

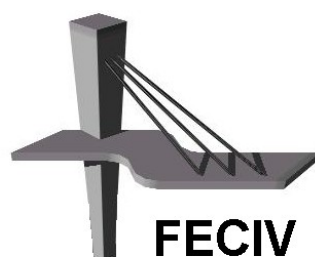
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Nº 082

**ESTUDO SOBRE FATORES INFLUENTES NOS
RESULTADOS DE ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS
EM CONCRETO ENDURECIDO**

GERCINDO FERREIRA

UBERLÂNDIA, 15 DE JULHO DE 2011.



FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL
Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL



Gercindo Ferreira

**ESTUDO SOBRE FATORES INFLUENTES NOS
RESULTADOS DE ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS EM
CONCRETO ENDURECIDO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos requisitos para a obtenção do título de **Mestre em Engenharia Civil**.

Área de Concentração: Estruturas e Construção Civil

Orientador: Prof. Dr. Turibio José da Silva

Co-orientador: Prof. Dr. Antônio Carlos dos Santos

Uberlândia, 15 de julho de 2011.



ATA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

ATA Nº: 082/2011

CANDIDATO: Gercindo Ferreira

ORIENTADOR: Prof. Dr. Turibio José da Silva

TÍTULO: "Estudo sobre fatores influentes nos resultados de ensaios não destrutivos em concreto endurecido"

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Estruturas e Construção Civil

LINHA DE PESQUISA: Construção Civil

DATA DA DEFESA: 15 de julho de 2011

LOCAL: Sala de Projeção Prof.º Celso Franco de Gouveia

HORÁRIO DE INÍCIO E TÉRMINO DA DEFESA: 14:30 - 17:00

Após avaliação do documento escrito, da exposição oral e das respostas às arguições, os membros da Banca Examinadora decidem que o candidato foi:

APROVADO

REPROVADO

OBS:

Na forma regulamentar, foi lavrada a presente ata que está assinada pelos membros da Banca:



Professor Orientador: **Prof. Dr. Turibio José da Silva – FECIV/UFU**



Membro externo: **Prof. Dr. Elton Bauer - UNB**



Membro: **Prof. Dr. João Fernando Dias – FECIV/UFU**

Uberlândia, 15 de JULHO de 2011.

Ao meu pai (in memoriam), meu ídolo e companheiro de sempre nas minhas conquistas; à minha mãe pelo carinho e apoio; à minha esposa e aos meus filhos pela presença constante e suporte neste período importante de minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos os meus amigos pela força e paciência durante todo este período.

Aos técnicos do Laboratório de Estruturas, de Geotecnia e de Materiais e aos demais colegas da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia, que contribuíram de forma direta e indireta para a realização deste trabalho, com destaque especial para José Antônio Veloso, Maria Nazareth Teixeira, Sueli Maria Vidal, Wanderly Geraldo da Silva e o graduando em engenharia civil Renato César Nunes.

Aos professores da Faculdade de Engenharia Civil da UFU, destacando especialmente o Dr. Paulo Cesar Primo Agostinho e Dr. Antônio Carlos dos Santos pela amizade, ensinamentos e contribuições úteis ao desenvolvimento deste trabalho.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Turibio José da Silva, pelas idéias e empenho no desenvolvimento da dissertação, além da especial consideração que ultrapassou os limites da amizade.

À Universidade Federal de Uberlândia e à Faculdade de Engenharia Civil, que forneceram o apoio necessário à realização da pesquisa.

À FAPEMIG pelo financiamento concedido através do edital de demanda universal 01/2008 (TEC-APQ-01106-08).

FERREIRA, G. *Estudo sobre fatores influentes nos resultados de ensaios não destrutivos em concreto endurecido*. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, 2011, 198p.

RESUMO

O avanço tecnológico recente tem proporcionado significativas contribuições para a engenharia civil, com destaque especial para os ensaios não destrutivos utilizados nas estruturas de concreto armado. Usualmente, a propriedade mais avaliada do concreto é a resistência à compressão, porém, dentre outras características, a durabilidade exerce expressiva importância para certos processos avaliatórios. Os ensaios não destrutivos são aqueles que não provocam danos nas estruturas de concreto, portanto, não geram perda da capacidade resistente. O objetivo deste trabalho é apresentar o resultado do estudo da influência que determinadas variáveis exercem nos resultados de alguns ensaios não destrutivos de concreto, especificamente os de ultra-sonografia, esclerometria, resistividade e potencial de corrosão. Dentre as variáveis influentes foram abordadas a dimensão máxima característica dos agregados, a camada de concretagem e a variação da umidade do concreto endurecido. A umidade da superfície do concreto, a umidade relativa e a temperatura do ambiente foram monitoradas. A variação da umidade no concreto foi produzida pela aspersão controlada de água. Os ensaios foram realizados em 6 blocos de concreto com 6 anos de idade e em 10 vigas de concreto armado com 2 anos. Nos blocos, o traço em massa do concreto foi mantido e a DMA dos agregados graúdos foram 9,5 mm, 19 mm e 25 mm. Pelos resultados de UPV conclui-se que nos blocos com maior DMA a UPV foi menor, a camada intermediária apresentou maior valor de UPV, para blocos e vigas a UPV aumentou à medida que se molhava a superfície ou se aumentava a distância entre os transdutores. Obtiveram-se os menores índices esclerométricos nos blocos contendo agregados com maior DMA e para os blocos e vigas ocorre um decréscimo do índice esclerométrico à medida que a umidade superficial aumenta. A resistividade do concreto somente sofreu alteração e redução com a molhagem superficial a partir de 1750 g/m² de água, atingindo ao final a média de 24% nos pares de blocos B1-B2, 15% nos B3-B4 e zero para os B5-B6. Quanto maior a DMA menor o coeficiente de redução nos resultados. As medidas de potencial de corrosão sofreram variações entre as vigas, porém, ocorreu uma uniformidade de comportamento em todos os elementos a partir da aspersão acumulada de 500 g/m² de água, com valores próximos até o final.

Palavras-chave: Ensaios não destrutivos. Estruturas de concreto armado. Velocidade de pulso ultrassônico no concreto. Resistividade do concreto. Potencial de corrosão das armaduras. Esclerometria no concreto.

FERREIRA, G. *Study on influential factors on the results of nondestructive testing in hardened concrete*. College of Civil Engineering. Federal University of Uberlândia, 2011, 198p.

ABSTRACT

Significant contributions for the civil engineering has been providing by advanced technology with special distinction for the non destructive tests used in the structures of reinforced concrete. Usually, concrete strength is the most appraised property, however, other characteristics, as the durability and the permeability have expressive importance for certain processes of evaluation. The non-destructive tests do not cause damage in concrete structures, therefore, do not generate loss resistant capacity. The objective of this work is show the results study of the influence that the variables: maximum characteristic dimension of coarse aggregates, the variation of humidity of concrete, layer concreting, distance between pulse ultrasonic transducers and reinforcing position exerts on the results of non-destructive testing of concrete, ultrasonic pulse velocity, sclerometry, resistivity and half-cell potentials, specifically. Concrete surface's moisture, relative humidity and temperature are monitored. The variation of moisture in concrete was produced by controlled sprinkling water. The tests were conducted in 6 concrete blocks with 6 years of age and 10 reinforced concrete beams with 2 years of age. Weight proportion in the concrete was maintained in the blocks. DMA of coarse aggregates were 9.5 mm, 19 mm and 25 mm. By results of UPV concluded that blocks with largest DMA, the UPV was minor, the middle layer presented greater value of UPV, for blocks and beams the UPV has increased when the surface was sprinkled or the distance between the transducers increased. The smaller rebound index was on blocks containing aggregates with largest DMA and for blocks and beams occurs a decrease of rebound index as superficial moisture increases. The concrete's resistivity only reduced after 1750 g/m² of water surface wetting. The final average reduction was 24% to B1-B2 blocks, 15% to B3-B4 and none to B5-B6. The higher the DMA lower the reduction coefficient in the results. The measures of half-cell corrosion changed between the beams. However, a uniformity of behavior occurred in all elements, from the accumulated sprinkling of 500 g/m² of water, with close values to the final.

Keywords: Nondestructive testing of concrete. Reinforced concrete structures. Ultrasonic pulse velocity of concrete. Concrete resistivity. Half-cell potentials. Concrete's sclerometry.

SÍMBOLOS, ABREVIATURAS E SIGLAS

SÍMBOLOS E SIGLAS

SÍMBOLOS

δ	massa unitária no estado solto
δ_c	massa unitária no estado compactado
(CaCO ₃)	carbonato de cálcio
ρ_s	massa específica seca
=	igual
>	maior
±	mais ou menos
≥	maior ou igual
Bi	número de identificação dos blocos de concreto
DMA	dimensão máxima característica do agregado
D _{máx}	dimensão máxima
E _{granito}	módulo de elasticidade do granito
IE	índice esclerométrico médio
IE _m	índice esclerométrico médio efetivo
IF	módulo de finura
k	coeficiente de correção do índice esclerométrico, obtido na aferição do aparelho
L	distância entre os transdutores
∅	diâmetro
t	tempo
UPV	Velocidade de Propagação de ondas Ultra-sônicas
v	velocidade
Vi	número de identificação das vigas de concreto armado

SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACI	American Concrete Institute
ASTM	American Society for Testing and Materials
BS	British Standards
CEB	Committé Euro-International du Beton
CP II- Z	Cimento Portland composto com pozolana
CP III	Cimento Portland de escória de Alto Forno
CP IV	Cimento Portland Pozolânico
CP V	Cimento Portland de Alta Resistência Inicial
DIN/ISO	Deutsche Industrie Norm
FAPEMIG	Fundação de Apoio a Pesquisa do Estado de Minas Gerais
FECIV	Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia
IAEA	International Atomic Energy Agency
NBR	Norma Brasileira
NM	Norma Mercosul
RILEM	International union of laboratories and experts in construction materials, systems and structures
UFU	Universidade Federal de Uberlândia

UNIDADES DE MEDIDAS

cm	centímetro
g/cm^3	grama por centímetro cúbico
GPa	giga Pascal
kgf/cm^2	quilograma força por centímetro quadrado
Hz	Hertz
kg/dm^3	quilograma força por decímetro cúbico
kHz	quiloHertz
km/s	quilômetro por segundo
kohm	quiloOhms vezes metro
$\text{k}\Omega\text{cm}$	quiloOhms vezes centímetro
m/s	metro por segundo
m^2	metro quadrado
m^2/kg	metro quadrado por quilograma
mm	milímetro
mm^2	milímetro quadrado
MPa	mega Pascal
mV	miliVolt
$\text{M}\Omega$	Mega Ohms
$^{\circ}\text{C}$	grau centígrado
μA	microampere
μs	microsegundo
Ωm	Ohms vezes metro
%	porcentagem

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pag.	
Figura 2.1	Esquema de funcionamento do ultra-som.	25
Figura 2.2	Tipos de transmissão no ensaio de ultra-som	25
Figura 2.3	Modo de transmissão indireto.	26
Figura 2.4	Determinação da velocidade - modo de transmissão indireto.	26
Figura 2.5	Curva de ajuste cúbica para os concretos estudados.	30
Figura 2.6	Evolução da UPV com o tempo em concretos com $a/c= 0,55$ e cimentos CP V-ARI-RS, CP II-Z-32 E CP IV-32.	33
Figura 2.7	Velocidade de propagação do ultra-som em função da distância a/L para um corpo de prova de 33 dias.	36
Figura 2.8	Diagrama esquemático ilustra a operação do esclerômetro de reflexão	41
Figura 2.9	Relação entre resistência a compressão de cilindros de concretos feitos com diversos agregados	44
Figura 2.10	Índices esclerométricos do centro e da borda	47
Figura 2.11	Esquema método de quatro eletrodos p/ determinação da resistividade	49
Figura 2.12	Adsorção isotérmica típica do concreto	54
Figura 2.13	Efeito do tempo de carbonatação na resistividade p/ vários concretos.	56
Figura 2.14	Efeito da presença de armaduras na resistividade elétrica do concreto, método dos quatro eletrodos	57
Figura 2.15	Pilha eletroquímica de corrosão no concreto armado	60
Figura 2.16	Esquema para medida dos potenciais de corrosão	61
Figura 2.17	Camada superficial de concreto c/ alta resistividade	63
Figura 3.1	Blocos de concreto de 40 cm x 80 cm x 40 cm	68
Figura 3.2	Amostragem das vigas de concreto armado – 20 cm x 30 cm x 200 cm	70

	Pag.	
Figura 3.3	Ilustração dos blocos de concreto e malha de pontos	73
Figura 3.4	Ilustração faixas HI – Inferior; HM – Intermediária e HS – Superior	73
Figura 3.5	Ilustração da viga de concreto e dos pontos de malha da face	74
Figura 3.6	Ilustração faixas HI – Inferior; HM – Intermediária e HS – Superior	74
Figura 3.7	Umidificação da superfície de concreto (a) e medição da umidade (b)	78
Figura 3.8	UPV E48 - “ <i>Ultrasonic Pulse Velocity tester da Controls, Mod. 58</i> ”.	83
Figura 3.9	Modos de transmissão direta e indireta - NBR 8802:1994.	84
Figura 3.10	Ensaio de ultra-som nos blocos	85
Figura 3.11	Pontos para o ensaio de ultra-som nos blocos	85
Figura 3.12	Pontos para o ensaio de ultra-som nas faces laterais das vigas	86
Figura 3.13	Equipamento da pesquisa. “ <i>Digital Concrete Test Hammer α-700.DX</i> ”	86
Figura 3.14	Reticulado para 9 impactos e ilustração do ensaio de esclerometria	87
Figura 3.15	Regiões de ensaio de esclerometria nos blocos	88
Figura 3.16	Regiões de ensaio de esclerometria nas faces laterais das vigas	89
Figura 3.17	Aparelho “ <i>Resistivity Meter da Proceq Testing Instruments (RESI)</i> ”	89
Figura 3.18	Pontos de ensaio de resistividade nos blocos	90
Figura 3.19	Ensaio de resistividade no Bloco B6	91
Figura 3.20	Pontos de ensaios de resistividade nas faces laterais das vigas	91
Figura 3.21	Aparelho CANIN – Proceq Instruments	92
Figura 3.22	Pontos de ensaio de potencial de corrosão nas faces laterais das vigas	92
Figura 3.23	Ensaio de Potencial de Corrosão na Viga V4	93
Figura 4.1	Evolução da umidade na região inferior dos blocos	95
Figura 4.2	Evolução da umidade nas vigas (profundidades de 10 mm e 40 mm)	96
Figura 4.3	Influência da DMA na UPV dos blocos	97
Figura 4.4	Influência da camada de concretagem na UPV dos blocos	97
Figura 4.5	Variação da umidade na UPV dos blocos	98
Figura 4.6	Variação da umidade na UPV das vigas	99
Figura 4.7	Influência da distância entre os transdutores na UPV dos blocos	100
Figura 4.8	Influência da distância entre os transdutores na UPV das vigas	101

	Pag.
Figura 4.9	Influência da armadura na UPV (transmissão indireta) das Vigas. 102
Figura 4.10	Influência da DMA no índice esclerométrico nos blocos. 104
Figura 4.11	Influência da camada de concretagem no índice esclerométrico/blocos. 105
Figura 4.12	Resultados do índice esclerométrico por faces nos blocos. 106
Figura 4.13	Influência da umidade nos blocos no índice esclerométrico 107
Figura 4.14	Influência da umidade nas vigas no índice esclerométrico 107
Figura 4.15	Influência da umidade na resistividade dos blocos, camada inferior. 108
Figura 4.16	Influência da umidade/resistividade dos blocos, camada intermediária. 109
Figura 4.17	Influência da umidade na resistividade dos blocos, camada superior. 109
Figura 4.18	Influência da umidade na resistividade das vigas, camada inferior 110
Figura 4.19	Influência da umidade na resistividade das vigas, camada intermediária 110
Figura 4.20	Influência da umidade na resistividade das vigas, camada superior 111
Figura 4.21	Influência da umidade na resistividade das vigas, média das camadas 111
Figura 4.22	Influência da umidade/potencial de corrosão, vigas V1 e V7, camada inferior. 112
Figura 4.23	Influência da umidade no potencial de corrosão, vigas V8 e V9, camada inferior. 113
Figura 4.24	Influência da umidade no potencial de corrosão das vigas V1 e V7, camada intermediária. 113
Figura 4.25	Influência da umidade no potencial de corrosão das vigas V8 e V9, camada intermediária. 113
Figura 4.26	Influência da umidade no potencial de corrosão das vigas V7 e V8, camada superior. 114
Figura 4.27	Influência da umidade no potencial de corrosão das vigas V9 e V10, camada superior. 114
Figura 4.28	Potenciais de corrosão na face lateral da viga V1. 115
Figura 4.29	Potenciais de corrosão na face da viga V7. 115
Figura 4.30	Potenciais de corrosão na face da viga V8. 115
Figura 4.31	Potenciais de corrosão na face da viga V9. 115
Figura 4.32	Potenciais de corrosão na face da viga V10. 116

ÍNDICE DE QUADROS

	Pag.
Quadro 2.1 Normas para determinação da velocidade de onda ultra-sônica no concreto	39
Quadro 2.2 Comparação entre procedimentos de normas para ensaio de ultra-som	40
Quadro 2.3 Comparação entre procedimentos de normas para ensaio esclerométrico	48
Quadro 2.4 Resumo sobre os fatores de influência nos resultados dos 4 ensaios	66
Quadro 3.1 Resumo dos ensaios realizados para as amostras dos Grupos 1 e 2.	72
Quadro 3.2 Fatores de influência em estudo na pesquisa	76

ÍNDICE DE TABELAS

	Pag.
Tabela 2.1 Traços utilizados para a moldagem dos corpos-de-prova cilíndricos	32
Tabela 2.2 Média das velocidades em m/s obtidas pelo modo de transmissão direta	32
Tabela 2.3 Velocidade de pulso para as amostras	34
Tabela 2.4 Efeito da dimensão do espécime na transmissão do pulso.	37
Tabela 2.5 Indicação RILEM: frequência mínima do transdutor emissor c/ dimensões da peça	38
Tabela 2.6 Critérios de avaliação do concreto armado quanto a resistividade com relação ao risco de corrosão – CEB 192	51
Tabela 2.7 Efeitos da relação água/cimento e tempo de cura úmida	52
Tabela 2.8 Resistividade de rochas	53
Tabela 2.9 Proporção da mistura do dos concretos (kg/m ³)	56
Tabela 2.10 Critérios de avaliação dos resultados das medidas de potenciais de acordo com a ASTM C 876:1998.	62
Tabela 3.1 Características do cimento	69
Tabela 3.2 Características físicas dos agregados	69
Tabela 3.3 Representação do traço do concreto	70
Tabela 3.4 Materiais das vigas	71
Tabela 4.1 Profundidades médias de carbonatação nos blocos	94

SUMÁRIO

1	Introdução.....	19
1.1	Importância do Tema.....	19
1.2	Justificativa.....	20
1.3	Objetivos.....	22
1.3.1	Objetivos Gerais.....	22
1.3.2	Objetivos Específicos.....	22
1.4	Apresentação.....	23
2	Revisão Bibliográfica.....	24
2.1	Velocidade De Propagação De Onda Ultra-Sônica (Upv).....	24
2.1.2	Considerações sobre alguns fatores na determinação do tempo de propagação da onda ultra-sônica.....	27
2.1.3	Influência das condições da superfície na UPV.....	29
2.1.4	Influência do tipo, dimensão e quantidade do agregado graúdo na UPV.....	29
2.1.5	Influência da proporção da mistura na UPV.....	31
2.1.6	Influência do tipo de Cimento na UPV.....	32
2.1.7	Influência da temperatura na UPV.....	34
2.1.8	Influência da umidade do concreto na UPV.....	35
2.1.9	Influência da presença de armaduras, fissuras ou vazios na UPV.....	35
2.1.10	Comprimento de propagação de onda, forma da peça e frequência do transdutor-emissor.....	36
2.1.11	Normalização sobre ensaios de ultra-som.....	38
2.2	Ensaio de esclerometria no concreto.....	41
2.2.1	Considerações iniciais.....	41
2.2.2	Influência das condições da superfície na esclerometria.....	42
2.2.3	Influência da carbonatação na esclerometria.....	43
2.2.4	Influência do tipo e teor do cimento na esclerometria.....	43
2.2.5	Influência do tipo de agregado na esclerometria.....	44

2.2.6	Influência das condições de umidade da superfície na esclerometria	45
2.2.7	Influência da idade e tipo de cura do concreto na esclerometria.....	45
2.2.8	Influência da posição e ponto de aplicação do esclerômetro.....	46
2.2.9	Influência da rigidez e geometria do elemento na esclerometria	47
2.2.10	Normalização sobre esclerometria.....	47
2.3	Ensaio de resistividade elétrica no concreto	49
2.3.1	Considerações iniciais	49
2.3.2	Influência das características do concreto na resistividade	52
2.3.3	Influência das condições ambientais na resistividade	53
2.3.4	Ação de agentes agressivos em relação à resistividade.....	54
2.3.5	Influência da carbonatação na resistividade	55
2.3.6	Influência das armaduras na resistividade	56
2.3.7	Normalização sobre resistividade.....	57
2.4	Determinação do potencial de corrosão.....	58
2.4.1	Considerações sobre corrosão das armaduras	58
2.4.2	Passivação das armaduras no concreto.....	60
2.4.3	Medidas de potencial de corrosão	61
2.4.4	Fatores influentes nas medidas de potencial de corrosão.....	62
2.4.5	Influência das camadas superficiais de concreto de alta resistividade no potencial de corrosão	63
2.4.6	Influência da qualidade e espessura do revestimento de concreto no potencial de corrosão	64
2.4.7	Influências das frentes de carbonatação e cloretos no potencial de corrosão	64
2.4.8	Influência do teor de umidade do concreto no potencial de corrosão	65
2.5	Síntese sobre os fatores de influência nos ensaios de ultra-som, esclerometria, resistividade e potencial de corrosão.....	65
3	Materiais e Programa Experimental	67
3.1	Introdução.....	67
3.2	Materiais utilizados.....	68
3.2.1	Materiais dos Blocos	68
3.2.2	Materiais das Vigas	70
3.3	Sistema e posição dos pontos para os ensaios	71
3.3.1	Considerações iniciais	71
3.3.2	Posição dos ensaios nos blocos	72
3.3.3	Posição dos ensaios nas vigas.....	73

3.4 Variáveis de influência nos ensaios.....	74
3.4.1 Relação das variáveis.....	74
3.4.2 Dimensão máxima dos agregados	76
3.4.3 Camada da concretagem.....	76
3.4.4 Distância entre os transdutores	77
3.4.5 Presença e posição da armadura	77
3.3.6 Umidade superficial do concreto	77
3.3.7 Carbonatação	79
3.5 Procedimentos na realização dos ensaios	79
3.5.1 Considerações iniciais	79
3.5.2 Velocidade de Propagação Ultra-sônica (UPV)	83
3.5.3 Esclerometria.....	86
3.5.4 Resistividade.....	89
3.5.5 Potencial de Corrosão.....	91
4 Análise dos Resultados.....	94
4.1 Profundidade de carbonatação nos blocos.....	94
4.2 Resultados da umidade superficial nos blocos e vigas.....	95
4.3 Resultados da velocidade de de ultra-som (upv).....	96
4.3.1 Influência da dimensão máxima dos agregados (dma) e camada de concretagem na UPV	96
4.3.2 Influência da umidade superficial do concreto na upv	98
4.3.3 Influência da distância entre os transdutores na upv	99
4.3.4 Influência da armadura na upv das vigas	101
4.4 Resultados da esclerometria	103
4.4.1 Dimensão máxima dos agregados	103
4.4.2 Camada de concretagem.....	104
4.4.3 Influência da umidade superficial do concreto no índice esclerométrico	106
4.5 Resultados da resistividade.....	108
4.5.1 Influência da umidade superficial do concreto e dimensão máxima dos agregados na resistividade	108
4.5.2 Influência da umidade superficial do concreto e presença de armadura na resistividade.....	110
4.6 Resultados do potencial de corrosão	112
4.6.1 Influência da umidade superficial do concreto no potencial de corrosão.....	112

5	Conclusão e Sugestões para trabalhos futuros	117
5.1	Observações sobre a execução dos ensaios	117
5.2	Conclusões sobre os ensaios de upv	118
5.3	Conclusões sobre os ensaios de esclerometria	119
5.4	Conclusões sobre os ensaios de resistividade.....	120
5.5	Conclusões sobre os ensaios de potencial de corrosão.....	121
5.6	Considerações finais	121
5.7	Sugestões para trabalhos futuros	122
6	Referências	123
7	Apendice A	129
8	Apendice B	152
9	Apêndice C	159
10	Apêndice D	176
11	Apêndice E	183

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 IMPORTÂNCIA DO TEMA

As manifestações de problemas patológicos nas estruturas de concreto armado vem aumentando, principalmente naquelas com idade entre 40 e 50 anos. Tal situação tem provocado a adoção de medidas de intervenção nas construções atingidas por tais anomalias com vistas a garantir maior tempo de vida útil, e ainda, uma utilização em condições confiáveis de segurança e dentro dos parâmetros de durabilidade compatível com o valor patrimonial envolvido.

Até o final da década dos anos 80 do século passado a resistência à compressão ainda era, praticamente, o único parâmetro adotado para avaliar a qualidade do concreto, sendo que a INMETRO NBR 6118:1978 apresentava poucas recomendações relacionadas com a durabilidade.

O tratamento adequado das patologias nos elementos construtivos de concreto armado passa por fases distintas, compreendendo as etapas do diagnóstico, das análises e exames (locais e laboratoriais), da pesquisa, do prognóstico, das alternativas e da intervenção e, por fim, da avaliação do resultado final (procedimentos e tratamentos empregados).

Para a obtenção de um bom diagnóstico, bem como, alcançar um bom controle da qualidade dos serviços de reparos e recuperação estrutural, torna-se imprescindível a realização de certos ensaios laboratoriais que possam ser capazes de subsidiar, de forma confiável, as tomadas de decisões dos profissionais de engenharia envolvidos na questão.

Em busca de maior agilidade nos processos de diagnóstico e controle da qualidade, a utilização de ensaios não destrutivos tem-se destacado dentre os métodos e procedimentos técnicos mais estudados.

1.2 JUSTIFICATIVA

Metha e Monteiro (2008) citam que em muitos países industrializados uma parte considerável do orçamento de construção é consumida nas restaurações, reparos e manutenção de estruturas antigas, enquanto que este valor poderia ser aplicado em novas construções. Aludem que em 1991 o Departamento de Transportes dos Estados Unidos gastou 90 bilhões de dólares na recuperação do sistema de infra-estrutura rodoviária e até 1997 estes custos haviam subido para 212 bilhões. O impacto econômico para uma ampla recuperação dessa infra-estrutura tem despertado interesse cada vez maior no aperfeiçoamento de métodos de ensaios não destrutivos para avaliar estruturas de concreto.

Malhotra e Carino (2004) referem-se ao ensaio não destrutivo como uma prática aceita para a inspeção de metais (a radiografia e técnicas ultra-sônicas empregadas para identificar anomalias em oleodutos de aço, com o uso de normas nacionais e internacionais). Porém, para a inspeção de concreto o uso deste tipo de ensaio é relativamente novo e o desenvolvimento lento se deve à heterogeneidade do concreto, com composição variada e matérias-primas diferentes.

Ainda assim, de acordo com esses pesquisadores, houve progresso na aplicação de ensaios não destrutivos para o concreto, inclusive sendo vários métodos unificados e normalizados, tais como: norma americana (ASTM), canadense (CSA), Organização de Normas internacionais (ISO), britânica (BSI) e outras.

Metha e Monteiro (2008) também mencionam a lentidão com que tem ocorrido o desenvolvimento de métodos de ensaios não destrutivos avançados para o concreto em comparação com outros materiais estruturais. O emprego de técnicas bem sucedidas na detecção de fissuras, falhas, imperfeições e danos em materiais homogêneos esbarra nas limitações quando aplicadas ao concreto devido à heterogeneidade de sua composição, em

várias escalas, causando interferências, tais como: atenuação, dispersão, difração e reflexo. Os avanços na aquisição de dados computadorizados, na manipulação de imagens digitais e no desenvolvimento de teorias complexas para meios heterogêneos têm contribuído para o surgimento de novos métodos de ensaios com testes satisfatórios em campo.

Diversos autores internacionais têm publicado trabalhos acerca dos estudos existentes sobre algumas das características físicas do concreto e as correlações dos resultados obtidos com o emprego de ensaios não destrutivos, existindo pontos comuns e discordantes entre as análises realizadas. Quanto às normas técnicas, existe na literatura internacional uma maior abrangência sobre o assunto dos ensaios não destrutivos do que a brasileira. Comparativamente, no Brasil ainda são poucos os estudos sobre este tema. (EVANGELISTA, 2002).

Existem vários estudos na literatura nacional e internacional que abordam as questões relativas aos fatores de interferência nos resultados dos ensaios não destrutivos do concreto, citando como exemplo: a heterogeneidade do concreto, a experiência do profissional que realiza os ensaios; algumas das características físicas do concreto e do ambiente em exposição e de realização dos ensaios (umidade, temperatura, resistência, composição, dureza superficial, porosidade/compacidade, relação água/cimento, dimensão máxima dos agregados, entre outras.

Evangelista (2002) menciona que muitos países têm um bom aproveitamento com o emprego dos ensaios “in loco” e o desenvolvimento de um grande número de pesquisa nesta área possibilita o alcance de resultados mais confiáveis nas investigações das propriedades do concreto e das estruturas com ele confeccionadas.

Seguramente os estudos deste trabalho são justificáveis, principalmente como um fator de acesso a um maior conhecimento acerca do comportamento dos resultados nos ensaios não destrutivos (esclerometria, ultra-sonografia, resistividade e potencial de corrosão), perante as alterações das condições de exposição e das características intrínsecas aplicadas ao concreto nessa pesquisa.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivos gerais

O objetivo deste trabalho é apresentar o resultado de uma pesquisa experimental desenvolvida para o estudo da influência que determinadas variáveis exercem nos resultados de alguns ensaios não destrutivos de concreto, especificamente os de esclerometria, ultra-sonografia, resistividade e potencial de corrosão.

1.3.2 Objetivos específicos

Para atingir os objetivos gerais, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Estudo e análise das alterações nos resultados dos ensaios de ultra-som considerando a variação da umidade superficial do concreto, a condição de carbonatação do concreto, a dimensão máxima de agregados, a presença e o posicionamento de armaduras no concreto, a distância entre os transdutores e as camadas de concretagem;
- Estudo e análise das alterações nos resultados dos ensaios de esclerometria considerando a variação da umidade superficial do concreto, a condição de carbonatação do concreto, a dimensão máxima de agregados e as camadas de concretagem;
- Estudo e análise das alterações nos resultados dos ensaios de resistividade considerando a variação da umidade superficial do concreto, a condição de carbonatação do concreto, a dimensão máxima de agregados, a presença e o posicionamento de armaduras no concreto, a distância entre os transdutores e as camadas de concretagem;
- Estudo e análise das alterações nos resultados dos ensaios de potencial de corrosão considerando a variação da umidade superficial do concreto e a presença e o posicionamento de armaduras no concreto.
- Identificação e ponderação da participação que os fatores das variáveis estudadas exercem e influenciam nos resultados dos ensaios não destrutivos realizados.

- Obtenção de parâmetros que possam fornecer uma relação dos ensaios de laboratório para a adequação aos trabalhos de campo, com vistas a alcançar um processo de avaliação de estruturas de concreto armado, minimizando os danos e ou necessidade de reparos nos elementos estruturais inspecionados.

1.4 APRESENTAÇÃO

Este trabalho foi desenvolvido em 5 capítulos, organizados da seguinte maneira:

- Capítulo 1 - INTRODUÇÃO: abrange a introdução sobre o tema, a justificativa, os objetivos e apresentação dos capítulos deste documento.
- Capítulo 2: trata de uma revisão bibliográfica acerca dos ensaios não destrutivos de concreto envolvendo a ultra-sonografia, a esclerometria, a resistividade e o potencial de corrosão e alguns dos fatores que podem influenciar nos seus resultados.
- Capítulo 3: refere-se ao programa experimental e materiais, com a abordagem sobre os métodos de ensaios não destrutivos empregados nesta pesquisa, avaliando o comportamento do concreto em algumas condições e situações.
- Capítulo 4: apresenta os resultados obtidos e as respectivas análises.
- Capítulo 5: são apresentadas as conclusões do trabalho e sugestões para estudos futuros.
- Referências Bibliográficas.
- Apêndices: contem todas as informações e dados obtidos, agrupados por tipo de ensaio.

CAPÍTULO 2

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO DE ONDA ULTRA-SÔNICA (UPV)

2.1.1 Conceito e modos de transmissão

O método de Velocidade de Pulso Ultra-sônico, simplificado denominado “UPV”, consiste em medir o tempo de percurso das ondas longitudinais de pulso ultra-sônico passando através do concreto, sendo usadas normalmente as ondas com frequências que variam de 20 kHz a 150 kHz (METHA e MONTEIRO, 2008).

O processo pode ser descrito de forma simplificada: aplica-se um pulso em um determinado local numa peça de concreto com o emprego do transdutor/emissor e capta-se este pulso em outro ponto da peça pelo transdutor/receptor. Conhecidos a distância entre os transdutores e o tempo decorrido entre a emissão e a recepção do pulso, calcula-se a velocidade média da propagação da onda de pulso ultra-sônico por meio da Equação 2.1.

$$V = \frac{L}{t} \qquad \text{Equação 2.1}$$

onde:

V é a velocidade de propagação das ondas

L é a distância entre os transdutores

t é o tempo de percurso das ondas

O equipamento de ultra-sonografia é composto por um circuito eletrônico capaz de gerar os pulsos, que são transformados em ondas ultra-sônicas e transmitidos para o concreto, recebidas por um transdutor-receptor, amplificadas e transformadas em pulsos elétricos novamente, permitindo que se meça o tempo de propagação. Este circuito básico de funcionamento é apresentado na Figura 2.1.

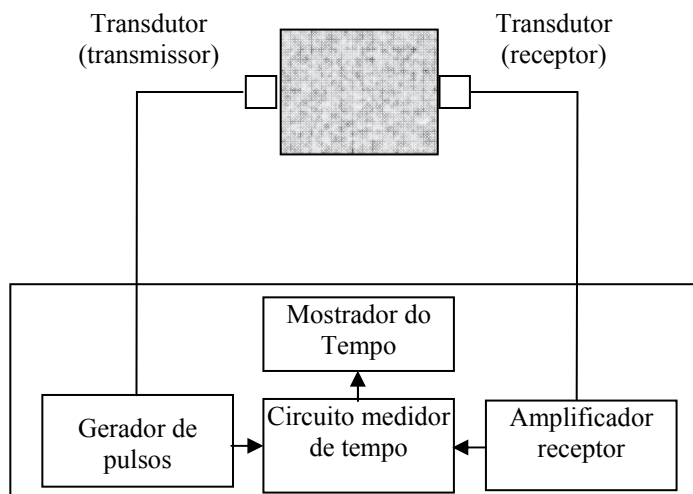


Figura 2.1 – Esquema de funcionamento do ultra-som. Fonte: ASTM C 579-02:2003.

Segundo Costa (2004), o equipamento de ultra-sonografia foi desenvolvido inicialmente para determinar a uniformidade interna das estruturas e a espessura do cobrimento; monitorar as alterações estruturais, detectando defeitos e anisotropia do material.

Existem três tipos de transmissão para a realização do ensaio de ultra-som: a direta, a indireta e a semi-direta, conforme pode ser observado na Figura 2.2.

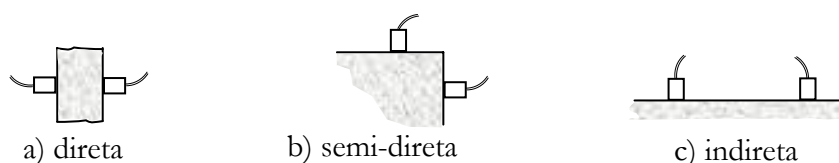


Figura 2.2 – Ilustração dos tipos de transmissão no ensaio de ultra-som.

Fonte: ABNT NBR 8802:1994

Em pesquisa de comparação entre as transmissões direta e indireta, ficou constatado que as medições de transmissão indireta são estatisticamente similares às medições de transmissão

direta em lajes com propriedades uniformes, incluindo a umidade ao longo da superfície e da espessura (YAMAN *et al.*, 2001).

A ABNT NBR 8802:1994 que prescreve o método de ensaio não destrutivo para determinar a velocidade de propagação de ondas longitudinais, obtidas por pulsos ultra-sônicos, através de um componente de concreto apresenta um procedimento especial para a obtenção da velocidade de propagação de onda ultra-sônica pelo modo de transmissão indireto que consiste em fixar o transdutor-emissor e caminhar o transdutor-receptor pelo concreto por distâncias pré-definidas fazendo leituras sucessivas, conforme a Figura 2.3. Destas leituras se elabora um gráfico de Tempo de Propagação *versus* Distância marcando os pontos para cada distância lida, conforme a Figura 2.4. A partir destes pontos é traçada uma reta que melhor se ajuste a eles. A inclinação desta reta é a velocidade da onda ultra-sônica, pelo modo de transmissão indireto.

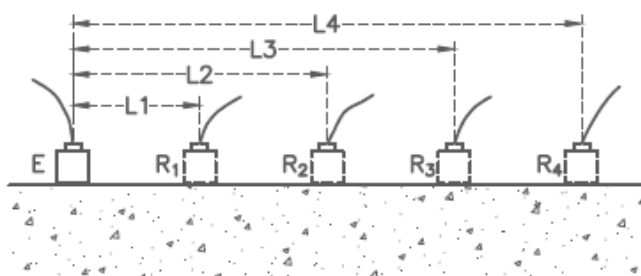


Figura 2.3 – Modo de transmissão indireto. Fonte: ABNT NBR 8802:1994.

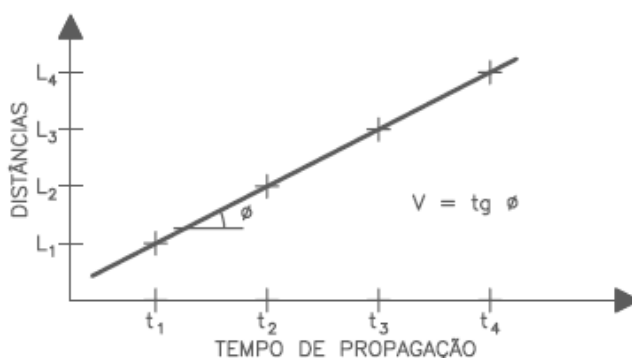


Figura 2.4 – Determinação da velocidade - modo de transmissão indireto.

Fonte: ABNT NBR 8802:1994.

Um ponto crítico do método está na ligação entre o transdutor do aparelho e a superfície do concreto, tendo em vista que a formação de ar entre o concreto e o transdutor pode traduzir em erro na indicação do tempo de propagação da onda (NAIK *et al.*, 2004).

2.1.2 Considerações sobre alguns fatores na determinação do tempo de propagação da onda ultra-sônica

O tempo de propagação da onda ultra-sônica no interior do concreto, segundo Costa (2004), depende de diversos fatores, tendo em vista tratar-se de um material bem heterogêneo, podendo-se decompor em dois grupos:

Grupo I – Fatores internos à estrutura do concreto.

- Natureza do agregado graúdo.
- Natureza do agregado miúdo.
- Relação água/cimento do concreto.
- Tipo de cimento.
- Aditivos.
- Relação agregado/cimento.
- Densidade do material.
- Propriedades elásticas.
- Presença de armadura interna.

Grupo II – Fatores externos à estrutura do concreto.

- Umidade superficial da estrutura.
- Vibração do meio.
- Idade dos corpos de prova testados.
- Meio a que a estrutura está exposta.
- Temperatura ambiente.
- Largura da peça a ser ensaiada.
- Modo de colocação dos transdutores sobre a superfície.
- Condições da superfície a ser ensaiada.

Falhas, fissuras ou vazios no interior do concreto ocasionam a obstrução da trajetória de propagação da onda incidente, deslocando-a através da periferia do defeito, resultando em maior tempo de propagação. Esse efeito pode ser usado para localização de defeitos maiores que 100 mm de diâmetro ou profundidade, já que defeitos menores geralmente não ocasionam efeitos significativos sobre o tempo de propagação (BS 1881 Part 203:1986).

Komlos *et al.* (1996) e Costa (2004) citam algumas das principais normas que tratam do ensaio de velocidade de pulso ultrasônico, as quais apresentam certas semelhanças para a medição do tempo de trânsito do pulso longitudinal no concreto, destacando: BS 1881: Part 203: 1986 (inglesa); ASTM C 597-02 (americana); RILEM/NDT 1 1972; DIN/ISO 8047 e DIN/ISO 1048 (alemãs); GOST 17624-87 (russa); STN 73 1371 (eslovaca); CSN 73 1371 (tcheca); MI 07-3318-94 (húngara) e a brasileira ABNT NBR 8802:1994.

A ABNT NBR 8802:1994 prescreve que vários fatores influenciam nos resultados de determinação da velocidade de propagação de onda ultra-sônica, destacando os principais:

- Distância entre as superfícies de contato dos transdutores.
- Presença de armadura, principalmente no sentido de propagação da onda.
- Densidade do concreto, que depende do traço e das condições de concretagem.
- Tipo, densidade e outras características dos agregados.
- Tipo de cimento e grau de hidratação.
- Direção de ensaio da peça.
- Tipo de adensamento do concreto.
- Idade do concreto.

De acordo com o relatório ACI 228.1R-03 (2003), tem-se que a quantidade e a posição da armadura no concreto exerce influência na velocidade de propagação do pulso ultra-sônico (Ultrasonic Pulse Velocity – UPV), pois, no aço a velocidade é aproximadamente 40% maior do que no concreto, principalmente quando as barras são orientadas paralelamente à direção de propagação do pulso. Outros fatores como a presença de trincas e vazios ao longo do caminho de propagação do pulso, a quantidade e o tipo de agregado e o teor de umidade do concreto também exercem influência na velocidade de propagação do pulso ultra-sônico.

Segundo Naik *et al.* (2004) a velocidade de pulso para um concreto comum é tipicamente 3700 m/s a 4200 m/s com 70 μ s a 85 μ s para percorrer 300 mm. Mencionam que os fatores que afetam a velocidade de pulso podem ser divididos em dois grupos, sendo: (1) fatores resultantes diretamente das propriedades do concreto, como: tamanho, tipo e quantidade de agregado; tipo de cimento; relação água/cimento; aditivos; idade do concreto; e (2) outros fatores: contato entre os transdutores e superfície do concreto; temperatura, condições de umidade e de cura do concreto; comprimento de percurso; tamanho e forma da peça/amostra; nível de tensão na amostra; presença de armadura.

2.1.3 Influência das condições da superfície na UPV

As normas técnicas (internacionais e nacionais) recomendam que se devam manter os devidos cuidados com a superfície do concreto a fim de conservá-la lisa e limpa, com o objetivo de conseguir o acoplamento perfeito dos transdutores no concreto.

A ABNT NBR 8802:1994 apresenta procedimentos para o caso da necessidade de regularização da superfície por processo mecânico ou com o emprego de pasta de cimento, gesso ou resina epóxi, em espessura mínima possível. Caso contrário, a superfície na região do acabamento pode não representar o conteúdo do restante da peça de concreto.

Chung e Law (1983) sugerem o emprego de transdutores com contato pontual para superfícies curvas, alertando para o inconveniente de que o nível de energia destes transdutores é menor e que existem restrições de aplicação quanto ao limite da distância entre os transdutores. Acima de determinado valor os pulsos não são mais recebidos.

2.1.4 Influência do tipo, dimensão e quantidade do agregado graúdo na UPV

Os trabalhos de Francinete Jr. *et al.* (2005) atestam que a velocidade ultra-sônica é maior em concretos mais densos. Concretos produzidos com o agregado graúdo do tipo seixo rolado com maior massa específica (2,65 g/cm³) apresentaram maiores valores de velocidade de propagação da onda ultra-sônica que aqueles do tipo micaxisto (massa específica 2,70 g/cm³), em mesmos níveis de resistência à compressão. Quando se leva em conta o tipo de agregado graúdo do concreto para relacionar a resistência à compressão

com a velocidade de propagação da onda ultra-sônica os índices de correlação são mais confiáveis ($r^2 = 0,84$). Alertam para o fato de que o conhecimento de outras características do concreto, como o tipo de agregado graúdo usado, se torna necessário para obter resultados com maior confiabilidade.

Hamassaki (1986), Carcaño e Pereyra (2003) em seus estudos observaram que a variação do tipo de agregado afeta a velocidade de pulso para concretos com resistência à compressão semelhante.

Carcaño e Pereyra (2003), no estudo com emprego de brita calcárea, abundante na Península de Yacatan e de maior consumo no mercado local, apuraram que as medidas de valores de velocidade de pulso para um mesmo nível de resistência à compressão do concreto, foram maiores para os agregados que apresentaram as melhores propriedades físicas em termos de densidade, absorção e resistência ao desgaste,. Citam a título de exemplo uma análise baseada na Figura 2.5, onde se observa que para a resistência de 250 kgf/cm² foram medidas as velocidades 3660 m/s (agregado E), 3801 m/s (agregado F), 3892 m/s (agregado C), 3973 m/s (agregado A) e 3996 m/s (agregado D).

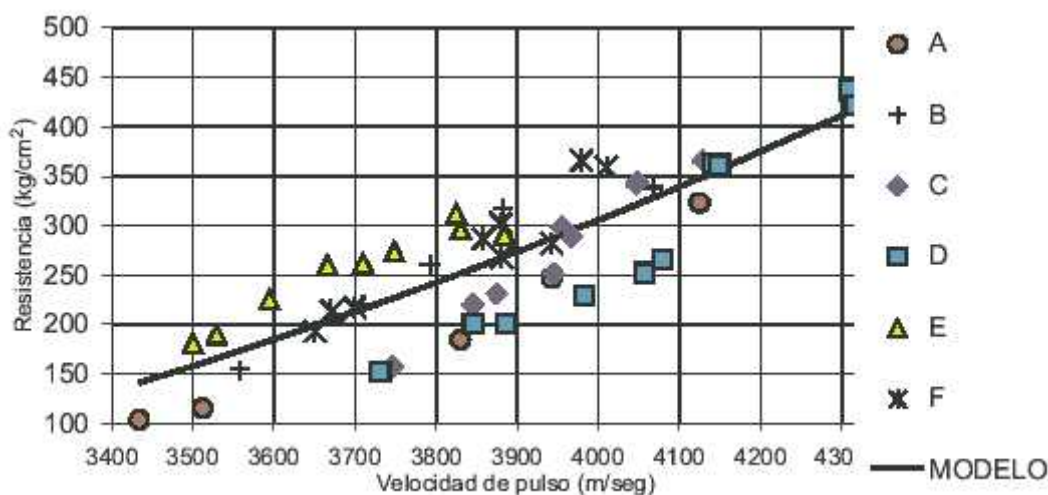


Figura 2.5 – Curva de ajuste cúbica para os concretos estudados.

Fonte: Carcaño e Pereyra (2003).

Nos estudos realizados sobre a influência da dimensão máxima do agregado graúdo na velocidade de propagação de ondas ultra-sônicas, Evangelista (2002) constatou que em uma série com diâmetro máximo ($D_{máx}$) de 19 mm as velocidade de propagação de ultra-

som (UPV) foram maiores, cerca de 2,5 % a 11%, do que para a série com $D_{\text{máx.}} = 9,5$ mm, onde foi mantida a proporção desses agregados nas séries dos concretos, a fim de evitar qualquer interferência advinda da variação da quantidade do agregado. No mesmo sentido, Tomsett (1980) concluiu que a velocidade de propagação de ondas ultra-sônicas é menor no concreto com agregado de menor diâmetro máximo quando comparou concretos com agregados de diâmetro entre 10 mm e 20 mm.

Rodrigues e Figueiredo (2004) realizaram pesquisa com corpos-de-prova cilíndricos de concreto (15 cm x 30 cm), variando o tipo de agregado graúdo (granito e micaxisto), a relação água/cimento, a idade, o traço e o tipo de cura. Concluíram que os concretos moldados com agregado granítico apresentaram maiores valores de velocidade ultra-sônica que aqueles moldados com agregado graúdo do tipo micaxisto, comprovando que velocidade ultra-sônica é maior em concretos com agregados mais densos e com maior valor de módulo de deformação ($E_{\text{granito}} = 50$ GPa e $E_{\text{micaxisto}} = 36$ GPa), conforme .

2.1.5 Influência da proporção da mistura na UPV

Os resultados dos estudos e pesquisas com o concreto têm demonstrado que a variação na relação agregado/cimento exerce expressiva influência na velocidade de propagação do pulso ultra-sônico, enquanto que a relação água/cimento pouco influencia. Neste sentido tem-se que, para Nogueira e Willian (2001), a influência que a relação água/cimento exerce na velocidade de propagação das ondas ultra-sônicas é insignificante, pois, a velocidade dos pulsos está relacionada principalmente com as propriedades elásticas do concreto (massa específica, módulo de elasticidade, coeficiente de Poisson) e não com a sua resistência.

Elvery e Ibrahim (1976) concluíram que a correlação resistência e velocidade de pulsos ultra-sônicos sofre influência expressiva pelas variações na quantidade de agregados no concreto, pois, o agregado apresenta maior módulo de elasticidade do que a pasta de cimento. Com aumento do volume de agregado no concreto, mantendo-se os demais parâmetros constantes, a velocidade do pulso tende a ser maior.

Nos experimentos de Santos *et al.* (2007) com corpos-de-prova cilíndricos moldados conforme os traços apresentados na Tabela 2.1, tendo como variáveis a relação água/cimento (0,45; 0,54; 0,63 e 0,72) e alteração no traço de 1:5; 1:7 mantendo a relação água cimento de 0,63, em idades distintas, observa-se que a relação/água cimento é uma das variáveis que influenciam no resultado do ensaio de ultra-som, conforme pode ser observado na Tabela 2.2.

Tabela 2.1 – Traços utilizados para a moldagem dos corpos-de-prova cilíndricos

Tipo de Traço	Relação a/c
1 : 1,5 : 2,5	0,45
1 : 2 : 3	0,54
1 : 2,5 : 3,5	0,63
1 : 3 : 4	0,72
1 : 2 : 3	0,63
1 : 1,5 : 2,5	0,45

Fonte: Santos *et al.* (2007)

Tabela 2.2 – Média das velocidades em m/s obtidas pelo modo de transmissão direta.

Tempo (dias)	Tipo de traço					
	1	2	3	4	5	6
	Relação água/cimento					
	0,54	0,45	0,63	0,72	0,63	0,63
Velocidade ultra-som (m/s)						
3	4425,7	4421,1	4332,6	3932,5	3315,5	3601,6
7	4439,5	4478,0	4431,8	4328,5	4189,0	4248,9
14	4398,7	4406,8	4588,2	4498,3	3703,7	4028,9
28	4566,7	4710,1	4566,7	4524,4	4102,8	4155,2

Fonte: Santos *et al.* (2007)

2.1.6 Influência do tipo de cimento na UPV

Elvery e Ibrahim (1976) estudaram a influência do tipo de cimento nos ensaios de ultra-som com o uso do Portland comum (ASTM tipo I), o de alta resistência inicial (ASTM tipo III) e o cimento aluminoso. Mantendo-se constantes as relações de água/cimento e

agregado/cimento, os resultados apontaram uma variação maior durante os dois primeiros dias do que nas idades de 7 dias, 14 dias e 28 dias, para cada tipo de cimento. Para os dois tipos de cimento Portland as correlações entre a resistência e a velocidade de pulsos foram iguais, mas diferentes daquela para o aluminoso.

De acordo com Evangelista (2002), alguns estudos indicam que nas primeiras 24 horas a velocidade de propagação de ondas ultra-sônicas no concreto é influenciada pelo tipo de cimento. Em suas pesquisas, entre os concretos com cimento Portland comum (CP III) e o de alta resistência inicial (CP V), não se observou grande diferença entre os valores da velocidade do pulso, nos ensaios com idade igual ou superior a 3 dias. Em uma análise geral da pesquisadora, o concreto com cimento CP V ARI apresentou velocidades de propagação de onda ultra-sônica na ordem de 5% maiores que o comum.

Irrigaray *et al.* (2008), estudaram o comportamento do concreto nas primeiras idades utilizando o método de ultra-som, com relação água/cimento 0,55, empregando o mesmo traço, cimentos CP V- ARI-RS, CP II- Z-32 e CP IV-32 e agregado graúdo de origem granítica, com dimensão máxima característica de 19,0 mm. Concluíram que os concretos produzidos com os mesmos materiais e mesma relação água/cimento, mas com diferentes cimentos, apresentaram diferenças significativas de velocidade de pulso ultra-sônico, comprovando ser relevante a influência do tipo de cimento em idades tão recentes, conforme já constatado por vários pesquisadores. Ficou evidenciado que até o sexto dia de idade o concreto com cimento CP IV-32 apresentava maior velocidade que o ARI-RS e que até os três dias os concretos com cimento CP V-ARI-RS e CP-II-Z, apresentam velocidades praticamente iguais, ou seja, aproximadamente 4000 m/s. Ver Figura 2.6.

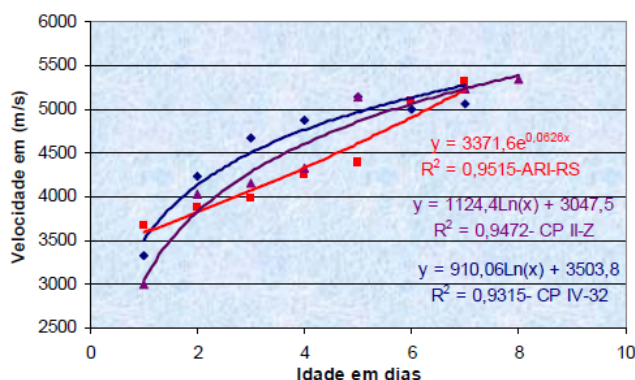


Figura 2.6 – Evolução da UPV com o tempo em concretos com a/c= 0,55 e cimentos CP V-ARI-RS, CP II-Z-32 E CP IV-32.

Fonte: Irrigaray *et al.* (2008)

2.1.7 Influência da temperatura na UPV

Nas pesquisas realizadas, Elvery e Ibrahim (1976) verificou que a temperatura exerce influência nos resultados de velocidade de propagação de ondas ultra-sônicas, dependendo das condições de ensaio. Para relações de agregado/cimento(5,0) e a água cimento (0,45), variou-se a temperatura de cura entre 5°C a 60°C, obtendo-se na idade de 7 horas uma variação da velocidade de propagação das ondas de 0,35 km/s a 4,20 km/s. A resistência à compressão passou de 0,005 MPa a 14 MPa. Depois de 10 dias, para temperaturas entre 5°C a 30°C, a velocidade manteve-se constante em 4,50 km/s, enquanto que a resistência à compressão sofreu alterações de 25 MPa a 35 MPa.

Abbasi e Al-Tayyib (1990) pesquisaram a influência da temperatura durante a preparação do concreto e constataram que a velocidade de propagação de ondas diminui com o aumento da temperatura do concreto, conforme pode ser observado na Tabela 2.3. Os ensaios foram realizados com a mistura seca das amostras passando por um preaquecimento para adquirir uma temperatura no concreto variando da entre 32°C a 50°C.

Tabela 2.3 – Velocidade de pulso para as amostras.

Espécime	Temperatura do concreto - T _c (°C)	Velocidade do pulso (ms ⁻¹)
Séries I		
U-11	28,0 (normal)	4030
U-7	38,0	3960
U-5	40,5	3730
U-3	42,0	3780
U-4	44,5	3760
U-6	45,0	3880
Séries II		
U-2	24,0 (normal)	4560
U-8	34,5	4240
U-10	43,5	4260
U-9	47,0	4377

Fonte: Abbasi e Al-Tayyib (1990)

A RILEM NDT 1 (1972) preceitua que a temperatura superior a 30⁰C e inferior a 5⁰C exerce influência na velocidade de propagação das ondas ultra-sônicas. A redução da velocidade do pulso em temperaturas entre 40⁰C a 60⁰C se deve à ocorrência de microfissuração interna do concreto, sendo que, o mesmo não ocorre com a resistência à compressão. Para o caso de baixas temperaturas, o congelamento da água no interior do concreto proporciona o aumento da velocidade de propagação das ondas ultra-sônicas.

2.1.8 Influência da umidade do concreto na UPV

Diversas pesquisas atestam que velocidade de pulso através do concreto saturado é maior do que na condição seca, destacando que Chung e Law (1983) chegaram a um valor na ordem de 2%. Na mesma linha de pesquisa e resultado, Ohdaira e Masuzawa (2000) verificaram que a velocidade do pulso de onda ultra-sônica diminuiu na proporção da redução do teor de água no concreto.

Na pesquisa de Berriman *et al.* (2004) foram preparadas várias amostras de concreto com uma relação água/cimento constante e proporção diferente de agregado (10 mm), conforme Tabela 2.4, sob condições de umidades diversas. Os resultados mostraram que há uma correlação positiva entre a umidade e a velocidade de som, sendo que, uma mudança na umidade de 30% para 70% ocorreu um acréscimo de 10% sobre o valor medido da velocidade do som.

Grullón *et al.* (2004) analisaram a influência da dosagem do concreto e da umidade sobre a correlação entre a resistência à compressão de corpos-de-prova e o ensaio de ultra-som em condições variadas de umidade (maior que 95% e a 50%) à temperatura de 23⁰C. Os resultados indicaram que o teor de umidade do concreto exerceu leve influência na velocidade de propagação das ondas. Portanto, recomenda-se cuidado na amostragem e interpretação dos resultados em áreas da estrutura com diferentes teores de umidade.

2.1.9 Influenciada presença de armaduras, fissuras ou vazios na UPV

Segundo Naik *et al.* (2004), no concreto armado a velocidade do pulso próxima das armaduras é superior àquela do concreto simples de mesma composição, atingindo um

valor em torno de 40% a 70% maior, chegando à ordem de 5900 m/s no aço, para um meio sólido e infinito. De acordo com o relatório ACI 228 1R-03, a presença de armadura, dependendo de sua posição, pode aumentar em até 40 % o valor da velocidade obtida.

Dornelles *et al.* (2004) afirmam que além da distância do transdutor à barra (a/L) o diâmetro da barra também exerce influência na velocidade de propagação do pulso ultrassônico, podendo-se observar na Figura 2.7 que para a relação a/L até 0,1 as barras de diâmetros diferentes (10 mm, 16 mm e 25 mm) apresentaram velocidades de UPV distintas, sendo que, para as relações de $a/L > 0,15$ os valores de UPV praticamente não apresentam diferenças.

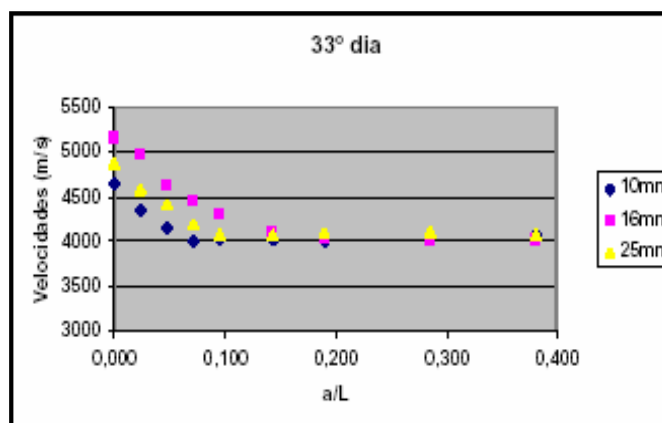


Figura 2.7 – Velocidade de propagação do ultra-som em função da distância a/L para um corpo de prova de 33 dias. Fonte: Dornelles *et al.* (2004).

Medeiros (2007) afirma que barras de aço paralelas à direção das leituras com o ultra-som pelo modo de transmissão indireto podem influenciar nos resultados dos ensaios de ultra-som. Na pesquisa constatou-se que a influência foi dissipada quando se afastou a linha de leituras do eixo da barra em pelo menos 10 cm. Os resultados indicaram que a influência é maior para barras de aço de maior diâmetro. Dentre os diâmetros de 10mm; 12mm, 5mm e 16 mm, a influência foi maior para o diâmetro de 16 mm.

2.1.10 Comprimento de Propagação de Onda, Forma da Peça e Frequência do Transdutor-Emissor.

A velocidade de pulsos de ultra-som independe do tamanho e da forma do espécime no qual eles viajam, exceto para o valor de uma mínima dimensão lateral. Abaixo deste valor a velocidade de pulso pode ser reduzida apreciavelmente, dependendo principalmente da

relação do comprimento de onda das vibrações de pulso para a menor dimensão lateral do espécime, mas é insignificante se a relação for menos que unidade. Na Tabela 2.4 encontra-se a relação entre a velocidade de pulso no concreto, a frequência de transdutor e a menor dimensão lateral permissível do espécime. (IAEA, 2002).

Tabela 2.4 – Relação entre afreqüência do transdutor e a menor dimensão do espécime para a UPV.

Frequência do Transdutor	Velocidade do pulso no concreto (km/s)		
	V _C	V _C	V _C
	Menor dimensão lateral permitida do espécime		
kHz	mm	mm	mm
24	146	167	188
54	65	74	83
82	43	49	55
150	23	27	30

Fonte: IAEA (2002)

De acordo com Naik *et al.* (2004), o tempo de propagação ou o valor da velocidade não deve ser interferido pela frequência e a distância percorrida pela onda ultra-sônica. Salientam que para os ensaios no concreto devem ser usados transdutores com frequências de 25 kHz a 100 kHz. Transdutores de alta frequência (cima de 100 kHz) são usados para espécimes de pequeno-tamanho, comprimentos de caminho relativamente curtos, ou concreto de alta resistência. Transdutores de baixa frequência (menor que 25 kHz) são usados para espécimes maiores e comprimentos de caminho relativamente mais longos, ou no concreto com agregados de maiores dimensões.

A norma EN-ISO 8047 (1994) prescreve a necessidade de se manter distâncias mínimas entre os transdutores, com o intuito de se evitar erros nas leituras, sendo: 100 mm para concretos com agregados de dimensão máxima igual a 20 mm; de 150 mm para concretos com agregados de dimensão máxima entre 20 mm e 40 mm.

A RILEM NDT 1 (1972) preceitua que as ondas com frequências mais altas são enfraquecidas mais rapidamente do que as mais baixas, e ainda, prescreve as recomendações para a frequência mínima dos transdutores em função das dimensões da

peça investigada, conforme a Tabela 2.5. Tendo como objetivo evitar que os resultados sofram influência dos componentes do concreto (heterogeneidade) devido à proximidade excessiva dos transdutores, recomenda um comprimento mínimo para a propagação das ondas: 100mm para concreto com agregado de dimensão máxima menor que 30mm; 150mm para concreto com agregado de dimensão máxima menor que 45mm;

Tabela 2.5 – Indicação RILEM: frequência mínima do transdutor emissor *c/* dimensões da peça

Comprimento (mm)	Frequência (kHz)	Dimensão transversal mínima do elemento (mm)
100 - 700	≥ 60	70
200 - 1500	≥ 40	150
> 1500	≥ 20	300

Popovics *et al.* (2000) afirmam que o aproveitamento do ultra-som na medicina e em outras áreas da engenharia tem maior progresso do que no ensaio do concreto e utilizam frequências de 1 kHz a 15 MHz. Para o caso do concreto, nos equipamentos com altas frequências (acima de 500 kHz) a detecção de pequenos defeitos é mais apurada, chegando-se à ordem de milímetros.

