

UFCG

UFCG

AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DOS CONCRETOS
CONFECCIONADOS COM AGREGADOS LATERÍTIÇOS
NÃO LAVADOS E NÃO SATURADOS

por

ROBERTO ALVARES DE ANDRADE

Dissertação apresentada à
Coordenação de Pós-Graduação em
Engenharia Civil da Universidade
Federal da Paraíba, em
cumprimento às exigências para
obtenção do Grau de Mestre.

CAMPINA GRANDE
OUTUBRO - 1994

UFCG

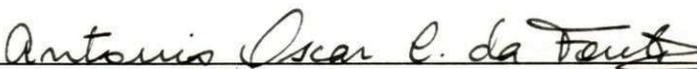
AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DOS CONCRETOS
CONFECCIONADOS COM AGREGADOS LATERÍTICOS
NÃO LAVADOS E NÃO SATURADOS

por

ROBERTO ALVARES DE ANDRADE

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL DA UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA - CAMPUS II - CAMPINA GRANDE - COMO REQUISITO PARCIAL À OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIA DE ENGENHARIA CIVIL

Aprovada, em 27 de outubro de 1994, por:



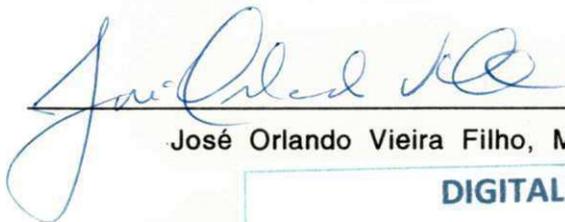
Antônio Oscar C. da Fonte, D.Sc.



Carlos Roberto Vasconcelos Costa, M. Sc.



Francisco Barbosa de Lucena, M. Sc.



José Orlando Vieira Filho, M.Sc.

DIGITALIZAÇÃO:

SISTEMOTECA - UFCG

Dedico este trabalho aos
meus pais Luiz e Eneida, à
minha esposa Lêda Vilma e à
minha filha Débora.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Antônio Oscar da Fonte, D. Sc., do Departamento de Engenharia Civil da UFPE, pela orientação e inestimável apoio;

Ao Professor Joaquim Correia de Andrade, do Departamento de Engenharia Civil da UFPE, pela co-orientação e estímulo.

Ao Professor Carlos Roberto Vasconcelos, M.Sc., do Departamento de Engenharia da UFPB, pela co-orientação e apoio.

Aos Professor Heber Carlos Ferreira, D.Sc., do Departamento de Engenharia Civil da UFPB, pelos ensinamentos.

Ao Professor José Orlando Vieira Filho, M.Sc., do Departamento de Engenharia Civil da UFPE, pelos irrestritos apoio e estímulo.

Ao Professor Tibério de Andrade, do Departamento de Engenharia Civil da UFPE, pelo apoio logístico.

Aos Laboratoristas Manoel Gonçalves, João Maria, Cazuza, Ezequiel Siqueira e Jorge Valfrido, do Departamento de Engenharia Civil da UFPE.

À Empresa de Obras Públicas Cidade do Recife - OBRAS RECIFE - (atual EMLURB).

À equipe do Laboratório da Prefeitura da Cidade do Recife.

À Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco.

Aos colegas de curso, com quem foram compartilhados momentos de fraterna descontração e estímulo.

À equipe da Escola de Imagens, pela competência e dedicação na editoração e elaboração da parte gráfica.

À equipe do Laboratório de Solos II do Departamento de Engenharia Civil da UFPB, Campus II.

A Josenira, Josete e Rivanilda, pela presteza e competência.

À equipe da TECOMAT pelo apoio logístico.

RELAÇÃO DE TABELAS e QUADROS

Tabela 2.1	Propriedades das Rochas comumente Empregadas na Obtenção de Agregados.....	7
Quadro 2.1	Dados Experimentais da Lei de Abrams	23
Quadro 2.2	Correlação entre Fator Água-Cimento, "Diâmetro Máximo" e Resistência Mecânica dos Concretos.....	25
Tabela 3.1	Dosagens Consideradas no Estudo (em massa)	64
Tabela 3.2	Dosagens Consideradas no Estudo (em volume)	65
Tabela 3.3	Relações Diversas entre Componentes das Dosagens.....	65
Quadro 3.1	Roteiro da Moldagem dos Corpos-de-Prova	67
Tabela 3.4	Distribuição Granulométrica dos Agregados Graúdos	70
Quadro 3.2	Discriminação dos Ensaios de Caracterização dos Agregados Graúdos.....	71
Quadro 3.3	Discriminação dos Ensaios de Caracterização do Agregado Miúdo	72
Tabela 4.1	Características Físicas e Mecânicas dos Agregados Graúdos.....	75
Tabela 4.2	Composição Química dos Agregados Graúdos	76
Tabela 4.3	Evolução dos Valores da Absorção da Laterita ao longo de 24 horas.....	77
Tabela 4.4	Distribuição Granulométrica do Agregado Miúdo	77
Tabela 4.5	Resultado dos Ensaios de Caracterização do Agregado Miúdo.....	78
Tabela 4.6	Consumos "Teóricos" e "Reais" das Diferentes Dosagens	79
Tabela 4.7	Valores dos "Slump-Tests" das Diferentes Dosagens.....	80
Tabela 4.8	Resistência à Compressão Simples (Cura ao Ar e Cura em Imersão)	80
Tabela 4.9	Resistência à Tração por Compressão Diametral (Cura ao Ar e Cura em Imersão)	81
Tabela 4.10	Correlação entre as Resistências à Compressão Simples a Diferentes Idades (Cura ao Ar)	81
Tabela 4.11	Correlação entre as Resistências à Compressão a Diferentes Idades (Cura em Imersão).....	82

Tabela 4.12 Correlação entre as Resistências à Tração por Compressão Diametral a Diferentes Idades (Cura ao Ar)	82
Tabela 4.13 Correlação entre as Resistências à Tração por Compressão Diametral a Diferentes Idades (Cura em Imersão).	83
Tabela 4.14 Correlação entre as Resistências à Tração por Compressão Diametral e a Resistência à Compressão Simples (Cura ao Ar)	83
Tabela 4.15 Correlação entre as Resistências à Tração por Compressão Diametral e a Resistência à Compressão Simples (Cura em Imersão).	84
Tabela 4.16 Avaliação da Dureza dos Concretos através da Esclerometria.....	84

RELAÇÃO DE FIGURAS

Figura 01	Representação dos Vazios Acessíveis e Inaccessíveis das Rochas.....	16
Figura 02	Representação dos Volumes Real e Aparente das Rochas.....	16
Figura 03	Representação do Efeito de Parede.....	57
Figura 04	Relação entre as Resistências à Compressão Simples aos 91 e 7 Dias x Fatores Água-Cimento.....	104
Figura 05	Relação entre as Resistências à Compressão Simples aos 91 e 28 Dias x Fatores Água-Cimento.....	105
Figura 06	Relação entre as Resistências à Compressão Simples aos 28 e 7 Dias x Fatores Água-Cimento.....	106
Figura 07	Relação entre as Resistências à Compressão Diametral aos 28 e 7 Dias x Fatores Água-Cimento.....	108
Figura 08	Relação entre as Resistências à Compressão Diametral aos 91 e 28 Dias x Fatores Água-Cimento.....	109
Figura 09	Relação entre as Resistências à Compressão Diametral aos 91 e 7 Dias x Fatores Água-Cimento.....	110
Figura 10	Resistência à Compressão Simples aos 7 Dias x Fatores Água-Cimento.....	112
Figura 11	Resistência à Compressão Simples aos 28 Dias x Fatores Água-Cimento.....	113
Figura 12	Resistência à Compressão Simples aos 91 Dias x Fatores Água-Cimento.....	114
Figura 13	Resistência à Compressão Diametral aos 7 Dias x Fatores Água-Cimento.....	116
Figura 14	Resistência à Compressão Diametral aos 28 Dias x Fatores Água-Cimento.....	117
Figura 15	Resistência à Compressão Diametral aos 91 Dias x Fatores Água-Cimento.....	118
Figura 16	Resistência à Compressão Diametral x Resistência à Compressão Simples aos 7 Dias.....	120
Figura 17	Resistência à Compressão Diametral x Resistência à Compressão Simples aos 28 Dias.....	121
Figura 18	Resistência à Compressão Diametral x Resistência à Compressão Simples aos 91 Dias.....	122
Figura 19	Resistência à Compressão Simples aos 7 Dias x Consumo Real de Cimento.....	124
Figura 20	Resistência à Compressão Simples aos 28 Dias x Consumo Real de Cimento.....	125
Figura 21	Resistência à Compressão Simples aos 91 Dias x Consumo Real de Cimento.....	126
Figura 22	Resistência à Compressão Diametral aos 7 Dias x Consumo Real de Cimento....	128
Figura 23	Resistência à Compressão Diametral aos 28 Dias x Consumo Real de Cimento..	129
Figura 24	Resistência à Compressão Diametral aos 91 Dias x Consumo Real de Cimento ...	130

RESUMO

Neste trabalho foram revistas, através de ampla revisão bibliográfica, a influência que, sobre o concreto, é exercida por algumas das propriedades físicas e mineralógicas dos seus agregados e, ainda, a partir do fenômeno da autodessecação, a ampla função da cura.

Realizaram-se ensaios para a análise da consistência, da resistência à tração por compressão diametral e à compressão simples dos concretos confeccionados a partir de relações água-mistura seca, areia-agregados e brita-agregados constantes e relação água-cimento variável.

Os agregados graúdos empregados, de origem granítica e laterítica, não foram submetidos ao tratamento prévio da lavagem e saturação.

Estabeleceram-se condições diferenciadas para a cura, e os corpos-de-prova foram moldados em fôrmas cilíndricas de 10 cm x 20 cm.

A partir da análise dos resultados obtidos constatou-se que a ausência da lavagem e saturação prévias dos agregados graúdos exercem, nos concretos lateríticos, significativa influência na rápida redução da trabalhabilidade, com aumento significativo da consistência e no aumento da sua resistência à compressão simples. Quanto à resistência à tração por compressão diametral, a intervenção de parâmetros diversos tornou evidente a maior complexidade do fenômeno.

A cura por imersão mostrou exercer significativa influência, às idades mais avançadas, na resistência das misturas lateríticas de elevado fator água-cimento.

ABSTRACT

Basic concepts on usual materials in concrete have been reviewed in this work. Effects on different large aggregates, but usual previous treatment, have also been evaluated. Physical and mineralogic properties of concretes are entered deeply into this experimental study.

Slump-tests have been put to practice too.

Compression tests and splinting tests have been applied to evaluate influence on concretes made from different admixtures and submitted to different curing conditions. Water/ciment rates are variable, and water/dry materials, sand/aggregates and large aggregates/aggregates rates are unchangeable. Lateritic aggregates not previously saturated and not previously washed put out of the way the probable bad behavior of concretes made with it. For same admixtures, lateritic concretes have indicated smaller fluidity than granitic one, and in addition to that, quick reduction of it.

Cylindrical specimens with 10 cm x 20 cm sizes have been employed.

Splinting tests have showed high complexity on their properties. The cement hydration reaction at ripe ages of lateritic concretes, especially in ordinary curing way, is very sensitive to high water/cement rate.

SIMBOLOGIA E NOMENCLATURA

OBS - O significado múltiplo de alguns símbolos deve-se à fidelidade que, na transcrição de citações, foi mantida às convenções estabelecidas pelos autores, estando no corpo deste trabalho, no entanto, sempre indicado o significado específico de cada um dos mesmos.

A	constante da lei de Abrams
a/c	fator água - cimento
a/c_{ef}	fator água - cimento efetivo
B	constante da lei de Abrams
C_r	consumo real de cimento em kg/m ³
C_t	consumo teórico de cimento em kg/m ³
FA	percentagem de finos produzida pela penetração do êmbolo (ensaio de 10% do finos)
f_c	resistência do concreto à compressão simples
f_t	resistência do concreto à tração por compressão diametral
G₁	dosagem do concreto granítico com fator água-cimento de 0,40
G₂	dosagem do concreto granítico com fator água-cimento de 0,60
G₃	dosagem do concreto granítico com fator água-cimento de 0,80
h	quantidade total de vazios das rochas
h_a	quantidade de vazios acessíveis das rochas
h_i	quantidade de vazios inacessíveis das rochas
IE	índice esclerométrico
k	adição da massa do cimento, areia, brita e água calculada a partir do traço unitário em massa

k_1	constante da lei de Abrams
k_2	constante da lei de Abrams
L_1	dosagem do concreto laterítico com fator água-cimento de 0,40
L_2	dosagem do concreto laterítico com fator água-cimento de 0,60
L_3	dosagem do concreto laterítico com fator água-cimento de 0,80
P_a	massa do agregado contido no recipiente cilíndrico (ensaio de 10% de finos)
P_r	porosidade relativa das rochas
R	tensão de ruptura à compressão do concreto (lei de Abrams)
RCS	resistência do concreto à compressão simples
RTCD	resistência do concreto à tração por compressão diametral
SSS	agregado saturado com superfície seca
V	volume aparente das rochas
V_r	volume real das rochas
X	média aritmética dos índices esclerométricos
x	fator água-cimento
X	carga necessária à produção de 10% de finos
X_1	carga que, durante o ensaio de 10% de finos, promove a penetração do êmbolo com produção de finos entre 7,5% e 12,5%
γ_a	massa específica da areia, em kg/l
γ_b	massa específica da brita, em kg/l
γ_c	massa específica do cimento em kg/l
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ASTM	American Society for Testing Materials
CIPASA	Cimento Poty da Paraíba S/A

COMPESA	Companhia Pernambucana de Saneamento S/A
CP II F-32	Cimento Portland Composto com Materiais Carbonáticos - Classe 32.
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagens
DNER - ME	Método de Ensaio do DNER.
IBRACON	Instituto Brasileiro do Concreto
INT	Instituto Nacional de Tecnologia
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
NBR	Norma Brasileira, registrada no Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
PCR	Prefeitura da Cidade do Recife
RMR	Região Metropolitana do Recife.
UFPB	Universidade Federal da Paraíba
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco

ÍNDICE

Capítulo I CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES	1
I-1 INTRODUÇÃO	1
I-2 OBJETIVOS	3
Capítulo II FUNDAMENTOS DOS ESTUDOS E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
II-1 PARTICIPAÇÃO DOS AGREGADOS GRAÚDOS NA RESISTÊNCIA DOS CONCRETOS	5
II-2 INFLUÊNCIA DO MATERIAL PULVERULENTO E DA POROSIDADE DOS AGREGADOS GRAÚDOS NA RESISTÊNCIA DOS CONCRETOS	10
II-2-1 Análises Concernentes ao Material Pulverulento	11
II-2-2 Análises Concernentes à Porosidade dos Agregados	15
II-3 INFLUÊNCIA DA PASTA NA RESISTÊNCIA DOS CONCRETOS	19
II-3-1 Lei de Abrams	19
II-3-2 Teoria do Elo Mais Fraco	27
II-3-3 Aderência da Pasta aos Agregados	31
II-4 APRECIÇÃO DO DESEMPENHO DA CURA	35
II-5 CARACTERIZAÇÃO DA CONSISTÊNCIA E TRABALHABILIDADE	42

II-6	CONSIDERAÇÕES ACERCA DA NECESSIDADE DO AJUSTE DE NORMAS	50
II-6-1	Abrangência do Ensaio Los Angeles	51
II-6-2	Influência das Dimensões dos Corpos-de-Prova nas Características do Concreto	56
II-7	ANÁLISES ACERCA DO ENSAIO ESCLEROMÉTRICO	61
Capítulo III DIRETRIZES BÁSICAS DOS ESTUDOS REALIZADOS		64
III-1	METODOLOGIA APLICADA	64
III-2	MATERIAIS UTILIZADOS	69
III-2-1	Origem e Característica dos Agregados Graúdos	69
III-2-2	Origem e Característica do Agregado Miúdo	71
III-2-3	Origem e Característica do Aglomerante	72
III-2-4	Origem e Característica da Água de Amassamento	73
Capítulo IV ANÁLISE DOS RESULTADOS		74
IV-1	APRESENTAÇÃO DOS VALORES OBTIDOS	74
IV-1-1	Resultados dos Ensaios Realizados com os Agregados Graúdos	74
IV-1-2	Resultados dos Ensaios Realizados com o Agregado Miúdo	77
IV-1-3	Resultados dos Ensaios Realizados com os Concretos	78
IV-1-4	Resultados dos Ensaios Realizados com o Aglomerante e a Água de Amassamento	85
IV-2	INTERPRETAÇÃO DOS FENÔMENOS OBSERVADOS	85

IV-2-1	Quanto à Resistência à Compressão Simples.....	85
IV-2-2	Quanto à Tração por Compressão Diametral.....	87
IV-2-3	Quanto à Consistência.....	89
IV-2-4	Quanto à Esclerometria.....	91

Capítulo V CONSIDERAÇÕES FINAIS..... 92

V-1	CONCLUSÕES.....	92
V-1-1	Quanto à Resistência à Compressão Simples.....	92
V-1-2	Quanto à Resistência à Compressão Diametral.....	93
V-1-3	Quanto à Relação f_t/f_c	93
V-1-4	Quanto à Consistência.....	94
V-1-5	Quanto à Esclerometria.....	94
V-2	SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS.....	94

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 96

ANEXOS

Método de Ensaio para a "Determinação de 10% de Finos de Agregados".....	101
Relações entre as Resistências à Compressão Simples x Fatores Água-Cimento.....	103
Relações entre as Resistências à Tração por Compressão Diametral x Fatores Água-Cimento.....	107
Resistências à Compressão Simples x Fatores Água-Cimento.....	111
Resistências à Tração por Compressão Diametral x Fatores Água-Cimento.....	115

Resistências à Tração por Compressão Diametral x Resistências à Compressão Simples	119
Resistências à Tração por Compressão Simples x Consumo Real de Cimento	123
Resistências à Tração por Compressão Diametral x Consumo Real de Cimento	127
Ensaio de Caracterização do Aglomerante (Cimento CP II F 32)	131
Controle Físico-Químico das Águas Tratadas na ETA Castelo Branco	139
Certificado de Análises Minerais	142

Boletim Nº 49 do IBRACON

NBR 5738

CAPÍTULO I
CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES
I-1 INTRODUÇÃO

Foram as "Reuniões dos Laboratórios Nacionais de Ensaios de Materiais", realizadas no Rio de Janeiro a partir de 1937, eventos marcantes que, ao discutir e ajustar os códigos de obra e os regulamentos não oficiais à realidade nacional e, ainda, ao analisar e padronizar os materiais até então empregados em obras de engenharia, deram origem, em setembro de 1940, à ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas -, cuja consolidação muito ficou devendo ao denodo de Paulo de Sá, no INT do Rio de Janeiro, e de Ary Torres, no IPT de São de Paulo.

É notável a dimensão que, com justiça, foi assumida por tal entidade, a ponto de ter se tornado árdua a missão de reformular um preceito por ela preconizado, o qual, depois de homologado, passa a desempenhar o papel de verdadeira fortaleza inexpugnável.

Nenhum órgão oficial aceitará, malgrado a apresentação do mais forte argumento que seja, qualquer "contravenção" a um dispositivo da ABNT.

É fácil de se entender, no entanto, que diferente não poderia ser, pois a Sociedade não deve aceitar a introdução de algo cujo comportamento não se compreenda com profundidade, pelo que se torna indispensável levar à exaustão a pesquisa de modelos e técnicas do emprego dos materiais "não convencionais", e, dessa maneira, deve aquela forçar o incremento permanente do acervo de conhecimentos práticos e justificativas teóricas indispensáveis à modificação de qualquer norma "mutiladora".

Tem-se na laterita, a propósito, o exemplo típico do material cujas propriedades freqüentemente não se enquadram nos dispositivos estabelecidos pelas normas vigentes, embora venham se acumulando evidências de que tal fato, devido a peculiaridades inerentes à sua gênese tropical, de forma sistemática não corresponde a mau desempenho da mesma. O mecanismo da sua origem tem sido longamente discutido,

não havendo dúvidas, no entanto, de que a lixiviação faz parte de tal processo, pois tais materiais se desenvolvem onde os solos são bem drenados e onde há forte precipitação pluviométrica. Para além disso, as provas geológicas apresentam-se insuficientes e os dados químicos são incompletos, de maneira que é muito grande o campo para investigações. A hipótese mais notável, parece, é aquela segundo a qual a climatização tropical não difere essencialmente da climatização das regiões temperadas, sendo ela, apenas, mais completa. Em outras palavras: os minerais argilosos não são verdadeiramente produtos finais da climatização, mas são substâncias metastáveis formadas como substâncias intermediárias durante a lenta decomposição dos minerais alumino-silicosos dos seus óxidos. Todas as reações de climatização se processam mais rapidamente nos trópicos devido à temperatura mais alta e, nas áreas onde as condições de precipitação pluviométrica e de topografia são particularmente favoráveis para uma lixiviação completa, as reações podem ultrapassar o estágio do mineral argiloso.

Analisando-se através de outro prisma pode-se argumentar, ainda a propósito da laterita, que, se em diversas regiões dos estados do Norte e Nordeste é rara a formação rochosa de origem ígnea, principal fonte dos agregados convencionais, é precisamente em tais regiões onde ocorre a abundância de pedras lateríticas, o que, acrescentando-se ao já exposto, faz do conhecimento profundo das características e comportamento desse material o objetivo de um grande número de pesquisas, indispensáveis aos ajustes das normas em vigor relativas a agregados graúdos de concreto.

I-II OBJETIVOS

Esta pesquisa tem o propósito básico de analisar algumas das características do concreto confeccionado com o agregado laterítico, sem as prévias lavagem e saturação e, assim, reconstituir o emprego da mesma no dia-a-dia dos canteiros de obras. O concreto confeccionado com o agregado granítico, cujas características fundamentais, bastante conhecidas, respondem pelo bom desempenho daquele material em obras de engenharia, tem as suas propriedades tomadas como referência.

A constatação de que a cura ativa é interrompida, no canteiro, quase sempre bem antes de ocorrer o máximo possível de hidratação do cimento empregado no concreto, induziu a verificação da resistência mecânica do mesmo quando curado não só pelo método clássico da imersão, como também sob efeito da exclusiva ação da umidade do meio ambiente.

Por outro lado, o procedimento habitual de se estabelecer a resistência à flexão através de índices obtidos a partir da resistência à compressão simples foi a razão de se estender o presente estudo à verificação das correlações tensão à compressão simples/tensão à tração por compressão diametral. Tais correlações, já consagradas para o concreto convencional, muito possivelmente não se estendem ao concreto laterítico, dadas as peculiaridades da aderência pasta-agregado originadas da elevada porosidade dos agregados graúdos (lateritas) nele empregados.

A influência das características da laterita na consistência dos concretos em que dela se tenha feito uso é analisada através dos ensaios clássicos de abatimento.

Tudo isto posto, considerou-se como meta básica da presente dissertação trazer à luz subsídios que contribuam para o esclarecimento de algumas das propriedades dos concretos, especificamente dos concretos lateríticos cujos agregados graúdos não sejam previamente lavados e saturados, relacionadas aos seguintes campos de pesquisa:

- influência da gênese dos agregados na variação de resistência dos concretos;
- alteração da resistência dos concretos lateríticos curados sob efeito exclusivo da umidade do meio ambiente;

- avaliação da provável redução da fluidez do concreto laterítico em face da elevada absorção provocada pela não saturação prévia dos seus agregados graúdos;
- participação da "autodessecação" nos concretos confeccionados a partir de diferentes fatores água-cimento;
- verificação do eventual aumento da aderência das argamassas aos agregados lateríticos.

Uma revisão bibliográfica, direcionada a fornecer subsídios teóricos necessários à condução dos trabalhos e interpretação dos resultados obtidos, se constituirá no escopo do capítulo II, enquanto a descrição dos materiais utilizados e da metodologia empregada, conteúdo do capítulo III, indicarão os parâmetros fundamentais que disciplinarão a manipulação dos agregados e aglomerantes, as propriedades dos mesmos, e, ainda, as características dos equipamentos necessários à execução dos ensaios.

No capítulo IV, os resultados catalogados se constituirão na fonte básica das interpretações que serão levadas a efeito a partir dos modelos teóricos disponíveis e/ou propostos.

No capítulo V, sob o título de "Considerações Finais", serão propostos enunciados a partir dos resultados obtidos e serão sugeridos itens para futuras dissertações de Mestrado, as quais tentarão preencher as lacunas que, com certeza, estarão presentes quando do término desta pesquisa.

Um acompanhamento esclorométrico será levado a efeito como subsídio complementar aos resultados obtidos a partir dos ensaios destrutivos.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTOS DOS ESTUDOS E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A resistência mecânica do concreto está fundamentalmente relacionada com a resistência mecânica da sua argamassa e, apesar de a pesquisa bibliográfica, de um modo geral, ratificar tal conceito básico, procurou-se, neste trabalho, dirigi-la a alguns parâmetros estreitamente relacionados com as peculiaridades da laterita, que, pelo menos de forma secundária, podem exercer influência naquela referida propriedade.

