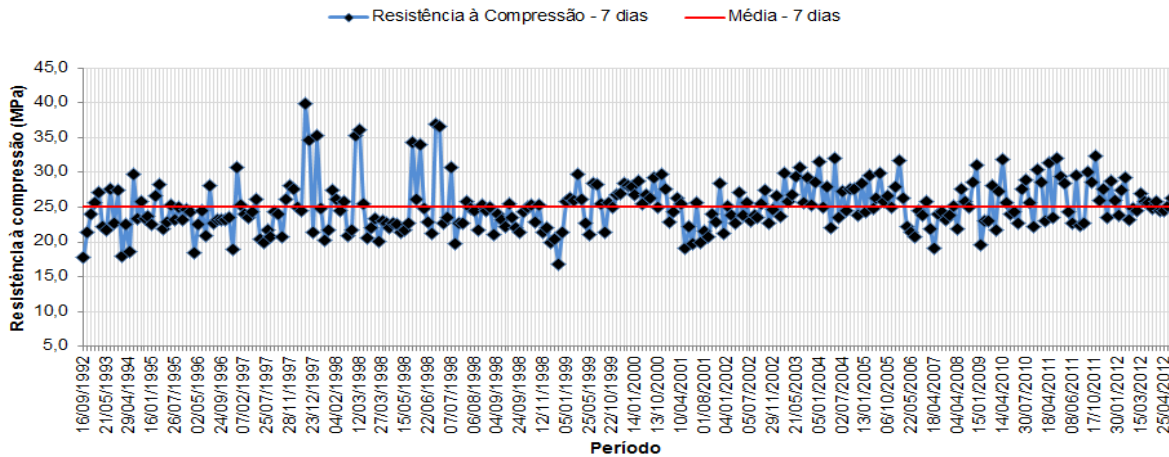


Figura 42 - Variação da resistência à compressão aos 7 dias da marca “A” - CP IV 32.

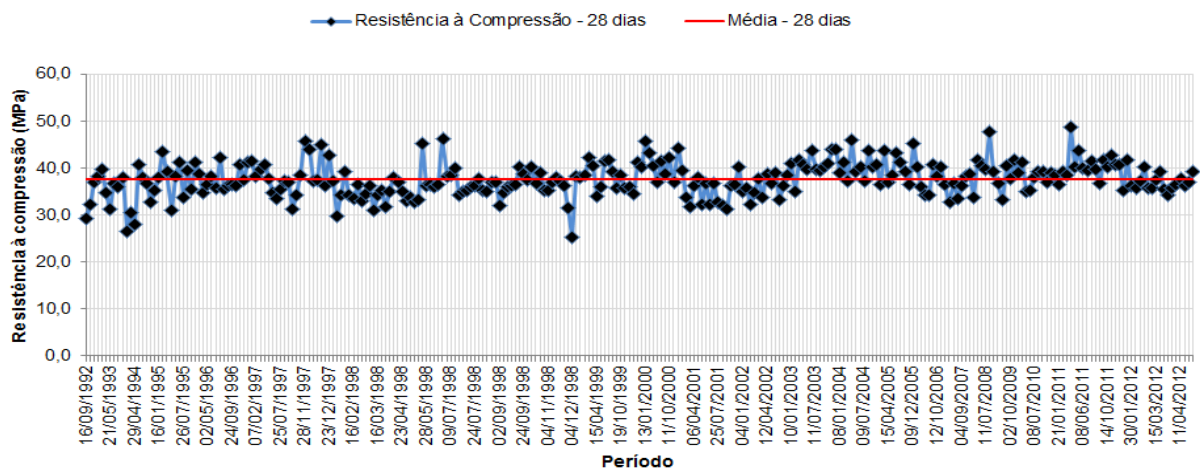


Figura 43 - Variação da resistência à compressão aos 28 dias da marca “A” - CP IV 32.

Devido à quantidade de dados disponíveis foi realizada a subdivisão conforme os períodos de 1992 a 2003 e 2004 a 2012, cujos resultados estão expostos no quadro 38.

Idade (dias)	Tamanho da amostra		Resistência à compressão média (MPa)		Coeficiente de variação (%)	
	Período					
	1992-2003	2004-2012	1992-2003	2004-2012	1992-2003	2004-2012
3	182	94	18,9	20,7	16,5	15,5
7	192	93	24,6	25,8	15,1	11,7
28	185	89	37,0	38,9	9,83	8,02

Quadro 38 - Análise das resistências à compressão por período da marca “A” - CP IV 32.

Nas figuras apresentadas (41, 42 e 43) é possível verificar variações distintas em torno do valor médio em diferentes épocas. Nota-se que houve uma redução do coeficiente de variação do primeiro período compreendido entre 1992 a 2003 para o segundo 2004 a 2012 para todos os casos, e isto foi acompanhado pela elevação da resistência média em cada idade.

Já para o cimento Portland CP IV 32 RS a catalogação foi do ano de 2005 até 2012, sendo assim os resultados não foram analisados por períodos, apenas de forma geral, como é apresentado no quadro 39.

Idade (dias)	Tamanho da amostra	Resistência à compressão (MPa)			Coeficiente de variação (%)
		Mínima	Média	Máxima	
3	121	6,10	21,0	33,4	28,1
7	123	8,45	26,3	34,8	23,3
28	124	16,6	37,8	47,9	17,7

Quadro 39 - Variabilidade geral da resistência à compressão - CP IV 32 RS.

Nota-se que os resultados do quadro 38 conferem alta variabilidade em relação ao valor médio de resistência à compressão, neste caso constata-se redução do coeficiente de variação com a idade, mas aos 28 dias ainda apresenta 17,7%. Na figura 44 pode-se verificar que a principal variabilidade ocorre entre os anos 2005 até 2007.

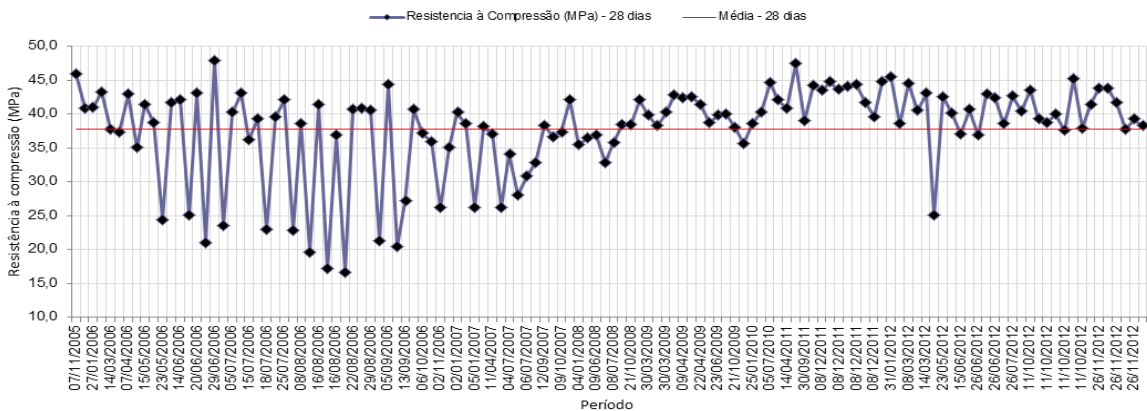


Figura 44 - Distribuição da resistência à compressão geral aos 28 dias - CP IV 32 RS

Esse comportamento de variabilidade também se repete para as idades de 3 e 7 dias. Para o período de 2005 a 2007 o coeficiente de variação foi próximo de 23,4% e resistência média à compressão de 34,9 MPa, sendo que no período posterior (2008 a 2012) houve queda para a variação de 8,69% e média de 40,4 MPa.

A classificação do cimento “Com Selo”, no decorrer do tempo, teve variabilidade geral próximo de 8%, com média de 40,3 MPa. Já situando as investigações nos períodos citados acima, a variação ficou entre 7% e 8%, com a média de 39,8 MPa e 40,6MPa. Esses dados são atribuídos para as resistências aos 28 dias, mas quando comparado aos 3 e 7 dias de idade, o comportamento é análogo.

A grande contribuição à variação geral do cimento CP IV 32 RS parte do cimento “Sem Selo”, pois na análise geral resultou na média de 28,2 MPa, sendo inferior ao teto mínimo de resistência aos 28 dias para esta classe, obtendo um coeficiente de variação de 27,2%. Também é necessário frisar que a variação aos 3 e 7 dias fica acima de 40%, e ainda as resistências médias são atingidas perante os valores mínimos normativos.

Na análise para três marcas distintas de CP IV 32 RS pode-se observar as diferenças em relação aos coeficientes de variação e resistências médias à compressão. O quadro 40 apresenta os resultados obtidos.

Marca comercial	Idade (dias)	Tamanho da amostra	Resistência à compressão média (MPa)	Coeficiente de variação (%)
“A”	3	46	21,3	13,6
	7	46	27,6	8,75
	28	46	39,5	6,84
“B”	3	20	11,3	39,7
	7	20	15,3	34,5
	28	20	25,6	22,5
“Q”	3	43	24,3	13,4
	7	45	29,2	10,7
	28	46	41,1	8,60

Quadro 40 - Variabilidade geral da resistência à compressão para diferentes marcas - CP IV 32 RS.

Perante os resultados do quadro 39 é possível verificar que os coeficientes de variação reduzem com o tempo de ensaio para todas as marcas. As marcas “A” e “Q” respeitam os valores mínimos de resistência à compressão em cada idade de ensaio, já a marca “B” em nenhuma idade consegue atingir.

No caso da marca “B” verifica-se que os coeficientes de variação são da ordem tripla das demais marcas nas idades de ensaio, o que certamente implica na variabilidade de toda a amostra, conforme ilustrado na figura 40, quando a variação representa 17,7% na idade de 28 dias.

6.4.4 Cimento Portland de Alta Resistência Inicial - CP V ARI

Na análise geral do cimento CP V ARI, quando comparado aos valores mínimos estipulados pela referida norma (NBR 5733:1991) aos valores médios e máximos encontrados em todas as idades, os analisados são superiores, já os mínimos analisados não atingem os requisitos estipulados. O quadro 41 demonstra os resultados da análise.

Idade (dias)	Tamanho da amostra	Resistência à compressão (MPa)			Coeficiente de variação (%)
		Mínima	Média	Máxima	
1	116	10,0	19,3	29,0	20,5
3	123	19,8	32,8	42,1	12,1
7	123	26,8	38,1	47,4	10,3

Quadro 41 - Variabilidade geral da resistência à compressão - CP V ARI.

Verifica-se que os valores sofrem alta variação em torno da média, principalmente com 1 dia de idade. Já com o avanço da idade esse coeficiente de variação diminui. Fato este devido ao aumento da resistência média e a estabilização do desvio padrão.

Com base nos dados constatou-se que o cimento “Com Selo” apresenta maior variação com um dia de idade quando comparado ao “Sem Selo”, equivalendo assim o valor da resistência média de 19,5 MPa e 20,4 MPa, com a variação de 19,5% e 16,0%, respectivamente.

Quando confrontado nas idades de 3 e 7 dias há uma inversão, onde o cimento “Com Selo” apresenta coeficiente de variação próximo de 10%, enquanto que o “Sem Selo” passa para a faixa de 12%, tendo as duas classificações a mesma grandeza de resistência média.

Ainda em relação à análise da variabilidade geral da resistência à compressão são apresentados os resultados no quadro 42, segundo os períodos estabelecidos.

Idade (dias)	Tamanho da amostra		Resistência média à compressão (MPa)		Coeficiente de variação (%)	
	Período					
	1992-2003	2004-2012	1992-2003	2004-2012	1992-2003	2004-2012
1	84	32	18,7	20,9	21,4	16,5
3	91	32	32,6	33,2	13,0	9,39
7	91	32	38,1	38,3	10,8	8,92

Quadro 42 - Variabilidade geral da resistência à compressão CP V ARI por período.

Constata-se que a resistência média cresceu do primeiro período ao segundo, exceto aos 7 dias, e também o coeficiente de variação sofreu uma notável redução em todas as idades de ensaio. Por outro lado observa-se que, conforme a progressão da idade de ensaio, o coeficiente de variação decresce. A figura 45 ilustra a variação da resistência à compressão a 1 dia de idade.

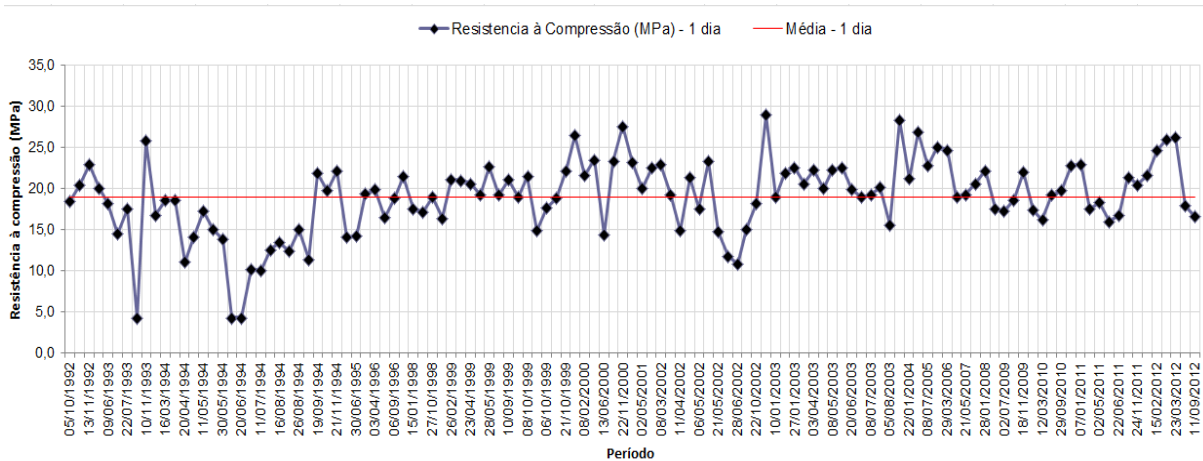


Figura 45 - Distribuição da resistência à compressão geral a 1 dia - CP V ARI

Nota-se que a resistência média, para o primeiro período, fica abaixo da resistência média geral. Esse comportamento atenua-se conforme o acréscimo da idade de ensaio. Já a mesma situação de variabilidade é obtida para as idade de 3 e 7 dias.

Com a marca “L” apresentou em todas as idades de ensaio ao menos 21 resultados, foi realizada a análise em separado para esta marca, conforme consta no quadro 43.

Marca comercial	Idade (dias)	Tamanho da amostra	Resistência à compressão média (MPa)	Coefficiente de variação (%)
“L”	1	21	18,5	26,4
	3	21	31,2	12,7
	7	21	36,7	11,3

Quadro 43 - Variabilidade geral da resistência à compressão da marca “L” - CP V ARI.

A figura 46 demonstra os dados de resistência à compressão da marca “L” nas idades de ensaios em relação ao tempo, onde pode-se verificar que as curvas tem a mesma forma de comportamento.

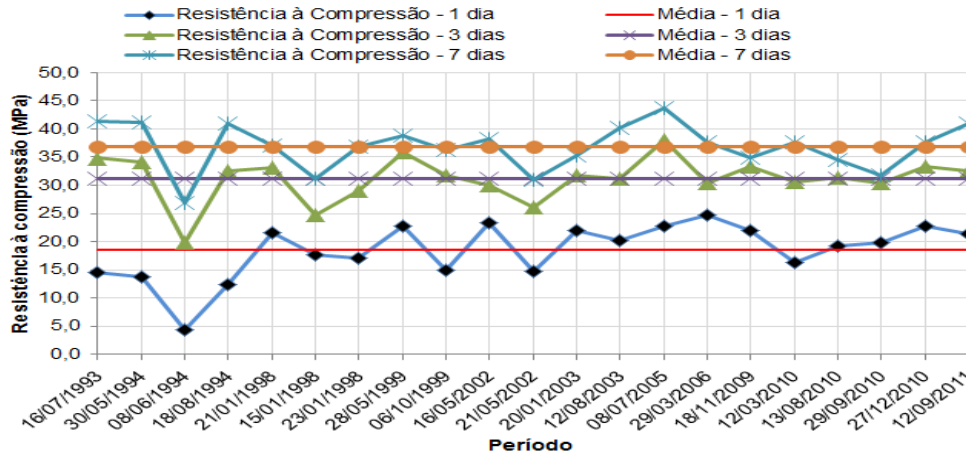


Figura 46 - Variação das resistências à compressão da marca “L” - CP V ARI.

A variabilidade do cimento Portland CP V ARI RS, nas idades de 1 e 3 dias, ficou estabilizada na faixa de 19%, enquanto que as médias foram de 19,1 MPa e 30,7MPa, respectivamente em 1 e 3 dias de ensaio. Aos 7 dias há uma alta redução do coeficiente de variação, passando a ser 8,43% para uma média de 36,1 MPa.

Para este cimento os valores médios ficaram todos acima do mínimo de resistência à compressão, exigida pela respectiva norma (NBR 5737:1992).

6.4.5 Comentários gerais da resistência à compressão

O cimento CP I S 32, na análise da sua resistência à compressão, indicou que todos os valores médios de resistência respeitam o mínimo estabelecido por norma, nas idades de 3, 7 e 28 dias. O coeficiente de variação calculado ficou entre 10,9% a 12,2%, para todas as idades. Segundo a classificação de Correa (2003) esta variação é considerada baixa. A marca “A” também apresentou variabilidade baixa, pois aos 7 dias obteve 13,5% de variação e aos 28 dias foi de 12,2%, sendo que as resistência à compressão foram superiores aos valores normativos.

Para os cimentos Portland Compostos, tipo II, classe 32, CP II Z 32, CP II Z 32 RS e CP II F 32, ao comparar os valores médios em relação aos estabelecidos pelas normas, todos os casos respeitam a condição mínima imposta. O coeficiente de variação do CP II Z 32 apresentou redução com o avanço da idade, partindo de 17% aos 3 dias, e resultando em 11,4% aos 28 dias. Ainda, para este cimento, quando comparado o período de 1992 a 2003 com o de 2004 a 2012, houve uma redução da resistência à compressão média em todas as idades.

No caso do CP II Z 32, a marca “A” apresentou variabilidades inferiores as da marca “Q”, cerca de 50% menor. As duas marcas atingiram as resistência mínimas estabelecidas pela referência normativa, e a marca “Q” apresentou valores inferiores aos da marca “A” em todas as idades de ensaio.

Já o CP II F 32, numa análise geral da resistência à compressão, obteve redução do coeficiente de variação com o aumento da idade de ensaio. A marca “L” possuía mais de 20 dados para as idades de 3, 7 e 28 dias, então foi possível verificar que todos os valores médios respeitaram os mínimos requeridos, e também o coeficiente de variação foi de 8,94% aos 3 dias, passando para 6,81% aos 28 dias, caracterizando redução na variabilidade e em ambos os casos é considerada como baixa, de acordo com Correa (2003).

O CP II Z 32 RS apresenta coeficiente de variação superior aos 7 dias, com 7,89%, sendo maior que aos 3 dias e 28 dias, respectivamente 7,53% e 6,83%. Enquanto que a variabilidade do CP II F 32 aos 3 dias, chegou a 17%, passando a 9% nos 28 dias.

Os cimentos Portland Pozolânicos, tipo IV, apresentaram todos os valores médios acima das especificações normativas nas idades de 3, 7 e 28 dias. O CP IV 32 apresentou crescimento no coeficiente de variação do primeiro período (1992 a 2003) para o segundo, 2004 a 2012, atingindo neste último 25,9%, 19,0% e 14,5%, respectivamente aos 3, 7 e 28 dias de idade. Ainda, entre os períodos a resistência média à compressão permaneceu invariável.

Para este cimento a subdivisão segundo as classificações indicou que o cimento “Com Selo” tem redução no coeficiente de variação do primeiro período, para o segundo, e ainda apresentam crescimento na resistência média à compressão. Já o cimento “Sem Selo” apresenta diminuição na resistência à compressão média e aumento do coeficiente de variação, quando comparado os períodos de 1992 a 2003, e com 2004 a 2012.

As marcas comerciais “F” e “Q” de cimento CP IV 32 apresentaram todos coeficientes de variações acima de 15%, o que classifica como sendo de média variação. No caso do cimento “Q” foram alcançadas as resistências mínimas à compressão em todas as idades. Já a marca “F” em nenhuma das idades de referência conseguiu atingir a resistência mínima.

Por outro lado, as marcas “R”, “I”, “E” e “A” em algumas das idades obtiveram como resultado o coeficiente de variação classificado em médio, conforme Correa (2003). E a marca “M” obteve todos os coeficientes de variação abaixo de 15%, classificando-se como baixa variação. Para esse grupo de marcas foram alcançadas as resistências mínimas à compressão, exceto o cimento “I” na idade de 28 dias, que obteve 31,2 MPa.

Em particular o cimento “A” teve o aumento da resistência mecânica do período compreendido entre 1992 a 2003, para 2004 a 2012 e em sentido contrário houve a redução do coeficiente de variação amostral.

O cimento CP IV 32 RS constatou uma variabilidade elevada de forma geral, obtendo 28,1% aos 3 dias, 23,3% nos 7 dias e 17,7% em 28 dias de idade, enquanto que as resistências médias respeitam as condições impostas pela respectiva norma.

A variabilidade do CP IV 32 RS pode ser justificada pelo cimento “Sem Selo”, que apresenta 27,2% de variação aos 28 dias, e mais de 40% aos 3 e 7 dias, mesmo assim respeita os valores mínimos de resistência conforme a norma. Enquanto o cimento “Com Selo” apresentou, de forma geral, variabilidade de 8% aos 28 dias de idade, tendo suas resistências à compressão média respeitando os valores normativos.

A marca “B” fabricante de CP IV 32 RS apenas na idade de 3 dias atende a resistência mínima da norma, e também, quando comparada ao cimento “Q” possui coeficiente de variação três vezes maior em todas as idades. O cimento “Q”, por sua vez, atinge a resistência mínima por norma nas idades de 3, 7 e 28 dias. Já a marca “A” possui comportamento análogo ao do cimento “Q”.

Para o cimento Portland de Alta Resistencia Inicial, tipo V ARI, todos os valores de resistência à compressão situaram-se acima dos valores mínimos da norma, onde também houve a redução do coeficiente de variação conforme avanço da idade de ensaio. Ao situar a análise nos dois períodos considerados, houve a redução do coeficiente de variação do período de 1992 a 2003, em relação a 2004 a 2012, também a resistência à compressão média teve pequeno incremento.

No caso do CP V ARI RS, as resistências médias resultaram em valores acima do mínimo imposto pela norma, sendo que a variação nas idades de 1 e 3 dias ficou em torno de 19%, e aos 7 dias situou-se abaixo de 9%.

Diante de todos os resultados encontrados na avaliação da resistência à compressão é nítida a variabilidade entre marcas diferentes de mesmos tipos de cimento Portland, e até mesmo em período diferentes, ou seja, com base nas classificações adotadas. Em suma, as variabilidades foram consideradas como baixa, média e alta, conforme as classificações adotadas no quadro 6 (CORREA,2003).

Battagin e Battagin (2010) citam que as mudanças realizadas na produção de cimento Portland não repercutiram de forma significativa na resistência à compressão. Ao contrário desta afirmação, verifica-se que as resistências médias à compressão em alguns casos diminuiram.

Noutro sentido algumas marcas comerciais mantiveram a variabilidade, como baixa, no decorrer das idades de ensaio, já outras obtiveram redução do coeficiente de variação, mas ainda assim ficaram classificadas como média variabilidade.