2.1.11 Normalização sobre ensaios de ultra-som

A ABNT NBR 8802:1994 indica três modos possíveis para o posicionamento dos transdutores nos ensaios de ultra-som em concreto: transmissão direta, indireta e semi-direta. A RILEM NDT1:1972, a BS 1881: Part 203:1986 e a norma EN-ISO 8047:1994 apresentam o mesmo procedimento que a norma brasileira para a transmissão indireta. A ASTM C 597-2:2003 apenas cita o uso do modo indireto, sem apresentar o procedimento.

Komlos *et al.* (1996) fizeram uma comparação entre as normas BS 1881: Part 203:1986 (inglesa); ASTM C 597-02 (americana); RILEM/NDT 1:1972; DIN/ISO 8047 e DIN/ISO 1048 (alemãs); GOST 17624-87 (russa); STN 73 1371 (eslovaca); CSN 73 1371) (tcheca); MI 07-3318-94 (húngara) e constataram uma falta de progresso para os ensaios ultrassônicos em concreto baseados em que a maior parte das normas apresentava idade avançada (mais de dez anos na época), conforme apresentado no Quadro 2.1.

País	Designação	Ano
Alemanha	ISO/DIS 8047	1983
Bélgica	NBN 15-229	1976
Brasil	NBR 8802	1994
Bulgária	BDS 15013-80	1980
Dinamarca	DS 423,33	1984
Escandinávia	NT BUILD 213	1984
Reino Unido	BS 1881:Part 203	1986
Espanha	UNE 83-308-86	1986
Estados Unidos	ASTM C 597	1983
Hungria	MI 07-3318	1994
México	NOM-C-275-1986	1986
Polónia	PN-B-06261	1974
República Tcheca	STN 73 1371	1981
RILEM	NDT 1	1972
Romênia	C-26-72	1972
Rússia	GOST 17624	1987
Suécia	SS 137240	1983
Venezuela	CONVENIN 1691-80	1980

Quadro 2.1 – Normas para determinação da velocidade de onda ultra-sônica no concreto.
 Fonte: Komlos *et al.* (1996)

As características dos procedimentos de algumas normas para ensaio de ultra-som podem ser observadas no Quadro 2.2, elaborado por Evangelista (2002).

		Normas			
		NM 58: 1996 NBR 8802: 1994	RILEM NDT 1: 1972	BS 1881: Part 203: 1986	ASTM C597: 1983
Frequência do ultra-som		Acima de 20 kHz	20 a 200 kHz	20 a 150 kHz*	10 a 150 kHz
Superfície		Seca ao ar, limpa e plana	Plana	Seca ao ar, limpa e plana	Seca ao ar, limpa e plana
Área de ensaio p/ verificar uniformidade de elementos estruturais grandes		1 m ²	-	-	-
Distancia entre transdutores		Precisão de ± 1%	Precisão de ± 1%	Precisão de ± 1%	Precisão de ± 0,5%
Medições de velocidade		Precisão de ± 1%	-	Precisão de ± 0,5%	Precisão de ± 0,5%
* 10 kHz para comprimento muito longo e 1 MHz para argamassas e graute					

Quadro 2.2 – Comparação entre procedimentos de normas para ensaio de ultra-som

2.2 ENSAIOS DE ESCLEROMETRIA NO CONCRETO

2.2.1 Considerações iniciais

Segundo Mehta e Monteiro (2008) o método do esclerômetro é um processo simples, rápido e barato para avaliar *in loco* a uniformidade do concreto endurecido. Os resultados do ensaio dependem dos seguintes parâmetros: dosagem do concreto, idade e tipo de cura, uniformidade da superfície, condição de umidade, carbonatação superficial, rigidez do elemento, localização do êmbolo. Trata-se de um procedimento padronizado na avaliação da dureza superficial e consiste em impactar uma superfície de concreto com uma determinada energia de impacto e medir o rebote ou a reflexão de uma massa padrão após o impacto no concreto. O ensaio é realizado por meio do *esclerômetro de reflexão de Schmidt*, constituído por um martelo controlado por mola que transmite uma carga a um êmbolo. O equipamento, seus componentes e a operação são ilustrados na Figura 2.8.

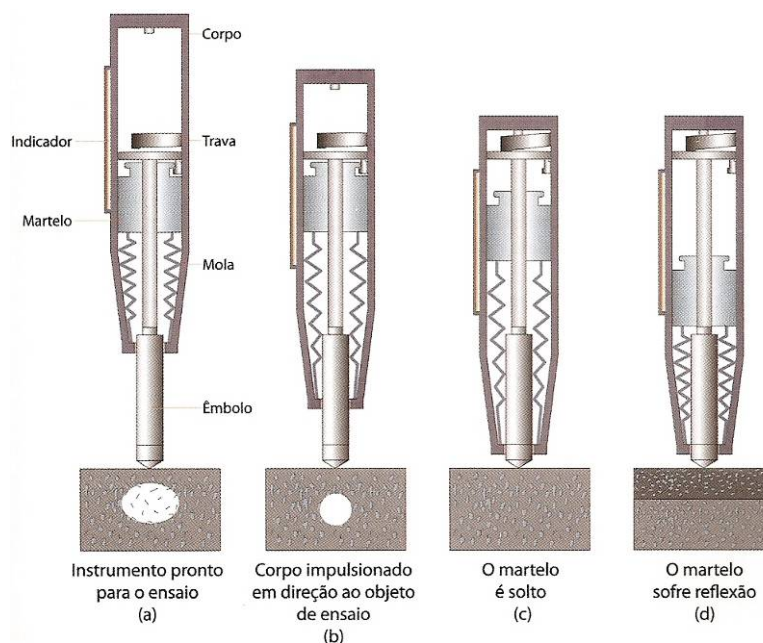


Figura 2.8 – Diagrama esquemático ilustrando a operação do esclerômetro de reflexão.
 Fonte: Mehta e Monteiro (2008)

Malhotra e Carino (2004) afirmam que em ensaios de laboratório, com um esclerômetro calibrado adequadamente, a precisão na estimativa da resistência do concreto é de $\pm 15\%$ a 20% , enquanto que em uma estrutura de concreto é de $\pm 25\%$.

Focaoaru (1984) cita que a resistência do concreto é estimada por meio de curvas de calibração, sendo que não existe uma correlação única entre a resistência à compressão e o índice esclerométrico em virtude da influência de diversos fatores nessa correlação: tipo e quantidade de cimento, natureza do agregado, maturidade e teor de umidade do concreto.

A ABNT NBR 7584:1995 prescreve os fatores que influenciam os resultados do ensaio de avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão, sendo: tipo de cimento; tipo dos agregados; tipo de superfície; condições de umidade da superfície; carbonatação; idade; operação do esclerômetro. Outros fatores influentes na correlação dos índices esclerométricos com a resistência à compressão (massa específica, estado de tensão, proximidade entre a área de ensaio e uma falha no concreto, esbeltez do elemento estrutural, temperatura do esclerômetro e do concreto, consumo de cimento, tipo de cura, superfícies calcinadas por altas temperaturas/incêndio).

2.2.2 Influência das condições da superfície na esclerometria

Evangelista (2002) e Repette (1991) citam que a reflexão da energia de impacto depende significativamente da condição da superfície ensaiada. A primeira autora informa que as superfícies desempenadas geralmente são mais duras que aquelas sem desempenho, enquanto que o segundo autor alerta que a rugosidade permite influência na absorção de energia que pode aumentar, devido a acomodações e deformações na superfície, sugerindo um concreto com resistência falsamente inferior.

A norma BS: 1881: Part 202 (1986) preceitua que a influência da carbonatação pode ser expressiva para concretos com idade superior a 3 meses e, nesse caso, o concreto no interior da peça não pode mais ser representado pela camada superficial.

A ABNT NBR 7584:1995 preceitua que as superfícies de concreto devem ser secas ao ar, limpas e, preferencialmente planas. Superfícies irregulares, ásperas, curvas ou talhadas não fornecem resultados homogêneos e devem ser evitadas.

2.2.3 Influência da carbonatação na esclerometria

O processo de carbonatação provoca o aumento da dureza superficial do concreto devido à precipitação de carbonato de cálcio (CaCO_3) nos poros da superfície. Com o emprego das curvas de correlação para concretos não carbonatados de mesma maturidade, o aumento da resistência estimada do concreto carbonatado pode ser até 50% (REPETTE, 1991).

Os índices esclerométricos de uma camada superficial carbonatada tem valor maior do que aqueles correspondentes às camadas internas do elemento (ACI 228 1R-89:1989).

A norma ABNT NBR 7584:1995 prescreve que concretos carbonatados podem elevar os resultados dos índices esclerométricos, superestimando-os na ordem de até 50%. Tem-se ainda que as superfícies carbonatadas devam ser evitadas. Quando do ensaio, devem ser adequadamente preparadas e, se necessário, aplicados coeficientes de correlação que devem ser declarados na apresentação dos resultados.

2.2.4 Influência do tipo e teor do cimento na esclerometria

A ABNT NBR 7584:1995 preceitua que na obtenção do índice esclerométrico o tipo de cimento exerce influência expressiva, recomendando obter novas curvas de correlações sempre que houver mudança do tipo de cimento.

Repette (1991) alega que a relação entre a quantidade de cimento e a de agregados pode afetar a resistência estimada em até 10%.

Se um concreto for constituído com um cimento de alta resistência inicial ou apresentar alto teor de cimento, a resistência à compressão poderá ser maior para determinado índice esclerométrico (TEODORU, 1988).

Na sua pesquisa, Evangelista (2002) utilizou concretos com cimento CP III-32 e CP V e verificou que há uma diferença significativa entre os índices esclerométricos obtidos, com variações de 13% a 17%, sendo os valores mais altos para a série de concreto com o CP V.

A NM 78 (1996) descreve que concretos compostos de cimento aluminoso ou supersulfatado apresentam correlações diferentes das obtidas com cimento Portland comum. Quanto ao teor, cita que a correlação entre o índice esclerométrico e a resistência não sofrem muita influência do consumo de cimento por metro cúbico.

2.2.5 Influência do tipo de agregado na esclerometria

De acordo com Repette (1991), considerando a variabilidade da dureza dos agregados, a resistência estimada para ensaios em concretos com agregados mais rígidos poderá ser superior à real, sendo que o inverso pode acontecer com os concretos compostos de agregados mais flexíveis.

A norma ABNT NBR 7584:1995 cita que diferentes tipos de agregados podem fornecer concretos com mesma qualidade, porém com diferentes índices esclerométricos. A variação pode ser ainda maior quando se usa agregados leves ou pesados.

Neville (1997) afirma que o índice esclerométrico está relacionado com o tipo de agregado utilizado, podendo se observar na Figura 2.9 que para uma mesma resistência têm-se índices esclerométricos diferentes para concretos com agregados diferentes.

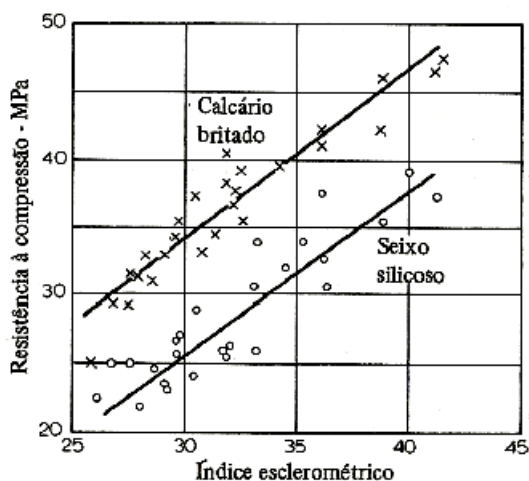


Figura 2.9 – Relação entre resistência a compressão de cilindros de concretos feitos com diferentes agregados. Fonte: Neville, (1997)

A norma ACI 228 1R-89:1988 relata que o tipo de agregado exerce influência na dureza do concreto, recomendando a confecção de curvas de correlação entre a resistência e índice esclerométrico conforme o tipo de agregado empregado no concreto em investigação.

A NM 78:1996 recomenda que, para os concretos confeccionados com agregados de diferentes composições petrográficas, os resultados de ensaios não podem ser comparados.

Conforme Mehta e Monteiro (2008), o tipo e quantidade de agregado exercem muita influência no índice esclerométrico. Apesar de pouco representar na avaliação da uniformidade do concreto, este fator passa a ser crítico na obtenção de uma correlação entre o índice esclerométrico e a resistência.

2.2.6 Influência das condições de umidade da superfície na esclerometria

Mehta e Monteiro (2008) destacam que uma superfície úmida no concreto resulta em índice esclerométrico menor do que uma superfície seca; convergindo com o mesmo entendimento da ABNT NBR 7584:1995 e Repette (1991), onde enfatizam que os índices esclerométricos indicativos de valores de resistência para o concreto úmido podem chegar até 20% menor que aqueles com o concreto seco e, em alguns tipos de concreto, as discrepâncias podem ainda ser maiores.

2.2.7 Influência da idade e tipo de cura do concreto na esclerometria

Segundo Medeiros *et al.* (2004), a condição de cura exerce muita influência no grau de hidratação e na integridade física do concreto, principalmente na região mais externa, recomendando que as correlações entre índice esclerométrico e resistência devam ser estabelecidas para concretos expostos a condições de cura semelhantes.

A norma BS 1881: Part 202:1986 trata da necessidade de elaboração de curvas de calibração próprias para diferentes condições de cura. Menciona ser desnecessário considerar o efeito de carbonatação para as idades do concreto entre 3 dias a 3 meses.

A norma ABNT NBR 7584:1995 prescreve que a influência da idade na dureza superficial em relação à obtida nas condições normalizadas aos 28 dias é advinda do processo de cura e carbonatação. Desta forma, as correlações não são automaticamente válidas para idades superiores a 60 dias ou inferiores a 14 dias.

Evangelista (2002) identificou a influência das condições de cura nos resultados dos índices esclerométricos, onde os concretos expostos ao ambiente de laboratório no mínimo 7 dias (corpos-de-prova imersos em água) apresentaram índices maiores que nos concretos que permaneceram por 48 horas ao ambiente do laboratório antes dos ensaios.

2.2.8 Influência da posição e ponto de aplicação do esclerômetro

A maioria das normas técnicas recomenda que o esclerômetro de reflexão deva ser sempre aplicado ortogonalmente à área de ensaio e, preferencialmente, na posição horizontal (sobre superfícies verticais). Para a aplicação em posições diversas, o índice esclerométrico deve ser corrigido com os coeficientes fornecidos pelo fabricante do aparelho.

Segundo Medeiros *et al.* (2004) a estimativa da resistência deve ser feita na mesma direção em que foi realizada a calibração da curva resistência x índice esclerométrico, para se evitar desvios advindos da interferência diferenciada da aceleração da gravidade.

Castro (2009) cita que as normas ABNT NBR 7584:1995, a CMN NM 78:2006 e a ASTM C42: 2004 recomendam que os pontos de ensaio de esclerometria devam estar a, no mínimo, 50 mm dos bordos das peças (cantos e arestas). Em sua pesquisa, os resultados dos índices esclerométricos obtidos nas faces e bordas não apresentaram diferença significativa para os pontos centrais e das bordas ou de todos juntos. Identificou ainda que nas faces dos blocos ensaiados os coeficientes de variação da esclerometria foram maiores que nos topos. A proximidade dos resultados dos ensaios nos centros e bordas pode ser observada nos gráficos da Figura 2.10.

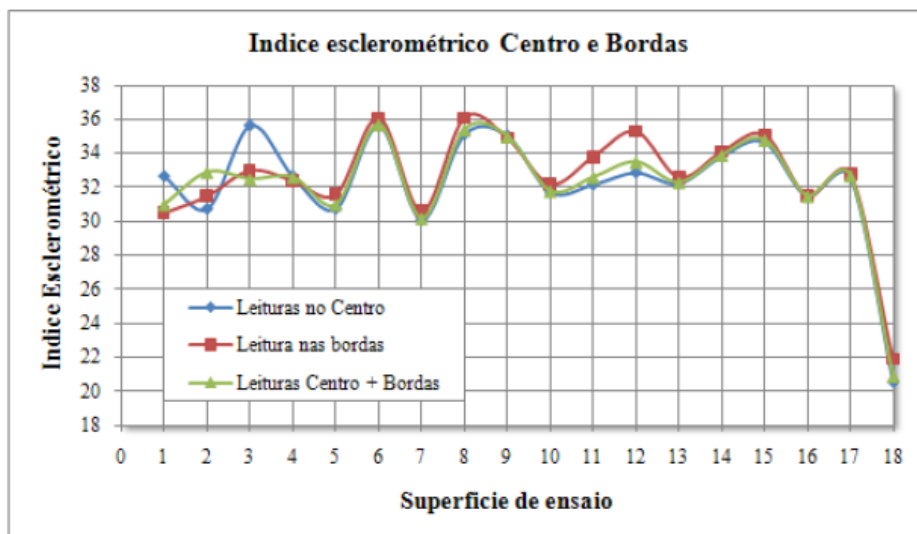


Figura 2.10 – Índices esclerométricos do centro e da borda. Fonte: Castro (2009)

2.2.9 Influência da rigidez e geometria do elemento na esclerometria

A ABNT NBR 7584:1995 prescreve claramente a necessidade da rigidez para as peças de ensaio; recomenda dimensão mínima (100mm) na direção do impacto e, caso contrário, alerta para a necessidade de apoio ou fixação da peça.

Segundo Medeiros *et al.* (2004), o formato da superfície avaliada (plana ou curva), as dimensões e o local do ensaio têm um suave efeito sobre o índice de reflexão.

2.2.10 Normalização sobre esclerometria

Evangelista (2002) elaborou o Quadro – 2.3 contendo um resumo dos procedimentos de normas nacionais e internacionais para o ensaio de esclerometria.

Normas				
	NM 78: 1996 NBR 7584: 1995	RILEM NDT 3: 1984	BS 1881: Part 202: 1986	ASTM C805: 1982
Elementos estruturais	Pilares, vigas, paredes, cortinas.	Evitar painéis e lajes com espessura inferior a 120 mm	-	Espessura mínima de 100 mm
Superfície	Seca, limpa e plana	Seca, limpa e plana	Seca ao ar, limpa e plana	Evitar textura rugosa, falhas de concretagem. Molhar a superfície 24 h antes do ensaio
Área de ensaio	90 mm x 90 mm a 200 mm x 200 mm	100 mm x 100 mm a 200 mm x 200 mm	Inferior a 300mm x 300mm	Diâmetro > 150 mm
Distância entre pontos	Mínima de 30 mm	Mínima de 30 mm	20 mm a 50 mm	Mínima de 25 mm
No. de medições	9 a 16	Mínimo 9	12	10
Distância entre ponto de medição, cantos e arestas da peça	Mínima de 50 mm	Mínima de 30 mm	-	-
Resultados	Desprezar resultado IE individual que esteja afastado em mais de 10% do valor médio obtido e calcular nova média	-	Adotar a média de todas as 12 medições	Das 10 medições, descartar as que se distanciarem 7 unidades da média. Se ocorrer c/ mais de 2, descartar o conjunto de medições.

Quadro 2.3 – Comparação entre procedimentos de normas para ensaio esclerométrico. Fonte: Evangelista (2004)

2.3 ENSAIOS DE RESISTIVIDADE ELÉTRICA NO CONCRETO

2.3.1 Considerações iniciais

A resistividade elétrica do concreto, inverso de condutividade, é a propriedade do material que reflete a habilidade para transportar uma carga elétrica e está intimamente relacionada com a microestrutura do concreto. A diferença de potencial ou a corrente elétrica aplicada por meio de dois eletrodos é conduzida através da fase aquosa da rede de poros do concreto pelos portadores elétricos (íons). A resistividade elétrica fornece indicações sobre a conectividade de poros, bem como, acerca da resistência do concreto quanto à penetração de líquido ou substâncias gasosas. Trata-se de um parâmetro atinente às propriedades fundamentais, relacionado à durabilidade do concreto armado (ANDRADE *et al.*, 2009).

O método de ensaio de resistividade é normalmente realizado com um equipamento composto de um medidor eletrônico de resistividade com quatro pontos equidistantes, sendo os quatro eletrodos colocados em contato direto com a superfície do concreto, previamente úmida ou seca. O equipamento imprime uma corrente entre os dois eletrodos externos e conseqüentemente uma voltagem é captada pelos eletrodos internos. O resultado da medida da resistividade elétrica é expresso em Ωm . A grande vantagem deste tipo de equipamento é a possibilidade de ser utilizado em situações de campo. A Figura 2.11 ilustra o princípio de funcionamento do aparelho.

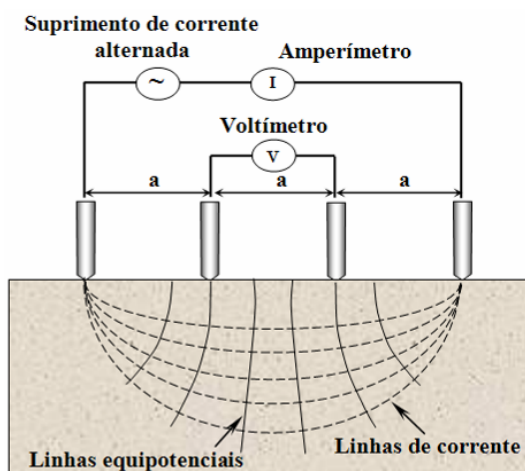


Figura 2.11 – Esquema do método de quatro eletrodos para determinação da resistividade.

Fonte: IAEA (2002)

Segundo Polder (2001), a resistividade do concreto é uma propriedade que independe da geometria específica do material, entretanto, varia de acordo com a porosidade, a quantidade e a distribuição de poros e a composição química (condutividade) da solução contida nos poros. A resistividade elétrica de uma determinada estrutura de concreto ou elemento pode dar informação relacionada ao início da corrosão da armadura de aço.

Helene (1993) e Santos (2006) citam a resistividade elétrica do concreto como a propriedade de dificultar a movimentação e o fluxo dos íons que difundem no concreto através da solução aquosa presente nos seus poros. Tal atributo é altamente sensível ao teor de umidade de equilíbrio e à temperatura do concreto.

Devido à relação entre a condução da corrente e a água livre no interior do concreto, a resistividade elétrica é fortemente influenciada pela quantidade, pelo tamanho e pela intercomunicabilidade dos poros da matriz e pela condutividade da solução neles presente. A resistividade elétrica relaciona-se à microestrutura do concreto de tal forma que, em um concreto saturado ela pode ser utilizada como uma medida indireta da conectividade dos poros (ANDRADE, 2004).

De acordo com Mehta e Monteiro (2008) a resistividade do concreto é um parâmetro importante na corrosão de estruturas de concreto armado, sendo que o concreto de alta resistividade tem pouca possibilidade de desenvolver corrosão na armadura. Uma alta relação água/cimento, um alto grau de saturação do concreto e uma alta concentração de sais dissolvidos na solução de poro resultam em um elemento de baixa resistividade.

Andrade (1995) destacou a importância da resistividade elétrica para o concreto, afirmando que a durabilidade das estruturas de concreto armado é resultado da ação protetora do concreto sobre o aço. Na ausência desta proteção a estrutura fica vulnerável ao fenômeno da corrosão, passando a ser controlada pela resistividade elétrica e pela disponibilidade de oxigênio. No mesmo sentido Cascudo (1997) cita que a velocidade de corrosão do aço depende muito da resistividade elétrica, ou, por outro lado, da condutividade elétrica do eletrólito (fase líquida do concreto).

De acordo com Santos (2006), as características micro-estruturais da matriz do concreto afetam a resistividade elétrica, tendo como principais fatores aqueles relacionados a: estrutura de poros do concreto, composição e concentração da água livre presente nos poros e às características ambientais às quais o concreto está submetido.

Polder (2001) menciona que as medidas de resistividade na superfície de concreto podem ser executadas em todas as partes da estrutura que são expostas ao ar (tempo), não podendo ser medida em partes enterradas ou submersas. Podem ser usadas a qualquer momento da vida de serviço de uma estrutura e em qualquer circunstância, desde que a temperatura seja maior do que 0^o C.

Cascudo (1997) relata que são vários os trabalhos e critérios que visam relacionar a resistividade elétrica do concreto com a sua qualidade e o risco de corrosão e destaca a Tabela 2.6 contendo o critério do Comitê Euro-International du Beton (CEB 192:1988).

Tabela 2.6 – Critérios de avaliação do concreto armado quanto a resistividade com relação ao risco de corrosão – CEB 192.

RESISTIVIDADE DO CONCRETO	INDICAÇÃO DE PROBABILIDADE DE CORROSÃO
$\rho > 20 \text{ k}\Omega \times \text{cm}$	Desprezível
10 a 20 k $\Omega \times \text{cm}$	Baixa
5 a 10 k $\Omega \times \text{cm}$	Alta
$\rho < 5 \text{ k}\Omega \times \text{cm}$	Muito Alta

Fonte: Cascudo (1997).

Na literatura científica encontram-se estudos e pesquisas acerca dos diversos fatores que influenciam a resistividade do concreto, principalmente aqueles ligados diretamente à composição do elemento, tais como: a relação água/aglomerante, o consumo de cimento utilizado, o tipo de cimento, o tipo de agregado, as adições e os aditivos utilizados, etc.

2.3.2 Influência das características do concreto na resistividade

A resistividade de materiais de base cimentícia (concreto) está intimamente relacionada com a microestrutura do concreto, tendo relação com a quantidade, com o tamanho e distribuição de poros e com a composição química e mobilidade dos íons constituintes da solução aquosa dos poros. (POLDER, 2001; ANDRADE *et al.* 2009).

A proporção dos materiais na mistura, a relação água/cimento e a utilização de adições de minerais e aditivos são fatores que influenciam a resistividade elétrica do concreto, por alterarem tanto a microestrutura da matriz quanto as características da solução do poro.

Monfore (1968) apurou que a resistividade da pasta de cimento com relação água/cimento de 0,40 aproximadamente dobrou em relação à pasta de relação 0,60. Ainda verificou que a resistividade aumenta durante o período contínuo de cura úmida, conforme pode ser observado na Tabela 2.7.

Tabela 2.7 – Efeitos da relação água/cimento e tempo de cura úmida.

Pasta	Relação água/cimento w/c	Resistividade Ohm.cm (1000 Hertz, 4 Volts)		
		7 dias	28 dias	90 dias
A	0,40	1030	1170	1570
A	0,50	790	880	1090
A	0,60	530	700	760
B	0,40	1230	1360	1660
B	0,50	820	950	1200
B	0,60	570	730	790

Fonte: Monfore (1968)

A resistividade elétrica do agregado é muito maior do que a resistividade da pasta de cimento. Nos estudos realizados, Monfore (1968) detectou que as resistividades do

mármore e do granito são essencialmente infinitas se comparadas com a da pasta de cimento. Assim resistividade do concreto pode ser consideravelmente dependente da resistividade da pasta matriz. Na Tabela-2.8 elaborada por Monfore pode-se verificar a resistividade de alguns tipos de rochas.

Tabela 2.8 – Resistividade de rochas.

Tipo	Absorção %/peso	Resistividade Ohm.cm (1000 Hertz, 4 Volts)
Arenito	9,2	18.000
Rocha calcária	6,0	30.000
Mármore	0,9	290.000
Granito	0,34	880.000

Fonte: Monfore (1968).

Para uma umidade relativa constante e em condições inalteradas, a resistividade aumenta com baixa relação água/cimento, com longo tempo de cura (hidratação) ou pela adição de minerais reativos como escória de forno, cinza volante e/ou micro sílica (POLDER, 2001).

Diversos pesquisadores citam que aditivos exercem influência na resistividade do concreto, com destaque Polder (2001) e Missau *et al.* (2004) quanto a escória de alto forno, cinza volante, aditivos minerais e Whiting e Nagi (2003) que estudaram os aditivos químicos. Estes materiais estão relacionados às alterações que eles promovem na microestrutura da matriz, apresentando reflexos na resistividade elétrica do concreto por alterarem a estrutura dos poros e a composição da solução dos poros, com reflexos na condutividade específica.

2.3.3 Influência das condições ambientais na resistividade

Polder *et al.* (2000) e Santos (2006) citam que a temperatura e a umidade relativa do ar ambiente são fatores que exercem significativa influência na resistividade do concreto por interferirem na mobilidade iônica e na concentração da solução dos poros. Ainda, de acordo com estes autores, na faixa de 0°C a 40°C a resistividade dobra para uma diminuição de 20°C ou que ocorre uma mudança de 3% a 5% por grau, mantendo-se os outros fatores constantes.

Castellote *et al.* (2002) citam que o efeito da temperatura na resistividade elétrica do concreto envolve a mobilidade e a interação dos íons com a fase sólida, em virtude do fato de que o grau de saturação dos poros pode sofrer alterações com variações na umidade relativa, em diferentes temperaturas. Ainda tem que a presença de chuva pode alterar o teor de umidade do concreto em qualquer temperatura.

Para Hunkeler (1996), nem toda a água da argamassa ou do concreto é condutora. Até um valor de umidade relativa de cerca de 40% a captação de água é um puro processo de adsorção. Esta água não tem mobilidade (não está livre) e fica fortemente unida à superfície interna da pasta de cimento. Para uma umidade relativa acima de 40% a água adicional preenche os vazios através de condensação capilar. As forças de atração da água capilar são fracas e propiciam uma maior mobilidade, tornando-a condutora (Figura 2.12).

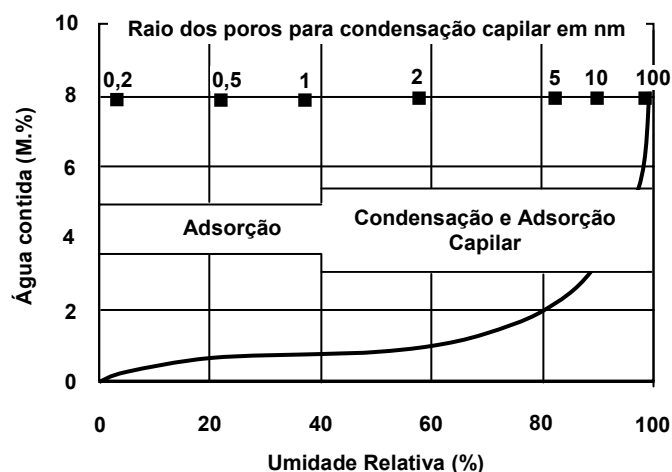


Figura 2.12 – Adsorção isotérmica típica do concreto. Fonte: Hunkeler, (1996)

2.3.4 Ação de agentes agressivos em relação à resistividade

Numa relação entre a resistividade e a difusão de cloreto Polder *et al.* (2000) destacam:

- numa estrutura existente, áreas mais permeáveis terão uma resistividade comparavelmente mais baixa e uma penetração de cloreto mais forte;
- para uma estrutura nova exposta a cloreto, uma mínima resistividade pode ser especificada baseada na relação empírica entre resistividade e penetração de cloreto e

quando o concreto é produzido, a resistividade pode ser medida a cada dia de produção como parte do sistema de controle de qualidade.

Diversos outros autores também abordaram o assunto da influência da presença de cloretos na resistividade do concreto. Segundo Santos (2006), verifica-se a existência de resultados contraditórios sobre a influência da penetração de íons cloreto na resistividade elétrica do concreto, prejudicando uma análise conclusiva sobre o fenômeno.

Nas pesquisas sobre resistividade elétrica do concreto Baweja (1996) empregou cimento com teores variados de C_3A (9% e 4,9%) imersos em solução com 3% de NaCl, concluindo que o desempenho resistivo foi baixo e semelhante em ambas as situações. Justificou a baixa resistividade como efeito da presença de cloretos e não do teor de C_3A .

Andrade (2004) afirma que a presença de íons cloreto reduz a resistividade, porém, com pouca significância devido a pequena influência dos íons cloreto na condutividade de soluções alcalinas. Ao contrário, Hunkeler (1996) alude que a resistividade do concreto pode sofrer significativa redução com o aumento de cloreto no seu interior, afirmando que para altas concentrações a resistividade pode ser reduzida em duas ou, no máximo, três vezes. Helene (1986) cita que teores de apenas 0,6% de cloretos são suficientes para reduzir a resistividade de uma argamassa em torno de 15 vezes.

2.3.5 Influência da carbonatação na resistividade

Chi *et al.* (2002) mencionam que, em geral, a taxa de corrosão está relacionada com a corrente de corrosão e a resistividade elétrica ao redor de barra de aço, podendo ser examinada indiretamente medindo a resistividade elétrica do concreto. A Figura 2.13 apresenta a relação entre a resistividade de concretos com várias relações de água/cimento (caracterizados na Tabela 2.9), podendo-se observar que a resistividade aumenta com um aumento do ritmo de carbonatação. A condutividade em concreto se dá devido a presença de água nos poros capilares que contém sais dissolvidos e age como um eletrólito.

Tabela 2.9 – Proporção da mistura dos concretos (kg/m³).

Nº	Água/cim.	Cimento	Água	Escória	Areia	Agregado Graúdo	Super plastificante	Abatimento (cm)
N58	0,58	350	203	0	735	1024	0	14
N48	0,48	424	203	0	768	945	0	13
S40	0,40	200	191	300	912	722	9,5	23,5
S36	0,36	400	177	125	924	732	12,0	25

Fonte: Chi *et al.*, (2002).

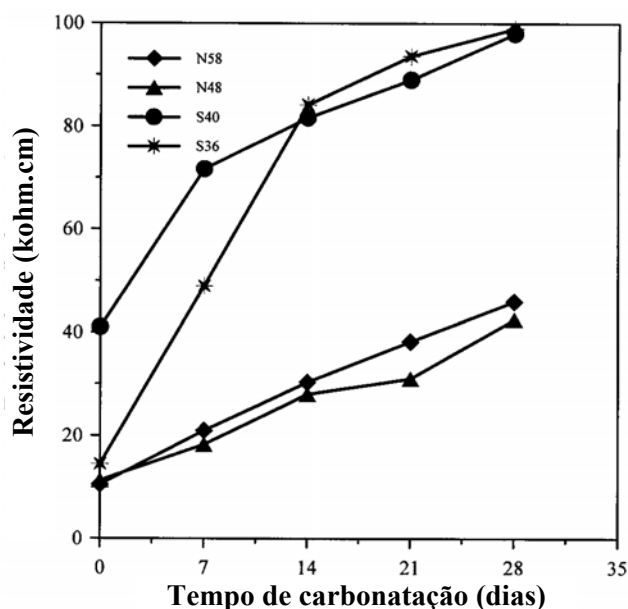


Figura 2.13 – Efeito do tempo de carbonatação na resistividade para vários concretos.

Fonte: Chi *et al.*, (2002)

Millard (1991) menciona que a carbonatação do concreto conduz ao endurecimento da camada superficial do concreto e também provoca um significativo aumento da resistividade na zona superficial.

2.3.6 Influência das armaduras na resistividade

Segundo Polder *et al.* (2000) a armadura conduz corrente muito melhor do que o concreto, podendo provocar alterações no fluxo de corrente elétrica e possibilitando medidas de resistividade falsas em leituras realizadas sobre as barras. Mesmo para o caso em que

apenas um dos quatro eletrodos esteja próximo à barra, o fluxo de corrente pode ser alterado e resultar em um valor falso para maior ou menor, dependendo de qual eletrodo estiver próximo à barra.

Para o caso de medição sobre a armadura, os erros podem ser minimizados caso a camada de cobertura seja pelo menos uma vez e meia maior que a distância entre eixos dos eletrodos ($c \geq 1,5.d$), conforme pode ser observado na Figura 2.14. Para uma pequena espessura de cobertura é recomendada uma redução excessiva na distância entre eixos dos eletrodos (d), o que se torna inconveniente (GOWERS e MILLARD, 1999).

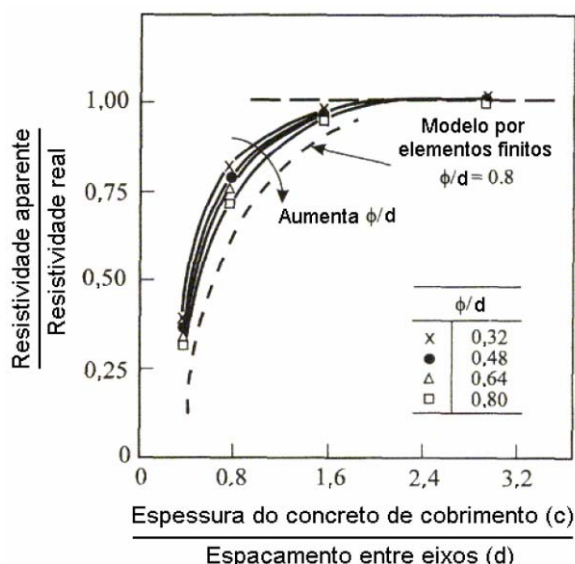


Figura 2.14 – Efeito da presença de armaduras na resistividade elétrica do concreto, método dos quatro eletrodos. Fonte Gowera e Millard (1999).

2.3.7 Normalização sobre resistividade

A maioria dos trabalhos adota as prescrições e os procedimentos na norma ASTM G-57:1984 adaptado para aplicação em concreto. No Brasil tem-se a norma ABNT NBR 9204:1988, que abrange a determinação da resistividade elétrica volumétrica para o concreto endurecido.

2.4 DETERMINAÇÃO DO POTENCIAL DE CORROSÃO

2.4.1 Considerações sobre corrosão das armaduras

A corrosão pode ser definida como a interação destrutiva ou a interação que implique inutilização para uso, de um material com o ambiente. Segundo a natureza do processo pode ser classificada em *química* e *eletroquímica*. No primeiro caso, também conhecida por *corrosão seca* ou oxidação e se processa por uma reação gás/metál, formando uma película de óxido. A corrosão eletroquímica *ou aquosa* resulta formação de pilhas ou células de corrosão, com eletrólito e diferença de potencial entre os trechos da superfície do aço (CASCUDO, 1997).

Dentre as várias definições e conceitos para a corrosão, Gentil (1982) cita que, de uma forma aceita universalmente no meio científico, pode-se definir como corrosão a deterioração de um material, geralmente metálico, por ação química ou eletroquímica do meio ambiente aliada ou não a esforços mecânicos, cujas alterações prejudiciais indesejáveis o tornam inútil e ou inadequado para uso.

De acordo com o ambiente e a natureza do processo, a corrosão pode ser classificada em química ou eletroquímica.

- Corrosão química – também conhecida por corrosão seca ou oxidação e se processa por uma reação gás/metál, formando uma película de óxido. Trata-se de um processo lento e sem provocar danos relevantes nas superfícies metálicas; geralmente associado a altas temperaturas, podendo ocorrer na temperatura ambiente, em meio gasoso e em alguns meios líquidos. Geralmente acarreta uma corrosão homogênea na superfície do metal, não existindo reações de oxidação e redução (sem gerar correntes elétricas).
- Corrosão eletroquímica – com ataque de natureza preponderantemente eletroquímica, que ocorre em meio aquoso, sendo o resultado da formação de pilhas ou células de corrosão, com eletrólito e diferença de potencial entre os trechos da superfície do aço. Ocorre a movimentação de elétrons no metal.

Os processos de corrosão são considerados reações químicas heterogêneas ou reações eletroquímicas que se passam geralmente na superfície de separação entre o metal e o meio corrosivo. Na corrosão eletroquímica os elétrons são cedidos em determinada região e recebidos em outra, aparecendo uma pilha de corrosão, cujo processo pode ser decomposto em três etapas principais:

- Processo anódico – passagem de íons para a solução;
- Deslocamento dos elétrons e íons – transferência dos elétrons das regiões anódicas para as catódicas pelo circuito metálico e uma difusão de anions e cátions na solução;
- Processo catódico – recepção de elétrons, na área catódica, pelos íons ou moléculas existentes na solução.

O processo eletroquímico segue a lei de Faraday. Portanto, a intensidade da corrosão pode ser avaliada tanto pelo número de cargas dos íons que passam à solução no anodo como pelo número de cargas dos íons que se descarregam no catodo, ou ainda, pelo número de elétrons que migram do anodo para o catodo. (GENTIL, 1996).

Helene (1986) cita que na corrosão eletroquímica a perda de elétrons do átomo metálico acontece em local diferente daquele em que a espécie do meio recebe elétrons, não importando a distância entre estes locais, podendo ser muito próximo (10^{-10} m) ou muito afastado (metros), havendo condução elétrica no metal e iônica no eletrólito.

Considerando que no concreto armado a maioria dos casos de corrosão das armaduras ocorre pela reação eletroquímica, neste trabalho interessa exclusivamente esse tipo de processo. Em resumo, para ocorrer a corrosão na armadura há necessidade de quatro elementos: condutor: que é a própria barra que integra a armadura; água nos poros: para constituir o eletrólito e conduzir íons; oxigênio: para a formação dos produtos de corrosão e a - diferença de potencial entre dois pontos: para a formação do anodo e do catodo (HELENE, 1993). A Figura 2.15 ilustra a constituição de uma célula de corrosão (pilha).

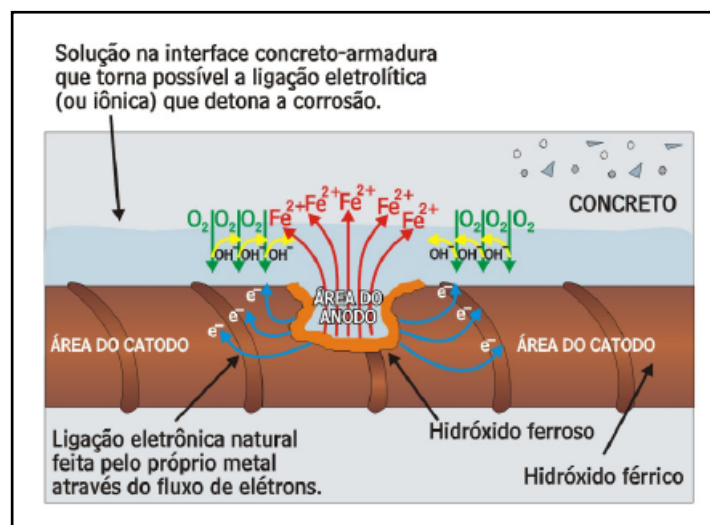


Figura 2.15 – Pilha eletroquímica de corrosão no concreto armado.

Fonte: Iliescu (2006)

2.4.2 Passivação das armaduras no concreto

Helene (1986) cita que o ambiente do concreto é altamente alcalino devido ao processo de hidratação dos compostos do cimento (silicatos de cálcio C_3S e C_2S) e a liberação de $Ca(OH)_2$ que, sendo uma base forte com pH na ordem 12,6 (à temperatura ambiente), dissolve-se na água e preenche os poros e capilares do concreto.

Em virtude deste ambiente altamente alcalino ocorre a formação de uma película fina de óxido estável e fortemente aderente à superfície do aço, promovendo uma proteção. Segundo Neville (1997), essa camada passivante é formada logo após o início da hidratação do cimento e apresenta uma composição que vai do Fe_2O_3 ao Fe_3O_4 .

Essa passivação permanece enquanto o concreto mantiver boa qualidade e com o pH da solução porosa em torno de 12,5 e uma faixa usual de potencial de corrosão na ordem de +0,1V a -0,4V, em relação ao eletrodo padrão. A ocorrência de fissuras e ou a ação de agentes externos pode danificar (enfraquecer ou destruir) a camada passivadora da armadura. O dióxido de carbono (CO_2) e os íons cloreto (Cl^-) são os principais agentes causadores da corrosão. (HELENE, 1986).

2.4.3 Medidas de potencial de corrosão

A medida do potencial de corrosão consiste na determinação da diferença de potencial elétrico entre o aço das armaduras e um eletrodo de referência que se coloca em contato com a superfície do concreto (Andrade, 1992).

Segundo Cascudo e Helene (1992), nas medidas do potencial de eletrodo o que se registra é uma diferença de potencial entre duas semi-células: a semi-célula aço/concreto (eletrólito) e a estável que é o eletrodo de referência (eletrodo mais nobre), formando-se uma pilha eletroquímica. Devido ao potencial do sistema de referência ser mais nobre do que sistema aço/concreto, ocorre um fluxo eletrônico da armadura passando pelo milivoltímetro (com registro sob a forma de potencial) e segue para a haste metálica do eletrodo de referência. Em resumo, nas medidas de potencial de eletrodo em concreto tem-se um fluxo eletrônico que segue da armadura (eletrodo com maior densidade de elétrons) até o eletrodo de referência, fechando o circuito entre as duas semi-células ionicamente, por meio de uma interface de comunicação altamente condutiva. Esquema na Figura 2.16.

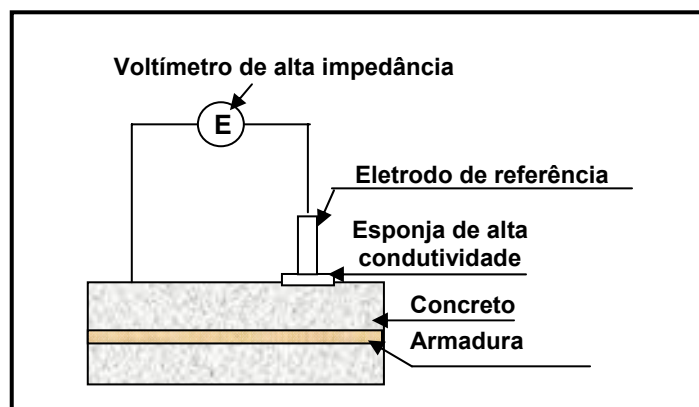


Figura 2.16 – Esquema para medição dos potenciais de corrosão

O método de ensaio empregado é aquele descrito na norma ASTM C 876:1998 – Método Padrão para Obtenção de Potenciais de Corrosão em Armadura de Concreto. Os critérios para a avaliação dos valores obtidos nas medidas de potencial de corrosão encontram-se na referida norma e indicam a probabilidade de ocorrência de corrosão (Tabela 2.10 - para cloretos) sem, no entanto, obter-se informações sobre a velocidade do processo.

Tabela 2.10 – Critérios de avaliação dos resultados das medidas de potenciais.

Potencial de corrosão relativo ao eletrodo de referência de cobre-sulfato de cobre -ESC (mV)	Probabilidade de corrosão (%)
$E_{\text{corr}} < -350$	90
$-200 > E_{\text{corr}} > -350$	Incerteza
$E_{\text{corr}} > -200$	10

Fonte: ASTM C 876:1998.

A medida do potencial apresenta um indicativo sobre a ocorrência ou não do processo de corrosão, não se obtendo conclusões quantitativas com as medições realizadas. (COST, 1996). Da mesma forma, Andrade (1992) alude que o potencial eletroquímico de corrosão do aço no concreto indica o início da corrosão ou despassivação do aço. Tais informações são meramente qualitativas e devem ser utilizadas sempre como complemento de outros ensaios e nunca isoladas.

2.4.4 Fatores influentes nas medidas de potencial de corrosão

De acordo com Escalante (1990), os resultados apurados nas medições do potencial de corrosão são meramente qualitativos e com poucas informações sobre o estado real do processo. O potencial sofre influência de um grande número de variáveis, tais como: a umidade, a qualidade do concreto, a espessura de recobrimento, o tipo de processo que provocou a corrosão (carbonatação ou cloretos), etc.

Cascudo (1997) menciona que, dentre os fatores que podem influenciar as medidas de potencial destacam-se principalmente os seguintes:

- Camadas superficiais de concreto de alta resistividade;
- Qualidade do concreto e profundidade do cobrimento;
- Frente de carbonatação e cloretos;
- Teor de umidade do concreto;
- Correntes de fuga

2.4.5 Influência das camadas superficiais de concreto de alta resistividade no potencial de corrosão

Browne *et al.* (1983), Cascudo (1997) citam que o teor de umidade do concreto exerce influência direta na sua resistividade. Como a corrente de corrosão (iônica) tende a evitar o concreto resistivo, uma camada superficial seca (altamente resistiva) pode afetar as medidas de potencial, pois, o eletrodo de referência pode não detectá-la. Desta forma, podem-se apurar valores de potencial mais positivos (ou menos negativos) na superfície, tendo como consequência a situação em que áreas efetivamente corroídas não sejam identificadas (Figura 2.17).

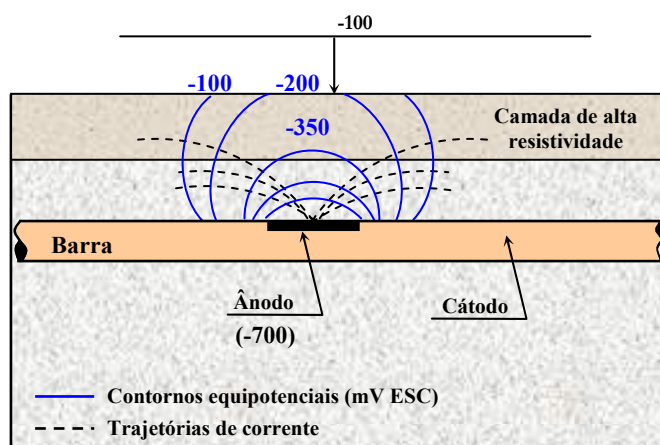


Figura 2.17 – Camada superficial de concreto c/ alta resistividade, adaptada de Cascudo (1997)

Esses autores ainda destacam que a espessura dessas camadas superficiais resistivas influenciam na magnitude da distorção das medidas de potencial, cuja variação pode, teoricamente, atingir valores desprezíveis e até uma diferença de 200 mV a 300 mV.

A mesma situação pode se dar com a ocorrência de uma expressiva profundidade de carbonatação. Com a formação de uma camada superficial de alta resistividade, o mesmo processo se dá como no caso da camada seca previamente.

2.4.6 Influência da qualidade e espessura do cobrimento de concreto no potencial de corrosão

A qualidade do concreto está diretamente relacionada com a relação água/cimento. Os concretos com uma relação água/cimento mais baixa tendem a ser mais compactos, mais resistivos, com uma estrutura menos porosa e, por consequência, apresentam menos eletrólito, dificultando o caminhamento iônico até a superfície do concreto (CASCUDO, 1997). Tal situação pode prejudicar o registro do potencial na superfície, onde se encontra o eletrodo de referência, mesmo para o caso de existir algum processo corrosivo.

Browne *et al.* (1983) citam que a medida que o cobrimento da armadura cresce, os valores de potencial na superfície ficam semelhantes, independente da passivação ou corrosão ativa na barra, atrapalhando a caracterização de pequenas áreas com corrosão.

Cascudo (1991) verificou que as medidas de potencial são afetadas tanto pela espessura de cobrimento quanto pela relação água/cimento e elas tendem a ser mais negativas com o decréscimo do cobrimento e com o aumento da relação água/cimento.

2.4.7 Influências frentes de carbonatação e cloretos no potencial de corrosão

De acordo com Browne *et al.* (1983), a carbonatação no concreto e a presença de cloretos tende a provocar uma distorção nos valores de medidas de potencial. As leituras de potencial em um concreto carbonatado tendem a apresentar valores menos negativos do que os esperados, que podem atingir valores na ordem de até 100 mV.

Cascudo (1997) cita que a penetração de cloretos no concreto advindos do meio externo provoca uma distorção no potencial, pois, antes de atingir a armadura, ocorre uma concentração variável desses cloretos no eletrólito nos poros. Nesse caso, a tendência é de se obter leituras de potenciais mais negativos do que os seus valores reais.

2.4.8 Influência do teor de umidade do concreto no potencial de corrosão

Elsener *et al.* (2003) também afirmam que a condição da camada de superfície do concreto exerce influência significativa na leitura do potencial de corrosão (molhada ou seca). As mudanças na umidade superficial do concreto (molhando a superfície) altera os valores de potenciais nas áreas molhadas para valores mais negativos, mas os gradientes potenciais e a localização de potencial mínimo local não muda (manchas de corrosão). Uma distribuição não homogênea de umidade aumenta as diferenças de potencial entre o local de corrosão e as zonas passivas.

No mesmo sentido Gozález *et al.*, (2004) determinaram experimentalmente que os valores medidos de potencial de corrosão podem diferir por centenas de mV quando uma parte muito pequena da superfície do concreto é molhada, comparadas com essas medidas no mesmo ponto quando a área molhada ao redor é muito maior.

A alteração do teor de umidade do concreto (se seco ou úmido) exerce influência direta na medida de potencial, podendo variar de poucos milivolts até 100-200 mV, sendo que no concreto úmido os valores de potenciais são mais negativos. Uma mesma estrutura de concreto, com regiões secas e úmidas, pode apresentar diferenças de potenciais sem estarem associadas a um maior risco de corrosão, mas sim devido a teores de umidade diferentes na região de contato concreto/armadura. (FELIU e ANDRADE, 1988)

Para a realização de medições de potencial torna-se recomendável um pré-umedecimento do concreto de forma homogênea, tendo como referências as prescrições normativas da ASTM C-876:1998.

2.5 Síntese sobre os fatores de influência nos ensaios de ultra-som, esclerometria, resistividade e potencial de corrosão.

Diversas são as variáveis que influenciam nos resultados dos ensaios estudados, desde a concepção e composição do concreto, condições de exposição, tipo de estrutura, etc. Enfim, existe influência tanto de ordem intrínseca quanto extrínseca na realização e

apuração dos resultados desses ensaios. Com base na revisão bibliográfica deste trabalho foi elaborado o quadro demonstrativo: Quadro 2.4, contendo de forma resumida algumas das variáveis pesquisadas e de destacada evidência em relação aos ensaios de ultra-som, esclerometria, resistividade e potencial de corrosão, a seguir.

Fatores	Ensaio Não Destrutivo			
	Ultra-som	Esclerometria	Resistividade	Potencial de Corrosão
Condições da superfície / carbonatação	X	X	X	X
Tipo e quantidade de agregado graúdo	X	-	-	-
Porção da mistura	X	-	X	-
Tipo de cimento	X	X	-	-
Temperatura	X	-	X	-
Teor de umidade do concreto	X	X	X	X
Presença de armaduras	X	X	X	-
Ocorrência de fissuras/vazios	X	X	-	X
Direção do ensaio / posição	X	X	X	-
Rigidez da peça	-	X	-	-
Tipo de cura e idade do concreto	X	X	X	-
Relação água/cimento	X	X	X	-
Nível de resistência do concreto	X	X	X	-
Posicionamento do aparelho	X	X	X	-
Teor de oxigênio próximo à armadura	-	-	-	X
Correntes parasitas	-	-	-	X

X – variáveis de destaque na literatura pesquisada (referências)

Quadro 2.4 – Resumo sobre os fatores de influência nos resultados dos 4 tipos de ensaios

No desenvolvimento da pesquisa de dissertação o enfoque foi direcionado especificamente para os ensaios não destrutivos de ultra-som, esclerometria, resistividade e potencial de corrosão e as variáveis de influência abordadas foram o teor de umidade, a presença e a posição de armadura e a dimensão máxima do agregado.

CAPÍTULO 3

MATERIAIS E PROGRAMA EXPERIMENTAL

3.1 INTRODUÇÃO

Com o objetivo de identificar e quantificar a influência de determinadas variáveis nos resultados dos ensaios não destrutivos de ultra-som (simplicadamente denominado UPV), esclerometria, resistividade e potencial de corrosão em peças de concreto, o programa experimental englobou diferentes composições de concreto e de amostras.

O desenvolvimento da pesquisa se deu no Laboratório de Estruturas e Materiais da Faculdade de Engenharia Civil da UFU - FECIV, envolvendo a utilização de um conjunto amostral já existente e moldado no laboratório composto por dois grupos de peças de concreto com idades variadas, sendo seis blocos (Grupo 1) e dez vigas (Grupo 2). O grupo de blocos foi confeccionado pelo mestrando da FECIV Paulo José Alves de Lima em 2004, enquanto que o grupo de vigas concretadas em 2009 faz parte do projeto de pesquisa TEC - APQ-01106-08, financiado pela FAPEMIG.

O estudo abrangeu a variação de algumas condições intrínsecas e extrínsecas das amostras de concreto. Intrinsecamente, nos blocos variaram-se a dimensão máxima dos agregados graúdos e a composição da mistura, enquanto que nas vigas variou-se a condição de existência ou não de armadura em determinados pontos de medição. Extrinsecamente, para ambos os conjuntos (blocos e vigas) procedeu-se a variação das condições de exposição das superfícies das peças de concreto quanto à umidade superficial. Também foram analisadas as questões da variabilidade das condições ambientais relacionadas com a temperatura e a umidade relativa do ar durante os ensaios.

3.2 MATERIAIS UTILIZADOS

As amostras utilizadas na pesquisa foram blocos e vigas de concreto. Os blocos de concreto num total de seis peças, identificados como Grupo 1, foram confeccionados com as dimensões de 40 cm x 40 cm x 80 cm e com variação da mistura e da dimensão máxima do agregado graúdo, moldados em 17/05/2004, preparados no Laboratório de Materiais da Faculdade de Engenharia Civil da UFU.

As vigas de concreto, identificadas como Grupo 2, com um total de dez peças foram confeccionadas com dimensões de 20 cm x 30 cm x 200 cm com concreto usinado e de mesma composição de mistura, moldadas em 15/12/2009 também no Laboratório de Materiais da Faculdade de Engenharia Civil da UFU.

3.2.1 Materiais dos blocos

Os blocos foram confeccionados pelo mestrando da FECIV Paulo José Alves de Lima (Figura 3.1), caracterizados os materiais, feitas a dosagem, a preparação, a moldagem, a cura e armazenagem. Apesar de não ter publicado seu estudo, o mestrando disponibilizou os dados obtidos na pesquisa para trabalhos posteriores, como se segue.

Foram moldadas três séries de blocos compostas de dois blocos cada série, variando apenas a dimensão máxima do agregado para cada uma delas, apresentando as seguintes características: Série-1 composta de brita 0 (zero), a Série-2 constituída de brita 1 (um) e a Série-3 contendo 50% de brita 1 e 50% de brita 2.



Figura 3.1 – Blocos de concreto de 40 cm x 80 cm x 40 cm

O cimento utilizado no concreto dos blocos foi o CP III 32 RS, cujas características estão relacionadas na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 - Características do cimento

Massa específica real (g/cm ³)	Área específica (m ² /kg)	Índice de finura	Consistência normal	Tempo de pega (min)		Resistência média à compressão (MPa)		
				início	fim	03 dias	07 dias	28 dias
2,931	354,74	0,08%	36%	153	242	20,79	28,47	38,94

Os agregados graúdos britados foram caracterizados por meio dos ensaios de massa específica, massa unitária, granulometria e índice de forma de acordo com as normas técnicas da ABNT pertinentes (NBR 9937, NBR 7251, NBR 7217 e NBR 7809). Empregou-se britas de basalto com dimensão máxima de 9,5 mm (brita 0), 19 mm (brita 1) e 25 mm (brita 2). Os dados obtidos estão apresentados na Tabela 3.2.

O agregado miúdo foi a areia lavada de rio. A granulometria, a massa específica e a massa unitária foram caracterizadas de acordo com as prescrições normativas da ABNT pertinentes (NBR 7217, NBR 9776 e NBR 7251 respectivamente), com os resultados da Tabela 3.2.

Tabela 3.2 – Características físicas dos agregados

Agregado	Massa específica (kg/dm ³)	Massa unitária (kg/dm ³)		Dimensão Máxima (mm)	Módulo de Finura	Índice de forma
		Estado solto	Estado compactado			
Brita 0	2,869	1,581	1,588	12,5	5,91	2,443
Brita 1	2,888	1,559	1,584	19,0	6,57	2,345
Brita 2	2,694	1,528	1,553	25,0	6,87	2,779
Areia	2,632	1,520	-	2,4	2,05	-

O concreto dos blocos foi dosado mantendo a mesma relação água/cimento (0,67), variando-se a dimensão máxima do agregado graúdo para cada par deles, para um fck de 15 MPa, conforme traços apresentados na Tabela 3.3. Utilizou-se água potável da rede de abastecimento interno da UFU. A resistência característica à compressão foi adotada visando representar concretos de obras mais antigas, as quais são objetos de inspeções.

Tabela 3.3 Representação do traço do concreto dos blocos

Blocos	Traço (1:areia:brita:a/c)	Consumo cimento (kg/m ³)	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	Tensão Ruptura 28 dias (MPa)	Abatimento (mm)	α	H
B1-B2 brita 0	1:2,50:2,94:0,67	335	2,407	18,4	55	0,54	0,104
B3-B4 brita 1	1:2,53:3,93:0,67	300	2,491	19,5	100	0,47	0,090
B5-B6 britas 1 e 2	1:2,40:4,10:0,67	295	2,413	15,8	130	0,45	0,089

3.2.2 Materiais das vigas

As vigas foram concretadas em 15/12/2009, com todas as peças possuindo as dimensões de 20 cm x 30 cm x 200 cm (Figura 3.2) e confeccionadas em concreto usinado, mantidas as mesmas características de dosagem, cura e armazenagem.



Figura 3.2 – Amostragem das vigas de concreto armado – 20 cm x 30 cm x 200 cm

As características dos materiais constituintes do concreto usinado das vigas são apresentadas na Tabela 3.4.

Tabela 3.4 Materiais das vigas

Materiais/Informações	Características
Aglomerante	Cimento CP-II Z – 32
Agregado miúdo	areia natural de rio (fina e média)
Agregado graúdo	brita basáltica 01
Aditivo	Polifuncional (1,59 kg/m ³)
Água	rede pública de abastecimento (tratada)
Cura	úmida por 7 dias
Relação água/cimento	0,58
f _{c28}	40 MPa
Abatimento do concreto	75 mm e 95 mm
Traço (1 : areia : brita : a/c)	1: 2,65 : 3,35 : 0,58 (C= 318 kg/m ³)
Armadura inferior	3 Ø 10 mm (f _y = 590 MPa)
Armadura superior	2 Ø 10 mm (f _y = 590 MPa)
Estribos	Ø 5 mm cada 15 cm

3.3 SISTEMA E POSIÇÃO DOS PONTOS PARA OS ENSAIOS

3.3.1 Considerações iniciais

No projeto de pesquisa experimental foram abordados especificamente os ensaios de Determinação da Velocidade de Propagação de onda Ultra-sônica (UPV), Esclerometria, Resistividade e Potencial de Corrosão, onde buscou-se verificar a influência que algumas variáveis exercem nos resultados desses ensaios não destrutivos. As particularidades de cada um dos métodos serão apresentadas na seqüência do trabalho.

Os ensaios de determinação da velocidade de propagação de onda ultra-sônica (UPV) seguiram os procedimentos normativos preconizados na ABNT NBR 8802:1994; a esclerometria foi realizada de acordo com as prescrições da ABNT NBR 7584:1995; para a avaliação da resistividade elétrica do concreto empregou-se o método dos quatro pontos, denominado Método de Werner seguindo a norma ASTM G 57-58:1984 e para os ensaios

de medidas do potencial de corrosão utilizou-se a norma ASTM C 876:1998 com o emprego do eletrodo padrão de cobre/sulfato de cobre.

No Quadro 3.1 está apresentado um resumo das amostras utilizadas neste trabalho e indicados os ensaios não destrutivos realizados para os Grupos 1 e 2.

Grupo	Elementos	Ensaios
1	6 Blocos	Ultra-som (UPV), Esclerometria, Resistividade
2	10 Vigas	Ultra-som (UPV), Esclerometria, Resistividade, Potencial de corrosão

Quadro 3.1 Resumo dos ensaios realizados para as amostras dos Grupos 1 e 2.

Os seis blocos são identificados pela expressão B_i , sendo “i” a numeração sequencial variando de 1 a 6 de acordo com a quantidade das amostras/blocos, ou seja, B1 até B6.

As dez vigas apresentam a mesma metodologia de identificação com o emprego da expressão V_i , cujo conjunto amostral varia de V1 até V10.

3.3.2 Posição dos ensaios nos Blocos

Os ensaios nos seis blocos foram realizados em quatro faces de cada um, devidamente identificadas, sendo a face superior definida com F-1; as duas laterais denominadas como F-2 e F-3, e a face inferior classificada como F-4.