A consistência e a trabalhabilidade, fenômenos distintos e não raras vezes confundidos, são analisadas, de forma detalhada, pelo fato de estarem bastante relacionadas com propriedades básicas do agregado laterítico.

A cura, um dos itens básicos desta dissertação, e a esclerometria são, também, enfocadas na presente revisão, da mesma forma que alguns dos preceitos das Normas, os quais, ao se constituírem em objeto de contestação, chegam a ser questionados.

A diretriz básica desta revisão bibliográfica é, portanto, direcionada à apresentação e discussão do pensamento dos pesquisadores a respeito dos vários assuntos tratados no presente estudo e, ao final das mesmas, pretende-se ter indicado os fundamentos básicos desta dissertação de Mestrado, a qual, a par dos resultados práticos obtidos, considerou válida, dentro de certos limites, as leis de Abrams e de Lyse e admitiu ser desnecessária resistência do agregado gráudo muito superior àquela prevista para o concreto, preconizando, dessa maneira, o alargamento da gama dos agregados gráudos utilizáveis em concretos, os quais, de forma conservadora, vêm se mantendo mais ou menos restritos aos chamados agregados "convencionais."

Isto posto, apresentam-se os "Fundamentos" desta pesquisa:

II.1 PARTICIPAÇÃO DOS AGREGADOS GRAÚDOS NA RESISTÊNCIA DOS CONCRETOS

Algumas das propriedades básicas do agregado gráudo a ser empregado em

concreto encontram-se, na literatura técnica, evidenciadas de forma bem explícita (estabilidade química, não lamelaridade...), enquanto alguns autores e/ou especificações, ora sutilmente, ora de forma mais incisiva, tendem a refutar aqueles cujas características não respondam por elevadas resistências mecânicas. Neste sentido, há os que privilegiam os agregados provenientes de rochas graníticas, basálticas e quartzozas, como se depreende dos extratos abaixo transcritos e comentados:

PIANCA (1967) afirma:

“A brita e o pedregulho constituem o agregado graúdo que se emprega na confecção dos concretos”.

... “a brita e o pedregulho devem provir de rochas duras como o granito, o basalto, o diabase, o pórfiro e o quartzito. Algumas variedades de grés são de boa qualidade e outras inaproveitáveis”

Sobre “grés”, GUERRA (1989) diz:

“O grés é a denominação usada em português, por certos autores, utilizando-se do termo francês “grès”.

...“uma nota infrapaginal da ‘Geologia Elementar’ de BRANNER diz ter sido o Dr. Antônio Barros Barreto quem propôs o termo arenito para o equivalente francês grès.”

Ainda PIANCA (1967) numa “concessão” ao calcário, afirma:

“O calcário, quando proveniente de rochas compactas, não friáveis, é um bom material”.

PETRUCCI (1968), de forma conclusiva, assim se pronuncia:

“As britas, no Brasil, são obtidas principalmente pela trituração mecânica de rochas de granito, basalto e gnaisse”.

Tolera outras procedências, assim afirmando:

“Admitem-se, por motivos econômicos de emprego, britas provenientes de outras rochas, como diorito, gabro, diabase, calcário, quartzito e arenito”.

VERÇOSA (1987), apesar da citação sutil à influência do fator água-cimento, conceitualmente não se exprime de maneira diferente da de PIANCA (1967) e da de PETRUCCI (1968) ao asseverar:

“O fato de se empregar seixo ou brita, de um modo geral e nos casos mais comuns, não apresenta diferença nos resultados. Na realidade, a diferença apresentada pela qualidade da pedra é muito mais importante que o emprego da brita ou seixo, uma vez que a água seja dosada de acordo com o material.

E já por isso o agregado graúdo deve provir de pedras duras como o granito, basalto, diabase, pórfiro ou quartzo”.

ALVES (1978), de forma mais flexível, apresenta a relação, abaixo transcrita, das rochas por ele consideradas como as que mais comumente se destinam à obtenção dos agregados:

Tabela 2.1

Propriedades das rochas comumente empregadas
na obtenção de agregados

ROCHA	PROPRIEDADES			
	Peso específico (kg/m ³)	Absorção de água	Resistência à compressão (kgf/cm ²)	Resistência ao intemperismo
granito	2.650	0,5%	1.500	boa
gnaisse	2.650	muito variável	1.200	boa
quartzito	2.500	1,0%	2.000	ótima
sienito	2.800	0,5%	1.500	boa
diorito	2.800	0,5%	1.500	regular
basalto	3.000	1,0%	2.000	boa
calcário	variável	muito variável	variável	boa

Na relação apresentada pelo citado autor é digna de comentário a classificação "ótima", quanto ao intemperismo, que o mesmo apresenta para o quartzito. É de se admitir que a referência seja ao quartzito proveniente do metamorfismo do arenito cujos grãos de areia se aglomeram através de um cimento silicoso e não calcário ou argiloso.

A propósito, GUERRA (1989), no seu "Dicionário de Mineralogia", assim se exprime:

"Os arenitos de cimento silicoso são mais resistentes à erosão que os de cimento calcário ou argiloso."

NEVILLE (1982), desta forma se pronuncia:

"Visto que pelo menos três quartas partes do volume do concreto são ocupados pelos agregados, não deve surpreender que a sua qualidade seja de considerável importância."

... "o agregado não só pode limitar a resistência do concreto - porque com um agregado fraco não se pode obter um concreto resistente -, mas também exercer considerável influência sobre a durabilidade e desempenho estrutural do mesmo."

A evidente cautela de NEVILLE (1982) pode dar a entender que o mesmo atribua participação decisiva dos agregados na resistência do concreto, embora a ausência de citação específica à gênese destes possibilite admitir-se que ele esteja apenas enfatizando a óbvia obrigatoriedade de os agregados se enquadrarem nas condições mínimas impostas pela destinação dada àquele (concreto). Considerações posteriores do autor, transcritas em outros itens, fortalecem tal interpretação.

PATTON (1978), apesar de enfatizar as características individualizadas do agregado graúdo, evidencia que não é este o material que responde preponderantemente pela resistência dos concretos comuns, os quais são conceituados pelo citado autor como aqueles em que "cerca de 75% do volume da mistura é ocupado pelo agregado."

A propósito, é desta forma que se pronuncia o referido pesquisador:

“Os agregados (graúdos) nos concretos comuns devem ser duros, resistentes e de formato adequado. Pedras angulosas e de cantos vivos requerem maior quantidade de cimento e material fino para que o concreto resultante seja bom. Pedras lamelares podem, além disso, acumular água ou formar vazios sob suas superfícies planas.

Os tipos de materiais prejudiciais que podem ser encontrados nos agregados são:

1. partículas fracas ou friáveis, como certos xistos ou sulfetos de ferro;
2. partículas cobertas com materiais que impeçam a necessária aderência de pasta;
3. impurezas que venham a interferir na hidratação do cimento.”

“O cimento é o material que liga entre si os aglomerados no concreto. Entre os materiais empregados como agregados estão o cascalho, a areia, a pedra britada, a escória moída e minerais piroexpandidos, como a perlita, a vermiculita e argilas. Embora a resistência de um concreto seja determinada principalmente pela resistência do cimento, um agregado fraco como a vermiculita não pode produzir um concreto altamente resistente. É evidente que nenhum concreto poderá apresentar uma resistência à compressão maior do que a do seu agregado. A resistência à compressão da maioria dos agregados, contudo, excede de longe a da maioria dos concretos.”

Ainda PATTON (1978):

“A resistência insuficiente dos agregados representa um caso limite de como as propriedades dos agregados têm influência sobre a resistência do concreto, mesmo que o agregado seja bastante resistente para não se romper antes do concreto. Se se compararem concretos preparados com vários agregados, pode-se observar que a influência sobre a resistência do concreto quantitativamente é a mesma, independentemente das proporções das misturas, quer se trate de resistência à compressão ou à tração. É possível que a influência do agregado sobre a resistência do concreto seja devida não somente à resistência mecânica do agregado, mas também, de maneira apreciável, às características de absorção e aderência.”

SOBRAL (1983) admite, também, que a influência da resistência do agregado deve ser considerada nos casos limites em que estes são classificados de 'fracos', conforme o extrato transcrito a seguir:

"De um modo geral, para a mesma relação água /cimento, o concreto feito com agregado leve é mais fraco do que o feito com agregado normal. Esta diferença pode ser atribuída à menor resistência do agregado leve, que apresenta uma propagação de fissuras muito maior através do agregado que no concreto comum. Este modo de ruptura explica a existência de uma resistência limitada no agregado leve, a qual não aumentará com a redução da relação água/cimento. O mesmo fenômeno ocorre com os concretos preparados com agregados pouco resistentes".

O fator água/cimento aludido por SOBRAL (1983) será objeto de análise detalhada nas considerações relativas à lei de Abrams.

II-2 INFLUÊNCIA DO MATERIAL PULVERULENTO E DA POROSIDADE DOS AGREGADOS GRAÚDOS NA RESISTÊNCIA DOS CONCRETOS

Ao longo deste item será colocado em discussão o eventual comprometimento da aderência da argamassa ao agregado graúdo decorrente tanto da presença do material pulverulento como da não saturação prévia do agregado que apresente alta porosidade. (Outros aspectos da aderência são analisados no item II-3-2)

A propósito, é significativo o número de pesquisas em que se tem empregado a laterita como agregado graúdo do concreto de cimento portland e, segundo pode ser constatado, tem sido grande a preocupação dos estudiosos em reduzir o elevado percentual de material pulverulento e minimizar a alta porosidade inerentes ao citado mineral. É lícito imaginar, portanto, que seja generalizada a prática de prévias lavagem e saturação das concreções lateríticas utilizadas com aquela finalidade, o que levou às análises a seguir apresentadas.

II-2-1 Análises Concernentes ao Material Pulverulento:

COSTA (1983) diz:

"O teor de materiais pulverulentos é a quantidade de materiais, silte+argila, em forma de pó. Esses materiais apresentam-se envolvendo os grãos dos agregados, contribuindo de maneira nociva nas propriedades dos concretos frescos e endurecidos. Nos concretos frescos, modificam a sua consistência, enquanto que, nos concretos endurecidos, a sua influência é bastante nociva, prejudicando a resistência do concreto, devido à diminuição da aderência agregado+pasta+agregado."

COSTA (1983)

..."experimentalmente foi observado, por diversos autores, que as lateritas apresentam, normalmente, teor de materiais pulverulentos superior aos limites impostos pela especificação".

..."os resultados mostram a necessidade de um prévio beneficiamento destas concreções".

"O beneficiamento consiste basicamente em submeter a laterita à lavagem."

AZEVEDO (1983), em seu trabalho "A Laterita Acreana Utilizada como Agregado Graúdo no Concreto", recomenda que a laterita, antes de ser utilizada no concreto, passe por um beneficiamento de lavagem para que se diminua a alta percentagem de material pulverulento que recobre os grãos da mesma.

O referido pesquisador indica, após o peneiramento, a colocação da laterita na betoneira equipada de uma peneira cilíndrica de malha de 4,8mm, seguida de lavagem com jatos de água, durante seis minutos, processando-se, a cada três minutos, a troca de água. Terminada a lavagem do material, recomenda Azevedo o espalhamento deste sobre um encerado plástico para que venha a secar sob efeito do calor natural.

COSTA e LUCENA (1987), no estudo "Utilização de um Solo Laterítico Concrecionado na Fabricação do Concreto de Cimento Portland" indicaram a

possibilidade da utilização do material laterítico em peças de concreto de cimento Portland, desde que os mesmos fossem dimensionados para uma resistência característica da ordem de 11 MPa e passassem pelo processo de peneiramento com lavagem e, posteriormente, fossem secos ao ar. (SSS, portanto)

SOUTO (1980), em seu trabalho "Estudo sobre Características do Concreto Laterítico: Propriedades e Metodologia", recomendou a lavagem das concreções lateríticas em água corrente durante dois minutos e, para evitar correções do fator água-cimento, que fossem as mesmas submersas durante 24 horas antes da preparação da mistura, e depois secas ao ar livre (utilizadas saturadas com a superfície seca, portanto).

CALDEIRA (1985) em seu estudo "Uso da Laterita para Concreto", pesquisando quatro dosagens executadas pelo método IPT, submeteu a laterita, antes do seu emprego na confecção dos concretos, à imersão total em água por um período de 24 horas, seguida de espalhamento sobre um estrado de madeira telado, para escoamento da água em excesso, com a superfície exposta protegida por estopa úmida coberta com plástico, desenvolvendo-se, esta última operação, ao longo de desesseis horas.

Meia hora antes da sua utilização, através de batidas leves, espaçadas de intervalos de dez minutos, aplicadas do lado externo da tela, procedeu aquele autor o escoamento da lâmina d'água formada entre o agregado e a tela, após o que foi o mesmo utilizado na confecção dos traços.

ASSIS (1992), em sua dissertação de mestrado, recomenda a lavagem dos agregados lateríticos e calcários, "por apresentarem quantidade de material pulveruiento, como também material fino aderido."

..."com o término da lavagem o material foi novamente peneirado, devido ao fato de haver quebra de grãos com os contatos agregado/agregado e agregado/betoneira, durante a rotação."

EDMILSON (1990), no caso dos concretos confeccionados com concreções lateríticas e calcárias, colocou água adicional, "de modo a dar a esses concretos a

mesma consistência obtida pelo concreto granítico estudado."

"Essas correções correspondem às absorções obtidas pelos agregados laterítico e calcário (3,84% e 5,22%) no tempo de 25 min, tempo esse necessário para transporte e lançamento nos corpos-de-prova de concreto em cada betonada."

PETRUCCI (1968) afirma:

"O efeito real da argila depende, muito especialmente, da maneira como se apresenta e da proporção de vazios da areia. Depende, também, da perfeição da operação de mistura e da quantidade de água de amassamento, utilizada na argamassa ou concreto."

A argila, reduzida a pó muito fino, contribui para preencher os vazios da areia e influi para que o cimento envolva melhor os grãos de areia, ligando-os mais fortemente entre si".

"Se a argila forma uma película envolvendo cada grão e não se separa durante a mistura, sua ação é altamente prejudicial, ainda que se encontre em pequena proporção. A argila pode ser eliminada por lavagem. A operação de lavagem, entretanto, pode aumentar ou diminuir a capacidade da areia de produzir uma boa argamassa. Se, por um lado, a água pode eliminar as impurezas, aumentando então a resistência da argamassa, por outro, com a lavagem, podem ser arrastados os grãos mais finos da areia, aumentando o índice de vazios, o que resultará em menor resistência da argamassa".

..."o material pulverulento (argilas e siltes) tem dois inconvenientes principais: recobrando os grãos do agregado, prejudicam a aderência; por outro lado, tendo grande superfície específica, exigem água em demasia na aplicação, aumentando, assim, o fator água-cimento, acarretando perda de resistência dos concretos".

"Conclui-se, portanto, que para verificar se a argila se apresenta no agregado sob uma forma prejudicial e se deverá ou não ser feita uma lavagem do material, impõe-se a realização de ensaios comparativos prévios".

VERÇOSA (1987) afirma que "o efeito da presença da argila em um agregado

que se destina a ser utilizado em concreto depende, também, do modo como ela está distribuída. Para a resistência do concreto ela é muito mais nociva quando se encontra formando uma película tênue que cobre os grãos de areia, do que quando se acha uniformemente distribuída em toda a massa. No primeiro caso, a aderência entre a pasta e a areia fica reduzida, enquanto, no segundo, é, algumas vezes, até favorável."

"É pensando neste fato que ASTM-C-33 prevê, em certos casos, aumentar os limites de 3 para 5% e de 5 para 7% (concretos submetidos a desgaste superficial e outros concretos, respectivamente)."

NEVILLE, (1982) afirma que "películas muito aderentes, (aos agregados) se forem quimicamente estáveis não têm nenhum efeito nocivo: não há inconveniente no uso de agregados com essas películas, embora o fenômeno da retração possa ser intensificado."

De forma mais explícita, RIBAS (1985) admite que "a ação da argila (nos agregados) depende de certos fatores tais como: proporções de vazios do agregado, perfeição da mistura e quantidade de água usada na confecção de argamassas e concretos."

"Se a argila envolve os grãos do agregado, formando uma película que não se separa durante a mistura, ela é altamente prejudicial, ainda que esteja em pequena quantidade."

Para O'FLAHERTY (1967), "ao estabilizarem-se solos de granulometria fina com cimento, a cimentação torna-se uma combinação de ligação mecânica e química entre o cimento e as partículas de solo. Os incrementos de silte e argila em um solo dão maior oportunidade para as adições das reações químicas".

Segundo SANTANA (1976), "os finos dos solos lateríticos têm propriedades cimentícias. Um solo laterítico pode apresentar alta fração passando na peneira número 200 e ter bom comportamento".

II-2-2 Análises Concernentes à Porosidade dos Agregados:

Deve-se ter em mente que neste item faz-se referência ao efeito da porosidade conceituada por PETRUCCI (1975) como porosidade "aparente", por NEVILLE (1982) como porosidade "relativa aos poros permeáveis", e por GONZALEZ (1978) como porosidade "relativa."

Neste sentido, assim se referem os citados estudiosos:

PETRUCCI (1975): " - Existem duas porosidades: a aparente e a real; a primeira considera os poros abertos, que absorvem água; a segunda leva em consideração todos, abertos e fechados. A porosidade é de difícil determinação. Em geral mede-se a porosidade aparente".

...“a porosidade influi nas propriedades (principalmente físicas) da argila. A absorção da água ou outro fluido está na razão direta da porosidade. Absorve mais rapidamente a massa que tem poros médios; nos poros pequenos, cheios de ar, é difícil determinar este último (ar)”.

NEVILLE (1982)

...“ o agregado geralmente tem poros permeáveis e impermeáveis. Alguns dos poros dos agregados estão completamente encerrados dentro do sólido (poros impermeáveis); outros se abrem para a superfície das partículas (permeáveis).”

Conforme já foi dito as definições dadas por PETRUCCI (1975), às porosidades “aparente” e “real” correspondem às definições dadas por NEVILLE (1982), respectivamente, às “porosidade relativa aos poros permeáveis” e “porosidade relativa aos poros impermeáveis”.

Ainda NEVILLE (1982), ao se referir à porosidade dos agregados:

“Como o agregado geralmente tem poros "permeáveis" e "impermeáveis", o significado da expressão massa específica deve ser cuidadosamente definido, e

existem, na realidade, diversos tipos de massas específicas.”

GONZALEZ (1978) introduz o conceito de porosidades “absoluta” e “relativa” a partir das definições de “vazios acessíveis” e “vazios inacessíveis.”

Isto posto, diz o autor:

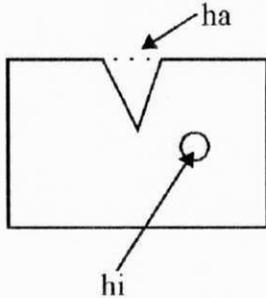


Figura 1

Representação dos vazios acessíveis e inacessíveis das rochas

h_a : vazios acessíveis, também chamados abertos, são os que estão em comunicação com o ar exterior à rocha.

h_i : vazios inacessíveis, também chamados fechados, são os que não estão em comunicação com o ar exterior à rocha.

vazio = poro

$$h = h_a + h_i$$

V_r = volume real = volume ocupado pela rocha sem contar o ar que encerra $V - h_a - h_i = V - h$

V = volume aparente = volume de água deslocada pela rocha supostamente coberta por uma membrana infinitamente fina. $V = abc$ (se o corpo de prova for paralelepipedal retangular e a , b e c forem suas arestas.)

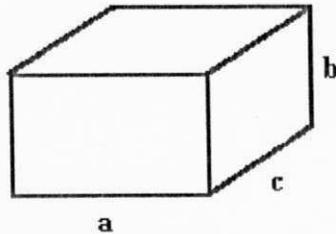


Figura 2

Representação dos volumes real e aparente das rochas

Ainda GONZALEZ (1978)

“Porosidades:

Antes de defini-las, digamos que quando aparecer em qualquer tipo de porosidade a palavra absoluta, temos de fazer valer os vazios totais (acessíveis e inacessíveis), e quando aparecer a palavra relativa, consideram-se somente os vazios acessíveis

Porosidade = volume de vazios / volume aparente

Pa (porosidade absoluta) = $h/V = (h_a + h_i)/V$

Pr (porosidade relativa) = h_a/V ."

O termo "rocha" referido por GONZALEZ (1978) não tem caráter restritivo quanto às dimensões consideradas, razão porque podem ser estendidos a "agregados" (que nada mais são que a rocha com dimensões reduzidas), os conceitos de "porosidades" por ele atribuídos às "rochas."

ANDRIOLO (1984) afirma:

"Se o agregado estiver completamente seco, ao ser misturado (betonado) para produção do concreto, como possui poros, irá absorver água da mistura e isto acarretará, entre outras coisas, a perda da trabalhabilidade."

"Tendo em vista essa situação, é comum, na tecnologia do concreto, trabalhar-se com a massa específica na condição saturada com superfície seca (SSS)."

"Quando todos os poros do agregado estiverem preenchidos (poros permeáveis), diz-se que está na condição de saturado com superfície seca. Caso o agregado, nessas condições, permaneça exposto ao ar, uma certa quantidade de água poderá evaporar e o agregado passará para a situação de seco ao ar e, colocando-se o agregado em estufa, ele se tornará completamente seco."

"Caso o agregado seja betonado na condição seca, assume-se que uma certa quantidade de água será absorvida, para trazer o agregado à condição SSS. Essa água não deverá ser considerada como água efetiva da mistura."

"É possível, entretanto, que mesmo quando o agregado estiver seco, o fato de as partículas serem rapidamente cobertas pela pasta de cimento impeça a penetração total da água de absorção do agregado. Como a quantidade de água absorvida após certo período sofre poucas alterações, é comum se determinar a quantidade de água absorvida durante aproximadamente duas ou três horas, em lugar da absorção total, o

que dificilmente será obtido, praticamente, pelo agregado envolvido pela pasta."

NEVILLE (1982)

"As determinações necessárias para o concreto se referem, geralmente, ao agregado saturado e seco superficialmente porque a água contida em todos os poros dos agregados geralmente não participa das reações químicas do cimento e pode, portanto, ser considerada como parte do agregado."

"Os poros dos agregados variam muito em tamanho, sendo que os maiores podem ser vistos ao microscópio ou mesmo a olho nu, mas mesmo os poros menores são, em geral, maiores do que os poros de gel da pasta de cimento."

"A pasta de cimento, devido à viscosidade, não consegue penetrar até uma profundidade grande, senão nos poros maiores, de forma que o volume bruto da partícula é considerado sólido para fins de determinação da quantidade de agregado no concreto."

"Quando todos os poros estão cheios de água, se diz que o agregado está saturado e seco superficialmente: se, nesta condição, o agregado é deixado exposto ao ar seco, por exemplo, no laboratório, parte da água dos poros se evapora e o agregado ficará parcialmente saturado, isto é, seco ao ar. A secagem prolongada em estufa poderá chegar até o ponto que em não reste nenhum vestígio de umidade no agregado."

"Embora não haja uma correlação bem definida entre a resistência do concreto e absorção de água do agregado, os poros de superfície das partículas afetam a aderência entre o agregado e a pasta de cimento, e podem, portanto, exercer alguma influência sobre a resistência do concreto."

"Normalmente, supõe-se que, na pega do concreto, o agregado esteja saturado e seco superficialmente. Admite-se que se o agregado for utilizado seco, uma quantidade de água da mistura seja suficiente para levá-lo à condição saturada, e esta quantidade de água não estará mais fazendo parte da água de amassamento. Também é possível que o agregado sendo utilizado seco as partículas fiquem imediatamente cobertas de pasta de cimento que impede a entrada de água necessária para

saturação do agregado. Isto se aplica, especialmente, ao agregado graúdo, em que a água tem que se deslocar da superfície até o interior das partículas. Isso resulta em que a relação água-cimento se torna, efetivamente, maior do que fosse possível a total absorção de água pelo agregado. Este efeito é significativo, principalmente no caso de misturas ricas onde o cobrimento do agregado se faz bem rapidamente; nas misturas pobres, com muita água, a saturação dos agregados se efetua normalmente."

"Na prática, o comportamento real da mistura é influenciado também pela ordem de colocação dos componentes na betoneira."

"A absorção de água pelos agregados também pode resultar em perda da trabalhabilidade com o tempo, mas depois de 15 minutos essa perda é pequena porque a absorção da água pelo agregado se torna mais lenta ou cessa completamente devido ao cobrimento das partículas com pasta de cimento; é bastante, geralmente, determinar a quantidade de água absorvida, em dez a trinta minutos, pois nunca chega a ocorrer a absorção total de água."

RIBAS (1985) afirma:

"As propriedades porosidade, permeabilidade e absorção influem grandemente na propriedade química, na influência mecânica, na elasticidade, na massa específica dos grãos e na aderência entre aglomerante e o grão."