Por outro lado, os cimentos passíveis de análise conforme “Sem Selo” contribuíram de forma direta para altos valores de coeficiente de variação, tanto no plano de análise geral, quando individual, e também contribuíram para a diminuição da resistência à compressão média, entre os diferentes períodos.

6.5 Análise do crescimento da resistência à compressão nas diferentes idades

O crescimento da resistência à compressão para os diversos tipos de cimento Portland é função somente do grau de hidratação e da composição química do cimento, pois o agregado e a quantidade de água são fixos, conforme o procedimento para determinação da resistência à compressão do cimento Portland (Helene e Terzian, 1992).

Através dos valores de resistências à compressão dos diferentes tipos de cimento Portland, e visando a previsão de forma estimada do comportamento da resistência à compressão com a idade, foram calculados os coeficientes de crescimento.

Para o respectivo cálculo foram adotadas as idades, conforme documento normativo em vigor. Dessa maneira, conhecendo-se a resistência em determinada idade, é possível estimar a resistência em idades mais avançadas. Não se deve esquecer que há uma variabilidade em torno do valor médio estimado.

Os coeficientes de crescimento médio estão expostos no quadro 44, enquanto que o coeficiente de variação está apresentado no quadro 45.

Coeficiente de Crescimento			
Cimento	Relação entre idades (dias)		
	3-7	3-28	7-28
CP I S 32	1,21	1,54	1,27
CP II Z 32	1,20	1,48	1,24
CP II Z 32 RS	1,18	1,47	1,26
CP II F 32	1,25	1,56	1,25
CP IV 32	1,30	1,98	1,54
CP IV 32 RS	1,27	1,83	1,45

Quadro 44 - Coeficiente de crescimento da resistência à compressão para os diferentes tipos de cimento Portland.

Coeficiente de variação (%)			
Cimento	Relação entre idades (dias)		
	3-7	3-28	7-28
CP I S 32	8,01	12,20	7,82
CP II Z 32	6,59	9,77	7,14
CP II Z 32 RS	4,33	9,90	7,31
CP II F 32	9,64	9,21	6,70
CP IV 32	8,92	12,70	8,97
CP IV 32 RS	8,52	15,10	10,1

Quadro 45 - Coeficiente de variação dos crescimentos dos diferentes tipos de cimento Portland.

Ao se admitir que a resistência à compressão de um cimento é em função do grau de hidratação, Petrucci (1998) cita que o crescimento da resistência do cimento Portland Comum tipo I fica na ordem de 53% para crescimento de 3 para 7 dias de idade; já de 3 a 28 dias atinge 113% e de 7 para 28 dias cresce 40%.

Ao tomar por base os resultados encontrados por Petrucci (1998) os coeficientes calculados nesta pesquisa para o CP I S 32, não corroboram os valores, salientado pelo autor.

Com base nos dados do quadro 43 é possível verificar que as resistências à compressão dos cimentos Portland do tipo I – Comum e tipo II – Composto crescem aproximadamente 20% de 3 para 7 dias, enquanto que o tipo IV Pozolânico cresce em torno de 30% para o mesmo período. Neste período de crescimento, o coeficiente de variação ficou inferior a 10%, ou seja, a variabilidade é baixa.

Em contrapartida, de 3 para 28 dias, o cimento tipo IV tem um valor de crescimento da resistência da ordem de 90%, e os cimentos tipo I e II na faixa de 50%, sendo que o coeficiente de variação para os cimentos CP I 32 , CP IV 32 e CP IV 32 RS ficam acima de 12%, tendo uma variação mais elevada quando comparado à primeira estimativa de crescimento.

De 7 para 28 dias, os cimentos do tipo I e II têm crescimento em torno de 25%, e os do tipo pozolânico ficam na faixa 50%, enquanto que as variações ficam compreendidas entre 6,7% e 10,1 %, respectivamente para o CP II F 32 e CP IV 32 RS.

Outro ponto importante em relação aos crescimentos é relativo à porcentagem de resultados acima dos valores mínimos, referente às respectivas normas. O quadro 46 representa a porcentagem de amostras que atingiram os resultados conforme a norma.

Resistência à compressão alcançada (%)			
Cimento	Idade (dias)		
	3 (≥10,0MPa)	7 (≥20,0MPa)	28 (≥32,0MPa)
CP I S 32	97,1	100,0	93,3
CP II Z 32	98,7	97,8	97,8
CP II Z 32 RS	100,0	98,6	97,2
CP II F 32	98,2	100,0	96,2
CP IV 32	98,0	85,3	82,7
CP IV 32 RS	92,6	85,4	85,5

Quadro 46 - Porcentagem de obtenção da resistência à compressão conforme norma para idade de 3, 7 e 28 dias.

Verifica-se que aos 3 dias de idade todos os tipos de cimento Portland possuem acima de 90% dos resultados atingindo a resistência mínima de 10,0MPa. Já aos 7 dias para o CP I S 32 e CP II F 32 todos os resultados alcançaram a resistência mínima, enquanto no caso do CP IV 32 e CP IV 32 RS o percentual ficou ligeiramente acima de 85%.

Na análise para os 28 dias de idade, quando a resistência à compressão deve atingir no mínimo 32,0 MPa, todos os tipos de cimento Portland, exceto o CP IV 32 RS, tiveram queda nos valores, como por exemplo, o CP IV 32, passou a ter 82,7% dos resultados maior ou igual a 32,0 MPa.

Os cimentos CP V ARI e CP V ARI RS foram tratados separadamente, devido às idades d norma para ensaio de resistência à compressão serem diferentes dos demais. Verifica-se que esses dois tipos de cimento Portland têm cerca de 90% dos resultados acima de 14,0 MPa, no primeiro dia de idade, enquanto que aos 3 dias o CP V ARI passa a ter 95,9%, e o CP V ARI RS ainda situa-se perto de 90%. Também há uma queda brusca para o CP V ARI, que aos 7 dias de idade, devendo atingir 34,0 MPa de resistência à compressão, têm apenas 90% dos resultados e ainda o CP V ARI RS resulta em apenas 76,8%, como pode ser analisado no quadro 47.

Resistência à compressão alcançada (%)			
Cimento	Idade (dias)		
	1 (≥14,0MPa)	3 (≥24,0MPa)	7 (≥34,0MPa)
CP V ARI	89,1	95,9	90,2
CP V ARI RS	89,5	87,5	76,8

Quadro 47 - Porcentagem de obtenção da resistência à compressão conforme norma – CP V ARI e CP V ARI RS.

Além da alta concentração de resultados de ensaio de resistência à compressão que não atingem os valores mínimos conforme a norma, observa-se uma elevada dispersão em torno da média, o que torna os crescimentos médios muito variáveis.

Do primeiro dia para o terceiro dia há um crescimento médio de 79% para o CP V ARI, enquanto que para o CP V ARI RS fica próximo de 70%, e quando comparado de 1 dia para 7 dias, esse crescimento chega a 108% e 96%, respectivamente para CP V ARI e CP V ARI RS, como pode ser analisado no quadro 48.

Coefficiente de Crescimento			
Cimento	Relação entre idades (dias)		
	1-3	1-7	3-7
CP V ARI	1,79	2,08	1,17
CP V ARI RS	1,70	1,96	1,14

Quadro 48 - Coeficiente de crescimento da resistência à compressão para as idades de 1, 3 e 7 dias - CP V ARI e CP V ARI RS.

Já para o crescimento da resistência à compressão de 3 para 7 dias observa-se uma estabilização para os dois tipos de cimento, ficando na faixa de 15%. Em todos os casos o cimento CP V ARI tem crescimento médio superior, quando comparado ao CP V ARI RS. Também, deve-se enfatizar que o cimento CP V ARI possui, em todas as correlações de crescimento, um coeficiente de variação superior ao CP V ARI RS, passando de 21,6% no primeiro coeficiente de crescimento para 24,2%, no crescimento de 1 para 7 dias.

Petrucci (1998) cita que o crescimento da resistência do cimento Portland de Alta Resistência Inicial fica na ordem de 30% para crescimento de 3 para 7 dias de idade. Ao tomar por base o crescimento indicado pelo autor o coeficiente calculado é menor tanto para o CP V ARI quanto para o CP V ARI RS.

Outro ponto em comum aos dois cimentos é o acréscimo da variação do segundo crescimento (1 para 7 dias), ficando próximo à 20%, ou seja, considerado uma variabilidade média de acordo com Correa (2003). Os dados estão expostos no quadro 49.

Coefficiente de variação (%)			
Cimento	Relação entre idades (dias)		
	1-3	1-7	3-7
CP V ARI	21,6	24,2	6,85
CP V ARI RS	14,7	18,3	5,73

Quadro 49 - Coeficientes de variação de crescimento - CP V ARI e CP V ARI RS.

Em suma os coeficientes de crescimento de 3 para 7 dias para ambos cimentos estão situados na faixa de baixa variação (CORREA, 2003) com os valores de 6,85% para o CP V ARI e de 5,73% para o CP V ARI RS.

6.6 Resistência Característica do Cimento Portland

Segundo os critérios adotados pelas normas referentes à especificação de cada tipo cimento Portland, a resistência característica à compressão é aquela em que no mínimo 97% dos resultados são iguais ou superiores, ou seja, apenas 3% dos resultados não a atingem.

Através do teste de aderência entre os resultados de resistência à compressão para os diversos tipos de cimento Portland, constatou-se que a hipótese do conjunto de dados seguir uma distribuição normal não pode ser rejeitada, segundo o teste de Kolmogorov-Smirnov, efetuado para todos os tipos de cimento Portland estudados.

Com isso, para todos os cimentos Portland catalogados no estudo e as marcas comerciais que apresentaram mais de 20 resultados, foram realizados os cálculos da resistência característica à compressão, e os resultados são apresentados nos itens que seguem.

6.6.1 Cimento Portland Comum – CP I S

Para este tipo de cimento foi realizado o cálculo da resistência característica para todas as idades de ensaio, conforme a distribuição de probabilidade pela curva de Gauss, sendo considerado o desvio-padrão, média e probabilidade de não ser atingido o valor mínimo. A figura 47 demonstra a curva de Gauss utilizada para o cálculo desta resistência.

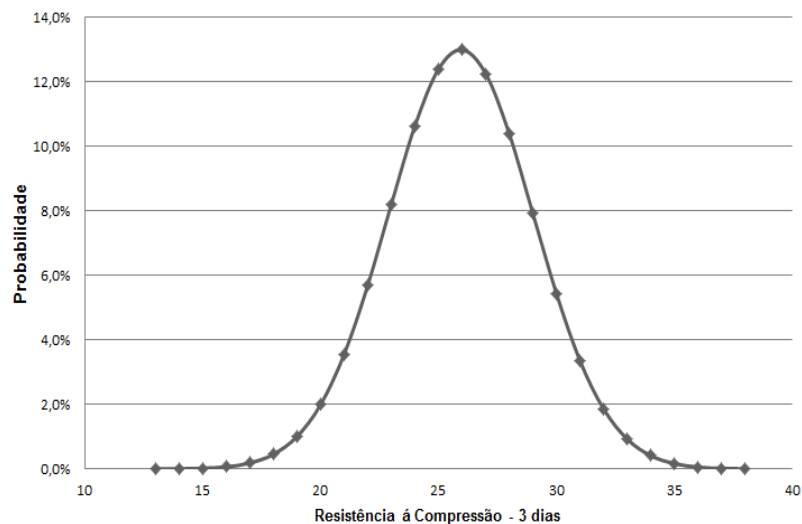


Figura 47 - Distribuição de probabilidade da resistência à compressão para análise geral – CP I S 32.

Esta curva ilustra a distribuição de probabilidade para o grupo geral de resultados do CP I S 32, para a idade de 3 dias. No quadro 50 são expressos os resultados da resistência característica à compressão do cimento Portland do tipo I S, classe 32.

Cimento	Resistência característica do cimento Portland (MPa)		
	3 dias	7 dias	28 dias
CP I S 32	20,2	24,5	29,6
Requisito da Norma	≥10,0	≥20,0	≥32,0

Quadro 50 - Resistência característica à compressão do CP I S 32.

Com os resultados é possível observar que aos 3 e 7 dias as resistências características, conforme as referências normativas, são atendidas. Aos 28 dias a resistência mínima característica não é aceita para o nível de 97% de confiança, sendo que essa resistência é atingida apenas por 91,2% dos valores, ou seja, há a probabilidade de 8,8% dos valores não atingirem a resistência característica.

A marca “A” apresentou resistência característica à compressão na idade de 7 dias 22,3 MPa e aos 28 dias 28,4 MPa. Nesta última idade não é atingida a resistência característica, sendo que com uma probabilidade de 13,8% seria alcançada a resistência mínima de 32,0 MPa.

6.6.2 Cimento Portland Composto – tipo II

6.6.2.1 Cimento Portland Composto - CP II Z

No cálculo da resistência característica à compressão para o cimento Portland CP II Z, classe 32, verificou-se que na análise geral, em todas as idades de referência, foi respeitada a resistência exigida pela norma, a fim de que 97% dos resultados sejam superiores aos mínimos exigidos. Assim, deve-se frisar que na idade de 28 dias a resistência característica foi de 32,0 MPa, limite mínimo para a incerteza de 3%, e também aos 3 e 7 dias as resistências características foram respectivamente de 18,7 MPa e 24,7 MPa.

Quando se procedeu ao tratamento de dados em separado segundo a classificação, não foi possível analisar, pois a maior parte dos resultados pertence ao cimento “Com Selo”.

A marca “A” de CP II Z 32 tem resistência característica à compressão para 3, 7 e 28 dias, respectivamente de 19,9 MPa, 25,8 MPa e 33,1 MPa, ou seja, atinge os resultados mínimos normativos.

Já a marca “Q” apenas na idade de 3 dias atinge a resistência característica à compressão mínima (10,0 MPa) obtendo 12,2 MPa, e para as idades de 7 e 28 dias atinge 16,6 MPa e 24,7 MPa. Para atingir a resistência mínima característica nas idades seria necessário um nível de confiança de 88,5% aos 7 dias e 78,4% aos 28 dias.

Já o cimento Portland CP II Z 32 RS, na análise geral, apresenta em todas as idades resistência característica superior aos valores estabelecidos pela norma, sendo que aos 3, 7 e 28 dias as resistências são respectivamente, 23,3 MPa, 27,3 MPa e 34,4 MPa.

Os valores para essa categoria de cimento Portland representam uma curva de Gauss mais estreita, ou seja, com desvio-padrão menor. A figura 48 mostra os resultados para o histograma de frequências com a projeção da curva normal, pelo software Statistica 7

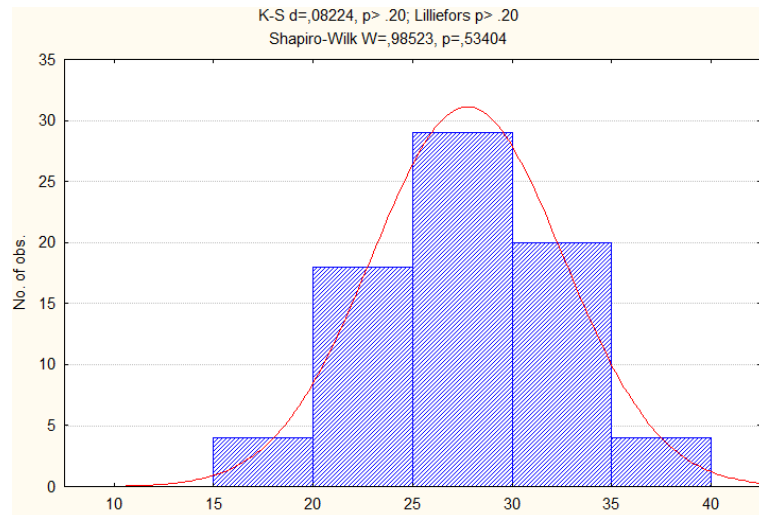


Figura 48 - Distribuição de probabilidade da resistência à compressão aos 3 dias – CP II Z 32.

Ressalta-se que a análise para o CP II Z 32 RS foi realizada com 100% da amostra correspondente ao cimento “Com Selo”, onde não há nenhum registro no banco de dados de outras classificações e também é correspondente a uma única marca comercial.

6.6.2.2 Cimento Portland Composto - CP II F

A resistência característica à compressão do cimento Portland tipo II F, classe 32, quando analisado, de forma geral, atinge os valores especificados em norma para as idades de 3 e 7 dias, tendo resistência respectivamente de 17,8 MPa e 23,5 MPa.

Porém, quando comparada aos 28 dias de idade, a resistência não é atingida, tendo 30,0 MPa para 97% de probabilidade de ocorrência. Para se atingir a resistência característica de 32,0 MPa seria necessário aumentar o limite de incerteza para 9,47%.

Na figura 49 estão apresentadas as três curvas de Gauss da análise em separado da marca “L” do cimento CP II F 32 nas idades de 3 e 7 dias de idade. As resistências características à compressão atingem respectivamente, 18,6 MPa e 23,2 MPa. Já aos 28 dias essa marca resultou em 30,7 MPa e a resistência de 32,0 MPa é alcançada com uma incerteza de 90,9%.

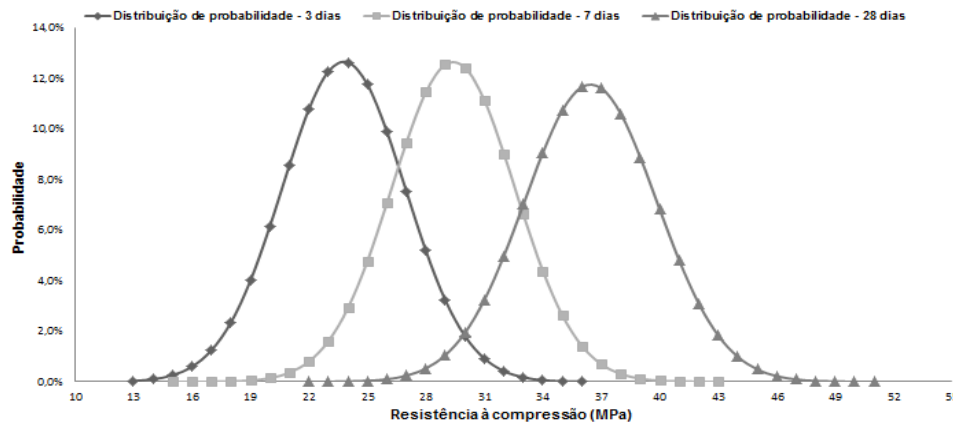


Figura 49 - Curvas de distribuição de probabilidade do cimento “L” – CP II F 32.

6.6.3 Cimento Portland Pozolânico - CP IV

Para o cálculo da resistência característica à compressão do cimento Portland pozolânico do tipo IV, de classe 32, foi realizada a análise geral para toda a amostra. Também, foi verificada a resistência característica à compressão para cada grupo de classificação do cimento: “Com Selo” e “Sem Selo”. Os resultados da análise estão expostos no quadro 51 e a figura 50 apresenta o histograma de frequência e a curva normal para a análise geral do CP IV 32 aos 28 dias.

Classificação	Resistência característica do cimento Portland (MPa)		
	3 dias	7 dias	28 dias
Geral	11,8	16,5	27,8
Com Selo	13,8	18,6	31,1
Sem Selo	10,3	14,9	25,2
Requisito da Norma	≥10,0	≥20,0	≥32,0

Quadro 51 - Resistência característica à compressão do CP IV 32.

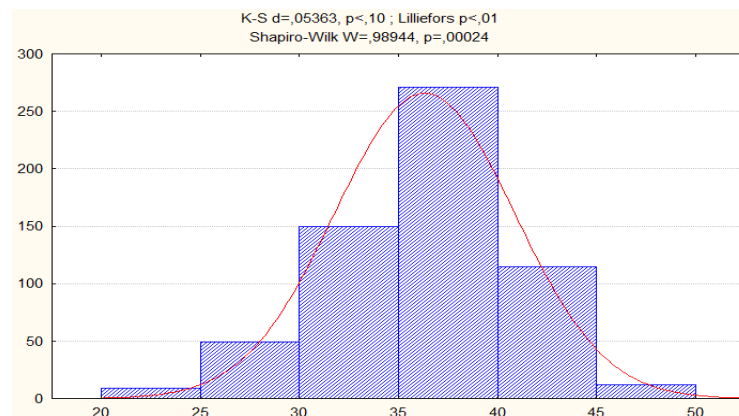


Figura 50 - Histograma de frequência e curva normal da análise geral aos 28 dias - CP IV 32.

Com base nos resultados é notório que apenas na idade de 3 dias a condição mínima da norma para a resistência característica à compressão é respeitada, sendo que a classificação “Sem Selo” ficou muito próxima do limite. Aos 7 e 28 dias em nenhuma das situações o valor, para nível de confiança de 97%, foi alcançado. Nota-se que, dentre as classificações, a “Com Selo” é a que mais se aproxima dos valores. A figura 51 apresentada a curva de distribuição do cimento “Com Selo” aos 28 dias de idade.

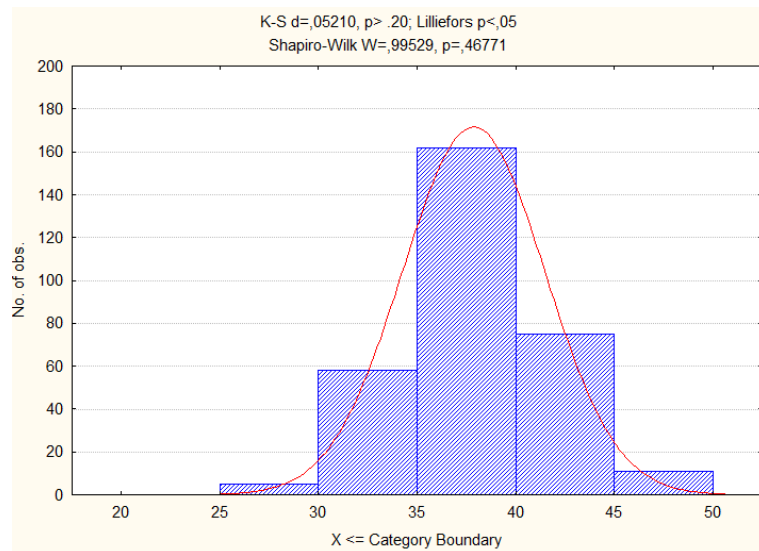


Figura 51 - Histograma de frequência do cimento "Com Selo" aos 28 dias - CP IV 32.

No caso da classificação “Geral” a resistência característica à compressão seria alcançada para um nível de confiança de 83,20% e 82,92%, respectivamente aos 7 dias e 28 dias.

A fim de verificar o comportamento da resistência característica ao longo do tempo, tomou-se para análise a divisão entre os períodos abaixo, expressos no quadro 52.

Idade (dias)	Resistência característica à compressão (MPa)					
	Geral		Com Selo		Sem Selo	
	1992-2003	2004-2012	1992-2003	2004-2012	1992-2003	2004-2012
3	12,7	9,4	13,5	14,8	11,7	9,3
7	17,7	15,1	18,2	19,6	17,1	13,3
28	28,9	26,3	30,5	32,5	27,2	23,4

Quadro 52 - Resistência característica à compressão do CP IV 32 por períodos e classificações.

Perante os dados é possível verificar que, para a classificação “Geral”, houve decréscimo da resistência característica do primeiro ao segundo período, sendo que a resistência característica foi atingida apenas na idade de 3 dias, para o período de 1992-2003, e nas outras idades não foram alcançados os limites impostos.

Entretanto o cimento “Com Selo”, para todas as idades, obteve crescimento na resistência característica, sendo que apenas na idade de 7 dias não atingiu o mínimo especificado por norma (20,0 MPa).