Em cada uma das faces foram feitas malhas quadriculadas com o cruzamento entre as linhas e colunas de forma a distribuir e identificar os pontos de realização para cada tipo do ensaio não destrutivo empregado na pesquisa. Estes pontos receberam uma denominação numérica e específica para cada face, de conformidade com o seu posicionamento na superfície, divididos em três faixas ascendentes, denominadas de HI – faixa inferior; HM – faixa intermediária e HS – faixa superior.

A Figura 3.3. apresenta a ilustração de identificação das faces e de uma malha de pontos e Figura 3.4 as faixas inferior, intermediária e superior.

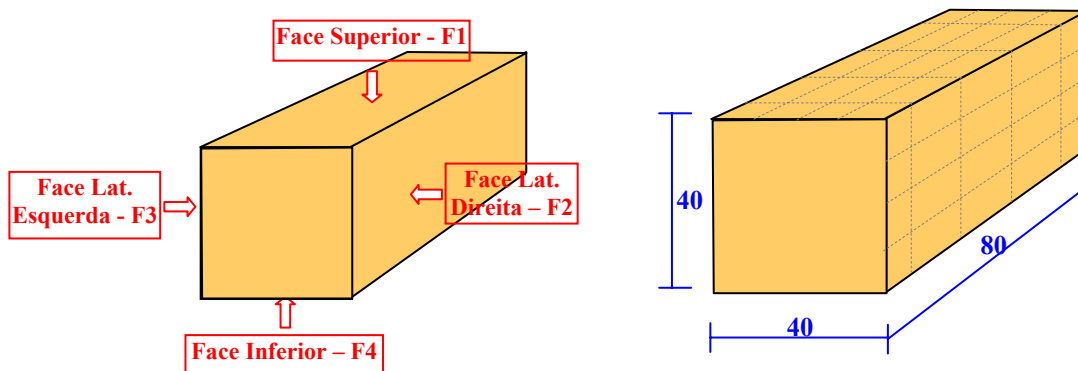


Figura 3.3 – Ilustração dos blocos de concreto e malha de pontos

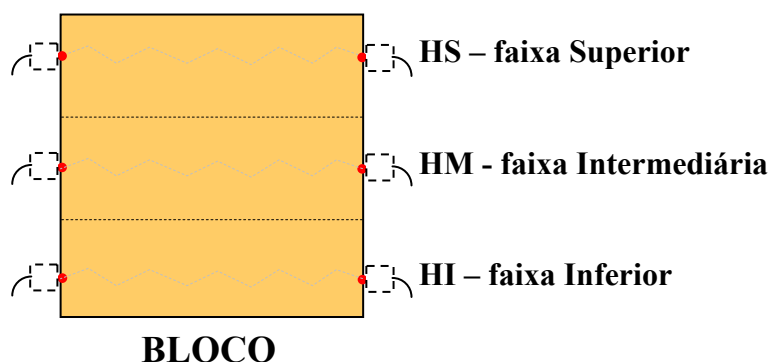


Figura 3.4 – Ilustração das faixas HI – Inferior; HM – Intermediária e HS – Superior

3.3.3 Posição dos ensaios nas vigas

Nas vigas de concreto armado foram realizados os ensaios de determinação da velocidade de propagação ultra-sônica (UPV), esclerometria, resistividade e potencial de corrosão, nas faces laterais das vigas, as quais foram divididas em malhas quadriculadas com o mesmo procedimento adotado para os blocos, formando linhas e colunas a fim de caracterizar e identificar os pontos de realização dos ensaios.

Os pontos dos ensaios foram identificados numericamente em uma seqüência específica para cada face, de conformidade com o seu posicionamento na superfície e com o ensaio

não destrutivo realizado, divididos em três faixas ascendentes, denominadas de HI – faixa inferior; HM – faixa intermediária e HS – faixa superior. A Figura 3.5 ilustra a formação da malha.

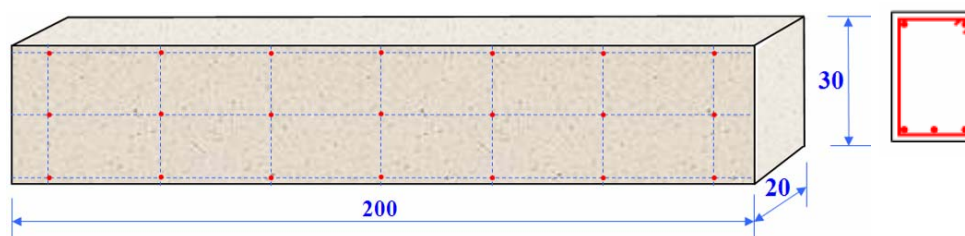


Figura 3.5 – Ilustração da viga de concreto e dos pontos de malha da face

O posicionamento das linhas superior e inferior foi propositalmente colocado no mesmo alinhamento (coincidente) com o das armaduras longitudinais (positivas e negativas) das vigas, conforme ilustrado na Figura 3.6.

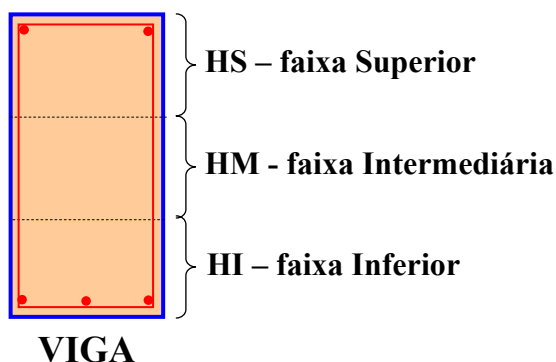


Figura 3.6 – Ilustração das faixas HI – Inferior; HM – Intermediária e HS – Superior

3.4 VARIÁVEIS DE INFLUÊNCIA NOS ENSAIOS

3.4.1 Relação das variáveis

A revisão bibliográfica realizada para este trabalho evidenciou que diversas são as variáveis que exercem influência nos resultados dos ensaios não destrutivos para o concreto na determinação da velocidade de propagação ultra-sônica (UPV), esclerometria, resistividade e potencial de corrosão, além de outros que não são objetos desta pesquisa.

Este estudo está voltado especificamente para uma pesquisa com o emprego de concretos “maduros”, assim considerados devido à idade das amostras de blocos e vigas. Algumas variáveis estudadas estão relacionadas diretamente com as características intrínsecas do concreto, enquanto que outras dizem respeito ao tipo de exposição da amostra ao meio ambiente e às condições técnicas para a realização dos ensaios.

As variáveis envolvidas nos ensaios de determinação da UPV foram as seguintes:

- Variação da dimensão máxima dos agregados;
- Camada de concretagem;
- Distância entre os pontos de transmissão e recepção de pulsos ultra-sônicos;
- Presença e posicionamento da armadura;
- Variação da umidade superficial das peças de concreto.
- Estágio de carbonatação atingido pelos concretos dos blocos.

Na esclerometria as variáveis foram:

- Variação da dimensão máxima dos agregados;
- Camada de concretagem;
- Variação da umidade superficial das peças de concreto.

Para a resistividade do concreto, as variáveis que foram objeto de estudo foram:

- Variação da dimensão máxima dos agregados;
- Camada de concretagem;
- Presença e posicionamento da armadura;
- Variação da umidade superficial das peças de concreto.

Nos ensaios de potencial de corrosão somente a variação da umidade superficial dos elementos e a presença de armaduras foram abordadas.

A título de facilidade didática, estão apresentadas resumidamente no Quadro 3.2 as variáveis abordadas e estudadas nesta pesquisa para cada tipo dos ensaios realizados.

Fatores	Ensaio Não Destrutivo			
	Ultra-som	Esclerometria	Resistividade	Potencial de Corrosão
Varição da dimensão máxima do agregado	X	X	X	
Camada da concretagem	X	X	X	
Teor de umidade superficial do concreto	X	X	X	X
Presença de armaduras	X		X	
Distância entre transdutores	X			
Densidade do concreto	X	X	X	
Carbonatação	X	X	X	

Quadro 3.2 – Fatores de influência em estudo na pesquisa

3.4.2 Dimensão máxima dos agregados

A influência da dimensão máxima dos agregados foi analisada especificamente no Grupo-1 das amostras, ou seja, nos 6 blocos. Os ensaios efetuados foram os de determinação da UPV, esclerometria e resistividade. Nesses blocos, a composição dos agregados é mantida para cada par, sendo dois blocos, B1 e B2, constituídos por brita 0, dois, B3 e B4, compostos por brita 1 e os outros dois últimos, B5 e B6, contendo brita 1 e 2.

3.4.3 Camada da concretagem

O processo de confecção das peças de concreto dos dois Grupos de amostras (1 e 2) foi o usualmente empregado, sendo o enchimento do concreto nas formas realizado em três camadas de forma ascendente (de baixo para cima), com o lançamento manual e o adensamento mecânico com um vibrador de imersão (tipo agulha). Considerou-se que, teoricamente, o processo de concretagem em camadas pode interferir nas características intrínsecas do elemento construtivo e procurou-se avaliar a possibilidade desse processo também exercer influência nos resultados dos ensaios empregados na pesquisa.

Buscou-se identificar as alterações porventura existentes nos resultados dos ensaios (ultra-som, esclerometria e resistividade) realizados nos pontos situados nas regiões inferior,

intermediária e superior das peças de concreto, e a existência de correlação entre a variabilidade dos resultados e as camadas da concretagem (HI, HM e HS).

3.4.4 Distância entre os transdutores

Nos ensaios de determinação da UPV foram realizadas medições com a variação da distância entre os transdutores, tanto para os blocos como para as vigas. Considerando a diversidade das distâncias entre os diversos pontos de medição nos ensaios realizados com o emprego do método indireto de ultra-som nas faces das amostras, buscou-se então identificar se existe correlação entre as alterações dos resultados dos ensaios e a distância entre os pontos de transmissão e recepção. Nas faces dos blocos as distâncias variaram de 20 cm no sentido horizontal e 15 cm na vertical, enquanto que nas vigas a variação foi de 30 cm na horizontal e 10 cm na vertical.

3.4.5 Presença e posição da armadura

Com base nos resultados dos ensaios realizados de ultra-som, esclerometria e resistividade buscou-se verificar a existência de uma correlação de influência da presença de armadura nestes ensaios e quantificar tal influência.

Para a realização dos ensaios nas vigas armadas os pontos de medições foram estrategicamente posicionados e situados nas regiões da armadura e na região intermediária.

3.3.6 Umidade superficial do concreto

Todos os elementos constituintes do conjunto amostral de cada grupo de ensaio passaram pelo mesmo processo de cura e armazenagem e estão desde a época de suas concretagens nas mesmas condições ambientais e de exposição. As peças estavam armazenadas no interior do laboratório da FECIV, em local coberto e bem ventilado, sem exposição à ação direta de intempéries.

Na realização dos ensaios alteraram-se de forma controlada as condições de umidade superficial das amostras a fim de verificar a influência e as alterações nos resultados de ultra-som, esclerometria, resistividade e potencial de corrosão.

A variação da umidade superficial foi feita com a aplicação de água nas superfícies das amostras de maneira uniforme e controlada por aspersão, com o emprego de um recipiente apropriado e composto de um sistema de pressurização no interior. A aspersão se deu por camada, com o controle da quantidade de água em massa, do tempo de aplicação e da área molhada. O procedimento de molhagem e medições seguiu o mesmo critério tanto para os blocos quanto para as vigas, alterando-se apenas a quantidade de água em função da área superficial de cada conjunto amostral.

Para o conjunto do Grupo 1 (blocos) foi aplicado 80 gramas de água aspergida em cada molhada em uma área de $0,320 \text{ m}^2$ ($0,40 \text{ m} \times 0,80 \text{ m}$) a cada trinta minutos, num total de dez aplicações em cada face. Isto significa que foram realizadas dez medições em cada face e em condições variadas de umidade. À medida que a superfície estava sendo molhada, cumulativamente a cada medição, o acompanhamento da variação da umidade superficial foi realizado com o emprego do aparelho de teste de umidade KETT Modelo HI-520, para as profundidades de 10 mm, 20 mm 30 mm e 40 mm (Figura 3.7).

Para o conjunto do Grupo 2 (vigas) foi aplicado 150 gramas de água aspergida em cada molhada em uma área de $0,600 \text{ m}^2$ ($0,30 \text{ m} \times 2,0 \text{ m}$) a cada trinta minutos, num total de dez aplicações em cada face, com o mesmo procedimento do Grupo 1, inclusive o controle de umidade com o aparelho de teste Kett HI-520. Pelos quantitativos informados, nota-se que nos dois grupos, a relação água por área foi a mesma, ou seja, 250 g/m^2 em cada aplicação.



Figura 3.7 –Umidificação da superfície de concreto (a) e medição da umidade (b)

3.3.7 Carbonatação

O processo de confecção das peças de concreto, cura e estocagem se deu com o mesmo procedimento para todos os elementos do conjunto amostral dos blocos. A desforma foi realizada em cinco das seis faces, ficando as peças nas mesmas condições ambientais desde a época da desforma, ou seja, com as cinco faces sem fôrmas totalmente expostas ao ar livre, com exceção d face inferior que se encontrava protegida pela fôrma e, teoricamente, sem qualquer contato com o ambiente.

Diante de tais condições tem-se que o processo de carbonatação do concreto dessa face inferior deve ser diferente das demais, fato que foi verificado com o emprego do ensaio de determinação de profundidade de carbonatação com o emprego da solução de fenolftaleína.

Neste caso, as pesquisas tiveram como objetivo verificar se ocorreu alguma alteração nos resultados dos ensaios sobre a influência da carbonatação quanto à determinação da velocidade de propagação ultra-sônica (UPV), esclerometria e resistividade nas faces dos blocos de concreto.

3.5 PROCEDIMENTOS NA REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS

3.5.1 Considerações iniciais

Os ensaios foram realizados dentro de uma rotina de procedimentos, sendo inicialmente verificada as condições das faces das amostras e, quando necessário, efetuado o devido preparo de limpeza, regularização mecânica (lixamento) para manter a planicidade e possibilitar o perfeito contato dos equipamentos com as superfícies, aferição dos equipamentos, entre outros.

Primeiramente procederam-se os ensaios com as amostras na condição natural sem molhagem (secas), iniciando com os blocos e na sequência efetuadas as medições nas vigas. Posteriormente procedeu-se a variação da umidade controlada nas amostras e a realização dos ensaios não destrutivos propostos na pesquisa.

3.5.1.1 Em relação aos Blocos

As medições nas condições naturais (sem molhagem) para os blocos foram realizados em quatro faces de cada uma das seis peças e para as vigas efetuaram-se as medições nas duas faces laterais de cada uma das dez peças. Em ambos os casos (condição natural seca e de molhagem) as leituras se deram para as profundidades de 10 mm, 20 mm, 30 mm e 40 mm.

Na condição natural seca os ensaios obedeceram uma sequência de realização, sendo: umidade superficial, tempo de propagação de ultra-som, esclerometria e resistividade. Após o término da sequência de ensaios em cada peça, dava-se o reinício nos demais espécimes amostrais.

Para a caracterização da umidade na amostra natural seca dos blocos foram realizadas 576 leituras distribuídas em seis pontos por face de cada bloco, consumindo um período de tempo médio de 120 minutos.

No ensaio para a determinação do tempo de propagação do ultra-som nos blocos “secos” realizaram-se 480 leituras distribuídas em 12 pontos por face de cada bloco, gastando o tempo médio total de 360 minutos. As leituras foram obtidas para o tipo de transmissão indireta em quatro faces dos blocos com dimensões de 40 cm x 80 cm, nas posições horizontal (distância entre os transdutores: 30 cm, 60 cm) e vertical (distância entre os transdutores: 15 cm, 30 cm). Na transmissão direta a distância entre os transdutores foi de 40 cm em doze pontos de aplicação por bloco.

No caso do índice esclerométrico foram realizadas 1944 leituras distribuídas em nove pontos (com nove impactos por em cada ponto) por face de cada bloco, tomando um período de tempo médio total de 120 minutos para os seis blocos.

Com a variação da umidade dos blocos através de molhagem controlada realizaram as medições em duas faces dos blocos (uma lateral e a inferior), em dez etapas para cada face. Após cada molhagem aguardava-se o período de trinta minutos para o início das medições, sendo que a sequência de rotina dos ensaios era: umidade superficial, tempo de propagação

de ultra-som, esclerometria e resistividade. Após todos os ensaios molhava-se novamente a superfície e, após decorrido o tempo de trinta minutos, iniciava a nova sequência de medições até o total de dez molhagens (medições). Os pontos de leituras foram os mesmos já mencionados para a condição natural (seca).

Na situação “molhada” para a caracterização da umidade dos blocos foram realizadas 2880 leituras em um período de tempo médio 600 minutos. No ensaio de determinação do tempo de propagação do ultra-som nos blocos realizaram-se 2040 leituras, com o tempo médio total de 1800 minutos. No caso da determinação do índice esclerométrico foram 4860 leituras em período de tempo médio total de 600 minutos. Para a resistividade nas condições “molhadas” (com variação da umidade) foram realizadas 1080 leituras e consumido um período de tempo médio total de 600 minutos.

Em resumo, para os ensaios nos blocos nas condições “seca” e “molhada” tem-se o seguinte:

- Umidade: 3436 leituras → tempo médio de 720 minutos.
- Ultra-som: 2520 leituras → tempo médio total de 2220 minutos.
- Esclerometria: 6804 leituras → tempo médio total de 720 minutos.
- Resistividade: 1296 leituras → tempo médio total de 720 minutos.

3.5.1.2 Em relação às Vigas

As medições nas vigas seguiram as mesmas rotinas e procedimento empregados para os blocos, tanto para as situações naturais (sem molhagem) quanto para aquelas de “molhagem”. Os ensaios foram: caracterização da umidade, ultra-som, esclerometria, resistividade e potencial de corrosão. Na condição natural “seca” foram realizados ensaios nas duas faces laterais de cada viga em um total de dez vigas, enquanto que na situação “molhada” os ensaios se deram em apenas uma das faces das vigas. Em ambos os casos (condição natural seca e de molhagem) as leituras de umidade se deram para as profundidades de 10 mm, 20 mm, 30 mm e 40 mm.

Os ensaios sempre obedeceram a seguinte sequência: determinação da umidade superficial, tempo de propagação de ultra-som, esclerometria e resistividade. Após o término da sequência em cada peça iniciavam-se os ensaios nos demais espécimes amostrais.

Para a caracterização da umidade na amostra natural seca das vigas foram realizadas 960 leituras distribuídas em doze pontos por cada face da viga, consumindo um período de tempo médio 120 minutos.

No ensaio de determinação do tempo de propagação do ultra-som nas vigas “secas” realizaram-se 640 leituras distribuídas em vinte e um pontos por cada face da viga, gastando um tempo médio total de 500 minutos para as dez vigas.

No caso da apuração do índice esclerométrico foram 1080 leituras distribuídas em doze pontos (com 9 impactos em cada ponto) gastando o período de tempo médio total de 100 minutos.

Na determinação da resistividade para a condição natural foram realizadas 360 leituras distribuídas em dezoito pontos por cada face da viga, consumindo um tempo médio total de 100 minutos.

Para a realização do potencial de corrosão foram feitas 640 leituras distribuídas em trinta e dois pontos de aplicação e gasto um tempo médio de 100 minutos nas vigas “secas”.

Para o evento da variação de umidade através de molhagem controlada as medições foram realizadas em uma face das vigas, em dez etapas para cada face, com o mesmo procedimento empregado para os blocos (molhagem; aguardava-se o período de trinta minutos para o reinício das medições; molhagem novamente, etc.) na seguinte sequência: umidade superficial, tempo de propagação de ultra-som, esclerometria, resistividade e potencial de corrosão, com um total de dez molhagens (medições). Na situação “molhada” os pontos os mesmos utilizados na condição natural “seca”.

Para a caracterização da umidade das vigas foram realizadas 4800 leituras (doze pontos por face) em um período de tempo médio 600 minutos. No ensaio de determinação do tempo

de propagação do ultra-som nos blocos realizaram-se 210 leituras (vinte e um pontos por face), com o tempo médio total de 100 minutos. No caso da determinação do índice esclerométrico foram 5400 leituras (doze pontos) consumindo um período de tempo médio total de 250 minutos. Na determinação da resistividade para as condições “molhadas” (com variação da umidade) foram realizadas 900 leituras (dezoito pontos por face) e gasto um período de tempo médio total de 250 minutos. Para a determinação do potencial de corrosão foram 1600 leituras (trinta e dois pontos por face) e tempo médio de 250 minutos.

Em resumo, para os ensaios nos blocos nas condições “seca” e “molhada” tem-se o seguinte:

- Umidade: 4920 leituras → tempo médio de 720 minutos.
- Ultra-som: 2450 leituras → tempo médio total de 1350 minutos.
- Esclerometria: 6480 leituras → tempo médio total de 350 minutos.
- Resistividade: 1260 leituras → tempo médio total de 350 minutos.
- Potencial corrosão: 2240 leituras → tempo médio total de 350 minutos.

3.5.2 Velocidade de propagação ultra-sônica (UPV)

Os ensaios para a determinação de velocidade de propagação de pulso ultra-sônico (UPV) foram realizados de acordo com a ABNT NBR 8802:1994. A Figura 3.8 mostra o equipamento utilizado nos ensaios da Marca Controls, Modelo 58-E48, com transdutores (receptor e transmissor) de 50mm de diâmetro e frequência de 54kHz.



Figura 3.8 –UPV E48 - “Ultrasonic Pulse Velocity tester da Controls, Mod. 58-E0048”.

Em relação ao posicionamento dos transdutores, para as amostras do Grupo 1 (blocos) foram empregados dois métodos de ensaio, o direto e o indireto, enquanto que as amostras do Grupo 2 (vigas) empregou-se apenas o método indireto. A figura 3.9 ilustra os métodos empregados, em função do posicionamento dos transdutores.

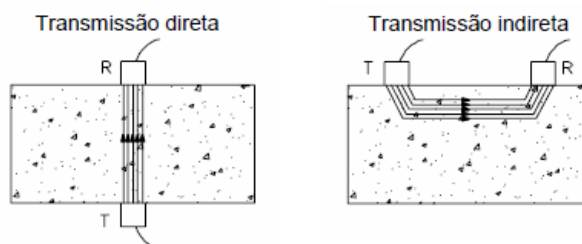


Figura 3.9 – Modos de transmissão direta e indireta - NBR 8802:1994.

Na preparação dos componentes de concreto e realização do ensaio tomou-se o devido cuidado com as amostras ensaiadas e seguiram-se às recomendações normativas a fim de evitar qualquer interferência nos resultados e que fossem garantidas as adequadas condições da pesquisa. Assim, procedeu-se da seguinte forma:

- As superfícies: foram limpas e regularizadas a fim de garantir a sua planicidade, sendo que para alguns blocos foi necessária a regularização mecânica. Tanto que em algumas faces o agregado ficou exposto devido o processo de lixação ter removido a camada superficial da argamassa.
- As condições de umidade relativa dos componentes de concreto foram as mesmas para cada um dos ensaios e de acordo com as suas situações previamente programadas.
- A cada início de ensaio o aparelho foi calibrado com a barra de referência do fabricante.
- Os transdutores foram devidamente posicionados de acordo com as condições de transmissão para os ensaios (direta e indireta), tendo sido aplicada uma fina camada de gel como acoplante nas faces dos transdutores com a finalidade de manter perfeito contato com a superfície do concreto.
- Foi adotado o menor valor de leitura apresentado no painel após a estabilização dos valores dentro de uma variação de $\pm 1\%$.
- O cálculo da velocidade de propagação de ondas se deu de acordo com a Equação 2.1.



Figura 3.10 – Ensaio de ultra-som nos blocos

Para o ensaio de determinação da velocidade de ultra-som (UPV) nas faces laterais, superior e inferior dos blocos (Grupo 1), fez-se uma malha quadriculada em cada face com as dimensões de 15 cm x 20 cm, formando linhas e colunas que definiram os pontos de posicionamento dos transdutores. Assim, os pontos de aplicação foram identificados por algarismos numéricos seqüenciais em ordem crescente, com início no canto inferior esquerdo da face, seguindo horizontalmente pela direita e posteriormente em linha ascendente vertical, conforme Figura 3.11.

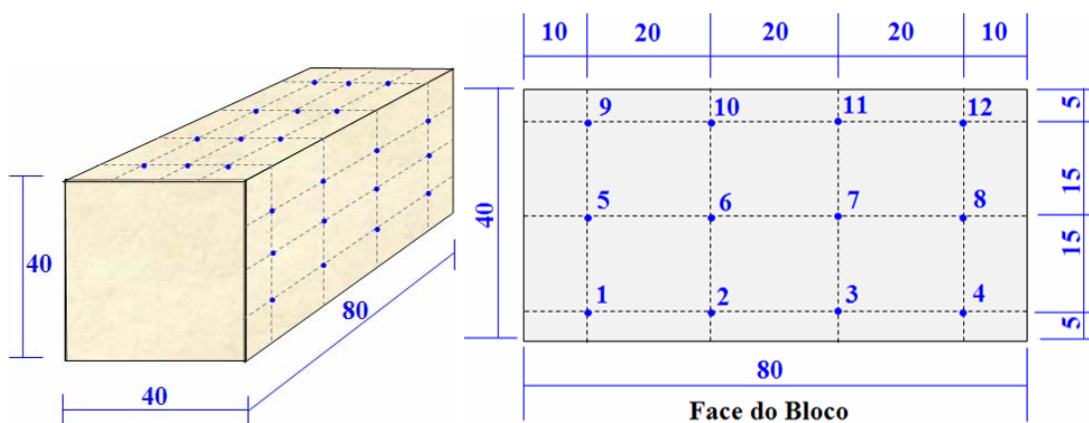


Figura 3.11 – Pontos para o ensaio de ultra-som nos blocos

Nas vigas, as faces foram divididas em malhas com o mesmo critério adotado nos blocos, com os pontos de posicionamento dos transdutores identificados por algarismos numéricos seqüenciais em ordem crescente, iniciando no canto inferior esquerdo da face, seguindo horizontalmente pela direita e posteriormente em linha ascendente vertical (Figura 3.12).

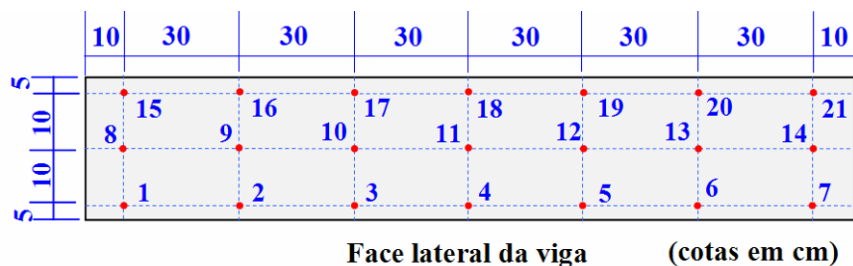


Figura 3.12 – Pontos para o ensaio de ultra-som nas faces laterais das vigas

3.5.3 Esclerometria

Os ensaios de esclerometria foram realizados de acordo com as prescrições normativas da Associação Brasileira de normas Técnicas (ABNT), NBR-7584 (1995) – Concreto endurecido - Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão, empregando o equipamento digital NDT James Instruments INC, Modelo $\alpha - 700.DX$, S/N 86802, conforme ilustrado na Figura 3.13.



Figura 3.13 - Equipamento usado na pesquisa. “Digital Concrete Test Hammer $\alpha-700.DX$ ”

Foram utilizados os mesmos conjuntos amostrais de blocos e vigas de concretos empregados nos demais ensaios desta pesquisa, com aplicação em todas as superfícies das faces dos elementos amostrais.

Na preparação das amostras seguiram-se as recomendações normativas a fim de evitar qualquer interferência nos resultados e que fossem garantidas as adequadas condições da pesquisa. Assim, procedeu-se da seguinte forma:

- As superfícies dos blocos e vigas de concreto eram planas, lisas e isentas de sujeira, com uma regularização mecânica para os blocos, conforme já mencionado anteriormente.
- As condições de umidade relativa dos componentes de concreto foram as mesmas para cada uma das etapas dos ensaios.
- O esclerômetro foi aferido antes de sua utilização em cada ensaio, com o emprego da bigorna especial de aço padronizada.
- As áreas de ensaio foram devidamente preparadas por meio de polimento enérgico com prisma de carborundum e os pontos de ensaios mantiveram o afastamento mínimo 50 mm dos cantos e arestas.
- As áreas de ensaio foram geométrica e uniformemente distribuídas pela região das faces dos elementos amostrais, numa área de 9000 mm² (aproximadamente 100 mm x 90 mm), tendo sido efetuados nove impactos em cada área reticulada de ensaio.

O esclerômetro foi aplicado ortogonalmente à área de ensaio, sendo na posição horizontal (sobre superfícies verticais) para as faces laterais dos blocos e das vigas, enquanto que para as faces superior e inferior dos blocos a aplicação se deu na posição vertical (sobre superfície horizontal). Certamente este fator foi considerado nos resultados dos ensaios.

O índice esclerométrico médio foi obtido na região de ensaio com o reticulado para 9 impactos, ilustrado na Figura 3.14 juntamente com a realização do ensaio esclerométrico.

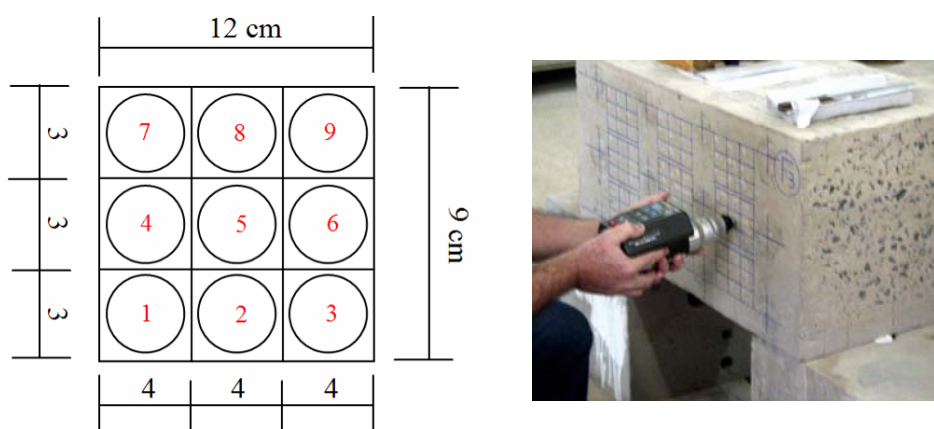


Figura 3.14 – Reticulado para 9 impactos e ilustração do ensaio de esclerometria.

Na realização do ensaio, para cada área de impacto foi determinado o índice esclerométrico médio efetivo pela Equação 3.1.

$$IE_m = k \times IE \quad \text{Equação 3.1}$$

onde:

IE_m é o índice esclerométrico médio efetivo

k é o coeficiente de correção do índice esclerométrico, obtido na aferição do aparelho

IE é o índice esclerométrico médio

As regiões de ensaio foram definidas de forma a propiciar resultados por camadas de concretagem e não coincidirem com os pontos de ensaio de ultra-som. A formação da malha e o posicionamento das regiões de ensaio nos blocos a estão ilustrados na Figura 3.15, onde os números internos indicam a região dos impactos,

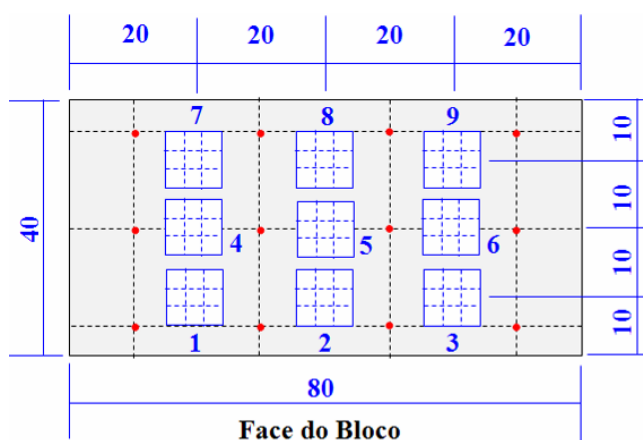


Figura 3.15 – Regiões de ensaio de esclerometria nos blocos

Nas vigas, a formação da malha e o posicionamento das regiões de ensaio para a esclerometria seguiu regra similar aos blocos, conforme ilustrado nas Figura 3.16, onde os números internos indicam a região dos impactos,

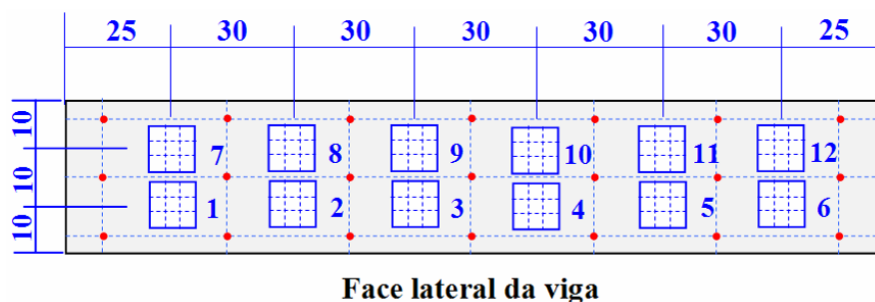


Figura 3.16 – Regiões de ensaio de esclerometria nas faces laterais das vigas

3.5.4 Resistividade

O ensaio de resistividade foi realizado com o equipamento “*Resistivity Meter da Proceq Testing Instruments (RESI)*” composto de um medidor eletrônico de resistividade com quatro pontos equidistantes de 5 cm (WENNER-PROCEQ), corrente de 180 μA , frequência 72 Hz, impedância 10 $\text{M}\Omega$, com uma precisão de medida de $\pm 1\text{k}\Omega\text{cm}$ (Figura 3.17). O resultado da medida da resistividade elétrica é expresso em Ωm .

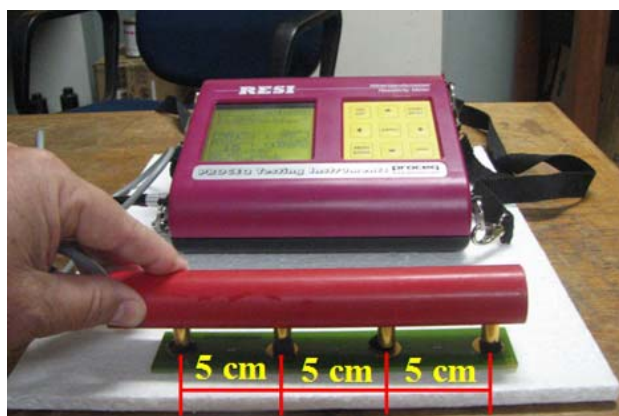


Figura 3.17 – Aparelho “*Resistivity Meter da Proceq Testing Instruments (RESI)*” composto de um medidor eletrônico de resistividade com quatro pontos (WENNER-PROCEQ) / Laboratório de Estruturas da FECIV - UFU.

A preparação das amostras seguiu o que recomendam os preceitos normativos ASTM G 57-78:1984, procedendo-se da seguinte forma:

- As superfícies dos blocos e vigas de concreto foram preparadas e estiveram planas, lisas e isentas de sujeira, com uma regularização mecânica nos blocos.

- As condições de umidade relativa dos componentes de concreto foram as mesmas para cada uma das etapas dos ensaios, sendo que, antes de se fazer as medidas, a superfície pode ser ligeiramente umedecida para melhorar o contato.
- O equipamento sempre foi aferido antes de seu uso com o emprego da chapa metálica padronizada fornecida pelo fabricante.
- As esponjas e velas do aparelho mantiveram-se mantidas úmidas durante as medições.
- Não foram realizadas medições em condições de clima muito quente nem muito frio.
- O bom contato elétrico dos eletrodos com a superfície do concreto foi assegurado.
- As áreas de ensaio foram geometricamente e uniformemente distribuídas pela região das faces dos elementos amostrais.

Nos blocos, os pontos de ensaio de resistividade foram definidos de forma a não sofrer uma possível interferência direta com o gel utilizado nos ensaios de ultra-som, conforme se pode identificar na Figura 3.18, com numeração interna dos pontos.

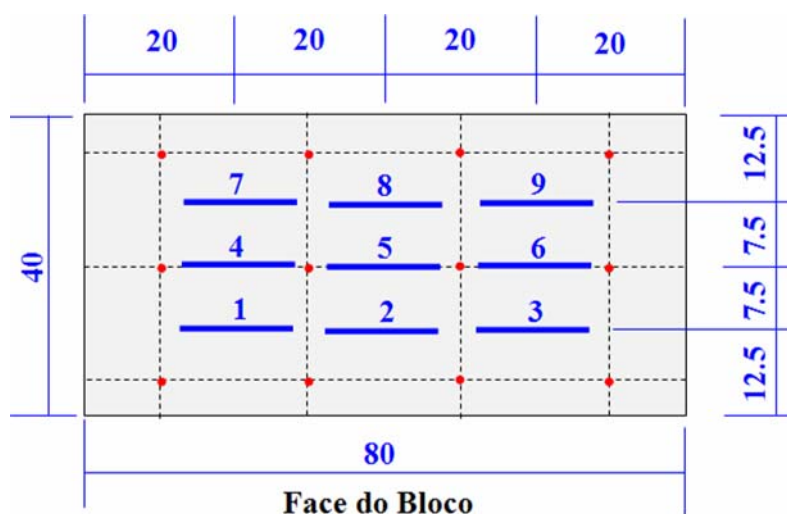


Figura 3.18 – Pontos de ensaio de resistividade nos blocos

As medições foram realizadas nos pontos estrategicamente distribuídos entre a malha formada para os demais ensaios, com uma grade de espaçamento variando para cada um dos elementos. A Figura 3.19 ilustra a realização do ensaio de resistividade num bloco.



Figura 3.19 – Ensaio de resistividade no Bloco B6

Nas vigas, a definição dos pontos seguiu a mesma linha que nos blocos, porém, os pontos nas camadas inferior e superior foram alinhados com as armaduras, conforme ilustrado na Figura 3.20, com numeração interna referente ao ponto.

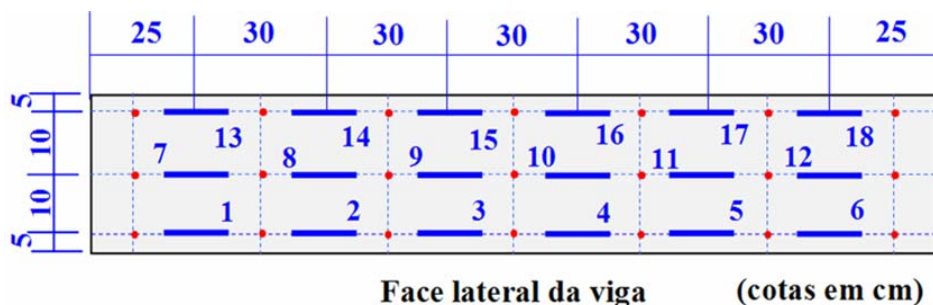


Figura 3.20 – Pontos de ensaios de resistividade nas faces laterais das vigas

3.5.5 Potencial de corrosão

O método de ensaio empregado foi o da norma ASTM C 876:1998 – Método Padrão para Obtenção de Potenciais de Corrosão em Armadura de Concreto e o equipamento a ser utilizado no ensaio é o do tipo semi-pilha da CANIN da Proceq Tests Instruments, da Faculdade de Engenharia Civil da UFU, conforme ilustrado na Figura 3.21.



Figura 3.21 – Aparelho CANIN – Proceq Instruments

O ensaio de potencial de corrosão foi efetuado no conjunto amostral das dez vigas armadas, sendo que as medidas foram realizadas ao longo dos pontos da malha graduada elaborada, conforme ilustrado na Figura 3.22. Para cada ponto de medida foram tomadas duas leituras, aguardando-se a estabilização até uma diferença entre elas de no máximo 10mV (ASTM C-876), adotando-se o valor no ponto a média das duas leituras.

Nas vigas, os pontos dos ensaios foram também definidos de forma a evitar os pontos dos ensaios de ultra-som, com uma malha intermediaria com 15 cm, totalizando 32 pontos em cada face.



Figura 3.22 – Pontos de ensaio de potencial de corrosão nas faces laterais das vigas

Antes do início de cada medida foi verificado o perfeito funcionamento do eletrodo de referência e a estabilidade do seu potencial, com os ensaios realizados em duas etapas distintas: a) – amostras secas e b) – amostras com variação da umidade.

Para o início das medidas a garra do terminal positivo do aparelho foi conectada na armadura das vigas exposta nas extremidades por meio de uma abertura criada especificamente para tal, feita a limpeza da armadura que ficou isenta de impurezas e livre de corrosão. O pólo negativo foi conectado ao eletrodo de referência cobre/sulfato de cobre, sendo utilizada como ponte de ligação entre o eletrodo de referência e a superfície do concreto uma esponja embebida numa solução aquosa de alta condutividade, com detergente neutro para melhorar as estabilizações dos potenciais medidos, conforme pode ser observado na Figura 3.23.



Figura 3.23 – Ensaio de Potencial de Corrosão na Viga V4

CAPÍTULO 4

ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 PROFUNDIDADE DE CARBONATAÇÃO NOS BLOCOS

As profundidades médias de carbonatação medidas nos blocos com utilização de fenolftaleína indicaram que ocorreu carbonatação em todas as faces dos blocos, mesmo na face considerada “protegida”, na qual foi mantida a forma desde a concretagem até o início dos ensaios dessa pesquisa, conforme indicado na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Profundidades médias de carbonatação nos blocos

Posição no bloco	Valores medidos nos blocos (mm)					
	B1	B2	B3	B4	B5	B6
Face lateral	31	>40	>40	28	33	29
Face inferior	20	6	13	7	14	10

Considerando que os valores, tanto da UPV como do índice esclerométrico são comparativos e não absolutos, a carbonatação afetou igualmente os resultados dos ensaios, portanto, não serão realizadas correções nos valores devido à carbonatação, embora em algumas faces ela afetou mais que em outras.

4.2 RESULTADOS DA UMIDADE SUPERFICIAL NOS BLOCOS E VIGAS

Conforme descrito, foram realizadas dez molhagens da superfície dos blocos e vigas. Após cada uma delas foram realizadas seis medições de umidade nas profundidades de 10 mm, 20 mm, 30 mm e 40 mm, em uma face lateral e na face inferior.

Nas faces dos blocos foram efetuadas 6 medições de umidade, sendo 3 na metade superior da face e 3 na metade inferior, enquanto que nas vigas foram 12 em cada face lateral, com 6 na metade superior e 6 na inferior. Com os valores foram obtidas as médias entre os dois blocos do mesmo grupo, mesma profundidade e mesma camada. O gráfico da Figura 4.1 apresenta os resultados para os blocos enquanto que a Figura 4.2 traz os das vigas, em ambos os casos para as profundidades de 10 mm e 40 mm.

Foram apresentados somente os gráficos para as profundidades de 10 mm e 40 mm porque os de 20 mm e 30 mm são intermediários e tem a mesma tendência. A medição inicial corresponde à situação estado natural, sem molhagem das superfícies.

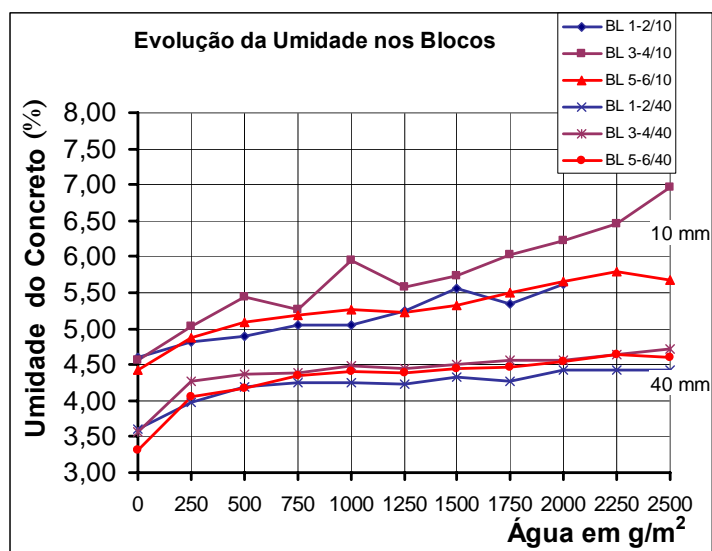


Figura 4.1 – Evolução da umidade na parte inferior das faces dos blocos (profundidades de 10 mm e 40 mm)

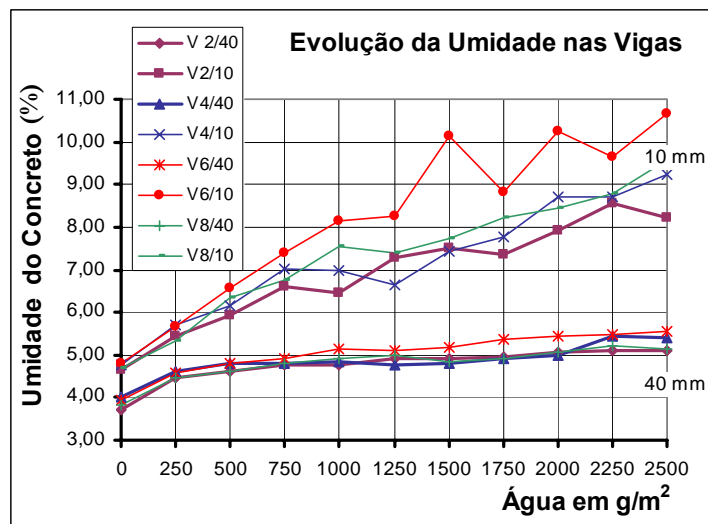


Figura 4.2 – Evolução da umidade nas vigas (profundidades de 10 mm e 40 mm)

Verificou-se que, em todas as condições, a umidade aos 10 mm de profundidade é superior à de 40 mm. Durante os ensaios, a umidade relativa do ar variou de 49% a 77% e a temperatura teve uma variação máxima de 7°C.

A variação da umidade para a profundidade de 40 mm é maior para a três primeiras molhadas com um pequeno aumento nas demais. Para a camada mais superficial, apesar da maior variação também nas primeiras molhadas, a umidade continua a aumentar de forma mais perceptível.

4.3 RESULTADOS DA VELOCIDADE DE DE ULTRA-SOM (UPV)

4.3.1 Influência da dimensão máxima dos agregados (DMA) e camada de concretagem na UPV

Os resultados da UPV para os blocos na condição seca e tipo de transmissão direta foram apurados nos pontos posicionados de acordo com as camadas de concretagem. Apurou-se a média dos valores da UPV para cada par de blocos do mesmo grupo com os valores extraídos da Tabela A.5, de acordo com a dimensão máxima dos agregados do concreto, obtendo-se o gráfico da Figura 4.3.

Inicialmente verifica-se que para os blocos contendo agregados com maior dimensão máxima (DMA), a velocidade de propagação de pulso ultrassônico é menor em todas as camadas, chegando a atingir a ordem de 22% de redução para a média das três camadas.

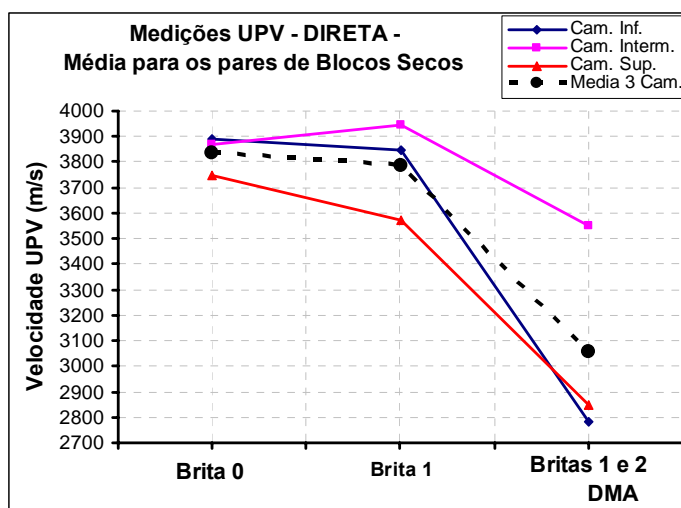


Figura 4.3 – Influência da DMA na UPV dos blocos

Ainda ficou caracterizado que a camada intermediária apresentou valor de UPV maior que as demais (Figura 4.4, com valores da Tabela A.5), chegando a alcançar um valor aproximadamente 26% maior para a média dos blocos B5-B6 composto de britas 1 e 2. Porém, os blocos B1-B2 e B3-B4 (brita “0” e brita “1” respectivamente) apresentaram UPV maior que os B5-B6 e menor diferença de valores de UPV entre as camadas.

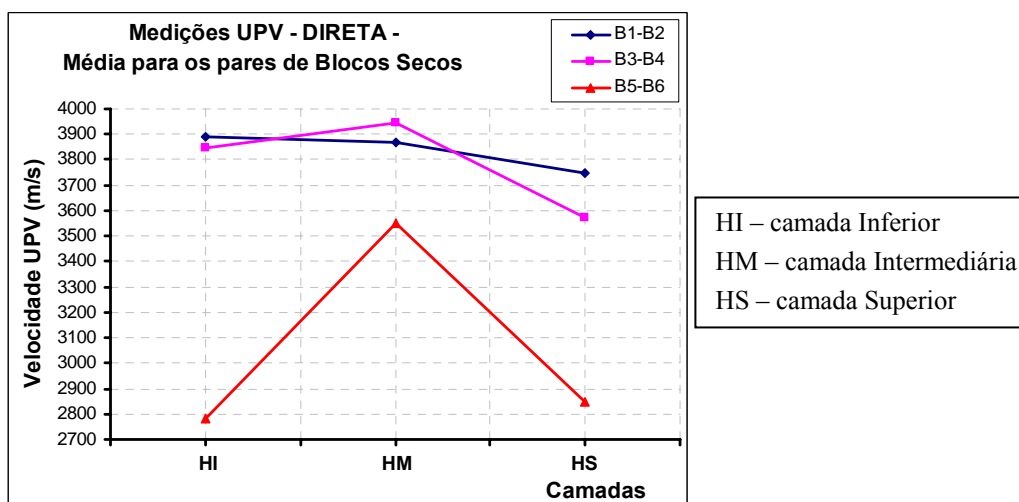


Figura 4.4 – Influência da camada de concretagem na UPV dos blocos

4.3.2 Influência da umidade superficial do concreto na UPV

Para o estudo da influência da umidade superficial do concreto foram considerados os resultados da UPV apurados nos blocos e vigas, na condição molhada e tipo de transmissão indireta aplicada nas faces laterais das peças. A leitura inicial se deu com as peças secas, Obteve-se a média dos valores da UPV para cada par de blocos do mesmo grupo (B1-B2, B3-B4 e B5-B6) e para seis vigas (V2, V3, V4, V5 e V6) em cada medição, resultando os gráficos das Figuras 4.5 e valores das Tabelas A.2, A.3 e de A.6 até A.11 e a Figura 4.6 com os dados das Tabelas A.18, A.19 e de A.21 até A.25.

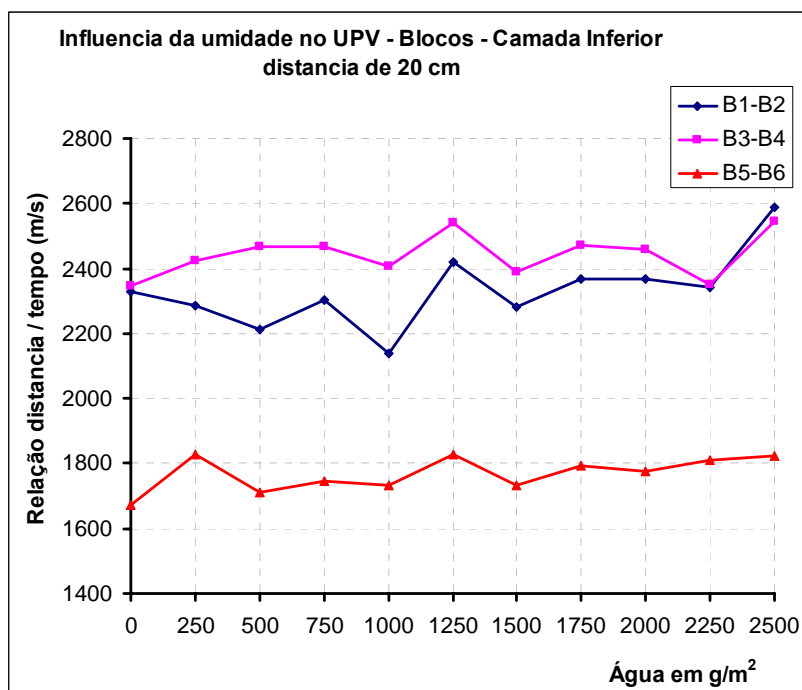


Figura 4.5 – Variação da UPV com a umidade nos blocos

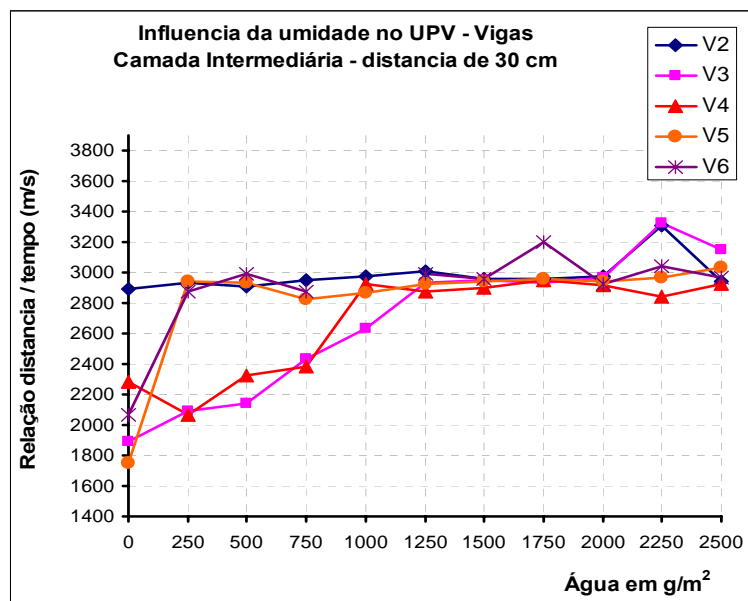


Figura 4.6 – Variação da UPV com a umidade nas vigas

Verificou-se que, tanto para os blocos quanto para as vigas, a UPV aumentou à medida que se molhava a superfície. Porém, as maiores variações ocorreram nas primeiras aplicações.

Observou-se que nos blocos B1-B2 e B3-B4 (constituídos por agregados com dimensão máxima entre 9,5 mm e 19 mm) ocorreu um acréscimo da UPV na ordem de 13% da condição molhada em relação à seca, enquanto que para o par de blocos B5-B6 (agregado com dimensão máxima de 25 mm) o acréscimo foi em torno de 8%.

Em relação às vigas (Figura 4.6) tem-se que o comportamento foi semelhante, com um acréscimo médio na ordem de 20% na décima medição (molhada) em relação à condição seca. O aumento se deu com maior intensidade até a quinta medição (1250 g/m²) chegando ao patamar próximo dos 17%, sendo que a partir daí o avanço foi bem mais suave.

4.3.3 Influência da distância entre os transdutores na UPV

Para a avaliação da influência da distância entre os transdutores nos resultados da UPV foram considerados a média dos resultados apurados nos pares de blocos B3-B4 e B5-B6,

camada inferior (Figura 4.7 com os valores das Tabelas A.2 e A.3) enquanto que para as vigas foram os valores médios das vigas V2, V3, V4, V5 e V6 na camada intermediária, conforme Figura 4.8 obtidos dos valores das Tabelas A.18 e A.19.

Os ensaios nos blocos e vigas foram na condição seca e tipo de transmissão indireta. A camada intermediária das vigas foi adotada para evitar interferência da presença de armaduras. Os blocos B1 e B2 não foram utilizados pois a DMA (dimensão máxima do agregado) é bem inferior aos demais o que produziria a interferência desta variável nos resultados.

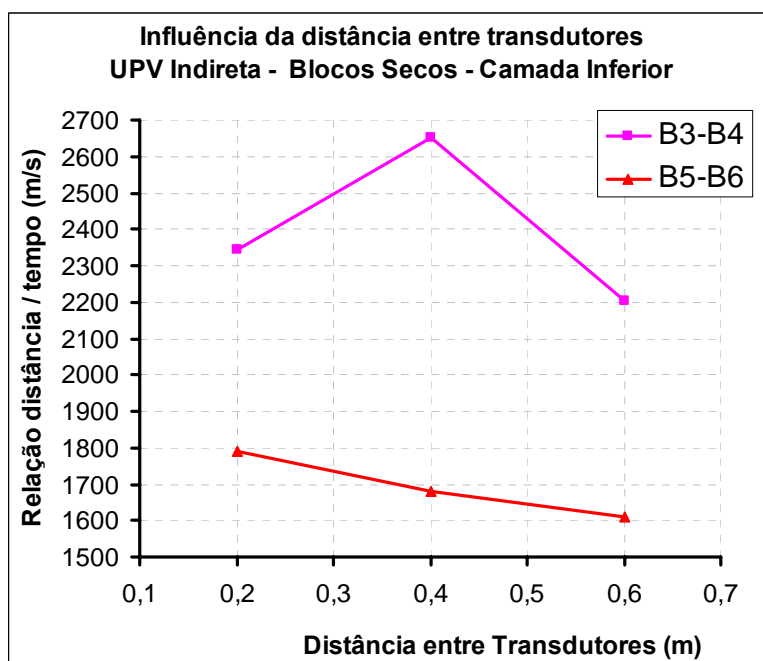


Figura 4.7 – Influência da distância entre os transdutores na UPV dos blocos

Para os blocos os resultados das medições da UPV não apresentaram uma uniformidade de comportamento, com grande incoerência entre os pares blocos B3-B4 em relação aos pares B5-B6, conforme pode ser notado nos gráficos da Figura 4.7. Neste último conjunto observou-se que um aumento na distância entre os transdutores promove uma redução de valores da UPV, ou seja, com um acréscimo a cada 10 cm entre os transdutores para cada medição, a UPV sofre um redutor de aproximadamente 3,13%.

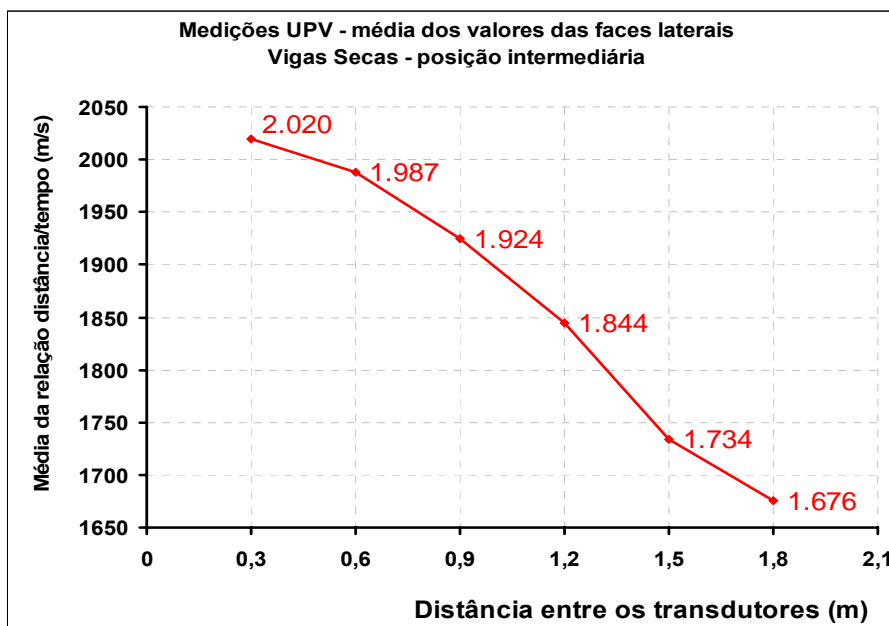


Figura 4.8 – Influência da distância entre os transdutores na UPV das vigas

Em relação às vigas, tem-se que o desempenho foi semelhante ao do par de blocos B5-B6, com uma redução da UPV à medida que se aumenta distância entre os transdutores (Figura 4.8). Nesse caso, para o aumento da distância a cada 30 cm a UPV reduziu em média 3,16%, com uma redução da ordem de 15,84% em cinco medições de 30 cm (150 cm acumulados).

4.3.4 Influência da armadura na UPV das vigas

Para a avaliação da influência da armadura nos resultados da UPV foram considerados a média dos resultados apurados nas faces das vigas V1 até a V10, nas posições inferior (HI), intermediária (HM) e superior (HS). Na parte inferior das vigas tinha 3 barras com diâmetro de 10 mm longitudinalmente e na superior 2 brarras de 10 mm, enquanto na camada intermediária não existia a presença de armadura longitudinal. As análises foram realizadas para a aplicação da UPV com as vigas na condição natural (seca, sem molhagem) a fim de se evitar a influência de outros fatores nos resultados (umidade) e tipo de transmissão de UPV indireto.

Conforme pode ser observado no gráfico da Figura 4.9, os valores médios das medições indiretas da velocidade de UPV nas vigas para as regiões inferior e superior, onde existem armaduras, foram menores que aqueles da região intermediária que não possui armadura. Na parte inferior a média dos valores foi 8 % menor que na intermediária enquanto que na superior a redução foi de 3,5 % em relação à intermediária. Tem-se ainda que a média dos valores da camada superior se deu na ordem de 4,5 % maior que na inferior.

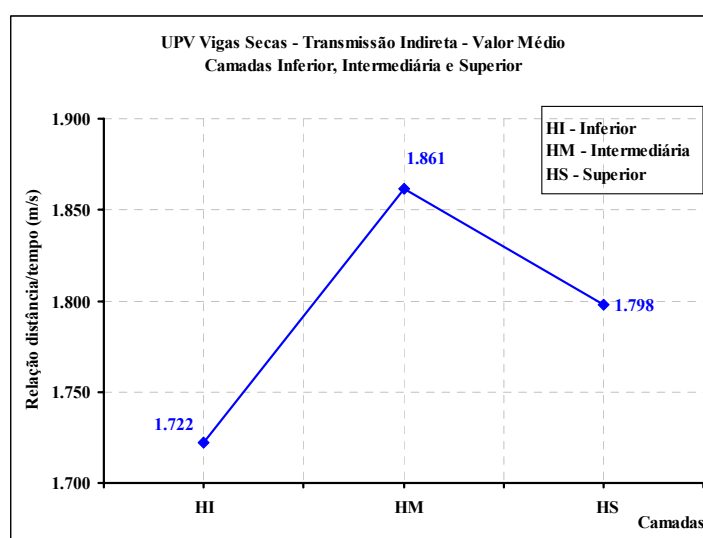


Figura 4.9 – Influência da armadura na UPV (transmissão indireta) das Vigas

Uma análise simples indicaria que esses resultados não apresentaram uma coerência entre esta pesquisa e a literatura estudada, pois, normalmente encontra-se referenciado que na região próxima à armadura a velocidade de ultra-som deve ser maior que na parte do concreto sem armadura, principalmente quando o aço se apresenta na posição paralela com a propagação das ondas de ultra-som, como no presente caso. Isto geralmente ocorre porque a velocidade do pulso ultra-sônico no aço é maior que no concreto simples.

Porém, na literatura existem referências acerca da importância que outros fatores de influência também devem ser considerados na análise dos resultados da UPV, citando como exemplo a espessura da camada de cobertura de concreto, o diâmetro e a quantidade da armadura, entre outros.