"No caso de se dosar concretos com agregados completamente secos, deve-se levar em conta a água absorvida por eles, somando-se à água necessária ao traço."

"A eliminação do poder de absorção de um agregado se dá nos primeiros 15 a 30 minutos de imersão em água."

II-3 INFLUÊNCIA DA PASTA NA RESISTÊNCIA DOS CONCRETOS

II-3-1 Lei de Abrams

Observa-se que alguns autores anunciam a lei de Abrams minimizando, ou mesmo excluindo, a influência dos agregados na resistência mecânica dos concretos, enquanto a maioria, ora deixa em aberto a interpretação para considerá-la, ora faz

referência explícita à gênese ao agregado, deixando obscura a fronteira entre a influência do fator água/cimento e a resistência individual do agregado graúdo.

CARDÃO (1979) é um dos "representantes" daqueles que dão um caráter quase que absoluto à lei de Abrams, e afirma:

"Elemento de efeito decisivo na resistência dos concretos é o volume de água. A sua importância foi evidenciada pelos ensaios feitos em diversos países, chegando-se à conclusão de que a resistência dos concretos varia na razão inversa do volume de água empregado na sua confecção."

"Foi o americano Abrams quem estudou a questão de modo mais completo".

"Segundo as suas conclusões, a resistência à compressão dos concretos, feitos com o mesmo cimento não depende do traço nem da natureza do agregado e sim apenas da relação entre a quantidade de água e a quantidade de cimento".

GIAMMUSSO (1992) admite, também, o enfoque irrestrito do enunciado de Abrams e assim de pronuncia:

"Quanto menor a relação água-cimento em massa menor será a porosidade da pasta formada e, portanto, maior será a sua resistência. Desse fator depende ainda a aderência pasta-agregado, que também tem influência na resistência do concreto. A relação entre a resistência, f_c , e a relação água-cimento, x , foi estudada por Abrams e pode ser representada pela seguinte expressão:

$$f_c = \frac{A}{B^x}$$

, sendo A e B duas constantes que dependem do cimento e do grau de hidratação"

De forma mais restrita, admitindo a possibilidade da intervenção de outros parâmetros, PETRUCCI (1968) apresenta os seguintes comentários e enunciado da lei de Abrams:

"Duff Abrams, ensaiando 50.000 corpos de prova no Lewis Institute de

Chicago, em 1908, enunciou a seguinte lei que leva o seu nome:

'Dentro do campo dos concreto plásticos, a resistência aos esforços mecânicos, bem como as demais propriedades do concreto endurecido, variam na razão inversa do fator água-cimento'."

"Esse fator água-cimento era originalmente expresso por Abrams como a relação entre o volume de água e o volume absoluto do cimento empregado.

Hoje, este fator é sempre expresso pela relação, em peso, das quantidades de água e cimento. Desde que os meios de colocação do concreto na obra sejam adequados, a lei de Abrams pode ser estendida aos concretos secos, com trabalhabilidade própria para adensamento vibratório."

BAUER (1987) anuncia a lei de Abrams, em seguida apresenta o método de dosagem do Prof. Ary Torres e, nas suas conclusões, mostra-se cauteloso no que se refere à fixação do fator água-cimento como elemento decisivo na resistência mecânica do concreto, explicitando o caráter probabilístico do mesmo.

Eis o que diz o referido pesquisador:

"Em 1918 Abrams propõe uma modificação na fórmula apresentada por Fuller e Feret fornecendo nova expressão para determinação da resistência em função da água e do cimento:

, onde x = fator água - cimento

$$R = \frac{A}{B^x}$$

A = valor de ordem de 1.000

B = número variável com a idade e qualidade do aglomerante."

"A dosagem preconizada (por Ary Torres) leva em conta duas etapas (será transcrita a 1a. que vai ao encontro do assunto ora abordado).

1ª) escolher a relação água-cimento que, para um dado cimento e determinadas condições de cura e idade, possa produzir pasta que satisfaça as exigências requeridas para a estrutura em vista, no que se refere à resistência mecânica (ou outras propriedades que interessam); o valor assim fixado não deve,

porém, exceder o limite recomendado pela prática, tendo em vista o mínimo de qualidade compatível com as condições de exposição da obra.'

Retomando a "palavra", conclui BAUER (1987):

"Os passos a serem seguidos dentro deste método de dosagem (Ary Torres) são:

1º) determinação da tensão de dosagem;

2º) fixação do fator a/c que provavelmente poderá satisfazer as condições de resistência."

RIBAS (1985), ao reprovar a tendência de se adequar a trabalhabilidade dos concretos aumentando o fator água-cimento, admite a validade da lei de Abrams, a qual é por ela enunciada e interpretada.

A propósito do assunto, assim se expressa a autora:

..."A resistência mecânica é a principal propriedade dos concretos."

..."a maioria dos defeitos na resistência mecânica do concreto tem a sua causa no excesso de água colocado a fim de facilitar o amassamento."

..."A relação entre a resistência e a relação água-cimento foram definidos por diversos pesquisadores, entre os quais podemos citar Abrams (1919).

$f_c = \frac{A}{B^x}$, onde A e B são constantes determinadas experimentalmente."

"A influência da relação água-cimento é representada pela quantidade de água não necessária à hidratação do cimento e que irá evaporar, deixando vazios no interior, os quais serão diretamente responsáveis pela queda da resistência".

"Em condições extremas (relação água-cimento muito altas e muito baixas) a lei de correlação entre a resistência e a relação água-cimento não é válida, provavelmente pelo excesso de retração que provoca fissuração".

Quanto à observação da autora relativa ao excesso de fissuração, seria conveniente que a mesma fizesse referência à correlação de tal fenômeno com o consumo de cimento.

VERÇOSA (1987) procura apresentar a lei de Abrams a partir de dados experimentais e comentários adicionais, abaixo transcritos.

"A experiência demonstrou que, se forem mantidas constantes qualidades do cimento areia, brita e o traço, variando apenas a quantidade de água, se obterão os seguintes resultados médios:

Quadro 2.1

Dados experimentais da lei de Abrams

Fator água/cimento	Litros de água por saco de cimento (50 kg)	Resistência aos 28 dias (MPa).
0,48	24	30,0
0,54	27	25,0
0,60	30	20,0
0,65	32,5	17,5
0,70	35	15,0

"Pelo quadro se vê que o acréscimo de apenas um balde de água por saco de 50kg (1 balde equivale a mais ou menos 10 litros) reduz sua resistência à metade."

"O estudo da influência da água tem em Duff Abrams seu expoente, que enunciou a chamada lei de Abrams: 'Dentro do campo dos concretos plásticos, a

resistência aos esforços mecânicos, bem como as demais propriedades do concreto endurecido, variam na razão inversa do fator água-cimento'."

"Expressou sua lei na forma de equação logarítmica, da qual se pode obter as curvas de Abrams, registrando a queda de resistência em função da água."

"Do exposto se observa que há uma queda acentuada quando vai aumentando a quantidade de água. Assim sendo, é de máximo interesse o reduzir a quantidade de água no concreto; teoricamente, o fator água-cimento deveria ser mínimo. Na prática, há limites que não se consegue ultrapassar sem prejudicar a trabalhabilidade. O fator mínimo seria 0,38, mas normalmente se adota, para adensamento vibratório, f. a. c. em torno de 0,45 e, para adensamento manual, em torno de 0,55. Para concreto aparente o fator água-cimento deverá ser mais elevado, entre 0,55 e 0,60, para dar melhor aparência. Para obras em meio agressivo deverá ser menor que 0,45".

ANDRIOLO (1984) dá um caráter totalmente empírico à determinação do fator água-cimento, deixando de fazer referência explícita a qualquer "lei" que possa reger a resistência do concreto. Admite, entretanto a influência da dimensão máxima do agregado graúdo.

O citado pesquisador, sobre o assunto, assim se pronuncia:

"A relação água-cimento é definida como sendo a relação entre a quantidade de água - excluindo-se a água necessária para a absorção dos agregados- e a quantidade de aglomerante no concreto ou argamassa. De preferência é expresso em massa".

"A relação água-cimento é escolhida com base na durabilidade e resistência indicadas para a estrutura."

"A máxima relação água-cimento para fornecer uma determinada resistência poderá ser determinada através da moldagem e ensaio de corpos-de-prova, porém a figura 3.3 (reproduzida a seguir como "quadro 2.2") fornece valores orientativos.

Quadro 2.2

Correlação entre fator água/cimento, "diâmetro máximo" e resistência mecânica dos concretos

A/C ou A/C ef	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL SIMPLES À IDADE DE 28 DIAS (MPa) CILINDROS com Diâmetro de 15 X 30 cm (AGREGADO NATURAL).			
	"Diâmetro Máximo (mm)"			
	19	38	76	152
0,40	37-33	36-32	33-30	32-30
0,50	31-28	30-27	27-24	26-23
0,60	24-22	23-22	22-20	21-20
0,70	18-16	17-15	16-14	15-13
0,80	12-10	12-10	11- 9	10- 8

"É conveniente lembrar que os valores indicados no quadro acima poderão ser úteis para um proporcionamento rápido, pois quando se dispõe de tempo e uma previsão de que misturas semelhantes serão usadas futuramente, como no caso de obras de grande porte, é prudente obter curvas de correlação das propriedades e das proporções. Essas curvas devem ser obtidas pelo menos por três pontos."

No item II-5 são levadas a efeito considerações a respeito da interferência do "diâmetro máximo" (dimensão máxima característica) na consistência dos concretos.

NEVILLE (1982) apresenta uma análise abrangente, porém comedida, que, no estágio de conhecimento atual, pode ser conclusiva, afirmando:

" Na prática considera-se a resistência do concreto a uma idade determinada, curado a uma temperatura estabelecida, dependente, fundamentalmente, de apenas dois fatores: a relação água-cimento e o grau de adensamento".

...“quando o concreto é plenamente adensado, admite-se que a sua resistência é inversamente proporcional à relação água-cimento, de acordo com a ‘lei’ estabelecida por Duff Abrams, em 1919. Este autor determinou a relação:

$$f_c = \frac{K_1}{K_2^{a/c}}$$

, onde f_c representa a resistência do concreto, a/c a relação água-cimento (originalmente em volume) e K_1 e K_2 , constantes empíricas.

”De tempos em tempos, critica-se a lei da relação água-cimento como não sendo suficientemente fundamental. Não obstante, na prática, a relação água-cimento é o principal fator da resistência de um concreto plenamente adensado”.

“Talvez a melhor afirmativa a respeito seja feita por Gilkey (...)

”Para um dado cimento e agregados aceitáveis, a resistência que pode ser atingida por uma mistura de cimento, agregado e água, trabalhável e devidamente aplicada (em iguais condições de mistura, cura e ensaio) é influenciada por:

- a) a relação entre o cimento e água de amassamento;
- b) a relação entre o cimento e o agregado;
- c) granulometria, textura superficial, forma, resistência e rigidez das partículas de agregado;
- d) tamanho máximo do agregado.

Pode-se dizer ainda que os fatores b e d são de menor importância do que o fator a no caso dos agregados usuais de tamanho máximo de até 40 mm’.

É interessante observar a maneira como PIANCA (1967) apresenta a lei de Abrams. O autor, inicialmente, enfatiza a participação de fatores diversos na resistência mecânica dos concretos e de forma discreta enuncia a referida lei, sem “assumi-la”.

Leia-se, a propósito, o que diz o referido pesquisador:

"A resistência dos concretos aos esforços de compressão, distensão, flexão e cisalhamento, depende, para um mesmo tipo, da qualidade e proporção dos componentes do amassamento, da temperatura, da cura e da idade."

"A natureza do agregado, areia, brita ou pedregulho, tem influência extraordinária na resistência dos concretos."

"A relação entre o volume do cimento e do agregado tem grande influência na resistência dos concretos".

Confirmando o comentário acima apresentado, pode-se confrontar o que disse o autor com o que o mesmo afirma posteriormente e que é abaixo transcrito:

"Elemento de efeito decisivo na resistência dos concretos é o volume de água. A sua importância foi evidenciada pelos ensaios feitos em diversos países, chegando-se à conclusão de que a resistência dos concretos varia na razão inversa do volume de água empregado na sua confecção."

"Foi o americano Abrams quem estudou a questão de modo mais completo. Segundo as suas conclusões, a resistência à compressão dos concretos feitos com o mesmo cimento não depende do traço nem da natureza do agregado e sim apenas da relação entre a quantidade de água e a quantidade de cimento."

"Essa lei se aplica aos concretos que não se afastam muito da consistência plástica e dos fatores água-cimento compreendidos dentro de certos limites".

II-3-2 Teoria do Elo mais Fraco.

PETRUCCI (1968) ao definir "concreto convencional" como "aquele cujo consumo é da ordem de 300 kg/m^3 e fator água-cimento de cerca de 0.5", em muito restringiu a amplitude de variação de tal conceito, pelo que, neste trabalho o "concreto convencional" é considerado como aquele cuja resistência não ultrapassa a solicitação à compressão simples da maioria das obras de Engenharia Civil, fixando-se tal valor

em torno de 20 MPa, abaixo, portanto, da resistência à compressão simples da grande maioria dos agregados graúdos, "convencionais" ou "não convencionais", normalmente empregados na confecção dos concretos.

Isto posto, pode ser generalizada, a partir dos conceitos emitidos neste capítulo, a idéia de que é a argamassa, e não o agregado graúdo, o elemento que caracteriza a natureza frágil do concreto, reforçando-se, dessa maneira, a validade da "lei" de Abrams segundo a qual é a relação água-cimento o fator decisivo da resistência dos concretos. PIANCA (1967) induz tal conceito ao afirmar que "no esmagamento das estruturas murais verificam-se duas fases: uma inicial em que há apenas desagregação das argamassas, geralmente mais fracas que o material pétreo, e outra final em que se manifesta também a ruptura desse último(...). Raramente é alcançada a segunda fase pois as manifestações da primeira consistem em fenômenos que por sua natureza já exigem a intervenção do técnico. A ruptura do material pétreo, antes da desagregação das argamassas, somente se observa quando essas últimas são de maior resistência."

Para RIBAS, (1985) "a resistência mecânica dos agregados deve ser sempre maior que a da pasta, a fim de haver maior aproveitamento do material mais caro que é o cimento."

BASÍLIO (1987), preceitua que "os agregados devem ter grãos resistentes e duráveis. Sua resistência aos esforços mecânicos deve ser pelo menos superior à da pasta, pois, ao contrário, esta não seria totalmente aproveitada. Os grãos dos agregados naturais, em geral, satisfazem essa condição."

Na sua conceituação o citado pesquisador admite que os "agregados naturais" em geral apresentam resistência superior à da argamassa, embora não deixe explícito o tipo de concreto a que se refere. O fato de não citar características específicas para tal material leva a admitir-se que esteja implícita a sua referência ao concreto que, neste trabalho, é considerado "convencional".

ANDRIOLO (1986) sugere que a resistência do concreto não seja função explícita do agregado graúdo, sem, entretanto, afirmar de forma conclusiva o parâmetro a que se deve atribuir tal característica.

A propósito do assunto em questão, assim se pronuncia o referido autor:

"Agregados para emprego em concreto devem possuir um grau de resistência, tenacidade e estabilidade suficientes para resistir, sem sensível desagregação, às cargas estáticas e dinâmicas."

..."a resistência à compressão dos concretos não ultrapassa a resistência da maior parte dos agregados constituintes."

SOBRAL (1983) discorre sobre a ruptura de um material frágil e admite estar o concreto enquadrado em tal classificação, o que se constitui, a partir da hipótese do "elo mais fraco", no fundamento teórico que tenta explicar o fato de a argamassa ser o elemento crítico quando da ruptura daquele material.

A tal propósito, afirma:

"A ruptura é a separação de um corpo sob tensão em duas ou mais partes e é usualmente caracterizada como frágil ou dúctil.

A ruptura frágil ocorre com a propagação rápida de uma fissura depois de uma pequeníssima ou nenhuma deformação plástica."

..."o concreto é um material frágil."

NEVILLE (1982) esclarece:

"A resistência real, prática, da pasta de cimento e outros materiais frágeis similares é muito menor do que a resistência teórica estimada com base na coesão das moléculas e calculada a partir da energia superficial de um sólido admitido como perfeitamente homogêneo e sem falhas.

Essa discrepância pode ser explicada pela existência de falhas, conforme foi proposto por Griffith.

Essas falhas resultam em concentrações de tensões acentuadas no material sob carga, de modo que se atingem tensões muito elevadas em volumes muito pequenos do elemento, tendo, como consequência, o aparecimento de rupturas microscópicas, enquanto a tensão média, nominal, no elemento todo é, relativamente, baixa. As falhas variam em tamanho, e são somente algumas das maiores, que causam a ruptura; a resistência de um elemento é, portanto, um problema de probabilidade estatística, e o tamanho do elemento tem influência sobre a tensão nominal provável à qual se observa a ruptura.

Sabe-se que a pasta de cimento contém muitas discontinuidades - poros, fissuras e vazios - mas não se conhece exatamente o mecanismo da sua influência sobre a resistência. Os próprios vazios não atuam, necessariamente, como falhas, mas as falhas podem ser fissuras nos cristais individuais, associados aos vazios ou distribuídos de forma aleatória, o que é uma condição necessária para a hipótese de Griffith. Embora não se conheça o exato mecanismo da ruptura do concreto, este, provavelmente, deve estar relacionado com as forças de coesão no interior da pasta e com a aderência entre a pasta e os agregados”.

SOBRAL (1983), de forma didática, esclarece:

...“de acordo com a hipótese de Griffith (...) a instabilidade resultante no extremo da falha onde se verifica a maior concentração de tensões é suficiente para assegurar a propagação da mesma através de todo o volume. Portanto, as teorias estatísticas de ruptura são baseadas no conceito do elo mais fraco, de acordo com a qual a resistência de uma corrente é determinada pelo valor mais baixo da resistência de um elo entre os n elos que constituem o modelo. Em outras palavras, imagina-se que a falha ou fissura mais grave determina a resistência responsável pela fratura de todo o conjunto.”

...“A hipótese de Griffith, inicialmente considerada apenas para ruptura sob tração, teve sua aplicação posteriormente estendida para fratura sob os estados duplo e triplo de tensão e, também, sob compressão simples”.

Pelo que se depreende, pode-se admitir válida, pelo menos aproximadamente, a teoria do elo mais fraco como a justificativa de, no domínio dos "concretos convencionais", a ruptura destes se verificar a partir da fissura de um cristal da pasta (da argamassa, conseqüentemente) que, ao formar uma falha "grave" torna-se responsável pela fratura de todo o conjunto.

II-3-3 Aderência da Pasta aos Agregados

A par da dificuldade para a determinação dos fatores que intervêm na aderência, não há dúvidas, entre os estudiosos, que esta sofre a influência da resistência da pasta e das propriedades físicas e químicas dos agregados, embora haja hesitação quanto às leis que regem os fenômenos entre elas intervenientes.

Apesar das dificuldades inerentes ao assunto, já existem, contudo, certas evidências que, a seguir, são transcritas.

Assim sendo:

SOBRAL (1985), admite que "a redução da relação água-cimento aumenta tanto a resistência da pasta como a sua aderência ao concreto"

"Quanto ao agregado pode-se dizer que a aderência é função:

- a) da textura superficial das partículas;
- b) da composição química das partículas.

"Uma superfície mais rugosa possibilita melhor aderência em face do melhor embricamento da pasta no agregado. Os ensaios têm mostrado que o concreto feito com pedra britada revelam melhor aderência que os preparados com seixo rolado. Este fato é particularmente evidenciado nos concretos mais resistentes ($a/c=0,40$), no qual a utilização de pedra britada representa um aumento de mais de 30% na resistência do concreto".

"Com a redução da resistência do concreto, há também decréscimo desse efeito, anulando-se para relação água-cimento 0,65. Aparentemente, para concretos com

relação água-cimento alta, a resistência é determinada, principalmente, pela pasta e secundariamente pela aderência".

"Outros estudos demonstram que tanto a resistência à compressão como à flexão aumentam com a rugosidade da superfície das partículas. Além disso, os efeitos desta rugosidade na resistência à compressão são mais importantes do que algumas outras propriedades, tais como módulo de elasticidade e forma."

"De uma maneira geral, pode-se dizer que, com exceção dos agregados que reagem com os álcalis, os agregados comuns são considerados inertes no sistema água-cimento. No entanto, até certo ponto, a composição química afeta a aderência e, em alguns casos, as propriedades da camada situada na interface agregado/pasta são diferentes, tanto das propriedades da pasta como das do agregado; isto, por sua vez, sugere que houve uma reação química na interface, e pode explicar a relação entre a aderência, a consequente resistência mecânica do concreto e a composição química do agregado. Assim é que tem se revelado aumento de aderência dos agregados de origem basáltica com o aumento de sílica na composição dos mesmos. Da mesma forma, verificou-se que agregados calcários produzem concretos mais fortes, pela formação de camadas resistentes na interface."

CORRÊA (1978), no seu trabalho para o "1º SIMPÓSIO DE PAVIMENTAÇÃO" - IBRACON -, destaca a influência das características físicas dos agregados e, em seguida, apresenta uma lista de itens por ele julgados como fundamentais na ocorrência da aderência.

Eis com se exprime o referido pesquisador:

(...) "para se conseguir um aumento da aderência pasta-agregado as providências a tomar, além do uso de agregados não arredondados e de superfície com textura áspera e ligeira porosidade microscópica superficial, são as seguintes:

- procurar usar o agregado graúdo sempre na condição de saturado superfície seca, mantendo-se os poros superficiais saturados para evitar que os mesmos absorvam a água da pasta que fica em contato com a superfície, prejudicando a hidratação do cimento na interface, e, conseqüentemente, reduzindo a aderência."

A observação de CORRÊA (1978), acima transcrita, relativa à utilização do agregado no estado SSS (para evitar a absorção de água a ser consumida pela hidratação do cimento) deveria distinguir as misturas ricas das misturas pobres, pois, em relação às últimas, pode-se argumentar que o elevado fator água-cimento das mesmas garantiria a plena hidratação do cimento, independente de um certo percentual de água a ser absorvida pelos agregados que não estivessem no estado SSS e, neste caso, além do não comprometimento da hidratação do cimento, se verificaria uma diminuição do fator água-cimento efetivo e, portanto, a expectativa de aumento da aderência.

Retome-se a lista de itens apresentada por CORRÊA (1978),

(para se aumentar a aderência deve-se):

- "sempre que possível, na mistura dos materiais, procurar inicialmente misturar o agregado graúdo com a pasta, lançando posteriormente a areia."

- "determinar sempre o índice de absorção do agregado, através do qual será possível compensar na água a ser adicionada na betoneira, aquela que será absorvida pelo agregado. Essa providência será desnecessária no caso de se lançar na betoneira o agregado na condição de saturado com superfície seca. Caso não se tome essa medida e se despreze a absorção do agregado, ter-se-á deficiência de aderência, e redução de trabalhabilidade."

Neste último item, CORRÊA (1978) deixa, mais uma vez, implícita a situação inerente às misturas ricas.

Finalizando as suas considerações, o autor ora enfocado, recomenda, como uma das condições de melhoria da aderência pasta/agregado:

- "procurar evitar o uso de agregados que não apresentem uma compatibilidade epitáxica com o cimento, o que tornará deficiente a hidratação do mesmo na interface com o agregado, reduzindo a sua aderência com a superfície do agregado"

Em relação à "epitaxia", SANTOS (1992) trata o fenômeno através das seguintes afirmações:

"Dois diferentes graus de controle estrutural podem ser distinguidos : epitaxia, que é um efeito bidimensional e topotaxia, que é um efeito tridimensional."

"Na epitaxia, os cristais crescem sobre a superfície de uma outra substância sólida (o hospedeiro) em orientações definidas. Na topotaxia, um monocristal de um material inicial é convertido em um pseudomorfo (pseudomorfo = cristal que se converteu em outra substância ou mistura de substância, sem mudar a sua forma externa), contendo um ou mais produtos em uma orientação cristalográfica bem definida; a conversão se passa através de todo o volume do cristal."

"Para existir a verdadeira topotaxia deve haver alguma correspondência tridimensional entre as estruturas cristalinas do produto e de seu hospedeiro (em contraste com a epitaxia, na qual a correspondência precisa ser dimensional)."

Na sua referência à compatibilidade epitáxica CORRÊA (1978) não esclarece a forma como tal fenômeno intervém na aderência, embora deixe evidente que aceita a interferência de fenômenos químicos influenciando na ocorrência da mesma.

NEVILLE (1982) aborda a aderência agregados/pasta pondo em evidência a efetiva participação dos fenômenos químicos, como se depreende das suas palavras, abaixo transcritas:

"A aderência entre agregados e a pasta de cimento é um fator importante da resistência do concreto, especialmente da resistência à tração na flexão, sendo que somente agora vem-se atribuindo a devida importância a esse fenômeno. A aderência é causada, em parte, pelo intertravamento do agregado com a pasta devida à aspereza da superfície do primeiro. Uma superfície áspera, como a das partículas britadas, resulta em aderência melhor; normalmente, também se obtém melhor aderência com partículas mineralogicamente heterogênea, mais moles e porosas."