Já a classificação “Sem Selo” resultou em decréscimo da resistência à compressão para todas as idades, em comparação ao primeiro e segundo períodos, sendo que em nenhum momento a resistência mínima característica foi atingida. Para alcançar esses requisitos normativos o nível de confiança ficaria entre 70% e 80%, e não os 97% que é exigido pela norma.

No quadro 53 estão expostos os resultados das marcas individuais de cimento Portland Pozolânico tipo IV, classe 32.

Marca	Resistência característica do cimento Portland (MPa)		
	3 dias	7 dias	28 dias
R	13,8	18,4	29,3
Q	12,2	16,6	25,1
M	14,2	19,4	31,0
I	11,2	15,0	24,8
F	6,48	10,4	18,4
E	11,2	17,2	28,4
A	13,4	18,3	30,9
Requisito da Norma	≥10,0	≥20,0	≥32,0

Quadro 53 - Resistência característica à compressão para diferentes marcas – CP IV 32.

Constata-se através dos resultados que nenhuma das marcas comerciais atinge as resistências à compressão característica solicitada em todas as idades de referência conforme a norma (NBR 5736:1991).

A marca “F” em nenhuma idade respeita a resistência mínima. Já as demais marcas não atingem as resistências exigidas aos 7 e 28 dias. Os cimentos “A”, “M” e “R” são os que mais se aproximaram dos valores de 20,0 MPa (7 dias) e 32,0 MPa (28 dias).

O comportamento da análise geral da variabilidade da resistência característica à compressão do cimento Portland CP IV 32 RS foi análogo ao verificado para o CP IV 32. Quando a amostra foi submetida a uma análise geral, a resistência característica não foi alcançada em nenhuma das idades, como pode-se visualizar no quadro 54.

Classificação	Resistência característica do cimento Portland (MPa)		
	3 dias	7 dias	28 dias
Geral	9,9	14,7	25,2
Com Selo	16,3	23,0	34,2
Sem Selo	1,93	4,3	13,8
Requisito da Norma	≥10,0	≥20,0	≥32,0

Quadro 54 - Resistência característica à compressão do CP IV 32 RS.

Em relação à variação que os resultados da análise geral sofrem, estão diretamente interligados com os resultados do cimento “Sem Selo”, pois o cimento “Com Selo” obteve a resistência mínima característica estipulada pela norma. Ou seja, toda a perturbação causada à amostra geral se deve ao alto coeficiente de variação pertencente ao cimento “Sem Selo”, visto anteriormente.

Ao tomar a análise conforme a marca de cimento Portland CP IV 32 RS, são constatadas as diferenças entre os resultados obtidos, que constam no quadro 55.

Marca	Resistência característica do cimento Portland (MPa)		
	3 dias	7 dias	28 dias
B	2,89	5,41	14,8
Q	18,2	23,3	34,4
A	15,8	23,1	34,4
Requisito da Norma	≥10,0	≥20,0	≥32,0

Quadro 55 - Resistência característica à compressão para diferentes marcas – CP IV 32 RS.

De fato os cimentos “Q” e “A” atingiram as resistências à compressão em todas as idades estipuladas conforme a norma, confirmando a classificação do coeficiente de variação em baixo.

Já no caso do cimento “B” a resistência característica à compressão não foi alcançada em nenhuma das idades de ensaio, tal fato deve-se ao coeficiente de variação ficar considerado como médio e por apresentar valores entre 22,5% (28 dias) à 39,7% (3 dias) causando perturbação aos resultados.

6.6.4 Cimento Portland de Alta Resistência Inicial - CP V ARI

Para o cimento Portland de alta resistência inicial a distribuição de probabilidade para o cálculo da resistência característica à compressão, admitindo que 97% dos valores sejam atingidos, resultaram nos valores de 11,8 MPa, 25,3 MPa e 30,7 MPa, para as idades de 1,3 e 7 dias,

respectivamente. Assim, apenas na idade de 3 dias foi respeitada a resistência normativa de 24 MPa, não atingindo os valores de 14 e 34 MPa para 1 e 7 dias de idade.

A variabilidade indica que tanto o cimento “Com Selo” como o “Sem Selo” apresentam problemas quando confrontados com resistência à compressão característica.

O cimento “Com Selo” não atinge as resistências nas idades de 1 e 7 dias, onde apresenta respectivamente 12,3 MPa e 31,3 MPa, enquanto que aos 3 dias obtêm 26,5 MPa de resistência característica à compressão.

Por outro lado o cimento “Sem Selo” ultrapassa o limite da norma em 1 e 3 dias de idade, resultando em 14,2 MPa e 25,6 MPa, enquanto que aos 7 dias atinge 30,4 MPa. Nessa idade a resistência característica de norma, 34,0 MPa, poderia ser obtida caso o nível de confiança fosse de 84,79%, ou seja, em 15,21% dos resultados a resistência não seria obtida.

Também ao analisar-se a marca comercial “L” a mesma em nenhum momento apresentou a resistência mínima característica especifica pela norma, conforme exposto no quadro 56.

Marca	Resistência característica do cimento Portland (MPa)		
	1 dia	3 dias	7 dias
L	9,34	23,8	28,9
Requisito da Norma	≥14,0	≥24,0	≥34,0

Quadro 56 - Resistência característica à compressão da marca “L” – CP V ARI.

No caso do cimento Portland CP V ARI RS a análise da resistência característica à compressão resultou no quadro 57.

Classificação	Resistência característica do cimento Portland (MPa)		
	1 dia	3 dias	7 dias
Geral	12,0	19,8	30,3
Com Selo	13,3	17,4	30,1
Sem Selo	10,8	23,7	33,3
Requisito da Norma	≥14,0	≥24,0	≥34,0

Quadro 57 - Resistência característica à compressão do CP V ARI RS.

A análise geral mostra que em nenhuma idade de ensaio é alcançada a resistência mínima citada pela norma, conclusão válida também ao cimento “Com Selo”. Já o cimento “Sem Selo” apresenta valores mais próximos dos limites mínimos, tanto para a idade de 3 dias, quanto para os 7 dias.

Os valores de resistência mínima são atingidos em 70% dos resultados, ou seja, a probabilidade de não se atingir resistência característica à compressão fica entre 15% e 30%.

6.6.5 Comentários gerais da resistência característica do cimento Portland

Verificou-se que para a análise geral do cimento Portland comum, tipo I, a resistência característica à compressão aos 28 dias, não atingiu o especificado como mínimo na norma NBR 5732 (ABNT, 1991) que é de 32,0 MPa.

Os resultados de resistência à compressão característica dos cimentos Portland composto, do tipo II, quando representado pelas análises gerais os cimentos CP II Z 32 e CP II Z 32 RS, satisfizeram a condição normativa imposta nas idades de referência, atingindo no mínimo aos 3 dias, 10,0 MPa, aos 7 dias, 20,0 MPa, e 32,0 MPa aos 28 dias.

Enquanto que na análise por marca comercial do CP II Z 32 a denominada “A” atendeu em todas as idades de norma a resistência característica, enquanto que a marca “Q” ficou fora nas idades de 7 e 28 dias.

Já o cimento CP II F 32 atingiu o limite de 30,0 MPa aos 28 dias, ficando fora da conformidade nesta idade. A marca “L” de cimento CP II F 32 não ficou enquadrada na idade de 28 dias, obtendo apenas 30,7 MPa, onde o mínimo é de 32,0 MPa, sendo que nas demais idades os resultados foram superiores.

Os cimentos mais utilizados na região sul do país, CP IV 32 e CP IV 32 RS, não satisfizeram as condições imposta pelas referidas normas. Ainda, quando efetuada a subdivisão em períodos, o CP IV 32 apresentou, de forma geral, decréscimo na resistência característica, a partir do primeiro período (1992 a 2003), para o segundo (2004 a 2012). Já quando separado por classificação, o cimento “Com Selo” obteve crescimento da resistência característica do primeiro período ao segundo, enquanto que o cimento “Sem Selo” obteve decréscimo, sendo desta forma o responsável pela tendência geral, salientando que a resistência característica não foi alcançada.

No estudo do CP IV 32 nenhuma das marcas obteve resistência característica igual ou superior aos valores de norma em todas as idades. Lembrando que a marca “F” não atingiu nenhum dos resultados mínimos da norma.

Já o cimento CP IV 32 RS, os cimentos “Com Selo” atenderam a norma, enquanto que os cimentos “Sem Selo” não atingiram as resistências características à compressão, induzindo a análise geral a admitir não ser atingida a resistência mínima.

As marcas fabricantes de CP IV 32 RS “A” e “Q” apresentaram em todas as idades valores superiores aos estabelecidos de 10,0 MPa (3 dias), 20,0 MPa (7 dias) e 32,0 MPa (28 dias). Por outro lado, a marca “B” não atingiu em nenhum momento a resistência característica normativa.

E por fim, os cimentos Portland de alta resistência inicial, CP V ARI e CP V ARI RS, não atingiram as resistências características à compressão, de modo que, somente o CP V ARI, na idade de 3 dias, obteve a resistência característica mínima; e também a marca denominada “L” de CP V ARI não atendeu nenhum dos requisitos mínimos de resistência característica à compressão.

7 CONCLUSÕES FINAIS

A partir de resultados de ensaios registrados durante um período de 21 anos, entre 1992 a 2012, no Laboratório de Materiais de Construção Civil da Fundação de Ciência e Tecnologia do Estado do Rio Grande do Sul – CIENTEC, foi montado um banco de dados referente à resistência à compressão das idades indicadas pelas referências normativas, ao índice de consistência da argamassa normal e à superfície específica Blaine dos diferentes tipos e classes de cimento Portland comercializados no sul do Brasil.

Este banco de dados permitiu a realização das análises considerando duas faixas de tempo relacionadas a dois distintos momentos da economia brasileira, entre 1992 a 2003, referente ao pequeno crescimento do país e da indústria cimenteira, e entre 2004 a 2012, relacionado à retomada do crescimento do Brasil e consequente aumento do consumo de cimento. Da mesma forma, foi possível, separar os fabricantes de cimento que possuem o selo de qualidade segundo os padrões da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) – “Com Selo” – dos que não possuem – “Sem Selo”. Pode-se ainda segmentar os dados de acordo com os tipos e marcas de cimento.

As conclusões do presente trabalho foram divididas em quatro etapas, conforme a seguir.

7.1 Conclusões de caráter geral

- a) considerando que as amostras diárias ensaiadas pelas fábricas de cimento são compostas a partir de várias coletas feitas ao longo de um período de produção, o que minimiza as variações pontuais, é possível considerar importante a variação verificada nos cimento que abasteceram o mercado do Rio Grande do Sul no período compreendido entre 1992 a 2012;
- b) os cimentos que não apresentavam selo da ABCP, no mesmo período, apresentaram resultados muito abaixo dos valores de especificações pertinentes as referidas normas e representaram risco ao consumidor;
- c) a consideração dos cimentos do tipo CP IV sem selo da ABCP na análise global apresentada para esse tipo de cimento, pode sugerir a um leitor não familiarizado com o tema, acerca da ideia em que todo o cimento consumido no Rio Grande do Sul, no período, não apresentava o desempenho mínimo especificado;
- d) a qualidade de um cimento não pode ser avaliada exclusivamente por seu desempenho no ensaio destinado à quantificação da resistência à compressão, mas sim pelo

rendimento no produto final, o concreto ou argamassa, em função da demanda de água para a obtenção de uma mesma trabalhabilidade;

- e) é possível atribuir a variação observada nos cimentos do tipo CP IV ao teor de substituição de clínquer por pozolana e de seu desempenho como tal;
- f) ao analisar o desempenho de alguns cimentos do tipo CP IV é possível minimizar a importância dada ao apelo ecológico uma vez que o baixo rendimento pode exigir consumos elevados de cimento na produção de concretos não havendo a redução no consumo de clínquer como admitida;
- g) diante dos coeficientes de variação calculados no trabalho é possível questionar a afirmação de não ser significativa a influência na variação da resistência do cimento sobre a variação da resistência do concreto;
- h) a discrepância do intervalo existente entre os valores mínimos e máximos, tanto para o índice de consistência, resistência à compressão, superfície específica Blaine, são notórios em todos os tipos de cimento Portland e nas diferentes marcas estudadas merecendo respaldo na observação das variabilidades;
- i) ao considerar a classificação do coeficiente de variação conforme critérios estabelecido ao concreto, proposto pela ACI 214, em grande parte as variações calculadas são consideradas como ruim, isto vale tanto para todos os tipos e classes de cimento Portland, quanto para as diferentes marcas comerciais.

7.2 Conclusões em relação ao índice de consistência da argamassa padrão

A partir de todas as análises possíveis de serem realizadas no capítulo 6, em função do número de dados existentes, foram montados os quadros 58 e 59, onde se pode visualizar os índices de consistência e os coeficientes de variação de todos os cimentos Portland comercializados no sul do Brasil.

Tipo de cimento	Classificação	Tamanho da amostra	Índice de consistência médio (mm)	Coefficiente de variação (%)
CP I S 32	Geral	36	165	9,54
	Com Selo	28	163	9,87
	Marca "A"	20	162	11,4
CP II Z 32	Geral	90	179	7,77
	Com Selo	71	177	7,84
	Marca "A"	44	172	8,10

	Marca "Q"	18	181	5,47
CP II Z 32 RS	Geral	73	175	7,87
CP II F 32	Geral	55	176	9,72
	Marca "L"	23	178	8,74
CP IV 32	Geral	627	171	10,5
	Com Selo	326	170	10,1
	Sem Selo	280	173	10,6
	Não Declarado	21	156	9,88
	Marca "A"	286	169	9,79
	Marca "E"	40	178	13,3
	Marca "F"	23	170	9,69
	Marca "I"	43	180	11,1
	Marca "M"	27	154	7,21
	Marca "Q"	22	176	11,2
CP IV 32 RS	Marca "R"	124	174	8,74
	Geral	125	171	13,7
	Com Selo	93	172	15,2
	Sem Selo	26	168	7,9
	Marca "A"	45	161	7,84
	Marca "B"	20	166	7,88
CP V ARI	Marca "Q"	47	185	9,20
	Geral	123	178	10,2
	Com Selo	60	185	10,4
	Sem Selo	32	175	9,11
	Marca "L"	21	186	10,8
CP V ARI RS	Marca "R"	21	171	4,62
	Geral	73	182	8,63
	Com Selo	48	182	9,23
	Sem Selo	21	181	7,07
	Marca "Q"	25	175	9,36

Quadro 58 - Índice de consistência médio e coeficiente de variação para os diversos tipos de cimento Portland, conforme análise geral.

Tipo de cimento	Classificação	Tamanho da amostra		Índice de consistência médio (mm)		Coeficiente de variação (%)	
		1992-2003	2004-2012	1992-2003	2004-2012	1992-2003	2004-2012
CP IV 32	Geral	365	262	167	176	10,1	10,2
	Com Selo	202	124	164	180	8,05	10,2
	Sem Selo	146	134	173	173	11,1	10,0
	Marca "A"	192	94	163	180	7,74	10,1
CP V ARI	Geral	91	32	172	197	8,31	7,67
	Com Selo	37	23	177	197	9,52	8,41

Quadro 59 - Índice de consistência médio e coeficiente de variação para os diversos tipos de cimento Portland por período.

A partir dos quadros 58 e 59, podem-se tirar as seguintes conclusões:

- a) quando analisado de forma geral, por tipo de cimento, os índices de consistência médios variam de 165mm para o CP I S a 182 mm para o CP V ARI RS;
- b) quando analisado de forma geral, por tipo de cimento, os coeficientes de variação dos índices de consistência variaram de 7,77% para o CP II Z 32 a 13,70% para o CP IV 32 RS, ficando todos eles abaixo de 15%, podendo ser classificado como de baixa variabilidade, segundo Correa (2003);
- c) os coeficientes de variação dos cimentos “Com Selo” foram superiores aos dos cimentos “Sem Selo”;
- d) para um mesmo tipo de cimento, os coeficientes de variação, bem como o índice de consistência médio, apresentaram valores bastante distintos de acordo com as diferentes marcas;
- e) para os dois tipos de cimento (CP IV 32 e CP V ARI) que possuíam dados suficientes para análise nos dois períodos da economia brasileira (1992 a 2003 e 2004 a 2012), foi possível verificar um aumento no índice de consistência médio do primeiro para o segundo período, tanto para as classificações “Com Selo” e “Sem Selo” quanto para uma mesma marca comercial.

7.3 Conclusões em relação à superfície específica Blaine

Com base nos dados existentes para a superfície específica Blaine, foram elaborados os quadros 60 e 61 em função das análises possíveis de serem realizadas, conforme apresentado a seguir.

Tipo de cimento	Classificação	Tamanho da amostra	Superfície Específica Blaine (cm ² /g)	Coefficiente de variação (%)
CP I S 32	Geral	11	3480	6,21
CP II Z 32 RS	Geral	23	4490	6,74
CP IV 32	Geral	279	4430	11,0
	Com Selo	193	4430	6,69
	Sem Selo	72	4460	18,5
	Marca “A”	186	4410	5,94
CP IV 32 RS	Geral	62	4590	12,2
	Marca “A”	21	4580	7,13
	Marca “Q”	28	4820	6,11
CP V ARI	Geral	14	5030	9,79
CP V ARI RS	Geral	6	5170	10,4

Quadro 60 - Superfície específica Blaine média e coeficiente de variação para os diversos tipos de cimento Portland.

Tipo de cimento	Classificação	Tamanho da amostra		Superfície Específica Blaine (cm ² /g)		Coeficiente de variação (%)	
		1992-2003	2004-2012	1992-2003	2004-2012	1992-2003	2004-2012
CP IV 32	Geral	163	116	4360	4530	7,08	14,5
	Com Selo	128	63	4370	4540	4,52	8,91
	Sem Selo	21	51	4330	4510	15,3	19,5
	Marca "A"	127	59	4370	4510	5,94	7,69

Quadro 61 - Superfície específica Blaine média e coeficiente de variação para os diversos tipos de cimento Portland por período.

A partir dos quadros 60 e 61, podem-se tirar as seguintes conclusões em relação à superfície específica Blaine:

- a) quando analisado de forma geral, por tipo de cimento, as superfícies específicas Blaine médias variam de 3480 cm²/g para o CP I S a 5170 cm²/g para o CP V ARI RS;
- b) quando analisado de forma geral, por tipo de cimento, os coeficientes de variação das superfícies específicas Blaine variaram de 6,21% para o CP I S 32 a 12,2% para o CP IV 32 RS, ficando todos abaixo de 15%, podendo ser classificados como de baixa variabilidade, segundo Correa (2003);
- c) o coeficiente de variação do cimento CP IV 32, "Com Selo", foi inferior ao dos cimentos "Sem Selo" (CP IV 32);
- d) para um mesmo tipo de cimento, o coeficiente de variação, bem como a superfície específica Blaine, apresentaram valores distintos de acordo com as diferentes marcas;
- e) para o cimento CP IV 32, que possuiu dados suficientes para análise nos dois períodos da economia brasileira (1992 a 2003 e 2004 a 2012), foi possível verificar um aumento na superfície específica Blaine média e do coeficiente variação do primeiro para o segundo período, tanto para as classificações "Com Selo" e "Sem Selo" quanto para uma mesma marca comercial.

7.4 Conclusões em relação à resistência à compressão do cimento Portland

A partir de todas as análises possíveis de serem realizadas no capítulo 6, em função do número de dados existentes, foram elaborados os quadros 62 e 63, onde se pode visualizar a resistência média à compressão para cada tipo de cimento, conforme a idade de norma, e os coeficientes de variação de todos os cimentos Portland comercializados no sul do Brasil.

Tipo de cimento	Classificação	Idade de ensaio (dias)	Tamanho da amostra	Resistência à compressão média (MPa)	Coefficiente de variação (%)
CP I S 32	Geral	3	34	25,9	11,8
		7	36	30,8	10,9
		28	30	38,4	12,2
	Marca "A"	7	20	29,9	13,5
		28	20	36,9	12,2
CP II Z 32	Geral	3	75	27,8	17,3
		7	88	33,0	13,4
		28	88	40,7	11,4
	Com Selo	3	59	28,0	17,7
		7	71	33,2	13,5
		28	71	40,7	11,4
	Marca "A"	3	32	26,2	12,7
		7	44	32,1	10,4
		28	44	39,3	8,40
	Marca "Q"	3	20	21,7	23,2
		7	21	26,0	19,2
		28	22	37,2	17,8
CP II Z 32 RS	Com Selo	3	51	27,0	9,37
		7	72	31,5	10,5
		28	71	39,2	8,02
CP II F 32	Geral	3	55	23,4	17,5
		7	54	29,4	10,7
		28	52	36,4	9,00
	Marca "L"	3	21	22,4	8,94
		7	22	27,8	8,76
		28	22	35,2	6,81
CP IV 32	Geral	3	609	18,6	19,4
		7	619	23,8	16,3
		28	606	36,3	12,5
	Com Selo	3	314	19,7	15,7
		7	324	25,1	13,6
		28	314	37,9	9,55
	Sem Selo	3	279	17,4	21,7
		7	280	22,5	17,9
		28	277	34,7	14,5
	Marca "A"	3	27	18,4	12,1
		7	27	24,2	10,5
		28	27	35,8	8,44
	Marca "I"	3	43	16,6	17,2
		7	43	20,9	15,0
		28	43	31,2	10,8
	Marca "F"	3	24	13,1	26,9
		7	24	18,0	22,4

		28	24	29,7	20,2	
	Marca "E"	3	40	16,4	16,8	
		7	40	22,2	12,0	
		28	40	35,3	10,5	
	Marca "Q"	3	20	21,7	23,4	
		7	21	26,0	19,2	
		28	22	37,6	17,8	
	Marca "R"	3	124	19,4	15,4	
		7	124	24,5	13,3	
		28	122	37,0	11,1	
	CP IV 32 RS	Geral	3	121	21,0	28,1
			7	123	26,3	23,3
28			124	37,8	17,7	
Com Selo		3	89	22,8	15,0	
		7	91	28,4	10,2	
		28	92	40,3	8,03	
Sem Selo		3	26	13,0	45,3	
		7	26	17,6	40,2	
		28	26	28,2	27,2	
Marca "A"		3	46	21,3	13,6	
		7	46	27,6	8,75	
		28	46	39,5	6,84	
Marca "B"		3	20	11,3	39,7	
		7	20	15,3	34,5	
		28	20	25,6	22,5	
Marca "Q"		3	43	24,3	13,4	
		7	45	29,2	10,7	
		28	46	41,1	8,60	
CP V ARI		Geral	1	116	19,3	20,5
			3	123	32,8	12,1
			7	123	38,1	10,3
	Marca "L"	1	21	18,5	26,4	
		3	21	31,2	12,7	
		7	21	36,7	11,3	
CP V ARI RS	Geral	1	57	19,1	19,0	
		3	64	30,7	18,7	
		7	69	36,1	8,43	

Quadro 62 - Resistência à compressão média e coeficiente de variação para os diversos tipos de cimento Portland para diferentes idades.