Um fator que justifica a tendência de resultados observada é a presença de espaçadores de plásticos utilizados ao longo da viga na colocação das armaduras. Em diversos pontos nas regiões próximas a esses espaçadores verificou-se a formação de vazios e brocas de concretagem, promovendo descontinuidade do concreto na área. Essas condições (formação de vazios, descontinuidades e o próprio material plástico dos espaçadores) são suficientes para reduzir a velocidade de propagação dos pulsos ultra-sônicos nessas regiões e, por consequência, resultar em valores menores de UPV nestas áreas das vigas em relação às regiões do concreto sem armadura.

Em resumo, numa análise mais detalhada, o fato de que a velocidade da UPV na camada sem armadura (intermediária) apresentar valor maior do que a com armadura (inferior e superior) se justifica pela conjugação de diversos fatores como: a insignificante influência do aço no caso (pequeno diâmetro 10 mm), a elevada espessura de cobertura de concreto sobre a armadura nas vigas que atingiu a média de 50 mm e a presença de vazios, espaçadores e descontinuidade do concreto na região afetada.

4.4 RESULTADOS DA ESCLEROMETRIA

4.4.1 Dimensão máxima dos agregados

Para o estudo da influência da dimensão máxima dos agregados determinou-se o índice esclerométrico na condição seca e aplicação horizontal do esclerômetro nas faces laterais para cada par de blocos do mesmo grupo de acordo com a DMA, ou seja, blocos B1-B2, B3-B4 e B5-B6, obtendo-se os gráficos da Figura 4.10 cujos valores foram extraídos da Tabela B.1.

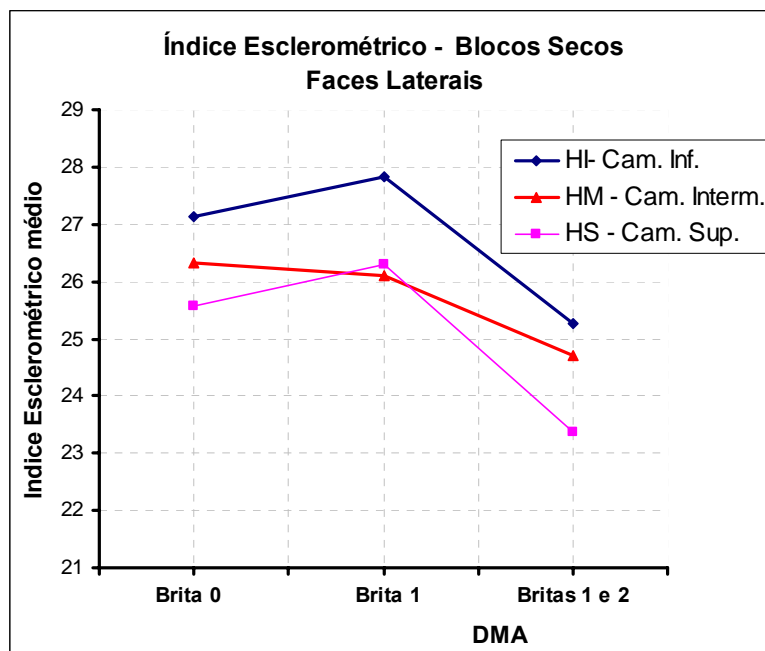


Figura 4.10 – Influência da DMA no índice esclerométrico nos blocos.

Constatou-se que nos blocos de agregados com maior DMA, os índices esclerométricos apresentaram valores menores em todas as camadas, chegando a atingir um patamar na ordem de 8,6% de redução para as camadas inferior e superior entre os blocos de brita “0” (B1-B2) e “1 e 2” (B5-B6). Para a camada intermediária a diferença foi menor, mas ocorreu uma redução na ordem de 6,8% no índice esclerométrico do par de blocos com brita “1 e 2” em relação ao conjunto de blocos contendo brita “0”.

4.4.2 Camada de concretagem

Na verificação da influência da camada de concretagem no índice esclerométrico foram considerados os resultados da esclerometria nos blocos na condição seca e aplicação horizontal do esclerômetro nas faces dos blocos, nos pontos posicionados de acordo com as camadas de concretagem nas faixas inferior, intermediária e superior das faces. Determinou-se o índice esclerométrico médio para cada bloco com base nas medições das faces laterais (direita e esquerda), e o índice para cada par de blocos B1-B2, B3-B4 e B5-B6, obtendo-se os gráficos da Figura 4.11 e 4.12 cujos valores foram obtidos na Tabela B.1.

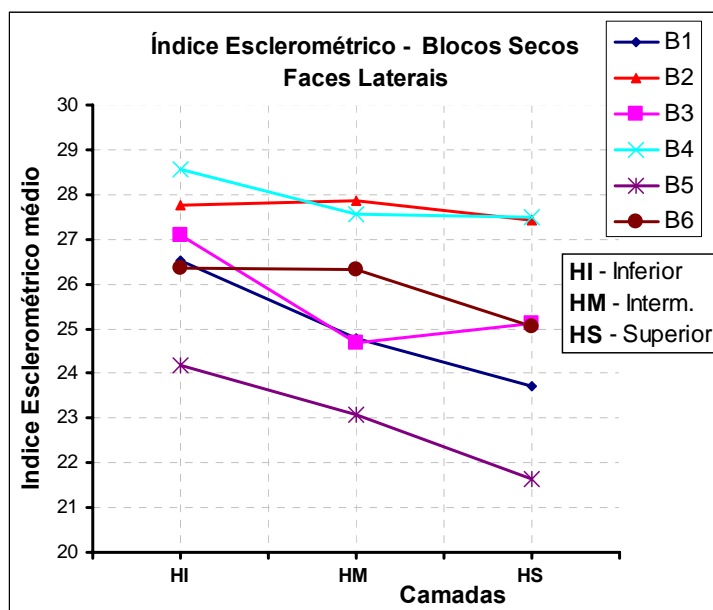


Figura 4.11 – Influência da camada de concretagem no índice esclerométrico nos blocos.

Observou-se que, de uma forma geral, o valor do índice esclerométrico decresce da camada inferior para a superior, com uma ordem de grandeza em torno de 10%, cuja tendência atinge todas as faces dos blocos, inclusive na média dos resultados apurados para os pares de blocos de cada conjunto. Tal comportamento se apresenta coerente com a progressão de adensamento realizado na concretagem, com a compacidade sendo promovida de baixo para cima.

Outro aspecto que pode ser notado foi a diferença entre as médias dos índices esclerométricos entre as faces de acordo com a Figura 4.12. Nela pode-se verificar que a superfície inferior apresentou os maiores índices esclerométricos, mesmo sendo a face menos carbonatada de todas. Tendo ocorrido em todos os blocos, pode-se concluir que, além do fato de terem ficado protegidas permitindo uma boa cura do concreto, o processo de adensamento pelas camadas superiores levou à obtenção de um concreto mais compacto nesta região.

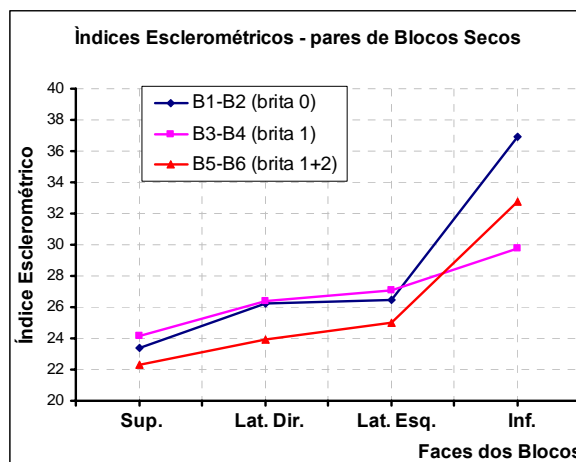


Figura 4.12 – Resultados do índice esclerométrico por faces nos blocos.

4.4.3 Influência da umidade superficial do concreto no índice esclerométrico

Foram realizadas dez molhagens da superfície dos blocos e vigas, com a leitura inicial com as peças secas e, na seqüência, com medições de umidade nas profundidades de 10 mm, 20 mm, 30 mm e 40 mm em uma face lateral e na face inferior dos blocos e nas faces laterais das vigas. Conforme apresentado no item 4.2, houve um aumento da umidade em todas as profundidades, com maior gradiente nas camadas superficiais.

A análise abordou o índice esclerométrico da camada inferior das faces laterais dos blocos e a intermediária das vigas na condição molhada e posicionamento do esclerômetro na horizontal. Nos blocos obteve-se a média dos valores de cada par do mesmo grupo (B1-B2, B3-B4 e B5-B6) e para as vigas V2, V3, V4, V5 e V6, conforme apresentado nos gráficos da Figura 4.13 e valores das Tabelas B.1 e B.3 e Figura 4.14 com dados das Tabelas B.4, B.5 e de B6 até B.10.

Observou-se que, tanto para os blocos quanto para as vigas, ocorre um comportamento semelhante, com um decréscimo do índice esclerométrico à medida que a umidade superficial aumenta. Este fato decorre do preenchimento dos poros pela água produzindo uma maior absorção do impacto, portanto uma menor energia refletida.

Para os blocos com brita “0” (B1-B2) e Brita “1” (B3-B4) o decréscimo do índice esclerométrico ocorre na ordem de 11% até o acumulado de 1750g/m² de água na superfície.

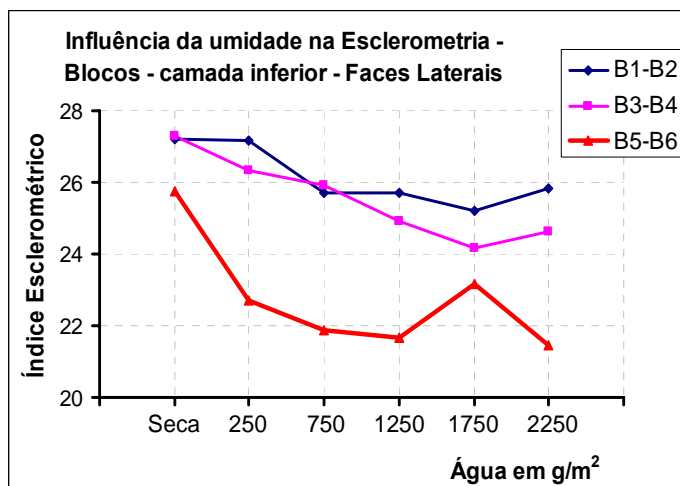


Figura 4.13 – Influência da umidade nos blocos no índice esclerométrico

Nas vigas, conforme Figura 4.14, a redução é de aproximadamente 4,5% até o acumulado de 1000 g/m² de água.

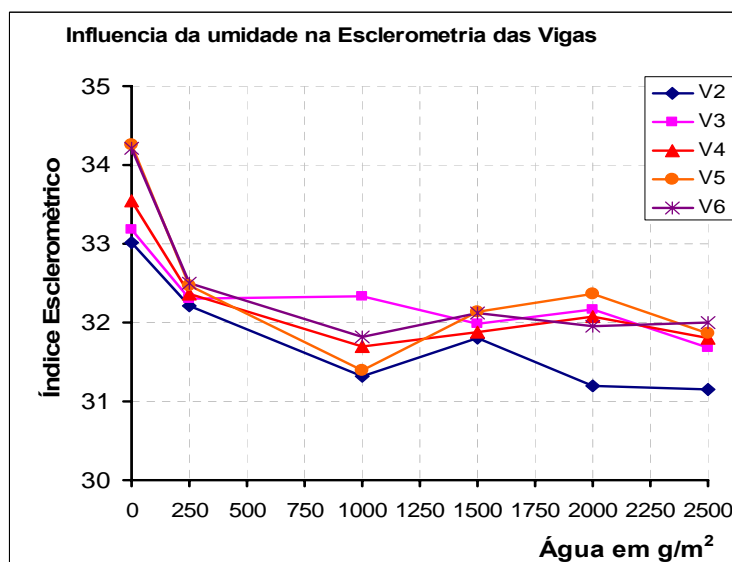


Figura 4.14 – Influência da umidade nas vigas no índice esclerométrico

4.5 RESULTADOS DA RESISTIVIDADE

4.5.1 Influência da umidade superficial do concreto e dimensão máxima dos agregados na resistividade

Os resultados da resistividade para os blocos foram apurados na condição natural (seca, sem molhagem) e molhados, de acordo com as camadas de concretagem. Apurou-se a média dos valores para cada par de blocos do mesmo grupo, de conformidade com a dimensão máxima dos agregados constituintes do concreto, obtendo-se os gráficos das Figuras 4.15, 4.16 e 4.17 com os valores obtidos junto às Tabelas C.1 e de C.7 até C.11.

Inicialmente verificou-se que na condição natural sem molhagem (seca) não houve resultado para a resistividade em todas as amostras, indistintamente. Na seqüência da molhagem, a medição da resistividade somente começou a apresentar mudança de leitura a partir da sétima medição, isto é, apenas após a aplicação de 1750 g/m² de água na superfície facial dos blocos.

Ainda ficou caracterizado que o comportamento da camada inferior foi um pouco diferente das demais (intermediária e superior), porém, de certa forma, com a mesma tendência de desempenho.

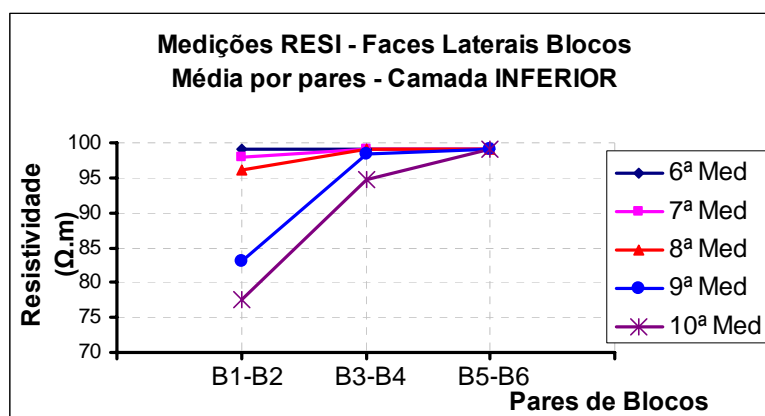


Figura 4.15 – Influência da umidade na resistividade dos blocos, camada inferior.

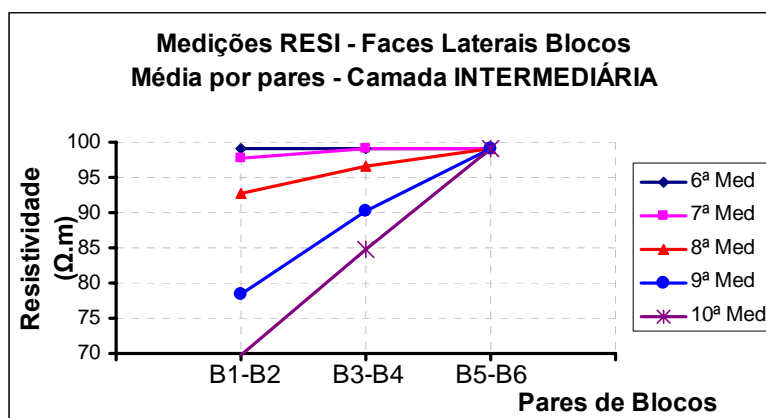


Figura 4.16 – Influência da umidade na resistividade dos blocos, camada intermediária.

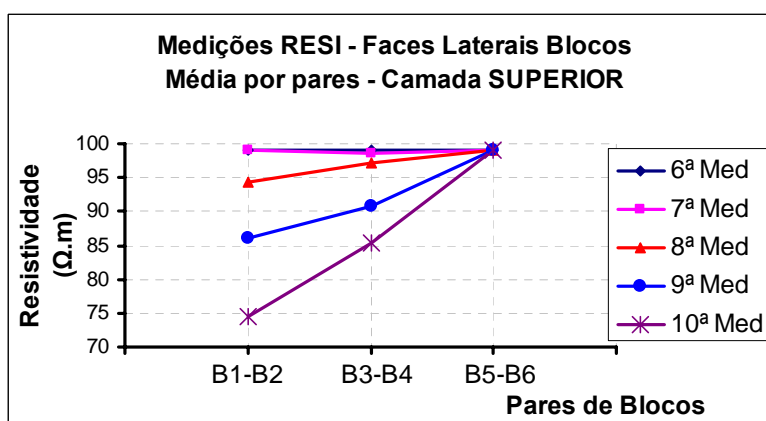


Figura 4.17 – Influência da umidade na resistividade dos blocos, camada superior.

Tem-se que a partir da sétima molhagem, à medida que a umidade superficial dos blocos foi aumentando devido ao acúmulo de água aplicado nas molhagens, a resistividade diminuiu, com exceção para os blocos B5-B6 (brita 1+2). Os valores reduziram na ordem de 24% nos pares de blocos B1-B2 (brita 0), 15% nos blocos B3-B4 (brita 1) e zero nos B5-B6. Desta forma tem-se que os blocos com maior DMA (dimensão máxima de agregado) apresentaram menor diferença na variação relativa da resistividade em função do acréscimo da umidade superficial.

4.5.1 Influência da umidade superficial do concreto e presença de armadura na resistividade

Nas vigas os ensaios de resistividade também foram realizados nas condições secas e molhadas e em função das camadas de concretagem, apurando-se os valores para as vigas V1, V7, V8, V9 e V10, sendo as leituras desta última descartada das análises em virtude das discrepâncias apresentadas, certamente por falhas operacionais. Também se apurou a média dos valores para as camadas inferior, intermediária e superior, obtendo-se os gráficos das Figuras 4.18, 4.19, 4.20 e 4.21 com os valores contidos nas Tabelas C.23 até a C.27, respectivamente.

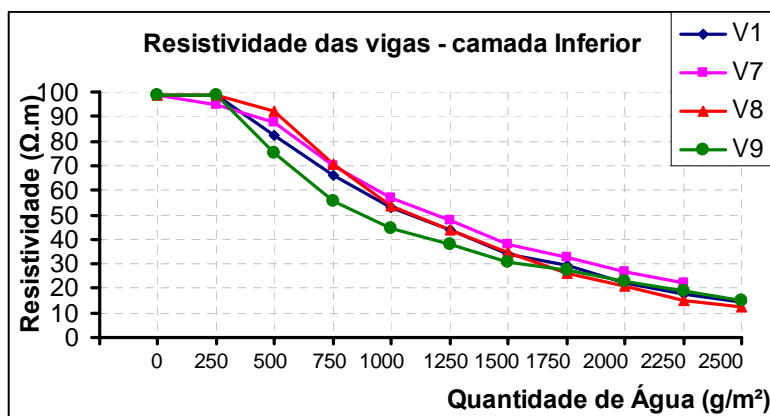


Figura 4.18 – Influência da umidade na resistividade das vigas, camada inferior

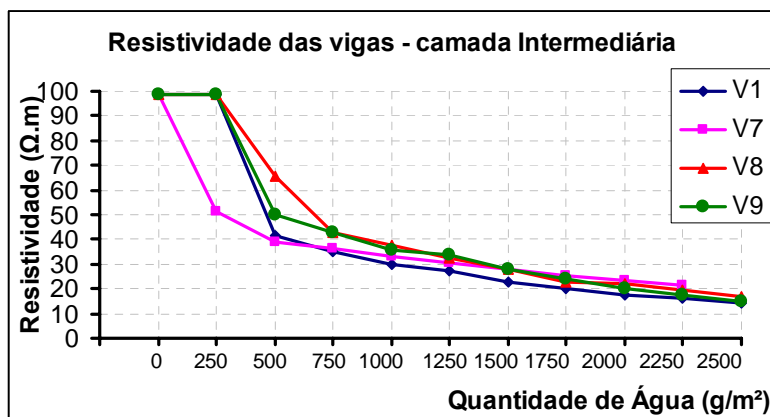


Figura 4.19 – Influência da umidade na resistividade das vigas, camada intermediária

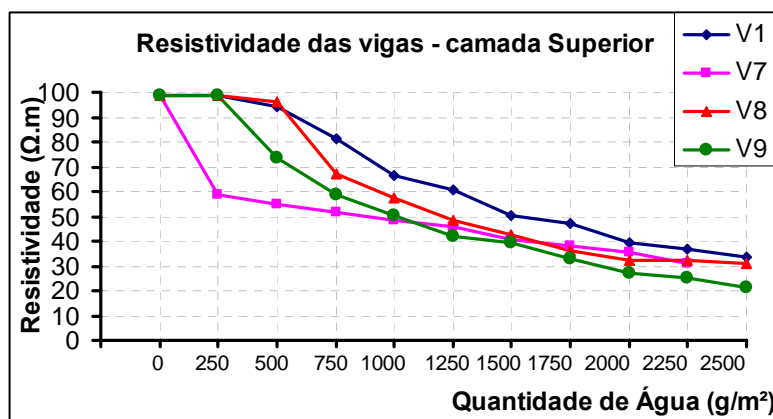


Figura 4.20 – Influência da umidade na resistividade das vigas, camada superior

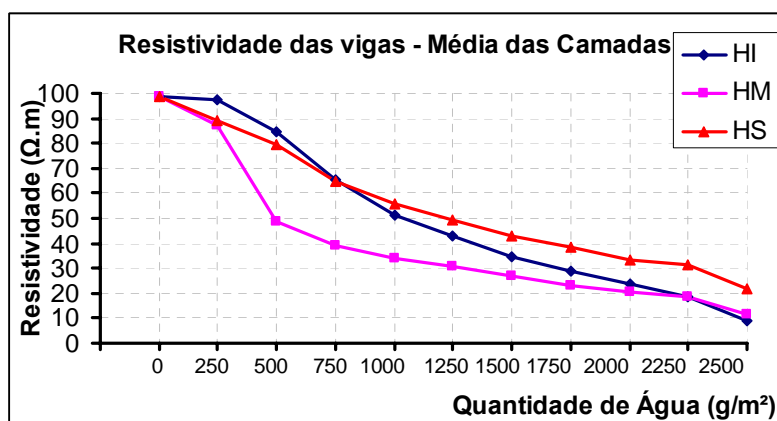


Figura 4.21 – Influência da umidade na resistividade das vigas, média das camadas

Observou-se que na condição seca (natural) não houve resultado para a resistividade em todas as amostras, indistintamente. Na seqüência da molhagem nas vigas a medição da resistividade apresentou alteração significativa a partir da terceira molhagem com a aplicação de 750 g/m^2 de água na superfície facial das peças.

O comportamento das camadas inferior e superior foi semelhante, com uma leve diferença em relação à intermediária, certamente devido à presença da armadura nas proximidades dos pontos de leituras das camadas extremas (inferior e superior), entretanto, com a mesma tendência de desempenho e ao final uma variação bem semelhante.

Constatou-se que, com o aumento da umidade superficial pela aplicação sequencial de água na superfície facial, a resistividade diminuiu em todas as posições nas três camadas. A redução se deu de 100% na condição natural para $\pm 14,4\%$ na décima molhagem. Observou-se que a redução se deu de forma brusca até a aplicação de 500 g/m^2 , no patamar de 51% para a camada intermediária (sem armadura) e 20% para a média das camadas inferior e superior (com armadura), sendo que, a partir daí, o comportamento seguiu uma linha de tendência contrabalançada.

4.6 RESULTADOS DO POTENCIAL DE CORROSÃO

4.6.1 Influência da umidade superficial do concreto no potencial de corrosão

Os ensaios de potencial de corrosão foram realizados nas condições natural e molhados das vigas, com uma distribuição em malha de pontos de maneira uniforme abrangendo toda a superfície das faces laterais, especificamente nas vigas V1, V7, V8, V9 e V10.

As leituras na situação úmida apresentaram valores mais negativos que na condição natural (seca - sem molhagem), em todos os pontos das superfícies e para todas as vigas ensaiadas. Observou-se que a variação de valores foi pequena a partir da quinta medição, ou seja, com a quantidade acumulada de água de molhagem na ordem de 1250 g/m^2 , destacando uma alteração de pouca significância daí até a última medição (total de 2500 g/m^2 de água aspergida). Os gráficos mais representativos são apresentados nas Figuras 4.22 com os dados das Tabelas D.1, D.3 e D.4, a Figura 4.23 obtidos das Tabelas D.1, D.2, D.5 e D.6.

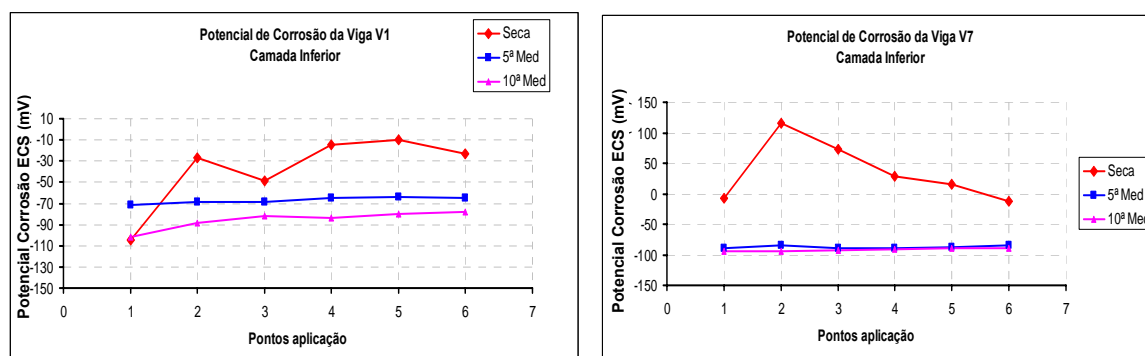


Figura 4.22 – Influência da umidade no potencial de corrosão, vigas V1 e V7.

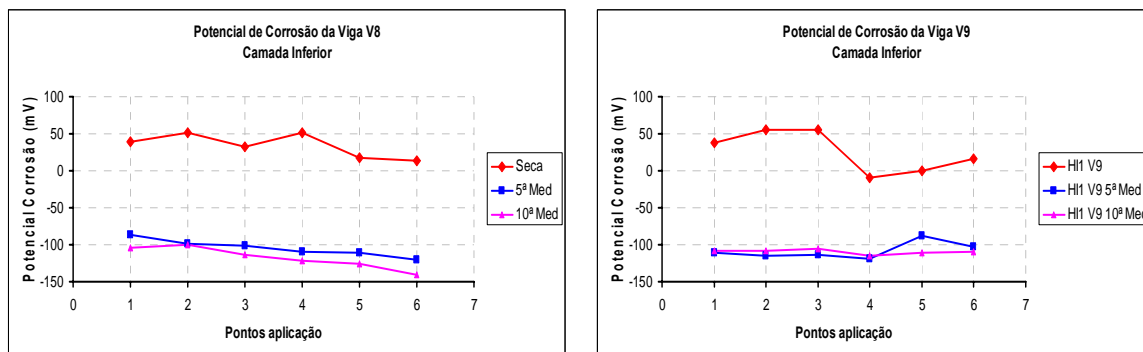


Figura 4.23 – Influência da umidade no potencial de corrosão das vigas V8 e V9.

Os gráficos da Figura 4.24 são elaborados com os dados das Tabelas D.1, D.3 e D.4.

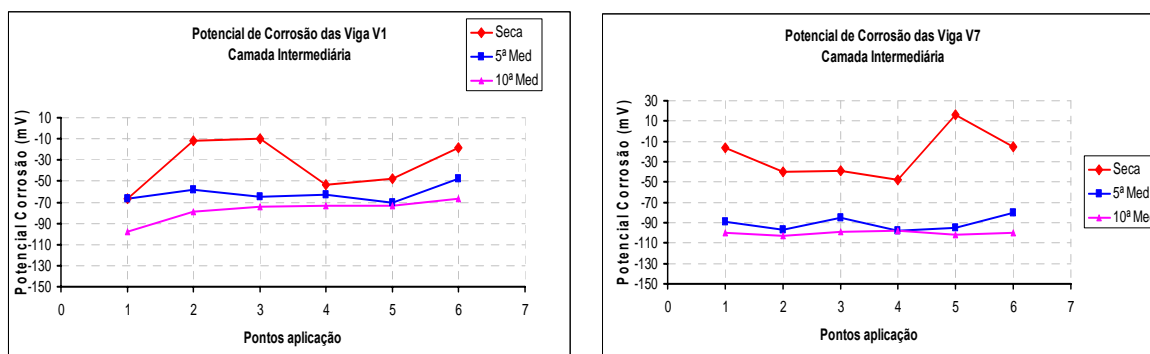


Figura 4.24 – Influência da umidade no potencial de corrosão das vigas V1 e V7, camada intermediária.

Os valores dos gráficos da Figura 4.25 têm origem nas Tabelas D.1, D.2, D.5 e D.6.

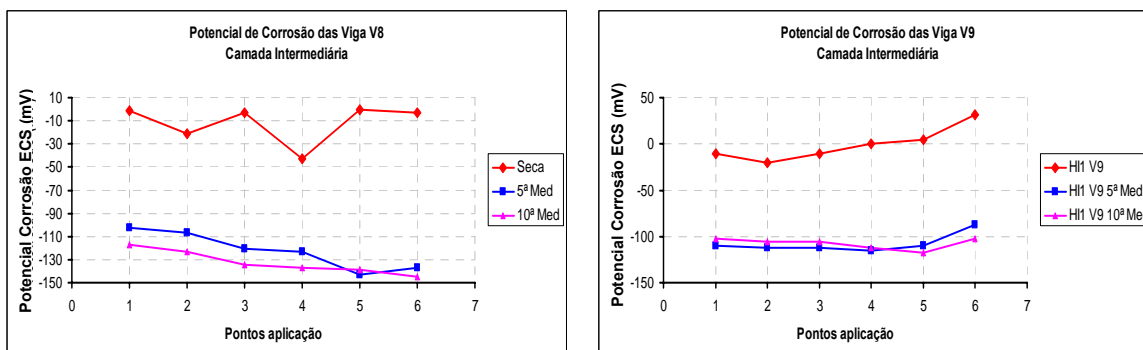


Figura 4.25 – Influência da umidade no potencial de corrosão das vigas V8 e V9, camada intermediária.

Os gráficos da Figura 4.26 originam de valores das Tabelas D.1, D.2, D.4 e D.5, enquanto que a Figura 4.27 tem valores das Tabelas D.1, D.2, D.6 e D.7.

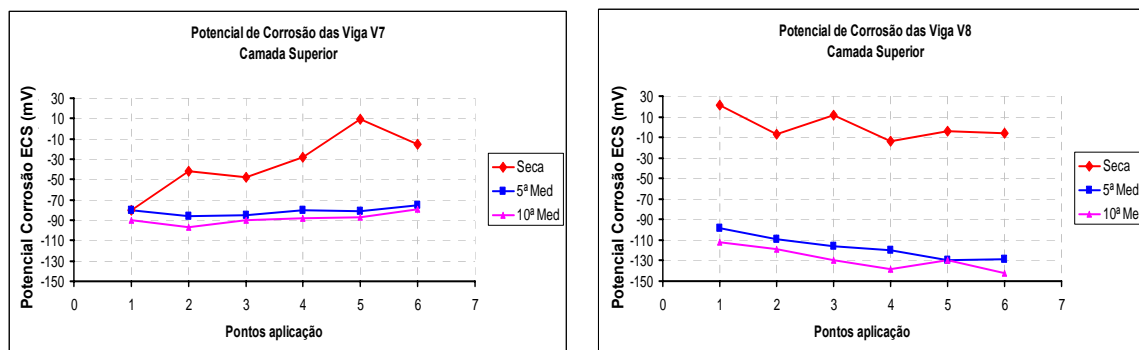


Figura 4.26 – Influência da umidade no potencial de corrosão das vigas V7 e V8.

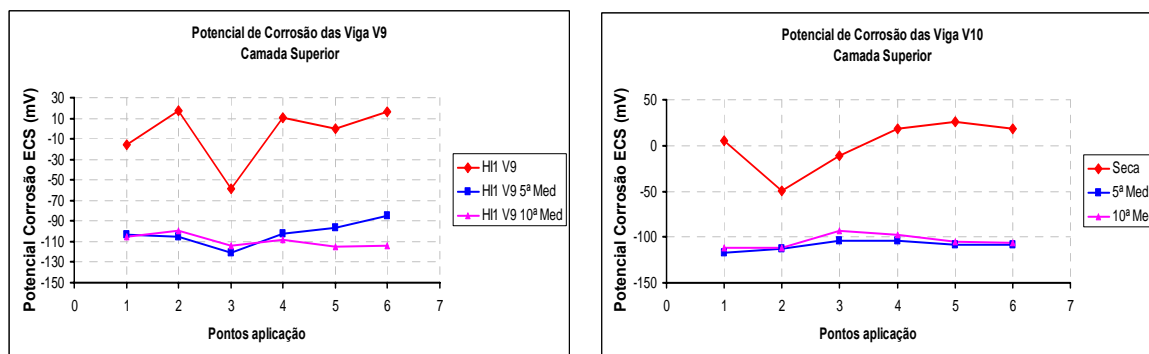


Figura 4.27 – Influência da umidade no potencial de corrosão das vigas V9 e V10.

Conforme pode ser observado, o comportamento foi semelhante entre as vigas, envolvendo as suas camadas inferiores, intermediárias e superiores. Para a condição natural sem molhagem (seca) ocorreu uma variação muito grande de valores no potencial de corrosão entre os pontos de aplicação das amostras em todas as camadas (inferior, intermediária e superior). A situação observada para as vigas molhadas seguiu uma tendência de uniformidade, mantendo-se numa faixa de baixa variação entre os valores obtidos nos pontos de aplicação.

Nas Figuras 4.28 a 4.32 estão exibidos os pontos e as respectivas leituras do potencial de corrosão nas faces das vigas (V1, V7, V8, V9 e V10). Os valores situados à esquerda dos pontos referem-se às medições nas vigas secas (em *itálico simples*) enquanto que os da direita são da 10ª medição com 2500 g/m² de água aspergida (normais em **negrito**).

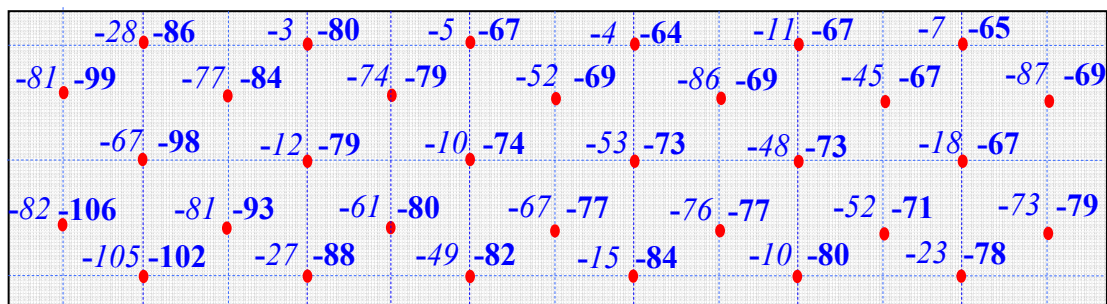


Figura 4.28 – Potenciais de corrosão na face lateral da viga V1.

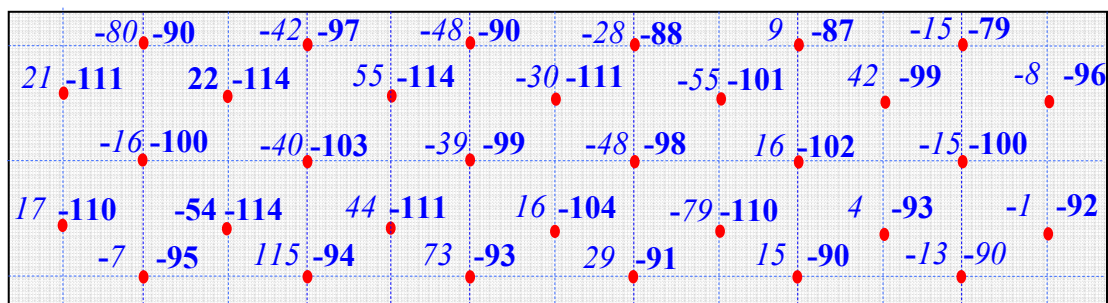


Figura 4.29 – Potenciais de corrosão na face da viga V7.

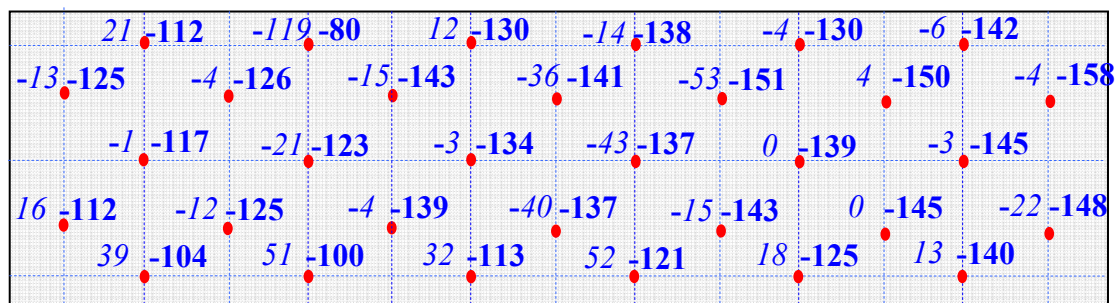


Figura 4.30 – Potenciais de corrosão na face da viga V8.

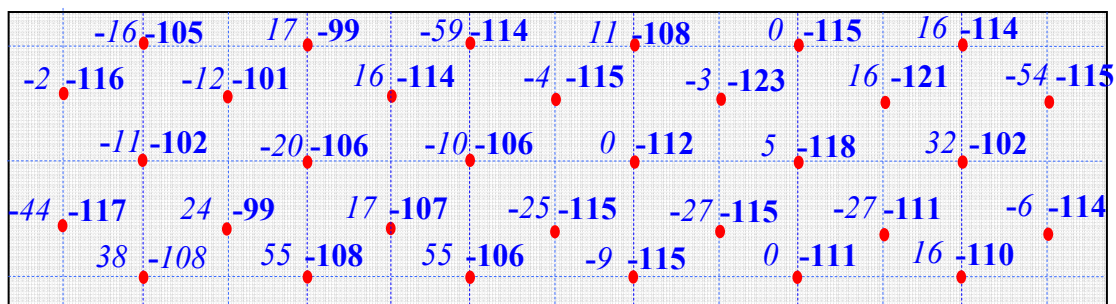


Figura 4.31 – Potenciais de corrosão na face da viga V9.

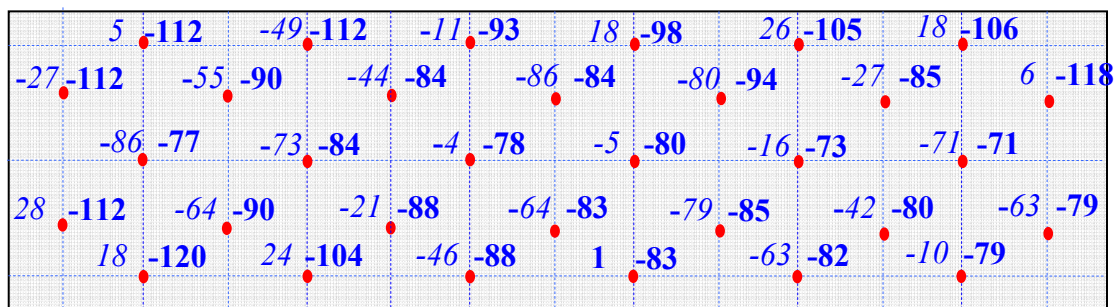


Figura 4.32 – Potenciais de corrosão na face da viga V10.

Ao longo dos ensaios e nas diversas condições de umidade as leituras apresentaram valores bem diferentes na comparação entre as vigas. Tem-se que ao final, entre a primeira e a décima medição, os valores do potencial de corrosão atingiram certa tendência, porém, não foi possível realizar uma avaliação quantitativa, apenas qualitativa.

CAPÍTULO 5

CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

5.1 OBSERVAÇÕES SOBRE A EXECUÇÃO DOS ENSAIOS

Verificou-se que o estudo da influência das diversas variáveis nos ensaios não destrutivos é muito complexo e os resultados nem sempre conduzem a uma clara avaliação. Além das variáveis estudadas a execução das amostras, pelos resultados obtidos, exerce uma grande influência. Assim, a reprodutibilidade dos ensaios considerando novas amostras executadas com materiais similares fica prejudicada. Para minimizar esta influência seria necessário que as posições, tempo de adensamento fossem os mesmos ou pelo menos anotados. Também seria necessário que a velocidade de concretagem fosse mantida e anotada, tanto para os blocos como para as vogas. O fator execução influenciou inclusive nos resultados das amostras confeccionadas com materiais similares. Portanto, as comparações dos resultados nesta pesquisa com os de outros pesquisadores fica prejudicada.

Em relação ao UPV, os resultados, em alguns ensaios, não indicou a tendência encontrada nos trabalhos consultados. Verificou-se certa dificuldade operacional para a realização das medições por um único operador quando efetuadas a distância entre os transdutores superior a 120 cm.

Em relação à umidade nas camadas até 40 mm, em todas as situações, a umidade aumentou mais nas três primeiras molhadas e somente nas camadas até 20 mm o aumento foi mais pronunciado nas molhagens posteriores.

Ocorreram situações em que certas superfícies apresentavam irregularidades, como a rugosidade e ou aspereza excessiva, esfoliação da nata, deficiência de nivelamento e planicidade, entre outras. Tais circunstâncias exigiram um tratamento mecânico (lixação) que, em alguns casos, deixou os agregados sem o devido cobrimento (nata), dificultando a realização dos ensaios de forma apropriada.

Em relação à esclerometria foi observado que em alguns casos, nas duas últimas medições ocorria o deslocamento da camada de nata de revestimento nos pontos de impacto do esclerômetro, facilitado pelo elevado teor de umidade das superfícies.

5.2 CONCLUSÕES SOBRE OS ENSAIOS DE UPV

Em relação aos ensaios de UPV, podem-se extrair as seguintes conclusões:

- para os blocos contendo agregados com maior DMA, a velocidade de propagação de pulso ultrassônico foi menor em todas as camadas, chegando a atingir uma redução na ordem de 22% para a média das três camadas. Esta tendência pode ser justificada pela alteração da matriz devido a manutenção da relação água/cimento a qual permite uma maior quantidade de água livre para dimensões maiores de agregados, menor área superficial de molhagem, sobrando mais água na pasta, conforme evidenciado pelos valores de abatimento da Tabela 3.3.

- a camada intermediária apresentou valor de UPV maior que as demais, chegando a alcançar um valor aproximadamente 26% maior para a média dos blocos B5-B6, porém, para os demais blocos a diferença não foi tão expressiva;

- tanto para os blocos quanto para as vigas, o valor da velocidade da UPV aumentou à medida que se molhava a superfície;
- a variação da distancia entre transdutores não apresentou uma uniformidade de comportamento da velocidade para os blocos. Nas vigas a velocidade de UPV reduziu à medida que se aumenta a distância entre os transdutores na razão de 3,16% a cada 30 cm.
- os valores médios das medições indiretas da velocidade de UPV nas vigas para as regiões inferior e superior, onde existem armaduras, foram menores que aqueles da região intermediária que não possui armadura. Na parte inferior a média dos valores foi 8 % menor que na intermediária enquanto que na superior a redução foi de 3,5 % em relação à intermediária. Tem-se ainda que a média dos valores da camada superior se deu na ordem de 4,5 % maior que na inferior. Aparentemente esses resultados indicariam uma falta de coerência entre esta pesquisa e a literatura estudada, porém, numa análise mais detalhada envolvendo outros fatores tais como: a insignificante influência do aço no caso (pequeno diâmetro 10mm), a elevada espessura de cobrimento de concreto sobre a armadura nas vigas que atingiu a média de 50 mm e a presença de vazios, espaçadores e descontinuidade do concreto na região afetada explicam a tendência encontrada.

5.3 CONCLUSÕES SOBRE OS ENSAIOS DE ESCLEROMETRIA

Para a esclerometria as conclusões foram as seguintes:

- os índices esclerométricos dos blocos contendo agregados com maior DMA, apresentaram valores menores em todas as camadas entre 6,8% e 8,6% de redução;
- o valor do índice esclerométrico decresceu da camada inferior para a superior em torno de 10%;

- para os blocos e para as vigas ocorreu um comportamento semelhante com uma redução no índice esclerométrico à medida que a umidade superficial aumentou, sendo que o decréscimo ficou entre de 11% nos blocos e 4,5% nas vigas.

5.4 CONCLUSÕES SOBRE OS ENSAIOS DE RESISTIVIDADE

Quanto aos ensaios de resistividade concluiu-se o seguinte:

- na condição seca não houve resultado para a resistividade em todas as amostras, indistintamente, tanto para os blocos quanto para as vigas de concreto armado;

- para os blocos, a medição da resistividade somente começou a apresentar mudança de leitura a partir da sétima medição, isto é, apenas após a aplicação de 1750 g/m² de água na superfície facial;

- a resistividade na camada inferior dos blocos foi um pouco diferente das demais (intermediária e superior), porém, de certa forma, com a mesma tendência de desempenho;

- após a sétima molhagem, a medida da resistividade diminuiu, com exceção para os blocos B5-B6. Os valores reduziram na ordem de 24% nos pares de blocos B1-B2, 15% nos blocos B3-B4 e zero nos B5-B6. Desta forma tem-se que os blocos com maior DMA apresentaram menor diferença na variação relativa da resistividade em função do acréscimo da umidade superficial;

- o comportamento das camadas inferior e superior foi semelhante, com uma leve diferença em relação à intermediária, certamente devido à presença da armadura nas proximidades dos pontos de leituras das camadas extremas (inferior e superior), entretanto, com a mesma tendência de desempenho e ao final uma variação bem semelhante;

- com o acréscimo da umidade superficial a resistividade reduziu nas três camadas, atingindo valores médios na ordem de 86,6% no total. Observou-se que a redução se deu de forma brusca até a aplicação de 500 g/m², no patamar de 51% para a camada intermediária (sem armadura) e 20% para a média das camadas inferior e superior (com armadura). A partir daí, o comportamento seguiu uma linha de tendência contrabalançada.

5.5 CONCLUSÕES SOBRE OS ENSAIOS DE POTENCIAL DE CORROSÃO

Em relação ao potencial de corrosão tem-se a seguinte conclusão:

- as leituras na situação úmida apresentaram valores mais negativos que na condição seca, em todos os pontos das superfícies e para todas as vigas ensaiadas, sendo que a variação de valores foi pequena a partir da quinta medição, com a quantidade acumulada de água de molhagem na ordem de 1250 g/m²;
- a partir da quinta medição até a última medição (total de 2500 g/m² de água aspergida) a alteração se deu de forma menos acentuada;
- o comportamento das amostras foi comum para as vigas, com uma variação muito grande de valores do potencial de corrosão para as condições secas e uma tendência de uniformidade para as vigas úmidas com uma pequena faixa de variação;
- em virtude da diversidade de valores apurados não foi possível conseguir uma avaliação quantitativa nas medidas de potencial de corrosão, somente qualitativa.

5.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Finalmente conclui-se que, devido a diversidade dos resultados, deve-se planejar novos experimentos que permitam isolar de forma mais efetiva as variáveis a serem estudadas. Entretanto, posteriormente, poder-se-á realizar um estudo matemático que possibilite avaliar a interdependência das variáveis nos resultados obtidos.

5.7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Considerando a grande quantidade de dados existentes e a diversidade dos resultados, poder-se-á realizar um estudo matemático com um tratamento estatístico que busque verificar a existência da inter-relação entre as variáveis nos resultados obtidos.

O concreto das amostras atingiu uma maturidade suficiente para que o avanço da hidratação do cimento não seja significativo. Poderá ser trabalhada a hipótese de se efetuar um polimento/lixação para remover a camada superficial do concreto e estudar a relação de sua interferência nos resultados dos ensaios não destrutivos em questão.

No presente estudo utilizou-se concretos nos quais manteve constante apenas a relação água/cimento. Poder-se-á estudar amostras de concreto constituídas com uma mesma matriz, variando apenas as características dos agregados e avaliar o comportamento e a influência das variáveis nos resultados dos ensaios não destrutivos para estes concretos.

REFERÊNCIAS

ABBASI, A. F.; AL-TAYYIB, A. J. Effect of hot weather on pulse velocity and modulus of elasticity of concrete. **Materials and Structures**, No.23, pp.334-340, 1990.

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. **ACI-228-1R-89**: In Place Methods for Determination of Strength of Concrete, Detroit, 26pp, 1989.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM C 579-02**: Standard test method for pulse velocity through concrete. Annual Book of ASTM Standards, Vol 04.02, West Conshohocken, PA, 2003.

_____. **ASTM C 876-91**: Standard test method for half-cell potentials of uncoated reinforced steel in concrete. Annual Book of ASTM Standard, v.04.02, sec.4, pp.429-33, 1998.

_____. **ASTM G 57 - 78(84)**: Standard Method for Field Measurement of Soil Resistivity Using the Wenner Four-Electrode Method. Annual Book of ASTM Standards, Vol. 03.02, 1984.

ANDRADE C.; D'ÁNDREA R.; CASTILLO A.; CASTELLOTE M. The Use of Electrical Resistivity as NDT Method for the Specification of the durability of Reinforced Concrete. In: NDTCE'09 - Non-Destructive Testing in Civil Engineering, Nantes, France, June 30th – July 3rd, 2009.

ANDRADE, C. **Manual para diagnóstico de obras deterioradas por corrosão de armaduras**. Tradução e adaptação: Antônio Carmona e Paulo Helene, Ed. Pini, São Paulo, 104p, 1992.

ANDRADE, C. Calculation of initiation and propagation periods of service life of reinforcement by using the electrical resistivity, In: International Symposium on Advances in Concrete through Science and Engineering, RILEM Proceedings, Evanston, pp.1-8, 2004.

ANDRADE, M. C. Conceitos básicos sobre corrosão de armaduras, In: Seminário Internacional Prevenção, Inspeção e Reparo de Estruturas de Concreto atacadas pela Corrosão da Armadura, Porto Alegre, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7584**: Concreto endurecido – avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão. Rio de Janeiro, 1995.

_____. **NBR 8802**: Concreto endurecido – determinação da velocidade de propagação de onda ultra-sonica. Rio de Janeiro, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9204**: Concreto endurecido – determinação da resistividade elétrica volumétrica. Rio de Janeiro, 1988.

_____. **NM 78**: Concreto endurecido – avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão, 1996.

BAWEJA, D.; ROPER, H.; SIRIVATNANON, V. Corrosion of Steel in Marine Concrete: Long-Term Half-Cell Potential and Resistivity Data. In: Third CANMET/ACI International Conference on Concrete in Marine Environment. **American Concrete Institute SP-163**, pages 89-110, Farmington Hills, MI, 1996.

BERRIMAN, J.; PURNELL, P.; HUTCHINS, D. A.; NEILD, A. Humidity and aggregate content correction factors for air-coupled ultrasonic evaluation of concrete. School of Engineering University of Warwick, Coventry CV4 7AL, UK – disponível no site www.sciencedirect.com, August 2004, acessado em 03/10/2010.

BRITISH STANDARD INSTITUTION. **BS 1881: Part 201**: Guide to the use of non-destructive methods of test for hardened concrete. London, 1986.

_____. **BS 1881: Part 202**: Recommendations for surface hardness testing by rebound hammer. London, 1986.

_____. **BS 1881: Part 203**: Recommendations for measurement of the velocity of ultrasonic pulses in concrete. London, 1986.

BROWNE, R. D.; GEOGHEGAN, M. P.; BAKER, A. F. Analysis of structural condition from durability results. Ed. Crane, A. P. **Corrosion of reinforcement in concrete construction**. Society of Chemical Industry/Chichester, Ellis Horwood, Cap.134, pp.193-222, London, 1983.

CARCAÑO, R. S.; PEREYRA, J. B. The influence of the physical properties of aggregates on the ultrasound pulse technique in predicting the compressive strength of concrete. **Rev. Téc. Ing. Univ. Zulia**, Vol.26, No. 1, 2003.

CASCUDO, O. Avaliação experimental da corrosão de armaduras em concreto utilizando a técnica de medidas de potenciais de eletrodo. In: Jornadas Sul-Americanas de Engenharia Estrutural, 25, Porto Alegre, 1991, **Anais...** Porto Alegre, v.5, pp.257-268, 1991.

_____. **O controle da corrosão de armaduras em concreto: inspeção e técnicas eletroquímicas**. Ed. Pini, São Paulo, 1997.

CASCUDO, O.; HELENE, P. R. L. Avaliação experimental da corrosão de armaduras em concreto utilizando a técnica de medidas de potenciais de eletrodo. **Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP**, São Paulo, 1992.

CASTELLOTE, M.; ANDRADE, C.; ALONSO M. C. Standardization to a Reference of 24° C of electrical resistivity for mortars and concretes in saturated or isolated conditions. **ACI Materials Journal**, March-April, 2002, p. 119-128.

CASTRO, E. **Estudo da resistência à compressão do concreto por meio de testemunhos de pequeno diâmetro e esclerometria**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2009.

CHI, J. M.; YANG, C. C. Effects of carbonation on mechanical properties and durability of concrete using accelerated testing method. **Journal of Marine Science and Technology**, Vol. 10, No. 1, 2002, pp.14-20.

CHUNG, H. W.; LAW, K. S. Diagnosing in situ concrete by ultrasonic pulse technique, **Concrete International**, October, 1983, pp.42-49.

COMITE EURO-INTERNATIONAL DU BETON. **CEB 192**: Bulletin d'informacion, Paris, 1989.

COST 509: **Corrosion and Protection of metals in contact with concrete**. Draft final report – COST 509 Workshop, Edinburgh, 1996, 132pp.

COSTA, R. M. **Análise de propriedades mecânicas do concreto deteriorado pela ação de sulfato mediante utilização do UPV**. Tese de Doutorado em Engenharia de Estruturas da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004.

DORNELLES, F. L., PINTO, R. C. A., PADARATZ, I. J. **Influência do Posicionamento da Armadura em Medições de Ultra-Som para Avaliação da Resistência à Compressão do Concreto**. In: Encontro Nacional Betão Estrutural 2004, Actas, Porto, Portugal, pp. 1015-1022.

ELVERY, R. H.; IBRAHIM, L. A. M. Ultrasonic assessment of concrete strength at early ages. **Magazine of Concrete Research**, Dec., 1976, pp.181-190.

ESCALANTE, E. Effectiveness of potential measurements for estimating corrosion of steel in concrete. **Corrosion of reinforcement in concrete**. Eds. Page, C. L.; Treadaway, K. W. J.; Banforth, P. B. Society of Chemical Industry/Elsevier Applied Science, London, 1990, pp.281-292.

ELSENER, B.; ANDRADE, C.; GULIKERS, J.; POLDER, R.; RAUPACH, M. Half-cell potential measurements – Potential mapping on reinforced concrete structures. RILEN TC 154-EMC: “Electrochemical Techniques for Measuring Metallic Corrosion”. **Materials and Structures**, Vol. 36, set., 2003, pp 461-471.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION, **EN-ISO 8047**: Testing concrete – Determination of ultrasonic pulse velocity. Brussels, 1994.

EVANGELISTA, A. C. J. **Avaliação da Resistência do Concreto Usando Diferentes Ensaios Não Destrutivos**. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE. Rio de Janeiro, 2002, 209 pp.

FELIU, S.; ANDRADE, C. Manual inspection de obras dañadas por corrosion de armaduras. **Instituto Eduardo Torroja**, Madrid, 1988.

FOCAOARU, I. Romanian Achievements in Nondestructive Strength of Concrete. In Situ/Nondestructive Testing of Concrete. **American Concrete Institute SP-82**, Detroit, 1984, pp.35-36.

FRANCINETE, JR. P.; MOTA, R. O.; SOUZA, R. A. **Avaliação da resistência à compressão do concreto através da velocidade de propagação ultra-sônica**. In: 47^o Congresso Brasileiro do Concreto, Recife, 2005. **Anais ...**, Recife, 2005, pp V.239-245.

GENTIL, V. **Corrosão**, 3^a ed., LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. Rio de Janeiro, 1996, 345p.

GONZÁLEZ, J. A.; MIRANDA, J. M.; FELIU, S. Considerations on reproductibility of potencial and corrosion rate measurements in reinforced concrete. **Corrosion Science-46 (2004) 2467-2485**. Elsevier Ltd., 2004, disponível online no site **www.sciencedirect.com**, acessado em 03/01/2011.

GRULLÓN, M.; BARBOSA, P.; MEDEIROS, M.; HELENE, P. R. L. Correlação entre a resistência à compressão e ultra-som: influência da dosagem e da umidade. In: 46^o Congresso Brasileiro do Concreto, Florianópolis, 2004. **Anais ...**, Florianópolis, 2004, p. II 587-596.

GOWERS, K. R.; MILLARD, S. G. Measurement of concrete resistivity for assessment of corrosion severity of steel using Wenner technique. **ACI Materials Journal**, v. 96, n.5, 1999. pp. 536-541.

HAMASSAKI, L. T. **Aspéctos da aplicabilidade do ensaio de ultra-som em concreto**. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia Civil, São Paulo, 1986.

HELENE, P. R. **Corrosão em armaduras para concreto armado**. Ed. Pini, Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo, 1986, 47 p.

_____. **Contribuição ao Estudo da Corrosão em Armaduras de Concreto Armado**. Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1993.

HUNKELER, F. The resistivity of pore water solution – a decisive parameter of rebar corrosion and repair methods. **Construction and Building Materials**, Elsevier Science Ltd, V.10, No. 5, Great Britain, 1996, pp.381-389,.

IAEA - INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Guidebook on Non-Destructive Testing of Concrete Structures**. IAEA-TCS-17, ISSN 1018-5518, Viena, 2002.

ILIESCU, M. **Recuperação de estruturas deterioradas por corrosão**, 2006. Disponível online no site **www.iliescu.eng.br**, acessado em 06/12/2010.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA - INMETRO: INBR 6118:78. **Cálculo e Execução de Obras de Concreto Armado – Procedimento**. Rio de Janeiro, 1978.

- IRRIGARAY, M. A. P.; PINTO, R. C. A.; PADARATZ, I. J. Avaliação do comportamento da velocidade de pulso ultra-sônico e resistência à compressão em concretos com diferentes cimentos. In: 50^o Congresso Brasileiro do Concreto, Florianópolis, 2008. **Anais ...**, IBRACON, Florianópolis, 2008.
- KOMLOS, K.; POPOVICS, S.; NÜRNBERGEROVÁ, T.; BABÁL, B.; POPOVICS, J. S. Ultrasonic pulse velocity test of concrete properties as specified in various standards. **Cement and Concrete Composites**, n. 18, 1996, p. 357-364.
- MALHOTRA, V. M.; CARINO, N. J. **Handbook on Nondestructive of Concrete**. CRC Press, Boca Raton, FL, 2004.
- MEDEIROS, M.; BARBOSA, P.; GRULÓN, M.; HELENE, P. Influência da dosagem do concreto na correlação entre a resistência à compressão e índice esclerométrico. In: 46^o Congresso Brasileiro do Concreto, 2004, Florianópolis, 2004, **Anais ...**, IBRACON, Florianópolis, 2004, pp II 1065-1062.
- MEDEIROS, A. **Alicação do ultra-som na estimativa da profundidade de fendas superficiais e na avaliação da eficácia de injeções em elementos de concreto armado**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2007.
- METHA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais**. 3^a edição, IBRACON, São Paulo, Brasil, 2008.
- MILLARD, S.G. Reinforced Concrete Resistivity Measurement Techniques. **Institution of Civil Engineers, Part 2, Research and Theory Proceedings**, v.91, n.2, 1991, pp.71-88.
- MISSAU, F.; GASTALDINI, A. L. G.; ISAIA, G. C.; HOPPE, T. F. Resistividade elétrica de concretos compostos com adições minerais. In: 46^o Congresso Brasileiro do Concreto, Florianópolis, 2004. **Anais...**, IBRACON, Florianópolis, 2004, pp.1600-1611.
- MONFORE, G. E. The Electrical Resistivity of Concrete. **Journal of the PCA Research and Development Laboratories**, v. 10, n.2, 1968, pp. 35-48.
- NAIK, T. R.; MALHOTRA, V. M.; POPOVICS, J. S. The Ultrasonic Pulse Velocity Method. **CRC handbook on nondestructive testing of concrete**. CRC Press, 2004, pp.169-189.
- NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto**. 2. ed., Ed. Pini, São Paulo, 1997, 828p.
- NOGUEIRA, C. L.; WILLAN, K. J. Ultrasonic testing of damage in concrete under uniaxial compression. **ACI Materials Journal**. May-June, 2001, pp.265-275.
- OHDAIRA, E.; MASUZAWA, N. Water content its effect on ultrasound propagation in concrete – the possibility of NDE. **Ultrasonics**, 38, 2000, pp.546-552.

POLDER, R.; ANDRADE, C.; ELSENER, B.; VENNESLAND, Ø.; GULIKERS, J.; WEIDERT, R.; RAUPHACH, M. Test Methods for on site measurement of resistivity of concrete. RILEM TC 154-EMC: Electrochemical Techniques for Measuring Metallic Corrosion. **Materials and Structures**, Vol.33, Dec., 2000, pp.603-611.

POLDER, R. B. Test Methods for on site measurement of resistivity of concrete, RILEM TC-154 technical recommendation. **Construction and Building Materials**, Elsevier Science Ltd, 2001, p. 125-131.

POPOVICS, S.; BILGUTAY, N. M.; KARAOGUZ, M.; AKGUL, T. High-frequency ultrasonic technique for testing concrete. **ACI Materials Journal**, January-February, 2000, pp.58-65.

REPETTE, W. L. **Contribuição a inspeção e a avaliação da segurança de estruturas acabadas de concreto armado**. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1991.

RILEM, **NDT 1**: Testing of concrete by the ultrasonic pulse method, 1972.

RODRIGUES, G. S. S.; FIGUEIREDO, E. I. P. Módulo de deformação estático do concreto pelo método ultra-sônico: Estudo da Correlação. In: 46º Congresso Brasileiro do Concreto, Florianópolis, 2004. **Anais...**, IBRACON, Florianópolis, 2004, pp.II 1309-1324.

SANTOS, L. **Avaliação da Resistividade Elétrica do Concreto como Parâmetro para a Previsão da Iniciação da Corrosão Induzida por Cloretos em Estruturas de Concreto**. Dissertação de Mestrado em Estruturas e Construção Civil, Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

SANTOS, A. N.; SANTIAGO, J. W. C. M.; REGO, W. A.; MONTEIRO, E.; HELENE, P. R. L. Avaliação da velocidade de propagação de onda ultra-sônica no concreto. In: 49º Congresso Brasileiro do Concreto, Bento Gonçalves, 2007. **Anais ...**, IBRACON, Bento Gonçalves, 2007.

TEODORU, G. V. The use of simultaneous nondestructive tests to predict the compressive strength of concrete. Nondestructive Testing. **American Concrete Institute SP-112**, Detroit, 1988, pp.137-152.

TOMSETT, H. N. The practical use of ultrasonic pulse velocity measurements in the assessment of concrete quality. **Magazine of Concrete Research**, March, 1980, pp7-16.

WHITING, D. A.; NAGI, M. A. Electrical Resistivity of Concrete – A Literature Review, R&D Serial no.2457. **Portland Cement Association**, Skokie, Illinois, USA, 2003, 57p.

YAMAN, I. O.; UDEGBUNAM, O.; AKTAN, H. M. Ultrasonic pulse velocity in concrete using direct and indirect transmission. **ACI Materials Journal**, Nov.-Dec., 2001, pp.450-457.

APENDICE A

MEDIDAS DE PULSO ULTRASÔNICO

Os pontos de medições foram distribuídos uniformemente nas superfícies das peças em forma de malha de modo a possibilitar a avaliação por camadas horizontais e faixas verticais, identificadas nas tabelas A1 até a A25, com a seguinte denominação:

- HI: camada horizontal inferior na base da peça;
- HM: camada horizontal intermediária no meio da peça;
- HS: camada horizontal superior no topo da peça;
- V1 a V7: faixas verticais, da extremidade esquerda até a direita da peça.