(...) "além disso, a aderência é influenciada por outras propriedades físicas e químicas dos agregados que dependem de sua composição química e mineralógica e da condição eletrostática da superfície da partícula. Podem existir forças de aderência de natureza química, por exemplo, no caso de calcários e dolomitas e possivelmente

agregados silicosos e na superfície de partículas polidas, podem se manifestar algumas forças capilares."

Ainda NEVILLE (1982), a propósito do assunto ora focado:

"Como as forças de aderência dependem da resistência da pasta de cimento e das propriedades das superfícies dos agregados, a intensidade dessas forças aumentam com a idade do concreto; aparentemente a relação entre a força de aderência e a resistência da pasta aumentam com a idade. Portanto, desde que suficientes, as forças de aderência, em si mesmas, não são um fator preponderante da resistência do concreto. No entanto, em concretos de alta resistência pode ocorrer, em geral, a tendência de as forças de aderência serem menores do que a resistência à tração da pasta de modo que a ruptura pode ocorrer, predominantemente, nas ligações entre a pasta e o agregado."

NEVILLE (1982) sintetiza o problema relativo à aderência destacando o grau de complexidade que a envolve, ao mesmo tempo em que elege a observação prática como a melhor forma de analisá-la, e, a propósito, assim se exprime:

"A determinação da natureza da aderência dos agregados é, na realidade, difícil e não existem ensaios já aceitos com esse objetivo.

De um modo geral, quando há boa aderência, uma amostra de concreto rompida mostra algumas partículas partidas de agregados além de muitas outras arrancadas dos seus alojamentos."

II-4 APRECIÇÃO DO DESEMPENHO DA CURA

"Dá-se o nome de cura ao conjunto de medidas com a finalidade de evitar a evaporação prematura da água necessária à hidratação do cimento que rege a pega e seu endurecimento." PETRUCCI (1968)

"Dá-se o nome de cura ao conjunto de medidas tomadas com a finalidades de evitar a evaporação prematura da água de amassamento do concreto" RIBAS (1985)

Analisando-se as duas concepções acima apresentadas percebe-se que há uma

condição comum imposta a ambas, a saber, a retenção da água empregada no preparo do concreto, embora o conceito emitido por PETRUCCI (1968) admita, de forma explícita, a hidratação como a única destinação da água a ser preservada na pasta, enquanto RIBAS, (1985), mais prudente, não faz referência ao que ocorre com a água que se evapora, deixando subentendidas outras finalidades para a mesma, além da hidratação.

É considerável, no entanto, diante do atual estágio de conhecimento técnico, a pobreza de conceito das duas definições acima, bem como as do COMITÊ TÉCNICO IBRACON 303 (1978) e de BAUER (1987), que a seguir são transcritas.

O "Comitê Técnico IBRACON - 303 (1978) refere-se à cura como "o conjunto de medidas tomadas com o objetivo de evitar a evaporação prematura da água necessária à hidratação que rege a pega do cimento e o endurecimento do concreto", (confirmando o conceito emitido por PETRUCCI (1968)) e BAUER (1987) afirma ser a cura "um conjunto de medidas que têm por objetivo evitar a evaporação da água utilizada na mistura do concreto e que deverá reagir com o cimento, hidratando-o".

PIANCA (1967), VERÇOSA (1973), SCANDIUZZI e ANDRIOLO (1986), nas definições que deram para a cura, não acrescentaram conceitos novos àqueles já introduzidos pelo autores até aqui referidos.

NEVILLE (1982) apresenta o embasamento teórico de "pressão mínima dos poros" e "autodessecação", fenômenos paralelos à hidratação do cimento, a partir dos quais se tem uma concepção mais aprofundada do papel exercido pela cura. Eis o que diz o referido autor:

..."sabe-se atualmente que a hidratação (do cimento) somente pode se processar quando a pressão de vapor nos capilares for suficientemente alta, cerca de 0,8 da pressão de saturação."

..."durante a hidratação (do cimento) a área superficial sólida aumenta enormemente e uma grande quantidade de água livre é adsorvida nesta superfície. Se não for permitido nenhum movimento de água para ou a partir da pasta de cimento as

reações de hidratação consomem água de tal modo que pouco resta para saturar as superfícies sólidas, e a umidade relativa dentro da pasta decresce. Isto é conhecido como autodessecação.”

A propósito do conceito de autodessecação é importante considerar que ela pode se processar mesmo sob reduzidas pressões dos capilares, ou, dito de outra forma, sendo a quantidade de água nos poros reduzida, não ocorrerá a hidratação na sua plenitude, (mesmo que haja água suficiente para consumir as reações químicas) embora a autodessecação continue a consumir apreciável percentual da água de amassamento.

A propósito, eis o que afirma NEVILLE (1982):

“Os poros capilares, devido ao seu tamanho relativamente grande, esvaziam-se quando a umidade relativa do ambiente desce abaixo de 45%, mas a água é adsorvida nos poros de gel mesmo a umidades ambientes inferiores.”

A respeito da quantidade de água de amassamento destinada à autodessecação e à hidratação, assim se refere aquele autor:

...“o que se sabe de estequiometria dos produtos de hidratação do cimento não é suficiente para a determinação das quantidades de água combinadas quimicamente. Portanto, é preferível considerar a ‘água não evaporável’, considerada como 23% da massa de cimento anidro”.

“A quantidade de água não evaporável aumenta à medida que a hidratação prossegue, mas numa pasta saturada a quantidade de água não evaporável nunca pode ser maior do que a metade da água total presente. No cimento bem hidratado a água não-evaporável é cerca de 18% em massa do material anidro; esta proporção sobe para 23% no cimento completamente hidratado”.

Conceituados os fenômenos de “autodessecação” e “pressão mínima nos capilares”, retome-se o conceito de cura:

...“a necessidade da cura é devida ao fato de que a hidratação do cimento

pode se efetuar nos capilares cheios de água. É por esse motivo que deve ser evitada a perda de água nos capilares.

Além do mais, a água perdida internamente pela autodessecação deve ser repostada com água vinda de fora do concreto."

..."o objetivo da cura é manter o concreto saturado, ou o mais próximo possível dessa condição, até que os espaços inicialmente ocupados pela água na pasta fresca de cimento sejam ocupados, até o ponto desejado, pelos produtos da hidratação do cimento".

Conveniente se faz, para se manter a coerência com a afirmação de que a hidratação do cimento ocorre a partir de 80% da pressão de saturação, que, nos dois últimos extratos acima transcritos, onde se lê, "manter o concreto saturado, ou o mais próximo possível dessa condição" e "capilares cheios de água" fosse lido capilares com água correspondente a, no mínimo, 0,8 da pressão de saturação.

Ainda NEVILLE (1982), sobre autodessecação:

..."em pastas autodessecadas com relação água-cimento maior que 0,50, a quantidade de água misturada é suficiente para a hidratação se processar do mesmo modo que nas pastas curadas em meio úmido."

A última constatação permite afirmar-se que, para fatores água-cimento acima de 0,50, a cura pode ser confundida com a selagem, isto é, em tal condição, não se faz necessário acrescentar água nos capilares além da água já utilizada no amassamento mas, apenas, impedir a evaporação da mesma.

A propósito, entende-se como "selagem" a membrana que se forma pela aplicação de compostos impermeáveis depois que a água livre tiver desaparecido da superfície do concreto, mas antes que os poros possam absorver esses compostos.

"A selagem não permite a entrada de água para repor a que foi perdida pela autodessecação". NEVILLE (1982).

É particularmente importante o conceito de selagem quando se está diante de um concreto a ser empregado em lajes, pisos e pavimentos de pistas, pois as características geométricas destas peças prestam-se satisfatoriamente a tal tratamento.

A propósito, do Boletim IBRACON 303 - Execução dos pavimentos de concreto simples por processo mecânico (1978), depreende-se:

"Imediatamente após as operações de acabamento e logo que a superfície do concreto tenha perdido o brilho da água, ou a partir do momento em que a superfície não seja danificada facilmente, toda a placa deverá ser coberta e curada de acordo com um dos seguintes métodos:

(...) película de cura - logo após o desaparecimento do brilho da superfície do pavimento, esta deverá receber uniformemente a aplicação do material de cura (membrana líquida) por meio de borrifador mecânico adequado, com uma taxa mínima que garanta satisfatoriamente o processo de cura. Para uniformidade da consistência e da dispersão do pigmento do material a ser aplicado, este deverá ser agitado imediatamente antes de ser transferido para o recipiente distribuidor e durante a operação. Em áreas irregulares, onde não for possível o uso de equipamento mecânico de aspersão, o produto poderá ser aplicado por meio de equipamento manual apropriado. As faces laterais das placas deverão receber o material no máximo 60 minutos após a retirada das formas".

Percebe-se que o IBRACON, através do Boletim 303 (1978), acima referido, não levou em conta o efeito do autodessecamento quando admitiu a "selagem" como método de cura sem considerar o fato de que para fatores água-cimento reduzidos não basta evitar-se a evaporação da água de amassamento, pois pode ser necessário o acréscimo de água a fim de ser atingida a pressão nos poros capilares mínima compatível com o surgimento da hidratação.

BAUER (1987), da mesma forma que o IBRACON (1978), desconsiderou a influência da autodessecação na selagem, conforme pode ser depreendido do extrato abaixo transcrito:

"Métodos de cura":

(...) membrana de cura: as membranas de cura mantêm a impermeabilidade superficial do concreto por um certo período de tempo, em geral de 3 a 4 semanas, evitando, assim, a rápida secagem do concreto, através de um filme impermeável que dura aproximadamente esse tempo.

Esse processo é de interesse especial na proteção das lajes, pisos e pavimentos de pistas, tornando-se de importância vital quando os concretos são confeccionados com cimentos pozolânicos ou de escórias, já que estes cimentos, com reação mais lenta, têm menos poder de retenção de água.

Conforme Souza Coutinho, as substâncias que permitem obter membranas de cura são emulsões aquosas ou soluções de produtos resinosos ou parafínicos, que se rompem quando entram em contato com meio alcalino, depositando-se uma delgada película de resina ou parafina, que não deve ser incolor, para que possam determinar, à vista, os locais em que está aplicada. Na maior parte dos casos, a cor é clara, para não absorver a radiação solar, impedindo, assim, a elevação da temperatura do concreto, o que apressaria a saída da água"(...).

Diante do exposto e sabendo-se que o concreto empregado na técnica rodoviária apresenta, normalmente, baixos fatores água-cimento, recomendável se faz grande cautela no emprego da selagem como método de "cura" das lajes de pistas de pavimentação de estradas.

SOBRAL (1983) assume muitos dos conceitos emitidos por NEVILLE(1982), relativos aos fenômenos da "autodessecação" e da "pressão mínima dos capilares" conforme pode ser constatado do texto abaixo reproduzido:

"A hidratação completa do cimento portland exige cerca de 40% do seu peso de água.

Cerca de 23% desta água é quimicamente combinada para formação dos chamados produtos de hidratação e o restante fica fisicamente adsorvida na superfície das partículas de gel. Normalmente o concreto é feito com relação água-cimento

superior a 0,40 e contém por conseguinte mais água do que a necessária para a hidratação do cimento.

Conseqüentemente, nessas condições, a hidratação se processará ininterruptamente, desde que o concreto não venha a se ressecar.

Além desses fenômenos descritos, pode ocorrer no interior da pasta o que se chama autodessecamento, resultante da evaporação da água dos capilares".

É interessante observar que na sua conceituação de "autodessecamento" SOBRAL (1983) faz referência à "evaporação da água", enquanto NEVILLE (1982), de forma explícita, refere-se não à água de evaporação mas, sim, ao consumo de água adsorvida decorrente do aumento da área superficial (superfície específica) da fase sólida.

As duas conceituações chegam ao limiar da contradição pois NEVILLE (1982) pressupõe que não seja permitido nenhum movimento de água para ou a partir da pasta, excluindo-se, portanto, a hipótese de evaporação admitida por SOBRAL (1983)

Neste trabalho prevalece a conceituação expressa por NEVILLE (1982). Ainda comparando as afirmações de SOBRAL (1983) com as de NEVILLE (1982) verifica-se que, para o primeiro, o percentual de 23% (em massa) representa o valor aproximado da "água consumida nas reações químicas", e , para o segundo, tal percentual representa a "água não evaporável do cimento completamente hidratado".

É sensível a maior profundidade conceitual da afirmação de NEVILLE (1982).

Retomando as idéias expressas por SOBRAL (1983):

"De há muito POWERS revelou que a hidratação se desenvolve lentamente, para pressão de vapor abaixo de 0,8 da pressão de saturação no sistema de adsorção e que é praticamente desprezível para valores abaixo de 0,3.

Dessa forma se conclui que o concreto conservado úmido será mais resistente que qualquer outro que tenha possibilidade de secar. Isto é realmente verdade para os concretos com relação água-cimento abaixo de 0,50, porque acima deste valor

assegura-se a condição acima referida para que a hidratação se desenvolva normalmente”.

Interpretando de forma resumida as idéias até aqui expressas nesta dissertação, pode-se dizer que a cura tem a função de preencher os poros capilares da pasta, garantindo a pressão mínima necessária à hidratação e, ainda, para fatores água-cimento reduzidos, a função de complementar a água consumida pela autodessecação.

O fator água-cimento de 0,40 já garante a água necessária às reações químicas mas, só a partir do fator água-cimento superior a 0,50, há a certeza de ter sido atingida a pressão nos poros mínima necessária para que se processem as referidas reações químicas.

SOBRAL (1983) apresenta a definição de cura, abaixo transcrita, a qual é conceitualmente bem elaborada, apesar da concepção pouco convincente que o autor emitiu em relação ao fenômeno da autodessecação.

Eis o que afirma, a propósito, o citado estudioso:

“Cura é o nome dado aos procedimentos utilizados para favorecer a hidratação do cimento e consiste no controle da temperatura e do movimento da água de dentro para fora ou de fora para dentro do concreto”.

“Objetivamente a função da cura é manter o concreto saturado, ou o mais próximo possível da saturação, até que o espaço cheio de água, da pasta do cimento, tenha sido preenchido, no volume desejado, pelos produtos de hidratação do cimento”.

Na pesquisa objeto desta dissertação a temperatura do concreto durante a cura se manteve constante, razão pela qual considerou-se tal parâmetro como não influente nas variações dos resultados obtidos.

II-5 CARACTERIZAÇÃO DA CONSISTÊNCIA E DA TRABALHABILIDADE

Em 1931 Inge LYSE verificou que, dentro de certos limites, é possível considerar, para certa consistência do cimento fresco, como inalterada a massa de

água por unidade de volume de concreto, qualquer que seja a proporção dos demais materiais da mistura .

A propósito da citada lei de Lyse, NEVILLE (1982) deixou subentendido que a "trabalhabilidade" e a "consistência" são propriedades inter-relacionadas, ao afirmar:

"O principal fator que afeta a trabalhabilidade é o teor de água da mistura, expresso em quilogramas de água por metro cúbico de concreto; pode-se admitir ainda, de modo aproximado, que para um dado tipo e graduação de agregado e trabalhabilidade do concreto, o teor de água é independente da relação agregado/cimento.

O próprio NEVILLE (1982), a propósito, como que restringindo o enunciado de Lyse, diz:

"Uma relação agregado/cimento mais baixa significa uma maior área superficial total de sólidos (agregado e cimento), de modo que , com a mesma quantidade de água resulta uma trabalhabilidade menor"

(...) "na realidade a trabalhabilidade é controlada pelas proporções volumétricas de partículas de diferentes tamanhos"

(...) "uma relação agregado/cimento mais baixa significa uma maior área superficial total de sólidos (agregado e cimento), de modo que com a mesma quantidade de água resulta uma trabalhabilidade um tanto menor".

(...) "na realidade a trabalhabilidade é controlada pelas proporções volumétricas de partículas de diferentes tamanhos"

HERMAN (1987), interpretando a lei de Lyse, admite que "o principal fator que influi na consistência é, sem dúvida, o teor água/mistura seca, expresso em porcentagem do peso da água em relação ao peso da mistura de cimento e agregados"

Deve-se destacar o fato de que HERMANN (1987), como outros pesquisadores, ao considerarem a relação "água/mistura seca" como o parâmetro fundamental a influir na consistência do concreto, referem-se à água e à mistura seca expressas em peso (massa), o que não é a interpretação rigorosa do enunciado de LYSE, que, ao enunciar a sua proposição, admitiu a água expressa em massa correlacionada com volume de concreto.

DURIEZ (1950) recomenda que não se confunda "fluidez" do concreto com a sua "plasticidade", e chega a denominar a segunda de "trabalhabilidade", a qual é por ele caracterizada por "Workabilité", termo, sem dúvida, adaptado do inglês "Workability".

"Il ne faut pas confondre la fluidité du béton avec sa plasticité ou avec son ouvrabilité (cette dernière étant encore appelée maniabilité ou workabilité)".

"Un béton peut être plastique même s'il n'est pas fluide".

O referido autor chama a atenção para o caráter não intrínseco da trabalhabilidade, a qual, segundo o mesmo, está na dependência do emprego que venha a ser feito do concreto, e, ainda, apresenta a "coesão" como característica necessária à sua conceituação:

..." l'ouvrabilité est une caractéristique complexe, qui n'est pas intrinsèque, car elle dépend des conditions de mise-en-oeuvre".

..." l'état plastique (...) nécessite de la cohésion".

SOBRAL (1987), a propósito, apresenta as condições que influem na coesão de um concreto:

"As misturas com altos teores de agregado em relação ao cimento, e com teores de água capazes de produzir inchamento, emergem da betoneira como uma mistura solta, com pequena coesão. Quando, porém, se procede à sua compactação num molde apropriado, adquire estrutura contínua, coesiva, capaz de suportar o seu

peso próprio quando esse molde é retirado.”

Deve ser lembrado que é justamente a propriedade de suportar o seu peso próprio o princípio dos aparelhos clássicos de determinação indireta da coesão do concreto, ao qual se correlaciona, como afirma DURIEZ (1950), o seu estado plástico. Tais aparelhos são, dentre outros, o “cone de Abrams” e a “mesa cadente”.

Sendo a coesão e o estado de plasticidade propriedades intrínsecas do concreto (para determinados teores de umidade e condições de compactação), pode-se concluir que não é a trabalhabilidade, propriedade não intrínseca, mas, sim, uma outra, intrínseca, à qual se dá o nome de “consistência”, aquela medida pelo “cone de Abrams” e “mesa cadente”.

A imprecisão conceitual que se depreende de DURIEZ (1950), quando este chega a designar a “plasticidade” como “trabalhabilidade” e, em seguida afirma que esta não apresenta caráter intrínseco, se estende à sua hesitação em afirmar que o “cone de Abrams” e a “mesa cadente” medem a plasticidade, após ter afirmado que tais aparelhos medem a fluidez.

A propósito, assim se exprime o referido autor:

“Les appareils classiques de mesures de la fluidité qui sont le cône d’Abrams et la table à secousses, sont en réalité des appareils de mesure de la plasticité.”

SCANDIUZZI e ANDRIOLO (1986), com muita propriedade, assim definem a consistência:

...“é (a consistência) a relativa facilidade, mobilidade ou habilidade de uma mistura de argamassa ou concreto fresco em fluir; a medida usual da consistência do concreto é o abatimento pelo tronco de cone (slump).”

PETRUCCI (1968), após discernir “trabalhabilidade” e “consistência”, demonstra, tal como DURIEZ (1950), certa hesitação ao designar a propriedade que, de fato, é verificada pelo ensaio do “cone de Abrams” (ensaio de “abatimento”).

Assim sendo, leia-se o que afirma aquele mestre:

“Trabalhabilidade é a propriedade do concreto fresco que identifica sua maior ou menor aptidão de ser empregado com determinada finalidade, sem perda da sua homogeneidade.”

“Reservamos o nome de consistência para o grau de umidade do concreto intimamente relacionado com o grau de plasticidade da massa, isto é, maior ou menor facilidade de deformar-se sob a ação das cargas.”

“A consistência é um dos principais fatores que influenciam a trabalhabilidade, não devendo, porém, ser confundida com ela.”

“A medida de trabalhabilidade é feita pelo abatimento causado na massa de concreto pelo seu próprio peso. (...) O ensaio de abatimento mede, em realidade, a consistência.”

RIBAS (1985), após ter diferenciado a “consistência” da “trabalhabilidade”, não chegou a esclarecer o que de fato é medido através dos ensaios de abatimento (e outros), exprimindo-se, a propósito, de forma ambígua:

“Embora a consistência e trabalhabilidade tenham definições diferentes, há processos que servem de medida para uma e para outra.”

A autora, em seguida, apresenta uma série de princípios sem distinguir a qual das duas propriedades se referem os mesmos.

NEVILLE (1982) se refere à porosidade do agregado como um parâmetro interveniente na trabalhabilidade do concreto, afirmando:

“A absorção de água pelos agregados pode resultar em perda de trabalhabilidade com o tempo, mas depois de 15 minutos essa perda é pequena. Essa observação é importante para os agregados porosos utilizados quando secos ao ar. Porque a absorção da água pelo agregado se torna mais lenta ou cessa completamente devido ao cobrimento das partículas com pasta de cimento, é bastante, geralmente, determinar a quantidade de água absorvida, em dez a trinta minutos, pois

nunca chega a ocorrer a absorção total da água.”

NEVILLE (1982), ao fazer referência à possibilidade da perda de trabalhabilidade do concreto, como consequência do aumento da porosidade dos seus agregados, deixa subentendido que tal perda é decorrente da alteração das propriedades intrínsecas do concreto e, portanto, da alteração da sua consistência.

A par da umidade (representada através do chamado teor água/mistura seca), e do grau de compacidade e da porosidade dos agregados, SOBRAL (1987) refere-se, ainda, à granulometria e forma dos grãos dos agregados, aos aditivos e à temperatura ambiente, como fatores influentes da consistência do concreto.

TORRES (1955), apesar das quase quatro décadas que separam a elaboração desta dissertação da publicação da sua obra, demonstra convicção ao fazer referência a que propriedade do concreto, de fato, é aferida pelo ensaio do cone de Abrams, assim se exprimindo:

“Não se encontrou ainda um método para medir satisfatoriamente a consistência do concreto; o mais usado é denominado pelos norte-americanos “slump-test”, cuja aplicação apresenta certo interesse quando se trata de concretos plásticos feitos com pedregulho”.

Não foi constatada divergência entre os autores a respeito do grau de imprecisão do ensaio do cone de Abrams, sendo o pensamento dos mesmos, a tal respeito, implícita ou explicitamente coincidente com o parecer de TORRES (1955), já expresso neste trabalho. Assim sendo, pode-se constatar tal afirmação através dos extratos abaixo transcritos:

DURIEZ (1950)

“Les appareils classiques de mesure de fluidité qui sont le cône d’Abrams et la table à secousses, (...) sont d’ailleurs fort imprécis”.

PETRUCCI (1968)

“É de grande facilidade de execução (o ensaio de abatimento), sendo este seu maior mérito”.

“O ensaio tem seu campo de ação limitado a determinados tipos de concretos, não sendo aplicável a concretos muito secos e a concretos pobres em agregados finos”.

“Os concretos bem proporcionados abatem sem separação dos materiais ao passo que os de má composição separam-se completamente”.

SOBRAL (1987).

“Uma observação do método ASTM sugere que esse ensaio (cone de Abrams) só seja propriamente aplicável a concretos que não cisalhem nem entrem em colapso. Apesar dessas limitações, o ensaio de abatimento é de grande utilidade para controlar um mesmo concreto de ‘slump’ conhecido. Uma variação de seu valor alerta o operador no sentido de corrigir a situação. Essa aplicação do ensaio de abatimento, bem como sua simplicidade, são responsáveis por seu largo emprego no controle tecnológico do concreto”.

NEVILLE (1982)

“Infelizmente não existe ensaio aceitável que meça diretamente a trabalhabilidade (...). No entanto foram feitas numerosas tentativas para correlacionar trabalhabilidade com alguma grandeza física facilmente mensurável mas nenhuma chegou a ser inteiramente satisfatória, embora possam fornecer informações úteis dentro de uma certa faixa de variação de trabalhabilidade”.

“O ensaio de abatimento é um ensaio bastante usado em canteiros de obra em todo o mundo. Não mede a trabalhabilidade do concreto, mas é muito útil na detecção de variações de uniformidade de uma mistura de proporções nominais dadas”.

GIOVANNETTI (1989)

“O ensaio de abatimento de tronco de cone é utilizado, mundialmente, devido a sua simplicidade que faz com que suas falhas sejam superadas. Para se testar um concreto fluido a aplicação do referido ensaio é limitada.

Na maioria das vezes ele é usado para avaliar a consistência de uma mistura antes de adicionamento do aditivo superplastificante e especificar os limites de um concreto fluido, tais como um abatimento muito grande que impossibilite a leitura, como por exemplo, acima de 180mm.