Tipo de cimento	Classificação	Idade de ensaio (dias)	Tamanho da amostra		Resistência à compressão média (MPa)		Coeficiente de variação (%)	
			1992-2003	2004-2012	1992-2003	2004-2012	1992-2003	2004-2012
CP II Z 32	Geral	3	26	49	30,2	26,5	15,3	16,8
		7	26	62	35,2	32,1	12,9	12,8
		28	26	62	43,8	39,4	12,2	9,2
CP IV 32	Geral	3	353	256	18,7	18,3	17,1	25,9
		7	361	258	24,1	23,4	14,1	19,0
		28	353	253	36,4	36,2	10,9	14,5
	Com Selo	3	191	199	19,1	20,6	15,5	15,0
		7	199	122	24,6	25,9	13,7	13,0
		28	194	117	37,2	38,9	9,65	8,79
	Sem Selo	3	146	133	18,4	16,4	19,3	22,9
		7	146	133	23,6	21,2	14,7	19,9
		28	143	133	35,5	33,8	12,4	16,3
	Marca "A"	3	182	94	18,9	20,7	16,5	15,5
		7	192	93	24,6	25,8	15,1	11,7
		28	185	89	37,0	38,9	9,83	8,03
CP V ARI	Geral	1	84	32	18,7	20,9	21,4	16,5
		3	91	32	32,6	33,2	13,0	9,39
		7	91	32	38,1	38,3	10,8	8,92

Quadro 63 - Resistência à compressão média e coeficiente de variação para os diversos tipos de cimento Portland por período para diferentes idades.

A partir dos quadros 62 e 63, pode-se tirar as seguintes conclusões em relação à resistência à compressão média dos diferentes tipos e marcas de cimento Portland, conforme os itens a seguir:

- a) quando analisado de forma geral, por tipo de cimento, tomando as resistências médias à compressão em todas as idades, as resistências mínimas especificadas em norma foram respeitadas para todas as idades;
- b) quando analisado de forma geral, por tipo de cimento, os coeficientes de variação para a resistência à compressão aos 3 dias variaram de 11,8% (CP I S 32) a no máximo 28,1% (CP IV 32 RS), e aos 7 dias ficaram compreendidos entre 10,9% (CP I S 32) e 23,3% (CP IV 32 RS), enquanto que aos 28 dias de idade o valor mínimo foi de 9,0% (CP II F 32) e o máximo de 17,7% (CP IV 32 RS), sendo classificados como baixa variação os valores inferiores a 15,0% e como média variação os valores compreendidos entre 15 e 30% (Correa, 2003);

- c) o cimento CP V ARI obteve coeficiente de variação decrescente na análise geral, partindo de 20,5% (1 dia) e atingindo 10,3% aos 7 dias. O cimento CP V ARI RS teve comportamento análogo;
- d) os coeficientes de variação dos cimentos “Com Selo” foram menores em todas as idades em relação aos “Sem Selo” para os cimentos CP IV 32 e CP IV 32 RS;
- e) para um mesmo tipo de cimento, os coeficientes de variação, bem como a resistência à compressão média, apresentaram valores distintos de acordo com as diferentes marcas e idades de ensaio;
- f) para o cimento CP II Z 32, que possuiu dados para análise geral e em períodos distintos da economia brasileira (1992 a 2003 e 2004 a 2012), foi possível constatar a redução na resistência à compressão média em todas as idades de ensaio, do primeiro ao segundo período, sendo o coeficiente de variação reduzido também do primeiro ao segundo período, exceto na idade de 3 dias;
- g) para o cimento CP IV 32, de forma geral, que possuiu dados suficientes para análise nos dois períodos da economia brasileira (1992 a 2003 e 2004 a 2012), foi possível verificar o aumento do coeficiente variação do primeiro para o segundo período e redução na resistência média à compressão, em todas as idades, orientando que os cimento “Com Selo” obtiveram melhor desempenho que os cimentos “Sem Selo”, tendo menor coeficiente de variação e maior resistência à compressão média;
- h) o cimento CP V ARI obteve elevação na resistência à compressão do primeiro período (1992 a 2003) para o segundo período (2004 a 2012) e diminuição do coeficiente de variação em todas as idades de referência de ensaio.

As conclusões em relação aos coeficientes de crescimento entre as relações de idades especificadas pelas normas brasileiras constam a seguir:

- a) o menor valor do coeficiente médio de crescimento de 3 dias para 7 dias foi de 1,18 para o cimento CP II Z 32 RS e o maior de 1,30 para o cimento CP IV 32. De 3 para 28 dias o coeficiente variou de 1,47 para o CP II Z 32 RS até 1,83 para o CP IV 32 RS e de 7 dias aos 28 dias variou de 1,24 para o CP II Z 32 até 1,54 para o CP IV 32;
- b) os coeficientes de variação dos crescimentos médios para os cimentos que têm a idade de referência de 3, 7 e 28 dias ficaram entre 4,33% (CP II Z 32 RS) e 15,1% (CP IV 32 RS);

- c) já os cimentos CP V ARI e CP V ARI RS apresentaram no mínimo 1,70 de coeficiente de crescimento da idade de 1 para 3 dias, com 1,96 para a relação entre 1 e 7 dias de idade, e por fim de 1,14 entre 3 e 7 dias;
- d) os coeficientes de variação dos crescimentos para os cimentos CP V ARI e CP V ARI RS ficaram compreendidos no intervalo de 5,73% (CP V ARI RS) e 24,2% (CP V ARI).

A análise dos resultados de resistência à compressão, utilizando o teste de normalidade Kolmogorv-Smirnov, mostrou que os mesmos seguem uma distribuição gaussiana. Com isto calcularam-se as resistências características à compressão, considerando uma probabilidade de ocorrência de 97%. Os resultados constam nos quadros 64, 65 e 66.

Tipo de Cimento	Classificação	Resistência Característica à Compressão (MPa)		
		Idade		
		3 dias	7 dias	28 dias
CP I S 32	Geral	20,2	24,5	29,6
	Marca "A"	-	22,3	28,4
CP II Z 32	Geral	18,7	24,7	32,0
	Marca "A"	19,9	25,8	33,1
	Marca "Q"	12,2	16,6	24,7
CP II Z 32 RS	Geral	23,3	27,3	34,4
CP II F 32	Geral	18,7	23,5	30,0
	Marca "L"	18,6	23,2	30,7
CP IV 32	Geral	11,8	16,5	27,8
	Com Selo	13,8	18,6	31,1
	Sem Selo	10,3	14,9	25,2
	Marca "R"	13,8	18,4	29,3
	Marca "Q"	12,2	16,6	25,1
	Marca "M"	14,2	19,4	31,0
	Marca "I"	11,2	15,0	24,8
	Marca "F"	6,5	10,4	18,4
	Marca "E"	11,2	17,2	28,4
CP IV 32 RS	Marca "A"	13,4	18,3	30,9
	Geral	9,9	14,7	25,2
	Com Selo	16,3	23,0	34,2
	Sem Selo	1,9	4,3	13,8
	Marca "B"	2,9	5,4	14,8
	Marca "Q"	18,2	23,3	34,4
	Marca "A"	15,8	23,1	34,4
Resistência à Compressão por norma (MPa)		≥10,0	≥20,0	≥32,0

Quadro 64 - Resistência característica à compressão para os diversos tipos de cimento Portland para diferentes idades.

Tipo de Cimento	Classificação	Resistência Característica à Compressão (MPa)		
		Idade		
		1 dia	3 dias	7 dias
CP V ARI	Geral	11,8	25,3	30,7
	Com Selo	12,3	26,5	31,3
	Sem Selo	14,2	25,6	30,4
	Marca "L"	9,3	23,8	28,9
CP V ARI RS	Geral	12,0	19,8	30,3
	Com Selo	13,3	17,4	30,1
	Sem Selo	10,8	23,7	33,3
Resistência à Compressão por Norma (MPa)		≥14,0	≥24,0	≥34,0

Quadro 65 - Resistência característica à compressão para os cimentos Portland CP V ARI e CP V ARI RS para diferentes idades.

Tipo de cimento	Classificação	Idade de ensaio (dias)	Resistência característica à compressão (MPa)		Resistência à compressão mínima por norma (MPa)
			1992-2003	2004-2012	
CP IV 32	Geral	3	12,7	9,4	10,0
		7	17,7	15,1	20,0
		28	28,9	26,3	32,0
	Com Selo	3	13,5	14,8	10,0
		7	18,2	19,5	20,0
		28	30,5	32,5	32,0
	Sem Selo	3	11,7	9,3	10,0
		7	17,1	13,3	20,0
		28	27,2	23,4	32,0

Quadro 66 - Resistência característica à compressão para os diversos tipos de cimento Portland por período para diferentes idades.

A partir dos quadros 64, 65 e 66, pode-se tirar as seguintes conclusões em relação à resistência característica à compressão média dos diferentes tipos e marcas de cimento Portland, conforme os itens a seguir:

- quando analisado de forma geral, por tipo de cimento, somente os cimentos CP II Z 32 e CP II Z 32 RS atingiram as resistências características à compressão mínimas em relação à norma para todas as idades;
- as resistências características à compressão em todas as idades dos cimentos CP IV 32 e CP IV 32 RS, "Com Selo", foram superiores aos dos cimentos "Sem Selo";
- para diferentes marcas, numa mesma idade de ensaio, para o mesmo tipo de cimento Portland, foram encontrados valores de resistência características à compressão bastante distintos;

- d) para o cimento CP IV 32, que possui dados suficientes para análise nos dois períodos da economia brasileira (1992 a 2003 e 2004 a 2012), foi possível verificar um aumento da resistência característica à compressão do primeiro para o segundo período para a classificação “Com Selo”, e decréscimo da resistência característica à compressão para o cimento “Sem Selo”.

7.5 Sugestões para estudos futuros

A partir da revisão bibliográfica e dos resultados obtidos nesta pesquisa, seguem algumas sugestões para estudos futuros:

- I. correlação entre a variação da resistência do cimento com a resistência do concreto;
- II. correlação entre a superfície específica Blaine e a trabalhabilidade no estado fresco no concreto;
- III. realização de levantamentos similares em outras regiões do país;
- IV. mapear as possíveis causas da variabilidade do processo de produção do cimento.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5732: Cimento Portland comum**. Rio de Janeiro: ABNT, 1991.

_____**NBR 5733: Cimento Portland de alta resistência inicial**. Rio de Janeiro: ABNT, 1991.

_____**NBR 5736: Cimento Portland Pozolânico**. Rio de Janeiro: ABNT, 1991.

_____**NBR 5737: Cimentos Portland resistentes a sulfatos**. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

_____**NBR 7214: Areia normal para ensaio de cimento**. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

_____**NBR 7215: Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão**. Rio de Janeiro: ABNT, 1996.

_____**NBR 11578: Cimento Portland composto - Especificação**. Rio de Janeiro: ABNT, 1991.

_____**NBR NM 76: Cimento Portland – Determinação da finura pelo método de permeabilidade ao ar (Método de Blaine)**. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE (ACI). **ACI 214R-02: Evaluation of Strength Test Results of Concrete**. Farmington Hills, MI: rev.2002.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). **ASTM C150: Standard specifications and tests for Portland cement**. Philadelphia, PA: 1917.

_____**ASTM C109/C109M: Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars**. West Conshohocken, PA: 2003.

_____**ASTM C1157: Standard Performance Specification for Hydraulic Cement**. West Conshohocken, PA: 2011.

BATTAGIN, A.F.; BATTAGIN, I.L.S. O cimento Portland no Brasil. In: ISAIA, G. C. (Ed). **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. 2ª ed. atual. ampl. São Paulo: IBRACON, 2010. P.761-795, v.1.

BATTAGIN, A.F. O cimento Portland. In: ISAIA, G. C. (Ed). **Concreto: ciência e tecnologia**. 1ª ed. São Paulo: IBRACON, 2011. P.185-232, v.1.

BRITISH STANDARD. **BS EN 196-1: Methods of testing cement – Part 1: Determination of strength. 2005.**

CORREA, SÔNIA M. B. B. **Probabilidade e Estatística.** 2ª ed. Belo Horizonte: ed. PUC Minas Virtual, 2003.

FUSCO, P. B. **A influência da variabilidade da resistência do cimento na variabilidade da resistência do concreto e suas consequências práticas.** Seminário: controle da resistência do concreto. São Paulo: IBRACON, 1980.

ISAIA, G. C. A evolução do concreto estrutural. In: ISAIA, G. C. (Ed). **Concreto: ciência e tecnologia.** 1ª ed. São Paulo: IBRACON, 2011. P.01-56, v.1.

HELENE, P. R. L; TERZIAN, P. R. **Manual de dosagem e controle do concreto.** São Paulo: ed. Pini, 1992.

MEHTA, P.K.; MONTEIRO, P.J.M. **Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais.** 3ª. ed. São Paulo: IBRACON, 2008.

NEVILLE, A.M. **Propriedades do Concreto.** Tradução Salvador E. Giannusso. 2ª ed. São Paulo: PINI, 1997.

PEREIRA, M.S. **Controle da resistência do concreto: Paradigmas e variabilidades – Estudo de caso.** 2008. 229pg. Trabalho de diplomação (Dissertação de Mestrado em Estruturas e Construção Civil), Pós-Graduação em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília/DF.

PETRUCCI, E.G. R. **Concreto de cimento Portland.** 13ªed. Ver. Vladimir Antonio Paulon – São Paulo: Globo, 1998.

RECENA, F. A. P. **Dosagem e controle da qualidade de concretos convencionais de cimento Portland.** 2ª. ed. Porto Alegre: PUCRS, 2007.

RECENA, F. A. P. **Estabelecimento de um padrão secundário para a areia normal do Rio Tietê a partir da areia do Rio Guaíba.** 1994. 139f. Trabalho de diplomação (Dissertação de Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

RECENA, F. A. P. **Método de dosagem de concreto pelo volume de pasta com emprego de cinza volante**. 2011. 262f. Trabalho de diplomação (Tese de Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

RIBEIRO, J.L.D.; SCHWENGBER, C. **Série Monográfica Qualidade: Projeto de Experimentos**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2011.

SÍNDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO (SNIC). Disponível em: <<http://www.snic.org.br/>> Acesso em: 31 jul. 2013.

TANGO, C. E. S., ALVIN, J.C. **Como construir – estruturas de concreto – parte I**. São Paulo, Revista Técnica, 1993, p.41-44.

OLIVEIRA, H. M. **Cimento Portland**. In: BAUER, L. A. F. (Ed). **Materiais de Construção Civil**. 5ª ed. rev. Rio de Janeiro: LTC, 2000. P.35-62, v.1.

9 APÊNDICES

9.1 Apêndice A – Dados referentes ao cimento Portland CP I S 32

Amostra	Marca Comercial	Classificação	Data de Recebimento	Índice de Consistência (mm)	Superfície Específica Blaine (cm ² /g)	Resistência à compressão (MPa)			
						1 dia	3 dias	7 dias	28 dias
1	L	CS	27/01/1993	152	3140	-	22,8	28,5	33,7
2	L	CS	16/07/1993	158	3240	6,2	23,2	31,2	42,2
3	A	CS	15/12/1993	150	3530	17,5	29,6	32,9	41,1
4	A	CS	29/03/1994	158	-	12,4	24,3	29,0	34,8
5	A	CS	03/06/1994	152	-	4,3	22,4	27,9	41,7
6	A	CS	03/08/1994	168	-	6,7	21,9	28,6	38,0
7	A	CS	06/10/1994	154	-	7,7	20,7	30,9	39,1
8	A	CS	06/10/1994	154	-	13,3	29,2	34,2	40,5
9	A	CS	03/11/1994	158	-	-	28,3	32,5	40,0
10	A	CS	09/05/1996	156	-	-	-	26,8	36,8
11	A	CS	17/05/1996	160	-	5,0	20,4	25,8	33,6
12	A	CS	01/07/1996	230	-	-	28,9	36,7	40,1
13	A	CS	31/07/1996	159	3430	-	-	21,2	31,0
14	SEM MARCA	SC	01/08/1996	168	3380	-	22,5	30,3	40,1
15	L	CS	03/12/1996	162	-	18,4	27,6	30,6	-
16	L	CS	03/12/1996	172	-	17,6	26,6	30,1	-
17	L	CS	03/12/1996	167	-	19,6	29,3	32,4	-
18	L	CS	03/12/1996	166	-	17,9	25,9	32,0	-
19	L	CS	03/12/1996	160	-	23,9	26,5	33,0	-
20	A	CS	09/12/1996	163	-	-	25,8	32,0	35,6
21	A	CS	13/12/1996	150	-	-	22,3	27,5	35,4
22	A	CS	13/12/1996	130	3490	-	19,3	23,3	33,7
23	A	CS	26/12/1996	164	3790	-	26,2	30,2	34,0
24	A	CS	26/12/1996	165	3880	-	26,6	31,0	25,3
25	A	CS	16/01/1997	167	-	15,8	24,0	30,7	39,9
26	A	CS	23/01/1997	163	-	14,2	25,5	28,0	35,4
27	L	CS	29/10/1997	178	-	-	27,1	32,0	43,0
28	A	CS	03/12/1997	173	-	-	29,4	31,5	35,4
29	SEM MARCA	SC	09/12/1997	165	-	-	29,6	32,3	41,0
30	SEM MARCA	SC	30/04/1998	165	-	-	26,0	34,7	45,0
31	SEM MARCA	SC	30/04/1998	173	-	-	26,7	35,0	43,7
32	SEM MARCA	SC	17/12/1998	164	-	-	30,5	34,7	46,2
33	A	CS	27/04/1999	167	-	-	28,7	37,4	46,0
34	G	SS	05/03/2003	183	3430	-	27,2	30,1	37,2
35	G	SS	05/03/2003	184	3400	-	30,3	32,5	41,4
36	G	SS	05/03/2003	194	3600	-	26,9	31,3	-

9.2 Apêndice B – Dados referentes ao cimento Portland CP II Z 32

Amostra	Marca comercial	Classificação	Data de Recebimento	Índice de Consistência (mm)	Superfície Específica Blaine (cm ² /g)	Resistência à compressão (MPa)			
						1 dia	3 dias	7 dias	28 dias
37	A	CS	14/06/1994	151	-	-	21,3	25,8	35,7
38	A	CS	03/11/1994	153	-	-	19,9	24,8	32,0
39	SEM MARCA	SC	17/12/1998	163	-	-	26,6	30,2	42,2
40	SEM MARCA	SC	17/08/1999	182	-	-	26,7	33,0	41,7
41	A	CS	10/09/1999	184	-	13,1	29,0	32,8	40,8
42	A	CS	08/10/1999	187	-	14,0	25,5	30,6	38,3
43	SEM MARCA	SC	25/07/2001	174	-	-	24,7	32,0	42,4
44	A	CS	11/09/2001	168	-	12,1	25,4	30,2	36,4
45	R	SS	09/05/2003	190	5360	-	30,3	35,3	39,8
46	A	CS	18/06/2003	171	-	-	28,4	33,1	42,8
47	A	CS	01/07/2003	176	-	-	28,1	32,8	38,9
48	Q	CS	02/09/2003	177	-	15,0	32,8	37,6	45,6
49	Q	CS	09/09/2003	176	-	19,3	34,0	38,6	41,4
50	Q	CS	16/09/2003	184	-	15,0	33,1	35,8	46,9
51	Q	CS	23/09/2003	173	-	18,6	35,6	38,4	45,7
52	R	SS	03/10/2003	190	-	-	31,7	36,7	52,4
53	Q	CS	07/10/2003	178	-	19,9	35,0	38,8	49,8
54	A	CS	10/10/2003	178	-	-	27,7	34,5	45,2
55	Q	CS	17/10/2003	182	-	17,9	37,9	40,2	53,4
56	Q	CS	21/10/2003	163	-	24,1	35,1	42,5	52,2
57	Q	CS	28/10/2003	174	-	21,0	34,3	40,3	47,3
58	Q	CS	15/12/2003	169	-	-	33,8	39,0	46,9
59	Q	CS	15/12/2003	171	-	-	33,4	40,1	48,4
60	R	SS	05/01/2004	181	5210	-	33,9	38,8	43,7
61	L	CS	22/12/2003	196	-	-	34,3	40,3	47,8
62	A	CS	22/12/2003	170	4920	-	28,0	34,5	43,4
63	Q	CS	22/12/2003	197	6610	-	31,6	37,0	41,8
64	Q	CS	08/01/2004	189	-	-	32,1	36,7	44,3
65	Q	CS	08/01/2004	181	-	-	32,1	35,8	42,2
66	Q	CS	08/01/2004	193	-	-	32,2	36,4	42,3
67	L	CS	08/01/2004	201	-	-	23,1	29,3	38,3
68	S	CS	21/01/2004	189	-	-	26,6	31,2	40,6
69	Q	CS	22/01/2004	198	-	-	29,2	33,0	40,6
70	Q	CS	22/01/2004	185	-	-	32,1	36,0	42,4
71	R	SS	07/04/2004	183	-	-	21,3	39,4	46,3
72	R	SS	02/07/2004	193	-	-	31,4	34,3	44,2
73	Q	CS	27/07/2004	194	-	-	31,7	39,8	46,9
74	SEM MARCA	SC	18/10/2004	182	-	-	-	-	30,2

75	SEM MARCA	SC	18/10/2004	202	-	-	-	-	-
76	A	CS	30/06/2005	169	-	-	29,6	36,3	46,2
77	A	CS	30/06/2005	170	-	-	30,0	36,9	45,2
78	A	CS	30/06/2005	171	-	-	31,5	35,7	44,6
79	A	CS	30/06/2005	181	-	-	32,1	35,8	43,8
80	Q	CS	15/07/2005	182	-	-	36,2	38,8	44,9
81	A	CS	04/01/2006	170	-	-	29,5	36,9	40,8
82	SEM MARCA	SC	17/04/2007	181	-	-	28,3	32,0	38,8
83	SEM MARCA	SC	17/04/2007	165	-	-	29,4	33,5	39,7
84	A	CS	01/08/2008	162	-	-	20,8	25,6	34,5
85	A	CS	13/10/2008	165	-	-	29,1	34,5	39,6
86	A	CS	10/11/2008	164	-	-	26,0	33,1	39,4
87	A	CS	10/11/2008	168	-	-	22,1	27,6	34,4
88	A	CS	26/11/2008	168	-	-	28,3	35,1	42,1
89	A	CS	26/11/2008	158	-	-	28,7	32,2	37,7
90	A	CS	12/12/2008	164	-	-	25,8	32,2	35,3
91	A	CS	12/12/2008	156	-	-	27,1	34,1	36,0
92	A	CS	12/12/2008	169	-	-	25,1	31,0	34,9
93	A	CS	12/12/2008	158	-	-	25,0	32,0	37,9
94	A	CS	12/12/2008	164	-	-	26,8	30,6	35,2
95	A	CS	12/12/2008	146	-	-	21,3	26,5	35,6
96	A	CS	23/12/2008	158	-	-	26,9	31,8	39,1
97	A	CS	05/02/2009	163	-	-	24,8	29,2	36,3
98	D	SS	01/07/2009	168	4430	4,7	16,6	22,3	41,3
99	A	CS	16/07/2009	170	-	-	-	33,6	41,1
100	A	CS	16/07/2009	176	-	-	-	36,7	41,8
101	A	CS	16/07/2009	164	-	-	-	31,3	37,5
102	A	CS	16/07/2009	180	-	-	-	35,4	41,3
103	A	CS	16/07/2009	176	-	-	-	35,5	43,0
104	A	CS	16/07/2009	173	-	-	-	32,3	38,0
105	A	CS	16/07/2009	161	-	-	-	36,7	40,6
106	D	SS	22/01/2010	193	-	-	-	25,0	35,2
107	A	CS	19/02/2010	182	-	-	-	26,7	39,6
108	A	CS	19/02/2010	200	-	-	-	30,7	40,7
109	A	CS	19/02/2010	189	-	-	-	32,8	40,7
110	A	CS	19/02/2010	197	-	-	-	33,0	40,6
111	A	CS	19/02/2010	195	-	-	-	32,3	39,7
112	L	CS	03/05/2010	190	-	-	22,2	26,6	34,1
113	L	CS	03/05/2010	192	-	-	21,8	25,1	35,4
114	L	CS	03/05/2010	198	-	-	22,4	28,2	36,2
115	L	CS	17/08/2010	185	-	-	20,2	26,0	37,2
116	L	CS	17/08/2010	180	-	-	20,3	26,7	35,7