Tabela A1 – Medições de UPV - Blocos Secos – Face 1 Superior - Tipo INDIRETA

UMIDADE RELATIVA					71%	73%	75%	67%	69%	65%
TEMPERATURA					25,1 °C	24,9 °C	23,9 °C	26,5 °C	26,2 °C	26,9 °C
DATA					29/12/10	29/12/10	28/12/10	28/12/10	28/12/10	28/12/10
ITEM	Camada/ Faixa	POSIÇÃO/Pto		Dist. (m)	TEMPO (µseg)					
		Trans	Recep		Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3	Bloco 4	Bloco 5	Bloco 6
1	HI	1	2	0,20	220,3	148,7	107,6	117,7	101,2	180,2
2	HI	1	3	0,40	508,2	372,5	452,3	261,5	325,3	352,5
3	HI	1	4	0,60	593,2	519,5	720,7	513,2	824,5	589,8
4	V1	1	5	0,15	79,2	89,2	83,2	81,5	98,3	118,5
5	V1	1	9	0,30	196,5	228,3	210,2	180,0	165,1	151,8
6	V2	2	6	0,15	153,5	104,6	110,2	103,2	106,2	116,1
7	V2	2	10	0,30	274,2	254,2	256,8	194,2	460,7	165,4
8	V3	3	7	0,15	86,3	97,5	120,5	102,2	112,5	114,7
9	V3	3	11	0,30	232,5	150,9	150,7	252,8	351,2	181,4
10	V4	4	8	0,15	92,2	94,7	114,8	92,1	109,0	85,7
11	V4	4	12	0,30	195,5	211,6	275,7	193,8	205,2	157,7
12	HM	5	6	0,20	294,2	169,2	104,7	101,1	202,3	111,3
13	HM	5	7	0,40	323,8	289,7	276,5	234,0	436,1	168,7
14	HM	5	8	0,60	832,6	752,2	476,6	371,6	630,5	388,8
15	HS	9	10	0,20	173,2	180,4	260,7	106,2	145,5	159,2
16	HS	9	11	0,40	574,2	409,9	839,3	304,5	350,1	358,9
17	HS	9	12	0,60	1102,6	641,8	1294,7	603,6	584,0	656,9

Tabela A2 – Medições de UPV - Blocos Secos – Face 2 Lateral Direita - Tipo INDIRETA

UMIDADE RELATIVA					78%	64%	65%	73%	74%	75%
TEMPERATURA					23,8 °C	27,1 °C	27,2 °C	23,8 °C	24,2 °C	24,5 °C
DATA					29/12/10	29/12/10	29/12/10	30/12/10	30/12/10	30/12/10
ITEM	Camada/ Faixa	POSIÇÃO/Pto		Dist. (m)	TEMPO (µseg)					
		Trans	Recep		Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3	Bloco 4	Bloco 5	Bloco 6
1	HI	1	2	0,20	67,3	67,1	92,7	71,2	101,2	106,3
2	HI	1	3	0,40	125,2	128,4	164,3	123,7	235,6	218,7
3	HI	1	4	0,60	189,1	213,8	352,2	195,2	331,7	394,3
4	V1	1	5	0,15	56,2	51,3	81,2	50,4	84,9	81,2
5	V1	1	9	0,30	104,7	92,4	218,3	94,3	125,2	131,7
6	V2	2	6	0,15	57,1	58,4	73,2	59,3	88,4	80,8
7	V2	2	10	0,30	102,8	98,7	100,8	99,2	125,5	137,7
8	V3	3	7	0,15	59,5	57,5	57,2	58,2	87,3	94,4
9	V3	3	11	0,30	101,4	97,4	100,6	100,8	160,8	133,6
10	V4	4	8	0,15	55,7	54,2	68,7	66,1	103,9	84,2
11	V4	4	12	0,30	102,2	96,2	102,7	105,6	172,3	126,4
12	HM	5	6	0,20	81,2	74,3	81,7	71,7	108,1	106,4
13	HM	5	7	0,40	131,1	125,8	147,2	131,8	345,7	164,8
14	HM	5	8	0,60	195,4	174,8	211,0	177,1	817,4	209,8
15	HS	9	10	0,20	87,7	82,6	112,1	85,2	176,2	109,5
16	HS	9	11	0,40	156,1	147,0	293,0	149,3	583,2	228,2
17	HS	9	12	0,60	238,2	218,3	458,0	196,7	1099,7	390,1

Tabela A3 – Medições de UPV - Blocos Secos – Face 3 Lateral Esquerda - Tipo INDIRETA

UMIDADE RELATIVA					77%	77%	64%	73%	69%	65%
TEMPERATURA					24,2 °C	24,2 °C	27,7 °C	23,9 °C	26,2 °C	26,9 °C
DATA					29/12/10	29/12/10	29/12/10	30/12/10	28/12/10	28/12/10
ITEM	Camada/ Faixa	POSIÇÃO/Pto		Dist. (m)	TEMPO (µseg)					
		Trans	Recep		Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3	Bloco 4	Bloco 5	Bloco 6
1	HI	1	2	0,20	70,3	72,1	106,2	70,9	114,2	125,2
2	HI	1	3	0,40	124,2	139,2	168,7	146,2	273,0	226,1
3	HI	1	4	0,60	185,4	196,8	345,2	197,7	374,8	391,6
4	V1	1	5	0,15	59,7	55,1	80,2	61,3	80,9	106,2
5	V1	1	9	0,30	116,4	99,8	133,8	99,2	135,2	195,3
6	V2	2	6	0,15	55,7	56,1	78,3	69,7	75,8	102,7
7	V2	2	10	0,30	101,6	101,2	127,2	103,7	131,7	140,1
8	V3	3	7	0,15	59,2	59,0	71,7	53,2	90,7	94,1
9	V3	3	11	0,30	102,4	99,8	120,3	96,7	132,7	144,4
10	V4	4	8	0,15	57,3	59,2	84,2	58,3	82,5	103,2
11	V4	4	12	0,30	108,8	99,7	126,8	107,9	122,7	137,7
12	HM	5	6	0,20	79,4	73,8	96,7	89,3	92,5	107,7
13	HM	5	7	0,40	139,8	128,1	158,6	148,4	156,4	183,7
14	HM	5	8	0,60	199,4	174,4	215,7	217,7	205,2	231,2
15	HS	9	10	0,20	79,4	73,2	103,7	81,6	98,9	113,7
16	HS	9	11	0,40	159,2	137,5	194,2	146,7	200,5	178,3
17	HS	9	12	0,60	244,7	236,4	268,7	233,2	260,9	272,1

Tabela A4 – Medições de UPV - Blocos Secos – Face 4 Inferior - Tipo INDIRETA

UMIDADE RELATIVA					41%	59%	58%	41%	50%	50%
TEMPERATURA					30,3 °C	26,1 °C	28,5 °C	30,1 °C	29,5 °C	29,9 °C
DATA					21/2/11	11/2/11	11/2/11	21/2/11	11/2/11	11/2/11
ITEM	Camada/ Faixa	POSIÇÃO/Pto		Dist. (m)	TEMPO (µseg)					
		Trans	Recep		Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3	Bloco 4	Bloco 5	Bloco 6
1	HI	1	2	0,20	91,5	71,2	94,4	80,7	89,1	114,8
2	HI	1	3	0,40	212,1	138,7	159,2	168,2	256,1	303,6
3	HI	1	4	0,60	307,0	228,6	292,5	309,7	274,2	463,7
4	V1	1	5	0,15	59,2	66,3	72,3	74,9	67,9	85,2
5	V1	1	9	0,30	117,3	88,2	118,7	120,3	171,5	130,6
6	V2	2	6	0,15	65,2	69,2	76,2	60,2	79,2	81,0
7	V2	2	10	0,30	126,7	111,1	118,8	122,4	162,5	188,2
8	V3	3	7	0,15	72,0	67,6	84,7	59,2	84,2	69,4
9	V3	3	11	0,30	153,6	109,1	122,7	133,1	126,2	135,3
10	V4	4	8	0,15	69,6	65,8	80,5	71,2	79,5	79,9
11	V4	4	12	0,30	128,7	103,2	122,0	153,4	123,5	135,2
12	HM	5	6	0,20	85,2	76,2	85,7	73,2	98,2	82,7
13	HM	5	7	0,40	178,6	135,5	148,7	129,8	151,3	147,2
14	HM	5	8	0,60	176,3	181,6	195,7	324,6	268,6	204,1
15	HS	9	10	0,20	88,7	86,6	103,8	125,2	183,8	84,5
16	HS	9	11	0,40	174,7	151,1	192,5	210,1	569,7	229,5
17	HS	9	12	0,60	293,1	256,6	243,2	338,2	707,6	380,6

Tabela A5 – Medições de UPV - Blocos Secos – FACES 2 e 3 - Laterais Dir/Esq - Tipo DIRETA

UMIDADE RELATIVA					66%	68%	64%	73%	75%	73%
TEMPERATURA					27,3 °C	26,5 °C	27,6 °C	24,1 °C	24,4 °C	25,1 °C
DATA					29/12/10	29/12/10	29/12/10	30/12/10	30/12/10	30/12/10
ITEM	Camada/ Faixa	POSIÇÃO/Pto		Dist. (m)	TEMPO (µseg)					
		Trans	Recep		Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3	Bloco 4	Bloco 5	Bloco 6
1	HI	2-1	3-4	0,40	101,8	102,9	114,0	100,2	142,1	171,2
2	HI	2-2	3-3	0,40	101,7	102,2	110,2	95,5	134,5	148,7
3	HI	2-3	3-2	0,40	102,8	103,7	111,7	96,2	114,2	132,1
4	HI	2-4	3-1	0,40	104,2	103,2	112,1	96,3	228,7	126,2
5	HM	2-5	3-8	0,40	106,7	100,9	105,8	95,7	106,7	111,2
6	HM	2-6	3-7	0,40	105,0	102,1	107,0	97,7	127,5	110,4
7	HM	2-7	3-6	0,40	105,7	100,7	105,2	97,8	109,8	116,5
8	HM	2-8	3-5	0,40	106,2	100,4	104,1	99,7	108,2	114,0
9	HS	2-9	3-12	0,40	109,1	104,3	142,2	104,0	228,3	149,2
10	HS	2-10	3-11	0,40	110,0	103,7	116,2	104,2	135,7	121,1
11	HS	2-11	3-10	0,40	107,9	104,9	116,4	101,8	139,6	121,5
12	HS	2-12	3-9	0,40	109,6	104,6	118,3	103,1	145,2	126,2

Tabela A6 – Medições de UPV – Bloco B1 molhado – Face 3 Lateral Esquerda - Tipo INDIRETA

UMIDADE RELATIVA					77%	65%	61%	59%	58%	53%	58%	63%	64%	66%	73%
TEMPERATURA					24,2 °C	27,2 °C	28,1 °C	28,8 °C	29,7 °C	30,5 °C	29,6 °C	27,4 °C	25,7 °C	25,3 °C	24,6 °C
DATA					29/12/10	25/02/11	25/02/11	25/02/11	25/02/11	25/02/11	25/02/11	25/02/11	25/02/11	25/02/11	25/02/11
Item	Camada/ Faixa	POSIÇÃO/Pto		Dist. (m)	TEMPO (µseg)										
		Trans	Recep		MED Seca	1ª MED	2ª MED	3ª MED	4ª MED	5ª MED	6ª MED	7ª MED	8ª MED	9ª MED	10ª MED
1	HI	1	2	0,20	70,3	75,2	75,1	73,3	73,2	75,2	74,3	73,2	73,2	75,1	73,7
2	HI	1	3	0,40	124,2	132,5	129,1	130,5	128,8	130,7	129,2	128,7	132,1	132,8	130,2
3	HI	1	4	0,60	185,4	188,8	186,7	189,7	183,7	201,3	184,5	184,5	191,2	196,2	187,5
4	V1	1	5	0,15	59,7	62,7	65,0	65,6	68,9	64,4	67,5	66,0	68,3	65,8	104,5
5	V1	1	9	0,30	116,4	105,3	113,7	116,4	115,9	119,2	118,5	112,2	116,1	121,6	118,7
6	V2	2	6	0,15	55,7	62,9	72,2	59,8	60,6	63,8	59,3	60,7	62,3	65,7	59,8
7	V2	2	10	0,30	101,6	105,8	126,7	103,2	106,7	106,3	118,9	106,1	105,7	105,2	115,8
8	V3	3	7	0,15	59,2	64,3	73,7	62,7	63,0	65,9	64,5	69,5	68,2	71,7	74,1
9	V3	3	11	0,30	102,4	115,2	121,9	123,9	125,4	116,2	122,1	126,4	125,4	118,7	129,7
10	V4	4	8	0,15	57,3	72,6	71,1	59,8	69,7	74,4	71,7	72,1	72,9	72,2	72,1
11	V4	4	12	0,30	108,8	114,2	115,7	124,7	124,7	127,2	125,4	126,1	122,2	122,2	124,4
12	HM	5	6	0,20	79,4	77,2	77,8	78,2	135,6	78,7	78,4	80,3	78,2	77,2	78,7
13	HM	5	7	0,40	139,8	129,6	133,2	136,6	191,8	130,7	135,2	133,7	141,5	144,2	135,9
14	HM	5	8	0,60	199,4	202,2	207,0	200,9	204,8	201,7	206,3	201,5	188,4	202,3	195,1
15	HS	9	10	0,20	79,4	98,7	85,7	91,3	90,6	88,2	92,6	88,2	94,8	95,6	96,4
16	HS	9	11	0,40	459,2	191,9	184,2	182,0	195,2	184,3	168,2	162,5	198,2	193,7	199,8
17	HS	9	12	0,60	244,7	287,6	266,3	261,7	250,2	249,2	245,7	247,3	249,3	248,7	289,4

Tabela A7 – Medições de UPV – Bloco B2 molhado – Face 3 Lateral Esquerda - Tipo INDIRETA

UMIDADE RELATIVA					66%	74%	75%	77%	74%	69%	66%	62%	58%	57%	63%
TEMPERATURA					26,7 °C	23,6 °C	24,1 °C	24,5 °C	25,3 °C	26,3 °C	26,8 °C	28,3 °C	28,9 °C	28,8 °C	27,4 °C
DATA					29/12/10	01/03/11	01/03/11	01/03/11	01/03/11	01/03/11	01/03/11	01/03/11	01/03/11	01/03/11	01/03/11
Item	Camada/ Faixa	POSIÇÃO/Pto		Dist. (m)	TEMPO (µseg)										
		Trans	Recep		MED Seca	1ª MED	2ª MED	3ª MED	4ª MED	5ª MED	6ª MED			Trans	Recep
1	HI	1	2	0,20	72,1	78,2	85,7	77,9	89,3	77,2	79,1	1	HI	1	2
2	HI	1	3	0,40	139,2	154,3	154,1	153,9	155,1	176,8	153,7	2	HI	1	3
3	HI	1	4	0,60	196,8	235,5	236,2	234,1	136,0	236,2	234,9	3	HI	1	4
4	V1	1	5	0,15	55,1	64,3	61,0	58,2	62,4	59,7	57,9	4	V1	1	5
5	V1	1	9	0,30	99,8	104,7	116,2	102,6	107,0	105,0	104,6	5	V1	1	9
6	V2	2	6	0,15	56,1	64,0	60,2	58,3	59,5	60,0	61,7	6	V2	2	6
7	V2	2	10	0,30	101,2	103,4	105,3	103,2	104,7	103,7	103,7	7	V2	2	10
8	V3	3	7	0,15	59,0	60,7	62,2	64,0	63,2	62,4	62,2	8	V3	3	7
9	V3	3	11	0,30	99,8	104,7	112,2	104,2	104,7	102,9	103,2	9	V3	3	11
10	V4	4	8	0,15	59,2	57,7	54,2	55,2	55,5	58,7	55,0	10	V4	4	8
11	V4	4	12	0,30	99,7	101,7	101,5	112,2	101,1	102,2	103,9	11	V4	4	12
12	HM	5	6	0,20	73,8	73,2	74,8	103,1	73,2	72,1	75,9	12	HM	5	6
13	HM	5	7	0,40	128,1	126,2	142,2	130,8	124,3	128,0	126,9	13	HM	5	7
14	HM	5	8	0,60	174,4	196,7	197,7	196,4	194,9	180,4	182,2	14	HM	5	8
15	HS	9	10	0,20	73,2	68,1	86,3	81,5	80,4	73,7	73,7	15	HS	9	10
16	HS	9	11	0,40	137,5	150,0	151,9	148,2	147,0	149,1	150,1	16	HS	9	11
17	HS	9	12	0,60	236,4	196,5	195,3	196,4	197,2	196,3	199,2	17	HS	9	12

Tabela A8 – Medições de UPV – Bloco B3 molhado – Face 3 Lateral Esquerda - Tipo INDIRETA

UMIDADE RELATIVA					75%	50%	49%	45%	44%	42%	44%	45%	43%	45%	48%
TEMPERATURA					23,9 °C	26,6 °C	27,5 °C	28,2 °C	28,5 °C	28,9 °C	28,8 °C	28,9 °C	28,6 °C	28,0 °C	27,3 °C
DATA					28/12/10	20/04/11	20/04/11	20/04/11	20/04/11	20/04/11	20/04/11	20/04/11	20/04/11	20/04/11	20/04/11
Item	Camada/ Faixa	POSIÇÃO/Pto		Dist. (m)	TEMPO (µseg)										
		Trans	Recep		MED Seca	1ª MED	2ª MED	3ª MED	4ª MED	5ª MED	6ª MED	7ª MED	8ª MED	9ª MED	10ª MED
1	HI	1	2	0,20	106,2	99,2	95,5	98,2	98,0	89,1	98,2	96,6	94,7	99,7	84,9
2	HI	1	3	0,40	168,7	166,2	163,3	165,2	164,1	165,4	166,2	167,4	165,6	164,7	166,1
3	HI	1	4	0,60	345,2	397,5	376,7	372,2	377,1	373,9	383,4	383,2	389,7	388,2	385,2
4	V1	1	5	0,15	80,2	78,2	79,7	79,2	76,2	77,2	79,5	62,8	78,7	78,2	70,6
5	V1	1	9	0,30	133,8	141,2	134,2	134,5	122,7	125,8	137,1	123,4	125,5	123,9	139,4
6	V2	2	6	0,15	78,3	79,7	74,7	79,2	79,0	77,6	75,3	74,7	76,7	72,4	73,9
7	V2	2	10	0,30	127,2	134,2	135,2	125,5	124,8	124,3	124,2	126,2	124,4	121,2	126,2
8	V3	3	7	0,15	71,7	77,0	89,2	76,5	74,7	75,9	75,4	75,2	74,7	75,1	74,8
9	V3	3	11	0,30	120,3	125,8	124,2	122,7	122,7	121,7	124,2	122,2	122,7	123,6	122,1
10	V4	4	8	0,15	84,2	77,8	98,1	79,7	78,3	79,5	94,3	67,7	82,2	81,2	81,7
11	V4	4	12	0,30	126,8	39,8	139,9	136,4	127,0	139,7	138,4	132,7	140,8	139,2	141,3
12	HM	5	6	0,20	96,7	83,7	84,4	82,7	82,9	83,0	82,8	81,0	82,6	81,2	83,7
13	HM	5	7	0,40	158,6	160,3	161,3	147,6	150,0	152,2	148,1	147,2	149,0	151,6	147,3
14	HM	5	8	0,60	215,7	208,9	209,9	210,2	209,2	211,9	208,3	207,9	210,1	208,2	209,0
15	HS	9	10	0,20	103,7	104,9	109,7	108,6	110,4	111,7	106,9	110,5	101,2	109,4	110,7
16	HS	9	11	0,40	194,2	170,7	173,7	177,7	172,5	175,2	172,2	170,9	173,2	170,7	175,0
17	HS	9	12	0,60	268,7	270,4	267,3	268,7	267,1	253,7	230,2	272,4	231,2	270,3	270,5

Tabela A9 – Medições de UPV – Bloco B4 molhado – Face 2 Lateral Direita - Tipo INDIRETA

UMIDADE RELATIVA					67%	58%	57%	57%	55%	52%	56%	58%	62%	64%	64%
TEMPERATURA					26,5 °C	27,9 °C	28,3 °C	28,1 °C	28,6 °C	29,1 °C	27,8 °C	27,6 °C	26,9 °C	26,5 °C	25,8 °C
DATA					28/12/10	15/02/11	15/02/11	15/02/11	15/02/11	15/02/11	15/02/11	15/02/11	15/02/11	15/02/11	15/02/11
Item	Camada/ Faixa	POSIÇÃO/Pto		Dist. (m)	TEMPO (µseg)										
		Trans	Recep		MED Seca	1ª MED	2ª MED	3ª MED	4ª MED	5ª MED	6ª MED	7ª MED	8ª MED	9ª MED	10ª MED
1	HI	1	2	0,20	71,2	70,7	70,5	69,1	72,2	70,4	72,9	69,7	71,2	74,2	73,2
2	HI	1	3	0,40	123,7	122,4	134,1	120,5	121,3	120,8	122,5	120,5	120,6	121,8	138,7
3	HI	1	4	0,60	195,2	198,6	194,6	199,3	194,8	202,3	198,3	201,4	198,7	202,2	200,6
4	V1	1	5	0,15	50,4	61,9	69,2	74,2	72,1	64,3	74,4	67,4	74,5	69,4	69,3
5	V1	1	9	0,30	94,3	98,2	103,8	103,5	107,1	101,2	115,8	112,4	118,9	115,5	105,7
6	V2	2	6	0,15	59,3	61,9	61,3	70,7	52,3	59,6	72,4	74,2	62,7	75,7	71,3
7	V2	2	10	0,30	99,2	96,4	102,6	99,7	97,3	100,9	104,2	98,7	100,7	98,7	113,5
8	V3	3	7	0,15	58,2	53,9	58,7	52,7	49,1	53,8	59,6	69,8	54,2	53,8	54,3
9	V3	3	11	0,30	100,8	99,3	103,6	101,7	96,4	97,7	98,8	99,6	112,4	104,8	112,6
10	V4	4	8	0,15	66,1	61,8	61,2	60,3	54,2	60,8	56,2	62,0	61,2	64,5	57,8
11	V4	4	12	0,30	105,6	102,4	110,6	120,7	120,4	104,6	115,2	112,1	125,1	112,7	112,1
12	HM	5	6	0,20	71,7	82,4	91,6	74,7	92,7	86,5	91,7	85,2	98,5	92,3	92,1
13	HM	5	7	0,40	131,8	137,5	137,2	161,2	153,4	140,2	153,6	153,3	149,9	155,5	155,1
14	HM	5	8	0,60	177,1	195,7	199,6	195,1	200,4	239,7	217,3	241,6	239,1	238,7	235,5
15	HS	9	10	0,20	85,2	76,3	77,2	74,7	75,1	83,2	82,4	78,1	84,3	92,7	89,2
16	HS	9	11	0,40	149,3	139,7	141,2	158,7	142,8	142,4	153,7	149,3	156,2	160,1	153,3
17	HS	9	12	0,60	196,7	196,8	205,6	224,5	208,9	201,7	210,9	216,7	242,5	244,6	241,7

Tabela A10 – Medições de UPV – Bloco B5 molhado – Face 3 Lateral Esquerda - Tipo INDIRETA

UMIDADE RELATIVA					75%	62%	0%	57%	54%	50%	49%	60%	64%	66%	68%
TEMPERATURA					24,3 °C	23,6 °C	24,7 °C	25,7 °C	26,9 °C	28,1 °C	28,0 °C	25,8 °C	25,0 °C	24,8 °C	24,1 °C
DATA					30/12/10	26/04/11	26/04/11	26/04/11	26/04/11	26/04/11	26/04/11	26/04/11	26/04/11	26/04/11	26/04/11
Item	Camada/ Faixa	POSIÇÃO/Pto		Dist. (m)	TEMPO (µseg)										
		Trans	Recep		MED Seca	1ª MED	2ª MED	3ª MED	4ª MED	5ª MED	6ª MED	7ª MED	8ª MED	9ª MED	10ª MED
1	HI	1	2	0,20	114,2	106,3	112,1	106,9	107,6	107,9	107,5	111,2	114,4	110,3	107,2
2	HI	1	3	0,40	273,0	205,2	203,8	231,1	212,2	208,2	229,4	217,1	217,7	230,6	209,2
3	HI	1	4	0,60	374,8	381,5	381,7	380,9	379,7	376,6	380,6	378,5	379,6	378,5	381,2
4	V1	1	5	0,15	80,9	81,2	72,2	75,4	79,9	74,7	72,7	77,8	81,7	78,9	76,7
5	V1	1	9	0,30	135,2	140,2	139,1	137,4	139,7	139,7	138,2	138,3	139,3	140,2	137,6
6	V2	2	6	0,15	75,8	62,1	64,2	61,8	65,7	76,4	63,5	66,1	64,4	63,9	62,1
7	V2	2	10	0,30	131,7	133,7	114,7	109,1	121,7	122,3	125,2	121,6	121,4	114,1	105,9
8	V3	3	7	0,15	90,7	78,7	70,4	73,2	77,2	68,5	72,2	66,2	74,1	67,7	66,2
9	V3	3	11	0,30	132,7	134,2	122,4	134,7	134,2	120,7	133,2	118,2	135,7	118,7	115,2
10	V4	4	8	0,15	82,5	74,2	71,2	75,3	89,3	75,1	83,2	62,7	69,7	72,7	88,4
11	V4	4	12	0,30	122,7	118,6	129,7	132,3	132,5	130,1	131,3	129,3	130,7	130,2	133,2
12	HM	5	6	0,20	92,5	79,4	80,5	81,7	77,1	79,6	79,2	79,7	80,4	80,2	80,9
13	HM	5	7	0,40	156,4	146,5	146,2	133,1	147,4	147,6	143,2	142,7	142,1	142,5	150,2
14	HM	5	8	0,60	205,2	206,2	207,4	206,6	208,2	205,6	207,1	207,2	208,4	208,2	207,5
15	HS	9	10	0,20	98,9	110,2	105,6	100,2	97,6	97,8	97,1	101,7	101,2	100,7	98,4
16	HS	9	11	0,40	200,5	208,7	209,7	209,2	196,4	209,5	213,2	195,5	195,1	213,1	183,5
17	HS	9	12	0,60	260,9	260,7	256,9	272,7	274,7	255,4	257,2	257,2	257,2	273,0	326,6

Tabela A11 – Medições de UPV – Bloco B6 molhado – Face 3 Lateral Esquerda - Tipo INDIRETA

UMIDADE RELATIVA					75%	70%	71%	72%	73%	72%	73%	73%	71%	70%	70%
TEMPERATURA					24,9 °C	19,8 °C	19,6 °C	19,6 °C	19,6 °C	19,3 °C	19,9 °C	20,6 °C	20,6 °C	20,6 °C	20,6 °C
DATA					30/12/10	28/04/11	28/04/11	28/04/11	28/04/11	28/04/11	28/04/11	28/04/11	28/04/11	28/04/11	28/04/11
Item	Camada/ Faixa	POSIÇÃO/Pto		Dist. (m)	TEMPO (µseg)										
		Trans	Recep		MED Seca	1ª MED	2ª MED	3ª MED	4ª MED	5ª MED	6ª MED	7ª MED	8ª MED	9ª MED	10ª MED
1	HI	1	2	0,20	125,2	112,5	122,2	123,5	124,8	111,0	124,3	111,7	111,0	110,7	112,2
2	HI	1	3	0,40	226,1	186,2	236,2	233,5	234,7	234,2	187,3	189,6	187,4	186,1	187,4
3	HI	1	4	0,60	391,6	424,4	425,2	428,3	430,1	426,0	432,2	428,7	432,3	428,1	430,7
4	V1	1	5	0,15	106,2	83,2	86,1	83,8	84,6	83,1	84,9	86,2	84,2	84,2	84,2
5	V1	1	9	0,30	195,3	148,6	152,2	151,2	149,7	147,1	146,4	147,7	144,4	139,5	133,7
6	V2	2	6	0,15	102,7	80,2	83,5	82,6	81,6	85,2	84,0	80,7	73,5	76,5	70,7
7	V2	2	10	0,30	140,1	144,5	143,5	141,7	143,2	127,4	131,0	131,2	122,6	130,1	123,8
8	V3	3	7	0,15	94,1	83,2	84,2	87,5	84,3	70,1	70,7	84,3	69,8	70,6	68,1
9	V3	3	11	0,30	144,4	144,6	145,5	151,8	144,4	146,4	130,7	132,2	132,2	135,4	130,2
10	V4	4	8	0,15	103,2	96,1	95,6	86,1	97,4	83,0	103,0	99,5	97,5	96,7	97,4
11	V4	4	12	0,30	137,7	141,5	141,2	144,3	141,2	141,3	143,5	141,2	141,2	142,1	138,5
12	HM	5	6	0,20	107,7	85,0	85,3	84,8	87,7	87,2	86,4	84,6	85,3	84,3	86,7
13	HM	5	7	0,40	183,7	152,5	155,0	147,8	165,3	153,2	150,7	149,2	152,4	151,7	154,4
14	HM	5	8	0,60	231,2	214,1	214,2	213,3	213,6	213,2	241,9	214,7	213,5	212,8	214,2
15	HS	9	10	0,20	113,7	119,7	117,7	103,7	107,6	106,2	106,5	106,2	109,3	105,7	102,6
16	HS	9	11	0,40	178,3	182,3	184,5	181,8	183,7	183,0	184,3	181,3	181,7	181,1	184,2
17	HS	9	12	0,60	272,1	246,2	313,6	275,4	232,5	239,2	275,1	274,9	228,7	240,6	254,3

Tabela A12 – Medições de UPV – Bloco B1 molhado – Face 4 Inferior - Tipo INDIRETA

UMIDADE RELATIVA					41%	72%	65%	60%	58%	56%	58%	61%	64%	67%	67%
TEMPERATURA					30,3 °C	24,8 °C	26,4 °C	27,3 °C	28,2 °C	28,7 °C	28,8 °C	27,9 °C	26,8 °C	25,7 °C	25,7 °C
DATA					21/02/11	28/02/11	28/02/11	28/02/11	28/02/11	28/02/11	28/02/11	28/02/11	28/02/11	28/02/11	28/02/11
Item	Camada/ Faixa	POSIÇÃO/Pto		Dist. (m)	TEMPO (µseg)										
		Trans	Recep		MED Seca	1ª MED	2ª MED	3ª MED	4ª MED	5ª MED	6ª MED	7ª MED	8ª MED	9ª MED	10ª MED
1	HI	1	2	0,20	91,5	107,2	107,2	104,4	72,4	102,8	102,5	70,9	74,2	86,3	72,9
2	HI	1	3	0,40	212,1	211,8	214,2	211,7	181,7	203,7	216,2	148,2	178,2	153,2	133,7
3	HI	1	4	0,60	307,0	314,4	316,2	306,2	305,1	294,7	302,4	300,7	288,4	306,6	301,2
4	V1	1	5	0,15	59,2	107,7	62,4	53,7	53,3	52,7	60,7	41,7	53,1	62,6	47,2
5	V1	1	9	0,30	117,3	120,3	121,3	124,2	122,3	121,6	119,6	91,8	109,3	133,2	121,8
6	V2	2	6	0,15	65,2	68,9	64,5	50,7	53,2	56,2	76,2	47,2	39,6	53,2	53,2
7	V2	2	10	0,30	126,7	146,7	128,4	124,0	124,7	137,9	142,5	93,8	104,1	110,5	82,3
8	V3	3	7	0,15	72,0	68,2	61,2	57,7	57,4	57,8	56,7	40,8	63,6	65,5	45,3
9	V3	3	11	0,30	153,6	119,6	123,3	132,2	110,6	101,8	96,5	96,4	101,2	124,2	98,4
10	V4	4	8	0,15	69,6	67,2	58,1	61,6	65,0	62,0	57,7	59,3	49,2	51,7	59,7
11	V4	4	12	0,30	128,7	147,1	136,1	139,3	139,7	127,2	124,6	127,2	124,1	117,0	120,4
12	HM	5	6	0,20	85,2	104,2	68,8	69,7	52,7	67,2	67,2	57,1	60,3	60,7	53,4
13	HM	5	7	0,40	178,6	205,3	122,7	123,4	124,2	125,8	123,6	111,7	123,2	124,1	115,8
14	HM	5	8	0,60	176,3	179,2	174,2	174,2	179,6	177,7	174,8	171,7	185,3	176,0	166,2
15	HS	9	10	0,20	88,7	107,4	102,5	109,2	98,4	100,3	69,4	95,1	94,4	102,0	84,6
16	HS	9	11	0,40	174,7	197,9	202,4	180,2	171,7	188,7	190,3	171,2	177,1	171,7	172,2
17	HS	9	12	0,60	293,1	299,6	303,2	299,2	297,2	304,0	299,1	249,2	270,2	296,2	271,2

Tabela A13 – Medições de UPV – Bloco B2 molhado – Face 4 Inferior - Tipo INDIRETA

UMIDADE RELATIVA					59%	69%	68%	66%	62%	59%	58%	57%	56%	56%	54%
TEMPERATURA					26,1 °C	25,3 °C	25,6 °C	26,9 °C	27,0 °C	27,6 °C	27,5 °C	28,1 °C	28,1 °C	28,4 °C	28,2 °C
DATA					11/02/11	28/02/11	28/02/11	28/02/11	28/02/11	28/02/11	28/02/11	28/02/11	28/02/11	28/02/11	28/02/11
Item	Camada/ Faixa	POSIÇÃO/Pto		Dist. (m)	TEMPO (µseg)										
		Trans	Recep		MED Seca	1ª MED	2ª MED	3ª MED	4ª MED	5ª MED	6ª MED	7ª MED	8ª MED	9ª MED	10ª MED
1	HI	1	2	0,20	71,2	68,8	71,9	70,1	80,0	78,5	80,2	81,3	80,7	76,7	89,7
2	HI	1	3	0,40	138,7	145,0	152,7	146,6	147,2	146,7	145,8	145,2	147,2	143,8	182,2
3	HI	1	4	0,60	228,6	253,8	285,3	286,2	252,8	241,5	253,4	249,2	256,4	241,2	290,7
4	V1	1	5	0,15	66,3	49,4	58,5	54,2	67,3	68,3	64,8	63,2	64,6	65,7	62,5
5	V1	1	9	0,30	88,2	88,2	109,8	100,4	111,9	113,3	102,2	99,5	110,6	90,8	111,2
6	V2	2	6	0,15	69,2	51,3	61,2	55,2	58,2	68,2	58,2	58,3	66,7	56,7	65,2
7	V2	2	10	0,30	111,1	88,9	93,6	89,2	90,2	99,7	104,7	102,3	102,7	113,7	102,0
8	V3	3	7	0,15	67,6	58,1	65,7	67,6	70,2	68,2	70,9	66,5	67,1	66,3	66,7
9	V3	3	11	0,30	109,1	100,7	109,7	116,2	113,2	111,7	114,5	113,6	112,2	103,2	114,2
10	V4	4	8	0,15	65,8	48,7	65,2	67,3	62,7	67,1	62,7	61,2	71,6	60,1	61,6
11	V4	4	12	0,30	103,2	90,6	95,6	100,2	111,2	93,8	104,8	110,1	99,2	114,4	110,7
12	HM	5	6	0,20	76,2	62,7	74,0	76,7	78,4	73,1	67,2	74,0	64,6	74,1	75,8
13	HM	5	7	0,40	135,5	128,3	136,7	137,5	138,2	127,9	127,3	128,9	120,5	127,5	132,2
14	HM	5	8	0,60	181,6	180,4	182,7	192,2	198,7	183,1	181,5	184,1	182,5	182,6	183,1
15	HS	9	10	0,20	86,6	88,4	89,3	87,7	89,7	87,8	88,3	87,3	87,3	87,3	88,5
16	HS	9	11	0,40	151,1	186,4	192,6	193,2	193,2	196,2	200,1	193,6	198,5	202,1	199,7
17	HS	9	12	0,60	256,6	308,2	301,1	296,1	310,5	313,7	321,4	296,0	296,5	308,3	308,6

Tabela A14 – Medições de UPV – Bloco B3 molhado – Face 4 Inferior - Tipo INDIRETA

UMIDADE RELATIVA					58%	53%	54%	53%	49%	46%	44%	41%	40%	43%	43%
TEMPERATURA					28,5 °C	27,1 °C	26,3 °C	27,3 °C	28,6 °C	29,1 °C	29,8 °C	29,8 °C	30,0 °C	29,7 °C	29,1 °C
DATA					11/02/11	25/04/11	25/04/11	25/04/11	25/04/11	25/04/11	25/04/11	25/04/11	25/04/11	25/04/11	25/04/11
Item	Camada/ Faixa	POSIÇÃO/Pto		Dist. (m)	TEMPO (µseg)										
		Trans	Recep		MED Seca	1ª MED	2ª MED	3ª MED	4ª MED	5ª MED	6ª MED	7ª MED	8ª MED	9ª MED	10ª MED
1	HI	1	2	0,20	94,4	87,5	98,2	99,6	98,7	98,7	98,2	99,2	98,1	101,5	106,2
2	HI	1	3	0,40	159,2	165,4	185,7	199,7	198,6	188,7	199,5	201,7	203,2	202,2	291,5
3	HI	1	4	0,60	292,5	343,2	347,2	345,2	339,7	335,6	351,2	351,4	332,2	331,8	414,2
4	V1	1	5	0,15	72,3	73,7	72,5	77,5	79,7	74,9	125,2	80,4	80,2	85,2	77,8
5	V1	1	9	0,30	118,7	122,2	120,7	121,5	120,1	121,4	85,3	123,5	123,4	123,4	123,3
6	V2	2	6	0,15	76,2	56,1	60,5	89,7	83,2	87,7	113,4	90,9	96,2	91,3	92,4
7	V2	2	10	0,30	118,8	102,7	124,1	124,9	124,2	124,7	81,3	113,7	111,8	126,2	112,8
8	V3	3	7	0,15	84,7	63,5	82,2	82,2	82,1	81,7	113,7	81,7	92,2	84,1	83,6
9	V3	3	11	0,30	122,7	113,5	125,8	123,4	122,7	121,5	73,3	119,3	170,0	125,2	125,1
10	V4	4	8	0,15	80,5	71,6	72,6	71,9	70,7	80,3	119,2	86,1	73,3	82,3	78,5
11	V4	4	12	0,30	122,0	119,5	118,2	118,2	120,7	117,7	86,5	119,2	119,6	118,6	119,0
12	HM	5	6	0,20	85,7	72,1	86,1	79,2	99,2	86,2	146,2	74,8	87,6	73,2	87,2
13	HM	5	7	0,40	148,7	140,5	147,2	150,9	151,7	149,2	199,6	150,8	143,6	145,2	150,2
14	HM	5	8	0,60	195,7	195,9	196,4	197,4	196,7	196,0	103,2	195,5	199,4	200,2	199,3
15	HS	9	10	0,20	103,8	103,2	104,1	93,6	94,2	97,7	299,6	99,4	106,6	91,3	105,6
16	HS	9	11	0,40	192,5	156,9	157,3	157,5	158,2	159,0	348,2	172,4	159,8	161,7	164,0
17	HS	9	12	0,60	243,2	356,2	352,2	324,7	294,7	353,7	#REF!	253,5	336,8	337,4	342,0

Tabela A15 – Medições de UPV – Bloco B4 molhado – Face 4 Inferior - Tipo INDIRETA

UMIDADE RELATIVA					41%	64%	57%	53%	45%	44%	48%	49%	49%	53%	53%
TEMPERATURA					30,1 °C	25,5 °C	27,6 °C	28,9 °C	30,3 °C	30,6 °C	29,6 °C	29,9 °C	29,1 °C	28,6 °C	28,4 °C
DATA					21/02/11	22/02/11	22/02/11	22/02/11	22/02/11	22/02/11	22/02/11	22/02/11	22/02/11	22/02/11	22/02/11
Item	Camada/ Faixa	POSIÇÃO/Pto		Dist. (m)	TEMPO (µseg)										
		Trans	Recep		MED Seca	1ª MED	2ª MED	3ª MED	4ª MED	5ª MED	6ª MED	7ª MED	8ª MED	9ª MED	10ª MED
1	HI	1	2	0,20	80,7	119,8	118,7	113,2	108,2	80,8	83,3	80,4	96,2	82,1	83,7
2	HI	1	3	0,40	168,2	238,8	226,2	226,3	217,7	206,8	203,9	208,7	152,7	156,7	143,3
3	HI	1	4	0,60	309,7	329,5	327,7	314,9	327,1	258,9	333,9	328,7	332,3	328,3	333,6
4	V1	1	5	0,15	74,9	74,3	83,2	63,9	76,6	60,7	59,1	87,7	66,2	56,5	56,2
5	V1	1	9	0,30	120,3	151,7	147,1	150,2	134,1	113,1	119,1	185,1	128,6	148,1	133,2
6	V2	2	6	0,15	60,2	70,2	65,7	70,3	72,6	53,6	101,2	62,1	68,3	53,4	67,7
7	V2	2	10	0,30	122,4	157,5	147,2	150,2	142,5	144,1	143,7	145,6	142,2	134,5	144,6
8	V3	3	7	0,15	59,2	88,2	73,4	67,7	76,4	54,7	60,7	51,7	61,2	55,4	55,2
9	V3	3	11	0,30	133,1	155,2	153,3	162,4	151,2	118,4	149,9	94,6	149,2	130,2	88,7
10	V4	4	8	0,15	71,2	80,1	104,2	74,7	75,2	80,7	70,0	69,4	72,5	75,7	61,9
11	V4	4	12	0,30	153,4	148,3	154,2	183,2	157,2	177,2	151,2	123,3	127,8	188,5	123,1
12	HM	5	6	0,20	73,2	89,4	80,2	107,3	98,3	70,5	69,7	73,2	74,3	72,1	100,7
13	HM	5	7	0,40	129,8	198,2	140,7	198,1	145,3	119,8	118,6	152,3	132,6	119,0	119,8
14	HM	5	8	0,60	324,6	318,6	317,7	346,7	338,3	230,4	279,8	293,8	308,2	190,7	212,7
15	HS	9	10	0,20	125,2	139,0	113,7	121,5	115,3	114,4	108,6	115,4	111,1	112,5	119,1
16	HS	9	11	0,40	210,1	213,6	211,4	214,0	210,6	213,3	194,2	207,3	201,2	201,2	209,7
17	HS	9	12	0,60	338,2	331,7	334,8	292,7	293,1	293,0	297,5	296,7	293,2	316,5	297,2

Tabela A16 – Medições de UPV – Bloco B5 molhado – Face 4 Inferior - Tipo INDIRETA

UMIDADE RELATIVA					50%	67%	68%	65%	61%	59%	56%	55%	54%	52%	50%
TEMPERATURA					29,5 °C	21,3 °C	21,5 °C	23,3 °C	24,5 °C	24,9 °C	25,5 °C	25,2 °C	25,8 °C	25,9 °C	25,5 °C
DATA					11/02/11	27/04/11	27/04/11	27/04/11	27/04/11	27/04/11	27/04/11	27/04/11	27/04/11	27/04/11	27/04/11
Item	Camada/ Faixa	POSIÇÃO/Pto		Dist. (m)	TEMPO (µseg)										
		Trans	Recep		MED Seca	1ª MED	2ª MED	3ª MED	4ª MED	5ª MED	6ª MED	7ª MED	8ª MED	9ª MED	10ª MED
1	HI	1	2	0,20	89,1	101,7	98,6	102,0	103,7	103,5	105,7	104,7	104,5	104,2	105,9
2	HI	1	3	0,40	256,1	255,5	273,8	266,7	223,7	220,7	246,6	220,6	225,2	222,8	199,3
3	HI	1	4	0,60	274,2	331,2	640,7	425,2	331,3	325,8	429,8	329,5	437,2	372,3	339,7
4	V1	1	5	0,15	67,9	77,2	89,2	97,7	77,9	88,2	87,2	87,4	87,1	83,8	87,3
5	V1	1	9	0,30	171,5	124,2	124,2	121,2	122,4	123,0	120,3	120,3	124,2	120,7	123,7
6	V2	2	6	0,15	79,2	80,9	82,9	80,7	82,8	84,2	70,9	80,7	82,7	82,3	93,7
7	V2	2	10	0,30	162,5	126,7	126,4	125,7	128,7	126,3	126,5	123,2	126,2	115,4	113,3
8	V3	3	7	0,15	84,2	80,7	82,7	81,2	81,5	79,5	82,2	80,2	81,1	83,0	82,1
9	V3	3	11	0,30	126,2	122,1	123,4	122,2	121,4	121,1	122,2	122,5	123,1	123,7	124,7
10	V4	4	8	0,15	79,5	84,8	91,3	82,4	93,7	79,7	85,6	82,3	98,5	93,9	93,2
11	V4	4	12	0,30	123,5	178,5	179,5	175,7	179,5	176,8	171,2	141,5	179,2	171,7	176,1
12	HM	5	6	0,20	98,2	98,6	100,1	90,6	84,3	101,2	102,0	101,0	100,6	100,1	91,9
13	HM	5	7	0,40	151,3	154,4	156,3	155,7	159,7	153,7	157,2	154,3	157,9	156,2	156,4
14	HM	5	8	0,60	268,6	267,6	451,2	268,5	269,7	271,3	404,4	295,7	271,6	274,7	273,2
15	HS	9	10	0,20	193,6	98,7	100,1	97,0	100,2	99,8	100,2	99,2	103,2	100,7	96,0
16	HS	9	11	0,40	569,7	226,5	230,3	227,1	236,5	236,5	229,4	236,1	241,2	234,1	232,2
17	HS	9	12	0,60	707,6	335,0	327,5	358,8	337,3	331,4	339,2	355,7	346,7	339,4	344,7

Tabela A17 – Medições de UPV – Bloco B6 molhado – Face 4 Inferior - Tipo INDIRETA

UMIDADE RELATIVA					50%	62%	62%	61%	61%	57%	50%	47%	46%	45%	42%
TEMPERATURA					29,9 °C	20,4 °C	21,8 °C	23,6 °C	24,8 °C	25,6 °C	26,2 °C	26,2 °C	26,3 °C	26 °C	26,4 °C
DATA					11/02/11	29/04/11	29/04/11	29/04/11	29/04/11	29/04/11	29/04/11	29/04/11	29/04/11	29/04/11	29/04/11
Item	Camada/ Faixa	POSIÇÃO/Pto		Dist. (m)	TEMPO (µseg)										
		Trans	Recep		MED Seca	1ª MED	2ª MED	3ª MED	4ª MED	5ª MED	6ª MED	7ª MED	8ª MED	9ª MED	10ª MED
1	HI	1	2	0,20	114,8	112,9	109,4	109,0	97,2	98,5	97,5	99,3	100,3	102,2	100,9
2	HI	1	3	0,40	303,6	246,6	173,2	175,2	174,9	174,2	177,7	174,6	177,3	176,2	175,9
3	HI	1	4	0,60	463,6	378,5	376,4	363,1	379,1	373,2	378,4	377,7	397,4	395,6	398,7
4	V1	1	5	0,15	85,2	80,8	81,2	80,5	71,7	71,2	66,7	69,7	69,6	75,2	69,7
5	V1	1	9	0,30	130,6	157,2	154,1	153,3	140,6	152,7	152,1	149,7	151,9	152,2	156,7
6	V2	2	6	0,15	81,0	88,4	96,8	86,7	75,6	90,0	84,5	79,7	94,8	99,2	100,2
7	V2	2	10	0,30	188,2	142,2	136,5	138,2	139,1	139,3	138,7	140,9	128,7	144,2	140,1
8	V3	3	7	0,15	69,4	82,9	72,4	82,2	82,8	86,7	83,9	83,7	82,8	83,2	86,4
9	V3	3	11	0,30	135,3	141,0	126,7	140,6	131,2	139,3	144,2	139,6	142,3	142,1	142,2
10	V4	4	8	0,15	79,9	90,3	82,4	85,2	82,7	84,4	93,2	86,7	85,2	83,2	85,8
11	V4	4	12	0,30	135,2	191,5	176,7	129,2	129,2	128,2	134,6	135,6	129,7	131,7	135,2
12	HM	5	6	0,20	82,7	80,9	79,1	80,4	81,4	86,3	79,2	83,2	83,8	82,2	84,2
13	HM	5	7	0,40	147,2	148,7	159,2	160,2	161,2	160,6	146,9	150,2	150,7	161,6	149,9
14	HM	5	8	0,60	204,1	203,2	191,9	204,6	204,2	205,2	197,2	205,8	204,5	193,5	205,5
15	HS	9	10	0,20	84,5	120,2	120,6	107,2	122,2	122,1	120,4	124,2	120,6	123,3	123,8
16	HS	9	11	0,40	229,5	198,7	228,7	185,2	242,2	201,1	204,2	201,4	255,2	244,7	267,1
17	HS	9	12	0,60	380,6	417,2	393,3	395,7	418,7	421,2	419,2	498,7	452,1	491,9	491,7

Tabela A18 – Medições de UPV – Vigas Secas – Face 1 Lateral Direita - Tipo INDIRETA

UMIDADE RELATIVA					74%	71%	72%	57%	52%	57%	49%	55%	59%	54%	62%
TEMPERATURA					23,5 °C	25,1 °C	25,4 °C	27,5 °C	28,5 °C	26,4 °C	29,2 °C	28,1 °C	27,8 °C	27,7 °C	26,1 °C
DATA					13/01/11	15/01/11	20/01/11	21/01/11	24/01/11	27/01/11	27/01/11	28/01/11	31/01/11	01/02/11	03/02/11
Item	Camada/ Faixa	POSIÇÃO/Pto		Dist. (m)	TEMPO (µ seg)										
		Trans	Recep		V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11
1	HI	1	2	0,30	128,7	0,0	163,6	178,9	161,2	160,7	153,3	153,2	136,7	167,2	142,7
2	HI	1	3	0,60	286,8	327,7	325,1	319,7	223,9	323,7	327,4	311,7	311,9	326,0	250,6
3	HI	1	4	0,90	416,6	628,5	524,2	585,6	463,8	420,3	568,6	508,7	480,0	661,2	393,5
4	HI	1	5	1,20	734,7	921,5	741,2	995,2	140,6	667,4	652,7	744,7	818,6	724,9	644,5
5	HI	1	6	1,50	755,2	1210,5	1182,4	1273,9	350,7	734,6	875,4	980,7	1164,7	956,7	685,6
6	HI	1	7	1,80	1070,0	1534,8	1536,8	1823,8	500,4	1063,7	1284,5	1109,2	1636,8	1261,5	851,2
7	V1	1	8	0,11	59,2	56,2	52,5	49,4	60,2	49,7	55,7	51,7	52,4	49,5	51,1
8	V1	1	15	0,22	111,8	114,7	87,7	107,7	142,8	79,7	104,3	113,6	102,4	119,2	79,9
9	V2	2	9	0,11	69,1	68,2	61,7	62,2	61,7	62,7	67,7	63,7	50,7	62,3	50,4
10	V2	2	16	0,22	121,1	105,8	120,2	111,5	117,6	105,7	110,9	115,8	105,4	102,7	77,2
11	V3	3	10	0,11	69,7	57,9	60,9	62,4	70,9	73,2	73,9	81,4	65,4	68,4	54,7
12	V3	3	17	0,22	122,2	114,7	107,2	112,8	131,6	86,7	115,7	116,5	120,6	117,1	78,4
13	V4	4	11	0,11	69,2	56,7	62,5	66,3	68,7	71,1	63,7	63,3	67,6	67,2	40,6
14	V4	4	18	0,22	118,4	112,2	98,6	116,7	117,6	86,2	109,4	104,5	106,1	116,4	79,5
15	V5	5	12	0,11	73,2	62,4	59,7	57,4	72,1	69,2	62,4	65,1	64,7	64,7	54,3
16	V5	5	19	0,22	119,7	116,6	105,3	106,5	86,8	84,6	103,6	105,6	124,5	124,7	73,4
17	V6	6	13	0,11	70,2	67,4	56,5	48,9	60,5	61,7	60,2	54,7	68,1	67,4	54,5
18	V6	6	20	0,22	118,2	110,5	100,7	102,4	115,6	84,7	107,4	97,7	152,7	111,1	72,2
19	V7	7	14	0,11	67,8	53,2	69,2	63,2	69,1	58,9	58,2	45,7	63,4	64,7	55,7
20	V7	7	21	0,22	112,4	102,7	111,5	118,9	110,5	71,1	114,2	78,7	119,3	108,7	82,2
21	HM	8	9	0,30	148,7	102,7	152,4	131,5	153,1	145,4	156,6	156,3	156,8	150,2	154,2
22	HM	8	10	0,60	325,7	395,8	324,5	304,6	311,2	229,8	301,3	311,2	337,5	303,3	315,4
23	HM	8	11	0,90	456,6	662,1	459,7	486,6	655,3	476,5	417,1	478,7	465,7	435,7	467,6
24	HM	8	12	1,20	649,2	751,5	608,7	631,8	937,4	579,5	607,7	777,2	656,2	622,2	577,1
25	HM	8	13	1,50	849,0	1079,8	837,5	909,1	-	859,1	907,7	805,3	962,5	839,1	708,6
26	HM	8	14	1,80	1212,6	893,2	1068,7	1296,7	-	948,7	1365,1	1053,4	1156,7	1194,1	1081,7
27	HS	15	16	0,30	152,2	151,2	159,6	161,2	170,7	136,4	150,7	157,8	155,5	159,1	158,6
28	HS	15	17	0,60	289,3	309,1	272,7	319,7	399,3	249,8	364,5	363,3	332,5	405,2	319,2
29	HS	15	18	0,90	471,9	444,5	546,6	474,2	489,7	401,3	609,2	467,5	472,2	681,6	463,4
30	HS	15	19	1,20	618,7	632,9	615,7	621,5	767,1	675,8	799,5	609,7	617,4	787,8	609,2
31	HS	15	20	1,50	763,8	837,5	897,8	767,2	-	823,6	921,1	1014,9	799,3	930,8	751,7
32	HS	15	21	1,80	911,1	899,1	1041,5	1525,4	-	996,5	1295,7	1206,1	840,5	1166,7	951,4

Tabela A19 – Medições de UPV – Vigas Secas – Face 2 Lateral Esquerda - Tipo INDIRETA

UMIDADE RELATIVA				78	71	66	57	53	58	46	54	61	54	62	
TEMPERATURA				24,2	25,1	25,1	27,5	28,7	220	29,4	28,3	25,9	27,9	435	
DATA				29/12/2010	15/1/2011	21/1/2011	J133	24/1/2011	27/1/2011	27/1/2011	28/1/2011	31/1/2011	01/02/2011	03/02/2011	
Item	Camada/ Faixa	POSIÇÃO/Pto		Dist. (m)	TEMPO (μ seg)										
		Trans	Recep		V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11
1	HI	1	2	0,30	155,6	165,4	154,7	167,8	165,1	136,3	189,7	161,2	156,0	181,2	148,2
2	HI	1	3	0,60	307,2	234,4	280,8	346,7	449,5	238,5	340,4	397,9	232,7	371,0	313,4
3	HI	1	4	0,90	430,2	473,6	418,7	490,1	628,2	497,2	703,3	497,7	488,7	607,4	509,1
4	HI	1	5	1,20	654,1	722,1	678,7	795,2	619,5	727,9	825,7	659,6	642,1	881,8	606,2
5	HI	1	6	1,50	846,2	1058,6	787,8	1253,0	706,2	899,7	1104,7	962,3	931,2	906,5	875,2
6	HI	1	7	1,80	1206,8	1308,7	1042,2	1783,1	-	1018,0	1893,6	1203,5	1072,3	1039,3	1010,2
7	V1	1	8	0,11	62,3	56,3	58,6	40,5	67,5	56,1	61,3	53,2	59,2	50,9	52,2
8	V1	1	15	0,22	112,3	106,2	115,4	79,5	126,1	82,7	112,9	118,7	125,1	111,7	113,6
9	V2	2	9	0,11	61,4	61,3	64,6	69,1	66,4	69,1	59,7	66,2	71,7	59,7	57,3
10	V2	2	16	0,22	114,3	116,7	105,5	119,4	118,8	85,2	102,2	112,7	158,2	106,8	82,1
11	V3	3	10	0,11	70,6	62,8	48,6	56,7	62,6	57,2	54,4	54,9	66,2	53,4	59,7
12	V3	3	17	0,22	116,2	115,7	94,8	122,7	119,3	118,4	114,7	113,4	113,2	107,3	101,7
13	V4	4	11	0,11	62,1	56,1	57,4	70,6	76,4	59,7	61,7	42,6	65,3	64,1	51,4
14	V4	4	18	0,22	100,9	112,2	112,3	125,8	126,5	124,1	110,2	123,5	85,2	123,6	83,2
15	V5	5	12	0,11	54,5	51,1	50,1	69,8	69,2	57,2	52,5	56,1	57,5	66,7	65,2
16	V5	5	19	0,22	113,7	112,0	106,1	117,1	122,7	104,4	105,7	162,1	118,3	147,6	79,5
17	V6	6	13	0,11	73,7	125,4	53,6	64,9	65,6	57,8	61,2	48,3	58,7	53,4	57,6
18	V6	6	20	0,22	113,8	67,9	119,8	139,7	128,9	115,4	112,2	111,6	118,2	115,1	109,6
19	V7	7	14	0,11	70,2	113,4	50,7	67,3	63,5	48,9	68,1	67,2	72,6	59,5	57,5
20	V7	7	21	0,22	114,8	141,2	107,9	116,6	138,4	107,8	117,7	142,2	119,9	69,2	119,5
21	HM	8	9	0,30	155,7	103,7	158,7	199,9	171,1	159,2	152,7	140,4	196,8	152,4	155,5
22	HM	8	10	0,60	247,7	222,7	342,7	303,5	371,4	289,5	306,2	306,5	307,7	306,5	289,6
23	HM	8	11	0,90	424,6	480,1	445,8	-	493,2	412,9	440,3	424,7	535,7	411,5	497,4
24	HM	8	12	1,20	570,7	594,1	623,3	663,3	743,8	618,4	603,5	640,2	641,7	667,3	697,2
25	HM	8	13	1,50	841,7	728,4	772,3	1308,9	-	895,7	730,8	796,6	813,5	928,3	877,5
26	HM	8	14	1,80	964,6	820,2	935,8	1482,7	-	1040,8	-	1314,9	1002,7	1011,2	954,5
27	HS	15	16	0,30	143,2	153,2	157,2	160,3	154,3	157,7	156,2	171,2	175,4	130,7	103,9
28	HS	15	17	0,60	298,8	341,7	241,7	302,4	317,7	340,1	365,9	382,5	314,3	334,3	449,6
29	HS	15	18	0,90	445,2	460,2	458,1	450,6	591,1	458,3	646,3	581,4	459,5	568,8	562,5
30	HS	15	19	1,20	581,7	705,3	601,3	731,4	857,9	680,3	725,5	861,1	655,6	787,5	637,5
31	HS	15	20	1,50	716,5	758,7	818,7	1340,9	-	805,0	916,7	-	-	862,8	751,2
32	HS	15	21	1,80	854,6	977,7	1027,3	1658,8	-	1055,2	1176,2	-	-	1021,7	897,8

Tabela A20 – Medições de UPV – Vigas Secas – Face 2 e 3 Laterais Direita/Esquerda - Tipo DIRETA

UMIDADE RELATIVA				67	67	71	61	50	58	45	53	63	60	64	
TEMPERATURA				25,2	24,6	25,1	25,0	29,0	26,6	29,6	28,3	25,2	25,9	26,0	
DATA				19/1/2011	19/1/2011	29/12/2010	24/1/2011	24/1/2011	27/1/2011	27/1/2011	29/12/2010	31/1/2011	1/2/2011	3/2/2011	
Item	Camada/ Faixa	POSIÇÃO/Pto		Dist. (m)	TEMPO (μ seg)										
		Trans	Recep		V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11
1	HI	1	28	0,20	51,7	55,3	-	50,2	54,2	55,1	53,8	56,2	55,6	59,3	50,1
2	HI	2	27	0,20	52,8	109,5	-	48,7	58,7	53,6	54,2	55,5	55,6	51,3	50,2
3	HI	3	26	0,20	50,7	53,1	-	52,2	56,7	54,1	57,1	56,2	52,7	52,6	49,2
4	HI	4	25	0,20	54,7	56,7	-	51,7	58,7	56,9	56,2	57,2	51,8	56,7	52,6
5	HI	5	24	0,20	59,2	52,8	-	54,2	56,2	54,8	55,6	51,7	55,2	54,8	50,4
6	HI	6	23	0,20	54,6	52,3	-	52,3	58,1	53,7	55,2	58,7	53,4	56,8	50,2
7	HI	7	22	0,20	53,2	56,3	-	51,2	58,4	52,8	55,4	56,1	55,6	54,2	51,6
8	HM	8	35	0,20	50,2	51,1	-	47,1	60,7	52,3	51,9	53,7	52,2	53,4	49,6
9	HM	9	34	0,20	51,4	50,2	-	49,3	56,2	49,2	52,2	53,3	50,1	51,1	50,3
10	HM	10	33	0,20	50,2	50,6	-	49,7	55,7	50,7	53,2	55,4	53,7	51,8	48,7
11	HM	11	32	0,20	51,1	50,3	-	51,3	56,2	50,5	54,2	54,7	51,2	51,7	50,4
12	HM	12	31	0,20	54,6	52,1	-	49,1	55,9	51,2	54,1	52,9	52,7	50,7	49,7
13	HM	13	30	0,20	53,4	50,2	-	53,2	57,7	48,4	53,7	51,1	55,2	50,2	50,4
14	HM	14	29	0,20	53,5	50,4	-	52,2	54,3	52,2	51,3	53,7	52,8	49,6	45,9
15	HS	15	42	0,20	53,2	53,9	-	55,2	55,2	53,2	55,6	63,4	50,8	55,1	49,5
16	HS	16	41	0,20	53,2	52,4	-	53,2	59,2	51,2	55,7	77,2	50,7	53,4	50,4
17	HS	17	40	0,20	54,4	50,7	-	54,2	58,2	51,8	61,2	56,8	55,8	54,9	52,1
18	HS	18	39	0,20	52,2	52,1	-	54,5	58,2	51,8	55,7	74,7	52,4	54,7	51,7
19	HS	19	38	0,20	56,2	51,8	-	54,2	57,7	54,1	54,7	74,6	54,8	51,5	50,6
20	HS	20	37	0,20	54,7	52,1	-	54,7	58,4	55,3	52,8	55,7	55,4	53,7	51,2
21	HS	21	36	0,20	53,7	53,2	-	55,7	63,7	56,8	52,1	55,3	54,8	63,2	48,2

Tabela A21 – Medições de UPV – Viga V2 Molhada – Face 2 Lateral Esquerda - Tipo INDIRETA