Os resultados do teste não diferenciam certos limites de misturas fluidas.

Misturas de composição diferente, com o mesmo abatimento, não têm necessariamente a mesma trabalhabilidade em obra. De fato, é possível obter o mesmo abatimento com concretos que requerem quantidades muito diferentes de energia para serem lançados e aplicados. Se a adição de uma pequena quantidade de água resulta num aumento do abatimento, a mesma adição de água a um concreto com uma composição diferente pode causar um aumento diferente do abatimento, ou mesmo mudar o abatimento de verdadeiro para defeituoso. Em resumo, a medida do abatimento parece mais adequada ao controle de qualidade dos concretos provenientes de um mesmo processo, de modo a identificar possíveis mudanças na mistura e, conseqüentemente, na trabalhabilidade, de que como um modo de comparação entre materiais diferentes. Apesar dessas limitações, o ensaio de abatimento é indubitavelmente o controle de rotina da consistência de concretos frescos mas não fluidos, mais difundidos, especialmente em obra”.

GIAMMUSSO (1992) associa a porosidade do agregado à trabalhabilidade do concreto.

“Os mineirais que formam o agregado têm geralmente uma certa porosidade, isto é, alguns vazios internos que podem provocar absorção de água pelo agregado. Essa característica deve ser conhecida, pois um agregado totalmente seco pode

absorver água do concreto interferindo na sua consistência, prejudicando a trabalhabilidade.

De forma conclusiva, TORRES (1955), assim opina sobre o ensaio do cone de Abrams:

"Na verdade, em última análise, ainda é o julgamento do operador experiente que deve prevalecer."

II-6 CONSIDERAÇÕES ACERCA DA NECESSIDADE DO AJUSTE DE NORMAS

O "American Concrete Institute", em seu documento "O Controle da Qualidade do Concreto do Ano 2.000" (1986) ao afirmar que "um problema acrescido àqueles diretamente relacionados com os materiais é criado, às vezes, por inadequados, intolerantes e ultraexigentes códigos e especificações", instiga os pesquisadores a discutir a validade de normas que, adotadas ao longo dos anos, muitas vezes carecem da solidez que justifiquem o aspecto dogmático de que se revestem.

Neste sentido, considerem-se dois exemplos relacionados com esta pesquisa:

- o ensaio Los Angeles, cujos resultados, muitas vezes, indicam a rejeição de materiais que, empregados sem atender às limitações impostas pelo mesmo, demonstram aceitável desempenho e

- as dimensões de 15 cm x 30 cm dos corpos-de-prova de concreto que, se reduzidas, proporcionariam maior facilidade de transporte, diminuição de material a ser moldado, redução da quantidade de chapa necessária à confecção das fôrmas e menores cargas para idênticas tensões de ruptura.

Isto posto serão discutidos, a seguir, conceitos que poderão trazer à luz novas orientações em torno dos itens referidos.

II-6-1 Abrangência do Ensaio Los Angeles

Tem sido significativo o número de agregados graúdos cujas características não se enquadram nos chamados parâmetros de desgaste por abrasão e, em tal sentido, durante muitos anos, o resultado do ensaio Los Angeles foi aceito como balizador inconteste.

Com o passar do tempo a representatividade do referido ensaio passou a ser discutida por muitos pesquisadores, e, hoje, o mesmo é, ora recusado, ora decantado, o que demonstra quão discutível é o assunto.

NEVILLE (1982) deixa subentendida a pavimentação como solicitante representativa dos esforços abrasivos ao afirmar que "várias propriedades do concreto apresentam interesse, especialmente quando o agregado vai ser usado em obras rodoviárias ou (outras) submetidas (também) a abrasão."

BUZATTI (1981), a propósito comenta:

"Inúmeros são os casos em que não tem sido feita a exploração de pedreiras economicamente viáveis pelo fato único de não atenderem às especificações para o índice de abrasão Los Angeles. Aumenta-se, assim, de uma forma gradativa e sem sentido, o custo de transporte, em uma época em que tem-se envidado esforços na tentativa de minimizá-lo, além da crescente dificuldade de se encontrar ocorrências de agregados que atendam às exigências atuais quanto ao desgaste."

"A degradação dos agregados tem sido uma medida valiosa para corroborar a opinião de muitos técnicos sobre a vantagem de se atenuar os limites máximos especificados para o índice de abrasão Los Angeles (...), e tem propiciado, também, a confirmação, em experiências bem conduzidas, de que não há relação apreciável entre os resultados do índice de abrasão Los Angeles e o comportamento do pavimento em serviço."

CARNEIRO e SILVA (1981), de forma incisiva, concluem:

“O conhecimento de tantos trechos com pavimento apresentando bom comportamento, apesar do uso de agregados possuindo elevado desgaste Los Angeles, tanto na base como no revestimento, a análise da literatura existente sobre degradação e desgaste de agregados nas camadas dos pavimentos e, finalmente, os resultados obtidos e analisados pelos autores, nos trechos experimentais executados na Rodovia BR-040, levam à conclusão que não há nenhuma correlação entre o resultado do ensaio de desgaste por abrasão Los Angeles e a degradação das camadas dos pavimentos.”

CARNEIRO (1982), peremptoriamente, declara:

“Provamos que, mesmo com o desgaste “Los Angeles” de 80, tanto a base quanto o revestimento (rodoviários) poderiam ser executados.”

HVEEM (1961), refuta o ensaio Los Angeles, testemunhando:

“A solução que estamos procurando adotar na Califórnia é simplesmente abandonar o ensaio de abrasão “Los Angeles”.(...)”

“poderia ter havido alguma razão para adotar-se um ensaio desse tipo quando as carroças de aro metálico e os animais ferrados ainda se utilizavam das estradas.”

SANTANA (1982) admite a representatividade do ensaio Los Angeles a partir do largo emprego que do mesmo se faz em muitos países europeus, assim se pronunciando:

“É interessante notar que na Europa, por exemplo, esse ensaio (Los Angeles), embora inventado nos Estados Unidos, (...) é muito usado e é levado em conta pelos europeus em alto grau.”

PITTA (1980), nas referências aos materiais para pavimentos de concretos simples, ao citar os agregados graúdos, não faz qualquer ressalva ao ensaio Los Angeles como representativo da "dureza". Eis o que, a propósito, diz o citado pesquisador:

(...) "Dureza - refere-se à resistência à abrasão superficial do material. É uma propriedade importante nos agregados utilizados nos concretos de rodovias ou pisos industriais sujeitos a tráfego pesado. O método mais utilizado é o ensaio de abrasão Los Angeles (...)."

Não foi atribuído, por aquele estudioso, qualquer correlação entre o "Los Angeles" de um agregado e a sua resistência mecânica, conforme se deduz da sua afirmação, abaixo transcrita:

(...) "Resistência mecânica - no que se refere à resistência mecânica dos agregados, exige-se que a resistência à compressão da massa de agregado contida no concreto não seja inferior à deste. Entretanto, é difícil determinar no próprio agregado a sua resistência ao esmagamento ou à compressão, e este dado tem de ser obtido através de ensaios indiretos, tais como:

- resistência ao esmagamento de corpo-de-prova indeformado extraído da rocha;
- resistência ao esmagamento da massa de agregado;
- utilização de agregados cujo bom comportamento já tenha sido comprovado na prática."

ASSIS (1992) indica os ensaios "Los Angeles", "de esmagamento" e de "10% de finos" como "determinantes da resistência de agregados graúdos do concreto".

NEVILLE (1982) faz referência, nos termos abaixo transcritos, aos ensaios "de esmagamento", "de 10% de finos" e "Los Angeles."

"Um ensaio de resistência ao esmagamento do agregado é o denominado

'ensaio de valor de esmagamento' (...)."

"O 'ensaio de 10% de finos' mostra uma correlação relativamente boa com o ensaio normal de esmagamento no caso de agregados resistentes enquanto que para agregados mais fracos o primeiro se mostra mais sensível e representa melhor as diferenças entre amostras mais ou menos brandas."

"Um ensaio americano que combina atrito e abrasão é o ensaio Los Angeles (...)."

De forma conclusiva, afirma o autor que não existe relação entre o resultado dos três ensaios supra-referidos e a resistência prevista para o concreto:

"Embora os ensaios descritos (Los Angeles, esmagamento e 10% de finos) possam dar uma idéia da qualidade dos agregados, não é possível prever, a partir das suas propriedades, a resistência potencial do concreto e, de fato, ainda não é possível converter as propriedades físicas dos agregados nas suas propriedades como componentes do concreto."

O assunto é controvertido, conforme o posicionamento hesitante dos pesquisadores. Reforçando tal assertiva, NEVILLE (1982) chega a se contradizer na interpretação que, à certa altura da sua obra, dá à abrangência do ensaio Los Angeles, admitindo que o resultado do mesmo possa ser relacionado com a resistência do concreto, o que vai de encontro à afirmação anteriormente levada a efeito por aquele estudioso. Neste sentido, eis o que ele afirma:

"esse ensaio (Los Angeles) (é) muito usado (...) porque seus resultados mostram boa correlação não só com a resistência do agregado ao desgaste no concreto mas (também) com a resistência do concreto à compressão e à tração, quando é utilizado o agregado considerado."

DURIEZ (1950) evidencia a distinção entre o que ele chama de "abrasion" e "attrition."

Como "abrasion" o autor considera a alteração produzida, sobre o material pesquisado, resultante do atrito entre o mesmo e um corpo estranho, enquanto "attrition" é a alteração produzida pelo desgaste do atrito recíproco do material

pesquisado.

A propósito, assim se posiciona aquele pesquisador:

“La resistance à l'usure proprement dite (abrasion) est obtenue en caractérisant l'altération produite sur la pierre par le frottement d'un corps dur étranger.

Quant à l'usure par frottement réciproque, nous la désignons sous le nom de résistance à l'attrition; c'est une caractéristique différente de la précédente et qui ne se mesure ni de la même façon, ni avec les mêmes appareils.”

PETRUCCI (1973) refere-se aos dois conceitos (“abrasion” e “attrition”) declarando:

“Temos duas maneiras de executar o ensaio de desgaste: o material é atritado contra um disco horizontal que gira e usa-se abrasivo, areia ou coríndon (resistência à abrasão); ou faz-se o desgaste recíproco (atrito) de pedaços de pedra em aparelhos especiais: Deval ou Los Angeles.”

A afirmação de PETRUCCI (1973) é explícita ao admitir que o ensaio Los Angeles afere, não a resistência à “abrasão”, mas sim a resistência ao “atrito”. Tal proposição, entretanto, deve ser analisada com cautela, pois, pela sua concepção, o ensaio Los Angeles não avalia apenas o efeito do “atrito” (“attrition”) (ação de desgaste recíproco), uma vez que há, também, a influência de esferas de aço-corpos estranhos, portanto-

Assim sendo, conclui-se que o ensaio Los Angeles, na realidade, reflete o efeito combinado do “atrito” (“attrition”) e “abrasão”, e não apenas o efeito deste último, o qual parece constituir-se na solicitação característica dos pavimentos.

A NBR 7211 estabelece em 50% a perda máxima admissível para agregados graúdos destinados a concretos, (referida ao ensaio Los Angeles) enquanto o DNER, através da especificação EM- 37-71, cujo “objetivo é fixar as características exigíveis do agregado graúdo destinado ao emprego em concreto de cimento portland para placas de pavimento, pontes, viadutos ou outras estruturas”, não faz referência ao

ensaio Los Angeles, e, sim, nos termos abaixo transcritos, "à resistência ao esmagamento":

"Conforme o fim a que se destine o concreto, o agregado graúdo deverá apresentar os seguintes valores para resistência ao esmagamento:

- a) para concretos sujeitos a desgaste superficial: 65%
- b) para outros concretos: 55%."

II-6-2 Influência das Dimensões dos Corpos-de-Prova nas Características do Concreto

Considerando a óbvia tendência indicada no já aludido documento publicado pelo "American Concrete Institute", segundo o qual (...) "resistências até 1.400 kg/cm² serão obtidas rotineiramente (nos anos 2.000) nas centrais de concreto", é fácil concluir que, para não vir a ser desnecessariamente ultrapassado o máximo de cargas das prensas destinadas à verificação do concreto, torna-se indispensável a redução dos seus corpos-de-prova, podendo-se, ainda a favor de tal procedimento, fazer referência ao fato de que a confiabilidade dos resultados obtidos nos ensaios aumenta extraordinariamente à medida em que se dispõe de maior quantidade de espécimes rompidos, o que ocorreria com a considerável diminuição de espaço, tempo, peso e custo, conseqüentes da aludida diminuição dos corpos-de-prova.

NEVILLE (1982), a propósito do assunto em questão, assim se pronuncia:

"Como o concreto é constituído de materiais de resistências diferentes, é lógico esperar que quanto maior for o volume de concreto submetido a tensão, mais provável é que contenha um elemento de resistência extrema -baixa- dada. Como resultado, o valor da resistência obtida diminui com o aumento do tamanho do corpo-de-prova, e o mesmo ocorre com a variabilidade da resistência de corpos-de-prova iguais, Como a influência do tamanho sobre a resistência depende do desvio-padrão da resistência, conclui-se que o efeito do tamanho é tanto menor quanto mais homogêneo for o concreto".

Ainda NEVILLE (1982)

"É evidente que um corpo-de-prova deve ser bem maior que o tamanho das partículas de agregado do concreto. Várias entidades recomendam diferentes relações entre a menor dimensão do corpo-de-prova e o tamanho máximo do agregado (...). A A.S.T.M C 192 - 76 limita ao valor três a relação entre o diâmetro do cilindro e o tamanho máximo do agregado, e o valor fixado pela U.S.A Bureau of Reclamation é quatro. Um valor entre três e quatro é, geralmente, considerado satisfatório.

A limitação do tamanho é consequência do efeito de parede; as paredes têm influência sobre a acomodação do concreto, pois a quantidade de argamassa necessária para preencher o espaço entre as partículas de agregado graúdo e as paredes do molde é maior do que a necessária no interior da massa e, portanto, além da argamassa disponível numa mistura bem dosada".

A interpretação a ser dada às argumentações de NEVILLE (1982), ora apresentadas, deve ser dividida em dois itens básicos que, a seguir são discriminados:

1) a melhor representatividade dos resultados obtidos é função de uma maior quantidade de concreto ensaiado (daí a "vantagem" das maiores dimensões dos corpos-de-prova) sendo o desvio-padrão o reflexo de tal representatividade;

2) é necessário que se estabeleça uma relação entre a dimensão máxima característica do agregado graúdo e o diâmetro da base do molde empregado, para que se atenuie a influência do "efeito de parede", isto é, a tendência de a argamassa se concentrar nas proximidades dos limites laterais das fôrmas, o que faz aumentar a probabilidade da existência de uma maior quantidade de "elos mais fracos" (teoria já abordada neste trabalho).

Em relação ao primeiro item, já foi analisado o fato de a redução das dimensões das fôrmas possibilitar a moldagem de

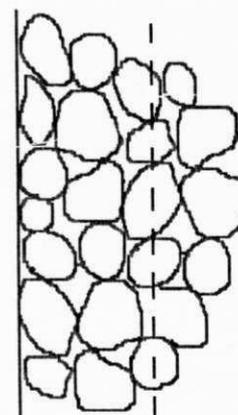


Figura 03
Representação do
Efeito de Parede

uma maior quantidade de corpos-de-prova e, por isso, na realidade, propiciar uma melhor representatividade do concreto ensaiado e, em relação ao segundo, pode-se dizer que o fato de a dimensão máxima característica do agregado gráudo não ser superior a $1/3$ do diâmetro do molde utilizado não se constitui, atualmente, em fator limitante à utilização de moldes de dimensões reduzidas, dada a tendência crescente de se evitarem agregados com dimensões superiores a 30 mm.

Ainda sobre o "efeito de parede", DURIEZ (1950) já concluía:

"L'effet de paroi dû à la présence de surfaces de séparation des moules (...) conduit à une augmentation de la quantité de mortier pour maintenir une bonne compacité à la limite".

PIZARRO (1959) afirma que "quanto à influência das dimensões dos corpos-de-prova geometricamente semelhantes, embora se verifique uma diminuição da resistência quando elas aumentam, pode ser considerada como praticamente desprezível".

É importante ressaltar a observação de PIZARRO (1959) quanto à necessidade de dimensões geometricamente semelhantes, o que pode ser verificado através da relação constante altura/diâmetro das fôrmas que, no caso brasileiro, partindo do molde "padrão" de 30cm/15cm, é 2.

PETRUCCI (1968), a propósito do assunto ora abordado, assim se pronuncia.

"Dependendo do diâmetro máximo do agregado, usam-se cilindros de diferentes dimensões, mantendo-se a relação 2 entre a altura e diâmetro".

RODRIGUES (1984) apresenta considerações que, fundamentalmente, ratificam o enfoque até aqui apresentado.

"No Brasil, os ensaios de resistência (...) são executados em corpos-de-prova cilíndricos com diâmetro nominal de 150mm e altura nominal de 300mm, podendo ser

utilizadas outras dimensões quando a dimensão máxima do agregado for superior a 50mm, desde que a relação altura/diâmetro (h/d) seja igual a 2 (...). As dimensões dos corpos-de-prova, mesmo quando a relação h/d é mantida constante igual a dois, pode causar alteração nos resultados do ensaio. As diferenças são bastante pequenas ante as variações de dimensões do corpo-de-prova".

É sistemática a tendência de utilização de fôrmas de 10 cm x 20 cm, conforme se depreende dos vários trabalhos que vêm sendo apresentados em Congressos e Simpósios. Em tal sentido, AMARAL, Cláudio Kerr, utiliza na sua pesquisa "Microssilica em Concretos e Argamassas Alta Resistência", apresentada, em 1988, na "Reunião Anual do IBRACON - Instituto Brasileiro de Concreto" o controle de resistência com corpos-de-prova de 15 cm x 30 cm e, também, de 10 cm x 20 cm.

A propósito, o citado pesquisador apresenta um quadro comparativo de resistências de uma mesma dosagem que, abaixo é transcrito:

Idade (dias)	Resistência (MPa)	
	(15cmx30cm)	(10cmx20cm)
7	55,4	57,1
28	75,7	75,6
90	91,4	84,6

Os engenheiros HERMANN Elias e CAMERATO Carlos Reinaldo, no mesmo evento, ao defenderem o trabalho "Estudos e Aplicações de Concreto de Alta Resistência no Brasil", afirmam:

"Com o crescimento da resistência do concreto, um problema surgiu na medição desta resistência. As prensas mais comuns começam a ser exigidas em toda capacidade ou até se tornaram insuficientes para a ruptura de corpos-de-prova de 15 x 30 cm. Sabemos que as prensas, quando sofrem solicitações próximas a seus limites, apresentam deformações na sua estrutura, que distorcem os resultados da ruptura. Passamos então a estudar fôrmas de corpos-de-prova que conservassem proporção 1:2

entre diâmetro e altura , e também obedecessem a proporção de 1:4 entre o diâmetro máximo do agregado e o diâmetro do corpo de prova. Chegamos ao diâmetro de 10 cm e passamos a estudar a correlação entre as resistências obtidas com corpos-de-prova de 15 x 30 cm e 10 x 20 cm.

O primeiro traço empregado para o estudo de correlação apresentou as seguintes características:

TRAÇO T - 23 MS

Consumo de cimento: 390 Kg/m³

Microsílica EMSAC 500: 39 Kg/m³

Superplastificante: 5,07 l/m³

Fator água - cimento: 0,459

Fator água/cimento + micros: 0,417

Slump test: 8 ±1cm

Média dos resultados obtidos:

Idade (dias)	Resistência (MPa)		Fator de correlação	Fator de crescimento	
	(15x30)	(10x20)		(15x30)	(10x20)
1 dia	16,7	18,3	0,912	1,395	1,333
2 dias	23,3	24,4	0,955		
3 dias	28,7	29,9	0,960		
7 dias	37,0	38,5	0,961		
28 dias	45,2	48,9	0,924		
90 dias	47,1	51,8	0,909		
				1,222	1,270
				1,042	1,059

Concluindo as suas considerações HERMANN e CAMERATO (IBRACON, 1988), dizem:

"Pela análise dos resultados encontrados no estudo, verificamos que a correlação das resistências dos corpos-de-prova de 15 cm x 30 cm e 10 cm x 20 cm é um número próximo a um (...) . Em outros países, como Estados Unidos e Noruega, estão sendo estudados corpos-de-prova de 7,6 cm x 15,2 cm e 10,2 cm x 20,3 cm bem como a correlação de suas resistências com os cilindros de 15 cm x 30 cm. Os números destas correlações estão próximos aos encontrados em nossos estudos".

Observação: O Boletim nº 49 (março/abril 1994), do IBRACON, já deixava subentendida a forte tendência de normalização do emprego dos moldes de 10 cm x 20 cm - o que efetivamente ocorreu através da NBR 5738, de abril de 1994 -, quando, na Regulamentação Específica do Prêmio Prof. Telêmaco Van Langendonck, preconizou aquelas dimensões para a moldagem dos corpos-de-prova objeto da referida competição.

II-7 ANÁLISES ACERCA DO ENSAIO ESCLEROMÉTRICO

É o ensaio com o "esclerômetro de reflexão", desenvolvido por Ernst Schmitt, o método de se determinar a dureza superficial do concreto e, mesmo não havendo uma relação simples entre a dureza e a resistência, podem ser determinadas relações empíricas para concretos similares curados de modo que tenham resistências iguais tanto nas superfícies que vão ser ensaiadas com o esclerômetro, como nas partes mais profundas, cuja resistência se quer conhecer.

No ensaio com esclerômetro de reflexão, uma certa massa comprime uma mola e adquire uma determinada quantidade de energia pela expansão dessa mola até uma posição determinada; isto é conseguido pressionando-se um pistão contra a superfície a ser ensaiada. Depois de solta, a massa sofre uma reflexão pelo pistão ainda em contato com a superfície do concreto, e a distância percorrida pela massa, em porcentagem da deformação inicial da mola, é denominada índice esclerométrico; é indicado por um cursor que se move ao longo de uma escala graduada.

O índice esclerométrico é uma medida arbitrária, pois depende da massa da

mola e da energia armazenada pela mesma. Os fatores que alteram só a superfície do concreto, como o grau de saturação ou a carbonatação, podem levar a distorção de resultados, no que concerne às propriedades do concreto no interior da estrutura.

O tipo de agregado tem influência sobre o índice esclerométrico, de modo que a relação entre esse índice e a resistência deve ser determinada experimentalmente para cada concreto num mesmo local (NEVILLE 1982).

PETRUCCI E PAVLON (1993), a propósito, enumeram e comentam algumas indicações contidas na NBR - 7584, que, a seguir, são transcritas:

"As regras seguintes devem ser observadas para alcançar resultados satisfatórios:

1ª) utilização do aparelho na horizontal. Em caso de utilização do aparelho na vertical ou em posição inclinada, o número de dureza será obtido(...) com uma correção obtida a partir de dados teóricos;

2ª) quando a experiência for feita em peças de pequena espessura, deve ser utilizado um encosto de objetos pesados;

3ª) execução de 6 a 10 determinações em diferentes lugares da superfície, devendo 70% dos valores isolados não se afastarem mais de 10% da média, Em caso contrário, continuam-se as determinações até se conseguir, com certa precisão, o valor de recuo. Devem ser considerados, para eventual eliminação, choques dados sobre pedra que, evidentemente, não mostram a dureza do concreto, que é governada pela argamassa."

VIEIRA FILHO (1994) lembra que o "valor médio do IE (índice esclerométrico) será corrigido através de coeficientes fornecidos pelo fabricante do esclerômetro, caso o ensaio não seja executado na posição horizontal."

Ainda VIEIRA FILHO (1994):

"Com referência às limitações dos ensaios esclerométricos ressalta-se que os

mesmos fornecem informações a respeito da dureza superficial do concreto (...) que é influenciada por um grande número de fatores, tais como: tipo de cimento e tipo de agregado, o estado da superfície a ser ensaiada (...), as condições de umidade da superfície, esbeltez do elemento a ser ensaiado, carbonatação da superfície e idade do concreto."

"O ensaio esclerométrico é um ensaio não destrutivo, bastante rápido e de fácil execução e sobretudo permite averiguar a uniformidade da dureza superficial do concreto ou a sua homogeneidade."

"Permite também, levando-se em conta as considerações já efetuadas, uma estimativa da resistência à compressão do concreto de referência."

NEVILLE (1982) assim interpreta o significado do ensaio esclerométrico:

"Pode-se concluir que o ensaio (esclerométrico) é apenas de natureza comparativa e não tem fundamento o alarde feito pelos fabricantes de que o índice esclerométrico pode ser transformado diretamente em resistência à compressão."

A dureza dos concretos depende, em particular, das propriedades elásticas dos agregados, e pode também ser muito influenciada por grandes diferenças de composição das misturas e pela carbonação. Não obstante, o ensaio tem utilidade para avaliação da uniformidade do concreto e tem grande utilidade na verificação do material em toda uma estrutura ou na fabricação em série como no caso de pré-moldados. A resistência real do concreto para fins de comparação deve ser determinada através do ensaio normal de compressão."