117	SEM MARCA	SC	18/03/2011	175	-	-	24,5	29,5	36,1
118	SEM MARCA	SC	18/03/2011	193	-	-	27,9	32,6	-
119	SEM MARCA	SC	18/03/2011	204	-	-	24,7	31,0	38,2
120	SEM MARCA	SC	18/03/2011	194	-	-	25,0	32,3	40,1
121	SEM MARCA	SC	18/03/2011	202	-	-	28,1	34,7	39,6
122	A	CS	02/05/2011	210	-	-	18,6	25,0	36,7
123	L	CS	11/08/2011	185	-	-	18,8	25,0	32,1
124	A	CS	09/09/2011	202	-	-	26,3	32,3	38,2
125	A	CS	14/03/2012	164	-	-	26,0	32,0	39,0
126	A	CS	15/06/2012	176	-	-	24,3	29,8	38,6

9.3 Apêndice C – Dados referentes ao cimento Portland CP II Z 32 RS

Amostra	Marca comercial	Classificação	Data de Recebimento	Índice de Consistência (mm)	Superfície Específica Blaine (cm ² /g)	Resistência à compressão (MPa)			
						1 dia	3 dias	7 dias	28 dias
127	A	CS	14/01/2000	163	-	-	24,4	28,4	41,4
128	A	CS	02/01/2007	174	4350	-	29,0	33,4	40,8
129	A	CS	17/04/2007	174	4170	-	28,0	33,8	42,8
130	A	CS	04/07/2007	185	4170	-	26,2	29,2	35,2
131	A	CS	09/10/2007	174	4500	-	26,6	32,4	38,7
132	A	CS	04/01/2008	148	4100	-	24,7	28,1	34,5
133	A	CS	02/04/2008	160	4650	-	29,9	34,9	41,5
134	A	CS	08/07/2008	148	4890	-	25,0	30,4	36,1
135	A	CS	14/10/2008	157	4880	-	27,5	32,7	39,7
136	A	CS	12/01/2009	190	4340	-	27,4	31,4	38,5
137	A	CS	30/03/2009	156	-	-	27,2	33,9	44,0
138	A	CS	30/03/2009	153	-	-	27,5	33,4	41,3
139	A	CS	28/04/2009	148	4810	-	23,7	27,6	36,8
140	A	CS	24/04/2009	172	-	-	-	30,5	37,9
141	A	CS	24/04/2009	184	-	-	-	31,9	37,3
142	A	CS	24/04/2009	167	-	-	-	28,5	36,8
143	A	CS	24/04/2009	186	-	-	-	26,4	35,8
144	A	CS	24/04/2009	162	-	-	-	33,5	40,9
145	A	CS	24/04/2009	166	-	-	-	27,5	35,9
146	A	CS	24/04/2009	174	-	-	-	31,0	39,0
147	A	CS	18/05/2009	168	-	-	-	32,2	39,6
148	A	CS	18/05/2009	170	-	-	-	31,0	41,8
149	A	CS	18/05/2009	166	-	-	-	31,7	39,0
150	A	CS	18/05/2009	180	-	-	-	33,9	42,4
151	A	CS	18/05/2009	168	-	-	-	32,4	43,6
152	A	CS	08/05/2009	170	-	-	-	33,1	42,2
153	A	CS	18/05/2009	171	-	-	-	30,7	41,9
154	A	CS	05/05/2009	152	-	-	16,4	21,5	33,1
155	A	CS	28/04/2009	160	-	-	23,8	29,4	41,8
156	A	CS	15/07/2009	164	-	-	31,7	36,2	41,1
157	A	CS	11/09/2009	179	-	-	27,4	31,8	38,4
158	A	CS	11/09/2009	178	-	-	29,0	34,8	40,6
159	A	CS	11/09/2009	179	-	20,5	30,9	34,6	38,3
160	A	CS	11/09/2009	178	-	-	27,2	31,3	36,4
161	A	CS	11/09/2009	175	-	-	30,9	35,8	41,3
162	A	CS	11/09/2009	175	-	-	28,4	33,1	40,9
163	A	CS	11/09/2009	171	-	-	27,1	31,4	41,9

164	A	CS	11/09/2009	173	-	-	29,4	33,4	42,4
165	A	CS	11/09/2009	170	-	-	26,8	31,3	38,3
166	A	CS	21/10/2009	157	-	-	29,9	34,1	41,1
167	A	CS	18/11/2009	184	-	-	29,6	35,7	43,6
168	A	CS	25/11/2009	172	-	-	-	33,7	38,6
169	A	CS	25/11/2009	192	-	-	-	30,7	39,0
170	A	CS	25/11/2009	202	-	-	-	35,7	41,4
171	A	CS	25/11/2009	196	-	-	-	22,2	32,6
172	A	CS	25/11/2009	201	-	-	-	34,8	39,1
173	A	CS	25/11/2009	200	-	-	-	33,3	38,6
174	A	CS	25/11/2009	197	-	-	-	19,7	29,3
175	A	CS	25/01/2010	184	4360	-	29,8	33,1	38,9
176	A	CS	25/01/2010	184	-	-	29,2	33,2	29,5
177	A	CS	14/04/2010	183	-	-	25,9	31,2	40,4
178	A	CS	28/07/2010	199	4260	-	28,1	33,4	41,6
179	A	CS	05/10/2010	182	4360	-	26,1	34,5	42,7
180	A	CS	17/01/2011	170	4640	-	25,2	27,0	33,9
181	A	CS	17/01/2011	170	-	-	23,8	28,3	37,2
182	A	CS	09/03/2011	169	-	-	26,6	30,1	38,8
183	A	CS	09/03/2011	176	-	-	25,9	29,6	38,2
184	A	CS	09/03/2011	180	-	-	26,4	29,6	38,2
185	A	CS	09/03/2011	175	-	-	24,7	30,2	36,2
186	A	CS	09/03/2011	171	-	-	25,3	30,7	37,2
187	A	CS	18/04/2011	188	4730	-	26,5	30,2	39,9
188	A	CS	25/04/2011	202	-	-	25,4	30,5	39,7
189	A	CS	21/06/2011	193	-	-	-	40,0	42,5
190	A	CS	04/07/2011	192	4760	-	27,1	33,2	38,7
191	A	CS	05/10/2011	191	4310	-	27,2	31,0	43,6
192	A	CS	17/10/2011	186	4800	-	28,6	34,9	39,6
193	A	CS	30/01/2012	182	4760	-	27,2	32,3	40,6
194	A	CS	11/04/2012	152	5040	-	29,1	35,8	45,0
195	A	CS	23/07/2012	183	4180	-	27,1	30,3	41,3
196	A	CS	23/07/2012	187	4150	-	26,6	32,3	-
197	A	CS	19/10/2012	172	4020	-	23,8	30,5	36,5
198	A	CS	19/10/2012	174	-	-	24,3	30,0	39,0
199	A	CS	23/11/2012	152	-	24,4	29,9	-	-

9.4 Apêndice D – Dados referentes ao cimento Portland CP II F 32

Amostra	Marca comercial	Classificação	Data de Recebimento	Índice de Consistência (mm)	Superfície Específica Blaine (cm ² /g)	Resistência à compressão (MPa)			
						1 dia	3 dias	7 dias	28 dias
200	P	SS	20/04/1993	158	3810	-	23,2	29,4	34,8
201	P	SS	25/08/1993	159	-	-	26,5	36,1	44,6
202	P	SS	23/08/1993	160	-	-	25,1	32,4	38,4
203	P	SS	30/11/1993	159	-	-	22,9	32,7	-
204	A	CS	24/03/1994	149	-	-	18,8	26,0	32,6
205	P	SS	03/11/1994	161	-	-	24,0	31,0	37,9
206	L	CS	11/08/1995	160	-	-	21,9	-	-
207	P	SS	24/11/1995	165	-	-	23,0	30,4	-
208	L	CS	10/01/1996	150	-	-	25,6	29,2	36,0
209	A	CS	13/03/1996	154	-	-	20,4	24,5	32,5
210	P	SS	02/05/1996	232	-	-	24,2	31,3	40,2
211	A	CS	13/06/1996	152	-	3,1	19,1	25,8	35,6
212	L	CS	17/06/1996	167	-	-	24,5	27,3	36,4
213	P	SS	16/08/1996	150	-	-	24,4	32,6	40,9
214	A	CS	10/10/1996	203	-	-	28,6	34,1	37,6
215	L	CS	21/10/1996	216	-	-	21,4	28,3	36,6
216	L	CS	17/02/1997	179	-	-	22,8	26,6	36,4
217	L	CS	16/06/1997	183	-	-	26,2	31,2	41,3
218	L	CS	10/12/1997	170	-	-	24,5	29,3	33,5
219	L	CS	05/02/1998	165	-	-	20,5	26,1	33,1
220	A	CS	11/03/1998	159	-	-	25,3	30,0	33,1
221	L	CS	10/07/1998	161	4260	-	4,0	22,7	33,9
222	L	CS	04/11/1998	169	-	-	24,1	26,6	33,3
223	A	CS	16/12/1998	172	-	-	22,8	31,5	35,0
224	P	SS	17/05/1999	174	-	-	27,8	35,0	40,6
225	S	CS	22/05/2001	212	-	-	27,4	33,9	43,4
226	L	CS	17/08/2001	186	-	-	23,0	27,3	36,8
227	S	CS	17/08/2001	190	-	-	21,5	27,0	34,7
228	A	CS	10/12/2001	186	-	-	22,8	30,4	32,1
229	A	CS	17/02/2002	184	-	-	24,2	27,4	33,8
230	A	CS	22/02/2002	186	-	-	24,0	31,9	39,5
231	L	CS	05/03/2002	175	-	-	21,3	24,4	30,7
232	L	CS	22/04/2002	174	-	-	21,4	26,5	31,8
233	A	CS	12/07/2002	180	-	-	25,7	29,0	35,0
234	SEM MARCA	SC	21/10/2002	182	-	-	25,1	30,1	38,9
235	S	CS	24/01/2003	179	-	-	20,2	25,6	33,8
236	L	CS	28/03/2003	183	-	-	23,4	28,2	35,6

237	L	CS	02/04/2003	188	-	-	25,3	31,6	39,0
238	S	CS	20/04/2005	186	-	-	22,9	28,7	37,0
239	SEM MARCA	SC	16/01/2006	178	-	-	22,4	28,3	35,9
240	H	CS	13/01/2006	182	-	-	23,8	28,1	33,2
241	SEM MARCA	SC	20/04/2006	175	-	-	32,7	35,9	43,3
242	H	CS	23/05/2006	184	4040	-	27,1	32,0	41,0
243	SEM MARCA	SC	25/01/2007	174	-	-	30,6	35,1	38,9
244	SEM MARCA	SC	01/08/2007	176	-	-	21,8	28,9	39,4
245	SEM MARCA	SC	21/12/2007	164	-	-	24,3	28,1	33,6
246	L	CS	02/09/2008	162	-	-	19,5	34,2	32,8
247	L	CS	30/09/2008	163	-	-	22,2	28,0	35,7
248	L	CS	04/06/2009	178	-	-	20,4	28,1	35,4
249	L	CS	22/02/2010	180	-	-	21,5	27,7	34,1
250	L	CS	26/07/2010	189	-	-	19,4	25,5	34,2
251	L	CS	26/07/2010	190	-	-	21,1	27,0	35,1
252	L	CS	26/07/2010	190	-	-	20,7	26,9	38,0
253	J	SS	16/06/2011	190	-	-	27,4	33,6	44,0
254	L	CS	22/12/2011	208	-	-	33,8	28,5	34,6

9.5 Apêndice E – Dados referentes ao cimento Portland CP IV 32

Amostra	Marca comercial	Classificação	Data de Recebimento	Índice de Consistência (mm)	Superfície Específica Blaine (cm ² /g)	Resistência à compressão (MPa)			
						1 dia	3 dias	7 dias	28 dias
255	I	SS	16/09/1992	156	-	-	10,2	16,0	24,5
256	A	CS	16/09/1992	144	4650	-	13,3	17,7	29,3
257	A	CS	24/09/1992	152	4600	-	14,0	21,3	32,2
258	R	SS	24/09/1992	151	-	-	12,1	16,0	29,1
259	I	SS	22/09/1992	170	3630	4,2	10,0	16,6	25,4
260	R	SS	01/10/1992	145	3770	7,1	16,4	20,0	32,7
261	A	CS	14/10/1992	161	-	-	19,2	24,0	37,0
262	A	CS	19/10/1992	148	4540	-	16,1	25,5	38,3
263	A	CS	29/10/1992	146	4290	-	18,2	27,1	39,7
264	R	SS	29/10/1992	149	-	-	18,7	24,8	37,8
265	SEM MARCA	SC	03/12/1992	142	3680	10,3	17,4	23,4	27,0
266	I	SS	03/12/1992	153	3990	6,0	14,4	20,4	28,4
267	A	CS	15/12/1992	143	-	-	17,2	22,2	34,9
268	R	SS	18/01/1993	143	3630	6,1	13,9	19,2	30,6
269	R	SS	18/01/1993	141	4900	6,2	17,4	22,2	34,4
270	R	SS	28/01/1993	147	-	-	17,0	23,5	31,6
271	R	SS	25/02/1993	142	3580	7,2	13,4	18,5	25,5
272	I	SS	25/02/1993	148	4440	12,8	20,4	24,6	34,0
273	R	SS	09/03/1993	159	-	-	19,3	22,0	30,6
274	SEM MARCA	SC	29/03/1993	148	3700	6,1	17,3	22,8	31,4
275	I	SS	29/03/1993	152	4040	6,5	17,4	22,4	30,2
276	R	SS	29/04/1993	151	-	-	13,6	19,2	29,4
277	R	SS	28/04/1993	153	4300	13,2	22,0	23,4	30,6
278	I	SS	28/04/1993	145	4260	10,1	20,2	22,9	32,4
279	I	SS	26/05/1993	151	3870	5,3	20,6	27,0	32,1
280	R	SS	26/05/1993	141	4650	5,8	18,0	24,1	32,1
281	A	CS	21/05/1993	141	-	-	14,0	21,7	31,4
282	L	CS	27/05/1993	138	-	-	22,6	29,8	37,5
283	R	SS	22/06/1993	147	4760	4,2	15,6	20,5	29,1
284	I	SS	22/06/1993	148	3950	5,0	15,8	19,8	29,8
285	I	SS	29/06/1993	165	-	-	20,0	26,4	30,7
286	L	CS	16/07/1993	165	4120	4,0	20,3	25,4	33,3
287	R	SS	28/07/1993	154	-	-	11,8	18,3	30,9
288	SEM MARCA	SC	19/08/1993	140	3900	4,0	16,8	21,4	30,0
289	A	CS	13/08/1993	154	-	-	20,9	27,6	36,7
290	R	SS	21/10/1993	148	-	-	16,8	21,0	32,2
291	A	CS	20/10/1993	166	-	-	17,8	22,6	36,0

292	I	SS	12/11/1993	138	-	-	11,4	18,8	30,0
293	A	CS	-	150	-	-	19,6	27,6	40,4
294	A	CS	23/11/1993	147	-	-	21,1	27,3	38,0
295	A	CS	21/01/1994	151	-	-	14,4	17,9	26,6
296	R	SS	15/04/1994	161	-	-	15,7	21,5	31,2
297	R	SS	22/04/1994	175	-	-	18,0	24,2	35,1
298	I	SS	22/04/1994	153	-	-	20,2	22,1	33,8
299	A	CS	22/04/1994	157	-	-	16,0	22,4	30,6
300	A	CS	29/04/1994	154	-	-	12,6	18,6	28,2
301	R	SS	20/07/1994	163	-	-	21,9	24,6	34,4
302	A	CS	26/07/1994	155	4020	-	21,3	29,6	40,9
303	A	CS	26/07/1994	159	4460	-	17,5	23,3	38,1
304	A	CS	28/07/1994	151	3830	-	18,9	25,7	36,9
305	R	SS	01/09/1994	163	-	-	15,5	20,8	30,3
306	R	SS	26/10/1994	160	-	-	17,6	23,8	35,0
307	A	CS	26/10/1994	148	4040	-	15,3	23,3	32,9
308	A	CS	26/10/1994	149	4240	-	15,4	23,6	35,3
309	R	SS	08/11/1994	160	-	-	20,2	28,2	38,9
310	A	CS	16/01/1995	144	4200	-	16,7	22,5	38,0
311	R	SS	30/01/1995	163	-	-	20,9	26,4	37,9
312	A	CS	30/01/1995	146	4870	-	19,0	26,5	43,6
313	R	SS	31/01/1995	162	-	-	16,2	21,6	35,2
314	A	CS	04/04/1995	154	4760	-	21,7	28,2	39,4
315	R	SS	05/04/1995	174	-	-	20,4	26,6	36,3
316	A	CS	28/04/1995	149	4130	-	15,9	21,8	31,0
317	A	CS	18/04/1995	150	-	-	15,9	22,8	38,2
318	A	CS	21/07/1995	162	4260	-	20,4	25,2	41,2
319	A	CS	26/07/1995	162	4250	-	15,8	23,2	33,9
320	E	SS	26/07/1995	169	-	-	15,8	22,6	31,7
321	SEM MARCA	SC	08/09/1995	131	-	-	2,7	3,5	5,5
322	A	CS	18/10/1995	143	4500	-	18,8	25,0	39,6
323	E	SS	18/10/1995	150	4300	-	16,5	22,7	36,2
324	E	SS	18/10/1995	155	-	-	17,5	22,9	35,4
325	E	SS	19/10/1995	150	-	-	17,1	23,6	39,4
326	E	SS	08/12/1995	154	-	-	18,5	22,9	34,4
327	A	CS	10/01/1996	153	4140	-	17,5	23,1	35,6
328	E	SS	11/01/1996	147	-	-	16,3	21,1	33,1
329	E	SS	18/01/1996	159	-	-	17,3	22,8	41,3
330	A	CS	18/01/1996	148	4080	-	19,9	24,6	41,4
331	I	SS	01/02/1996	162	-	-	21,4	26,4	36,0
332	E	SS	10/04/1996	160	-	-	21,8	26,7	37,8
333	A	CS	12/04/1996	152	4310	-	21,2	24,3	38,9

334	A	CS	18/04/1996	157	4200	-	13,7	18,4	34,9
335	E	SS	18/04/1996	171	-	-	13,7	18,8	35,1
336	A	CS	02/05/1996	174	-	-	16,5	22,4	36,5
337	E	SS	06/05/1996	216	-	-	15,2	20,4	33,5
338	SEM MARCA	SC	29/05/1996	155	-	-	16,4	23,3	34,2
339	E	SS	09/07/1996	230	-	-	15,2	20,6	34,0
340	A	CS	16/07/1996	162	4350	-	19,6	24,5	38,4
341	E	SS	16/07/1996	193	-	-	14,4	19,9	33,0
342	E	SS	19/07/1996	189	-	-	10,7	20,8	38,6
343	A	CS	19/07/1996	161	4420	-	11,1	20,8	35,8
344	E	SS	19/07/1996	241	-	-	10,4	16,1	29,7
345	E	SS	24/07/1996	238	-	-	12,2	17,5	29,2
346	A	CS	16/08/1996	200	-	-	21,5	28,0	42,3
347	A	CS	19/09/1996	156	-	4,2	17,8	22,6	35,6
348	A	CS	19/09/1996	157	-	4,0	17,9	23,1	36,3
349	A	CS	24/09/1996	186	-	-	17,6	23,1	36,6
350	A	CS	27/09/1996	209	-	-	16,6	23,2	36,2
351	E	SS	07/10/1996	170	5030	-	14,4	19,4	34,1
352	E	SS	15/10/1996	179	-	-	21,0	25,0	37,6
353	A	CS	16/10/1996	148	4450	-	17,3	23,4	40,7
354	A	CS	17/10/1996	150	4380	-	13,7	18,8	37,6
355	E	SS	17/10/1996	175	-	-	14,2	21,2	38,1
356	E	SS	10/12/1996	186	-	-	20,7	24,4	43,2
357	E	SS	07/01/1997	150	-	-	18,1	26,0	43,2
358	E	SS	13/01/1997	155	-	-	19,7	25,8	40,7
359	A	CS	22/01/1997	155	4400	-	25,0	30,7	41,4
360	E	SS	23/01/1997	167	-	-	19,6	25,0	40,6
361	A	CS	24/01/1997	152	4440	-	19,8	25,2	41,6
362	E	SS	24/01/1997	172	-	-	18,2	24,4	39,8
363	A	CS	07/02/1997	153	-	-	17,6	24,0	38,4
364	E	SS	18/02/1997	188	-	-	15,8	22,0	35,1
365	E	SS	14/02/1997	186	-	-	20,0	24,3	35,8
366	A	CS	13/03/1997	207	-	-	17,8	23,4	39,9
367	A	CS	17/03/1997	190	-	-	18,8	24,2	40,8
368	A	CS	09/04/1997	154	4280	-	19,3	26,1	37,8
369	E	SS	11/04/1997	172	-	-	16,0	22,6	36,5
370	E	SS	11/04/1997	209	-	-	14,2	24,0	32,6
371	I	SS	11/04/1997	166	-	-	15,0	23,5	29,4
372	E	SS	17/04/1997	167	-	-	16,0	21,0	32,1
373	A	CS	17/04/1997	141	4330	-	16,1	20,4	34,8
374	A	CS	30/04/1997	144	-	-	14,9	19,8	33,6
375	E	SS	08/07/1997	195	-	-	11,7	18,7	30,6

376	E	SS	25/07/1997	192	-	-	19,1	22,9	32,2
377	A	CS	25/07/1997	172	4390	-	16,8	21,6	35,5
378	E	SS	25/07/1997	204	-	-	12,6	16,2	30,1
379	A	CS	25/07/1997	163	4640	-	12,6	20,7	37,4
380	E	SS	15/08/1997	178	-	-	16,0	20,4	33,2
381	A	CS	22/09/1997	150	-	-	16,7	24,2	37,0
382	E	SS	24/09/1997	167	-	-	16,0	25,1	35,2
383	A	CS	07/10/1997	166	-	-	16,1	24,0	31,4
384	E	SS	15/10/1997	171	-	-	16,8	22,7	32,2
385	A	CS	15/10/1997	163	4340	-	15,4	20,7	34,2
386	A	CS	23/10/1997	164	4420	-	20,8	26,0	38,6
387	E	SS	23/10/1997	165	-	-	17,5	21,0	36,4
388	L	CS	29/10/1997	172	-	-	23,3	26,6	43,0
389	A	CS	28/11/1997	156	4590	-	20,5	28,0	45,9
390	A	CS	28/11/1997	157	4330	-	21,1	27,6	44,0
391	A	CS	05/12/1997	164	4460	-	20,2	25,0	37,4
392	A	CS	05/12/1997	163	4420	-	17,5	24,4	37,5
393	SEM MARCA	SC	09/12/1997	154	4530	-	13,8	20,0	33,7
394	A	CS	11/12/1997	176	4500	10,9	27,0	39,8	-
395	A	CS	18/12/1997	160	4290	9,0	24,7	34,6	45,0
396	A	CS	23/12/1997	166	4340	-	19,6	21,4	36,2
397	A	CS	23/12/1997	169	4470	17,4	21,9	35,2	42,8
398	SEM MARCA	SC	29/12/1997	166	4550	-	17,8	22,5	38,1
399	O	SS	30/12/1997	171	-	-	28,0	34,0	-
400	A	CS	08/01/1998	150	4580	-	18,0	24,8	37,2
401	E	SS	08/01/1998	171	-	-	18,7	24,6	35,5
402	A	CS	09/01/1998	160	-	-	-	20,2	29,8
403	A	CS	13/01/1998	151	4400	6,3	-	21,6	34,4
404	SEM MARCA	SC	21/01/1998	153	4380	-	17,8	21,2	36,7
405	SEM MARCA	SC	21/01/1998	137	4650	-	15,8	18,1	34,4
406	A	CS	22/01/1998	143	4500	-	20,7	27,3	39,4
407	E	SS	22/01/1998	159	-	-	20,1	26,3	38,8
408	SEM MARCA	SC	09/02/1998	137	4460	-	17,5	23,0	37,0
409	SEM MARCA	SC	12/02/1998	141	4410	-	19,1	25,5	33,9
410	A	CS	04/02/1998	153	4310	-	20,3	26,0	34,4
411	A	CS	16/02/1998	153	4350	7,5	-	24,5	33,5
412	A	CS	04/02/1998	155	4320	-	19,8	25,8	36,6
413	A	CS	29/01/1998	151	-	-	15,1	20,8	33,1
414	A	CS	06/02/1998	150	-	-	14,3	21,6	34,6
415	SEM MARCA	SC	02/03/1998	154	4360	10,3	20,3	25,3	38,0
416	A	CS	12/03/1998	155	4300	7,1	24,6	35,2	-
417	A	CS	12/03/1998	148	4380	6,9	22,9	36,0	-