UMIDADE RELATIVA				71	77	75	67	63	64	67	62	64	65	67	
TEMPERATURA				25,1	21,8	22,4	24,1	24,9	24,9	24,1	25,2	24,9	24,3	24,1	
DATA				15/01/11	22/03/11	22/03/11	22/03/11	22/03/11	22/03/11	22/03/11	22/03/11	22/03/11	22/03/11	22/03/11	
Item	Camada/ Faixa	POSIÇÃO/Pto		Dist. (m)	TEMPO (μ seg)										
		Trans	Recep		V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11
1	HI	1	28	0,20	165,4	124,2	127,3	124,7	124,2	123,6	126,4	122,5	126,4	117,9	124,6
2	HI	2	27	0,20	234,4	258,7	256,8	252,5	252,2	252,2	254,2	247,7	258,2	208,2	233,2
3	HI	3	26	0,20	473,6	424,1	452,2	427,2	428,2	482,0	428,2	425,5	430,2	334,1	333,7
4	HI	4	25	0,20	722,1	651,6	631,8	603,6	649,8	650,7	652,2	547,6	647,8	499,2	497,7
5	HI	5	24	0,20	1058,6	792,2	787,2	782,2	788,5	786,9	793,3	784,4	786,0	790,7	787,9
6	HI	6	23	0,20	1308,7	925,7	935,8	939,5	941,6	940,2	933,1	931,7	941,2	897,6	948,4
7	HI	7	22	0,20	56,3	56,7	56,0	45,9	45,1	47,5	44,7	47,2	48,5	46,7	45,1
8	HM	8	35	0,20	106,2	103,1	102,2	98,3	76,8	77,7	77,2	86,5	78,1	79,0	76,4
9	HM	9	34	0,20	61,3	49,7	48,4	47,6	51,5	46,4	51,4	51,3	49,2	44,9	47,7
10	HM	10	33	0,20	116,7	78,4	80,5	91,3	80,2	80,3	96,2	77,7	79,7	78,9	77,3
11	HM	11	32	0,20	62,8	42,8	50,2	44,8	47,9	43,2	46,4	40,7	50,5	44,2	40,2
12	HM	12	31	0,20	115,7	81,3	103,1	86,6	83,2	85,1	82,8	82,1	82,4	70,8	69,1
13	HM	13	30	0,20	56,1	44,0	47,4	51,6	43,2	45,2	47,2	46,2	45,7	43,7	41,5
14	HM	14	29	0,20	112,2	88,4	104,1	101,2	97,5	77,7	76,2	91,2	76,7	78,9	76,7
15	HS	15	42	0,20	51,1	40,7	48,2	41,7	49,2	51,9	52,7	38,2	40,5	40,9	41,1
16	HS	16	41	0,20	112,0	86,2	86,4	83,2	91,2	87,7	81,4	86,2	82,3	81,2	82,4
17	HS	17	40	0,20	125,4	49,7	52,2	50,1	53,0	54,3	51,7	52,2	49,7	49,8	48,6
18	HS	18	39	0,20	67,9	81,8	85,2	82,4	82,5	81,7	85,2	82,2	80,8	78,7	78,1
19	HS	19	38	0,20	113,4	54,2	57,6	53,6	54,5	55,7	55,9	50,2	51,7	51,2	50,3
20	HS	20	37	0,20	141,2	97,1	116,6	103,2	102,2	95,5	89,2	77,5	78,2	78,8	78,4
21	HS	21	36	0,20	103,7	102,2	103,2	101,7	100,7	99,7	101,3	101,5	100,7	90,6	101,9

Tabela A22 – Medições de UPV – Viga V3 Molhada – Face 2 Lateral Esquerda - Tipo INDIRETA

UMIDADE RELATIVA					66	79	80	80	80	80	80	80	81	80	80	80
TEMPERATURA					25,1	21,9	21,6	22,2	22,9	23,2	22,3	22,7	23,2	22,9	22,3	
DATA					21/01/11	21/03/11	21/03/11	21/03/11	21/03/11	21/03/11	21/03/11	21/03/11	21/03/11	21/03/11	21/03/11	
Item	Camada/ Faixa	POSIÇÃO/Pto		Dist. (m)	TEMPO (μ seg)											
		Trans	Recep		V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	
1	HI	1	2	0,30	178,9	154,7	128,3	127,2	125,9	126,2	98,5	99,7	98,7	99,2	95,1	
2	HI	1	3	0,60	319,7	280,8	254,2	277,2	249,3	248,6	209,2	189,6	186,7	189,8	190,2	
3	HI	1	4	0,90	585,6	418,7	397,1	394,3	342,1	394,3	371,2	325,3	324,7	325,7	324,7	
4	HI	1	5	1,20	995,2	678,7	543,3	546,9	549,5	549,2	495,2	517,4	546,9	548,4	544,6	
5	HI	1	6	1,50	1273,9	787,8	781,4	780,2	779,2	779,7	683,7	715,4	756,5	706,7	759,8	
6	HI	1	7	1,80	1823,8	1042,2	862,1	860,2	821,3	881,7	781,3	795,2	822,6	800,5	779,5	
7	V1	1	8	0,11	49,4	58,6	42,2	52,7	43,7	40,1	39,1	37,7	41,2	44,2	41,0	
8	V1	1	15	0,22	107,7	115,4	86,4	96,2	90,7	84,7	82,6	88,2	84,2	82,6	82,5	
9	V2	2	9	0,11	62,2	64,6	51,7	54,7	52,3	48,9	40,2	48,0	37,7	54,9	30,3	
10	V2	2	16	0,22	111,5	105,5	81,3	80,7	78,7	81,9	80,7	80,4	79,1	80,6	80,7	
11	V3	3	10	0,11	62,4	48,6	54,7	50,2	51,8	54,2	48,8	51,4	52,7	46,7	50,6	
12	V3	3	17	0,22	112,8	94,8	82,6	82,7	93,1	84,2	79,8	76,2	79,3	83,5	76,2	
13	V4	4	11	0,11	66,3	57,4	45,9	51,9	81,7	46,2	44,3	46,9	46,2	50,5	45,2	
14	V4	4	18	0,22	116,7	112,3	75,5	79,7	45,8	73,0	74,7	77,5	75,7	83,5	97,3	
15	V5	5	12	0,11	57,4	50,1	51,4	40,6	47,2	51,4	34,9	38,1	39,3	51,1	41,2	
16	V5	5	19	0,22	106,5	106,1	82,2	75,7	84,7	83,9	75,2	77,2	75,7	79,7	77,7	
17	V6	6	13	0,11	48,9	53,6	57,1	50,5	55,9	55,2	50,7	45,0	53,5	50,8	51,6	
18	V6	6	20	0,22	102,4	119,8	79,3	79,2	99,7	79,2	93,2	78,8	81,2	79,2	79,7	
19	V7	7	14	0,11	63,2	50,7	48,7	51,2	50,2	54,3	48,4	46,2	46,4	44,4	46,8	
20	V7	7	21	0,22	118,9	107,9	84,9	83,2	83,2	82,1	83,2	84,0	84,2	83,2	82,7	
21	HM	8	9	0,30	131,5	158,7	143,2	140,2	123,3	114,1	102,2	101,7	102,2	101,2	90,2	
22	HM	8	10	0,60	304,6	342,7	244,5	243,2	226,7	182,1	184,2	183,6	182,3	185,3	181,5	
23	HM	8	11	0,90	486,6	445,8	416,9	418,2	418,7	418,1	396,5	311,0	393,8	395,7	385,1	
24	HM	8	12	1,20	631,8	623,3	521,7	584,7	517,3	517,1	520,7	497,7	487,1	522,2	498,2	
25	HM	8	13	1,50	909,1	772,3	763,6	763,2	761,4	635,5	636,7	558,7	638,6	677,6	639,5	
26	HM	8	14	1,80	1296,7	935,8	927,5	925,2	801,1	798,7	777,7	798,7	798,2	899,6	798,5	
27	HS	15	16	0,30	161,2	157,2	102,7	104,7	103,9	104,7	96,0	104,7	94,4	106,5	104,4	
28	HS	15	17	0,60	319,7	241,7	212,2	215,6	215,1	215,2	189,2	198,8	185,7	214,3	186,4	
29	HS	15	18	0,90	474,2	458,1	413,7	408,2	411,1	408,8	315,7	307,9	322,2	380,1	325,1	
30	HS	15	19	1,20	621,5	601,3	525,7	546,7	518,3	510,6	477,6	481,5	525,3	523,2	524,2	
31	HS	15	20	1,50	767,2	818,7	693,8	696,9	697,5	673,4	631,3	632,7	693,2	650,2	672,7	
32	HS	15	21	1,80	1525,4	1027,3	897,3	804,7	767,2	768,7	766,5	770,8	770,2	718,6	757,5	

Tabela A23 – Medições de UPV – Viga V4 Molhada – Face 1 Lateral Direita - Tipo INDIRETA

UMIDADE RELATIVA					57	78	78	67	62	57	65	60	57	63	65
TEMPERATURA					27,5	23,3	24,4	26,7	27,9	28,8	26,3	27,9	28,8	27,6	26,3
DATA					21/01/11	17/03/11	17/03/11	17/03/11	17/03/11	17/03/11	17/03/11	17/03/11	17/03/11	17/03/11	17/03/11
Item	Camada/ Faixa	POSIÇÃO/Pto		Dist. (m)	TEMPO (μ seg)										
		Trans	Recep		V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11
1	HI	1	2	0,30	178,9	165,9	159,7	171,0	170,1	168,3	170,3	149,2	161,3	169,7	157,4
2	HI	1	3	0,60	319,7	317,6	318,7	317,4	322,2	316,7	325,5	321,2	319,3	318,2	322,4
3	HI	1	4	0,90	585,6	629,7	581,2	503,2	584,5	547,5	579,7	505,1	585,2	579,1	583,7
4	HI	1	5	1,20	995,2	802,3	635,3	728,9	833,9	656,2	839,2	657,8	680,3	657,7	770,2
5	HI	1	6	1,50	1273,9	891,7	887,9	721,9	888,8	700,7	716,8	712,7	709,7	663,0	659,7
6	HI	1	7	1,80	1823,8	1071,4	1022,1	1018,8	1023,7	955,3	875,2	874,5	875,4	872,4	887,4
7	V1	1	8	0,11	49,4	58,5	58,7	487,0	47,2	41,2	45,2	39,2	46,9	43,5	49,2
8	V1	1	15	0,22	107,7	110,2	116,2	109,6	109,2	108,3	100,1	102,3	102,2	103,7	79,1
9	V2	2	9	0,11	62,2	55,2	59,2	61,2	43,4	47,2	63,7	46,7	48,2	47,7	59,7
10	V2	2	16	0,22	111,5	117,7	110,0	118,2	109,1	112,2	110,7	113,1	112,9	81,5	114,1
11	V3	3	10	0,11	62,4	65,1	63,2	565,0	51,2	59,2	61,2	49,4	53,3	60,7	63,7
12	V3	3	17	0,22	112,8	121,3	92,5	119,6	109,2	106,4	106,7	91,1	82,6	103,1	90,0
13	V4	4	11	0,11	66,3	61,9	68,6	62,4	60,2	63,3	46,7	49,8	48,7	43,7	51,7
14	V4	4	18	0,22	116,7	143,2	122,2	114,6	114,8	121,7	116,2	110,8	112,8	91,2	92,2
15	V5	5	12	0,11	57,4	51,7	69,1	55,7	58,0	53,9	54,5	57,2	51,2	57,7	45,7
16	V5	5	19	0,22	106,5	113,7	115,3	102,6	112,4	107,7	96,0	104,4	111,2	83,2	98,7
17	V6	6	13	0,11	48,9	61,3	59,7	58,7	66,7	63,7	55,5	65,2	59,6	58,4	59,1
18	V6	6	20	0,22	102,4	129,6	117,2	119,2	112,0	114,5	112,1	15,7	106,6	86,7	99,5
19	V7	7	14	0,11	63,2	62,5	65,7	71,2	65,9	66,4	64,1	57,0	66,3	61,1	60,8
20	V7	7	21	0,22	118,9	114,7	119,4	117,7	137,5	120,1	115,2	119,2	117,5	115,6	118,3
21	HM	8	9	0,30	131,5	145,2	129,2	126,0	102,7	104,3	131,0	101,7	102,9	105,6	102,5
22	HM	8	10	0,60	304,6	308,2	210,3	207,0	235,7	227,2	223,3	183,2	198,7	198,2	209,8
23	HM	8	11	0,90	486,6	485,2	423,5	397,3	334,8	313,1	336,7	311,7	336,7	338,2	324,4
24	HM	8	12	1,20	631,8	632,7	558,1	521,5	486,8	559,2	560,4	546,6	543,3	564,5	539,6
25	HM	8	13	1,50	909,1	715,4	798,8	710,2	650,7	799,6	712,2	712,4	713,6	651,7	623,7
26	HM	8	14	1,80	1296,7	997,2	941,9	941,2	808,2	941,5	911,7	945,1	997,5	807,2	808,7
27	HS	15	16	0,30	161,2	160,2	134,2	158,2	149,7	160,6	151,2	132,2	131,2	136,9	133,1
28	HS	15	17	0,60	319,7	317,4	248,1	282,3	305,2	312,5	282,1	218,1	283,3	284,1	215,9
29	HS	15	18	0,90	474,2	465,6	404,9	403,7	406,4	405,2	407,7	405,2	410,2	391,7	407,5
30	HS	15	19	1,20	621,5	617,2	537,1	551,2	554,6	554,1	521,2	519,7	554,3	524,4	550,5
31	HS	15	20	1,50	767,2	767,0	764,2	763,2	764,1	763,0	752,3	741,1	717,2	717,2	753,2
32	HS	15	21	1,80	1525,4	907,5	905,8	905,7	906,1	908,6	888,7	916,3	919,8	932,0	915,1

Tabela A24 – Medições de UPV – Viga V5 Molhada – Face 2 Lateral Esquerda - Tipo INDIRETA

UMIDADE RELATIVA					53	73	63	62	58	69	74	67	69	71	74
TEMPERATURA					28,7	24,4	26,4	27,9	29	25,9	25,4	26,2	25,9	25,2	25,4
DATA					24/01/11	16/03/11	16/03/11	16/03/11	16/03/11	16/03/11	16/03/11	16/03/11	16/03/11	16/03/11	16/03/11
Item	Camada/ Faixa	POSIÇÃO/Pto		Dist. (m)	TEMPO (μ seg)										
		Trans	Recep		V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11
1	HI	1	2	0,30	165,1	139,3	164,3	162,3	160,2	159,3	133,4	135,2	127,6	135,9	110,5
2	HI	1	3	0,60	449,5	328,7	372,2	338,5	327,1	326,7	328,7	327,2	317,2	255,7	254,9
3	HI	1	4	0,90	628,2	509,7	589,2	525,7	605,2	518,2	507,1	504,8	440,4	438,3	437,2
4	HI	1	5	1,20	619,5	674,3	658,3	670,7	674,8	741,7	699,6	692,6	677,2	576,5	575,6
5	HI	1	6	1,50	706,2	822,8	883,9	886,7	888,3	743,1	937,0	744,7	841,2	746,5	726,2
6	HI	1	7	1,80	-	1045,7	1183,7	985,6	989,2	991,4	980,8	807,9	987,9	991,7	992,7
7	V1	1	8	0,11	67,5	55,3	56,2	62,2	63,2	49,2	62,2	46,0	54,5	47,7	44,7
8	V1	1	15	0,22	126,1	105,2	108,1	117,8	121,2	118,1	109,7	118,8	115,7	98,9	99,5
9	V2	2	9	0,11	66,4	57,2	57,5	49,7	64,1	51,7	67,0	62,9	55,0	59,3	60,2
10	V2	2	16	0,22	118,8	127,7	123,7	118,3	109,7	121,6	119,7	132,8	122,7	119,6	118,2
11	V3	3	10	0,11	62,6	64,7	52,2	63,7	65,4	66,7	70,7	66,9	65,7	52,2	52,5
12	V3	3	17	0,22	119,3	109,2	106,7	119,4	122,2	119,5	107,4	115,4	115,7	81,7	119,7
13	V4	4	11	0,11	76,4	56,7	59,5	53,9	55,7	56,7	54,7	56,7	47,9	47,7	55,9
14	V4	4	18	0,22	126,5	129,6	113,7	112,7	114,6	116,2	113,9	113,2	118,4	107,5	119,7
15	V5	5	12	0,11	69,2	57,5	56,0	54,0	49,5	49,2	49,9	51,3	49,2	50,2	53,2
16	V5	5	19	0,22	122,7	82,8	84,2	84,2	118,3	101,2	198,6	110,2	106,8	102,5	110,2
17	V6	6	13	0,11	65,6	56,6	51,7	51,2	52,5	51,2	58,2	55,2	51,7	49,7	62,7
18	V6	6	20	0,22	128,9	113,7	118,7	124,7	121,9	123,0	113,7	113,2	122,8	120,7	144,2
19	V7	7	14	0,11	63,5	43,2	49,1	50,2	55,3	47,7	45,0	50,2	44,7	55,2	42,7
20	V7	7	21	0,22	138,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	HM	8	9	0,30	171,1	102,1	102,2	106,3	124,5	102,7	115,6	101,3	102,1	101,2	98,9
22	HM	8	10	0,60	371,4	307,2	310,5	307,4	310,2	305,8	308,2	307,4	226,4	208,3	207,2
23	HM	8	11	0,90	493,2	452,3	458,7	454,2	462,2	453,2	462,2	454,9	457,7	456,5	452,4
24	HM	8	12	1,20	743,8	580,1	545,2	572,1	576,7	574,4	684,4	653,2	642,3	574,5	569,7
25	HM	8	13	1,50	-	756,2	736,5	759,2	735,8	817,9	738,2	734,1	717,3	714,8	715,4
26	HM	8	14	1,80	-	885,9	950,7	950,7	955,4	952,2	957,2	838,7	959,9	954,9	955,7
27	HS	15	16	0,30	154,3	134,1	157,7	156,3	156,2	135,2	577,6	137,7	134,6	132,7	126,8
28	HS	15	17	0,60	317,7	250,1	251,8	251,3	250,2	250,7	249,7	248,2	278,2	251,7	250,1
29	HS	15	18	0,90	591,1	478,4	490,0	487,7	576,2	528,7	637,7	448,2	463,1	418,0	415,4
30	HS	15	19	1,20	857,9	564,5	564,7	620,2	680,2	632,7	548,7	635,7	634,4	635,5	564,5
31	HS	15	20	1,50	-	795,7	852,7	830,5	784,7	785,4	790,4	785,4	792,2	787,5	757,5
32	HS	15	21	1,80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabela A25 – Medições de UPV – Viga V6 Molhada – Face 1 Lateral Direita - Tipo INDIRETA

UMIDADE RELATIVA					57	78	76	73	72	74	77	68	74	78	77
TEMPERATURA					26,4	23,6	24,2	25,3	25,7	25,4	24,1	25,4	25,4	23,9	24,1
DATA					27/01/11	14/03/11	17/03/11	17/03/11	17/03/11	17/03/11	17/03/11	17/03/11	17/03/11	17/03/11	17/03/11
Item	Camada/ Faixa	POSIÇÃO/Pto		Dist. (m)	TEMPO (μ seg)										
		Trans	Recep		V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11
1	HI	1	2	0,30	160,7	142,2	135,7	105,3	136,2	106,2	104,2	105,7	104,7	106,2	104,7
2	HI	1	3	0,60	323,7	254,4	253,7	252,8	328,2	252,4	192,0	193,1	214,2	250,1	253,4
3	HI	1	4	0,90	420,3	417,5	420,1	419,1	424,5	420,2	348,7	392,7	411,6	417,7	418,3
4	HI	1	5	1,20	667,4	649,1	627,0	650,6	0,0	486,5	485,6	652,1	485,7	486,2	492,2
5	HI	1	6	1,50	734,6	710,2	708,4	710,7	0,0	703,3	700,7	704,8	703,8	703,1	708,2
6	HI	1	7	1,80	1063,7	1045,4	866,8	965,4	0,0	787,7	791,3	751,4	864,7	790,2	855,7
7	V1	1	8	0,11	49,7	47,2	53,7	53,1	53,2	45,1	44,8	48,4	48,7	53,2	45,7
8	V1	1	15	0,22	79,7	79,9	82,7	79,7	86,3	85,7	85,2	83,7	82,7	82,0	84,7
9	V2	2	9	0,11	62,7	49,2	46,8	52,2	47,7	50,2	41,8	48,9	54,3	40,2	51,0
10	V2	2	16	0,22	105,7	86,2	83,7	85,7	85,5	85,2	82,5	83,3	81,5	83,6	82,2
11	V3	3	10	0,11	73,2	36,1	48,2	53,3	51,7	53,7	49,3	50,8	52,0	50,7	54,7
12	V3	3	17	0,22	86,7	82,9	81,7	83,2	83,7	83,6	83,1	83,2	82,5	82,2	81,6
13	V4	4	11	0,11	71,1	45,2	43,7	45,5	43,4	44,7	47,2	45,5	46,4	42,2	44,7
14	V4	4	18	0,22	86,2	71,6	79,7	83,1	72,2	74,7	78,2	81,2	81,2	79,5	78,3
15	V5	5	12	0,11	69,2	48,8	56,5	49,4	54,5	52,1	51,2	59,4	58,8	57,7	53,4
16	V5	5	19	0,22	84,6	86,4	83,7	81,2	83,7	84,1	81,2	84,1	82,2	79,1	115,7
17	V6	6	13	0,11	61,7	48,6	52,5	53,5	53,7	66,5	48,2	63,2	63,7	49,0	49,2
18	V6	6	20	0,22	84,7	86,2	84,6	82,6	88,7	88,5	83,2	87,7	115,0	97,5	84,1
19	V7	7	14	0,11	58,9	57,2	53,2	51,4	56,2	51,9	54,4	53,8	61,6	52,2	58,7
20	V7	7	21	0,22	71,1	79,2	81,2	78,2	93,2	99,8	87,0	78,7	100,2	102,1	102,2
21	HM	8	9	0,30	145,4	104,2	100,2	104,2	0,0	100,2	101,5	93,8	102,5	98,7	101,1
22	HM	8	10	0,60	229,8	182,6	208,7	194,2	0,0	183,2	191,4	182,7	186,2	208,0	186,1
23	HM	8	11	0,90	476,5	331,7	393,2	330,2	0,0	329,2	326,4	329,6	332,3	345,5	328,8
24	HM	8	12	1,20	579,5	534,2	579,1	487,4	0,0	397,8	533,3	551,0	512,7	512,7	436,7
25	HM	8	13	1,50	859,1	696,2	717,2	644,6	0,0	437,4	645,0	676,1	636,5	647,4	646,2
26	HM	8	14	1,80	948,7	945,8	759,7	458,7	0,0	634,2	751,2	936,2	756,5	757,7	945,2
27	HS	15	16	0,30	136,4	106,6	106,5	106,7	0,0	106,1	107,2	104,5	107,6	107,0	106,7
28	HS	15	17	0,60	249,8	189,2	257,7	244,5	0,0	196,2	206,2	202,9	223,2	217,5	188,7
29	HS	15	18	0,90	401,3	363,4	396,8	394,2	0,0	472,2	331,1	320,2	327,5	376,2	316,2
30	HS	15	19	1,20	675,8	603,7	544,2	546,5	0,0	675,7	469,6	470,2	470,7	533,4	470,0
31	HS	15	20	1,50	823,6	762,3	677,1	674,5	0,0	685,8	587,7	631,6	674,4	678,4	700,4
32	HS	15	21	1,80	996,5	930,1	830,7	829,7	0,0	875,7	660,6	797,2	830,6	775,3	661,4

APENDICE B

RESULTADOS DOS ENSAIOS DE ESCLEROMETRIA

Tabela B1 - Medições dos índices esclerométricos dos Blocos - condição Seca

Blocos	Faces	Índices Esclerométricos / Pontos									Data	Umidade Relativa (%)	Temper. (°C)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9			
B1	F 1	21,50	20,38	21,75	23,29	21,00	22,44	21,00	21,25	20,75	27/12/10	73	25,6
	F 2	26,50	26,50	27,50	23,86	23,86	24,00	23,25	24,00	23,44	27/12/10	73	25,5
	F 3	27,63	25,88	25,11	25,57	27,13	24,38	23,50	24,14	23,89	27/12/10	73	25,6
	F 4	35,71	42,50	41,63	35,38	41,00	34,83	35,83	39,78	41,00	21/2/11	42	30,5
B2	F 1	25,13	25,33	24,14	25,25	25,86	26,63	25,86	25,33	23,40	27/12/10	72	26,2
	F 2	26,86	28,67	26,67	28,11	27,67	27,33	27,75	28,00	27,63	27/12/10	73	25,9
	F 3	28,25	27,33	28,71	28,33	28,63	27,14	26,57	26,43	28,14	27/12/10	72	26,2
	F 4	35,22	34,00	36,50	34,22	34,22	35,56	35,89	35,56	36,44	10/02/11	57	27,2
B3	F 1	23,13	23,00	24,00	22,63	23,50	21,56	22,67	22,83	21,56	27/12/10	64	27,2
	F 2	25,86	26,63	27,00	24,60	25,00	24,00	24,89	26,78	24,71	27/12/10	73	26,2
	F 3	28,86	27,57	26,60	25,00	25,00	24,44	24,00	25,00	25,29	27/12/10	73	26,1
	F 4	34,25	33,25	37,14	33,00	33,86	33,22	32,00	31,25	33,88	10/02/11	57	28,6
B4	F 1	25,00	26,33	25,75	26,38	25,57	26,25	26,00	25,50	23,00	27/12/10	64	26,7
	F 2	27,00	30,00	25,86	27,43	26,67	26,50	28,00	26,50	27,57	27/12/10	74	26,0
	F 3	30,00	31,14	27,33	26,63	29,38	28,67	28,17	26,75	28,00	27/12/10	74	26,0
	F 4	29,40	30,00	30,00	23,25	25,71	24,00	24,00	26,25	22,00	21/02/11	48	28,8
B5	F 1	21,86	22,14	28,50	22,38	22,17	22,57	21,83	21,88	22,75	27/12/10	64	26,7
	F 2	21,71	23,75	21,11	22,56	21,25	22,33	20,00	18,29	20,86	27/12/10	74	25,9
	F 3	26,67	25,67	26,17	25,13	23,14	24,00	23,00	23,88	23,88	27/12/10	75	25,9
	F 4	35,50	36,00	36,00	35,86	32,00	31,50	31,14	32,75	32,13	10/02/11	56	28,7
B6	F 1	22,22	22,33	23,17	22,22	21,89	21,38	21,33	20,43	21,11	27/12/10	64	26,3
	F 2	26,20	26,44	28,71	28,00	26,89	26,50	25,00	27,71	22,83	27/12/10	75	25,8
	F 3	21,80	27,29	27,78	25,13	23,86	27,60	24,86	25,75	24,22	27/12/10	75	25,8
	F 4	30,83	33,56	34,78	33,25	29,63	30,25	31,00	31,88	32,29	10/02/11	55	28,5

As medidas para a apuração dos índices esclerométricos nos blocos, na condição molhada, foram realizadas nas 1ª, 4ª, 6ª, 8ª e 10ª medições, apresentado nas tabelas B2 e B3.

Tabela B2 - Medições dos índices esclerométricos dos Blocos - condição Molhada - Face 4 Inferior

Bloco	Ponto Aplicação	ÍNDICE ESCLEROMÉTRICO										
		Seca	1ª Med	2ª Med	3ª Med	4ª Med	5ª Med	6ª Med	7ª Med	8ª Med	9ª Med	10ª Med
1	1	36,4	36,3			33,8		33,4		34,3		32,0
	2	42,5	33,8			35,5		31,2		35,6		39,2
	3	41,3	35,0			38,0		35,6		33,8		38,8
	4	35,4	34,6			29,8		32,8		31,3		32,0
	5	41,0	40,6			35,1		41,8		36,6		33,7
	6	34,8	35,4			35,3		39,3		38,6		35,5
	7	35,7	35,4			33,3		31,5		34,0		30,3
	8	39,8	36,6			35,5		36,9		35,7		37,9
	9	41,0	35,0			37,0		37,3		39,5		36,2
2	1	36,4	34,8			35,3		32,0		32,2		30,3
	2	35,6	34,7			35,4		31,3		31,7		30,0
	3	35,9	33,8			37,4		30,4		25,8		32,6
	4	35,6	33,1			31,5		33,0		30,4		30,9
	5	34,2	32,0			28,4		30,1		31,0		28,1
	6	34,2	34,3			31,9		32,1		31,0		30,0
	7	36,5	33,6			33,3		30,4		30,4		32,6
	8	34,0	32,1			33,2		32,0		29,8		29,6
	9	35,2	33,6			35,1		34,3		32,3		31,0
3	1	33,9	30,0			29,5		32,2		27,8		33,6
	2	31,3	28,3			28,3		25,8		31,5		31,8
	3	32,0	32,0			31,0		26,6		27,5		27,3
	4	33,2	31,7			31,7		31,0		32,0		26,4
	5	33,9	28,2			27,7		26,8		26,0		25,8
	6	33,0	31,8			29,4		27,7		30,9		28,9
	7	37,1	31,5			27,8		34,6		35,2		36,4
	8	33,3	30,0			29,8		35,5		36,2		33,0
	9	34,3	36,0			33,4		38,3		35,5		35,5
4	1	28,8	21,3			31,3		0,0		20,5		27,6
	2	30,0	32,4			30,8		0,0		24,3		18,0
	3	31,5	20,6			22,5		0,0		20,0		24,3
	4	23,3	27,3			23,0		0,0		23,2		22,8
	5	25,7	26,6			28,3		0,0		26,7		28,7
	6	24,8	22,8			24,8		0,0		20,7		23,7
	7	26,0	21,0			23,0		0,0		18,3		22,8
	8	26,3	25,2			21,8		0,0		30,5		22,3
	9	22,0	30,0			21,2		0,0		22,0		22,3
5	1	35,5	27,6			27,4		28,3		25,9		26,2
	2	36,0	27,2			27,4		26,3		28,5		25,9
	3	36,0	28,5			27,0		30,7		25,7		25,4
	4	35,9	26,1			26,0		24,0		29,3		26,2
	5	31,3	26,4			28,7		25,8		31,7		29,3
	6	30,0	26,8			31,0		26,7		27,4		25,8
	7	31,1	26,5			26,7		22,0		24,5		21,8
	8	32,8	24,8			26,8		22,5		22,6		25,8
	9	32,1	33,4			30,2		31,0		31,3		29,8
6	1	30,2	26,8			25,6		27,3		27,3		25,5
	2	33,1	28,3			25,9		28,7		25,6		29,5
	3	34,8	26,6			29,8		28,6		28,5		28,4
	4	33,3	26,4			27,0		28,6		24,8		24,3
	5	29,5	29,5			26,0		28,7		24,4		23,1
	6	30,3	26,6			34,2		24,2		27,7		27,1
	7	30,5	34,0			29,7		29,8		24,4		30,6
	8	31,9	30,5			27,8		31,1		31,6		29,1
	9	32,3	32,8			30,9		32,2		30,9		29,6

Tabela B3 - Índices esclerométricos - Blocos Molhados - Face2 ou 3 – Lat. Direita/Esquerda

Bloco / Face	Ponto Aplicação	ÍNDICE ESCLEROMÉTRICO										
		Seca	1ª Med	2ª Med	3ª Med	4ª Med	5ª Med	6ª Med	7ª Med	8ª Med	9ª Med	10ª Med
1 / 3	1	27,6	25,2			25,6		24,4		25,7		25,0
	2	26,2	26,6			25,9		25,4		24,8		26,4
	3	25,1	24,9			24,3		26,3		24,7		26,3
	4	25,6	25,0			24,3		23,3		23,2		23,7
	5	27,1	24,7			25,0		22,9		23,4		25,1
	6	24,4	24,1			24,4		22,3		24,0		24,1
	7	23,0	23,8			23,2		22,3		25,4		23,0
	8	24,1	23,3			23,6		24,1		24,9		24,4
	9	23,9	23,2			23,4		24,1		22,5		23,0
2 / 3	1	28,3	28,7			28,3		25,8		26,5		27,4
	2	27,3	28,9			25,4		26,0		24,6		24,5
	3	28,7	28,8			24,7		26,5		25,1		25,4
	4	28,3	26,4			25,3		25,0		25,6		25,6
	5	28,6	27,4			25,6		24,9		24,7		26,0
	6	27,1	26,0			25,4		25,1		26,7		26,0
	7	26,6	26,4			25,1		24,1		26,1		24,2
	8	26,4	26,2			25,3		26,0		24,9		24,5
	9	28,1	26,0			27,5		26,3		26,4		25,6
3 / 3	1	27,9	26,2			24,8		26,0		23,2		26,6
	2	26,7	26,6			25,2		26,8		22,9		22,9
	3	25,2	25,3			22,6		23,0		24,3		24,1
	4	25,4	25,9			23,7		24,2		25,3		23,2
	5	25,9	25,1			26,0		23,1		23,3		23,6
	6	24,4	25,3			22,0		22,4		22,2		23,8
	7	24,6	21,7			21,1		23,0		22,7		21,9
	8	25,3	22,2			21,6		24,1		26,5		22,8
	9	26,2	24,4			22,9		23,0		23,0		23,0
4 / 2	1	28,1	25,3			28,2		26,8		26,0		24,0
	2	29,6	29,8			28,0		22,8		25,0		27,8
	3	26,3	24,7			26,8		24,2		23,7		22,5
	4	27,4	25,7			25,8		24,6		23,3		23,3
	5	26,7	22,8			25,5		24,8		24,3		23,8
	6	26,5	26,5			23,8		26,6		25,2		22,6
	7	28,0	25,8			25,0		25,6		22,3		23,9
	8	26,5	25,0			24,6		24,6		24,3		23,0
	9	27,6	30,3			27,2		27,4		24,0		24,8
5 / 3	1	26,7	21,8			25,2		19,8		24,5		22,8
	2	25,7	22,0			23,2		24,2		22,3		23,0
	3	26,2	21,8			20,7		19,0		22,5		21,5
	4	25,1	24,0			22,8		20,8		24,5		21,1
	5	23,1	23,0			22,1		18,3		23,3		22,0
	6	26,2	22,2			21,3		19,8		19,4		24,7
	7	23,1	21,6			22,4		23,5		25,0		22,0
	8	23,9	23,1			21,0		25,8		21,7		20,9
	9	23,9	21,7			22,1		24,0		21,9		22,1
6 / 3	1	21,8	20,0			19,9		22,0		21,8		21,0
	2	26,7	26,4			22,0		22,9		23,8		20,2
	3	27,6	24,2			20,3		22,1		24,0		20,3
	4	26,0	21,3			19,4		24,3		20,5		21,3
	5	23,7	23,0			19,6		21,0		21,9		18,9
	6	24,3	22,2			22,7		21,5		20,3		20,8
	7	24,9	24,2			20,6		22,1		21,9		21,9
	8	25,4	22,8			22,9		20,5		20,5		21,0
	9	23,3	22,5			21,6		21,7		20,4		21,0

Tabela B4 - Medições dos índices esclerométricos das Vigas - condição Seca – Face 1 - Lateral Direita

POSIÇÃO	Índice Esclerométrico										
	Viga 1	Viga 2	Viga 3	Viga 4	Viga 5	Viga 6	Viga 7	Viga 8	Viga 9	Viga 10	Viga 11
1	32,75	33,38	32,33	34,33	33,14	34,00	34,89	33,78	35,13	35,00	37,78
2	32,89	33,75	32,63	33,25	34,13	33,56	34,88	32,75	34,00	37,17	33,75
3	32,63	32,67	31,88	33,00	33,25	34,11	36,89	34,67	33,78	33,89	35,71
4	33,38	33,75	30,89	34,56	33,38	33,89	35,00	34,22	34,33	33,44	34,00
5	33,67	34,00	31,56	33,44	34,22	33,11	34,00	34,56	32,56	34,00	33,78
6	34,38	32,00	31,88	33,88	34,13	34,63	36,11	34,67	34,11	33,14	35,38
7	32,22	32,75	31,67	33,22	34,00	34,86	32,00	33,44	35,13	33,89	34,33
8	32,78	33,88	31,00	33,38	35,00	35,00	33,88	33,11	35,22	34,00	33,44
9	33,25	34,00	32,13	33,13	33,89	33,56	32,13	34,33	33,67	33,50	34,00
10	33,78	33,11	29,75	33,63	32,86	34,56	33,78	33,88	33,71	35,71	33,11
11	32,67	33,44	31,75	32,44	35,56	34,56	32,75	33,22	33,88	33,56	32,38
12	31,44	31,29	31,00	33,67	34,00	34,33	33,43	35,33	37,25	33,78	33,11
Um. Rel (%)	71,00	82,00	75,00	58,00	57,00	55,00	53,00	58,00	63,00	68,00	62,00
Temper. (°C)	23,60	23,40	21,60	26,90	27,80	27,80	28,60	27,50	27,20	24,90	26,10
DATA	13/01/11	00/01/00	20/01/11	21/01/11	24/01/11	25/01/11	27/01/11	28/01/11	31/01/11	01/02/11	03/02/11

Tabela B5 - Índices esclerométricos das Vigas - condição Seca – Face 2 – Lat. Esquerda

POSIÇÃO	Índice Esclerométrico										
	Viga 1	Viga 2	Viga 3	Viga 4	Viga 5	Viga 6	Viga 7	Viga 8	Viga 9	Viga 10	Viga 11
1	30,75	33,00	32,88	33,88	34,67	34,11	34,22	34,00	35,00	35,22	34,56
2	31,00	33,13	33,00	33,22	35,11	33,63	34,11	33,63	36,25	35,56	34,89
3	31,33	33,33	33,00	34,78	34,00	33,56	35,22	33,75	34,67	35,75	34,78
4	32,00	31,38	33,44	33,89	34,50	33,50	36,00	34,89	34,00	34,33	35,63
5	33,22	33,00	32,17	34,13	34,78	34,22	35,11	32,33	34,00	33,44	35,67
6	33,25	33,22	35,44	32,89	32,89	34,22	35,00	32,89	34,00	33,11	35,67
7	31,22	32,78	32,88	33,11	34,11	34,00	33,38	35,78	35,67	34,78	34,67
8	29,67	34,00	33,56	33,50	34,56	33,44	34,00	34,11	32,33	34,11	35,11
9	30,56	32,89	32,25	34,89	34,33	32,89	35,44	33,44	32,14	35,11	35,22
10	30,22	33,78	33,22	32,89	34,78	34,11	34,63	31,56	32,00	35,67	37,67
11	30,89	33,11	34,22	33,13	33,11	33,00	34,50	33,22	32,44	34,67	34,43
12	31,56	33,11	33,33	33,67	33,78	33,22	33,83	33,44	33,78	33,78	36,67
Um. Rel (%)	71,00	82,00	75,00	58,00	57,00	55,00	53,00	58,00	63,00	68,00	62,00
Temper. (°C)	23,60	23,40	21,60	26,90	27,80	27,80	28,60	27,50	27,20	24,90	26,10
DATA	13/01/11	00/01/00	20/01/11	21/01/11	24/01/11	25/01/11	27/01/11	28/01/11	31/01/11	01/02/11	03/02/11

As medidas para a apuração dos índices esclerométricos nas vigas molhadas foram feitas nas 1ª, 4ª, 6ª, 8ª e 10ª fases de molhagem, conforme apresentado nas tabelas B6 até B11.

Tabela B6 - Índices esclerométricos da Viga V2 - condição Molhada – Face 1 - Lateral Direita

POSIÇÃO	Índice Esclerométrico										
	Seca	1ª Med	2ª Med	3ª Med	4ª Med	5ª Med	6ª Med	7ª Med	8ª Med	9ª Med	10ª Med
1	33,00	32,00	-	-	32,29	-	31,11	-	31,78	-	30,38
2	33,13	32,43	-	-	31,00	-	31,17	-	31,25	-	31,00
3	33,33	33,00	-	-	31,00	-	31,88	-	31,00	-	30,44
4	31,38	31,14	-	-	31,00	-	30,67	-	31,56	-	30,38
5	33,00	31,86	-	-	30,57	-	32,13	-	30,43	-	31,88
6	33,22	32,25	-	-	32,11	-	31,88	-	32,00	-	30,88
7	32,25	32,33	-	-	31,13	-	32,11	-	30,75	-	31,56
8	34,00	31,88	-	-	31,57	-	30,88	-	30,89	-	31,63
9	32,89	32,63	-	-	31,50	-	32,00	-	31,88	-	30,63
10	33,78	32,00	-	-	32,00	-	31,67	-	31,25	-	31,56
11	33,11	33,43	-	-	30,50	-	33,13	-	31,11	-	31,71
12	33,11	31,56	-	-	31,22	-	33,00	-	30,50	-	31,78
Um. Rel (%)	71,00	77	-	-	67	-	63	-	63	-	66
Temper. (°C)	23,60	21,8	-	-	23,9	-	24,8	-	24,9	-	24
DATA	13/01/11	22/03/11	-	-	22/03/11	-	22/03/11	-	22/03/11	-	22/03/11

Tabela B7 - Índices esclerométricos da Viga V3 - condição Molhada – Face 2 - Lateral Esquerda

POSIÇÃO	Índice Esclerométrico										
	Seca	1ª Med	2ª Med	3ª Med	4ª Med	5ª Med	6ª Med	7ª Med	8ª Med	9ª Med	10ª Med
1	32,88	32,00	-	-	31,33	-	30,63	-	31,67	-	31,33
2	33,00	31,50	-	-	31,89	-	31,00	-	30,89	-	30,11
3	33,00	31,75	-	-	32,75	-	31,56	-	32,50	-	31,33
4	33,44	33,43	-	-	31,89	-	32,38	-	31,78	-	32,00
5	31,57	33,57	-	-	31,00	-	31,00	-	31,33	-	31,75
6	35,44	32,75	-	-	32,33	-	32,00	-	33,13	-	33,13
7	32,22	31,67	-	-	31,38	-	31,67	-	31,67	-	31,13
8	33,56	32,57	-	-	32,89	-	32,67	-	31,78	-	31,71
9	32,25	30,43	-	-	33,25	-	32,89	-	32,78	-	31,11
10	33,22	31,86	-	-	32,56	-	32,56	-	32,57	-	31,44
11	34,22	33,13	-	-	33,67	-	32,67	-	33,00	-	32,56
12	33,33	33,00	-	-	33,00	-	32,78	-	32,89	-	32,67
Um. Rel (%)	75	79	-	-	80	-	80	-	80	-	80
Temper. (°C)	21,6	21,8	-	-	22,1	-	22,8	-	23,1	-	22,3
DATA	20/01/11	21/03/11	-	-	21/03/11	-	21/03/11	-	21/03/11	-	21/03/11

Tabela B8 - Índices esclerométricos da Viga V4 - condição Molhada – Face 1 - Lateral Direita

POSIÇÃO	Índice Esclerométrico										
	Seca	1ª Med	2ª Med	3ª Med	4ª Med	5ª Med	6ª Med	7ª Med	8ª Med	9ª Med	10ª Med
1	33,88	32,57	-	-	31,57	-	31,50	-	31,78	-	31,33
2	33,25	34,50	-	-	31,38	-	31,67	-	33,29	-	31,00
3	33,57	32,44	-	-	32,50	-	32,29	-	31,89	-	30,88
4	34,56	32,75	-	-	33,00	-	32,25	-	32,22	-	32,63
5	33,44	32,13	-	-	32,14	-	31,33	-	31,71	-	31,00
6	33,88	33,13	-	-	32,22	-	31,86	-	31,00	-	32,25
7	33,22	32,25	-	-	30,38	-	31,29	-	32,11	-	33,00
8	33,38	32,22	-	-	31,50	-	31,67	-	31,25	-	32,29
9	33,67	30,67	-	-	30,88	-	31,67	-	32,88	-	32,11
10	33,63	30,57	-	-	30,67	-	31,63	-	31,67	-	31,33
11	32,44	32,56	-	-	31,88	-	32,63	-	32,14	-	31,78
12	33,67	32,67	-	-	32,25	-	32,78	-	33,00	-	32,11
Um. Rel (%)	58	78	-	-	66	-	61	-	59	-	65
Temper. (°C)	26,9	23,1	-	-	26,6	-	27,9	-	28,8	-	26,3
DATA	21/01/11	17/03/11	-	-	17/03/11	-	17/03/11	-	17/03/11	-	17/03/11

Tabela B9 - Índices esclerométricos da Viga V5 - condição Molhada – Face 2 - Lateral Esquerda

POSIÇÃO	Índice Esclerométrico										
	Seca	1ª Med	2ª Med	3ª Med	4ª Med	5ª Med	6ª Med	7ª Med	8ª Med	9ª Med	10ª Med
1	34,67	32,75	-	-	32,89	-	32,44	-	31,78	-	31,63
2	35,11	32,88	-	-	32,00	-	33,00	-	34,43	-	31,63
3	34,00	32,50	-	-	32,11	-	32,00	-	32,11	-	32,50
4	34,50	32,71	-	-	32,33	-	32,00	-	32,25	-	32,00
5	34,78	32,89	-	-	30,86	-	33,38	-	31,67	-	32,86
6	32,89	32,00	-	-	31,67	-	31,00	-	31,88	-	30,43
7	34,11	32,00	-	-	30,11	-	33,00	-	32,78	-	32,14
8	35,13	33,43	-	-	31,78	-	33,00	-	33,25	-	32,22
9	34,33	32,13	-	-	30,78	-	32,22	-	32,00	-	32,13
10	34,78	32,00	-	-	30,50	-	32,25	-	32,71	-	31,56
11	33,11	32,14	-	-	30,38	-	30,14	-	32,22	-	31,14
12	33,78	32,22	-	-	31,29	-	31,25	-	31,33	-	32,22
Um. Rel (%)	57	73	-	-	62	-	58	-	69	-	73
Temper. (°C)	27,8	24,1	-	-	27,8	-	28,8	-	26	-	25,4
DATA	24/01/11	16/03/11	-	-	16/03/11	-	16/03/11	-	16/03/11	-	16/03/11

Tabela B10 - Índices esclerométricos da Viga V6 - condição Molhada – Face 1 - Lateral Direita

POSIÇÃO	Índice Esclerométrico										
	Seca	1ª Med	2ª Med	3ª Med	4ª Med	5ª Med	6ª Med	7ª Med	8ª Med	9ª Med	10ª Med
1	34,00	32,13	-	-	31,57	-	32,13	-	31,50	-	31,71
2	34,00	33,22	-	-	32,89	-	32,63	-	32,75	-	32,78
3	34,11	32,75	-	-	31,88	-	31,89	-	31,78	-	32,38
4	33,89	31,78	-	-	32,33	-	31,63	-	31,78	-	31,22
5	33,11	31,00	-	-	30,50	-	31,63	-	29,71	-	30,00
6	34,63	32,14	-	-	31,11	-	31,00	-	30,57	-	31,57
7	34,86	32,86	-	-	32,00	-	32,25	-	32,00	-	33,13
8	35,00	31,67	-	-	31,75	-	32,83	-	32,75	-	33,50
9	33,56	32,38	-	-	30,83	-	31,75	-	33,00	-	31,89
10	34,56	32,78	-	-	32,63	-	32,11	-	32,13	-	32,11
11	34,56	33,56	-	-	31,50	-	32,75	-	33,00	-	31,67
12	34,33	33,75	-	-	32,75	-	32,88	-	32,56	-	32,00
Um. Rel (%)	55	78	-	-	74	-	74	-	74	-	77
Temper. (°C)	27,8	23,4	-	-	25,3	-	24,9	-	25,4	-	24,1
DATA	25/01/11	14/03/11	-	-	14/03/11	-	14/03/11	-	14/03/11	-	14/03/11

Tabela B11 - Índices esclerométricos da Viga V11 - condição Molhada – Face 1 - Lateral Direita

POSIÇÃO	Índice Esclerométrico										
	Seca	1ª Med	2ª Med	3ª Med	4ª Med	5ª Med	6ª Med	7ª Med	8ª Med	9ª Med	10ª Med
1	34,56	33,00	-	-	33,57	-	33,63	-	36,00	-	32,83
2	34,89	31,71	-	-	32,00	-	30,86	-	33,29	-	32,14
3	34,78	31,71	-	-	33,86	-	32,14	-	31,86	-	31,33
4	35,63	32,22	-	-	33,38	-	32,83	-	33,71	-	32,88
5	35,67	32,13	-	-	35,71	-	30,63	-	31,67	-	33,75
6	35,67	33,00	-	-	32,88	-	33,88	-	32,57	-	33,75
7	34,67	31,44	-	-	30,67	-	31,38	-	33,00	-	32,25
8	35,11	32,11	-	-	32,00	-	32,44	-	32,38	-	30,63
9	35,22	31,00	-	-	32,11	-	32,22	-	31,22	-	31,78
10	37,67	32,00	-	-	31,88	-	31,78	-	32,33	-	32,33
11	33,43	29,88	-	-	31,38	-	29,29	-	31,50	-	32,33
12	36,67	31,88	-	-	31,29	-	31,00	-	31,50	-	32,75
Um. Rel (%)	62	54	-	-	48	-	47	-	50	-	55
Temper. (°C)	26,1	26,3	-	-	28,2	-	29,3	-	27,8	-	26,4
DATA	03/02/11	18/04/11	-	-	18/04/11	-	18/04/11	-	18/04/11	-	18/04/11

APÊNDICE C

RESULTADOS DOS ENSAIOS DE RESISTIVIDADE

Durante a realização das medições de resistividade nas amostras de concreto observou-se que para os blocos, na condição seca, não ocorreu alteração nas leituras do valor medido para a resistividade e nem na porcentagem da corrente que passava pelo concreto. Este último é o índice que dá credibilidade à medição, sendo recomendado um valor mínimo de 60%. Assim, após as devidas checagens e calibração, aferição da medida na placa de controle do aparelho e a aplicação de água nas pontas de contato das sondas, não se obtiveram a leitura e a medição da resistividade do concreto nas faces dos blocos secos.

Observou-se que na maioria dos casos, as medições da corrente elétrica com valores representativos nas leituras acima dos 60%, dentro da considerada margem de credibilidade, ocorreram somente após a quinta sétima etapa de molhagem dos blocos.

Também foi constatado que para uma grande parte das leituras iniciais da resistividade do concreto, o valor não foi registrado no aparelho de forma significativa, apesar das medições da corrente elétrica estarem acima dos 60% chegando aos 100% (margem de credibilidade). A resistividade somente passou a ser registrada de forma representativa após a sétima etapa de molhagem dos blocos.

Tanto nos blocos como nas vigas os pontos de medições foram distribuídos uniformemente nas superfícies das peças. A fim de possibilitar uma avaliação por camadas horizontais nas vigas, as tabelas apresentam valores para o seguinte:

- HI: camada horizontal inferior na base da peça;
- HM: camada horizontal intermediária no meio da peça;
- HS: camada horizontal superior no topo da peça;

Os resultados dos blocos estão nas Tabelas C1 a C22 e das vigas nas Tabelas C23 a C27.

Tabela C1 – Medições de REISTIVIDADE – Blocos – condição Seca – Face Lateral

Blocoa	Leitura	Pontos de Aplicação									Um. Relat. (%)	Temp. (°C)	DATA
		1	2	3	4	5	6	7	8	9			
1	Corrente (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	67	25,5	27/12/10
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
2	Corrente (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	64	27,1	29/12/10
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
3	Corrente (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	64	27,6	29/12/10
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
4	Corrente (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	73	23,9	30/12/10
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
5	Corrente (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	75	24,4	30/12/10
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
6	Corrente (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	75	24,9	30/12/10
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			

Tabela C2 – Medições de REISTIVIDADE – Blocos Molhados – 1ª Medição – Face Lateral

Blocoa	Leitura	Pontos de Aplicação									Um. Relat. (%)	Temp. (°C)	DATA
		1	2	3	4	5	6	7	8	9			
1	Corrente (%)										62	24,7	25/02/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
2	Corrente (%)										-	-	01/03/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
3	Corrente (%)	13	25								50	26,4	20/04/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
4	Corrente (%)										58	27,9	15/02/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
5	Corrente (%)	24	24	21	20	20	26	33	29	31	62	23,4	26/04/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
6	Corrente (%)	25	17	23	21	23	26	41	32	34	66	20,1	28/04/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			

Tabela C3 – Medições de REISTIVIDADE – Blocos – 2ª Medição – Face Lateral

Blocoa	Leitura	Pontos de Aplicação									Um. Relat. (%)	Temp. (°C)	DATA
		1	2	3	4	5	6	7	8	9			
1	Corrente (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25/02/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
2	Corrente (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	01/03/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
3	Corrente (%)	36	35	37	34	41	40	68	68	72	49	27,4	20/04/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
4	Corrente (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	57	28,2	15/02/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
5	Corrente (%)	43	44	41	49	47	48	61	58	69	61	24,6	26/04/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
6	Corrente (%)	44	28	32	38	38	43	62	52	52	71	19,6	28/04/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			

Tabela C4 – Medições de REISTIVIDADE – Blocos Molhados – 3ª Medição – Face Lateral

Blocoa	Leitura	Pontos de Aplicação									Um. Relat. (%)	Temp. (°C)	DATA
		1	2	3	4	5	6	7	8	9			
1	Corrente (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25/02/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
2	Corrente (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	01/03/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
3	Corrente (%)	42	38	46	56	59	65	81	82	82	46	28,1	20/04/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
4	Corrente (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	56	28,3	15/02/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
5	Corrente (%)	54	55	56	68	60	60	81	74	81	58	25,6	26/04/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
6	Corrente (%)	49	34	40	50	52	60	72	68	65	72	19,6	28/04/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			

Tabela C5 – Medições de REISTIVIDADE – Blocos – 4ª Medição – Face Lateral

Blocoa	Leitura	Pontos de Aplicação									Um. Relat. (%)	Temp. (°C)	DATA
		1	2	3	4	5	6	7	8	9			
1	Corrente (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25/02/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
2	Corrente (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	01/03/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
3	Corrente (%)	50	46	51	62	65	61	85	80	88	45	28,4	20/04/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
4	Corrente (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	55	28,6	15/02/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
5	Corrente (%)	58	56	26	74	67	61	93	84	89	54	26,7	26/04/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
6	Corrente (%)	57	47	44	54	56	70	78	83	69	73	19,6	28/04/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			

Tabela C6 – Medições de REISTIVIDADE – Blocos Molhados – 5ª Medição – Face Lateral

Blocoa	Leitura	Pontos de Aplicação									Um. Relat. (%)	Temp. (°C)	DATA
		1	2	3	4	5	6	7	8	9			
1	Corrente (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25/02/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
2	Corrente (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	01/03/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
3	Corrente (%)	55	63	55	82	82	78	98	92	95	43	28,9	20/04/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
4	Corrente (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	53	29,1	15/02/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
5	Corrente (%)	65	62	59	75	69	66	99	92	100	52	27,8	26/04/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
6	Corrente (%)	62	50	46	62	64	78	100	84	73	72	19,6	28/04/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			

Tabela C7 – Medições de REISTIVIDADE – Blocos – 6ª Medição – Face Lateral

Blocoa	Leitura	Pontos de Aplicação									Um. Relat. (%)	Temp. (°C)	DATA
		1	2	3	4	5	6	7	8	9			
1	Corrente (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25/02/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
2	Corrente (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	01/03/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
3	Corrente (%)	61	68	60	81	77	76	100	100	90	44	28,6	20/04/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
4	Corrente (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	54	28,2	15/02/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
5	Corrente (%)	68	71	65	83	69	70	100	100	100	49	28,1	26/04/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
6	Corrente (%)	79	52	48	62	67	80	94	80	79	73	19,7	28/04/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			

Tabela C8 – Medições de REISTIVIDADE – Blocos Molhados – 7ª Medição – Face Lateral

Blocoa	Leitura	Pontos de Aplicação									Um. Relat. (%)	Temp. (°C)	DATA
		1	2	3	4	5	6	7	8	9			
1	Corrente (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25/02/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
2	Corrente (%)	100	89	80	100	100	95	78	82	82	63	28,1	01/03/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	93	99	99	92	99	99	99			
3	Corrente (%)	76	73	71	100	100	100	100	100	100	44	28,8	20/04/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
4	Corrente (%)	100	90	100	100	100	100	100	100	100	58	27,4	15/02/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	96	99	99			
5	Corrente (%)	74	78	62	87	68	68	100	100	100	57	25,9	26/04/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
6	Corrente (%)	81	55	50	70	68	88	88	96	80	73	20,4	28/04/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			

Tabela C9 – Medições de REISTIVIDADE – Blocos – 8ª Medição – Face Lateral

Blocoa	Leitura	Pontos de Aplicação									Um. Relat. (%)	Temp. (°C)	DATA
		1	2	3	4	5	6	7	8	9			
1	Corrente (%)	87	92	100	70	93	100	95	97	100	64	25,7	25/02/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	92	96	99	99	99	99			
2	Corrente (%)	90	82	99	100	100	100	100	94	94	59	28,7	01/03/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	81	99	94	77	92	94	83			
3	Corrente (%)	74	82	71	100	99	99	100	100	100	43	28,8	20/04/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
4	Corrente (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	61	27	15/02/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	84	99	99	90	99	97			
5	Corrente (%)	75	61	60	90	81	77	100	100	100	64	25,0	26/04/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
6	Corrente (%)	80	58	60	70	77	89	98	96	78	71	20,5	28/04/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			

Tabela C10 – Medições de REISTIVIDADE – Blocos Molhados – 9ª Medição – Face Lateral

Blocoa	Leitura	Pontos de Aplicação									Um. Relat. (%)	Temp. (°C)	DATA
		1	2	3	4	5	6	7	8	9			
1	Corrente (%)	76	100	100	97	100	100	100	100	100	66	25,3	25/02/11
	Resist (kΩ.cm)	82	78	99	68	75	90	84	86	99			
2	Corrente (%)	87	89	91	100	100	100	100	100	95	57	29,1	01/03/11
	Resist (kΩ.cm)	82	88	69	85	84	69	87	85	75			
3	Corrente (%)	76	91	74	100	100	100	100	100	100	44	28,1	20/04/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
4	Corrente (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	64	26,4	15/02/11
	Resist (kΩ.cm)	99	96	99	69	88	87	78	85	85			
5	Corrente (%)	79	81	82	92	90	93	100	100	100	66	24,8	26/04/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
6	Corrente (%)	69	59	57	82	82	90	100	94	94	70	20,5	28/04/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			

Tabela C11 – Medições de REISTIVIDADE – Blocos – 10ª Medição – Face Lateral

Blocoa	Leitura	Pontos de Aplicação									Um. Relat. (%)	Temp. (°C)	DATA
		1	2	3	4	5	6	7	8	9			
1	Corrente (%)	84	100	100	96	100	100	100	97	84	72	24,6	25/02/11
	Resist (kΩ.cm)	79	71	96	57	69	86	73	72	79			
2	Corrente (%)	97	92	93	100	100	100	100	100	97	62	27,6	01/03/11
	Resist (kΩ.cm)	78	77	65	76	72	59	75	72	78			
3	Corrente (%)	68	82	69	100	100	100	100	100	68	48	27,3	20/04/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
4	Corrente (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	64	25,8	15/02/11
	Resist (kΩ.cm)	88	84	99	63	74	74	68	75	72			
5	Corrente (%)	74	70	86	100	93	100	100	100	74	68	24,3	26/04/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
6	Corrente (%)	70	59	69	75	81	92	100	100	70	70	20,6	28/04/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			

Tabela C12 – Medições de REISTIVIDADE – Blocos – condição Seca – Face Inferior

Blocoa	Leitura	Pontos de Aplicação									Um. Relat. (%)	Temp. (°C)	DATA
		1	2	3	4	5	6	7	8	9			
1	Corrente (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	67	25,5	27/12/10
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
2	Corrente (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	64	27,1	29/12/10
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
3	Corrente (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	64	27,6	29/12/10
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
4	Corrente (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	73	23,9	30/12/10
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
5	Corrente (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	75	24,4	30/12/10
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
6	Corrente (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	75	24,9	30/12/10
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			

Tabela C13 – Medições de REISTIVIDADE – Blocos Molhados – 1ª Medição – Face Inferior

Blocoa	Leitura	Pontos de Aplicação									Um. Relat. (%)	Temp. (°C)	DATA
		1	2	3	4	5	6	7	8	9			
1	Corrente (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24/02/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
2	Corrente (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28/02/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
3	Corrente (%)	20	24	37	14	20	27	38	21	24	54	26,8	25/04/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
4	Corrente (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22/02/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
5	Corrente (%)	34	44	35	53	50	30	40	30	25	67	21,3	27/04/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
6	Corrente (%)	29	27	28	21		28	20	20	25	62	20,3	29/04/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			

Tabela C14 – Medições de REISTIVIDADE – Blocos – 2ª Medição – Face Inferior

Blocoa	Leitura	Pontos de Aplicação									Um. Relat. (%)	Temp. (°C)	DATA
		1	2	3	4	5	6	7	8	9			
1	Corrente (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24/02/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
2	Corrente (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28/02/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
3	Corrente (%)	56	63	83	67	77	73	66	47	53	54	26,3	25/04/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
4	Corrente (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22/02/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
5	Corrente (%)	70	77	67	100	92	79	75	74	58	68	21,4	27/04/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
6	Corrente (%)	64	55	63	52	55	49	45	45	50	62	21,5	29/04/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			

Tabela C15 – Medições de REISTIVIDADE – Blocos Molhados – 3ª Medição – Face Inferior

Blocoa	Leitura	Pontos de Aplicação									Um. Relat. (%)	Temp. (°C)	DATA
		1	2	3	4	5	6	7	8	9			
1	Corrente (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24/02/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
2	Corrente (%)										-	-	28/02/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
3	Corrente (%)	74	75	90	97	100	100	92	66	68	53	27,3	25/04/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
4	Corrente (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22/02/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
5	Corrente (%)	100	100	80	100	100	94	88	86	59	65	23,1	27/04/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
6	Corrente (%)	91	83	89	79	60	73	68	69	74	62	23,4	29/04/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			

Tabela C16 – Medições de REISTIVIDADE – Blocos – 4ª Medição – Face Inferior

Blocoa	Leitura	Pontos de Aplicação									Um. Relat. (%)	Temp. (°C)	DATA
		1	2	3	4	5	6	7	8	9			
1	Corrente (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24/02/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
2	Corrente (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28/02/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
3	Corrente (%)	88	97	100	100	100	100	100	79	87	50	28,4	25/04/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
4	Corrente (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22/02/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
5	Corrente (%)	100	100	86	100	100	100	70	85	65	61	24,3	27/04/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
6	Corrente (%)	96	95	100	100	89	100	76	63	88	61	24,6	29/04/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			

Tabela C17 – Medições de REISTIVIDADE – Blocos Molhados – 5ª Medição – Face Inferior

Blocoa	Leitura	Pontos de Aplicação									Um. Relat. (%)	Temp. (°C)	DATA
		1	2	3	4	5	6	7	8	9			
1	Corrente (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24/02/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
2	Corrente (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28/02/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
3	Corrente (%)	89	94	100	100	100	100	100	100	94	46	28,9	25/04/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
4	Corrente (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22/02/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
5	Corrente (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	88	59	24,9	27/04/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
6	Corrente (%)	100	100	100	100	100	100	90	90	100	58	25,5	29/04/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			

Tabela C18 – Medições de REISTIVIDADE – Blocos – 6ª Medição – Face Inferior

Blocoa	Leitura	Pontos de Aplicação									Um. Relat. (%)	Temp. (°C)	DATA
		1	2	3	4	5	6	7	8	9			
1	Corrente (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24/02/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
2	Corrente (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28/02/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
3	Corrente (%)	95	91	100	100	100	100	100	100	98	44	29,8	25/04/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
4	Corrente (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22/02/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
5	Corrente (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	99	57	25,4	27/04/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
6	Corrente (%)	100	100	100	100	100	100	90	90	100	51	26,1	29/04/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			

Tabela C19 – Medições de REISTIVIDADE – Blocos Molhados – 7ª Medição – Face Inferior

Blocoa	Leitura	Pontos de Aplicação									Um. Relat. (%)	Temp. (°C)	DATA
		1	2	3	4	5	6	7	8	9			
1	Corrente (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24/02/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
2	Corrente (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	57	28,1	28/02/2011
	Resist (kΩ.cm)	99	99	93	99	99	92	99	99	99			
3	Corrente (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	43	29,1	25/04/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	85	99	99	99	99			
4	Corrente (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	48	29,9	22/02/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
5	Corrente (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	55	25,2	27/04/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	77	99	99	99	99			
6	Corrente (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	47	26,1	29/04/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	86	99	99	99	99			