"Uma estrutura de concreto também pode ser ensaiada com o esclerômetro para verificação se o índice esclerométrico atinge o valor correspondente à resistência pretendida."

Isso é de grande ajuda na decisão de quando se deve remover o escoramento ou colocar a estrutura em serviço."

CAPÍTULO III

DIRETRIZES BÁSICAS DOS ESTUDOS REALIZADOS

III-1 METODOLOGIA APLICADA

Com o presente trabalho voltado à pesquisa das propriedades mecânicas do agregado laterítico, não saturado e, também, sem que do mesmo se tenham removido os finos envolventes, pretendeu-se reconstituir a situação do canteiro de obras, onde os materiais, em princípio, são empregados sem os referidos tratamentos prévios.

O comportamento do concreto granítico, por sua vez, utilizado em condições idênticas às do agregado laterítico, foi tomado como referencial para a análise e conclusões concernentes a este último.

Assim sendo, a partir das relações constantes (em massa) pedra/areia= 1,22 e água/mistura seca = 0,9, compatíveis com a trabalhabilidade normalmente requerida, e de fatores água/cimento de 0,40 - 0,60 e 0,80, foram estabelecidas as três dosagens deste estudo que, abaixo, são enumeradas:

Tabela 3.1 Dosagens Consideradas no Estudo (em massa)

Dosagem 1:	1 : 1,55 : 1,89 : 0,40
Dosagem 2:	1 : 2,55 : 3,12 : 0,60
Dosagem 3:	1 : 3,55 : 4,34 : 0,80

As dosagens 1, 2 e 3 foram designadas, para os concretos graníticos, por G_1 , G_2 e G_3 e, para os concretos lateríticos, por L_1 , L_2 e L_3 , respectivamente.

A partir das "massas unitárias" dos agregados e do cimento, (esta última 1,42 g/cm³ e as primeiras indicadas na tabela 4.1) a conversão das dosagens em massa para volume de material solto apresentou os seguintes valores:

Tabela 3.2 Dosagens consideradas no estudo (em volume)

Dosagem	Representação em volume
G ₁	1 : 1,47 : 1,92 : 0,57
G ₂	1 : 2,41 : 3,16 : 0,85
G ₃	1 : 3,36 : 4,40 : 1,14
L ₁	1 : 1,47 : 1,75 : 0,57
L ₂	1 : 2,41 : 2,90 : 0,85
L ₃	1 : 3,36 : 4,03 : 1,14

Foram calculadas as relações "massa de água/volume de concreto", "volume de agregado graúdo/volume de agregado miúdo" e "volume de agregado/volume de cimento", indicadas a seguir, com as quais podem ser analisados alguns dos parâmetros relativos à lei de Lyse.

Tabela 3.3

Relações diversas entre componentes das dosagens

Dosagem	$\frac{\text{massa de água (kg)}}{\text{vol. de concreto (m}^3\text{)}}$	$\frac{\text{vol. de ag. graúdo}}{\text{vol. de ag. miúdo}}$	$\frac{\text{vol. de agregado}}{\text{vol. de cimento}}$
G ₁	202	1,31	3,39
G ₂	200	1,31	5,57
G ₃	202	1,31	7,76
L ₁	206	1,19	3,22
L ₂	203	1,20	5,31
L ₃	200	1,20	7,39

O estudo proposto se desenvolveu a partir das análises efetuadas em corpos-de-prova cilíndricos de 10cm x 20cm, moldados e capeados segundo a NBR 5738-94. O processo de adensamento escolhido foi o manual, e a cura, um dos itens básicos da pesquisa, se realizou, para todas as dosagens, tanto através da imersão como através da exposição ao ar.

Às idades de 7, 28 e 91 dias realizaram-se ensaios destrutivos e não destrutivos segundo as NBR 5739, NBR 7222 e NBR 7584, referentes, respectivamente, à resistência à compressão simples, à resistência à tração por compressão diametral e à esclerometria.

As moldagens ocorreram entre 26-7-93 e 09-9-93, e as rupturas e esclerometria entre 02-8-93 e 09-12-93.

Os corpos-de-prova curados ao ar permaneceram ao abrigo do Sol e protegidos da incidência do vento. Estiveram submetidos a umidades relativas do ar próximas a 75% (média anual, medida às 15 h) e 80% (média anual, medida às 09 h), (Estes dados foram observados entre 1973 e 1987 pelo posto do Curado, localizado a menos de 10km do Laboratório da P.C.R. local onde se deu a cura dos corpos-de-prova).

A temperatura, no interior do laboratório da P.C.R., ao longo do período do estudo, oscila entre 25°C e 30°C.

Para cada traço foram moldados 12 pares de corpos-de-prova, tendo sido 6 pares para a verificação da R.C.S e 6 pares para a verificação da R.T.C.D.

Considerando os elementos até aqui indicados, verifica-se que o estudo se baseou nas características de 432 corpos-de-prova representativos dos concretos moldados, curados e rompidos de acordo com o seguinte roteiro:

Quadro 3.1

Roteiro da Moldagem dos Corpos-de-Prova

- idades para ruptura : 3 (7, 28 e 91 dias)
- corpos-de-prova por traço: 24
12 para RCS (6 curados ao ar, 6 curados em imersão)
12 para RTCD (6 curados ao ar, 6 curados em imersão)
- traços : 3
- britas : 2 (laterita e granito)

Para cada uma das dosagens foram calculados o consumo "teórico" e o consumo "real" de cimento; o primeiro conceituado a partir da consideração da inexistência de vazios e o segundo verificado após a moldagem dos corpos-de-prova.

A partir do traço unitário em massa 1: a : b, determinou-se o consumo teórico através da relação:

$$C_t = 1000 / [(1/\gamma_c) + (a/\gamma_a) + (b/\gamma_b) + (a/c)] , \text{ em que}$$

C_t = consumo teórico do cimento em Kg / m³.

γ_c = massa específica do cimento, em Kg / l,

γ_a = massa específica de areia, em Kg / l,

γ_b = massa específica da brita, em Kg / l,

a/c = fator água cimento,

e o consumo real de cimento foi determinado a partir da relação.

$$C_r = \frac{d}{k} , \text{ em que}$$

C_r = consumo real em kg / m³

d = massa unitária do concreto, logo após compactado, em Kg / m³

Por sua vez, $K = 1 + a + b + a/c$ onde a, b e a/c correspondem, respectivamente, à massa da areia, à massa da brita e ao fator água-cimento, relativos a 1Kg de cimento no traço unitário

Para a verificação da resistência à compressão simples e da resistência à tração por compressão diametral utilizou-se a prensa do Laboratório da Prefeitura do Recife, marca AMSLER, de fabricação suíça, ano 1961, cujas resolução e capacidade são, respectivamente, 5t e 100t.

A colocação de material na betoneira seguiu a ordem 50% de água, 100% de agregado graúdo, 100 % de cimento, 100% de agregado miúdo, 50% de água, e o tempo total da mistura foi 5 min.

Foi utilizada uma betoneira basculante, marca "IRBI" de 100 litros de capacidade de produção, pertencente ao Laboratório de Materiais de Construção da Universidade Federal de Pernambuco.

Cada betonada correspondia à quantidade de concreto suficiente para que se moldassem 36 corpos-de-prova (10 cm x 20 cm).

Antes de submetidos à compressão simples, os corpos-de-prova foram capeados com uma mistura fervente de enxofre e cimento portland.

A avaliação da dureza superficial do concreto, conforme já referido, foi levada a efeito segundo o prescrito na NBR 7582, com o equipamento aplicado perpendicularmente à geratriz dos corpos-de-prova (horizontalmente, portanto), não se fazendo necessário, por isso, correção no tocante ao ângulo de incidência do pistão. Cada espécime foi submetido a uma quantidade mínima de dez impactos, tendo sido desprezados os valores fora do intervalo $\pm 10X$, em que X representa a média aritmética dos índices esclerométricos correspondentes às leituras dos impactos. Os corpos-de-prova antes de submetidos às verificações esclerométricas eram fixados na prensa sob o efeito de uma carga vertical de aproximadamente 1 MPa, com o que se evitava a dissipação de energia.

A consistência referente a cada uma das dosagens foi avaliada segundo a NBR 7223/82, relativa ao abatimento do tronco de cone - "slump test" - .

III-2 MATERIAIS UTILIZADOS

III-2-1 Origem e Características dos Agregados Graúdos

O agregado graúdo granítico é proveniente da Pedreira "Guarany", localizada no município do Jaboatão dos Guararapes, região metropolitana da cidade do Recife, a qual é explorada pela empresa "BRIFORT".

Nesta pesquisa foi designado como agregado "convencional", e, por apresentar características físicas e mineralógicas dentro dos parâmetros consagrados pelas especificações, é empregado de forma generalizada na confecção de concretos destinados a inúmeras obras na R.M.R.

O agregado graúdo laterítico é proveniente de uma jazida localizada à margem direita da rodovia BR - 316, a 5 km da cidade de Castelo, no estado do Piauí. A formação geológica da referida jazida é a formação cabeças, constituída de arenitos de cores claras, branco e cinza amarelados, às vezes chegando a vermelho, médio grosseiro, freqüentemente conglomerático e muito pouco argiloso. O arenito apresenta estratificação muita espessa, sendo comum as estratificações cruzadas. Em alguns locais apresenta intercalações de siltitos e arenitos finos laminados, também de cores claras. A formação data da idade devoniano médio e superior. A composição química da fração argila, em relação ao solo total, do agregado "não convencional" permite se calcular a relação molecular sílica/sesquióxidos do mesmo, cujo valor verificado de 1,69 permite caracterizá-lo, segundo tal critério, como "material laterítico" (D.N.E.R - ME 49 - 74), e como "laterita", segundo as faixas definidas por Joachin e Kandak (1941).

Idêntica distribuição granulométrica dos agregados graúdos, graníticos e lateríticos, foi previamente estabelecida, com a intenção de se eliminar a influência diferenciada de tal parâmetro nas características dos concretos analisados e, como tal, foi escolhida a faixa de graduação "2" estabelecida pela NBR 7211.

Na escolha da curva granulométrica optou-se por uma reduzida percentagem acumulada na peneira de 25mm, a qual, além de ser compatível com grande número

de traços atualmente considerados em obras, minimizou o "efeito de parede" decorrente das reduzidas dimensões das fôrmas utilizadas na moldagem dos corpos-de-prova (ver tabela 3.4)

Tabela 3.4

Distribuição Granulométrica dos Agregados Graúdos

Peneira (em mm)	graduação "2"	distribuição escolhida
32	0	0
25	0 - 25	5
19	75 - 100	80
12,5	90 - 100	95
9,5	95 - 100	100

A distribuição escolhida apresenta o módulo de finura 7,8 e a dimensão máxima característica de 25mm.

Os materiais utilizados como agregados graníticos foram obtidos, já beneficiados, de uma central de britagem, e aqueles utilizados como agregado laterítico foram obtidos sob a forma de concreções que, por apresentarem grandes dimensões, foram inicialmente fracionados em um britador de mandíbulas BMA 21, fabricado por "Máquinas Renard - Indústria e Comércio Ltda", de propriedade da UFPB e, posteriormente, foram ainda reduzidos de tamanho sob o efeito de percussão manual, no sentido de se adequarem às imposições granulométricas previamente estabelecidas.

As características dos agregados graúdos (químicas, físicas e mecânicas) que exercem influência na qualidade do concreto foram verificadas segundo os métodos prescritos pela ABNT e, na inexistência destes, segundo métodos prescritos por outras entidades e já consagrados pelo uso. Assim sendo, a caracterização química desenvolveu-se segundo o "Método de Análise nº 09 e nº 88" do Ministério do Interior, e teve como objetivo a determinação do resíduo insolúvel dos óxidos Si O_2 , $\text{Fe}_2 \text{O}_3$,

Al_2O_3 , CaO , MgO , Na_2O , K_2O , e os ensaios físicos e mecânicos, cujo objetivo básico foi a determinação da forma, resistência aos esforços mecânicos, massas específica e unitária, absorção e presença de substâncias deletérias foram realizados segundo os métodos indicados no Quadro 3.2.

QUADRO 3.2

Discriminação dos Ensaios de Caracterização dos Agregados Graúdos

ENSAIO	MÉTODO
Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção d'água	NBR - 6458 / 84
Granulometria dos agregados	NBR - 7217 / 87
Agregado em estado solto- Determinação de massa unitária	NBR - 7251 / 82
Índice de forma	NBR - 7809
Teor de material pulverulento	NBR - 7219 / 87
Determinação de Abrasão Los Angeles	NBR - 6465 / 84
Determinação da Resistência ao Esmagamento	NBR - 9938 / 87
Análise da Resistência Mecânica do Agregado pelo Método dos 10% de Finos	ME 96 / 71 - DNER / 1971

III-2-2 Origem e Caracterização dos Agregados Miúdos

Foi escolhido como agregado miúdo uma areia largamente utilizada em obras de engenharia da R.M.R, proveniente do rio Ipojuca, a qual foi submetida aos seguintes ensaios de caracterização.

QUADRO 3.3

Discriminação dos Ensaio de Caracterização dos Agregados Miúdos

ENSAIO	MÉTODO
- Determinação da análise granulométrica	NBR - 7217
- Determinação de massa específica	NBR 9776
- Determinação de massa unitária do agregado em estado solto	NBR 7251
- Determinação do teor de material pulverulento	NBR 7219
- Determinação das impurezas orgânicas húmicas	NBR 7220

O agregado miúdo foi empregado sem nenhum tratamento prévio e, ao longo do tempo em que, nesta pesquisa, se fez uso do mesmo, permaneceu ao abrigo das intempéries. As verificações periódicas do seu teor de umidade natural indicavam a permanência do percentual nulo de tal parâmetro.

III-2-3 Origem e Característica do Aglomerante.

O aglomerante utilizado nesta pesquisa foi o Cimento Portland CP II F - 32, caracterizado pela adição do percentual máximo de material carbonático previsto na NBR 11.578 (10%).

Foi fabricado pela CIPASA, localizada na cidade de João Pessoa, e, enquanto estocado, foi armazenado em sacos plásticos hermeticamente fechados, com o que se evitava o risco de hidratação prematura decorrente da ação da umidade do meio ambiente.

Os ensaios específicos do cimento, cujos resultados são apresentados nos "ANEXOS", foram realizados segundo a prescrição da NBR 7215, e tiveram a finalidade de caracterizá-lo segundo os seguintes parâmetros:

- finura,
- pega,
- expansibilidade,
- resistência à compressão,
- composição química.

O período dos ensaios apresentados corresponde ao da moldagem dos corpos-de-prova.

III-2-4 Origem e Caracterização da Água de Amassamento:

A água de amassamento foi aquela normalmente utilizada pela COMPESA - Companhia Pernambucana de Saneamento - para abastecimento da cidade do Recife, e o seu emprego levou em conta os seguintes fatores básicos:

- ser de uso comum, com excelentes resultados, em obras de construção civil do Recife;
- não comprometer as características essenciais dos concretos em que dela se faça uso;
- assegurar a não variabilidade dos parâmetros intervenientes na hidratação do cimento.

A análise da água de amassamento empregada nesta pesquisa teve o objetivo fundamental de determinar a percentagem em peso de sólidos dissolvidos na mesma, o que, em síntese, se constitui no parâmetro básico para seu eventual emprego na confecção dos concretos.

CAPÍTULO IV

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados dos ensaios de caracterização dos agregados e aglomerante utilizados nesta pesquisa, bem como os resultados dos ensaios realizados com os concretos, em estado fresco e endurecido, confeccionados com aqueles.

Em seguida são levados a efeito comentários acerca dos resultados obtidos que, após correlacionados, são analisados com base na bibliografia específica e segundo a avaliação do titular desta pesquisa, considerando-se, desta forma, os itens "Apresentação dos Valores Obtidos" e "Interpretação dos Fenômenos Observados", a seguir discriminados, concernentes à análise ora desenvolvida.

IV-1 APRESENTAÇÃO DOS VALORES OBTIDOS

IV-1-1 Resultados dos Ensaios Realizados com os Agregados Graúdos.

A curva granulométrica dos agregados graúdos, conforme já referido, foi previamente estabelecida dentro da faixa da "graduação 2", estabelecida pela NBR-7211, e a composição química dos mesmos foi definida segundo o "Método de Análise nº 09 e nº 88" do Ministério do Interior.

Quando da determinação das características mecânicas foi empregada a metodologia relativa aos ensaios de "esmagamento" e "10% de finos", este ainda não oficializado pela ABNT, razão pela qual é a descrição do mesmo apresentada nos "Anexos" deste trabalho.

Nas tabelas 4.1 e 4.2, a seguir apresentadas, constam os resultados dos ensaios a que os agregados graúdos foram submetidos.

Tabela 4.1

Características Físicas e Mecânicas dos Agregados Graúdos

Característica	Método	Resultados	
		Agregado Granítico	Agregado Laterítico
Massa específica (g/cm ³)	NBR 6458	2,77	3,04
Massa específica aparente (g/cm ³)	NBR 6458	2,74	2,67
Absorção	NBR 6458	0,3	4,5
Granulometria (Módulo de finura)	NBR 7217	7,8	7,8
Granulometria (Dimensão máxima característica - mm)	NBR 7217	25	25
Massa unitária no estado solto (g/cm ³)	NBR 7251	1,40	1,53
Índice de forma	NBR 7809	0,80	0,99
Teor de materiais pulverulentos (agregado não lavado)	NBR 7219	0,19	2,22
Resistência ao Desgaste "Los Angeles" (%)	NBR 6465	17,0	35,0
Resistência ao Esmagamento (%)	NBR 9938	15,8	30,1
Resistência Mecânica pelo Método dos 10% de Finos (kN)	ME 96 DNER 1971	257	128

Tabela 4.2

Composição Química dos Agregados Graúdos

Componente	Resultados	
	Agregado Granítico	Agregado Laterítico
SiO ₂ (Óxido de Silício)	59,71	25,53
Fe ₂ O ₃ (Sesquióxido de Ferro)	7,86	46,14
Al ₂ O ₃ (Sesquióxido de Alumínio)	13,53	15,25
CaO (Óxido de Cálcio)	5,56	0,07
MgO (Óxido de Magnésio)	2,50	0,08
K ₂ O (Óxido de Potássio)	3,61	0,10
TiO ₂ (Óxido de Titânio)	1,78	1,77
Na ₂ O (Óxido de Sódio)	3,10	0,47

O elevado valor de absorção do agregado laterítico implicou na necessidade de acompanhamento da evolução de tal fenômeno ao longo de 24 horas, com o que se verificou que significativo percentual do mesmo (cerca de 80%) ocorre após a primeira hora. A tabela 4.3 indica, de forma detalhada, o referido processo evolutivo.

Tabela 4.3

Distribuição Granulométrica do Agregado Miúdo	
Peneira (mm)	% de massa retida, acumulada
4,8	0
2,4	2,3
1,2	25,6
0,6	70,8
0,3	94,9
0,15	98,8

IV-1-2 Resultados dos Ecnsaio Realizados com o Agregado Miúdo

A distribuição granulométrica do agregado miúdo, indicada na tabela 4.3, permite verificar que o mesmo se aproxima da "zona 4" prescrita pela NBR 7217, tendo prevalecido, no entanto, quando da escolha do agregado em questão, o critério do "uso consagrado", prescrito pela referida NBR 7217.

Tabela 4.4

Distribuição Granulométrica do Agregado Miúdo	
Peneira (mm)	% de massa retida, acumulada
4,8	0
2,4	2,3
1,2	25,6
0,6	70,8
0,3	94,9
0,15	98,8

O "módulo de finura" e a "dimensão máxima característica" do agregado miúdo, definidos a partir da sua granulometria, são, respectivamente, 2,92 e 2,4 mm, o que permite classificá-lo, segundo PETRUCCI (1992), como "areia média"

Os demais resultados dos ensaios realizados com o agregado miúdo são indicados na tabela 4.5

Tabela 4.5

Resultados dos Ensaios de Caracterização do Agregado Miúdo.

Propriedade	Método	Resultado
Massa específica (g/cm ³)	NBR 9776	2,64
Massa unitária no estado solto (g/cm ³)	NBR 7251	1,50
Teor de material pulverulento (%)	NBR 7219	2,0
Impurezas orgânicas húmicas	NBR 7220	menos de 300 partes por milhão

IV-1-3 - Resultados dos Ensaios Realizados com os Concretos

Neste item são apresentadas várias tabelas a partir das quais se desenvolveram os principais tópicos das "análises" e "conclusões" apresentados neste trabalho. As tabelas 4.6 e 4.7 referem-se ao "concreto fresco", enquanto as restantes (da 4.8 à 4.17) referem-se ao "concreto endurecido". A apresentação dos "gráficos" por sua vez, tem a finalidade de possibilitar uma melhor observação dos resultados obtidos.

Isto posto, são indicados, a seguir, os valores verificados através dos ensaios para "Determinação do Consumo", "Consistência", "Esclerometria", "Resistência à Compressão Simples" e "Tração por Compressão Diametral", bem como diversas relações entre estes.

Tabela 4.6

Consumos "Teóricos" e "Reais" das Diferentes Dosagens

Dosagem	Consumo (Kg/m ³)	
	"Teórico"	"Real"
G ₁	503	504
G ₂	331	333
G ₃	248	253
L ₁	518	516
L ₂	342	339
L ₃	256	250

A partir da análise da tabela 4.6 constata-se que, para altos consumos, o "C_r" aproxima-se do "C_t", podendo-se imaginar que tal fato seja devido à tendência para maior compactidade das dosagens que apresentam consumos de cimento mais elevados, a qual, ao diminuir os vazios destas, aproxima o consumo real do consumo teórico das mesmas.

Por outro lado, a constatação de que as dosagens graníticas, diferentemente do que ocorre com as dosagens lateríticas, apresentam consumo teórico inferior ao consumo real, pode estar relacionada com as massas específicas dos agregados graúdos (granito e laterita) empregados.

Tabela 4.7

Valores do "Slump-Tests" das diferentes Dosagens (NBR 7223)

Dosagem	logo após a moldagem	Abatimento (cm)		
		5 min após a moldagem	15 min após a moldagem	30 min após a moldagem
G ₁	6,0	6,0	6,0	6,0
G ₂	7,5	7,5	7,5	7,0
G ₃	8,5	8,5	8,5	8,0
L ₁	2,0	2,0	2,0	1,5
L ₂	4,0	3,0	2,5	2,0
L ₃	5,5	4,0	3,0	2,0

Tabela 4.8

Resistência à Compressão Simples (Cura ao Ar e Cura em Imersão)

Dosagem	Resistência (MPa)					
	Cura ao ar			Cura em imersão		
	7 dias	28 dias	91 dias	7 dias	28 dias	91 dias
G ₁	26,6	31,6	32,5	26,9	31,9	34,9
L ₁	29,1	33,2	35,5	29,5	33,5	39,0
G ₂	14,4	16,2	17,8	14,9	17,7	21,2
L ₂	17,2	20,4	21,7	17,3	23,5	28,4
G ₃	8,1	9,4	10,6	8,5	10,8	13,6
L ₃	11,1	13,2	14,2	11,4	15,8	20,1

Tabela 4.9

Resistência à Tração por Compressão Diametral
(Cura ao Ar e Cura em Imersão)

Dosagem	Resistência (MPa)					
	Cura ao ar			Cura em imersão		
	7 dias	28 dias	91 dias	7 dias	28 dias	91 dias
G ₁	3,0	3,2	3,7	3,0	3,4	4,0
L ₁	2,4	2,7	2,9	2,7	2,9	3,1
G ₂	1,6	2,0	2,2	1,8	2,4	2,9
L ₂	1,7	1,9	2,0	2,0	2,3	2,8
G ₃	1,1	1,3	1,4	1,3	1,6	1,9
L ₃	1,3	1,5	1,7	1,6	1,8	2,2

Tabela 4.10

Correlação entre a Resistência à Compressão Simples a Diferentes Idades

(Cura ao ar).

Dosagem	fc28/tc7	fc91/tc28	fc91/tc7
G1	1,19	1,03	1,22
L1	1,14	1,07	1,22
G2	1,13	1,10	1,24
L2	1,19	1,06	1,26
G3	1,16	1,13	1,31
L3	1,19	1,08	1,28

Tabela 4.11

Correlação entre a Resistência à Compressão
Simples a diferentes Idades (Cura em imersão)

Dosagem	fc28/fc7	fc91/fc28	fc91/fc7
G1	1,19	1,09	1,30
L1	1,14	1,16	1,32
G2	1,19	1,20	1,42
L2	1,36	1,21	1,64
G3	1,27	1,26	1,60
L3	1,39	1,27	1,76

Tabela 4.12

Correlação entre a Resistência à Tração por Compressão Diametral a
Diferentes idades (Cura ao Ar).