418	A	CS	12/03/1998	152	-	-	19,1	25,4	36,3
419	A	CS	12/03/1998	150	-	-	14,8	20,5	31,1
420	E	SS	06/03/1998	170	-	-	15,2	20,2	30,4
421	A	CS	16/03/1998	147	-	-	17,0	21,9	34,3
422	A	CS	23/03/1998	158	4490	-	16,5	23,3	35,3
423	A	CS	26/03/1998	154	-	-	15,4	20,0	31,8
424	A	CS	27/03/1998	154	-	-	16,9	23,0	35,0
425	SEM MARCA	SC	03/04/1998	149	4650	-	16,6	21,8	35,0
426	A	CS	22/04/1998	152	4590	-	17,6	22,7	38,0
427	E	SS	22/04/1998	158	-	-	15,6	19,8	31,8
428	SEM MARCA	SC	22/04/1998	163	4810	-	17,0	20,7	35,4
429	A	CS	23/04/1998	159	4530	6,1	-	22,0	37,0
430	A	CS	23/04/1998	159	4640	6,1	-	22,7	35,0
431	SEM MARCA	SC	27/04/1998	165	4740	-	15,2	21,5	33,8
432	A	CS	28/04/1998	156	4450	-	16,2	22,4	33,1
433	E	SS	28/04/1998	176	-	-	16,4	21,4	33,1
434	A	CS	11/05/1998	160	4810	-	5,9	21,3	33,8
435	A	CS	15/05/1998	161	-	-	14,8	21,7	32,8
436	A	CS	20/05/1998	166	4370	-	16,0	22,7	33,3
437	A	CS	22/05/1998	157	4590	6,6	22,8	34,2	45,4
438	A	CS	28/05/1998	162	4570	-	19,6	26,0	36,2
439	A	CS	01/06/1998	156	4590	4,5	21,6	34,0	-
440	A	CS	01/06/1998	170	-	-	18,9	24,7	36,6
441	SEM MARCA	SC	12/06/1998	168	4550	-	18,1	24,0	36,2
442	A	CS	22/06/1998	171	-	-	18,0	22,8	36,1
443	A	CS	22/06/1998	162	-	-	16,7	21,2	36,5
444	A	CS	24/06/1998	158	4460	3,1	23,4	36,8	-
445	A	CS	25/06/1998	160	4540	5,1	22,1	36,6	46,2
446	A	CS	09/07/1998	167	4460	-	18,0	22,6	38,2
447	A	CS	09/07/1998	177	-	-	19,0	23,4	38,6
448	A	CS	07/07/1998	177	-	-	22,8	30,7	40,1
449	A	CS	13/07/1998	164	-	-	14,0	19,7	34,2
450	A	CS	15/07/1998	158	4440	-	17,4	22,6	35,1
451	R	SS	15/07/1998	184	-	-	15,1	20,2	30,8
452	A	CS	21/07/1998	166	4490	4,7	-	22,6	35,3
453	A	CS	23/07/1998	159	-	-	19,8	25,7	36,0
454	A	CS	24/07/1998	173	4550	-	19,0	24,7	36,4
455	R	SS	24/07/1998	185	-	-	19,0	22,7	33,2
456	A	CS	06/08/1998	169	4560	-	19,0	24,5	37,7
457	A	CS	14/08/1998	162	-	-	18,0	21,7	35,4
458	R	SS	14/08/1998	182	-	-	15,5	20,9	30,3
459	A	CS	21/08/1998	167	-	-	17,0	25,2	35,1

460	A	CS	21/08/1998	161	4450		19,5	24,4	37,0
461	A	CS	21/08/1998	171	4370	5,8	-	24,9	37,0
462	A	CS	02/09/1998	166	-	-	15,5	21,0	32,0
463	A	CS	04/09/1998	165	-	-	18,0	24,0	34,7
464	A	CS	10/09/1998	161	4230	-	16,3	23,1	36,0
465	A	CS	17/09/1998	163	-	-	16,4	22,2	36,2
466	R	SS	15/09/1998	176	-	-	17,2	23,3	37,1
467	A	CS	21/09/1998	168	4450	-	16,3	25,4	36,6
468	A	CS	24/09/1998	164	4450	6,9	-	23,4	40,4
469	A	CS	24/09/1998	163	4250	5,4	-	21,9	38,9
470	A	CS	24/09/1998	165	4450	5,6	-	21,3	37,5
471	A	CS	28/09/1998	155	4370	-	17,2	24,2	40,4
472	A	CS	15/10/1998	159	4220	-	20,4	24,9	36,9
473	R	SS	15/10/1998	163	-	-	21,9	26,4	37,0
474	R	SS	15/10/1998	158	-	-	21,1	25,1	35,7
475	A	CS	16/10/1998	155	4260	-	19,6	25,3	39,0
476	A	CS	19/10/1998	157	4170	-	19,3	22,8	35,2
477	R	SS	27/10/1998	173	-	-	18,8	21,0	36,5
478	A	CS	04/11/1998	161	4580	-	21,0	25,2	35,3
479	R	SS	04/11/1998	169	-	-	20,1	25,2	34,2
480	A	CS	12/11/1998	156	4460	-	18,6	21,4	37,0
481	A	CS	12/11/1998	147	-	-	17,6	22,0	38,0
482	A	CS	12/11/1998	152	-	-	17,0	19,8	37,2
483	A	CS	18/11/1998	162	4490	-	16,6	20,4	36,2
484	A	CS	18/11/1998	159	-	-	12,6	16,8	31,5
485	A	CS	04/12/1998	168	4270	-	16,6	21,4	25,3
486	L	CS	12/12/1998	162	-	-	22,2	29,2	39,0
487	SEM MARCA	SC	17/12/1998	155	-	-	22,4	26,2	42,8
488	A	CS	05/01/1999	154	4520	-	20,3	25,7	38,4
489	R	SS	07/01/1999	162	-	-	20,9	31,0	41,0
490	A	CS	14/01/1999	166	4190	-	23,1	26,3	38,0
491	R	SS	14/01/1999	156	-	-	20,9	27,2	40,8
492	R	SS	08/04/1999	166	-	-	21,4	26,3	40,3
493	R	SS	09/04/1999	166	-	-	19,3	23,1	39,2
494	A	CS	09/04/1999	172	4340	-	21,4	25,9	38,6
495	A	CS	13/04/1999	170	-	-	23,6	29,7	42,2
496	A	CS	22/04/1999	159	4580	-	21,2	26,1	40,6
497	R	SS	22/04/1999	165	-	-	24,0	30,7	43,4
498	A	CS	15/04/1999	169	-	-	19,9	22,6	34,1
499	A	CS	25/05/1999	166	-	-	15,8	21,0	36,1
500	L	CS	20/05/1999	168	-	-	21,6	27,0	46,8
501	A	CS	09/06/1999	170	-	-	20,9	28,4	41,6

502	R	SS	12/07/1999	166	-	-	21,4	25,8	42,5
503	A	CS	12/07/1999	167	4230	-	21,7	28,2	41,8
504	R	SS	16/07/1999	186	-	-	18,2	24,0	39,5
505	A	CS	16/07/1999	198	4140	-	18,7	25,4	39,2
506	A	CS	10/08/1999	199	-	-	17,0	21,3	35,8
507	R	SS	09/09/1999	173	5040	-	24,6	30,6	41,3
508	R	SS	17/09/1999	194	-	-	20,4	25,7	37,1
509	A	CS	19/10/1999	168	4430	-	21,8	25,5	38,6
510	R	SS	19/10/1999	165	-	-	19,4	22,6	35,3
511	A	CS	22/10/1999	177	4380	-	21,1	25,0	35,9
512	R	SS	22/10/1999	189	-	-	19,7	26,3	35,4
513	I	SS	16/11/1999	173	-	-	23,5	30,7	38,7
514	A	CS	18/11/1999	171	4380	-	20,8	26,8	36,1
515	A	CS	23/11/1999	167	4410	-	21,9	26,9	34,6
516	A	CS	02/12/1999	160	4200	-	24,8	28,3	41,3
517	A	CS	23/12/1999	169	4000	-	23,0	28,0	40,2
518	A	CS	13/01/2000	153	4570	-	23,7	27,8	45,8
519	R	SS	13/01/2000	168	-	-	25,5	28,3	40,2
520	A	CS	14/01/2000	169	4680	-	21,1	26,7	43,2
521	R	SS	14/01/2000	172	-	-	22,4	26,9	43,7
522	R	SS	09/03/2000	189	-	-	22,0	27,7	37,7
523	A	CS	07/04/2000	150	4340	-	25,2	28,7	40,6
524	R	SS	10/04/2000	176	-	-	22,8	27,7	40,3
525	A	CS	10/04/2000	168	4230	-	21,0	25,4	37,0
526	R	SS	12/04/2000	168	-	-	23,3	26,6	39,3
527	I	SS	04/07/2000	214	-	-	19,4	23,8	34,8
528	R	SS	06/07/2000	198	-	-	22,4	27,9	39,8
529	A	CS	10/07/2000	183	3950	-	20,8	26,7	41,5
530	A	CS	12/07/2000	172	4250	-	20,2	26,3	38,8
531	R	SS	12/07/2000	197	-	-	23,4	29,9	44,8
532	R	SS	13/07/2000	190	-	-	19,4	26,2	39,4
533	A	CS	11/10/2000	192	4770	-	22,5	29,2	42,2
534	R	SS	11/10/2000	193	-	-	22,4	27,8	41,6
535	A	CS	13/10/2000	180	4600	-	21,2	25,0	37,0
536	R	SS	16/10/2000	192	-	-	26,2	29,0	39,0
537	R	SS	10/10/2000	168	-	-	23,6	26,7	36,9
538	I	SS	27/11/2000	186	-	-	21,7	25,8	39,7
539	A	CS	04/01/2001	155	4560	-	24,3	29,7	44,2
540	R	SS	04/01/2001	182	-	-	25,4	29,3	43,4
541	A	CS	11/01/2001	192	4370	-	23,3	27,6	39,6
542	R	SS	11/01/2001	186	-	-	20,9	25,6	39,2
543	R	SS	05/01/2001	183	-	-	20,0	24,2	34,6

544	A	CS	15/01/2001	158	-	10,1	18,4	22,8	33,9
545	A	CS	23/01/2001	164	-	-	19,4	24,2	31,7
546	A	CS	06/04/2001	182	3900	-	21,1	26,2	36,4
547	R	SS	06/04/2001	204	-	-	19,9	25,3	34,9
548	A	CS	10/04/2001	178	3940	-	20,4	25,4	38,0
549	R	SS	10/04/2001	189	-	-	22,6	26,6	37,4
550	A	CS	21/06/2001	167	-	-	15,6	19,0	32,4
551	A	CS	25/06/2001	190	-	-	18,6	22,1	36,7
552	A	CS	06/07/2001	172	4200	-	16,2	19,7	32,4
553	R	SS	06/07/2001	203	-	-	21,6	25,6	37,6
554	A	CS	10/07/2001	171	4070	-	19,6	25,6	36,9
555	R	SS	16/07/2001	205	-	-	21,0	25,6	33,7
556	A	CS	25/07/2001	178	-	-	13,6	19,8	32,8
557	L	CS	03/08/2001	205	-	-	23,4	27,8	38,3
558	A	CS	01/08/2001	180	-	-	17,2	21,5	32,0
559	A	CS	09/08/2001	175	-	-	15,0	20,6	31,3
560	A	CS	16/08/2001	195	-	-	19,3	24,0	36,2
561	A	CS	04/10/2001	169	4060	-	19,7	22,8	36,5
562	R	SS	04/10/2001	185	-	-	23,3	29,6	39,0
563	A	CS	05/10/2001	171	4320	-	21,8	28,3	40,3
564	R	SS	05/10/2001	198	-	-	21,2	26,3	38,1
565	R	SS	25/10/2001	176	-	-	22,9	27,0	37,3
566	A	CS	04/01/2002	166	4120	-	19,4	21,2	35,0
567	R	SS	04/01/2002	197	-	-	19,2	22,0	34,0
568	R	SS	04/01/2002	184	-	-	18,2	21,0	33,7
569	A	CS	04/01/2002	165	4260	-	22,1	25,1	35,9
570	R	SS	14/01/2002	180	-	-	16,7	23,2	35,2
571	A	CS	22/01/2002	159	-	-	18,7	23,7	32,2
572	A	CS	12/04/2002	180	4310	-	17,8	22,7	34,8
573	R	SS	12/04/2002	180	-	-	17,8	22,2	36,7
574	R	SS	12/04/2002	195	-	-	19,0	23,2	35,9
575	A	CS	12/04/2002	172	4240	-	20,4	27,0	37,8
576	A	CS	17/04/2002	167	4010	-	18,4	23,7	33,9
577	L	CS	03/05/2002	187	-	-	20,6	25,2	39,0
578	A	CS	12/04/2002	170	4240	-	22,4	25,5	38,7
579	L	CS	20/06/2002	188	-	-	21,9	30,4	42,8
580	L	CS	17/06/2002	190	-	-	19,5	25,8	37,6
581	A	CS	05/07/2002	175	4210	-	18,6	22,9	-
582	R	SS	05/07/2002	196	-	-	18,9	23,3	-
583	R	SS	05/07/2002	191	-	-	16,7	20,6	33,9
584	A	CS	05/07/2002	173	4180	-	18,8	23,8	36,9
585	A	CS	15/07/2002	170	-	-	19,6	23,4	39,1

586	R	SS	15/07/2002	176	-	-	16,3	20,5	36,2
587	A	CS	05/09/2002	176	-	-	21,6	25,4	33,3
588	A	CS	04/10/2002	169	4470	-	23,6	27,3	36,4
589	R	SS	04/10/2002	166	-	-	18,2	22,0	35,3
590	A	CS	04/10/2002	170	4340	-	18,6	22,6	-
591	R	SS	04/10/2002	183	-	-	19,3	25,2	-
592	A	CS	29/11/2002	177	3990	-	20,4	24,6	38,6
593	R	SS	10/01/2003	158	-	-	20,2	22,3	37,3
594	A	CS	10/01/2003	159	4290	-	22,7	26,5	41,0
595	A	CS	10/01/2003	178	4270	-	18,3	23,6	35,0
596	R	SS	10/01/2003	196	-	-	19,6	24,0	38,2
597	F	SS	18/02/2003	159	-	-	9,0	15,1	21,2
598	F	SS	21/03/2003	182	4040	-	16,2	20,8	31,3
599	F	SS	21/03/2003	182	4090	-	14,0	18,9	28,8
600	F	SS	21/03/2003	164	4120	-	18,5	23,4	34,5
601	R	SS	03/04/2003	181	-	-	22,7	27,7	39,4
602	A	CS	03/04/2003	168	4650	-	24,8	29,8	41,8
603	A	CS	11/04/2003	174	4340	-	19,5	25,7	40,7
604	R	SS	11/04/2003	189	-	-	23,7	29,6	44,5
605	A	CS	25/03/2003	166	-	-	21,7	26,8	39,9
606	R	SS	09/05/2003	176	6450	-	22,0	28,2	38,5
607	A	CS	21/05/2003	169	-	-	23,0	29,3	43,8
608	R	SS	20/06/2003	176	-	-	20,6	26,3	41,4
609	A	CS	11/07/2003	159	4480	-	23,8	30,6	39,8
610	R	SS	11/07/2003	163	-	-	21,1	26,5	39,4
611	A	CS	11/07/2003	190	4180	-	20,7	25,5	39,6
612	R	SS	11/07/2003	170	-	-	19,6	24,3	40,1
613	R	SS	09/07/2003	161	-	-	19,6	27,5	39,1
614	A	CS	22/07/2003	167	-	-	22,4	29,1	40,2
615	I	SS	14/08/2003	194	-	-	17,6	23,1	37,2
616	A	CS	02/10/2003	185	4430	-	19,8	25,2	41,1
617	R	SS	02/10/2003	186	-	-	17,0	22,1	41,9
618	A	CS	03/10/2003	166	4810	-	21,1	28,6	44,0
619	R	SS	03/10/2003	174	-	-	18,5	25,7	41,0
620	A	CS	05/01/2004	163	4620	-	25,4	31,4	44,1
621	R	SS	05/01/2004	165	-	-	22,2	27,9	40,2
622	R	SS	08/01/2004	182	-	-	20,3	26,7	43,8
623	A	CS	08/01/2004	178	5030	-	20,1	25,0	39,0
624	A	CS	14/01/2004	166	-	-	24,6	27,9	41,2
625	R	SS	21/01/2004	186	-	-	20,3	24,7	39,4
626	R	SS	22/01/2004	183	-	-	18,7	23,8	37,5
627	A	CS	26/01/2004	189	-	-	18,8	21,9	37,4

628	R	SS	09/03/2004	163	-	-	24,1	29,8	42,7
629	R	SS	09/03/2004	176	-	-	19,8	26,9	40,8
630	F	SS	31/03/2004	213	4620	-	21,6	25,0	39,0
631	R	SS	07/04/2004	170	-	-	22,0	27,7	42,0
632	A	CS	07/04/2004	162	4490	-	26,0	32,0	46,0
633	R	SS	16/04/2004	191	-	-	19,7	25,2	43,0
634	A	CS	16/04/2004	183	3790	-	20,0	23,4	39,4
635	F	SS	22/04/2004	164	-	-	15,6	22,3	41,2
636	L	CS	22/05/2004	161	4530	-	24,0	29,6	42,8
637	R	SS	02/07/2004	190	-	-	19,9	23,6	36,0
638	A	CS	02/07/2004	168	4640	-	21,4	27,2	40,3
639	R	SS	09/07/2004	210	-	-	17,6	22,0	35,1
640	A	CS	09/07/2004	194	4060	-	19,3	24,4	37,4
641	R	SS	30/07/2004	189	-	-	16,7	22,3	37,5
642	A	CS	02/07/2004	167	-	-	20,8	27,5	-
643	A	CS	04/10/2004	159	4510	-	20,8	27,6	43,7
644	A	CS	08/10/2004	185	4590	-	18,4	23,8	40,4
645	R	SS	13/10/2004	178	-	-	19,8	22,4	40,7
646	SEM MARCA	SC	18/10/2004	179	-	-	12,6	15,0	22,7
647	SEM MARCA	SC	18/10/2004	177	-	-	10,8	16,9	32,9
648	L	CS	10/01/2005	184	-	-	21,7	26,9	40,3
649	A	CS	11/01/2005	154	4290	-	22,2	28,4	40,7
650	A	CS	13/01/2005	163	4240	-	20,0	24,2	36,6
651	L	CS	17/02/2005	184	-	-	18,1	22,5	33,0
652	L	CS	02/03/2005	194	-	-	20,1	25,7	40,7
653	I	SS	02/03/2005	193	-	-	18,0	22,3	34,2
654	F	SS	17/03/2005	180	3610	-	17,8	22,8	34,7
655	B	SS	18/03/2005	146	2550	-	8,7	11,6	18,6
656	I	SS	15/03/2005	196	3890	-	16,4	21,7	32,9
657	R	SS	08/03/2005	164	-	-	20,5	25,5	39,6
658	A	CS	06/04/2005	161	4400	-	23,5	29,5	43,8
659	A	CS	15/04/2005	183	3870	-	19,7	24,7	37,0
660	L	CS	20/04/2005	202	-	-	20,2	26,5	40,6
661	R	SS	24/05/2005	172	-	-	22,6	36,3	46,2
662	B	SS	05/07/2005	165	3300	-	11,1	15,2	25,2
663	A	CS	14/07/2005	195	4360	-	21,9	26,3	38,5
664	A	CS	15/07/2005	151	4770	-	22,9	29,8	43,2
665	A	CS	22/08/2005	168	-	-	21,2	25,8	41,4
666	R	SS	22/08/2005	170	-	-	21,5	25,8	40,3
667	A	CS	06/10/2005	150	4680	-	22,0	26,5	39,4
668	A	CS	07/10/2005	196	4320	-	20,4	24,9	36,6
669	Q	CS	28/10/2005	170	-	-	25,2	28,1	45,2

670	Q	CS	19/10/2005	160	-	-	30,8	35,4	47,3
671	Q	CS	02/12/2005	164	-	-	30,7	34,8	44,9
672	A	CS	06/10/2005	148	4730	-	21,1	27,8	-
673	A	CS	09/12/2005	174	4850	18,9	26,6	31,7	45,3
674	R	SS	30/11/2005	170	-	-	18,4	24,7	39,2
675	M	SS	10/01/2006	151	4910	-	22,0	25,9	38,9
676	A	CS	24/01/2006	182	3890	-	22,6	26,3	40,3
677	M	SS	10/04/2006	158	4820	-	18,4	23,4	35,4
678	A	CS	13/04/2006	163	4590	-	17,2	22,1	36,1
679	R	SS	02/05/2006	178	-	-	21,4	25,3	38,6
680	A	CS	22/05/2006	183	4370	-	15,8	21,4	34,4
681	R	SS	22/05/2006	190	4990	-	17,8	22,2	36,6
682	M	SS	23/05/2006	152	4850	-	20,4	25,4	35,6
683	F	SS	23/05/2006	179	3510	-	9,7	14,0	23,1
684	R	SS	23/05/2006	174	5330	-	25,0	28,6	42,4
685	I	SS	14/06/2006	196	-	-	16,3	18,4	29,2
686	M	SS	14/06/2006	142	-	-	16,8	23,1	37,1
687	R	SS	20/06/2006	178	-	-	19,8	23,9	37,0
688	I	SS	20/06/2006	196	-	-	16,9	19,1	30,2
689	M	SS	20/06/2006	159	-	-	23,1	29,1	43,1
690	F	SS	20/06/2006	162	-	-	11,4	15,1	25,1
691	R	SS	29/06/2006	170	-	-	20,6	26,3	38,5
692	I	SS	29/06/2006	196	-	-	14,9	19,3	30,0
693	M	SS	29/06/2006	160	-	-	17,6	25,0	35,9
694	F	SS	29/06/2006	154	-	-	7,7	12,5	23,4
695	B	SS	29/06/2006	164	-	-	7,9	11,0	20,4
696	R	SS	04/07/2006	185	5090	-	17,0	20,6	34,6
697	A	CS	04/07/2006	168	4620	-	16,4	20,6	34,4
698	M	SS	05/07/2006	150	2780	-	19,5	25,8	39,6
699	F	SS	05/07/2006	192	3630	-	13,0	16,6	28,2
700	I	SS	05/07/2006	174	4450	-	15,5	19,0	30,2
701	R	SS	05/07/2006	174	5470	-	20,2	25,2	38,4
702	M	SS	10/07/2006	156	4950	-	21,1	27,8	42,5
703	F	SS	18/07/2006	175	-	-	11,0	16,3	25,9
704	I	SS	18/07/2006	196	-	-	17,9	20,4	30,6
705	M	SS	18/07/2006	154	-	-	14,6	21,7	35,4
706	R	SS	18/07/2006	180	-	-	17,0	24,4	37,0
707	M	SS	25/07/2006	152	-	-	16,2	21,3	35,5
708	F	SS	25/07/2006	160	-	-	9,7	13,2	24,4
709	I	SS	25/07/2006	184	-	-	16,4	20,2	31,3
710	R	SS	25/07/2006	162	-	-	19,2	24,4	39,1
711	M	SS	08/08/2006	152	-	-	17,5	22,9	34,6