Tabela C20 – Medições de REISTIVIDADE – Blocos – 8ª Medição – Face Inferior

Blocoa	Leitura	Pontos de Aplicação									Um. Relat. (%)	Temp. (°C)	DATA
		1	2	3	4	5	6	7	8	9			
1	Corrente (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	61	27,9	24/02/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	92	96	99	99	99	99			
2	Corrente (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	56	28,1	28/02/11
	Resist (kΩ.cm)	99	89	99	75	94	99	99	99	99			
3	Corrente (%)	93	100	100	100	100	100	100	100	100	42	30,1	25/04/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
4	Corrente (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	50	29,1	22/02/11
	Resist (kΩ.cm)	89	94	97	96	99	99	99	99	99			
5	Corrente (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	54	25,7	27/04/11
	Resist (kΩ.cm)	99	82	99	99	72	99	99	85	99			
6	Corrente (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	45	26,4	29/04/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	88	99	99	99	99			

Tabela C21 – Medições de REISTIVIDADE – Blocos Molhados – 9ª Medição – Face Inferior

Bloco	Leitura	Pontos de Aplicação									Um. Relat. (%)	Temp. (°C)	DATA
		1	2	3	4	5	6	7	8	9			
1	Corrente (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	63	26,9	24/02/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
2	Corrente (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	56	28,4	28/02/11
	Resist (kΩ.cm)	99	78	99	99	78	99	99	99	99			
3	Corrente (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	42	29,7	25/04/11
	Resist (kΩ.cm)	99	78	99	96	85	99	99	99	99			
4	Corrente (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	53	28,6	22/02/11
	Resist (kΩ.cm)	73	83	82	74	86	97	79	99	99			
5	Corrente (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	53	25,8	27/04/11
	Resist (kΩ.cm)	99	76	99	96	77	99	99	85	99			
6	Corrente (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	45	26,1	29/04/11
	Resist (kΩ.cm)	96	99	97	99	81	97	99	99	99			

Tabela C22 – Medições de REISTIVIDADE – Blocos – 10ª Medição – Face Inferior

Bloco	Leitura	Pontos de Aplicação									Um. Relat. (%)	Temp. (°C)	DATA
		1	2	3	4	5	6	7	8	9			
1	Corrente (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	67	25,7	24/02/11
	Resist (kΩ.cm)	99	99	99	99	99	99	99	99	99			
2	Corrente (%)	99	100	100	100	100	100	100	100	100	54	28,2	28/02/11
	Resist (kΩ.cm)	99	72	99	99	67	99	99	96	99			
3	Corrente (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	43	29,1	25/04/11
	Resist (kΩ.cm)	99	82	99	93	63	84	99	99	99			
4	Corrente (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	53	28,9	22/02/11
	Resist (kΩ.cm)	63	67	68	63	71	72	73	82	88			
5	Corrente (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	50	25,6	27/04/11
	Resist (kΩ.cm)	99	70	99	81	65	99	98	79	99			
6	Corrente (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	42	26,6	29/04/11
	Resist (kΩ.cm)	99	98	92	99	99	94	99	99	99			

Tabela C23 – Medições de REISTIVIDADE – Viga V1 Molhada – Face 1 - Lateral Direita

UMIDADE RELATIVA			76	79	74	66	64	60	66	65	64	61	60											
TEMPERATURA			24,4	23,6	24,8	27,0	26,8	27,1	27	26,9	26,8	27,3	27,1											
DATA			13/01/11	11/03/11	11/03/11	11/03/11	11/03/11	11/03/11	11/03/11	11/03/11	11/03/11	11/03/11	11/03/11											
LEITURA																								
Item	Leitur Ensaio	Pto Alicação	SECA		1ª MED		2ª MED		3ª MED		4ª MED		5ª MED		6ª MED		7ª MED		8ª MED		9ª MED		10ª MED	
			(%)	kΩcm	(%)	kΩcm	(%)	kΩcm	(%)	kΩcm	(%)	kΩcm	(%)	kΩcm	(%)	kΩcm	(%)	kΩcm	(%)	kΩcm	(%)	kΩcm	(%)	kΩcm
1	HI	1	-	99	-	99	83	91	100	72	100	60	100	44	100	38	100	24	100	25	100	13	100	14
2	HI	2	-	99	-	99	89	79	100	54	100	58	100	44	100	35	100	32	100	25	100	16	100	16
3	HI	3	-	99	-	99	100	86	100	65	100	51	100	46	100	39	100	33	100	25	100	21	100	18
4	HI	4	-	99	-	99	100	87	100	70	100	51	100	44	100	34	100	33	100	24	100	17	100	12
5	HI	5	-	99	-	99	100	85	100	64	100	46	100	43	100	29	100	24	100	15	100	15	100	13
6	HI	6	-	99	-	99	92	67	100	72	100	52	100	42	100	30	100	29	100	21	100	22	100	14
7	HM	7	-	99	-	99	95	41	100	41	100	31	100	26	100	24	100	14	100	13	100	15	100	9
8	HM	8	-	99	-	99	100	40	100	35	100	29	100	27	100	21	100	20	100	18	100	16	100	17
9	HM	9	-	99	-	99	100	37	100	33	100	29	100	30	100	24	100	24	100	19	100	17	100	15
10	HM	10	-	99	-	99	100	41	100	32	100	26	100	24	100	19	100	19	100	16	100	14	100	15
11	HM	11	-	99	-	99	100	41	100	32	100	31	100	28	100	24	100	21	100	19	100	16	100	14
12	HM	12	-	99	-	99	100	48	100	37	100	34	100	28	100	25	100	22	100	20	100	19	100	16
13	HS	13	-	99	-	99	100	99	100	99	100	82	100	69	100	59	100	52	100	44	100	41	100	37
14	HS	14	-	99	-	99	100	89	100	72	100	58	100	49	100	40	100	36	100	32	100	30	100	28
15	HS	15	-	99	-	99	100	90	100	75	100	63	100	57	100	49	100	46	100	43	100	39	100	37
16	HS	16	-	99	-	99	100	91	100	75	100	63	100	52	100	46	100	41	100	35	100	33	100	30
17	HS	17	-	99	-	99	100	99	100	77	100	62	100	68	100	56	100	46	100	40	100	34	100	30
18	HS	18	-	99	-	99	100	99	100	89	100	71	100	68	100	51	100	63	100	41	100	43	100	41

Tabela C24 – Medições de REISTIVIDADE – Viga V7 Molhada – Face 1 - Lateral Direita

UMIDADE RELATIVA		53	81	80	77	73	74	77	75	73	73	74												
TEMPERATURA		28,7	23,4	23,8	24,2	25,3	24,9	24,2	24,8	25,3	25	24,9												
DATA		27/01/11	10/03/11	10/03/11	10/03/11	10/03/11	10/03/11	10/03/11	10/03/11	10/03/11	10/03/11	10/03/11												
LEITURA																								
Item	Leitur Ensaio	Pto Alicação	SECA		1ª MED		2ª MED		3ª MED		4ª MED		5ª MED		6ª MED		7ª MED		8ª MED		9ª MED		10ª MED	
			(%)	kΩcm	(%)	kΩcm	(%)	kΩcm	(%)	kΩcm	(%)	kΩcm	(%)	kΩcm	(%)	kΩcm	(%)	kΩcm	(%)	kΩcm	(%)	kΩcm	(%)	kΩcm
1	HI	1	-	99	80	91	100	52	100	54	100	38	100	33	100	25	100	24	100	18	100	13	-	-
2	HI	2	-	99	80	90	100	99	100	78	100	71	100	53	100	41	100	38	100	33	100	29	-	-
3	HI	3	-	99	99	91	100	83	100	68	100	55	100	46	100	37	100	31	100	27	100	22	-	-
4	HI	4	-	99	93	99	100	93	100	74	100	56	100	50	100	42	100	34	100	26	100	25	-	-
5	HI	5	-	99	83	99	100	99	100	69	100	62	100	51	100	41	100	32	100	27	100	22	-	-
6	HI	6	-	99	88	99	100	99	100	78	100	60	100	52	100	41	100	36	100	30	100	22	-	-
7	HM	7	-	99	85	89	100	36	100	40	100	35	100	35	100	30	100	29	100	27	100	25	-	-
8	HM	8	-	99	83	29	100	33	100	28	100	26	100	23	100	23	100	19	100	19	100	19	-	-
9	HM	9	-	99	80	40	100	34	100	35	100	30	100	28	100	28	100	25	100	20	100	19	-	-
10	HM	10	-	99	96	44	100	43	100	39	100	38	100	33	100	30	100	26	100	25	100	22	-	-
11	HM	11	-	99	77	44	96	41	100	37	100	36	100	30	100	27	100	24	100	23	100	20	-	-
12	HM	12	-	99	82	62	100	45	100	39	100	35	100	35	100	31	100	30	100	26	100	24	-	-
13	HS	13	-	99	84	52	95	49	100	53	100	43	100	44	100	39	100	37	100	38	100	32	-	-
14	HS	14	-	99	100	52	100	54	100	58	100	51	100	46	100	43	100	38	100	37	100	33	-	-
15	HS	15	-	99	70	72	98	59	100	55	100	51	100	49	100	47	100	41	100	37	100	34	-	-
16	HS	16	-	99	84	58	95	58	100	58	100	57	100	50	100	42	100	42	100	39	100	36	-	-
17	HS	17	-	99	72	53	100	56	100	47	100	46	100	43	100	36	100	34	100	30	100	26	-	-
18	HS	18	-	99	60	66	68	53	88	40	100	42	100	44	100	36	100	35	100	32	100	25	-	-

Tabela C25 – Medições de REISTIVIDADE – Viga V8 Molhada – Face 2 - Lateral Esquerda

UMIDADE RELATIVA		56	75	65	60	56	58	60	57	56	55	58												
TEMPERATURA		27,6	24,1	26,6	27,5	28,1	26,9	27,5	28,3	28,1	27,9	26,9												
DATA		28/01/11	09/03/11	09/03/11	09/03/11	09/03/11	09/03/11	09/03/11	09/03/11	09/03/11	09/03/11	09/03/11												
LEITURA																								
Item	Leitur Ensaio	Pto Alicação	SECA		1ª MED		2ª MED		3ª MED		4ª MED		5ª MED		6ª MED		7ª MED		8ª MED		9ª MED		10ª MED	
			(%)	kΩcm	(%)	kΩcm	(%)	kΩcm	(%)	kΩcm	(%)	kΩcm	(%)	kΩcm	(%)	kΩcm	(%)	kΩcm	(%)	kΩcm	(%)	kΩcm	(%)	kΩcm
1	HI	1	-	99	-	99	95	99	100	58	100	47	100	37	100	30	100	24	100	19	100	13	100	8
2	HI	2	-	99	-	99	70	99	100	99	100	65	100	54	100	42	100	30	100	26	100	17	100	16
3	HI	3	-	99	-	99	100	70	100	61	100	52	100	40	100	34	100	25	100	23	100	18	100	16
4	HI	4	-	99	-	99	100	85	100	64	100	46	100	41	100	31	100	25	100	19	100	14	100	11
5	HI	5	-	99	-	99	100	99	100	77	100	62	100	49	100	37	100	26	100	19	100	14	100	14
6	HI	6	-	99	-	99	93	99	100	64	100	48	100	40	100	33	100	25	100	19	100	14	100	9
7	HM	7	-	99	-	99	100	64	100	41	100	34	100	30	100	26	100	23	100	21	100	18	100	16
8	HM	8	-	99	-	99	90	73	100	42	100	41	100	36	100	29	100	21	100	24	100	21	100	16
9	HM	9	-	99	-	99	100	48	100	39	100	36	100	30	100	29	100	23	100	22	100	20	100	19
10	HM	10	-	99	-	99	100	65	100	41	100	35	100	31	100	28	100	24	100	23	100	19	100	18
11	HM	11	-	99	-	99	100	74	100	48	100	42	100	34	100	28	100	23	100	22	100	21	100	18
12	HM	12	-	99	-	99	100	70	100	45	100	37	100	32	100	26	100	22	100	20	100	17	100	14
13	HS	13	-	99	-	99	100	99	100	65	100	56	100	49	100	44	100	37	100	37	100	32	100	33
14	HS	14	-	99	-	99	94	99	100	73	100	62	100	52	100	48	100	41	100	37	100	31	100	33
15	HS	15	-	99	-	99	100	87	100	52	100	51	100	48	100	37	100	37	100	32	100	32	100	27
16	HS	16	-	99	-	99	100	99	100	67	100	60	100	45	100	41	100	36	100	34	100	35	100	30
17	HS	17	-	99	-	99	92	99	100	82	100	62	100	52	100	46	100	35	100	33	100	31	100	36
18	HS	18	-	99	-	99	100	92	100	62	100	52	100	45	100	39	100	31	100	19	100	32	100	28

Tabela C26 – Medições de REISTIVIDADE – Viga V9 Molhada – Face 1 - Lateral Direita

UMIDADE RELATIVA		62	84	83	83	79	80	83	82	79	80	80												
TEMPERATURA		27,5	23,3	23,6	23,8	24,6	23,5	23,8	24,5	24,6	24,4	23,5												
DATA		31/01/11	04/03/11	04/03/11	04/03/11	04/03/11	04/03/11	04/03/11	04/03/11	04/03/11	04/03/11	04/03/11												
LEITURA																								
Item	Leitur Ensaio	Pto Alicação	SECA		1ª MED		2ª MED		3ª MED		4ª MED		5ª MED		6ª MED		7ª MED		8ª MED		9ª MED		10ª MED	
			(%)	kΩcm	(%)	kΩcm	(%)	kΩcm	(%)	kΩcm	(%)	kΩcm	(%)	kΩcm	(%)	kΩcm	(%)	kΩcm	(%)	kΩcm	(%)	kΩcm	(%)	kΩcm
1	HI	1	-	99	-	99	100	82	100	56,0	100	42	100	34	100	28	100	25	100	20	100	17	100	12
2	HI	2	-	99	-	99	100	75	100	57,0	100	45	100	48	100	32	100	27	100	24	100	19	100	15
3	HI	3	-	99	-	99	100	94	100	67,0	100	50	100	41	100	35	100	30	100	24	100	20	100	18
4	HI	4	-	99	-	99	100	60	100	50,0	100	45	100	40	100	34	100	30	100	27	100	24	100	21
5	HI	5	-	99	-	99	100	47	100	40,0	100	37	100	26	100	26	100	25	100	21	100	18	100	15
6	HI	6	-	99	-	99	100	93	100	62,0	100	46	100	38	100	31	100	28	100	20	100	16	100	10
7	HM	7	-	99	-	99	100	56	100	42,0	100	35	100	48	100	28	100	26	100	21	100	21	100	15
8	HM	8	-	99	-	99	100	52	100	41,0	100	33	100	28	100	25	100	22	100	19	100	14	100	13
9	HM	9	-	99	-	99	100	52	100	45,0	100	37	100	32	100	28	100	24	100	21	100	17	100	15
10	HM	10	-	99	-	99	100	54	100	44,0	100	37	100	31	100	28	100	24	100	22	100	18	100	17
11	HM	11	-	99	-	99	100	47	100	43,0	100	36	100	30	100	27	100	22	100	18	100	15	100	12
12	HM	12	-	99	-	99	95	40	100	42,0	100	37	100	34	100	32	100	27	100	20	100	20	100	19
13	HS	13	-	99	-	99	85	85	100	71,0	100	52	100	38	100	44	100	35	100	30	100	31	100	25
14	HS	14	-	99	-	99	100	58	100	44,0	100	30	100	33	100	30	100	28	100	23	100	20	100	18
15	HS	15	-	99	-	99	97	68	100	55,0	100	42	100	33	100	26	100	24	100	17	100	15	100	13
16	HS	16	-	99	-	99	100	72	100	55,0	100	48	100	40	100	35	100	30	100	25	100	22	100	19
17	HS	17	-	99	-	99	93	64	100	59,0	100	59	100	51	100	51	100	35	100	30	100	26	100	25
18	HS	18	-	99	-	99	80	95	100	67,0	100	66	100	56	100	51	100	47	100	39	100	36	100	28

Tabela C27 – Medições de REISTIVIDADE – Viga V10 Molhada – Face 2 - Lateral Esquerda

UMIDADE RELATIVA			67	-	-	-	77	78	-	72	77	75	78											
TEMPERATURA			25,4	-	-	-	24,7	23,4	-	24,8	24,7	24,1	23,4											
DATA			01/02/11	03/03/11	03/03/11	03/03/11	03/03/11	03/03/11	03/03/11	03/03/11	03/03/11	03/03/11	03/03/11											
LEITURA																								
Item	Leitur Ensaio	Pto Alicação	SECA		1ª MED		2ª MED		3ª MED		4ª MED		5ª MED		6ª MED		7ª MED		8ª MED		9ª MED		10ª MED	
			(%)	kΩcm	(%)	kΩcm	(%)	kΩcm	(%)	kΩcm	(%)	kΩcm	(%)	kΩcm	(%)	kΩcm	(%)	kΩcm	(%)	kΩcm	(%)	kΩcm	(%)	kΩcm
1	HI	1	-	99	-	99	-	99	-	99	-	99	-	99	-	99	100	17	100	13	100	9	100	9
2	HI	2	-	99	-	99	-	99	-	99	-	99	-	99	-	99	100	13	100	11	100	9	100	9
3	HI	3	-	99	-	99	-	99	-	99	-	99	-	99	-	99	100	28	100	18	100	15	100	12
4	HI	4	-	99	-	99	-	99	-	99	-	99	-	99	-	99	100	11	100	9	100	8	100	7
5	HI	5	-	99	-	99	-	99	-	99	-	99	-	99	-	99	100	10	100	9	100	8	100	7
6	HI	6	-	99	-	99	-	99	-	99	-	99	-	99	-	99	100	13	100	13	100	11	100	10
7	HM	7	-	99	-	99	-	99	-	99	-	99	-	99	-	99	100	15	100	14	100	14	100	12
8	HM	8	-	99	-	99	-	99	-	99	-	99	-	99	-	99	100	10	100	9	100	9	100	7
9	HM	9	-	99	-	99	-	99	-	99	-	99	-	99	-	99	100	13	100	14	100	11	100	11
10	HM	10	-	99	-	99	-	99	-	99	-	99	-	99	-	99	100	10	100	10	100	9	100	8
11	HM	11	-	99	-	99	-	99	-	99	-	99	-	99	-	99	100	13	100	9	100	8	100	7
12	HM	12	-	99	-	99	-	99	-	99	-	99	-	99	-	99	100	14	100	13	100	11	100	10
13	HS	13	-	99	-	99	-	99	-	99	-	99	-	99	-	99	100	26	100	24	100	22	100	21
14	HS	14	-	99	-	99	-	99	-	99	-	99	-	99	-	99	100	26	100	26	100	24	100	22
15	HS	15	-	99	-	99	-	99	-	99	-	99	-	99	-	99	100	25	100	27	100	21	100	21
16	HS	16	-	99	-	99	-	99	-	99	-	99	-	99	-	99	100	25	100	21	100	18	100	18
17	HS	17	-	99	-	99	-	99	-	99	-	99	-	99	-	99	100	21	100	20	100	17	100	14
18	HS	18	-	99	-	99	-	99	-	99	-	99	-	99	-	99	100	27	100	27	100	26	100	22

APÊNDICE D

RESULTADOS DOS ENSAIOS DE POTENCIAL DE CORROSÃO

Tabela D1 – Medição Potencial de Corrosão – Vigas Secas - FACE 1 LATERAL DIREITA

UMIDADE RELATIVA			76	82	70	53	54	52	53	56	62	67
TEMPERATURA			24,4	23,5	24,9	28,3	28,1	28,0	28,7	27,5	27,5	25,2
DATA			13/01/11	15/01/11	20/1/11	21/01/11	24/01/11	25/01/11	27/01/11	28/01/11	31/01/11	01/02/11
			LEITURA (mV)									
Item	Camada	Pto Alicação	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10
1	HI-1	1	-105,0	12,0	16,0	-15,0	42,0	18,0	-7,0	35,0	38,0	20,0
2	HI-1	2	-27,0	19,0	25,0	5,0	6,0	-71,0	115,0	87,0	55,0	0,0
3	HI-1	3	-49,0	-37,0	58,0	32,0	-4,0	16,0	73,0	96,0	55,0	51,0
4	HI-1	4	-15,0	33,0	41,0	-4,0	50,0	63,0	29,0	16,0	-9,0	16,0
5	HI-1	5	-10,0	-2,0	51,0	16,0	16,0	11,0	15,0	100,0	0,0	3,0
6	HI-1	6	-23,0	12,0	62,0	9,0	-71,0	21,0	-13,0	61,0	16,0	24,0
7	HI-2	7	-82,0	-2,0	69,0	0,0	32,0	-5,0	17,0	-17,0	-44,0	49,0
8	HI-2	8	-81,0	3,0	40,0	-4,0	-15,0	-11,0	-54,0	49,0	24,0	-4,0
9	HI-2	9	-61,0	13,0	48,0	23,0	84,0	-11,0	44,0	17,0	17,0	7,0
10	HI-2	10	-67,0	22,0	42,0	16,0	-4,0	67,0	16,0	49,0	-25,0	49,0
11	HI-2	11	-76,0	22,0	78,0	7,0	-10,0	140,0	-79,0	42,0	-27,0	16,0
12	HI-2	12	-52,0	0,0	82,0	7,0	-15,0	4,0	4,0	-8,0	-27,0	-69,0
13	HI-2	13	-73,0	15,0	81,0	-3,0	4,0	0,0	-1,0	40,0	-6,0	7,0
14	HM	14	-67,0	28,0	75,0	-12,0	-11,0	-32,0	-16,0	24,0	-11,0	11,0
15	HM	15	-12,0	22,0	30,0	-11,0	18,0	0,0	-40,0	-4,0	-20,0	42,0
16	HM	16	-10,0	16,0	46,0	44,0	-10,0	15,0	-39,0	20,0	-10,0	50,0
17	HM	17	-53,0	23,0	31,0	20,0	-1,0	-68,0	-48,0	0,0	0,0	42,0
18	HM	18	-48,0	17,0	67,0	5,0	-3,0	-8,0	16,0	10,0	5,0	3,0
19	HM	19	-18,0	12,0	32,0	-43,0	-32,0	-15,0	-15,0	5,0	32,0	-16,0
20	HS-1	20	-81,0	12,0	-41,0	-3,0	49,0	-28,0	21,0	-32,0	-2,0	-20,0
21	HS-1	21	-77,0	15,0	71,0	-76,0	17,0	-11,0	22,0	-8,0	-12,0	0,0
22	HS-1	22	-74,0	30,0	73,0	-1,0	-41,0	-15,0	55,0	21,0	16,0	74,0
23	HS-1	23	-52,0	12,0	76,0	-9,0	-17,0	-4,0	-30,0	-3,0	-4,0	86,0
24	HS-1	24	-86,0	-13,0	50,0	-15,0	-14,0	14,0	-55,0	5,0	-3,0	24,0
25	HS-1	25	-45,0	-10,0	49,0	-25,0	0,0	-4,0	42,0	-1,0	16,0	-8,0
26	HS-1	26	-87,0	14,0	49,0	-12,0	1,0	-9,0	-8,0	0,0	-54,0	-67,0
27	HS-2	27	-28,0	12,0	-48,0	1,0	-40,0	-80,0	-80,0	-6,0	-16,0	-24,0
28	HS-2	28	-3,0	13,0	-53,0	-15,0	-1,0	-76,0	-42,0	5,0	17,0	20,0
29	HS-2	29	-5,0	20,0	-32,0	-33,0	11,0	-63,0	-48,0	0,0	-59,0	73,0
30	HS-2	30	-4,0	17,0	51,0	-22,0	-2,0	-68,0	-28,0	42,0	11,0	75,0
31	HS-2	31	-11,0	13,0	32,0	-2,0	-53,0	-8,0	9,0	20,0	0,0	-11,0
32	HS-2	32	-7,0	6,0	-14,0	7,0	-16,0	-4,0	-15,0	0,0	16,0	-7,0

Tabela D2 – Medição Potencial de Corrosão – Vigas Secas - FACE 2 TERAL ESQUERDA

UMIDADE RELATIVA			76	83	69	55	52	51	52	56	60	67
TEMPERATURA			24,6	23,8	25,2	28	28,1	28,6	29	27,6	27,6	25,4
DATA			13/01/11	15/01/11	20/01/11	21/01/11	24/01/11	25/01/11	27/01/11	28/01/11	31/01/11	01/02/11
			LEITURA (mV)									
Item	Camada	Pto Alicação	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10
1	HI-1	1	-15,0	-17,0	-28,0	24,0	-51,0	-47,0	-62,0	39,0	-37,0	18,0
2	HI-1	2	19,0	14,0	-38,0	11,0	-40,0	-23,0	21,0	51,0	26,0	24,0
3	HI-1	3	40,0	49,0	130,0	31,0	68,0	81,0	-78,0	32,0	16,0	-46,0
4	HI-1	4	38,0	42,0	39,0	-4,0	79,0	-86,0	110,0	52,0	91,0	1,0
5	HI-1	5	38,0	31,0	33,0	7,0	49,0	-105,0	-74,0	18,0	-13,0	-63,0
6	HI-1	6	16,0	43,0	28,0	11,0	21,0	0,0	-4,0	13,0	-64,0	-10,0
7	HI-2	7	-74,0	22,0	50,0	-9,0	10,0	-54,0	-22,0	16,0	-17,0	28,0
8	HI-2	8	-56,0	15,0	20,0	38,0	42,0	-46,0	-5,0	-12,0	16,0	-64,0
9	HI-2	9	-65,0	21,0	52,0	42,0	4,0	-30,0	2,0	-4,0	3,0	-21,0
10	HI-2	10	-38,0	23,0	31,0	15,0	5,0	-75,0	75,0	-40,0	-27,0	-64,0
11	HI-2	11	-43,0	25,0	28,0	-20,0	78,0	-63,0	-7,0	-15,0	-37,0	-79,0
12	HI-2	12	-57,0	28,0	8,0	40,0	-2,0	-45,0	-6,0	0,0	-71,0	-42,0
13	HI-2	13	-77,0	27,0	49,0	55,0	57,0	-15,0	-4,0	-22,0	-80,0	-63,0
14	HM	14	-50,0	9,0	22,0	52,0	55,0	-37,0	-6,0	-1,0	-63,0	-86,0
15	HM	15	-13,0	16,0	25,0	32,0	0,0	0,0	-23,0	-21,0	-92,0	-73,0
16	HM	16	-16,0	13,0	33,0	29,0	20,0	-50,0	-27,0	-3,0	-62,0	-4,0
17	HM	17	31,0	26,0	48,0	35,0	20,0	-31,0	-30,0	-43,0	-30,0	-5,0
18	HM	18	9,0	26,0	17,0	-60,0	-4,0	-91,0	-74,0	0,0	-34,0	-16,0
19	HM	19	35,0	18,0	40,0	2,0	9,0	-49,0	-30,0	-3,0	-24,0	-71,0
20	HS-1	20	-106,0	26,0	26,0	-4,0	-35,0	-15,0	-52,0	-13,0	-16,0	-27,0
21	HS-1	21	-79,0	2,0	31,0	81,0	-21,0	-17,0	-15,0	-4,0	-48,0	-55,0
22	HS-1	22	-76,0	16,0	40,0	24,0	-3,0	-56,0	-21,0	-15,0	-77,0	-44,0
23	HS-1	23	-73,0	23,0	3,0	3,0	5,0	-9,0	-25,0	-36,0	-12,0	-86,0
24	HS-1	24	-50,0	9,0	-13,0	44,0	16,0	-54,0	-13,0	-53,0	13,0	-80,0
25	HS-1	25	-65,0	7,0	16,0	9,0	7,0	-52,0	-23,0	4,0	44,0	-27,0
26	HS-1	26	-56,0	22,0	-27,0	32,0	-14,0	-48,0	-25,0	-4,0	-19,0	6,0
27	HS-2	27	-63,0	9,0	49,0	-15,0	20,0	-48,0	0,0	21,0	77,0	5,0
28	HS-2	28	-65,0	9,0	81,0	30,0	30,0	-61,0	-15,0	-7,0	-32,0	-49,0
29	HS-2	29	-30,0	31,0	-6,0	-29,0	16,0	-21,0	-58,0	12,0	-30,0	-11,0
30	HS-2	30	9,0	24,0	40,0	17,0	9,0	-36,0	0,0	-14,0	-18,0	18,0
31	HS-2	31	62,0	23,0	5,0	-16,0	-26,0	-81,0	-25,0	-4,0	-98,0	26,0
32	HS-2	32	49,0	28,0	19,0	-64,0	16,0	-16,0	-48,0	-6,0	-12,0	18,0

Tabela D3 – Medição Potencial de Corrosão – Viga V1 - Molhada - FACE 1 LATERAL DIREITA

Umidade Relativa (%):		76	79	75	67	65	59	67	65	65	61	59	
Temperatura (°C):		24,4	23,4	24,8	26,9	26,8	27,1	26,9	26,9	26,8	27,3	27,1	
DATA:		13/01/11	11/03/11	11/03/11	11/03/11	11/03/11	11/03/11	11/03/11	11/03/11	11/03/11	11/03/11	11/03/11	
		LEITURA (mV)											
Item	Camada	Pto	Seca	1ª MED	2ª MED	3ª MED	4ª MED	5ª MED	6ª MED	7ª MED	8ª MED	9ª MED	10ª MED
1	HI-1	1	-105	9	-15	-65	-79	-71	-78	-77	-79	-79	-102
2	HI-1	2	-27	8	-67	-80	-84	-69	-78	-78	-78	-80	-88
3	HI-1	3	-49	-16	-84	-90	-93	-69	-77	-75	-74	-75	-82
4	HI-1	4	-15	-16	-86	-83	-86	-65	-77	-75	-77	-79	-84
5	HI-1	5	-10	-30	-80	-78	-82	-64	-73	-73	-75	-77	-80
6	HI-1	6	-23	10	-71	-78	-85	-65	-74	-74	-74	-76	-78
7	HI-2	7	-82	-16	-65	-82	-89	-79	-80	-80	-80	-82	-106
8	HI-2	8	-81	-4	-58	-82	-86	-75	-79	-77	-78	-78	-93
9	HI-2	9	-61	-49	-75	-77	-77	-73	-74	-74	-73	-73	-80
10	HI-2	10	-67	-51	-71	-75	-77	-72	-74	-74	-72	-72	-77
11	HI-2	11	-76	-43	-71	-75	-78	-75	-75	-75	-74	-74	-77
12	HI-2	12	-52	-11	-69	-76	-74	-65	-70	-67	-68	-70	-71
13	HI-2	13	-73	-22	-59	-74	-79	-73	-76	-76	-75	-76	-79
14	HM	14	-67	-15	-80	-100	-102	-67	-79	-76	-79	-80	-98
15	HM	15	-12	21	-75	-75	-79	-58	-67	-63	-65	-67	-79
16	HM	16	-10	0	-65	-74	-79	-65	-69	-69	-69	-69	-74
17	HM	17	-53	-11	-73	-73	-75	-63	-69	-68	-67	-69	-73
18	HM	18	-48	-22	-82	-77	-80	-70	-73	-73	-71	-72	-73
19	HM	19	-18	3	-84	-82	-80	-48	-62	-62	-62	-64	-67
20	HS-1	20	-81	-13	-59	-92	-102	-65	-79	-71	-76	-79	-99
21	HS-1	21	-77	13	-44	-82	-86	-57	-67	-62	-65	-67	-84
22	HS-1	22	-74	12	-79	-82	-87	-60	-69	-70	-67	-69	-79
23	HS-1	23	-52	19	-71	-76	-81	-52	-63	-61	-61	-63	-69
24	HS-1	24	-86	22	-86	-74	-79	-51	-62	-61	-62	-65	-69
25	HS-1	25	-45	20	-69	-76	-76	-51	-63	-63	-62	-65	-67
26	HS-1	26	-87	13	-39	-74	-76	-50	-63	-65	-63	-65	-69
27	HS-2	27	-28	12	-15	-75	-83	-59	-69	-65	-69	-69	-86
28	HS-2	28	-3	19	-71	-84	-88	-57	-69	-67	-65	-68	-80
29	HS-2	29	-5	20	-75	-70	-75	-48	-57	-57	-55	-62	-67
30	HS-2	30	-4	22	-71	-69	-71	-48	-56	-55	-55	-59	-64
31	HS-2	31	-11	13	-67	-74	-76	-51	-61	-61	-60	-63	-67
32	HS-2	32	-7	9	-51	-77	-79	-48	-59	-61	-58	-61	-65

Tabela D4 – Medição Potencial de Corrosão – Viga V7 - Molhada - FACE 1 LATERAL DIREITA

Umidade Relativa (%):		53	82	81	80	75	74	80	77	75	73	74	
Temperatura (°C):		28,7	23,3	23,7	23,3	24,6	24,9	23,3	24,1	24,6	25,4	24,9	
DATA:		27/01/11	10/03/11	10/03/11	10/03/11	10/03/11	10/03/11	10/03/11	10/03/11	10/03/11	10/03/11	10/03/11	
		LEITURA (mV)											
Item	Camada	Pto	Seca	1ª MED	2ª MED	3ª MED	4ª MED	5ª MED	6ª MED	7ª MED	8ª MED	9ª MED	10ª MED
1	HI-1	1	-7	-51	-65	-78	-79	-89	-84	-91	-94	-102	-95
2	HI-1	2	115	-24	-70	-80	-76	-84	-94	-84	-86	-94	-94
3	HI-1	3	73	-30	-70	-79	-78	-89	-90	-95	-82	-97	-93
4	HI-1	4	29	-50	-75	-84	-92	-90	-94	-92	-91	-91	-91
5	HI-1	5	15	-26	-66	-80	-91	-88	-84	-90	-89	-89	-90
6	HI-1	6	-13	-19	-58	-79	-82	-84	-79	-86	-86	-89	-90
7	HI-2	7	17	-51	-48	-82	-80	-89	-97	-90	-96	-112	-110
8	HI-2	8	-54	-45	-54	-87	-80	-107	-95	-90	-106	-90	-114
9	HI-2	9	44	-80	-69	-85	-78	-105	-87	-108	-108	-113	-111
10	HI-2	10	16	-46	-69	-84	-107	-98	-94	-102	-104	-104	-104
11	HI-2	11	-79	-35	-55	-89	-115	-107	-98	-112	-107	-109	-110
12	HI-2	12	4	1	-50	-80	-90	-89	-80	-90	-89	-92	-93
13	HI-2	13	-1	-15	-32	-79	-91	-90	-77	-93	-96	-94	-92
14	HM	14	-16	-70	-70	-71	-71	-89	-85	-90	-89	-105	-100
15	HM	15	-40	-51	-67	-80	-73	-97	-89	-97	-97	-104	-103
16	HM	16	-39	-29	-77	-58	-70	-85	-67	-95	-73	-93	-99
17	HM	17	-48	-42	-79	-82	-99	-98	-92	-99	-95	-100	-98
18	HM	18	16	-15	-68	-80	-100	-95	-90	-102	-98	-102	-102
19	HM	19	-15	-32	-48	-63	-76	-80	-59	-86	-80	-84	-100
20	HS-1	20	21	-29	-69	-77	-73	-89	-96	-90	-98	-112	-111
21	HS-1	21	22	-24	-63	-86	-82	-107	-100	-102	-108	-118	-114
22	HS-1	22	55	-53	-39	-86	-80	-107	-100	-112	-109	-115	-114
23	HS-1	23	-30	-34	-59	-86	-110	-103	-96	-113	-110	-112	-111
24	HS-1	24	-55	-9	-48	-78	-102	-94	-89	-102	-99	-102	-101
25	HS-1	25	42	-40	-65	-74	-93	-92	-86	-100	-96	-99	-99
26	HS-1	26	-8	-1	-33	-77	-90	-91	-79	-97	-91	-100	-96
27	HS-2	27	-80	-52	-59	-60	-58	-80	-75	-79	-80	-90	-90
28	HS-2	28	-42	-36	-61	-63	-69	-86	-76	-94	-90	-99	-97
29	HS-2	29	-48	-38	-65	-64	-62	-85	-75	-90	-77	-92	-90
30	HS-2	30	-28	-28	-55	-62	-79	-80	-71	-86	-86	-87	-88
31	HS-2	31	9	-40	-64	-64	-83	-81	-77	-86	-84	-89	-87
32	HS-2	32	-15	-42	-61	-63	-72	-75	-72	-78	-78	-81	-79

Tabela D5 – Medição Potencial de Corrosão – Viga V8 - Molhada - FACE 2 LATERAL ESQUERDA

Umidade Relativa (%):		56	76	67	60	56	57	60	58	56	55	57	
Temperatura (°C):		27,6	24,0	26,4	27,5	28,1	27,0	27,5	28,3	28,1	27,9	27,0	
DATA:		28/01/11	09/03/11	09/03/11	09/03/11	09/03/11	09/03/11	09/03/11	09/03/11	09/03/11	09/03/11	09/03/11	
		LEITURA (mV)											
Item	Camada	Pto	Seca	1ª MED	2ª MED	3ª MED	4ª MED	5ª MED	6ª MED	7ª MED	8ª MED	9ª MED	10ª MED
1	HI-1	1	39	9	-24	-79	-84	-86	-92	-100	-102	-106	-104
2	HI-1	2	51	28	-2	-55	-71	-98	-113	-90	-97	-102	-100
3	HI-1	3	32	7	-75	-94	-94	-101	-105	-710	-112	-116	-113
4	HI-1	4	52	3	-80	-94	-103	-109	-112	-117	-119	-119	-121
5	HI-1	5	18	13	-53	-94	-102	-111	-115	-117	-121	-121	-125
6	HI-1	6	13	-17	-48	-122	-110	-120	-145	-129	-131	-145	-140
7	HI-2	7	16	-2	-45	-77	-87	-94	-99	-105	-110	-110	-112
8	HI-2	8	-12	-17	-53	-94	-106	-102	-132	-121	-123	-122	-125
9	HI-2	9	-4	-35	-104	-117	-126	-127	-125	-134	-133	-133	-139
10	HI-2	10	-40	-48	-102	-123	-126	-127	-133	-135	-133	-133	-137
11	HI-2	11	-15	-50	-92	-120	-131	-133	-135	-135	-143	-139	-143
12	HI-2	12	0	-38	-65	-115	-109	-135	-141	-145	-145	-131	-145
13	HI-2	13	-22	-23	-75	-113	-121	-132	-139	-141	-137	-141	-148
14	HM	14	-1	-9	-63	-92	-101	-102	-110	-110	-112	-115	-117
15	HM	15	-21	-15	-65	-94	-99	-107	-115	-121	-118	-122	-123
16	HM	16	-3	-40	-100	-111	-116	-121	-127	-130	-135	-133	-134
17	HM	17	-43	-36	-104	-112	-117	-123	-131	-130	-136	-135	-137
18	HM	18	0	-24	-77	-108	-113	-143	-133	-137	-138	-140	-139
19	HM	19	-3	-28	-87	-115	-124	-137	-142	-142	-141	-150	-145
20	HS-1	20	-13	-16	-38	-65	-86	-106	-118	-123	-124	-124	-125
21	HS-1	21	-4	-26	-48	-100	-106	-102	-133	-120	-120	-119	-126
22	HS-1	22	-15	-45	-86	-115	-123	-125	-133	-142	-134	-135	-143
23	HS-1	23	-36	-55	-106	-120	-127	-129	-135	-139	-137	-137	-141
24	HS-1	24	-53	-75	-102	-130	-139	-143	-146	-146	-155	-150	-151
25	HS-1	25	4	-51	-79	-112	-128	-141	-145	-150	-150	-145	-150
26	HS-1	26	-4	-44	-80	-118	-129	-144	-148	-155	-145	-151	-158
27	HS-2	27	21	-4	-47	-90	-100	-98	-106	-109	-107	-112	-112
28	HS-2	28	-7	-4	-61	-94	-99	-109	-130	-116	-112	-116	-119
29	HS-2	29	12	-46	-98	-108	-115	-116	-122	-127	-129	-129	-130
30	HS-2	30	-14	-50	-104	-117	-123	-120	-131	-133	-137	-137	-138
31	HS-2	31	-4	-10	-60	-96	-110	-130	-129	-130	-125	-133	-130
32	HS-2	32	-6	-16	-70	-106	-118	-129	-137	-139	-137	-131	-142

Tabela D6 – Medição Potencial de Corrosão – Viga V9 - Molhada - FACE 1 LATERAL DIREITA

Umidade Relativa (%):		62	84	83	85	80	80	85	82	80	80	80	
Temperatura (°C):		27,5	22,1	23,4	24,1	24,6	23,6	24,1	24,4	24,6	24,4	23,6	
DATA:		31/01/11	04/03/11	04/03/11	04/03/11	04/03/11	04/03/11	04/03/11	04/03/11	04/03/11	04/03/11	04/03/11	
		LEITURA (mV)											
Item	Camada	Pto	Seca	1ª MED	2ª MED	3ª MED	4ª MED	5ª MED	6ª MED	7ª MED	8ª MED	9ª MED	10ª MED
1	HI-1	1	38	-14	-92	-105	-110	-111	-107	-107	-109	-112	-108
2	HI-1	2	55	-15	-105	-108	-111	-115	-112	-113	-112	-110	-108
3	HI-1	3	55	-18	-100	-111	-113	-113	-109	-112	-112	-109	-106
4	HI-1	4	-9	-28	-105	-120	-125	-119	-115	-115	-114	-113	-115
5	HI-1	5	0	-32	-102	-112	-119	-88	-115	-115	-117	-110	-111
6	HI-1	6	16	-20	-102	-109	-117	-103	-112	-112	-113	-110	-110
7	HI-2	7	-44	-40	-79	-116	-118	-121	-112	-113	-121	-121	-117
8	HI-2	8	24	-39	-75	-119	-126	-125	-119	-123	-118	-118	-99
9	HI-2	9	17	-48	-102	-120	-119	-113	-112	-112	-112	-112	-107
10	HI-2	10	-25	-48	-98	-118	-117	-123	-121	-122	-121	-121	-115
11	HI-2	11	-27	-51	-94	-116	-122	-121	-118	-115	-116	-112	-115
12	HI-2	12	-27	-43	-99	-112	-118	-103	-110	-112	-112	-112	-111
13	HI-2	13	-6	-23	-71	-106	-112	-102	-104	-111	-116	-112	-114
14	HM	14	-11	-43	-107	-117	-112	-110	-100	-105	-105	-106	-102
15	HM	15	-20	-52	-107	-116	-118	-112	-107	-110	-106	-110	-106
16	HM	16	-10	-55	-116	-117	-113	-112	-109	-111	-108	-109	-106
17	HM	17	0	-61	-117	-123	-123	-115	-112	-117	-117	-117	-112
18	HM	18	5	-44	-117	-120	-121	-110	-112	-113	-117	-111	-118
19	HM	19	32	-20	-97	-104	-105	-87	-100	-101	-106	-107	-102
20	HS-1	20	-2	-51	-73	-102	-112	-117	-104	-111	-117	-116	-116
21	HS-1	21	-12	-52	-71	-112	-117	-115	-105	-112	-104	-114	-101
22	HS-1	22	16	-44	-82	-115	-112	-113	-110	-112	-116	-114	-114
23	HS-1	23	-4	-61	-86	-120	-114	-120	-119	-118	-124	-123	-115
24	HS-1	24	-3	-56	-88	-122	-122	-124	-115	-124	-126	-124	-123
25	HS-1	25	16	-41	-91	-116	-117	-99	-109	-114	-124	-118	-121
26	HS-1	26	-54	-30	-61	-106	-111	-102	-100	-111	-121	-112	-115
27	HS-2	27	-16	-39	-93	-109	-109	-103	-99	-101	-105	-106	-105
28	HS-2	28	17	-9	-52	-97	-117	-105	-98	-102	-104	-104	-99
29	HS-2	29	-59	-76	-112	-122	-105	-121	-113	-114	-115	-114	-114
30	HS-2	30	11	-53	-102	-117	-117	-102	-104	-107	-111	-112	-108
31	HS-2	31	0	-42	-98	-112	-115	-96	-103	-111	-112	-112	-115
32	HS-2	32	16	-16	-84	-106	-110	-85	-102	-106	-111	-109	-114

Tabela D7 – Medição Potencial de Corrosão – Viga V10 - Molhada - FACE 2 LATERAL ESQUERDA

Umidade Relativa (%):		67	76	64	77	78	78	77	70	78	77	78	
Temperatura (°C):		25,4	24,4	27,0	24,7	24,4	23,3	24,7	25	24,4	24,2	23,3	
DATA:		01/02/11	03/03/11	03/03/11	03/03/11	03/03/11	03/03/11	03/03/11	03/03/11	03/03/11	03/03/11	03/03/11	
		LEITURA (mV)											
Item	Camada	Pto	Seca	1ª MED	2ª MED	3ª MED	4ª MED	5ª MED	6ª MED	7ª MED	8ª MED	9ª MED	10ª MED
1	HI-1	1	18	-52	-121	-112	-122	-118	-123	-121	-123	-119	-120
2	HI-1	2	24	-44	-110	-113	-112	-117	-110	-112	-90	-104	-104
3	HI-1	3	-46	-48	-102	-84	-112	-108	-107	-97	-98	-91	-88
4	HI-1	4	1	-35	-90	-91	-94	-92	-92	-88	-80	-85	-83
5	HI-1	5	-63	-43	-86	-84	-94	-88	-92	-87	-80	-84	-82
6	HI-1	6	-10	-19	-85	-84	-93	-85	-84	-80	-80	-79	-79
7	HI-2	7	28	-65	-111	-114	-117	-117	-117	-118	-114	-110	-112
8	HI-2	8	-64	-15	-69	-88	-100	-99	-97	-94	-91	-94	-90
9	HI-2	9	-21	7	-79	-96	-100	-98	-97	-98	-89	-92	-88
10	HI-2	10	-64	-1	-63	-82	-89	-83	-88	-87	-84	-86	-83
11	HI-2	11	-79	-26	-80	-90	-95	-92	-92	-91	-86	-88	-85
12	HI-2	12	-42	-36	-87	-90	-84	-92	-73	-85	-74	-82	-80
13	HI-2	13	-63	-42	-80	-80	-84	-86	-85	-81	-80	-80	-79
14	HM	14	-86	-54	-88	-80	-86	-86	-79	-82	-82	-80	-77
15	HM	15	-73	7	-80	-80	-89	-91	-94	-89	-86	-86	-84
16	HM	16	-4	31	-79	-80	-79	-84	-82	-82	-80	-80	-78
17	HM	17	-5	18	-77	-80	-84	-86	-86	-84	-82	-82	-80
18	HM	18	-16	-5	-66	-76	-77	-79	-78	-77	-75	-74	-73
19	HM	19	-71	-48	-73	-71	-79	-79	-78	-74	-74	-71	-71
20	HS-1	20	-27	-74	-100	-121	-121	-121	-123	-122	-117	-112	-112
21	HS-1	21	-55	-32	-61	-80	-95	-85	-96	-98	-91	-94	-90
22	HS-1	22	-44	-18	-75	-90	-102	-92	-96	-88	-89	-88	-84
23	HS-1	23	-86	-25	-67	-83	-89	-88	-88	-88	-89	-88	-84
24	HS-1	24	-80	-51	-85	-97	-98	-102	-98	-99	-96	-97	-94
25	HS-1	25	-27	-45	-83	-86	-89	-87	-90	-89	-80	-88	-85
26	HS-1	26	6	-79	-113	-130	-123	-129	-122	-129	-112	-119	-118
27	HS-2	27	5	-48	-113	-118	-117	-117	-112	-112	-113	-113	-112
28	HS-2	28	-49	-74	-112	-108	-113	-113	-110	-114	-112	-111	-112
29	HS-2	29	-11	-49	-101	-94	-104	-104	-101	-101	-96	-89	-93
30	HS-2	30	18	-33	-94	-92	-102	-104	-102	-101	-102	-102	-98
31	HS-2	31	26	-53	-98	-100	-104	-109	-106	-106	-110	-106	-105
32	HS-2	32	18	-49	-103	-101	-108	-109	-105	-105	-105	-110	-106

Os pontos de medições foram distribuídos uniformemente nas superfícies das peças, identificados por camadas horizontais nas tabelas D1 até a D7 com a denominação:

- HI-1: camada horizontal inferior na base da peça;
- HI-1: camada horizontal imediatamente inferior à linha central da peça;
- HM: camada horizontal intermediária no meio da peça;
- HS-1: camada horizontal imediatamente superior à linha central da peça;
- HS-2: camada horizontal superior no topo da peça.

APÊNDICE E

RESULTADOS DE UMIDADE SUPERFICIAL

Tabela E1 – Medições da Umidade Superficial - BLOCO B1 - FACE 3 - Lateral

Data: 25/02/11		MEDIÇÃO										
		Seca	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a	7 ^a	8 ^a	9 ^a	10 ^a
Um. Rel. (%)		58	66	62	59	58	54	55	62	57	66	70
Temper. (°C)		23,3	26,8	27,9	28,6	29,5	30,4	30,1	27,6	26,9	25,3	24,7
Pontos	Prof (mm)	Quantidade de água acumulada por m ² de área (g/m ²)										
		0	250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500
1	10	4,4	4,6	4,7	4,7	4,8	4,8	5,2	5,1	5,3	5,2	5,1
	20	3,7	3,9	4,2	4,3	4,4	4,3	4,5	4,2	4,6	4,5	4,5
	30	3,5	3,7	3,7	4,0	4,1	4,2	4,3	4,0	4,4	4,3	4,5
	40	3,3	3,6	3,9	3,9	4,0	4,0	4,2	4,0	4,2	4,2	4,4
2	10	4,5	4,5	4,6	4,9	5,0	4,9	5,0	5,0	5,4	5,2	5,4
	20	3,7	3,9	4,4	4,4	4,4	4,4	4,5	4,2	4,6	4,5	4,7
	30	3,5	3,6	4,0	4,3	4,1	4,1	4,3	4,1	4,5	4,4	4,4
	40	3,4	3,6	4,0	4,0	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,4	4,4
3	10	4,4	4,6	4,5	4,8	4,8	5,2	5,4	5,2	5,6	5,0	5,3
	20	3,8	4,1	4,5	4,6	4,4	4,3	4,7	4,3	4,9	4,9	4,5
	30	3,5	4,0	4,3	4,4	4,1	4,0	4,2	4,3	4,7	4,3	4,4
	40	3,3	4,0	4,2	4,3	4,0	3,9	4,1	4,1	4,5	4,2	4,6
4	10	4,3	4,6	4,7	4,9	5,0	5,0	4,9	5,1	5,4	5,2	5,5
	20	3,8	4,1	4,2	4,4	4,4	4,5	4,5	4,4	4,6	4,7	4,7
	30	3,5	3,9	4,1	4,2	4,2	4,2	4,4	4,1	4,3	4,3	4,6
	40	3,4	3,8	4,0	4,1	4,2	4,2	4,3	4,3	4,3	4,5	4,4
5	10	4,5	5,0	4,8	4,9	5,1	5,0	5,2	5,1	5,3	5,2	5,5
	20	3,7	4,6	4,4	4,4	4,5	4,5	4,6	4,4	4,5	4,6	4,7
	30	3,4	4,1	4,2	4,2	4,3	4,3	4,4	4,4	4,4	4,4	4,5
	40	3,3	3,9	4,1	4,1	4,2	4,2	4,3	4,3	4,3	4,3	4,4
6	10	4,5	6,0	4,9	5,0	5,2	4,9	5,2	5,3	5,4	5,0	5,4
	20	3,9	4,8	4,4	4,5	4,5	4,5	4,7	4,6	4,7	4,7	4,9
	30	3,5	4,3	4,2	4,3	4,4	4,4	4,4	4,5	4,5	4,6	4,6
	40	3,4	4,0	4,1	4,1	4,3	4,3	4,3	4,2	4,4	4,5	4,5

Tabela E2 – Medições da Umidade Superficial - BLOCO B2 - FACE 3 - Lateral

Data: 01/03/11		MEDIÇÃO										
		Seca	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª	9ª	10ª
Um. Rel. (%)		58	66	62	59	58	54	55	62	57	66	70
Temper. (°C)		23,3	26,8	27,9	28,6	29,5	30,4	30,1	27,6	26,9	25,3	24,7
Pontos	Prof (mm)	Quantidade de água acumulada por m² de área (g/m²)										
		0	250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500
1	10	4,6	5,0	5,2	5,3	5,1	5,5	5,7	5,6	5,8	5,9	6,5
	20	4,0	4,5	4,7	4,7	4,5	4,7	4,8	4,8	4,8	4,8	5,1
	30	3,7	4,3	4,5	4,5	4,4	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,8
	40	3,6	4,2	4,3	4,4	4,3	4,4	4,5	4,3	4,5	4,6	4,7
2	10	4,5	5,0	5,1	5,2	5,4	5,5	5,8	5,5	5,6	5,4	5,6
	20	3,9	4,5	4,6	4,6	4,7	4,8	4,7	4,8	4,7	4,7	4,8
	30	3,5	4,3	4,4	4,5	4,5	4,6	4,6	4,5	4,6	4,5	4,6
	40	3,6	4,2	4,3	4,4	4,5	4,4	4,5	4,5	4,5	4,5	4,6
3	10	4,7	5,2	5,3	5,4	5,2	5,6	6,2	5,7	6,0	6,0	6,5
	20	4,1	4,6	4,7	4,8	4,8	4,9	4,9	4,8	4,9	4,9	5,1
	30	3,9	4,5	4,5	4,6	4,6	4,6	4,7	4,6	4,7	4,7	4,8
	40	3,8	4,3	4,4	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,6	4,6	4,7
4	10	4,3	4,7	4,8	5,0	4,8	5,0	5,1	5,0	5,3	5,4	6,0
	20	3,4	4,2	4,2	4,4	4,5	4,6	4,6	4,5	4,6	4,5	4,9
	30	3,2	3,9	4,1	4,2	4,3	4,4	4,4	4,3	4,5	4,4	4,7
	40	3,1	3,8	4,0	4,1	4,1	4,1	4,2	4,3	4,4	4,3	4,5
5	10	4,3	4,9	4,9	4,9	4,8	5,1	5,2	5,1	5,3	5,1	6,6
	20	3,7	4,3	4,4	4,5	4,5	4,6	4,6	4,5	4,6	4,5	5,0
	30	3,5	4,1	4,2	4,3	4,3	4,4	4,3	4,3	4,4	4,4	4,8
	40	3,2	4,0	4,2	4,1	4,2	4,3	4,2	4,3	4,4	4,3	4,7
6	10	4,3	4,9	5,1	5,2	5,1	5,3	5,5	5,4	5,3	5,7	6,1
	20	3,9	4,4	4,5	4,6	4,4	4,7	4,7	4,7	4,7	4,8	5,0
	30	3,5	4,3	4,3	4,5	4,4	4,5	4,6	4,5	4,6	4,6	4,7
	40	3,4	4,1	4,2	4,3	4,3	4,4	4,5	4,4	4,4	4,5	4,6

Tabela E3 – Medições da Umidade Superficial - BLOCO B3 - FACE 3 - Lateral

Data: 20/04/11		MEDIÇÃO										
		Seca	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª	9ª	10ª
Um. Rel. (%)		56	51	49	45	46	43	43	44	43	43	48
Temper. (°C)		25,3	26,2	27,4	28,1	28,1	28,6	28,5	28,9	28,8	28,2	27,4
Pontos	Prof (mm)	Quantidade de água acumulada por m ² de área (g/m ²)										
		0	250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500
1	10	4,5	5,0	4,9	5,0	5,1	5,0	5,1	5,2	5,3	5,4	5,6
	20	3,6	4,5	4,5	4,5	4,4	4,5	4,5	4,6	4,6	4,7	4,8
	30	3,5	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,4	4,5	4,5	4,5	4,6
	40	3,4	4,2	4,2	4,2	4,3	4,2	4,2	4,4	4,3	4,4	4,5
2	10	4,5	5,1	5,1	5,1	5,2	5,2	5,1	5,2	5,4	5,7	5,5
	20	3,9	4,5	4,5	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,7	4,7	4,8
	30	3,5	4,4	4,3	4,4	4,4	4,3	4,5	4,5	4,5	4,6	4,6
	40	3,4	4,3	4,3	4,3	4,3	4,4	4,4	4,4	4,3	4,5	4,5
3	10	4,6	5,0	4,9	5,0	5,0	5,0	5,1	5,1	5,2	5,4	5,3
	20	4,0	4,4	4,4	4,4	4,5	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,7
	30	3,6	4,2	4,2	4,3	4,3	4,2	4,4	4,4	4,4	4,5	4,5
	40	3,5	4,2	4,1	4,2	4,2	4,2	4,4	4,3	4,3	4,2	4,4
4	10	4,2	4,8	4,8	4,8	5,0	4,8	4,9	5,0	5,2	5,2	5,2
	20	3,5	4,2	4,3	4,4	4,5	4,4	4,5	4,5	4,6	4,6	4,6
	30	3,3	4,0	4,2	4,3	4,3	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,5
	40	3,1	3,9	4,1	4,1	4,2	4,1	4,3	4,3	4,3	4,4	4,4
5	10	4,3	4,9	4,8	5,0	5,0	5,1	5,0	5,1	5,4	5,3	5,6
	20	3,5	4,3	4,4	4,5	4,5	4,5	4,6	4,6	4,6	4,6	4,7
	30	3,3	4,2	4,2	4,3	4,3	4,4	4,4	4,3	4,4	4,5	4,6
	40	3,2	4,0	4,0	4,2	4,2	4,2	4,2	4,3	4,3	4,3	4,5
6	10	4,6	5,2	4,9	5,2	5,2	5,2	5,3	5,4	5,5	5,4	5,6
	20	3,7	4,5	4,5	4,6	4,6	4,5	4,8	4,7	4,8	4,7	4,8
	30	3,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,5	4,5	4,6	4,6	4,5
	40	3,4	4,3	4,3	4,4	4,4	4,4	4,4	4,5	4,5	4,5	4,5

Tabela E4 – Medições da Umidade Superficial - BLOCO B4 - FACE 3 - Lateral

UMIDADE SUPERFICIAL - BLOCO B4 - FACE 3 - Lateral												
Data: 15/02/11	MEDIÇÃO											
	Seca	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a	7 ^a	8 ^a	9 ^a	10 ^a	
Um. Rel. (%)	64	67	57	56	55	52	54	58	61	64	64	
Temper. (°C)	26,7	27,7	28,1	28,1	28,6	29,1	28,4	27,4	27,0	26,3	25,8	
Pontos	Prof (mm)	Quantidade de água acumulada por m ² de área (g/m ²)										
		0	250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500
1	10	4,6	4,8	5,8	5,7	6,7	6,1	6,6	7,3	6,3	7,3	8,0
	20	4,0	4,7	5,1	4,8	5,1	5,1	5,4	5,4	5,1	5,5	5,8
	30	4,0	4,2	4,8	4,4	4,8	4,9	5,1	5,1	4,9	5,2	5,2
	40	3,8	4,2	4,6	4,6	4,8	4,8	4,6	4,8	4,8	4,9	4,8
2	10	4,5	5,3	6,1	5,3	7,1	5,9	6,1	6,7	7,6	7,4	9,0
	20	4,2	4,6	4,7	4,8	5,1	4,9	5,0	5,5	5,5	5,5	6,1
	30	3,7	4,4	4,6	4,7	4,9	4,7	4,8	5,0	5,3	5,2	5,3
	40	3,6	4,4	4,6	4,5	4,6	4,5	4,7	4,9	5,0	4,9	5,2
3	10	4,7	5,0	5,8	5,5	6,6	6,3	6,4	6,7	7,5	7,5	8,4
	20	4,3	4,6	4,8	4,7	5,0	4,8	4,9	5,2	5,1	5,2	5,3
	30	4,0	4,4	4,6	4,6	4,8	4,7	4,8	4,7	5,0	4,9	5,1
	40	3,7	4,3	4,4	4,5	4,7	4,6	4,7	4,6	4,7	4,9	4,9
4	10	4,3	4,9	5,5	5,4	5,8	5,5	6,1	6,7	7,0	7,0	8,3
	20	4,2	4,5	4,6	4,6	4,8	4,7	5,0	5,2	5,2	5,3	5,4
	30	3,7	4,3	4,6	4,4	4,6	4,7	4,8	4,8	4,9	4,9	5,1
	40	3,4	4,1	4,2	4,4	4,5	4,5	4,7	4,8	4,8	4,8	4,8
5	10	4,6	5,2	5,8	5,2	6,0	5,8	5,9	6,7	7,3	7,1	7,8
	20	4,0	4,7	4,6	4,6	4,8	4,8	4,9	5,1	5,2	5,4	5,4
	30	4,1	4,5	4,8	4,5	4,7	4,6	4,7	4,9	4,9	5,0	5,3
	40	3,8	4,4	4,4	4,4	4,6	4,4	4,6	4,8	4,8	4,9	5,2
6	10	4,4	4,9	5,2	5,3	6,1	6,1	6,1	6,9	7,6	6,8	8,1
	20	4,0	4,5	4,6	4,3	4,9	4,8	5,0	5,3	5,4	5,2	5,5
	30	3,8	4,4	4,5	4,5	4,7	4,7	4,8	5,0	4,8	5,0	5,1
	40	3,5	4,3	4,4	4,4	4,6	4,5	4,7	4,8	4,8	4,9	5,0

Tabela E5 – Medições da Umidade Superficial - BLOCO B5 - FACE 3 - Lateral

Data: 26/04/11		MEDIÇÃO										
		Seca	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª	9ª	10ª
Um. Rel. (%)		54	61	61	58	56	52	49	52	64	66	67
Temper. (°C)		25,7	23,2	24,5	25,5	26,4	27,6	28,2	27,6	24,9	24,9	24,2
Pontos	Prof (mm)	Quantidade de água acumulada por m² de área (g/m²)										
		0	250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500
1	10	4,4	4,9	5,0	5,1	5,2	5,2	5,4	5,3	5,6	5,7	5,7
	20	3,9	4,4	4,5	4,6	4,6	4,6	4,7	4,7	4,8	4,8	4,8
	30	3,6	4,2	4,3	4,4	4,4	4,3	4,5	4,3	4,4	4,6	4,7
	40	3,2	3,9	4,2	4,3	4,4	4,1	4,1	4,4	4,4	4,6	4,5
2	10	4,4	4,9	5,1	5,1	5,1	5,0	5,3	5,2	5,3	5,7	5,6
	20	3,6	4,3	4,5	4,6	4,6	4,7	4,6	4,7	4,8	4,9	4,8
	30	3,3	4,1	4,3	4,3	4,4	4,3	4,4	4,4	4,5	4,4	4,6
	40	3,2	4,1	3,9	4,3	4,3	4,3	4,4	4,4	4,4	4,6	4,4
3	10	4,5	4,7	5,1	5,2	5,2	5,2	5,0	5,4	5,6	5,8	5,0
	20	3,9	4,3	4,4	4,5	4,7	4,7	4,6	4,8	4,8	5,0	4,7
	30	3,6	4,1	4,3	4,3	4,4	4,3	4,5	4,4	4,5	4,7	4,7
	40	3,5	4,0	4,2	4,3	4,3	4,3	4,5	4,2	4,4	4,6	4,5
4	10	4,0	4,6	4,7	4,8	4,9	4,8	4,9	4,8	5,1	5,1	5,0
	20	3,1	4,0	4,4	4,4	4,4	4,3	4,3	4,4	4,5	4,7	4,5
	30	2,8	3,6	4,0	4,1	4,2	4,1	4,2	4,0	4,2	4,3	4,3
	40	2,6	3,5	3,9	4,0	4,1	3,9	4,0	4,0	4,2	4,2	4,3
5	10	4,0	4,5	4,7	4,8	4,9	5,0	4,9	5,0	5,1	5,1	5,3
	20	3,1	3,7	4,2	4,2	4,4	4,4	4,4	4,5	4,6	4,6	4,7
	30	2,8	3,8	4,0	4,1	4,0	4,3	4,2	4,3	4,4	4,5	4,5
	40	2,6	3,6	3,9	4,0	4,0	4,1	4,1	4,2	4,3	4,4	4,4
6	10	3,9	4,6	4,6	4,8	4,8	4,7	6,1	5,0	5,1	5,4	5,2
	20	3,2	3,7	4,1	4,1	4,3	4,4	4,4	4,5	4,6	4,7	4,6
	30	3,4	3,4	4,0	4,0	4,2	4,0	4,2	4,2	4,4	4,5	4,6
	40	2,6	3,5	3,7	4,0	4,0	3,9	4,1	4,1	4,3	4,4	4,4

Tabela E6 – Medições da Umidade Superficial - BLOCO B6 - FACE 3 - Lateral

Data: 28/04/11		MEDIÇÃO										
		Seca	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a	7 ^a	8 ^a	9 ^a	10 ^a
Um. Rel. (%)		58	65	71	72	73	72	73	74	71	70	70
Temper. (°C)		23,3	20,1	19,6	19,6	19,6	19,2	19,5	20,3	20,4	20,5	20,4
Pontos	Prof (mm)	Quantidade de água acumulada por m ² de área (g/m ²)										
		0	250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500
1	10	4,4	4,9	5,1	5,1	5,3	5,2	5,5	5,7	5,8	5,9	6,1
	20	3,7	4,4	4,5	4,7	4,8	4,8	4,8	4,9	4,9	5,0	5,0
	30	3,5	4,2	4,4	4,5	4,6	4,6	4,7	4,7	4,7	4,8	4,8
	40	3,3	4,2	4,2	4,4	4,4	4,5	4,6	4,6	4,7	4,7	4,7
2	10	4,5	4,9	5,1	5,3	5,5	5,5	5,4	5,8	6,0	6,0	6,1
	20	3,7	4,3	4,7	4,8	4,8	4,9	4,8	4,9	5,0	5,0	5,0
	30	3,5	4,2	4,4	4,5	4,6	4,7	4,7	4,8	4,8	4,8	4,9
	40	3,4	4,0	4,2	4,4	4,5	4,6	4,6	4,7	4,7	4,7	4,8
3	10	4,4	5,0	5,1	5,3	5,3	5,3	5,3	5,6	5,6	5,6	5,6
	20	3,8	4,5	4,6	4,7	4,8	4,8	4,8	4,8	4,9	4,9	4,9
	30	3,5	4,3	4,4	4,6	4,7	4,5	4,7	4,6	4,7	4,7	4,7
	40	3,3	4,1	4,3	4,4	4,5	4,5	4,5	4,5	4,6	4,7	4,7
4	10	4,3	5,2	5,3	5,5	5,6	5,8	6,2	6,8	6,8	6,9	7,6
	20	3,8	4,4	4,9	4,9	4,8	4,9	5,1	5,3	5,2	5,4	5,2
	30	3,5	4,4	4,7	4,7	4,8	4,8	4,9	5,0	5,0	5,1	5,0
	40	3,4	4,3	4,5	4,6	4,6	4,5	4,8	4,8	4,9	5,0	5,0
5	10	4,5	5,0	5,3	5,5	5,7	5,8	6,2	6,6	6,9	7,2	7,0
	20	3,7	4,5	4,7	4,9	4,9	5,0	5,1	5,1	5,3	5,4	5,3
	30	3,4	4,3	4,5	4,7	4,8	4,8	4,9	5,0	5,0	5,1	5,0
	40	3,3	4,2	4,5	4,6	4,7	4,7	4,9	4,9	4,9	5,0	4,9
6	10	4,5	5,1	5,3	5,4	5,5	5,4	5,9	6,0	6,2	6,0	6,2
	20	3,9	4,5	4,8	4,7	4,9	4,9	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
	30	3,5	4,4	4,5	4,6	4,6	4,6	4,9	4,7	4,8	4,9	4,8
	40	3,4	4,2	4,4	4,4	4,6	4,6	4,6	4,7	4,8	4,7	4,7

Os pontos de medições foram distribuídos uniformemente nas superfícies das peças e por camadas horizontais, identificadas nas Tabelas E1 a E6 dos Blocos e pontos 1 a 6, e nas Tabelas E7 a E16 das Vigas e pontos de 1 a 12.