Dosagem	ft28/ft7	ft91/ft28	ft91/ft7
G1	1,07	1,16	1,23
L1	1,13	1,07	1,21
G2	1,25	1,10	1,38
L2	1,12	1,05	1,18
G3	1,18	1,08	1,27
L3	1,15	1,13	1,31

Tabela 4.13

Correlação entre a Resistência à Tração por Compressão Diametral à Diferente Idades
(Cura em imersão)

Dosagem	ft28/ft7	ft91/ft28	ft91/ft7
G1	1,13	1,18	1,33
L1	1,07	1,06	1,15
G2	1,33	1,21	1,40
L2	1,15	1,21	1,40
G3	1,23	1,19	1,46
L3	1,13	1,22	1,38

Tabela 4.14

Correlação entre a resistência à tração por compressão diametral e a resistência à
compressão simples (cura ao ar)

Dosagem	ft7/fc7	ft28/fc28	ft91/fc91
G1	0,11	0,10	0,11
L1	0,08	0,08	0,08
G2	0,11	0,12	0,12
L2	0,10	0,09	0,09
G3	0,13	0,14	0,13
L3	0,12	0,12	0,12

Tabela 4.15

Correlação entre a Resistência à Tração por Compressão Diametral e a Resistência à Compressão Simples (Cura em Imersão).

Dosagem	ft7/fc7	ft28/fc28	ft91/fc91
G1	0,11	0,11	0,11
L1	0,09	0,09	0,08
G2	0,11	0,12	0,13
L2	0,08	0,12	0,10
G3	0,15	0,12	0,10
L3	0,14	0,11	0,11

Tabela 4.16

Avaliação da Dureza dos Concretos através da Esclerometria

Dosagem	Idade	Média dos Índices Esclerométricos (IE)	
		Cura em Imersão	Cura ao Ar
G1	7	25,2	27,4
L1	7	26,6	28,1
G1	28	26,5	27,8
L1	28	29,9	30,1
G1	91	22,7	24,5
L1	91	25,3	30,2
G2	7	14,3	20,6
L2	7	17,1	22,9
G2	28	17,2	22,4
L2	28	19,6	25,5
G2	91	16,6	25,4
L2	91	20,5	27,5
G3	7	10,2	17,8
L3	7	13,8	20,3
G3	28	12,4	19,2
L3	28	15,0	24,1
G3	91	10,8	23,0
L3	91	14,0	24,3

IV-1-4 Resultados dos Ensaios Realizados com o Aglomeramento e com a Água de Amassamento

Na pesquisa foram utilizados o cimento CP II - F 32, fabricado pela "Cimento Poty da Paraíba S.A" e água de abastecimento do campus da UFPE, cujas características básicas são indicadas nos "ANEXOS" deste trabalho.

IV-2 INTERPRETAÇÃO DOS FENÔMENOS OBSERVADOS

IV-2-1 Quanto à Resistência à Compressão Simples

A constatação de que, para uma mesma dosagem, o concreto laterítico apresenta, sistematicamente, resistência à compressão simples superior à do concreto granítico, torna evidente que, em tal caso, é a argamassa o agente definidor da resistência do concreto pois, se fosse imaginado de forma diferente, seria o concreto "convencional" o de maior resistência, uma vez que é fora de discussão a maior resistência à compressão do granito quando comparada com a da laterita.

Tal ocorrência (resistência à compressão simples do concreto laterítico superior à do concreto granítico) deveu-se ao emprego dos agregados graúdos secos, com o que a laterita, por apresentar maior porosidade, absorveu maior quantidade de água para se aproximar do estado SSS, provocando, em consequência, a diminuição do fator água-cimento efetivo dos concretos em que dela se tenha feito uso. Este fato implicou numa maior disponibilidade de água de amassamento dos concretos graníticos e, daí, a menor resistência dos mesmos.

As referidas observações confirmam, pelo menos em primeira aproximação, a validade da "lei de Abrams" e da teoria do "elo mais fraco", dada a evidência de que a ruptura se deu através da argamassa (elo mais fraco) e argamassa de menor fator água-cimento efetivo apresentou maior resistência (lei de Abrams). Diga-se, ainda, que

simples mostram que os agregados graúdos efetivamente permanecem intactos.

A evolução do "slump-test", por outro lado, confirma a maior absorção do agregado laterítico.

O fato de a imersão, para os concretos de fator água-cimento bastante reduzido (0,40), praticamente não ter influído, até os 28 dias, na resistência à compressão simples dos mesmos, e apresentar apenas discreta ação quando aquelas atingem idades mais avançadas, deve estar relacionado com o fenômeno da autodessecação que, dada a escassez de água de amassamento do citado fator, consome a água fornecida durante a cura em imersão, impedindo que haja, nos capilares dos concretos imersos, pressões maiores do que aquelas dos concretos simplesmente expostos ao ar. Com o passar do tempo diminui a intensidade da autodessecação e, conseqüentemente, passa a água da imersão a provocar, de forma plena, o aumento da pressão capilar, podendo-se, dessa forma, justificar o fato de, só a idades avançadas, a resistência dos concretos de baixo fator água-cimento, curados em imersão, apresentarem valores superiores (ainda que discretamente) aos dos concretos de baixo fator água-cimento simplesmente expostos ao ar. O discreto aumento da resistência das referidas dosagens ($a/c = 0,40$) deve estar, também, relacionado com o alto consumo de cimento das mesmas, o que, por si só, já influi para que se verifique tal ocorrência.

A interferência da imersão nos acentuados incrementos da resistência das misturas pobres e, de forma mais marcante, nas misturas pobres lateríticas, está relacionado, sem dúvida, ao emprego dos agregados secos; estes, conforme já foi abordado, devido à tendência de ser atingido o estado SSS, absorvem parte da água da mistura, provocando, por conseguinte, a diminuição do fator água-cimento efetivo, e, diferentemente do que ocorre nas misturas ricas, em que o cobrimento do agregado se fez muito rapidamente (o que impede que significativa quantidade de agregado passe ao estado SSS), nas misturas pobres a passagem para o estado SSS se verifica na totalidade dos agregados, podendo-se, em face do exposto, admitir que nas misturas pobres muito porosas ocorre, de forma significativa, a diminuição do fator água-cimento

efetivo. As misturas pobres lateríticas tornam-se, portanto, bastante suscetíveis ao aumento de resistência quando submetidas à cura em imersão pois, não só tendem à diminuição dos fatores água-cimento efetivos, como também contêm água suficiente para deixá-las afastadas do estado crítico de autodessecação (que consome a água proveniente da imersão), mantendo-se, assim, preenchidos os seus capilares, o que permite a ocorrência do estado de pressão necessário à total hidratação do cimento

IV-2-2 Quanto à Resistência à Tração por Compressão Diametral

Apesar de não haver dúvida o respeito da fundamental influência da aderência da pasta ao agregado na resistência à tração dos concretos, muito ainda se precisa conhecer a respeito de tal fenômeno e, por isso, como referência básica, enumeram-se, abaixo, os itens da revisão bibliográfica a partir dos quais são levadas a efeito as análises dos resultados que, concernentes àquela característica, foram obtidos nesta pesquisa, considerando-se fora de discussão, no entanto, quanto à capacidade da pasta de resistir aos esforços mecânicos, o fato de que, à redução do fator água-cimento da mesma, corresponde o aumento da sua resistência à tração por compressão diametral.

Assim sendo, o atual acervo de dados permite aos estudiosos admitir que:

- 1) a aderência da pasta ao agregado influi basicamente na resistência à tração dos concretos;
- 2) as forças de aderência dependem da resistência da pasta e das propriedades das superfícies dos agregados;
- 3) em concretos de baixo fator água-cimento as forças de aderência tendem a ser maiores do que a resistência à tração da pasta, de modo que a ruptura ocorre, preponderantemente, nas ligações entre a pasta e o agregado (SOBRAL, 1983)
- 4) para concretos de alta relação água-cimento, a resistência à tração é determinada, principalmente, pela pasta e, secundariamente, pela aderência (SOBRAL 1983)
- 5) existem forças de aderência química nos agregados silicosos e, por isso, os

agregados basálticos (de origem básica) apresentam crescimento da sua comparativamente pouca aderência, à medida em que se verifica o acréscimo de sílica na composição mineralógica dos mesmos (SOBRAL1983)

Em face do exposto e, com base nos resultados obtidos neste estudo, admite-se que:

a) na dosagem rica ($a/c = 0,40$), o fato de o concreto granítico ter apresentado, sempre, resistência à tração por compressão diametral superior à do concreto laterítico, apesar do menor fator água-cimento efetivo deste último, evidencia que, em tal caso, foi preponderante a força de aderência, o que confirma o enunciado do item 3, e induz a se admitir a validade do item 5, já que se pode atribuir à elevada acidez inerente ao granito a maior aderência química deste à pasta e, portanto, a maior resistência à tração do concreto em que dele se tenha feito uso.

É admissível, portanto, supor-se que na dosagem rica é a compatibilidade epitáxica do granito com o cimento o fenômeno que, preponderantemente, influi na hidratação do mesmo na interface do agregado, aumentando as forças de aderência do agregado com a pasta.

b) na dosagem pobre ($a/c=0,80$), a resistência à tração por compressão diametral do concreto laterítico sempre superior à do concreto granítico confirma o enunciado do item 4, segundo o qual tal propriedade é fundamentalmente devida à resistência da pasta.

c) quanto ao fator água-cimento intermediário ($a/c= 0,60$) percebem-se indícios da efetiva participação da resistência da pasta nas primeiras idades, e, com o avanço destas a redução da influência das mesmas. Tal suposição apóia-se na constatação de maior resistência do concreto laterítico aos 7 dias, e das maiores resistências do concreto granítico aos 28 e 91 dias.

A acentuada influência da imersão no aumento das resistências à tração por compressão diametral dos concretos de elevado fator água-cimento ($a/c=0,80$), contrastando com a reduzida influência da mesma nas resistências à tração por compressão diametral dos concretos de baixo fator água-cimento ($a/c=0,40$), torna evidente que, ao indiscutível aumento da resistência mecânica das pastas (provocado pela cura em imersão), corresponde, apenas nas misturas pobres, significativo aumento de resistência mecânica. Tal constatação é forte indício de que, contrariamente ao que ocorre com os concretos de baixa relação água-cimento, com concretos de alta relação água-cimento a resistência à tração é, preponderantemente, devida à resistência mecânica da pasta, conforme o preconizado nos itens 3 e 4, embora o baixo consumo destes últimos, da forma como ocorre com a resistência à compressão, talvez os torne mais sensíveis ao incremento de resistência à tração do que os concretos de altos consumos.

Os índices de forma dos agregados graúdos utilizados nesta pesquisa além de estarem enquadrados no limite imposto pela Especificação apresentam a mesma ordem de grandeza, o que permite afirmar que não interferiram nas diferenças observadas entre fenômenos inerentes aos concretos "convencionais" e "não convencionais".

Já o teor de material pulverulento do agregado laterítico, superior ao máximo prescrito na Especificação, não deve ter exercido influência negativa no fenômeno da aderência dos concretos "não convencionais" (lateríticos), uma vez que as evidências demonstram que o referido material pulverulento facilmente se desprende, incorporando-se, portanto, à mistura.

A elevada perda "Los Angeles" do agregado laterítico não demonstrou ter influído negativamente nas propriedades mecânicas do concreto "não convencional", o que vai ao encontro das proposições indicadas nas "referências bibliográficas".

IV-2-3 Quanto à Consistência

Os valores dos "slump-tests" das diferentes dosagens, a diferentes intervalos

de tempo, demonstram significativas variações de consistências entre as mesmas, apesar de mantida praticamente constante, para todas as dosagens, a relação massa de água/volume de concreto. Tal constatação induz à pesquisa de outros fatores que, em princípio tomados como secundários, podem, ao se somar, justificar a não verificação da lei de Lyse. Assim é que foram analisadas, também, a relação volume de agregado/volume de cimento, a relação volume de agregado graúdo/volume de agregado miúdo, bem como a diferença de porosidade dos agregados graúdos.

Isto posto, deve ser considerado que:

a) a elevada porosidade da laterita, ao provocar grande absorção de água, reduz a relação massa de água/volume de concreto, diminuindo, portanto, os valores do abatimento dos concretos lateríticos;

b) a significativa variação da relação volume de agregado/volume de cimento provoca diferenças acentuadas da superfície específica das misturas secas e, neste sentido, à medida em que aumenta tal relação, deve ocorrer uma diminuição daquela (superfície específica) e, conseqüentemente, maior abatimento, o que, de fato, se verificou. (ver tabelas 3.3 e 4.7)

c) os menores valores da relação volume de agregados/volume de agregados miúdo das misturas lateríticas indicam que tal fator, ao contribuir para a maior superfície específica dos concretos lateríticos pode, também, ter exercido influência no menor "slump" dos mesmos,

d) a pouca sensibilidade das misturas ricas à variação, ao longo do tempo, ao abatimento, pode estar relacionada com o fato de as partículas de tais misturas virem a ser imediatamente cobertas de cimento, o que, ao dificultar a absorção de água pelos agregados, contribui para a pouca variação da relação massa de água (efetiva)/volume de concreto.

IV-2-4 Quanto à Esclerometria

Os índices esclerométricos, quando submetidos a uma análise detalhada, permitem, salvaguardando-se as limitações inerentes a tais verificações, afirmar-se que:

1) O concreto laterítico, para mesmas dosagens e idades apresenta, sempre, maiores índices esclerométricos, o que confirma a tendência de às maiores durezas (detectadas através dos índices) corresponderem maiores resistências à compressão (detectadas através dos ensaios destrutivos);

2) a imersão reduz a dureza superficial dos concretos, conforme constatado através de confronto entre os índices esclerométricos dos concretos curados ao ar versus idênticos concretos curados em imersão;

3) constatou-se a redução da dureza dos concretos ao longo do período compreendido entre os 28 e 91 dias de idade, quando curados em imersão, estando esta proposição baseada na redução dos índices esclerométricos observados ao longo do referido período.

Pode-se, a propósito, admitir que a partir dos 28 dias venha a ocorrer, de forma marcante, um significativo aumento do grau de saturação do concreto e daí, a constatada tendência de redução de sua dureza;

4) o fato de, com a mistura pobre, curada ao ar, verificar-se que ao aumento do índices esclerométricos corresponde o respectivo aumento da resistência à tração por compressão diametral leva a admitir-se que tal correlação é devida à ocorrência, já discutida neste trabalho, de que nas misturas pobres a resistência à tração por compressão diametral é determinada basicamente pela resistência da pasta. Assim sendo, os índices esclerométricos ao evidenciarem a dureza da argamassa (da pasta portanto) possibilitam que se estabeleça, na mistura pobre, a correspondência com a respectiva resistência à tração por compressão diametral.

CAPÍTULO V

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente Capítulo são discriminadas constatações resultantes desta pesquisa, as quais, ora de forma bastante evidente, ora apenas insinuada, fundamentam-se em análises teóricas e nos resultados dos ensaios obtidos com a laterita cujas características básicas estão indicadas no presente estudo, devendo-se ter em mente que a grande heterogeneidade inerente à mesma lhe confere acentuadas peculiaridades, fazendo-se necessário, portanto, cautela quando da generalização do comportamento de tal material.

V-1 CONCLUSÕES

V-1-1 Quanto à Resistência à Compressão Simples

- o concreto laterítico apresentou, sistematicamente, resistência superior à do concreto granítico;
- até os 7 dias de idade foi inexpressiva a influência da imersão na resistência dos concretos "convencionais" ou "não convencionais" (Figura 10);
- aos 28 dias de idade foi perceptível a influência da imersão para fatores água-cimento 0,60 e 0,80, continuando a mesma inexpressiva para o fator água-cimento 0,40 (Figura 11),
- foi patente a grande influência da imersão às idades mais avançadas (91 dias), a qual se evidencia de forma acentuada nas misturas lateríticas mais pobres (Figura 12);
- o efeito da imersão no aumento da resistência tornou-se mais marcante nos concretos lateríticos às idades mais avançadas (comparar figuras 10, 11 e 12);

V-1-2 Quanto à Resistência à Compressão Diametral (Figuras 13, 14 e 15)

- para a mistura mais rica ($a/c=0,40$) o concreto laterítico apresentou, sistematicamente, resistência inferior à do concreto granítico;
- para a mistura mais pobre ($a/c=0,80$) o concreto laterítico apresentou, sistematicamente, resistência superior à do concreto granítico;
- para mistura intermediária ($a/c=0,60$) o concreto laterítico apresentou, aos 7 dias, resistências superiores às do concreto granítico e, às idades mais avançadas (28 e 91 dias), este último apresentou resistências superiores às do concreto laterítico;
- a imersão provocou enorme incremento de resistência.

V-1-3 Quanto à Relação f_t/f_c (Figuras 16, 17 e 18)

- para a mistura pobre, curada em imersão, verificou-se a sua sistemática diminuição com o aumento da idade, tanto para o concreto laterítico quanto para o concreto granítico, sendo considerável o decréscimo observado dos 7 aos 28 dias;
- para a mistura rica verificou-se a constância de valores para o concreto laterítico curado ao ar e para o concreto granítico curado em imersão, e discreta variação para o concreto granítico curado ao ar;
- para a mistura intermediária, foram constatados:
 - a) constância de valores aos 28 e aos 91 dias para o concreto laterítico curado ao ar e curado em imersão, bem como para o concreto granítico curado ao ar;
 - b) aumento de valor com o aumento da idade para o concreto granítico curado em imersão;
 - c) aumento de valor para o concreto granítico curado ao ar dos 7 para os 28 dias;
 - c) diminuição de valor para o concreto laterítico, curado ao ar e curado em imersão, dos 7 dias aos 28 dias para, a partir desta última idade, permanecer constante.

V-1-4 Quanto à Consistência:

Pode-se afirmar que a lei de Lyse não foi verificada com rigor pois, apesar de a relação massa de água/volume de concreto ter sido praticamente a mesma para todas as dosagens, o "slump" relativo a cada uma das mesmas apresentou significativas diferenças, evidenciando a interferência marcante de muitos fatores limitantes da referida lei.

V-1-5 Quanto à Esclerometria:

- para mesmas dosagens e idades, os concretos lateríticos apresentaram índices esclerométricos superiores aos dos concretos graníticos, tanto para a cura em imersão, quanto para a cura ao ar;

- a imersão provocou a redução dos índices esclerométricos e, à medida em que as misturas vão se tornando mais pobres, mais evidente se torna a referida redução;

- os concretos, tanto lateríticos quanto graníticos, quando curados em imersão apresentaram, em sua grande maioria, dos 28 aos 91 dias, diminuição dos índices esclerométricos.

- ao aumento da resistência à compressão dos concretos curados ao ar corresponde o aumento dos respectivos índices esclerométricos, o que, conforme o analisado no item anterior, nem sempre ocorre com os concretos curados em imersão;

- para a mistura pobre ($a/c=0,80$), curada ao ar, observou-se a tendência de ao aumento das resistências à tração por compressão diametral corresponder o aumento dos índices esclerométricos.

V-2 SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

Considerando a natureza de uma dissertação de Mestrado que, só muito raramente se completa, é apresentada uma lista de temas cujo objetivo é dar

continuidade ao presente estudo:

- 1) Influência do "efeito de parede" em concretos lateríticos moldados em fôrmas de diferentes dimensões;
- 2) Estudo do comportamento dos concretos confeccionados com agregados calcários, não saturados, submetidos a diferentes condições de cura;
- 3) Influência da cura acelerada em agregado porosos não previamente saturados;
- 4) Avaliação da recuperação da resistência de concretos lateríticos quando curados, nas primeiras idades, sob efeito da incidência direta do vento e dos raios solares;
- 5) Comparação entre o efeito da cura com imersão e o efeito da cura sem imersão na retração dos concretos lateríticos;
- 6) Comparação entre o efeito da cura com produtos químicos (selantes) e o efeito da cura por imersão na resistência à tração dos concretos lateríticos de baixos fatores água-cimento;
- 7) Estudo comparativo entre o "consumo real" e o "consumo teórico" dos concretos lateríticos confeccionados a partir de diferentes fatores água-cimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) ABESC /American Concrete Institute - O Controle da Qualidade e o Concreto do Ano 2.000 - Rio de Janeiro - 1986.
- 2) AGNESI, Marcos Vinicio Costa - Dosagem dos Concretos - USP, São Carlos, 1975.
- 3) ALVES, José Dafico - Materiais de Construção- NOBEL, São Paulo, 1978.
- 4) AMARAL, Cláudio Kerr - 30ª Reunião Anual do IBRACON, Rio de Janeiro, 1991.
- 5) ANDRIOLO, Francisco Rodrigues - Construções de Concreto-PINI, São Paulo, 1994.
- 6) ANDRIOLO, Francisco Rodrigues e SCANDIUZZI , Luércio - Concreto e seus Materiais - PINI, São Paulo, 1986.
- 7) ASSIS, Vladimir José Daniel - Avaliação da Qualidade de Concretos Convencionais e Alternativos - UFPB, Campina Grande, 1992.
- 8) AZEVEDO, A. B.- A Laterita Acreana como Agregado Graúdo no Concreto - IBRACON, São Paulo, 1983.
- 9) BARBOSA, Normando Perazzo - O Concreto Laterítico e seu Emprego em Vigas Estruturais - 30ª Reunião Anual do IBRACON, Rio de Janeiro, 1991.
- 10) BASÍLIO, Francisco de Assis - Dimensionamento dos Pavimentos de Concreto - IPR. Rio de Janeiro, 1961.
- 11) BAUER, Luiz Alfredo Falcão- Materiais de Construção- L.T.C, Rio de Janeiro, 1987.
- 12) BRANCO, Pérsio de Moraes - Dicionário de Mineralogia-SAGRA, Porto Alegre, 1987.
- 13) BRITTO, Luiz Pereira - Caracterização dos Pós através da Área Específica - Aplicação a Solos Lateríticos da Região Nordeste do Brasil - UFPB, Campina Grande, 1984.
- 14) BUZATTI, Dauro Pereira - Índice de Abrasão Los Angeles - ABPV, Recife, 1981.
- 15) CALDEIRA, P.C - Uso da Laterita para Concreto, II Simpósio sobre Agregados - USP, São Paulo, 1987.

- 16) CAMERATO, Carlos - 30ª Reunião Anual do IBRACON, Rio de Janeiro, 1991.
- 17) CARDÃO, Celso - Técnicas de Construção - Edições Engenharia e Arquitetura, Belo Horizonte, 1981.
- 18) CARDOSO, Máximo Francisco Silva - Dosagens dos Concretos-IPR (Publ. 613), Rio de Janeiro.
- 19) CARNEIRO, Francisco Bolivar Lobo e SILVA, Hélio Cúrzio Monteiro - Desagregação dos Agregados nas Camadas de Concreto - Análise da Validade do Ensaio Los Angeles - ABPV, Recife, 1981.
- 20) CARVALHO, João Paulo M. Penna - Sobre Jazidas e Solos Lateríticos - IPR, Rio de Janeiro, 1969.
- 21) CEAC - Enciclopédia - Materiales para Construcción - CEAC, Barcelona, 1977.
- 22) COPPE - Simpósio Brasileiro sobre Solos Tropicais - COPPE / CNPq / ABNS, Rio de Janeiro, 1984.
- 23) CORRÊA, Wanderley G. - 1º Seminário sobre Pavimentos de Concreto - IBRACON, São Paulo, 1978.
- 24) COSTA, Carlos Roberto Vasconcelos e LUCENA, F. B - Utilização de um Solo Laterítico Concrecionado na Fabricação de Concretos de Cimento Portland - 22ª Reunião Anual de Pavimentação, Maceió, 1987.
- 25) COSTA, Carlos Roberto Vasconcelos - Índice de Suporte Califórnia para Solos Lateríticos: Avaliação da Metodologia e Influência dos Efeitos das Energias Térmicas e Mecânicas - UFPB, Campina Grande, 1983.
- 26) DURIEZ, M. - Traité de Matériaux - DEMOND, Paris, 1950.
- 27) EDIMILSON, A. C, Martins - Estudo Comparativo entre Concretos de Cimento Portland Pozolânico Fabricados com Agregados Graúdos Convencionais e Não Convencionais - UFPB, Campina Grande, 1990.
- 28) GIAMUSSO, Salvador Eugênio - Manual de Concreto - PINI, São Paulo, 1992.
- 29) GIOVANNETTI, Edio - Princípios Básicos sobre Concreto Fluido, PINI / IBRACON, São Paulo, 1989.