712	F	SS	08/08/2006	170	-	-	13,1	18,4	28,1
713	I	SS	08/08/2006	194	-	-	15,8	21,2	31,3
714	R	SS	08/08/2006	170	-	-	19,5	23,3	35,2
715	M	SS	16/08/2006	152	-	-	17,4	25,5	38,4
716	F	SS	16/08/2006	178	-	-	11,9	15,1	27,0
717	I	SS	16/08/2006	210	-	-	16,7	21,6	32,2
718	F	SS	21/08/2006	161	4220	5,0	11,1	13,9	24,6
719	R	SS	23/08/2006	188	4950	-	13,5	19,3	30,8
720	A	CS	23/08/2006	182	4570	-	19,7	24,4	40,9
721	M	SS	23/08/2006	152	4490	-	20,6	25,8	40,2
722	F	SS	22/08/2006	172	3790	-	15,8	20,4	32,0
723	I	SS	22/08/2006	194	4170	-	15,0	19,5	29,8
724	R	SS	22/08/2006	160	5890	-	15,0	21,6	34,8
725	M	SS	30/08/2006	153	-	-	17,6	26,2	39,0
726	F	SS	30/08/2006	174	-	-	13,0	16,6	29,2
727	I	SS	29/08/2006	187	-	-	14,5	18,4	29,8
728	R	SS	29/08/2006	162	-	-	18,7	25,1	40,9
729	M	SS	05/09/2006	150	-	-	17,6	23,9	38,4
730	F	SS	05/09/2006	166	-	-	11,6	16,9	27,2
731	I	SS	05/09/2006	190	-	-	16,0	21,4	32,8
732	R	SS	05/09/2006	192	-	-	20,0	27,1	39,2
733	N	SS	19/09/2006	193	-	-	16,0	21,1	36,0
734	M	SS	06/10/2006	200	3680	-	19,5	26,6	35,3
735	A	CS	12/10/2006	180	4280	-	18,2	23,8	38,4
736	B	SS	26/10/2006	183	-	-	-	13,9	27,4
737	R	SS	23/08/2006	173	-	-	14,5	19,5	34,8
738	F	SS	22/08/2006	176	-	-	16,9	21,4	34,8
739	R	SS	29/08/2006	192	-	-	14,3	19,8	33,5
740	M	SS	07/11/2006	152	-	-	20,4	25,7	35,4
741	F	SS	07/11/2006	176	-	-	12,3	15,9	27,8
742	I	SS	07/11/2006	192	-	-	16,1	20,4	31,6
743	R	SS	07/11/2006	188	-	-	16,4	21,4	37,1
744	N	SS	07/11/2006	168	-	-	15,4	21,3	35,5
745	N	SS	04/12/2006	174	-	-	19,3	23,0	35,2
746	M	SS	02/01/2007	145	4770	-	20,2	26,0	39,2
747	A	CS	19/01/2007	169	4790	-	19,8	25,7	40,3
748	B	SS	23/01/2007	162	-	-	11,3	15,9	28,6
749	N	SS	24/01/2007	160	4520	-	13,6	19,5	31,4
750	B	SS	20/03/2007	197	-	-	14,8	19,9	32,6
751	R	SS	20/03/2007	168	-	-	19,5	27,0	37,9
752	A	CS	13/04/2007	194	4720	-	17,4	21,8	36,6
753	M	SS	17/04/2007	169	4390	-	14,1	18,6	32,0

754	M	SS	11/04/2007	152	4970	-	19,2	27,4	41,1
755	R	SS	18/04/2007	177	5050	-	15,4	19,3	32,0
756	I	SS	11/04/2007	192	4510	-	14,9	17,0	32,2
757	R	SS	11/04/2007	168	5890	-	16,6	23,7	25,1
758	N	SS	18/04/2007	174	4300	-	12,4	17,8	29,4
759	A	CS	18/04/2007	167	4870	-	13,7	19,0	32,7
760	R	SS	18/04/2007	178	-	-	13,9	19,0	29,0
761	M	SS	04/07/2007	160	4480	-	14,2	19,2	29,2
762	A	CS	13/07/2007	208	4830	-	18,9	23,9	36,9
763	Q	CS	25/07/2007	182	-	-	16,9	21,5	34,2
764	Q	CS	25/07/2007	181	-	-	20,2	24,3	38,7
765	M	SS	05/09/2007	146	3840	-	19,5	23,2	35,3
766	N	SS	05/09/2007	164	4480	-	13,0	17,7	30,3
767	I	SS	05/09/2007	200	4030	-	15,1	17,6	28,6
768	R	SS	05/09/2007	162	5300	-	19,7	23,2	33,7
769	A	CS	05/09/2007	149	4160	-	18,3	24,2	33,6
770	T	SS	04/09/2007	154	2720	-	7,9	11,6	20,9
771	R	SS	04/09/2007	178	5790	-	17,2	22,3	40,3
772	F	SS	04/09/2007	-	6850	-	8,4	14,6	24,5
773	A	CS	04/09/2007	162	4970	-	16,9	23,2	36,3
774	M	SS	09/10/2007	142	4760	-	16,7	22,0	36,9
775	A	CS	11/10/2007	174	4770	-	18,2	23,7	38,3
776	F	SS	01/11/2007	127	6980	-	15,0	27,4	44,7
777	I	SS	29/11/2007	190	4180	-	15,4	20,1	31,9
778	N	SS	05/12/2007	170	-	-	10,3	18,9	33,9
779	N	SS	05/12/2007	183	-	-	12,9	18,1	29,2
780	N	SS	12/12/2007	165	-	-	12,6	18,1	36,2
781	A	CS	11/01/2008	156	4440	-	20,1	25,1	38,7
782	M	SS	16/01/2008	144	4120	-	18,2	22,3	33,2
783	N	SS	05/12/2007	183	-	-	11,8	15,8	26,0
784	N	SS	05/12/2007	167	-	-	11,9	15,0	24,2
785	M	SS	02/04/2008	147	4560	-	17,7	21,4	34,0
786	A	CS	04/04/2008	158	4420	-	15,4	21,8	33,9
787	Q	CS	11/04/2008	176	-	-	17,4	20,4	33,0
788	Q	CS	24/04/2008	158	-	-	23,6	27,6	35,8
789	A	CS	12/05/2008	173	-	-	21,0	27,6	41,7
790	Q	CS	09/06/2008	150	6260	-	22,7	26,6	37,0
791	N	SS	09/06/2008	160	4270	-	13,7	19,1	30,8
792	M	SS	09/06/2008	146	4290	-	17,4	23,5	36,5
793	A	CS	10/06/2008	162	5080	-	20,4	25,8	40,5
794	Q	CS	10/06/2008	154	5070	-	14,6	19,1	20,4
795	I	SS	17/06/2008	186	3900	-	14,7	17,5	27,2

796	I	SS	20/06/2008	179	-	-	15,1	19,0	27,5
797	I	SS	17/06/2008	186	-	-	14,6	18,1	25,6
798	M	SS	08/07/2008	150	4450	-	19,1	25,8	36,7
799	Q	CS	09/07/2008	158	-	-	28,3	30,3	39,2
800	A	CS	11/07/2008	182	4730	-	20,1	25,0	39,8
801	Q	CS	10/06/2008	175	-	-	12,6	16,8	29,4
802	I	SS	17/06/2008	186	-	-	14,6	18,3	27,5
803	Q	CS	10/06/2008	180	-	-	17,5	21,6	36,4
804	I	SS	17/06/2008	178	-	-	14,6	18,4	28,5
805	I	SS	17/06/2008	184	-	-	15,2	18,0	28,4
806	I	SS	17/06/2008	183	-	-	16,0	18,6	30,9
807	Q	CS	26/09/2008	151	-	-		25,1	40,9
808	L	CS	30/09/2008	178	-	-	21,0	25,9	37,6
809	A	CS	10/10/2008	169	5040	-	21,3	28,5	47,7
810	A	CS	10/11/2008	152	-	-	33,6	31,0	
811	Q	CS	27/11/2008	152	-	-			24,2
812	Q	CS	24/11/2008	170	4090	-	20,8	25,1	37,5
813	A	CS	15/01/2009	153	4790	-	15,7	19,5	39,4
814	A	CS	17/04/2009	157	4480	-	18,8	22,9	36,8
815	A	CS	09/07/2009	169	-	-	16,5	23,0	33,3
816	A	CS	24/07/2009	173	-	-	22,3	28,0	40,6
817	SEM MARCA	SC	11/08/2009	182	-	-	17,0	20,4	30,1
818	A	CS	02/10/2009	172	-	-	17,5	21,7	37,7
819	SEM MARCA	SC	14/10/2009	180	-	-	19,8	23,3	36,3
820	A	CS	27/01/2010	179	5110	-	21,8	27,2	41,7
821	A	CS	14/04/2010	203	-	-	26,6	31,8	39,0
822	A	CS	16/04/2010	197	-	-	21,6	25,6	41,3
823	A	CS	11/06/2010	211	-	-	20,4	24,0	35,0
824	Q	CS	18/06/2010	210	-	-	19,1	24,1	38,6
825	A	CS	17/06/2010	189	-	-	20,0	24,3	35,3
826	A	CS	08/07/2010	190	-	-	17,2	22,7	38,0
827	A	CS	28/07/2010	190	4550	-	22,4	27,6	39,2
828	A	CS	30/07/2010	185	5500	-	21,7	28,8	-
829	R	SS	03/09/2010	197	-	-	25,3	30,0	39,1
830	A	CS	05/10/2010	187	4220	-	19,0	25,6	39,2
831	A	CS	15/10/2010	188	4500	-	16,0	22,2	37,0
832	A	CS	13/12/2010	193	-	-	24,5	30,4	39,1
833	L	CS	27/12/2010	200	-	-	24,0	28,6	41,4
834	L	CS	13/01/2011	205	-	-	20,5	26,8	40,5
835	A	CS	17/01/2011	169	4440	-	24,6	28,6	38,5
836	A	CS	21/01/2011	157	4540	-	17,8	22,9	36,5
837	Q	CS	21/03/2011	198	-	-	24,6	31,7	43,8

838	A	CS	18/04/2011	211	4320	-	29,0	31,3	39,3
839	A	CS	20/04/2011	182	4760	-	17,7	23,4	38,5
840	A	CS	29/04/2011	138	-	-	22,6	31,9	48,7
841	A	CS	02/05/2011	210	-	-	21,1	29,3	40,2
842	Q	CS	02/05/2011	199	-	-	21,4	24,9	38,0
843	D	SS	02/05/2011	177	-	-	15,6	22,4	36,6
844	A	CS	27/05/2011	214	-	-	24,0	28,4	43,7
845	A	CS	08/06/2011	198	4040	-	18,3	24,3	40,1
846	A	CS	08/06/2011	200	4660	-	17,3	22,6	39,6
847	A	CS	04/07/2011	207	4560	-	23,8	29,5	41,6
848	A	CS	08/07/2011	189	5000	-	16,6	22,3	39,9
849	A	CS	11/08/2011	221	-	-	17,9	22,6	36,9
850	Q	CS	15/09/2011	212	-	-	25,2	29,4	39,9
851	A	CS	05/10/2011	196	-	-	25,1	30,0	41,8
852	A	CS	14/10/2011	200	4380	-	22,6	28,6	40,4
853	A	CS	17/10/2011	192	4440	-	25,8	32,3	42,8
854	I	SS	03/11/2011	213	-	-	17,4	21,6	31,8
855	A	CS	11/11/2011	208	-	-	21,9	25,9	40,7
856	A	CS	11/11/2011	207	-	-	22,3	27,6	40,8
857	A	CS	11/11/2011	193	-	-	14,3	23,4	35,2
858	Q	CS	12/12/2011	201	4550	8,2	17,4	21,4	31,9
859	Q	CS	12/12/2011	198	4720	17,1	25,2	31,2	44,6
860	A	CS	27/01/2012	192	4080	-	21,5	28,7	41,9
861	A	CS	30/01/2012	190	3940	-	20,7	25,9	36,4
862	A	CS	30/01/2012	200	-	-	19,5	23,8	35,9
863	A	CS	26/01/2012	193	-	-	21,7	27,3	37,3
864	A	CS	10/02/2012	203	4130	-	23,3	29,1	40,2
865	F	SS	10/02/2012	149	4700	-	9,5	15,5	32,0
866	I	SS	10/02/2012	208	4050	-	18,7	22,1	37,6
867	A	CS	15/03/2012	202	-	-	17,9	23,2	35,8
868	A	CS	15/03/2012	175	-	-	20,4	24,7	35,9
869	A	CS	15/03/2012	174	-	-	19,5	24,4	37,6
870	A	CS	15/03/2012	172	-	-	21,6	26,9	39,3
871	A	CS	15/03/2012	185	-	-	20,8	25,7	35,6
872	A	CS	15/03/2012	192	-	-	20,5	25,6	34,2
873	A	CS	15/03/2012	181	-	-	19,9	24,8	35,8
874	A	CS	15/03/2012	186	-	-	20,5	25,7	36,6
875	A	CS	11/04/2012	163	4130	-	18,7	24,5	37,7
876	A	CS	25/04/2012	160	-	-	22,2	24,4	36,4
877	Q	CS	15/06/2012	168	-	-	20,1	27,1	36,6
878	A	CS	23/07/2012	186	4180	-	19,7	25,1	37,0
879	N	SS	27/08/2012	162	-	-	8,1	15,9	28,5

880	A	CS	19/10/2012	161	4100	-	20,4	26,2	39,3
881	A	CS	23/11/2012	161	-	21,6	26,3	-	-
882	N	SS	07/12/2012	158	-	-	-	-	-

9.6 Apêndice F – Dados referentes ao cimento Portland CP IV 32 RS

Amostra	Marca comercial	Classificação	Data de Recebimento	Índice de Consistência (mm)	Superfície Específica Blaine (cm ² /g)	Resistência à compressão (MPa)			
						1 dia	3 dias	7 dias	28 dias
883	SEM MARCA	SC	07/11/2005	156	-	-	30,6	34,8	45,8
884	A	CS	04/01/2006	175	4700	-	22,8	31,7	40,8
885	SEM MARCA	SC	27/01/2006	180	4770	-	29,1	32,0	40,9
886	SEM MARCA	SC	10/02/2006	178	4560	-	28,8	33,1	43,2
887	SEM MARCA	SC	14/03/2006	164	4550	-	26,7	29,6	37,7
888	SEM MARCA	SC	31/03/2006	156	-	-	26,3	29,0	37,3
889	SEM MARCA	SC	07/04/2006	192	4840	-	29,2	33,8	42,9
890	A	CS	10/04/2006	148	5090	-	23,1	28,1	35,0
891	A	CS	15/05/2006	163	-	-	21,1	26,8	41,4
892	A	CS	23/05/2006	158	5000	-	23,5	28,1	38,7
893	B	SS	23/05/2006	152	3280	-	12,4	15,1	24,4
894	A	CS	14/06/2006	162	-	-	22,6	27,4	41,6
895	R	SS	14/06/2006	170	-	-	27,7	31,4	42,1
896	F	SS	14/06/2006	168	-	-	8,5	13,8	25,0
897	A	CS	20/06/2006	162	-	-	23,1	29,9	43,0
898	B	SS	20/06/2006	149	-	-	9,1	12,4	21,0
899	A	CS	29/06/2006	167	-	-	24,3	31,7	47,9
900	B	SS	05/07/2006	178	3150	-	10,0	13,4	23,5
901	A	CS	05/07/2006	161	4660	-	21,3	27,0	40,2
902	A	CS	10/07/2006	156	4880	-	12,3	30,3	43,0
903	A	CS	15/07/2006	190	4140	-	16,9	21,0	36,2
904	A	CS	18/07/2006	159	-	-	20,9	28,1	39,3
905	B	SS	18/07/2006	184	-	-	10,0	13,7	22,9
906	A	CS	18/07/2006	165	-	-	19,6	26,6	39,6
907	A	CS	25/07/2006	160	-	-	20,6	28,0	42,0
908	B	SS	25/07/2006	182	-	-	9,4	12,6	22,8
909	A	CS	08/08/2006	156	-	-	19,4	26,0	38,6
910	B	SS	08/08/2006	157	-	-	8,3	11,5	19,6
911	A	CS	16/08/2006	156	-	-	22,3	28,6	41,3
912	B	SS	16/08/2006	144	-	-	7,9	11,4	17,1
913	R	SS	16/08/2006	168	-	-	16,6	23,3	36,8
914	B	SS	22/08/2006	150	3030	-	7,6	10,3	16,6
915	A	CS	22/08/2006	148	5430	-	20,5	26,7	40,6
916	Q	CS	28/08/2006	164	-	-	25,6	29,1	40,8
917	A	CS	29/08/2006	155	-	-	18,7	27,1	40,5
918	B	SS	30/08/2006	161	-	-	6,1	9,3	21,2
919	A	CS	05/09/2006	176	-	-	23,8	30,7	44,3

920	B	SS	05/09/2006	168	-	-	6,4	10,0	20,4
921	B	SS	13/09/2006	162	2860	-	6,2	8,5	27,1
922	A	CS	18/09/2006	169	-	-	19,7	27,0	40,6
923	A	CS	06/10/2006	170	4410	-	19,7	25,5	37,1
924	A	CS	02/11/2006	152	-	-	21,4	26,1	35,9
925	B	SS	02/11/2006	167	-	-	11,0	14,9	26,1
926	B	SS	01/12/2006	170	-	-	19,3	24,5	35,1
927	A	CS	02/01/2007	146	4690	-	20,0	26,6	40,2
928	A	CS	26/12/2006	148	-	-	21,2	26,2	38,5
929	B	SS	05/01/2007	146	-	-	11,3	15,1	26,2
930	A	CS	17/04/2007	163	4450	-	18,3	25,4	38,1
931	A	CS	11/04/2007	172	4380	-	19,7	24,8	37,0
932	B	SS	11/04/2007	176	3440	-	10,5	15,2	26,2
933	A	CS	04/07/2007	174	4480	-	18,4	24,6	34,1
934	B	SS	06/07/2007	182	-	-	18,5	24,1	28,0
935	B	SS	06/07/2007	179	-	-	21,8	26,0	30,8
936	B	SS	05/09/2007	181	3750	-	12,7	17,5	32,8
937	A	CS	12/09/2007	149	-	-	19,8	26,9	38,3
938	B	SS	05/10/2007	165	-	-	16,3	22,6	36,6
939	A	CS	09/10/2007	153	4800	-	18,6	24,6	37,3
940	A	CS	30/11/2007	153	-	-	23,9	27,9	42,0
941	A	CS	04/01/2008	150	4220	-	18,4	24,5	35,4
942	A	CS	02/04/2008	149	4320	-	20,4	25,9	36,5
943	A	CS	09/06/2008	156	4430	-	19,6	25,1	36,8
944	B	SS	09/06/2008	169	5960	-	10,4	17,1	32,8
945	A	CS	08/07/2008	163	4550	-	21,0	26,2	35,7
946	A	CS	14/10/2008	142	4480	-	18,6	26,7	38,4
947	Q	CS	21/10/2008	158	-	-	17,7	22,9	38,4
948	A	CS	12/01/2009	148	4060	-	24,3	28,8	42,0
949	A	CS	30/03/2009	180	-	-	23,4	28,6	39,8
950	A	CS	30/03/2009	152	-	-	20,8	29,2	38,2
951	A	CS	30/03/2009	154	-	-	22,7	28,2	40,2
952	A	CS	30/03/2009	162	-	-	25,6	31,2	42,7
953	Q	CS	09/04/2009	160	5310	-	25,7	30,8	42,4
954	Q	CS	09/04/2009	152	5270	-	26,8	28,9	42,5
955	Q	CS	22/04/2009	150	5220	-	25,6	30,0	41,4
956	A	CS	28/04/2009	149	4570	-	21,3	26,0	38,7
957	A	CS	23/06/2009	156	-	-	18,9	26,2	39,8
958	A	CS	15/07/2009	154	-	-	21,6	28,2	40,0
959	A	CS	21/10/2009	176	-	-	23,2	27,8	38,0
960	I	SS	10/12/2009	161	-	-	20,8	23,4	35,6
961	A	CS	25/01/2010	196	4470	-	28,0	30,6	38,6

962	A	CS	25/01/2010	196	-	-	27,2	32,0	40,3
963	Q	CS	05/07/2010	208	-	-	23,8	30,2	44,6
964	Q	CS	12/11/2010	202	-	17,6	29,5	33,1	42,0
965	Q	CS	14/04/2011	190	-	12,4	21,7	26,9	40,8
966	Q	CS	03/06/2011	222	-	-	-	-	47,4
967	Q	CS	30/09/2011	199	-	-	23,5	28,6	39,0
968	Q	CS	25/11/2011	207	-	-	-	32,8	44,2
969	Q	CS	08/12/2011	195	5100	12,5	24,9	29,6	43,5
970	Q	CS	08/12/2011	200	5010	14,3	24,4	31,0	44,7
971	Q	CS	08/12/2011	191	4900	12,1	24,5	29,5	43,6
972	Q	CS	08/12/2011	200	4840	15,3	29,6	33,5	44,0
973	Q	CS	08/12/2011	208	5070	14,0	24,5	29,7	44,3
974	Q	CS	08/12/2011	193	5170	13,6	23,6	28,1	41,7
975	Q	CS	08/12/2011	200	4930	13,0	22,7	28,9	39,6
976	Q	CS	08/12/2011	205	4590	12,3	24,3	30,8	44,7
977	Q	CS	31/01/2012	198	-	-	24,4	32,0	45,5
978	R	SS	08/03/2012	196	4540	14,2	23,2	29,4	38,5
979	R	SS	08/03/2012	182	4810	15,8	17,3	32,1	44,5
980	Q	CS	29/03/2012	174	-	-	24,8	29,7	40,5
981	A	CS	14/03/2012	167	-	-	28,3	34,0	43,0
982	Q	CS	23/05/2012	158	4410	5,5	11,7	14,6	25,0
983	Q	CS	23/05/2012	183	4640	13,5	25,4	27,6	42,5
984	Q	CS	23/05/2012	183	4630	10,2	23,0	28,5	40,1
985	Q	CS	15/06/2012	186	-	-	21,2	26,4	37,0
986	Q	CS	26/06/2012	171	5000	12,3	22,8	27,5	40,6
987	Q	CS	26/06/2012	189	4930	10,3	21,8	26,8	36,8
988	Q	CS	26/06/2012	177	4570	7,1	23,3	27,6	42,9
989	Q	CS	26/06/2012	189	5220	8,8	22,5	28,6	42,4
990	Q	CS	26/06/2012	180	4840	12,6	21,8	27,7	38,5
991	Q	CS	26/07/2012	191	4500	13,2	24,1	30,0	42,6
992	Q	CS	26/07/2012	198	4740	5,3	23,0	28,2	40,4
993	Q	CS	11/10/2012	174	4460	15,0	28,9	32,8	43,5
994	Q	CS	11/10/2012	196	4720	16,6	23,7	29,6	39,3
995	Q	CS	11/10/2012	175	4270	20,6	33,4	34,7	38,7
996	Q	CS	11/10/2012	172	4620	17,1	24,1	30,4	39,9
997	Q	CS	11/10/2012	183	4350	11,5	-	27,0	37,5
998	Q	CS	11/10/2012	186	5020	17,9	26,4	30,9	45,2
999	Q	CS	11/10/2012	203	4690	15,9	27,2	30,5	37,9
1000	Q	CS	26/11/2012	209	-	15,2	23,4	29,7	41,3
1001	Q	CS	26/11/2012	182	-	19,1	27,5	33,3	43,8
1002	Q	CS	26/11/2012	180	-	15,8	25,2	30,9	43,8
1003	Q	CS	26/11/2012	168	-	12,5	25,0	-	41,6