Tabela E7 – Medições da Umidade Superficial - VIGA V1 - FACE 1 - Lateral

Data: 11/03/11		MEDIÇÃO										
		Seca	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a	7 ^a	8 ^a	9 ^a	10 ^a
Um. Rel. (%)		69	78	79	78	75	73	67	65	65	61	60
Temper. (°C)		24,2	22,4	23,1	23,9	24,7	25,1	26,7	26,9	26,8	27,3	27,3
Pontos	Prof (mm)	Quantidade de água acumulada por m ² de área (g/m ²)										
		0	250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500
1	10	4,5	5,3	5,5	5,6	5,8	6,2	6,2	5,9	6,6	6,9	6,5
	20	3,7	4,6	4,7	4,9	4,9	5,1	4,9	5,0	5,1	5,1	6,0
	30	3,6	4,4	4,6	4,7	4,7	4,9	4,7	4,9	4,8	5,5	5,0
	40	3,4	4,2	4,4	4,6	4,6	4,7	4,8	4,7	4,9	4,7	4,9
2	10	4,7	5,4	6,4	6,5	6,8	7,5	7,4	7,4	8,0	7,7	6,9
	20	4,1	4,8	5,1	5,0	5,3	5,3	5,5	5,4	5,3	6,1	5,7
	30	3,9	4,6	4,8	4,9	4,9	5,1	4,9	5,1	5,0	5,2	5,0
	40	3,8	4,5	4,7	4,8	4,8	4,7	4,9	4,7	4,9	4,8	5,2
3	10	4,8	6,4	7,4	7,5	7,9	8,7	8,4	8,4	9,1	8,3	8,6
	20	4,4	5,1	5,2	5,3	5,4	5,7	6,1	6,2	5,9	6,2	6,1
	30	4,2	4,8	5,1	5,1	5,2	5,4	5,4	5,6	5,3	5,6	5,8
	40	4,0	4,8	4,9	4,9	5,0	4,9	5,3	5,1	5,2	5,2	5,3
4	10	4,5	5,6	6,6	6,8	6,2	7,3	7,9	7,5	8,1	7,8	8,1
	20	4,0	4,7	5,1	5,1	5,3	5,5	5,4	5,8	5,6	5,5	5,6
	30	3,3	4,7	4,9	5,0	5,1	5,2	5,2	5,3	5,1	5,2	5,5
	40	3,6	4,5	4,7	4,8	4,9	5,0	5,1	5,1	5,1	5,1	5,3
5	10	4,7	5,7	6,8	7,1	7,8	7,9	8,9	8,3	9,4	8,9	8,4
	20	4,1	4,7	5,2	5,4	5,5	5,7	5,6	5,6	5,6	5,7	5,6
	30	3,8	4,8	4,8	5,0	5,3	5,3	5,7	5,4	5,3	5,2	5,2
	40	3,6	4,6	4,7	4,8	5,0	5,0	5,1	4,3	4,9	5,2	5,1
6	10	4,7	5,6	6,6	6,5	7,7	7,6	7,4	7,9	8,5	9,6	7,3
	20	4,2	5,0	5,3	5,2	5,6	5,6	5,9	5,7	5,6	6,0	5,8
	30	3,9	4,6	4,9	4,9	5,0	5,3	5,2	5,2	5,1	5,3	5,1
	40	3,9	4,6	4,8	4,8	5,1	5,1	5,0	5,1	5,1	5,1	5,1
7	10	4,8	6,0	6,8	7,3	7,7	7,3	8,6	7,9	8,9	8,4	8,6
	20	4,2	5,0	5,2	5,4	5,0	5,6	5,4	5,7	6,0	5,3	5,7
	30	4,1	4,8	5,0	5,1	4,5	5,3	4,8	4,9	5,3	5,4	5,4
	40	4,0	4,3	4,8	4,9	4,9	5,0	4,8	4,9	5,2	4,7	4,9
8	10	4,8	6,4	7,7	8,1	9,0	10,3	10,5	11,2	10,9	9,5	10,3
	20	4,3	5,0	5,4	5,8	5,9	6,1	6,1	6,2	6,8	7,1	6,7
	30	4,1	4,8	5,1	5,3	5,3	5,5	5,5	6,0	6,0	5,9	5,7
	40	3,9	4,7	4,9	5,3	5,1	5,4	5,6	5,4	5,7	5,4	5,6
9	10	5,2	7,5	9,7	10,5	10,8	10,7	11,1	10,4	-	-	-
	20	4,6	5,6	6,2	6,5	6,3	6,7	6,8	6,9	7,5	7,9	7,8
	30	4,4	5,1	5,4	5,7	5,7	5,9	5,8	6,5	6,2	6,6	6,7
	40	4,3	5,0	5,2	5,4	5,4	5,0	5,9	6,1	6,0	5,8	6,1
10	10	4,9	6,7	7,7	8,8	8,9	10,3	10,2	10,9	FFF	11,3	10,0
	20	4,4	5,3	5,6	5,7	6,1	6,2	6,5	6,4	6,5	6,8	6,9
	30	4,2	4,9	5,1	5,4	5,4	5,7	5,7	6,0	5,9	5,9	5,9
	40	4,1	4,8	5,1	5,1	5,2	5,4	5,6	5,5	5,7	5,6	5,8
11	10	4,6	6,3	6,9	8,1	8,5	9,9	10,3	11,0	9,7	10,8	10,6
	20	4,1	5,0	5,4	5,6	6,3	6,1	5,9	6,5	6,5	6,7	6,8
	30	3,9	4,8	5,1	5,2	5,0	5,6	5,4	5,7	5,7	5,7	5,8
	40	3,7	4,7	4,8	5,1	5,2	5,3	5,5	5,3	5,5	5,4	5,7
12	10	5,3	7,2	9,3	8,8	9,9	11,1	9,8	11,3	-	-	-
	20	4,6	5,5	5,8	6,0	6,3	6,6	6,1	6,3	7,4	7,2	7,3
	30	4,5	5,0	5,1	5,2	5,7	5,7	5,6	5,9	6,7	5,8	5,8
	40	4,4	4,9	5,2	5,3	5,4	5,5	5,5	5,7	6,0	5,7	6,5

Tabela E8 – Medições da Umidade Superficial - VIGA V2 - FACE 2 - Lateral

Data: 22/03/11		MEDIÇÃO										
		Seca	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª	9ª	10ª
Um. Rel. (%)		74	77	76	70	67	64	63	62	63	65	66
Temper. (°C)		23,5	21,7	22,3	23,0	23,8	24,4	24,6	25,1	24,8	24,3	23,9
Pontos	Prof (mm)	Quantidade de água acumulada por m ² de área (g/m ²)										
		0	250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500
1	10	4,8	5,7	6,4	7,0	6,1	8,3	7,7	7,8	8,5	9,1	8,5
	20	4,5	5,0	5,1	5,2	5,4	5,5	5,4	5,7	5,7	6,0	5,8
	30	4,1	4,9	4,9	5,0	5,0	5,2	5,1	5,3	5,4	5,5	5,5
	40	3,8	4,6	4,7	4,9	4,8	5,1	4,9	5,0	5,1	5,1	5,0
2	10	4,6	5,5	6,0	6,5	6,9	7,2	7,3	7,4	8,1	8,1	7,7
	20	4,0	4,8	4,9	5,0	5,1	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6	5,6
	30	4,0	4,6	4,8	4,8	4,8	5,0	5,0	5,1	5,1	5,3	5,2
	40	3,5	4,5	4,6	4,7	4,6	4,9	4,8	4,9	5,0	5,1	5,1
3	10	4,8	5,7	6,5	7,7	7,5	8,3	8,8	8,7	9,1	9,8	10,1
	20	4,4	5,0	5,2	5,4	5,2	5,5	5,8	6,0	6,1	6,1	6,2
	30	3,9	4,8	5,0	5,0	5,0	5,3	5,3	5,4	5,5	5,5	5,5
	40	4,0	4,7	4,8	5,0	5,0	5,1	5,2	5,2	5,3	5,2	5,3
4	10	4,6	5,4	5,7	6,5	6,1	6,9	7,6	6,6	7,6	7,9	7,8
	20	4,1	4,7	4,9	5,1	4,9	5,3	5,3	5,6	5,4	5,4	5,2
	30	3,8	4,6	4,6	4,7	4,9	5,0	5,0	5,1	5,2	5,2	5,3
	40	3,8	4,4	4,6	4,7	4,7	4,8	4,9	4,9	5,0	5,1	5,1
5	10	4,6	5,3	5,7	6,4	6,6	7,0	7,4	7,4	7,6	8,8	8,2
	20	4,1	4,8	5,0	5,1	5,1	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6	6,7
	30	3,8	4,6	4,7	4,8	4,9	5,0	5,0	5,1	5,1	5,3	5,3
	40	3,7	4,4	4,6	4,7	4,9	4,9	4,9	5,0	5,0	5,1	5,2
6	10	4,5	5,0	5,2	5,6	5,6	6,1	6,2	6,3	6,7	7,7	7,1
	20	4,0	4,6	4,7	4,8	4,8	5,0	5,2	5,1	5,3	5,9	5,4
	30	3,6	4,3	4,5	4,5	4,7	4,8	4,8	4,9	4,9	5,0	5,1
	40	3,5	4,3	4,4	4,5	4,7	4,7	4,8	4,8	4,9	5,0	4,9
7	10	4,7	6,0	6,6	8,3	8,0	9,6	9,7	9,3	10,3	11,0	9,8
	20	4,4	4,9	5,3	5,6	5,2	5,9	5,9	5,7	6,2	6,4	6,4
	30	4,1	4,9	5,1	5,3	5,1	5,4	5,4	5,4	5,6	5,5	5,8
	40	4,0	4,7	4,9	5,1	5,1	5,2	5,2	5,4	5,3	5,4	5,6
8	10	4,5	5,2	5,7	6,2	6,8	7,0	7,2	7,5	7,7	7,8	7,3
	20	3,8	4,7	4,9	5,0	5,2	5,2	5,2	5,4	5,3	5,3	5,6
	30	3,6	4,5	4,7	4,8	4,9	5,0	5,0	5,1	5,2	5,2	5,1
	40	3,4	4,4	4,6	4,7	4,9	4,9	4,8	4,9	4,8	5,0	5,0
9	10	4,5	5,4	6,1	7,5	5,9	7,7	8,1	7,9	8,5	9,7	8,5
	20	4,0	4,8	5,0	5,2	5,3	5,4	5,4	5,6	5,8	6,1	5,7
	30	3,9	4,5	4,9	4,9	4,9	5,3	5,1	5,4	5,4	5,5	5,2
	40	3,7	4,4	4,7	4,8	4,8	5,1	5,1	4,9	5,3	5,2	5,2
10	10	4,9	5,7	6,1	7,9	6,9	9,1	8,9	8,5	9,3	10,5	9,6
	20	4,4	4,9	5,2	5,5	5,2	5,7	5,7	6,1	6,2	6,1	6,3
	30	4,1	4,8	5,0	5,1	5,3	5,3	5,3	5,4	5,7	5,7	5,7
	40	4,0	4,6	4,9	5,0	4,9	5,2	5,3	5,1	5,2	5,4	5,4
11	10	4,7	5,2	5,6	6,3	5,8	7,2	7,6	7,1	8,2	9,9	8,9
	20	4,0	4,8	4,8	5,0	5,2	5,3	5,3	5,4	5,6	5,8	5,6
	30	3,9	4,5	4,8	4,8	4,9	4,9	5,0	5,2	5,1	5,3	5,3
	40	3,8	4,6	4,5	4,6	4,8	4,9	4,9	4,9	5,0	5,1	5,1
12	10	4,6	5,2	5,7	6,2	6,0	6,9	8,0	8,5	9,0	9,8	7,6
	20	4,2	4,8	5,0	5,1	5,0	5,4	5,6	5,7	5,9	6,0	6,1
	30	3,8	4,5	4,8	4,8	4,9	5,1	5,2	5,2	5,3	5,5	5,4
	40	3,8	4,5	4,7	4,8	4,7	4,9	5,1	5,2	5,2	5,3	5,2

Tabela E9 – Medições da Umidade Superficial - VIGA V3 - FACE 2 - Lateral

Data: 21/03/11		MEDIÇÃO										
		Seca	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a	7 ^a	8 ^a	9 ^a	10 ^a
Um. Rel. (%)		68	78	80	79	80	79	80	81	80	80	80
Temper. (°C)		24,0	21,8	21,6	21,8	21,9	22,7	22,7	22,6	23,0	22,9	22,1
Pontos	Prof (mm)	Quantidade de água acumulada por m ² de área (g/m ²)										
		0	250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500
1	10	4,8	6,1	6,8	6,8	7,3	8,9	8,9	8,7	9,3	10,0	9,7
	20	4,5	5,0	5,3	5,1	5,4	5,5	5,7	5,9	6,6	6,2	6,5
	30	4,3	4,8	5,0	5,0	5,2	5,3	5,3	5,5	5,3	5,6	5,9
	40	4,0	4,8	4,9	4,9	5,1	5,0	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6
2	10	4,7	5,8	6,1	6,0	6,3	7,3	7,6	7,4	7,7	9,1	9,0
	20	4,2	4,8	5,0	5,0	5,2	5,4	5,4	5,5	5,6	5,6	5,7
	30	4,0	4,6	4,9	4,8	5,0	5,1	5,1	5,1	5,2	5,3	5,6
	40	3,8	4,6	4,7	4,6	4,8	4,9	5,0	5,0	5,0	5,1	5,3
3	10	4,9	6,4	7,2	6,6	8,1	8,7	9,9	8,0	10,3	11,5	11,0
	20	4,5	4,9	5,5	5,3	5,6	5,8	6,1	6,2	6,2	6,6	6,8
	30	4,2	4,9	5,2	5,0	5,3	5,3	5,7	5,6	5,9	5,9	6,0
	40	3,9	4,9	5,0	4,9	5,1	5,2	5,4	5,3	5,5	5,5	5,8
4	10	4,7	5,8	6,2	6,1	6,8	7,5	7,9	8,2	8,3	9,9	10,3
	20	4,4	5,0	5,2	5,1	5,3	5,3	5,7	5,6	5,9	6,1	6,0
	30	4,0	4,8	4,9	4,8	5,0	5,1	5,2	5,3	5,5	5,5	5,6
	40	3,9	4,7	4,8	4,7	4,9	5,0	5,2	5,1	5,2	5,3	5,4
5	10	4,6	5,7	6,2	6,0	6,5	7,4	7,2	7,6	7,9	8,6	10,3
	20	4,0	4,9	5,1	5,0	5,2	5,4	5,5	5,5	5,8	6,1	6,0
	30	3,8	4,8	4,8	4,8	5,1	5,1	5,3	5,2	5,4	5,5	5,6
	40	3,7	4,7	4,8	4,7	4,9	5,0	5,0	5,2	5,1	5,1	5,2
6	10	4,8	5,7	6,1	6,4	6,8	7,2	8,5	8,2	8,6	9,9	10,7
	20	4,5	5,0	5,2	5,1	5,4	5,7	5,7	5,9	5,9	6,4	6,1
	30	4,3	4,8	4,9	4,8	5,1	5,2	5,2	5,4	5,5	5,6	5,6
	40	4,1	4,8	4,8	4,8	5,0	5,0	5,3	5,3	5,3	5,6	5,4
7	10	4,8	5,5	6,0	6,2	6,3	7,1	7,4	7,4	7,0	8,9	9,0
	20	4,2	4,8	5,0	4,9	5,2	5,2	5,3	5,4	5,5	5,7	5,9
	30	4,1	4,7	4,8	4,8	5,0	5,0	5,1	5,0	5,2	5,3	5,5
	40	4,0	4,5	4,7	4,7	4,7	4,8	4,9	4,9	5,0	5,0	5,1
8	10	4,8	5,5	6,3	6,0	6,3	6,9	7,2	8,0	8,8	7,8	8,9
	20	4,4	4,9	5,1	5,0	5,2	5,3	5,4	5,4	5,4	5,8	5,9
	30	4,2	4,7	4,8	4,8	4,9	5,0	5,2	5,1	5,1	5,2	5,3
	40	3,9	4,6	4,7	4,7	4,8	4,9	4,9	4,9	5,1	5,1	5,1
9	10	4,8	5,9	6,2	6,3	6,5	7,0	7,9	10,0	8,4	10,3	10,5
	20	4,3	5,0	5,1	5,0	5,2	5,5	5,4	5,6	5,8	6,0	6,2
	30	4,2	4,8	4,8	4,8	5,1	5,1	5,3	5,3	5,3	5,5	5,6
	40	4,0	4,7	4,8	4,7	4,8	5,0	5,1	5,1	5,2	5,3	5,4
10	10	4,9	6,8	6,7	6,9	7,5	7,7	8,3	8,6	8,7	10,3	9,7
	20	4,5	5,1	5,3	5,2	5,4	5,6	5,6	5,8	5,8	6,1	6,3
	30	4,3	4,9	5,0	4,9	5,0	5,3	5,4	5,4	5,4	5,6	5,7
	40	4,3	4,7	4,9	4,8	5,0	5,1	5,2	5,2	5,2	5,3	5,4
11	10	4,9	6,6	6,6	7,0	7,5	9,1	9,3	8,3	8,8	10,0	10,6
	20	4,1	5,1	5,2	5,2	5,4	5,6	6,1	5,6	5,9	5,7	6,5
	30	4,3	5,0	5,1	5,0	5,3	5,1	5,3	5,5	5,6	5,4	5,8
	40	4,1	4,7	4,9	4,8	5,0	5,2	5,3	5,3	5,4	5,5	5,4
12	10	4,8	5,7	6,3	6,2	6,6	7,5	7,8	7,6	8,2	9,3	9,4
	20	4,3	4,9	5,1	5,0	5,3	5,5	5,6	5,7	5,8	6,1	5,8
	30	4,1	4,8	4,9	4,8	5,0	5,2	5,3	5,2	5,5	5,5	5,4
	40	4,0	4,7	4,8	4,8	4,9	5,0	5,2	5,2	5,2	5,3	5,1

Tabela E10 – Medições da Umidade Superficial - VIGA V4 - FACE 1 - Lateral

Data: 167/03/11		MEDIÇÃO										
		Seca	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a	7 ^a	8 ^a	9 ^a	10 ^a
Um. Rel. (%)		70	78	78	74	68	64	61	61	59	62	64
Temper. (°C)		23,9	23,1	24,1	25,8	26,6	27,4	27,9	27,9	28,6	27,6	26,5
Pontos	Prof (mm)	Quantidade de água acumulada por m ² de área (g/m ²)										
		0	250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500
1	10	4,7	6,1	6,5	7,5	7,3	6,7	7,7	8,2	9,0	8,5	8,9
	20	4,3	5,0	5,2	5,3	5,6	5,0	5,5	6,0	5,8	6,2	6,6
	30	4,2	4,7	4,8	5,0	5,2	5,0	5,2	5,4	5,3	5,4	5,2
	40	4,0	4,7	4,9	4,9	4,9	4,8	5,0	5,3	5,1	5,5	5,9
2	10	4,7	5,3	5,8	5,9	5,8	5,8	5,8	6,3	7,0	6,9	7,2
	20	4,1	5,0	5,0	4,7	5,3	4,7	5,0	5,3	5,1	5,9	5,2
	30	4,1	4,4	4,8	4,8	4,7	4,5	4,6	4,7	4,8	5,1	5,1
	40	4,1	4,5	4,6	4,6	4,2	4,5	4,6	4,8	4,6	5,5	4,9
3	10	4,8	5,5	5,8	6,7	6,6	6,1	7,0	7,3	8,2	7,0	8,1
	20	4,2	4,7	5,1	5,1	5,1	5,0	5,1	5,3	5,6	5,6	6,2
	30	4,0	4,7	4,9	4,9	4,9	4,8	4,9	5,0	4,9	5,3	5,2
	40	3,9	4,5	4,8	4,7	4,8	4,6	4,6	4,8	4,9	5,2	5,0
4	10	4,8	5,6	6,4	6,6	7,4	7,0	7,8	7,7	9,6	9,3	9,6
	20	4,2	4,9	5,2	5,3	5,5	5,2	5,3	5,7	6,1	6,7	6,7
	30	4,0	4,7	5,0	4,9	5,2	4,9	5,1	5,3	5,5	5,2	5,7
	40	3,9	4,6	4,9	4,9	5,0	4,9	4,8	5,1	5,1	5,8	5,5
5	10	4,9	5,8	6,2	7,3	7,2	7,3	7,7	8,3	8,9	11,4	11,3
	20	4,4	4,9	5,1	5,3	5,4	5,1	5,5	5,6	5,7	6,3	6,5
	30	4,3	4,9	5,0	5,0	5,2	4,9	5,0	5,2	5,2	6,0	6,9
	40	4,1	4,7	4,9	4,8	5,0	4,8	4,9	4,6	5,1	5,5	5,8
6	10	4,8	5,9	6,3	8,2	7,6	7,0	8,6	8,9	9,6	9,2	10,3
	20	4,4	4,9	5,2	5,4	5,4	5,2	5,5	5,6	5,7	5,9	6,4
	30	4,2	4,7	5,1	5,1	5,3	4,8	5,1	5,3	5,3	5,1	5,6
	40	4,1	4,6	4,7	4,9	5,1	4,9	5,0	4,8	5,1	5,1	5,4
7	10	4,9	6,2	6,4	6,0	6,4	6,5	7,6	8,4	9,2	8,3	8,4
	20	4,4	5,1	4,9	4,8	5,3	5,2	5,5	5,2	5,5	6,4	5,3
	30	4,2	4,8	4,5	4,9	5,0	4,7	5,1	5,2	5,2	5,3	5,5
	40	4,2	4,6	4,9	4,8	4,7	4,9	4,9	4,6	5,1	5,0	5,1
8	10	4,9	5,7	6,3	7,0	7,4	7,2	8,1	8,0	8,9	8,4	8,7
	20	4,4	4,9	5,1	5,3	5,3	5,1	5,3	5,6	5,5	6,0	6,6
	30	4,3	4,7	5,0	5,1	5,1	5,0	5,1	5,4	5,2	5,5	5,5
	40	4,3	4,7	4,9	4,8	5,0	4,8	5,0	4,9	5,0	5,4	5,4
9	10	4,8	5,3	5,6	5,7	5,8	6,3	5,8	6,3	6,9	7,5	8,2
	20	4,1	4,6	4,8	4,8	5,0	5,0	4,9	5,1	5,4	5,4	5,5
	30	3,9	4,5	4,7	4,6	4,7	4,6	4,7	4,9	5,0	5,1	5,3
	40	3,8	4,4	4,9	4,7	4,8	4,6	4,6	4,6	4,7	5,0	4,7
10	10	4,8	6,1	6,2	7,4	7,1	6,5	7,9	8,7	8,1	8,1	11,1
	20	4,3	5,0	5,2	5,1	5,3	5,2	5,5	5,5	5,8	6,3	6,7
	30	4,2	4,8	4,9	4,9	5,2	5,0	5,0	5,2	5,3	5,5	5,9
	40	4,0	4,7	4,9	4,8	5,0	4,8	4,9	5,0	5,2	5,4	5,5
11	10	4,7	5,4	5,9	5,7	6,8	7,0	7,8	8,0	8,2	6,8	8,2
	20	4,1	4,8	4,9	5,1	5,2	5,2	5,4	5,5	5,3	5,4	5,9
	30	4,0	4,6	4,9	4,9	5,1	4,8	5,1	5,1	5,0	5,2	5,5
	40	3,8	4,5	4,8	4,8	4,8	4,6	4,9	4,9	4,9	5,0	5,0
12	10	5,0	6,2	7,3	8,9	8,0	7,7	9,4	11,2	9,3	10,8	11,4
	20	4,4	4,8	5,5	5,7	5,6	5,5	5,6	5,9	6,1	6,4	6,7
	30	4,3	4,7	5,2	5,1	5,4	5,1	5,3	5,7	5,2	6,2	6,0
	40	4,1	4,7	5,0	5,0	5,2	4,9	4,9	5,1	5,3	5,8	5,7

Tabela E11 – Medições da Umidade Superficial - VIGA V5 - FACE 2 - Lateral

Data: 16/03/11		MEDIÇÃO										
		Seca	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a	7 ^a	8 ^a	9 ^a	10 ^a
Um. Rel. (%)		65	73	63	62	62	59	58	66	68	71	73
Temper. (°C)		25,1	23,9	26,4	27,3	27,7	28,4	28,7	26,1	26,1	25,0	25,3
Pontos	Prof (mm)	Quantidade de água acumulada por m ² de área (g/m ²)										
		0	250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500
1	10	4,7	5,9	5,9	6,1	6,9	6,9	7,4	7,9	8,2	8,8	8,4
	20	4,1	4,9	5,0	5,1	5,2	5,3	5,2	5,5	5,6	5,4	6,1
	30	4,0	4,8	4,8	4,9	5,0	4,8	5,0	5,1	5,2	5,4	5,4
	40	3,9	4,7	4,6	4,8	4,8	4,8	4,9	5,0	5,0	5,1	5,3
2	10	4,8	6,0	5,9	6,4	7,5	7,7	7,6	8,9	8,5	9,1	8,0
	20	4,4	5,1	5,0	5,2	5,1	5,4	5,7	5,5	5,9	5,5	6,1
	30	4,3	4,9	4,8	5,0	4,9	5,1	5,1	5,2	5,3	5,3	5,5
	40	4,1	4,8	4,7	4,8	4,8	4,8	4,8	5,1	4,9	5,1	5,2
3	10	4,8	5,7	6,3	6,7	7,3	7,5	7,3	9,5	8,9	9,9	8,7
	20	4,3	5,0	5,1	5,2	5,0	5,1	5,5	5,7	5,8	5,4	5,7
	30	4,2	4,6	4,9	4,8	4,8	5,1	5,1	5,3	5,3	5,5	5,3
	40	4,0	4,7	4,6	4,5	4,7	4,8	4,7	5,1	5,3	5,1	5,3
4	10	4,9	6,1	6,0	6,6	7,1	7,9	7,6	7,8	9,0	10,3	9,0
	20	4,3	5,0	4,9	5,3	5,3	5,5	5,8	5,6	6,3	6,4	6,1
	30	4,1	4,8	4,8	5,0	5,0	5,1	5,2	5,2	5,2	6,0	6,0
	40	3,9	4,7	4,7	4,9	5,0	5,0	5,1	5,0	5,2	5,3	5,5
5	10	4,8	5,6	5,7	5,7	7,2	7,8	7,0	7,9	8,8	9,6	9,0
	20	4,5	4,9	4,8	5,0	5,2	5,3	5,3	5,3	5,9	5,9	5,9
	30	4,4	4,6	4,6	4,8	4,9	4,8	5,0	5,3	5,1	5,4	5,7
	40	3,9	4,7	4,6	4,6	4,8	4,8	4,9	5,1	5,2	5,4	5,5
6	10	4,7	6,1	6,2	5,9	6,8	7,1	8,0	7,7	8,2	7,2	8,7
	20	4,3	5,0	4,9	5,0	5,3	4,9	5,3	5,1	5,6	5,8	5,9
	30	4,1	4,7	4,7	4,7	5,1	5,4	5,1	5,1	4,8	5,3	5,7
	40	4,0	4,6	4,6	4,7	4,8	5,0	4,9	4,9	5,1	5,3	5,2
7	10	4,5	5,0	5,1	5,2	6,1	6,5	6,5	6,9	6,3	6,2	7,4
	20	3,9	4,7	4,4	4,6	4,7	5,0	4,8	4,9	5,3	4,9	4,8
	30	3,4	4,6	4,5	4,5	4,7	4,8	4,8	4,7	4,8	4,9	5,0
	40	3,5	4,4	4,4	4,4	4,6	4,6	4,6	4,7	4,7	4,8	4,8
8	10	4,7	5,4	5,5	5,9	7,1	7,7	7,1	7,2	7,3	6,2	7,8
	20	4,3	4,7	4,8	4,9	5,0	5,2	5,3	5,3	5,2	5,4	5,2
	30	4,0	4,7	4,6	4,8	4,8	5,0	5,0	5,1	4,8	5,3	5,1
	40	3,8	4,6	4,5	4,7	4,7	4,7	4,8	5,0	4,9	4,9	5,1
9	10	4,6	5,6	5,5	5,6	6,1	6,4	6,6	7,2	7,5	7,6	8,0
	20	4,0	4,8	4,8	4,9	4,9	4,9	5,0	5,3	5,2	5,5	5,8
	30	3,8	4,7	4,6	4,7	4,7	4,8	4,8	5,0	5,0	5,2	5,5
	40	3,7	4,5	4,4	4,6	4,6	4,6	4,6	4,8	4,9	4,9	5,2
10	10	4,6	5,6	5,2	5,5	5,8	6,7	6,1	6,2	8,6	7,7	7,9
	20	3,9	4,8	4,7	4,8	4,7	4,9	5,0	4,9	5,7	5,4	5,8
	30	3,9	4,6	4,5	4,6	4,7	4,8	4,8	4,9	5,1	5,1	5,2
	40	3,5	4,4	4,4	4,5	4,6	4,6	4,6	4,8	4,9	5,0	5,0
11	10	4,5	5,5	5,2	5,5	5,9	6,1	6,0	6,2	7,2	8,3	7,3
	20	4,1	4,7	4,7	4,8	4,9	5,0	5,0	5,0	5,2	5,2	5,5
	30	3,9	4,7	4,5	4,5	4,7	4,7	4,9	4,7	5,1	5,0	5,0
	40	3,4	4,4	4,4	4,5	4,6	4,6	4,6	4,7	4,9	5,1	5,0
12	10	4,8	5,5	5,6	6,0	6,5	6,7	7,0	7,9	8,6	8,9	8,6
	20	4,3	4,9	4,9	5,0	4,9	5,1	5,2	5,5	5,6	5,9	5,7
	30	4,1	4,7	4,6	4,8	4,7	5,0	5,2	5,0	5,1	5,4	5,7
	40	4,0	4,6	4,6	4,6	4,7	4,8	4,8	4,9	5,1	5,2	5,3

Tabela E12 – Medições da Umidade Superficial - VIGA V6 - FACE 1 - Lateral

Data: 14/03/11		MEDIÇÃO										
		Seca	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a	7 ^a	8 ^a	9 ^a	10 ^a
Um. Rel. (%)		68	78	76	68	74	74	72	68	75	78	77
Temper. (°C)		23,9	23,1	24,1	25,9	25,2	24,7	25,5	25,4	25,4	23,9	23,9
Pontos	Prof (mm)	Quantidade de água acumulada por m ² de área (g/m ²)										
		0	250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500
1	10	4,8	5,8	6,6	6,9	8,6	8,5	10,0	8,8	9,7	8,9	11,0
	20	4,4	5,1	5,3	5,4	5,5	5,9	6,6	5,8	6,1	6,3	6,3
	30	4,2	4,9	5,1	5,1	5,4	5,2	5,6	5,0	5,6	5,8	5,7
	40	4,0	4,6	4,9	5,0	5,3	5,0	5,1	5,7	5,3	5,6	5,4
2	10	4,6	5,4	6,1	6,7	7,0	7,8	9,4	8,2	10,4	10,0	9,4
	20	4,1	5,1	5,1	5,2	5,4	5,8	5,7	5,9	6,0	6,3	6,6
	30	3,7	4,7	4,8	5,0	4,9	5,2	5,3	5,5	5,5	5,7	5,9
	40	3,7	4,6	4,7	4,7	5,0	5,0	5,0	5,1	5,5	5,4	5,4
3	10	4,8	5,6	6,3	7,3	7,8	8,1	9,3	8,6	9,7	8,9	9,2
	20	4,3	4,9	5,1	5,2	5,4	5,9	5,7	5,9	6,0	6,2	6,2
	30	4,1	4,7	4,9	5,0	5,2	5,3	5,5	5,5	5,6	5,7	5,8
	40	4,0	4,6	4,8	4,8	5,0	5,1	5,3	5,2	5,3	5,3	5,5
4	10	4,6	5,4	6,2	7,0	7,3	8,0	9,6	8,8	10,9	10,0	11,0
	20	4,1	4,9	5,1	5,3	5,6	5,7	5,9	5,9	6,0	6,7	6,4
	30	4,0	4,8	4,8	5,0	5,3	5,4	5,4	5,3	5,6	5,9	5,8
	40	3,7	4,6	4,8	4,9	5,1	5,0	5,2	5,2	5,4	5,3	5,5
5	10	5,1	6,3	7,4	8,8	8,9	9,5	11,7	10,2	8,8	11,3	11,8
	20	4,6	4,9	5,4	5,8	5,9	6,2	6,5	6,5	7,1	6,9	7,2
	30	4,4	5,0	5,3	5,4	5,5	5,8	5,9	5,8	6,2	6,3	6,8
	40	4,4	4,8	5,0	5,2	5,3	5,4	5,4	5,6	5,8	5,8	5,8
6	10	4,9	5,6	6,8	7,6	9,2	7,7	10,9	8,4	11,9	8,9	11,5
	20	4,4	4,8	5,1	5,3	5,5	5,4	5,8	6,0	7,6	5,8	7,5
	30	4,2	4,8	4,9	5,0	5,1	5,4	5,4	5,5	6,0	6,0	6,1
	40	3,9	4,3	4,7	4,9	5,2	5,1	5,1	5,4	5,4	5,5	5,8
7	10	4,8	6,2	6,9	7,8	9,3	9,4	10,6	9,9	10,8	11,2	11,4
	20	4,3	5,1	5,3	5,5	5,9	6,0	6,3	6,4	6,6	7,0	6,8
	30	4,1	4,9	5,1	5,2	5,5	5,4	5,8	5,6	6,1	6,0	6,1
	40	3,9	4,7	4,9	5,0	5,2	5,2	5,4	5,5	5,6	5,7	5,8
8	10	4,8	6,3	7,0	7,9	8,7	9,7	11,2	9,5	11,3	10,8	13,3
	20	4,4	5,2	5,3	5,4	5,7	6,0	6,4	6,4	6,6	6,8	6,8
	30	4,2	5,0	5,0	5,3	5,5	5,5	5,6	5,8	5,9	6,1	6,3
	40	4,0	4,8	5,0	5,1	5,2	5,3	5,4	5,4	5,6	5,6	5,9
9	10	5,1	7,2	8,6	9,2	9,7	11,8	10,4	9,2	10,7	9,9	9,7
	20	4,7	5,5	5,9	6,4	6,9	6,5	7,4	7,0	7,4	7,3	8,2
	30	4,6	5,1	5,3	5,5	5,9	6,1	6,3	6,2	6,3	7,1	7,1
	40	4,4	4,9	5,1	5,4	5,5	5,7	6,0	5,9	6,0	5,9	6,4
10	10	4,9	5,8	6,8	8,1	8,8	8,9	9,6	9,5	11,2	11,2	11,5
	20	4,3	5,1	5,3	5,5	5,8	6,0	6,2	6,4	11,6	6,9	6,9
	30	4,2	4,9	5,1	5,2	5,4	5,4	5,6	5,6	5,8	5,9	6,0
	40	4,0	4,8	4,9	5,0	5,1	5,2	5,4	5,4	5,4	5,6	5,7
11	10	4,9	5,9	7,3	9,8	8,7	9,5	11,2	8,6	11,4	11,5	11,8
	20	4,3	5,1	5,4	5,5	5,8	5,9	6,0	6,2	6,8	6,8	6,6
	30	4,4	4,9	5,1	5,4	5,4	5,5	5,6	5,5	5,8	5,9	5,9
	40	4,1	4,7	5,0	5,2	5,2	5,2	5,2	5,5	5,5	5,5	6,1
12	10	5,0	6,9	7,9	9,7	10,4	11,2	9,3	10,7	11,4	10,0	11,5
	20	4,6	5,4	5,8	5,6	6,2	6,7	6,9	6,2	7,1	7,2	7,1
	30	4,4	4,9	5,4	5,2	5,2	5,7	6,0	5,7	6,4	6,1	6,0
	40	4,4	5,0	5,1	5,3	5,5	5,4	5,4	5,3	5,9	5,9	5,6

Tabela E13 – Medições da Umidade Superficial - VIGA V7 - FACE 1 - Lateral

Data: 10/03/11		MEDIÇÃO										
		Seca	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a	7 ^a	8 ^a	9 ^a	10 ^a
Um. Rel. (%)		67	77	81	80	81	81	80	79	75	74	74
Temper. (°C)		24,9	23,5	23,1	23,3	23,4	23,6	23,9	24,1	24,6	25,4	24,9
Pontos	Prof (mm)	Quantidade de água acumulada por m ² de área (g/m ²)										
		0	250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500
1	10	5,0	6,2	6,8	7,8	7,7	8,6	9,8	9,6	10,1	10,7	11,1
	20	4,5	5,0	5,2	5,6	5,4	5,9	6,3	6,2	6,3	6,4	6,2
	30	4,3	4,8	5,0	5,1	5,2	5,4	5,5	5,5	5,5	5,8	6,1
	40	4,2	4,8	4,9	5,1	5,1	5,2	5,3	5,5	5,4	5,3	5,3
2	10	5,0	6,0	6,7	7,4	7,9	8,9	9,6	9,8	10,2	10,8	11,8
	20	4,6	5,0	5,1	5,3	5,7	5,5	6,0	6,2	6,1	6,7	6,1
	30	4,4	4,7	5,0	5,1	5,3	5,4	5,5	5,6	5,8	5,6	5,9
	40	4,3	4,5	4,9	4,9	5,0	5,0	5,2	5,3	5,2	5,6	5,3
3	10	4,9	5,3	5,8	6,4	7,0	7,2	7,9	8,0	8,7	9,0	9,8
	20	4,3	4,5	4,9	5,1	5,4	5,4	5,6	5,8	6,0	5,9	6,1
	30	4,1	4,5	4,7	4,9	5,1	5,1	5,3	5,3	5,5	5,5	5,4
	40	3,9	4,6	4,6	4,8	4,9	5,1	5,2	5,1	5,2	5,2	5,3
4	10	5,0	5,7	6,0	6,5	7,9	7,9	8,7	8,8	8,9	10,8	10,2
	20	4,5	4,8	5,0	5,3	5,5	5,6	5,8	5,8	5,8	6,1	6,1
	30	4,3	4,7	4,8	5,0	5,1	5,1	5,3	5,4	5,4	5,6	5,8
	40	4,1	4,5	4,8	4,9	4,9	5,1	5,2	5,2	5,4	5,4	5,4
5	10	4,9	5,8	7,0	7,4	8,1	8,3	9,0	9,8	10,3	11,0	11,4
	20	4,4	4,8	5,0	5,4	5,5	5,6	5,9	6,4	6,2	6,2	6,2
	30	4,2	4,6	4,9	5,1	5,3	5,2	5,5	5,7	5,5	5,5	5,8
	40	4,2	4,6	4,8	5,0	5,1	5,0	5,3	5,3	5,2	5,5	5,6
6	10	4,9	6,1	6,9	7,6	7,9	9,4	10,6	11,4	10,0	9,5	11,9
	20	4,4	4,9	5,3	6,0	5,7	6,3	6,5	6,6	6,7	6,3	6,8
	30	4,3	4,8	5,1	5,3	5,3	5,2	5,8	5,5	5,3	6,0	6,0
	40	4,3	4,7	5,0	5,3	5,3	5,4	5,6	5,4	5,7	5,8	5,6
7	10	5,0	5,6	6,1	6,3	6,5	7,2	8,2	8,0	8,5	9,5	10,1
	20	4,6	4,8	4,9	5,3	5,4	5,5	5,6	5,4	5,9	5,9	6,0
	30	4,4	4,7	4,8	5,0	5,0	5,1	5,5	5,1	5,4	5,5	5,5
	40	4,3	4,6	4,7	4,9	4,9	5,0	5,1	4,9	5,2	5,2	5,3
8	10	4,9	5,7	6,0	7,1	6,8	8,6	8,6	8,5	7,5	9,7	9,9
	20	4,5	4,7	5,0	5,3	5,4	5,4	5,5	5,6	5,8	6,0	5,9
	30	4,2	4,6	5,0	5,0	5,0	5,2	5,1	5,2	5,1	5,3	5,2
	40	4,0	4,6	4,7	4,9	4,8	4,9	5,1	4,8	5,0	5,3	5,4
9	10	5,0	5,6	6,0	6,6	6,9	7,8	8,1	8,2	8,5	9,9	9,4
	20	4,5	4,8	4,9	5,1	5,4	5,6	5,8	5,9	6,0	6,1	6,2
	30	4,3	4,6	4,8	5,0	4,9	5,2	5,4	5,3	5,6	5,6	5,5
	40	4,2	4,4	4,6	4,9	4,9	5,0	5,2	5,1	5,0	5,4	5,2
10	10	5,0	5,6	6,3	7,7	8,6	9,1	10,7	9,8	10,6	11,3	10,9
	20	4,6	4,9	5,3	5,5	5,9	6,0	6,4	6,5	6,4	6,6	6,7
	30	4,4	4,8	5,0	5,1	5,5	5,5	5,4	5,8	5,6	6,2	6,0
	40	4,2	4,7	4,9	5,0	5,2	5,3	5,4	5,5	5,5	5,6	5,7
11	10	5,0	5,5	6,2	6,8	7,2	7,8	7,5	7,4	9,0	9,3	10,2
	20	4,5	4,8	5,0	5,2	5,1	5,3	5,4	5,7	5,9	5,4	5,7
	30	4,3	4,5	4,8	4,9	5,2	5,0	5,1	5,1	5,2	5,3	5,5
	40	4,1	4,5	4,7	4,7	4,9	4,9	5,1	5,0	5,2	5,0	5,0
12	10	5,0	5,7	6,1	7,1	7,6	7,9	8,5	10,0	8,8	9,8	11,4
	20	4,5	4,8	5,0	5,7	5,4	5,6	5,7	7,0	6,0	5,7	6,1
	30	4,4	4,6	4,8	5,0	5,0	5,3	5,1	5,5	5,6	5,4	5,9
	40	4,3	4,4	4,6	5,1	5,1	5,0	5,1	5,2	5,3	5,4	5,4

Tabela E14 – Medições da Umidade Superficial - VIGA V8 - FACE 2 - Lateral

Data: 09/03/11		MEDIÇÃO										
		Seca	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a	7 ^a	8 ^a	9 ^a	10 ^a
Um. Rel. (%)		76	78	76	72	67	63	61	59	56	56	56
Temper. (°C)		23,8	23,5	23,9	24,9	26,2	26,7	27,4	28,1	28,1	27,9	27,3
Pontos	Prof (mm)	Quantidade de água acumulada por m ² de área (g/m ²)										
		0	250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500
1	10	5,0	6,1	6,8	8,0	8,5	8,3	8,7	11,0	11,1	10,4	10,3
	20	4,5	5,0	5,3	5,8	6,0	5,6	5,7	5,9	5,9	5,9	6,3
	30	4,2	4,7	5,1	5,4	5,5	5,2	5,2	5,3	5,5	5,6	6,1
	40	4,2	4,6	4,8	4,9	5,1	5,1	5,0	5,0	5,4	5,4	5,3
2	10	4,2	4,6	4,8	5,1	6,4	6,6	6,2	6,1	6,8	8,4	8,0
	20	4,2	3,5	4,7	4,8	5,0	4,7	5,8	5,0	5,1	5,1	5,1
	30	3,2	3,9	4,1	4,8	4,9	4,8	5,0	4,8	4,9	4,9	4,9
	40	3,1	3,9	4,2	4,6	4,6	4,8	4,6	4,7	4,6	4,9	4,9
3	10	4,9	5,3	6,3	7,0	6,9	7,4	7,8	8,5	7,2	9,6	8,8
	20	4,3	4,7	5,1	5,2	5,4	5,4	5,3	5,3	5,6	5,6	5,6
	30	4,1	4,6	4,8	5,0	5,1	5,2	5,0	5,1	5,3	5,1	5,5
	40	3,9	4,6	4,7	4,9	4,8	4,9	4,9	4,8	5,0	5,3	5,2
4	10	4,7	5,2	5,9	6,3	6,5	6,4	7,6	7,6	8,7	7,9	8,5
	20	4,2	4,7	4,9	5,0	5,1	5,4	5,4	5,3	5,4	5,5	5,9
	30	3,8	4,4	4,7	4,8	4,8	5,1	4,8	4,9	5,1	5,1	5,0
	40	3,6	4,4	4,6	4,7	4,8	4,8	4,9	4,8	5,0	5,1	5,1
5	10	4,7	5,2	6,8	7,0	7,8	8,3	7,6	8,5	8,7	9,0	11,8
	20	4,2	4,8	5,0	5,0	5,7	6,0	5,5	5,5	5,8	5,5	6,0
	30	3,8	4,7	4,8	5,0	4,7	5,3	5,1	5,1	5,5	5,0	5,2
	40	4,0	4,5	4,7	4,9	5,1	5,0	4,6	5,0	5,2	5,2	5,2
6	10	4,7	5,6	7,4	7,1	9,1	7,4	8,6	7,6	8,1	7,5	10,1
	20	4,1	5,0	5,1	5,3	5,5	5,5	5,7	5,7	5,3	5,7	6,1
	30	3,8	5,0	4,8	4,9	5,1	5,3	5,0	4,9	5,3	5,0	5,1
	40	4,1	4,9	4,8	4,9	5,1	5,3	5,0	5,1	5,1	5,3	5,1
7	10	4,8	5,5	6,5	7,0	8,0	7,0	8,7	8,6	8,7	8,5	10,4
	20	4,3	4,9	5,1	5,3	5,4	5,3	5,6	5,2	5,6	5,6	5,4
	30	4,1	4,9	4,8	5,0	5,2	5,0	5,3	5,3	5,1	5,4	5,6
	40	3,6	4,5	4,7	4,8	5,0	5,0	5,2	5,1	5,1	5,1	5,0
8	10	5,0	5,5	5,6	6,5	7,1	6,4	8,3	8,2	7,4	8,4	8,4
	20	4,2	4,8	4,8	5,1	5,1	5,1	5,7	5,6	5,5	5,3	5,4
	30	4,1	4,7	4,7	4,9	4,9	4,8	5,0	4,9	5,0	5,1	5,1
	40	3,9	4,5	4,5	4,8	4,8	4,7	4,9	4,8	4,8	4,9	4,8
9	10	4,6	5,1	5,6	6,2	6,4	6,6	7,1	7,1	7,7	7,9	8,0
	20	4,0	4,7	5,0	5,0	5,1	5,3	5,1	4,9	5,5	5,3	5,3
	30	3,8	4,5	4,6	4,9	4,8	4,9	5,1	4,9	5,0	5,4	5,1
	40	3,5	4,5	4,5	4,6	4,8	4,8	4,8	4,8	5,0	5,0	5,2
10	10	4,6	4,8	5,4	5,7	7,1	6,1	6,0	6,2	6,9	7,4	8,8
	20	3,9	4,6	4,7	4,9	4,9	4,9	5,0	4,9	5,1	5,0	5,1
	30	3,7	4,2	4,6	4,6	4,7	4,7	4,8	4,7	4,8	4,8	4,7
	40	3,7	4,1	4,3	4,6	4,6	4,6	4,9	4,5	4,8	4,7	4,7
11	10	4,8	5,0	6,3	5,7	7,0	6,6	7,4	7,0	6,8	7,5	8,0
	20	4,3	4,6	4,9	5,1	5,1	5,2	5,1	5,1	5,0	5,1	5,3
	30	3,8	4,4	4,7	4,8	4,6	4,9	4,8	4,7	5,0	4,7	5,0
	40	3,8	4,4	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,9
12	10	4,7	5,4	6,0	6,3	6,9	7,0	6,5	6,8	7,3	7,9	7,2
	20	4,1	4,6	4,8	5,1	5,2	5,3	5,2	5,4	5,2	5,4	5,7
	30	3,8	4,5	4,7	4,7	4,7	4,8	5,0	4,8	5,0	4,7	4,8
	40	3,9	4,3	4,6	4,7	4,8	4,7	4,9	4,8	4,9	4,8	5,1

Tabela E15 – Medições da Umidade Superficial - VIGA V9 - FACE 1 - Lateral

Data: 04/03/11		MEDIÇÃO										
		Seca	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a	7 ^a	8 ^a	9 ^a	10 ^a
Um. Rel. (%)		68	83	84	85	84	83	86	83	80	80	80
Temper. (°C)		24,1	21,9	21,9	22,6	23,2	23,8	23,8	24,1	24,5	24,3	23,6
Pontos	Prof (mm)	Quantidade de água acumulada por m ² de área (g/m ²)										
		0	250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500
1	10	5,4	6,2	8,4	7,9	9,6	8,7	10,2	9,5	11,2	10,7	9,2
	20	4,7	5,2	5,7	5,7	5,8	6,0	6,3	6,0	6,8	6,3	7,0
	30	4,2	4,9	5,0	5,4	5,2	5,9	6,0	6,0	5,7	5,5	6,1
	40	4,1	4,8	5,0	5,0	5,4	5,4	5,4	5,8	5,5	5,8	6,1
2	10	4,9	6,2	7,3	7,9	8,6	8,7	10,2	10,0	9,8	9,9	11,2
	20	4,3	5,0	5,4	5,4	5,7	6,0	6,5	6,4	6,6	6,0	7,0
	30	4,1	4,7	5,1	5,2	5,4	5,5	5,7	5,8	5,6	6,0	6,0
	40	4,1	4,7	5,0	4,9	5,2	5,2	5,5	5,2	5,6	5,6	5,9
3	10	4,9	6,3	6,7	8,4	9,8	8,6	10,8	10,5	10,0	10,0	10,4
	20	4,5	5,0	5,3	5,9	6,0	6,0	6,2	6,4	6,6	6,6	6,8
	30	4,3	4,8	5,1	5,4	5,2	5,4	5,8	5,5	5,7	6,0	5,9
	40	4,2	4,8	4,9	5,2	5,2	5,2	5,7	5,5	5,2	5,6	5,9
4	10	5,1	5,5	6,4	7,0	7,2	7,3	8,0	7,6	8,0	8,3	8,6
	20	4,2	4,8	5,2	5,4	5,3	5,8	5,7	5,7	6,3	6,4	5,8
	30	4,1	4,6	4,8	5,4	5,1	5,1	5,2	5,3	5,3	5,2	5,5
	40	4,1	4,6	4,7	4,9	4,9	5,0	5,1	5,1	5,1	5,1	5,4
5	10	5,4	6,4	8,5	7,8	7,8	9,7	11,7	11,0	9,3	11,7	11,0
	20	4,4	4,8	5,8	5,5	5,7	5,8	6,9	7,0	7,0	6,7	7,1
	30	4,4	4,9	5,2	5,2	5,6	5,6	6,1	5,8	6,1	6,2	6,7
	40	4,1	4,7	5,1	5,1	5,2	5,4	5,1	5,7	5,4	5,6	6,1
6	10	4,8	5,7	7,4	8,0	8,5	8,3	10,5	8,9	9,9	10,9	9,6
	20	4,3	4,9	5,4	5,6	5,6	5,8	6,3	6,0	6,1	6,5	6,3
	30	4,0	4,6	4,9	5,2	5,3	5,2	5,9	5,5	5,8	5,9	5,7
	40	4,0	4,7	4,9	5,1	5,1	5,0	5,2	5,5	5,4	5,3	5,8
7	10	5,1	6,7	7,8	7,9	9,2	8,8	10,2	10,5	10,3	10,5	11,1
	20	4,6	5,4	5,7	5,3	6,1	5,8	6,0	6,4	5,9	6,3	7,2
	30	4,2	4,8	5,1	5,1	5,6	5,4	5,6	5,7	5,7	5,6	6,1
	40	4,3	4,8	5,0	5,0	5,2	5,3	5,3	5,3	5,5	5,5	5,4
8	10	5,2	6,0	7,2	7,7	8,4	8,8	8,2	9,4	9,2	9,8	10,1
	20	4,6	5,0	5,4	5,4	5,4	5,0	6,4	6,0	6,1	6,2	6,2
	30	4,4	4,9	5,1	5,1	5,3	5,4	5,7	5,4	5,7	5,8	6,0
	40	4,3	4,7	4,9	5,2	5,1	5,2	5,5	5,3	5,4	5,7	5,6
9	10	4,8	5,9	7,2	7,7	8,6	8,5	9,1	11,5	9,6	11,0	11,6
	20	4,4	5,0	5,5	5,1	5,8	5,9	6,2	6,5	6,3	6,8	6,0
	30	4,1	4,8	5,1	5,0	5,3	5,3	5,8	5,3	5,7	6,2	6,3
	40	4,1	4,7	5,0	5,1	5,1	5,2	5,5	5,6	5,3	5,8	5,9
10	10	5,3	6,7	7,2	7,5	7,9	8,2	11,1	9,2	9,8	9,9	11,3
	20	4,6	5,2	5,8	5,3	6,3	5,7	6,4	6,5	6,1	6,7	7,0
	30	4,2	5,0	5,1	5,2	5,5	5,4	5,8	5,5	5,6	5,7	6,1
	40	4,4	4,9	5,0	5,2	5,0	5,2	5,6	5,7	5,5	5,4	5,8
11	10	5,0	6,6	6,6	6,7	6,9	8,6	9,2	8,7	10,2	9,6	8,3
	20	4,5	4,8	5,0	5,1	5,3	6,0	6,0	5,9	5,7	5,9	6,0
	30	4,2	4,9	4,8	4,9	5,0	5,5	5,6	5,3	5,5	5,6	5,7
	40	4,2	4,4	4,7	4,9	4,9	5,2	5,3	5,2	5,4	5,3	5,3
12	10	5,0	5,5	6,3	6,1	7,8	8,7	8,7	7,6	8,2	8,7	9,9
	20	4,1	5,1	5,1	5,1	5,5	6,2	5,9	5,8	5,6	5,8	6,4
	30	4,2	4,7	4,9	4,7	5,0	5,1	5,1	5,2	5,1	5,6	5,5
	40	4,0	4,7	4,8	4,7	5,0	4,9	5,1	5,4	5,1	5,4	5,4

Tabela E16 – Medições da Umidade Superficial - VIGA V10 - FACE 2 - Lateral

Data: 03/03/11		MEDIÇÃO										
		Seca	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª	9ª	10ª
Um. Rel. (%)		75	76	76	68	64	61	61	69	80	77	78
Temper. (°C)		23,3	23,7	24,3	25,9	26,8	27,3	27,3	25,3	24,2	24,6	23,3
Pontos	Prof (mm)	Quantidade de água acumulada por m² de área (g/m²)										
		0	250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500
1	10	4,8	5,9	6,7	8,6	10,2	9,9	10,4	10,5	10,3	11,5	-
	20	4,4	4,9	5,4	5,6	5,8	5,9	6,4	6,3	7,2	6,5	7,1
	30	4,3	4,8	5,1	5,4	5,6	5,5	5,5	5,9	6,1	5,5	6,3
	40	4,0	4,6	5,0	5,2	5,3	5,6	5,4	5,9	5,6	5,9	5,9
2	10	4,9	6,0	6,6	8,1	9,2	10,0	11,0	8,9	11,0	-	-
	20	4,4	5,1	5,8	5,6	6,1	6,2	6,4	6,6	6,5	7,3	7,1
	30	4,2	4,7	5,1	5,2	5,3	5,7	5,6	5,9	6,2	6,0	6,7
	40	4,2	4,8	5,0	5,0	5,2	5,5	5,4	5,7	5,8	5,9	5,9
3	10	5,0	5,9	7,8	9,9	9,5	11,3	10,6	10,6	9,8	-	-
	20	4,4	5,1	6,1	6,7	6,2	7,5	6,9	6,0	6,9	7,7	8,2
	30	4,3	4,9	5,4	5,4	5,7	5,7	6,2	6,3	6,3	6,8	6,9
	40	4,2	4,8	5,2	5,3	5,4	5,4	5,9	5,8	5,9	6,1	5,3
4	10	5,2	5,7	7,3	8,5	10,6	10,7	10,7	10,8	11,2	-	-
	20	4,5	4,9	5,2	5,5	5,9	6,4	6,3	6,6	5,8	7,3	7,2
	30	4,4	4,8	5,1	5,1	5,5	5,7	5,8	6,2	6,0	6,0	6,8
	40	4,2	4,5	4,8	5,1	5,4	5,8	5,6	5,5	6,0	6,0	6,2
5	10	5,0	5,6	6,5	6,7	9,3	8,9	10,8	9,0	9,6	-	-
	20	4,4	4,7	5,1	5,2	5,5	5,3	5,7	5,8	6,8	6,8	6,9
	30	4,2	4,5	5,1	4,9	5,3	5,3	5,3	5,8	5,5	6,0	5,9
	40	4,1	4,4	4,8	4,7	5,1	5,7	5,3	5,2	5,7	5,8	5,8
6	10	4,7	5,7	6,0	6,4	8,2	8,6	9,6	9,9	9,3	-	-
	20	4,2	4,7	5,1	5,0	5,5	5,4	5,5	6,3	6,3	6,3	6,8
	30	4,0	4,5	4,9	4,8	5,1	5,5	5,2	5,3	6,1	5,8	5,7
	40	4,0	4,3	4,7	4,7	4,9	5,0	5,1	5,0	5,3	5,7	5,4
7	10	4,9	6,0	6,8	7,8	9,1	8,6	10,2	10,3	10,0	11,0	-
	20	4,5	5,0	5,4	5,6	5,6	5,9	6,1	6,6	6,5	6,7	6,7
	30	4,2	4,8	5,0	5,2	5,3	5,6	5,5	5,6	5,7	5,9	5,9
	40	4,1	4,7	4,9	5,0	5,1	5,4	5,4	5,5	5,7	5,5	5,8
8	10	4,9	6,2	7,3	8,4	10,3	9,8	11,4	9,6	10,0	-	-
	20	4,5	5,0	5,5	5,7	5,7	6,6	6,3	6,3	6,5	6,7	6,8
	30	4,2	4,8	5,2	5,2	5,2	5,6	5,6	5,7	5,7	6,2	6,2
	40	4,1	4,6	4,9	5,1	5,2	5,5	5,4	5,6	5,6	5,6	5,7
9	10	5,0	5,6	7,3	9,3	9,0	9,2	10,3	9,1	10,8	-	-
	20	4,5	4,9	5,6	5,8	6,0	6,9	6,1	5,0	6,5	7,0	6,7
	30	4,3	4,7	5,3	5,2	5,2	5,6	5,5	5,7	5,5	6,7	5,9
	40	4,3	4,5	4,9	4,9	5,0	5,3	5,5	5,4	5,4	5,7	5,9
10	10	5,0	5,6	7,5	9,9	11,1	11,7	10,7	10,9	10,2	-	-
	20	4,5	4,9	5,9	6,0	6,1	6,8	6,6	6,8	7,2	7,5	7,8
	30	4,4	4,7	5,3	5,5	5,7	6,2	6,1	5,8	6,3	6,8	6,2
	40	4,3	4,5	5,1	5,2	5,5	5,3	5,8	5,8	6,1	6,3	6,2
11	10	4,8	6,1	6,3	7,6	8,4	9,8	10,3	10,9	10,6	-	-
	20	4,4	4,9	5,3	5,4	5,7	5,5	6,1	6,7	6,5	6,9	6,6
	30	4,1	4,8	5,0	4,9	5,0	5,3	5,1	6,0	5,9	6,5	5,7
	40	3,9	4,6	4,8	4,9	5,1	5,3	5,3	5,5	5,4	5,6	5,6
12	10	4,9	5,8	6,6	8,0	8,8	9,6	9,0	9,5	10,8	-	-
	20	4,4	4,9	5,2	5,4	5,6	5,5	5,4	6,0	5,9	6,0	6,2
	30	4,2	4,7	5,0	5,1	5,3	5,2	5,2	5,6	6,1	5,8	5,5
	40	3,9	4,3	4,8	5,0	5,0	5,1	5,3	5,0	5,5	5,4	5,2