1004	Q	CS	26/11/2012	162	-	14,4	22,6	28,9	37,7
1005	Q	CS	26/11/2012	164	-	13,8	-	29,0	39,2
1006	Q	CS	28/11/2012	192	-	-	23,7	28,0	38,2
1007	Q	CS	17/11/2012	170	-	-	25,2	30,5	-

9.7 Apêndice G – Dados referentes ao cimento Portland CP V ARI

Amostra	Marca comercial	Classificação	Data de Recebimento	Índice de Consistência (mm)	Superfície Específica Blaine (cm ² /g)	Resistência à compressão (MPa)		
						1 dia	3 dias	7 dias
1008	A	CS	05/10/1992	158	-	18,4	34,3	40,6
1009	A	CS	04/11/1992	151	-	20,4	35,1	43,7
1010	P	SS	13/11/1992	157	-	22,9	38,4	47,4
1011	P	SS	12/01/1993	158	-	20,1	39,9	41,8
1012	A	CS	09/06/1993	165	4980	18,2	37,8	46,0
1013	L	CS	16/07/1993	162	4330	14,5	34,8	41,4
1014	A	CS	22/07/1993	162	5240	17,5	35,5	45,6
1015	A	CS	09/08/1993	158	4930	-	22,0	37,4
1016	A	CS	10/11/1993	151	4920	25,8	36,0	43,7
1017	P	SS	21/01/1994	163	-	-	38,6	43,0
1018	SEM MARCA	SC	16/03/1994	150	-	16,8	29,0	33,9
1019	SEM MARCA	SC	16/03/1994	153	-	18,6	30,4	35,4
1020	SEM MARCA	SC	18/03/1994	152	-	18,6	28,8	32,0
1021	SEM MARCA	SC	20/04/1994	157	-	11,1	26,6	36,1
1022	SEM MARCA	SC	20/04/1994	161	-	14,1	31,4	39,8
1023	SEM MARCA	SC	11/05/1994	158	-	17,3	31,9	34,8
1024	SEM MARCA	SC	12/05/1994	167	-	15,0	31,4	34,6
1025	L	CS	30/05/1994	165	-	13,8	34,1	41,2
1026	L	CS	08/06/1994	164	-	-	19,8	26,8
1027	SEM MARCA	SC	20/06/1994	168	-	-	22,8	28,7
1028	SEM MARCA	SC	11/07/1994	178	-	10,2	27,1	35,9
1029	SEM MARCA	SC	11/07/1994	177	-	10,0	27,8	35,6
1030	SEM MARCA	SC	28/07/1994	166	-	12,6	33,8	41,5
1031	SEM MARCA	SC	16/08/1994	171	-	13,4	39,1	39,8
1032	L	CS	18/08/1994	170	-	12,4	32,6	40,9
1033	SEM MARCA	SC	26/08/1994	168	-	15,0	32,7	39,0
1034	SEM MARCA	SC	29/08/1994	167	-	11,4	29,9	36,1
1035	SEM MARCA	SC	19/09/1994	158	-	21,9	34,2	38,7
1036	SEM MARCA	SC	20/10/1994	160	-	19,8	35,3	41,3
1037	SEM MARCA	SC	21/11/1994	161	-	22,1	37,8	43,5
1038	P	SS	18/04/1995	151	-	14,1	39,8	46,0
1039	SEM MARCA	SC	30/06/1995	160	-	14,2	33,5	40,9
1040	SEM MARCA	SC	03/04/1996	158	-	19,4	34,4	38,9
1041	SEM MARCA	SC	03/04/1996	157	-	19,9	32,3	34,7
1042	A	CS	30/05/1996	158	-	16,5	36,0	43,5
1043	A	CS	06/09/1996	220	-	18,8	39,7	45,4
1044	L	CS	21/01/1998	170	4150	21,5	33,1	37,1

1045	SEM MARCA	SC	14/01/1998	161	-	-	22,1	29,2
1046	L	CS	15/01/1998	162	-	17,6	24,7	31,1
1047	L	CS	23/01/1998	173	-	17,1	29,1	36,8
1048	R	SS	27/10/1998	158	-	19,0	31,0	28,9
1049	R	SS	04/02/1999	156	-	16,4	28,8	35,2
1050	SEM MARCA	SC	26/02/1999	158	-	21,1	32,1	38,7
1051	R	SS	04/03/1999	160	-	21,0	29,9	37,8
1052	R	SS	23/04/1999	168	-	20,6	35,3	39,7
1053	R	SS	04/05/1999	168	-	19,2	34,3	36,1
1054	L	CS	28/05/1999	167	-	22,7	35,8	38,8
1055	R	SS	12/07/1999	166	-	19,2	33,2	40,4
1056	Q	CS	10/09/1999	171	-	21,1	39,5	41,8
1057	R	SS	17/09/1999	163	-	19,0	36,0	41,8
1058	Q	CS	08/10/1999	185	-	21,5	33,6	40,3
1059	L	CS	06/10/1999	172	-	14,9	31,7	36,3
1060	R	SS	06/10/1999	173	-	17,7	35,1	36,7
1061	R	SS	19/10/1999	172	-	18,8	33,8	37,6
1062	R	SS	21/10/1999	171	-	22,2	34,3	43,1
1063	R	SS	21/10/1999	181	-	-	24,4	28,1
1064	R	SS	13/01/2000	168	-	26,5	35,4	38,8
1065	SEM MARCA	SC	08/02/2000	182	-	21,6	33,6	40,6
1066	R	SS	16/03/2000	181	-	23,5	34,0	36,2
1067	Q	CS	13/06/2000	154	-	14,4	32,1	35,2
1068	SEM MARCA	SC	20/11/2000	185	-	23,3	33,0	38,0
1069	A	CS	22/11/2000	173	-	27,6	36,8	42,4
1070	R	SS	04/01/2001	183	-	23,2	34,9	36,8
1071	SEM MARCA	SC	02/05/2001	195	-	20,0	31,9	37,3
1072	S	CS	21/09/2001	196	-	22,5	33,1	38,0
1073	S	CS	08/03/2002	194	-	22,9	37,3	39,0
1074	SEM MARCA	SC	04/04/2002	182	-	19,3	32,9	34,1
1075	SEM MARCA	SC	11/04/2002	178	-	14,9	31,1	37,4
1076	S	CS	12/04/2002	187	-	21,3	35,7	41,0
1077	R	SS	06/05/2002	183	-	17,6	29,8	35,7
1078	L	CS	16/05/2002	208	-	23,3	30,0	38,2
1079	L	CS	21/05/2002	194	-	14,8	26,1	31,0
1080	Q	CS	19/06/2002	184	5430	11,8	34,5	36,8
1081	Q	CS	28/06/2002	191	5270	10,8	29,0	37,0
1082	R	SS	04/10/2002	174	-	15,1	29,4	35,7
1083	Q	CS	22/10/2002	175	5560	18,2	36,8	39,6
1084	S	CS	01/11/2002	186	-	29,0	37,2	42,6
1085	R	SS	10/01/2003	174	-	19,0	34,2	37,2
1086	L	CS	20/01/2003	188	-	21,9	31,8	35,3

1087	S	CS	27/01/2003	199	-	22,6	33,0	37,1
1088	R	SS	11/03/2003	163	-	20,6	31,6	37,7
1089	R	SS	03/04/2003	175	-	22,3	32,0	36,9
1090	R	SS	03/04/2003	176	-	-	21,3	33,9
1091	SEM MARCA	SC	08/05/2003	194	5610	20,0	32,7	36,7
1092	SEM MARCA	SC	08/05/2003	180	5270	22,3	31,6	35,0
1093	R	SS	09/05/2003	170	5690	22,6	32,0	34,2
1094	S	CS	20/06/2003	193	-	19,9	35,9	42,6
1095	Q	CS	08/07/2003	177	-	19,0	35,0	39,6
1096	Q	CS	08/07/2003	192	-	19,2	35,1	40,1
1097	L	CS	12/08/2003	193	-	20,2	31,2	40,2
1098	A	CS	05/08/2003	194	-	15,6	31,2	37,1
1099	S	CS	21/01/2004	190	-	28,3	36,2	43,7
1100	Q	CS	22/01/2004	190	-	21,2	37,0	40,7
1101	SEM MARCA	SC	23/05/2005	193	-	26,9	36,1	41,0
1102	L	CS	08/07/2005	182	-	22,8	38,1	43,8
1103	SEM MARCA	SC	26/01/2006	197	-	25,1	34,1	34,4
1104	L	CS	29/03/2006	178	-	24,7	30,4	37,6
1105	Q	CS	21/05/2007	200	-	19,0	29,0	35,1
1106	Q	CS	21/05/2007	198	-	19,3	29,2	34,6
1107	S	CS	01/02/2008	197	-	20,6	36,6	38,9
1108	S	CS	28/01/2008	180	-	22,2	33,7	40,6
1109	Q	CS	10/12/2008	167	-	17,6	33,2	35,1
1110	S	CS	02/07/2009	184	-	17,3	34,6	45,2
1111	Q	CS	12/08/2009	172	-	18,6	32,2	33,8
1112	L	CS	18/11/2009	185	4490	22,0	33,3	34,9
1113	S	CS	12/03/2010	204	-	17,4	25,9	36,1
1114	L	CS	12/03/2010	219	-	16,2	30,5	37,7
1115	L	CS	13/08/2010	214	-	19,2	31,4	34,6
1116	L	CS	29/09/2010	214	-	19,8	30,3	31,7
1117	L	CS	27/12/2010	202	-	22,8	33,3	37,7
1118	Q	CS	07/01/2011	198	-	23,0	32,2	37,6
1119	S	CS	02/05/2011	214	-	17,5	32,5	38,4
1120	Q	CS	02/05/2011	227	-	18,3	33,2	38,2
1121	J	SS	16/06/2011	191	-	16,0	31,5	39,5
1122	K	SS	22/06/2011	215	-	16,7	33,4	41,7
1123	L	CS	12/09/2011	221	-	21,4	32,5	40,9
1124	J	SS	24/11/2011	176	-	20,5	42,1	45,0
1125	J	SS	07/02/2012	198	-	21,6	36,6	39,7
1126	J	SS	15/02/2012	198	-	24,6	36,0	41,4
1127	G	SS	06/03/2012	212	-	26,0	33,9	36,8
1128	D	SS	23/03/2012	200	-	26,2	32,6	37,1

1129	S	CS	09/08/2012	206	4580	17,9	31,4	36,0
1130	A	CS	11/09/2012	182	-	16,6	30,2	35,9

9.8 Apêndice H – Dados referentes ao cimento Portland CP V ARI RS

Amostra	Marca comercial	Classificação	Data de Recebimento	Índice de Consistência (mm)	Superfície Específica Blaine (cm ² /g)	Resistência à compressão (MPa)		
						1 dia	3 dias	7 dias
1131	L	CS	04/01/2000	170	-	25,1	32,5	38,3
1132	L	CS	04/01/2000	169	-	19,4	27,6	31,5
1133	R	SS	13/01/2000	169	-	25,4	37,3	39,0
1134	R	SS	18/01/2000	170	-	22,0	36,1	37,8
1135	A	CS	11/02/2000	184	4520	16,8	33,2	37,6
1136	Q	CS	03/04/2000	164	-	17,8	33,8	38,9
1137	R	SS	12/04/2000	173	-	19,0	32,1	35,9
1138	SEM MARCA	SC	29/05/2000	170	-	16,6	33,7	37,1
1139	SEM MARCA	SC	26/06/2000	169	-	16,4	34,0	42,2
1140	SEM MARCA	SC	29/06/2000	174	-	16,7	35,2	39,0
1141	SEM MARCA	SC	29/06/2000	210	-	12,4	35,7	38,3
1142	R	SS	10/07/2000	194	-	14,7	32,6	38,1
1143	R	SS	16/10/2000	167	-	23,3	38,7	39,7
1144	R	SS	10/10/2000	161	-	26,0	39,6	42,2
1145	A	CS	12/01/2001	190	-	25,0	37,2	39,0
1146	R	SS	11/04/2001	175	-	21,1	34,9	38,7
1147	L	CS	27/06/2001	207	-	18,3	35,4	39,4
1148	R	SS	10/07/2001	198	-	13,1	29,2	34,1
1149	R	SS	17/08/2001	208	-	15,5	31,0	35,1
1150	R	SS	05/10/2001	196	-	15,0	31,5	35,9
1151	R	SS	04/01/2002	193	-	14,8	30,0	31,6
1152	R	SS	16/04/2002	172	-	17,3	30,8	38,2
1153	R	SS	05/07/2002	181	-	12,8	30,2	35,4
1154	Q	CS	30/06/2003	159	5750	22,8	34,6	38,5
1155	Q	CS	30/06/2003	170	5700	22,0	34,3	37,9
1156	Q	CS	30/06/2003	185	4860	11,2	18,6	29,3
1157	Q	CS	30/06/2003	171	5460	19,4	35,1	38,8
1158	R	SS	11/07/2003	176	-	21,0	31,9	38,7
1159	R	SS	03/10/2003	192	-	20,8	32,8	37,4
1160	R	SS	05/01/2004	171	-	25,6	34,7	38,3
1161	R	SS	29/01/2004	178	-	22,1	34,9	39,5
1162	R	SS	07/04/2004	183	-	-	22,1	32,5
1163	Q	CS	11/05/2004	178	-	20,8	32,6	35,4
1164	Q	CS	11/05/2004	186	-	20,9	31,9	35,5
1165	Q	CS	11/05/2004	184	-	19,3	32,4	36,5
1166	R	SS	02/07/2004	199	-	18,0	31,6	34,8
1167	L	CS	14/03/2005	181	4700	-	28,1	34,8

1168	Q	CS	15/07/2005	176	-	15,8	33,2	37,7
1169	L	CS	23/06/2006	183	-	22,6	33,6	39,8
1170	A	CS	18/07/2006	188	-	19,4	30,6	33,7
1171	Q	CS	05/07/2007	202	-	20,6	34,4	36,6
1172	L	CS	21/12/2007	177	-	21,9	29,2	33,6
1173	Q	CS	13/03/2008	158	-	20,6	29,3	31,4
1174	Q	CS	06/05/2008	166	-	17,0	26,5	31,5
1175	L	CS	16/06/2008	168	-	19,4	30,8	35,8
1176	Q	CS	21/07/2008	178	-	18,6	28,9	33,8
1177	Q	CS	21/07/2008	168	-	16,4	27,1	34,0
1178	Q	CS	29/10/2008	158	-	18,8	32,3	36,6
1179	Q	CS	02/07/2009	160	-	18,4	32,6	38,4
1180	Q	CS	02/09/2009	165	-	-	14,4	-
1181	Q	CS	02/09/2009	162	-	-	13,6	-
1182	Q	CS	02/09/2009	160	-	-	16,1	-
1183	Q	CS	02/09/2009	158	-	-	14,1	-
1184	Q	CS	16/11/2009	163	-	21,5	31,9	38,4
1185	A	CS	25/11/2009	207	-	-	-	31,8
1186	A	CS	25/11/2009	192	-	-	-	36,4
1187	A	CS	25/11/2009	203	-	-	-	35,6
1188	A	CS	25/11/2009	202	-	-	-	34,5
1189	A	CS	25/11/2009	202	-	-	-	30,8
1190	A	CS	19/02/2010	194	-	-	-	34,8
1191	A	CS	19/02/2010	197	-	-	-	33,6
1192	A	CS	19/02/2010	210	-	-	-	30,7
1193	A	CS	19/02/2010	208	-	-	-	34,8
1194	L	CS	12/08/2010	193	-	16,4	30,0	32,8
1195	L	CS	13/01/2011	181	-	-	19,5	32,0
1196	K	SS	02/02/2011	175	-	13,2	22,1	28,6
1197	K	SS	03/03/2011	173	-	19,4	28,9	35,3
1198	Q	CS	14/04/2011	197	-	25,0	37,2	38,8
1199	Q	CS	29/08/2011	205	-	22,7	33,4	35,1
1200	Q	CS	29/08/2011	203	-	20,9	33,6	35,9
1201	Q	CS	29/08/2011	206	-	20,9	32,0	36,7
1202	A	CS	19/04/2012	180	-	18,8	33,3	42,4
1203	A	CS	25/04/2012	160	-	10,5	27,8	35,4

9.9 Apêndice I – Dados referentes aos demais tipos de cimento Portland

Amostra	Marca comercial	Tipo de cimento Portland	Classificação	Data de Recebimento	Índice de Consistência (mm)	Superfície Específica Blaine (cm ² /g)	Resistência à compressão (MPa)			
							1 dia	3 dias	7 dias	28 dias
1204	R	NÃO DECLARADO	SS	22/09/1992	156	5250	-	31,0	34,5	44,9
1205	A	NÃO DECLARADO	CS	01/10/1992	162	-	-	11,2	19,2	33,3
1206	I	NÃO DECLARADO	SS	26/10/1992	166	4070	5,2	16,4	20,7	31,1
1207	R	NÃO DECLARADO	SS	11/11/1992	146	-	-	31,6	33,1	44,8
1208	I	NÃO DECLARADO	SS	14/12/1992	148	-	-	11,3	20,2	32,6
1209	R	NÃO DECLARADO	SS	21/12/1992	146	-	17,4	32,5	36,6	42,6
1210	R	NÃO DECLARADO	SS	11/02/1993	145	4820	19,4	30,4	33,6	37,6
1211	SEM MARCA	NÃO DECLARADO	SC	08/02/1993	163	4060	-	13,2	18,4	27,9
1212	R	NÃO DECLARADO	SS	25/09/1993	147	4720	19,8	31,0	33,1	44,3
1213	L	NÃO DECLARADO	CS	19/04/1993	148	-	-	19,3	23,9	32,3
1214	R	NÃO DECLARADO	SS	22/04/1993	157	4570	16,9	34,2	40,6	50,5
1215	R	NÃO DECLARADO	SS	03/06/1993	157	-	14,0	29,0	36,2	44,4
1216	A	NÃO DECLARADO	CS	25/05/1993	162	3720	-	16,5	27,6	39,4
1217	R	NÃO DECLARADO	SS	09/08/1993	158	4390	11,5	29,9	36,7	49,9
1218	R	NÃO DECLARADO	SS	15/09/1993	158	4550	13,7	31,6	36,2	48,7
1219	R	NÃO DECLARADO	SS	14/10/1993	154	-	20,3	29,3	35,1	43,5
1220	A	NÃO DECLARADO	CS	22/10/1993	148	-	-	16,2	24,6	34,5
1221	R	NÃO DECLARADO	SS	03/11/1993	150	-	17,7	33,5	38,2	43,8
1222	R	NÃO DECLARADO	SS	09/11/1993	149	-	-	21,7	25,3	32,6
1223	A	NÃO DECLARADO	CS	17/01/1994	149	3710	-	22,7	29,3	34,5
1224	R	NÃO DECLARADO	SS	18/02/1994	157	-	-	12,8	16,8	28,0
1225	R	NÃO DECLARADO	SS	18/02/1994	162	-	-	16,4	21,2	31,2
1226	R	NÃO DECLARADO	SS	18/02/1994	162	-	-	17,2	21,0	32,4
1227	SEM MARCA	NÃO DECLARADO	SC	07/11/1994	162	-	16,8	30,7	37,5	-
1228	I	NÃO DECLARADO	SS	19/12/1995	161	-	-	16,6	22,0	31,6
1229	E	NÃO DECLARADO	SS	16/07/1996	174	4800	5,1	25,3	34,8	-
1230	E	NÃO DECLARADO	SS	02/10/1996	167	-	12,9	29,2	39,1	-
1231	A	NÃO DECLARADO	CS	29/10/1996	158	-	11,2	25,5	33,2	-
1232	R	NÃO DECLARADO	SS	11/04/1997	173	6240	-	31,7	40,4	47,2
1233	A	NÃO DECLARADO	CS	20/06/1997	161	-	7,2	25,8	34,8	-
1234	R	NÃO DECLARADO	SS	23/07/1997	189	-	10,8	29,6	35,6	-
1235	E	NÃO DECLARADO	SS	25/07/1997	188	5690	-	27,6	39,1	47,8
1236	E	NÃO DECLARADO	SS	11/09/1997	174	-	-	30,0	41,0	47,1
1237	A	NÃO DECLARADO	CS	02/10/1997	172	-	8,8	27,3	36,3	34,2
1238	E	NÃO DECLARADO	SS	06/10/1997	176	-	-	34,2	40,0	41,8
1239	E	NÃO DECLARADO	SS	14/11/1997	176	4710	-	33,3	40,0	42,2
1240	E	NÃO DECLARADO	SS	14/11/1997	190	-	-	34,6	42,0	44,6
1241	E	NÃO DECLARADO	SS	26/11/1997	175	-	-	34,0	36,2	41,4

1242	E	NÃO DECLARADO	SS	09/02/1998	183	4710	-	31,2	31,8	36,4
1243	E	NÃO DECLARADO	SS	17/06/1998	179	4650	-	36,8	42,2	46,2
1244	R	NÃO DECLARADO	SS	04/11/1998	164	-	20,6	34,1	38,6	41,9
1245	A	CP IV 40	CS	03/02/1999	179	-	-	18,3	24,8	36,2
1246	A	CP IV 40	CS	04/03/1999	175	4260	-	20,0	23,9	37,9
1247	A	CP IV 40	CS	11/03/1999	175	-	-	20,0	25,7	34,8
1248	A	CP IV 40	CS	18/03/1999	156	4550	-	21,3	27,8	34,7
1249	A	CP IV 40	CS	18/03/1999	164	4580	-	23,1	27,8	37,7
1250	R	NÃO DECLARADO	SS	18/03/1999	160	5130	-	25,5	30,2	41,7
1251	SEM MARCA	CP II E 32	SC	03/05/2007	193	-	-	10,9	19,9	36,2
1252	S	CP II E 32	CS	08/05/2008	175	-	-	20,3	25,6	32,7
1253	D	CP II E 32	SS	03/02/2009	170	5040	10,4	20,1	25,8	36,9
1254	S	CP II E 32	CS	12/05/2009	169	-	-	18,3	26,7	39,2
1255	D	CP II E 32	SS	02/07/2009	168	-	-	13,8	20,2	36,0
1256	S	CP II E 32	CS	02/07/2009	182	-	-	23,2	33,0	41,9
1257	C	CP II E 32	CS	07/01/2011	192	-	7,7	19,1	23,8	39,2
1258	C	CP II E 32	CS	02/05/2011	196	-	-	17,3	27,8	40,3
1259	S	CP II E 32	CS	02/05/2011	196	-	-	20,5	28,7	37,3