- 30) GONZALEZ, Geraldo Mayor - Materiais de Construção-McGraw-Hill, São Paulo, 1978.
- 31) GUERRA, Antônio Teixeira - Dicionário Geológico Geomorfológico - IBGE, Rio de Janeiro, 1989.
- 32) HELENE, Paulo e TERZIAN, Paulo - Manual de Dosagem e Controle de Concreto - PINI, Brasília, 1992.
- 33) HERMAN, Elias - 30ª Reunião Anual do IBRACON, Rio de Janeiro, 1991.
- 34) HVEEM, F. N. - The Factors underlying the Rational Design of Pavements - HRB, PROC., 28.101- 136,1961.
- 35) KRAUSKOPF, Konrad - Introdução à Geoquímica - Editora Polígono, USP, São Paulo, 1972.
- 36) MERVYN, Leonard - The Dictionary of Minerals - Thorsons Publishing Group, Nova York, 1983.
- 37) NEVILLE, Adam Matthew - Propriedades do Concreto - PINI, São Paulo, 1982.
- 38) NUGENT, Francisco Robert - Influência da Cura na Resistência à Compressão de Corpos-de-Prova de Concreto - IBRACON, São Paulo, 1983.
- 39) O'FLAHERTY, C. A - Highways - Eduard Arnold LTD - Londres, 1967.
- 40) PATTON, William John - Materiais de Construção - USP, São Paulo, 1978.
- 41) PETRUCCI, Eládio Geraldo Requião e PAULON, Vladimir Antonio - Concreto de Cimento Portland - Editora Globo,1993.
- 42) PETRUCCI, Eládio Geraldo Requião - Materiais de Construção - Globo, Porto Alegre, 1975.
- 43) PIANCA, João Batista - Manual do Construtor - Globo, Porto Alegre, 1967.
- 44) PITTA, Márcio Rocha - Materiais para Pavimentação de Concretos Simples - ABCP, São Paulo, 1980.
- 45) RIBAS, Moema S. - Materiais de Construção - PINI, São Paulo, 1985.
- 46) SANTANA, Humberto - Os Solos Lateríticos e a Pavimentação-IPR, Rio de Janeiro, 1976.

- 47) SANTOS, Pécio de Souza - Ciência e Tecnologia das Argilas - Edgard Blücher, São Paulo, 1992.
- 48) SILVA, Gildásio Rodrigues - Manual de Traços de Concreto - NOBEL, São Paulo, 1975.
- 49) SOBRAL, Hermani Sávio - Propriedades do Concreto Endurecido-ABCP, São Paulo, 1983.
- 50) SOBRAL, Hermani Sávio - Propriedades do Concreto Fresco - LTC, Livros Técnicos e Científicos, Rio de Janeiro, 1987.
- 51) SOUTO, E - Estudo sobre Características do Concreto Laterítico, Propriedades e Metodologia - ABCP, São Paulo, 1980.
- 52) TARTUCE, Ronaldo - Dosagem Experimental de Concreto - PINI, São Paulo, 1989.
- 53) TORRES, Ary - Introdução ao Estudo da Dosagem Racional do Concreto - ABCP, São Paulo, 1955.
- 54) VASCONCELOS, Augusto Carlos - O Concreto no Brasil - PINI - São Paulo, 1992.
- 55) VERÇOSA, Enio José - Materiais de Construção - SAGRA, Porto Alegre, 1987.
- 56) VIEIRA FILHO, José Orlando - Avaliação Estrutural e Funcional de um Pavimento Rígido em Zona Urbana do Recife - Estudos e Correlações - UFPB, Campina Grande, 1993.
- 57) VIEIRA, Lúcio Salgado - Manual da Ciência do Solo com Ênfase aos Solos Tropicais - Ed. CERES, São Paulo. 1988
- 58) VOROBIEV, V - Matériaux de Construction - MIR, Moscou, 1967.
- 59) ZON, S.V - Tropical and Subtropical Soil Science - MIR Publishers, Moscou, 1986.

ANEXOS

Ensaio de "10% de finos"

Este ensaio consiste em se submeter uma amostra de agregado ao esmagamento e determinar a carga necessária para que se produza 10% de finos (F1), constituídos de grãos que passem na peneira de 2,4mm.

A carga necessária, em kg, à produção de 10% de finos, por esmagamento da amostra ensaiada, é dada por:

$$X = \frac{14 + X_1}{F_1 + 4}$$

, onde,
 X = carga necessária à produção de 10% de finos,

X1 = carga que, durante o ensaio, venha a promover a penetração prevista para o êmbolo de compressão com uma conseqüente produção de finos entre 7,5 e 12,5% e,

F1 = percentagem de finos produzida quando da aplicação da carga X1 (entre 7,5 e 12,5%). A percentagem de finos (F1) produzidos deverá estar compreendida entre 7,5 e 12,5%. Caso tal não aconteça, o ensaio deverá ser repetido, aumentando-se ou diminuindo-se a penetração do êmbolo, respectivamente para os valores inferiores a 7,5% ou superiores a 12,5%, anotando-se para F1% e X1 os novos valores obtidos.

O cálculo da percentagem de finos produzidos, por ação da carga X1, é dado pela expressão:

$$F_1\% = \frac{P_a - P_1}{P_a \times 100}$$

, onde,
 Pa = massa do agregado contido no recipiente cilíndrico,

P1 = massa do agregado retido na peneira de 2,4mm, após o ensaio.

Em função da natureza da amostra, as penetrações iniciais serão:

15mm - para agregados constituídos de grãos arredondados (seixo, cascalho).

20mm- para agregados britados normalmente utilizados (britas).

24mm - para agregados mais leves que apresentem vesículas em seu interior (lateritas).

**RELAÇÕES ENTRE AS RESISTÊNCIAS À
COMPRESSÃO SIMPLES X FATORES ÁGUA-CIMENTO**

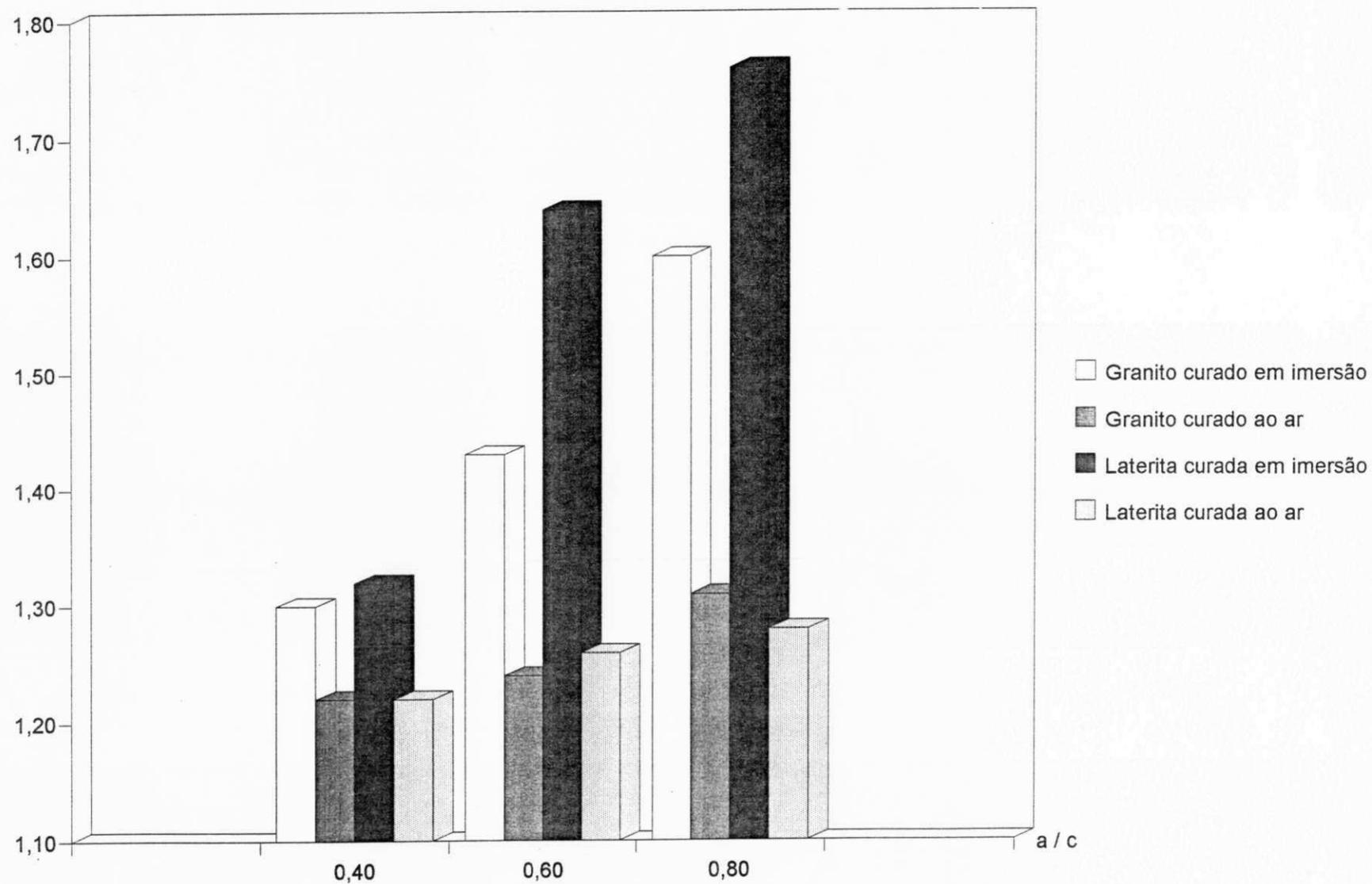


Figura 4 - Relação entre as Resistências à Compressão Simples aos 91 e 7 dias X Fatores Água / Cimento

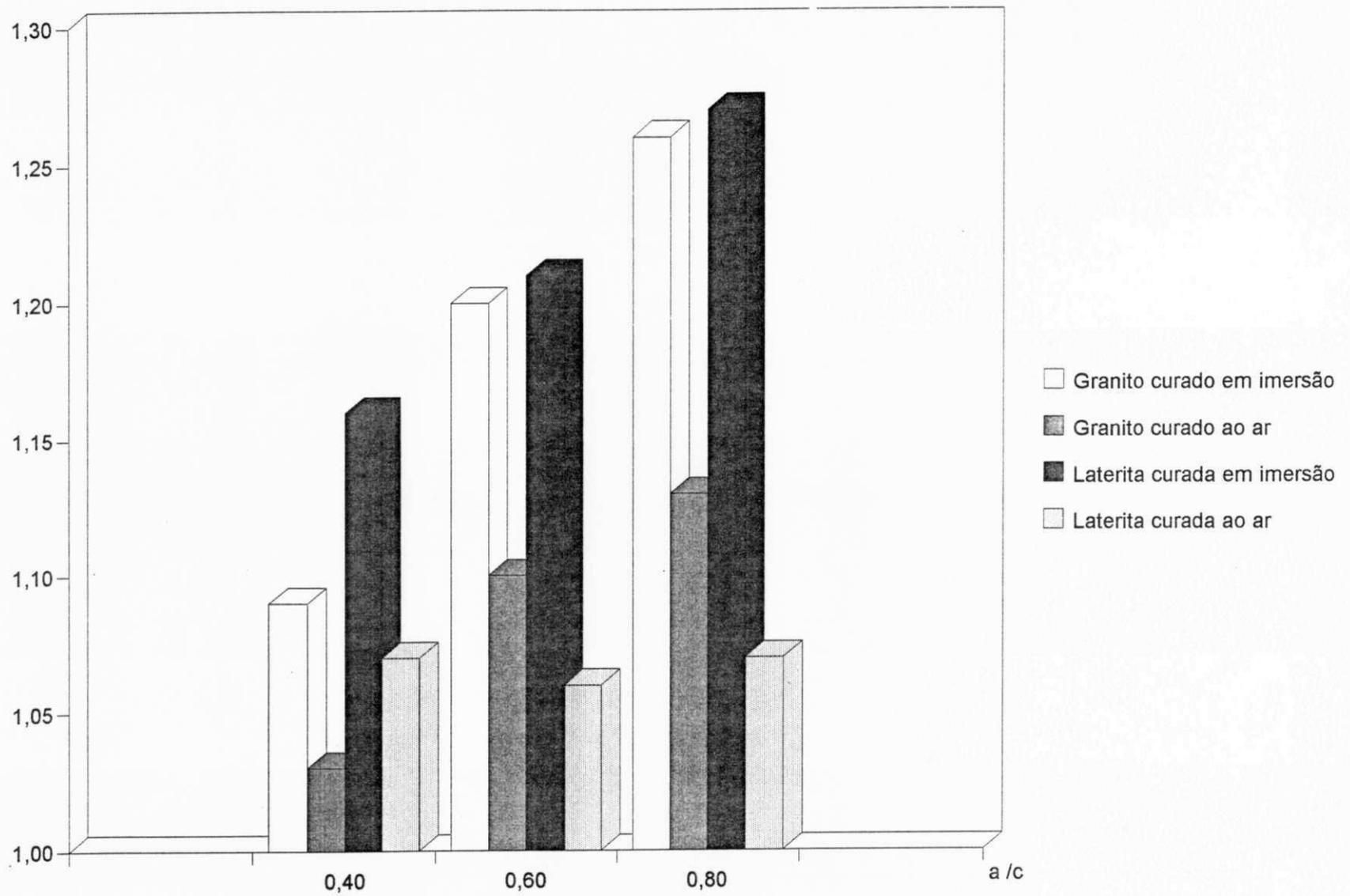


Figura 5 - Relação entre as resistências à compressão simples aos 91 e 28 dias X Fatores Água / Cimento

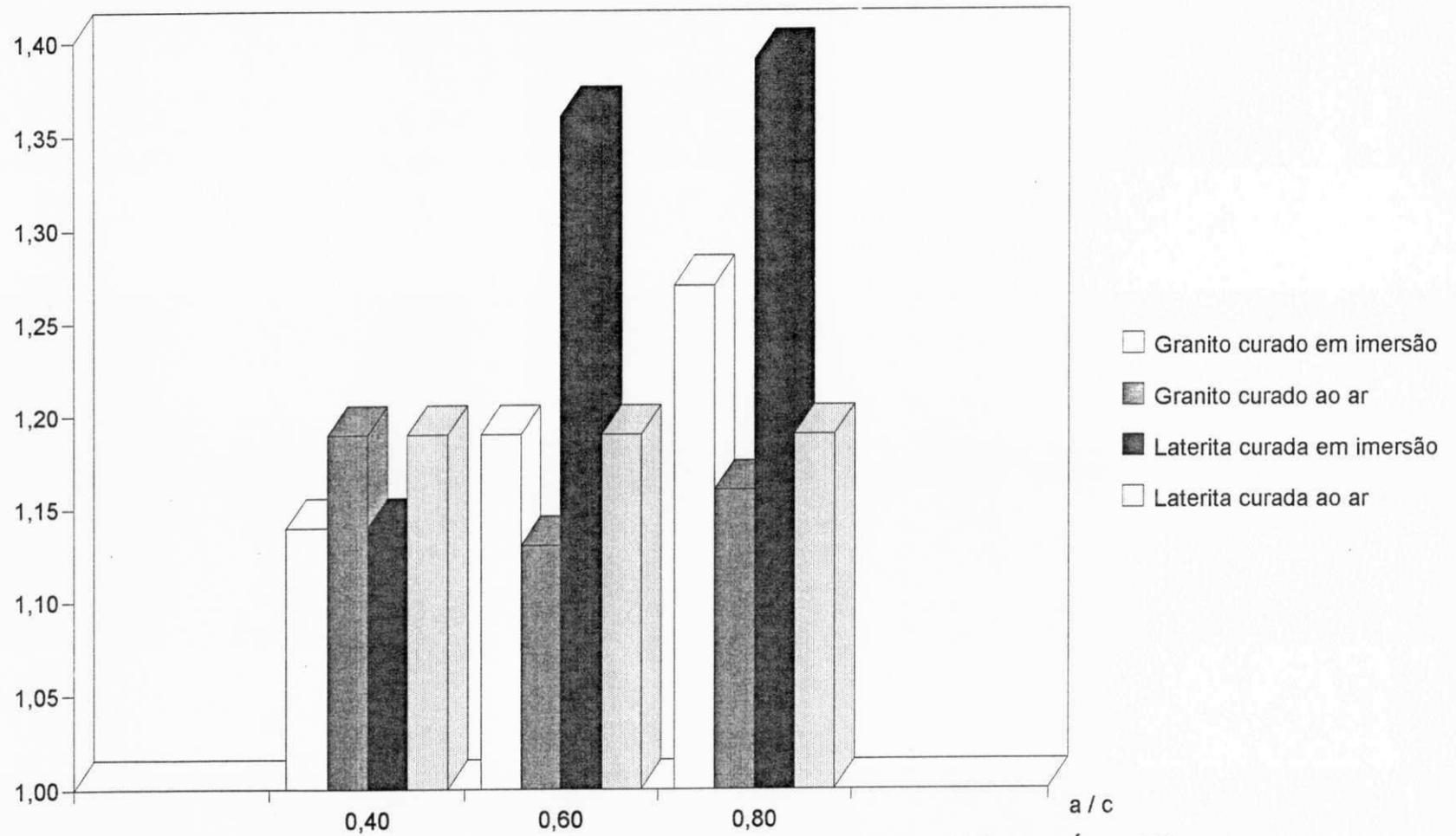


Figura 6 - Relação entre as resistências à compressão simples aos 28 e 7 dias X Fatores Água / Cimento

**RELAÇÕES ENTRE AS RESISTÊNCIAS À TRAÇÃO POR
COMPRESSÃO DIAMETRAL X FATORES ÁGUA-CIMENTO**

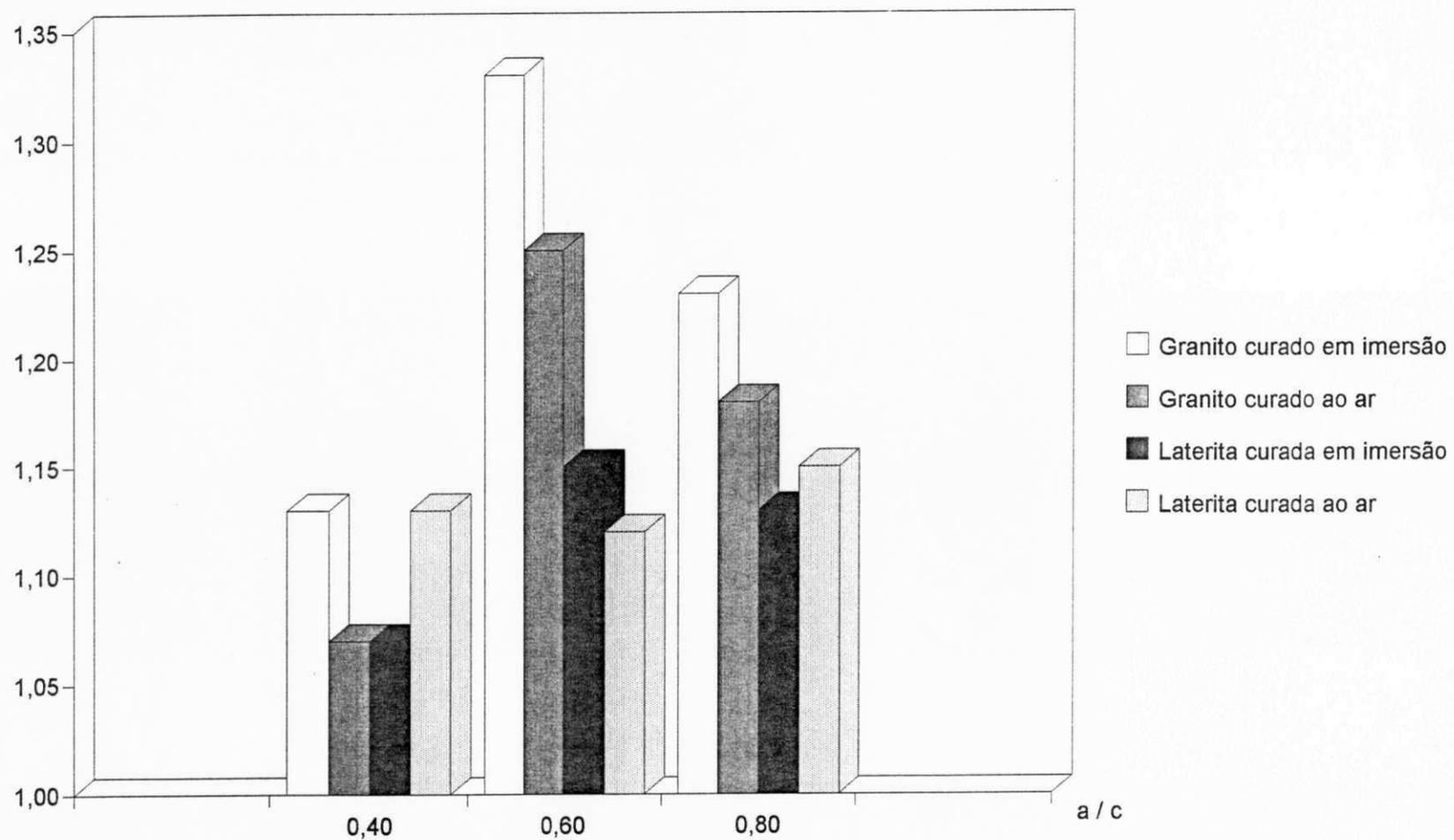


Figura 7 - Relação entre as Resistências à Compressão Diametral aos 28 e 7 dias X Fatores Água / Cimento

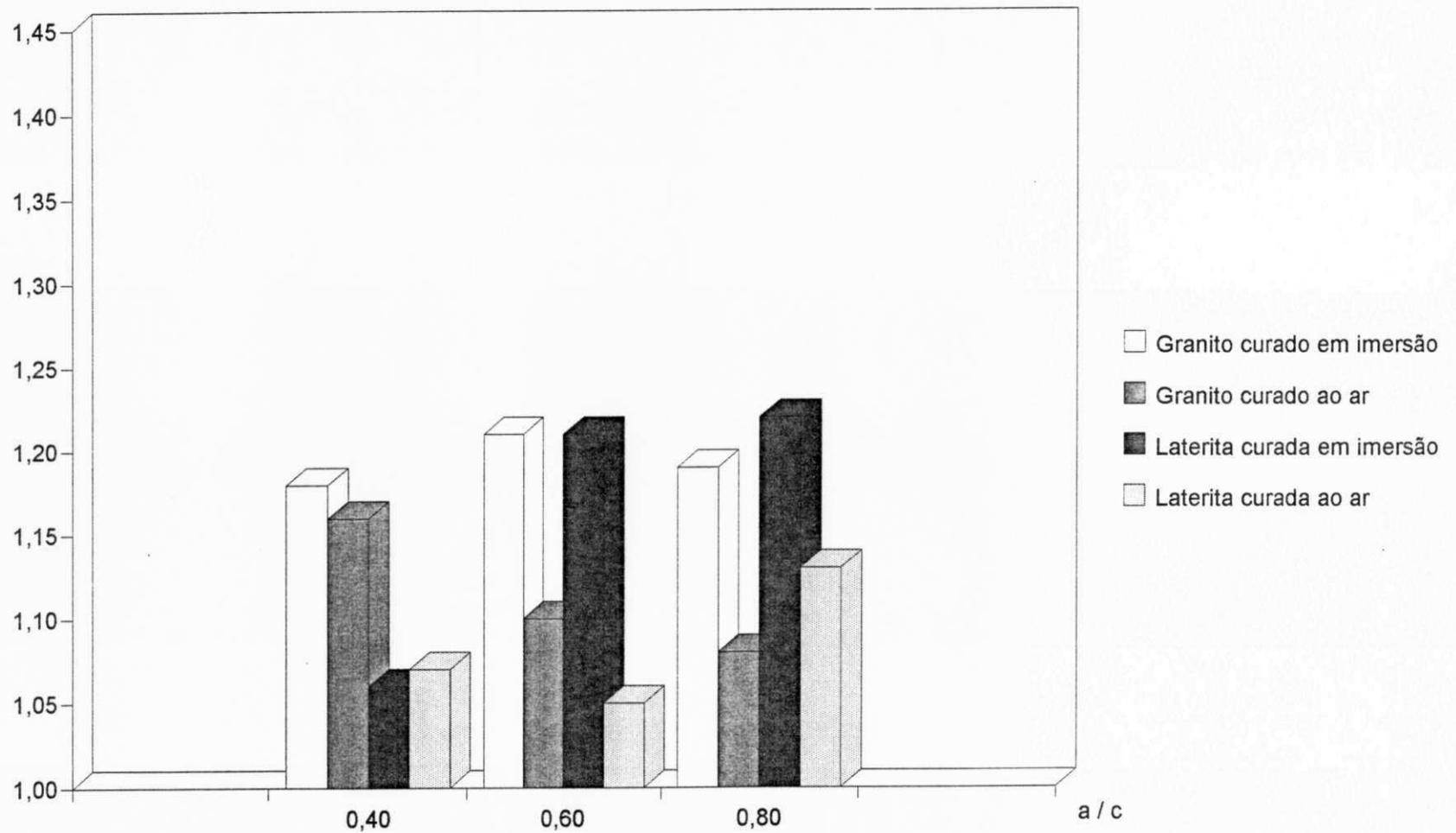


Figura 8 - Relação entre as Resistências à Compressão Diametral aos 91 e 28 dias X Fatores Água / Cimento

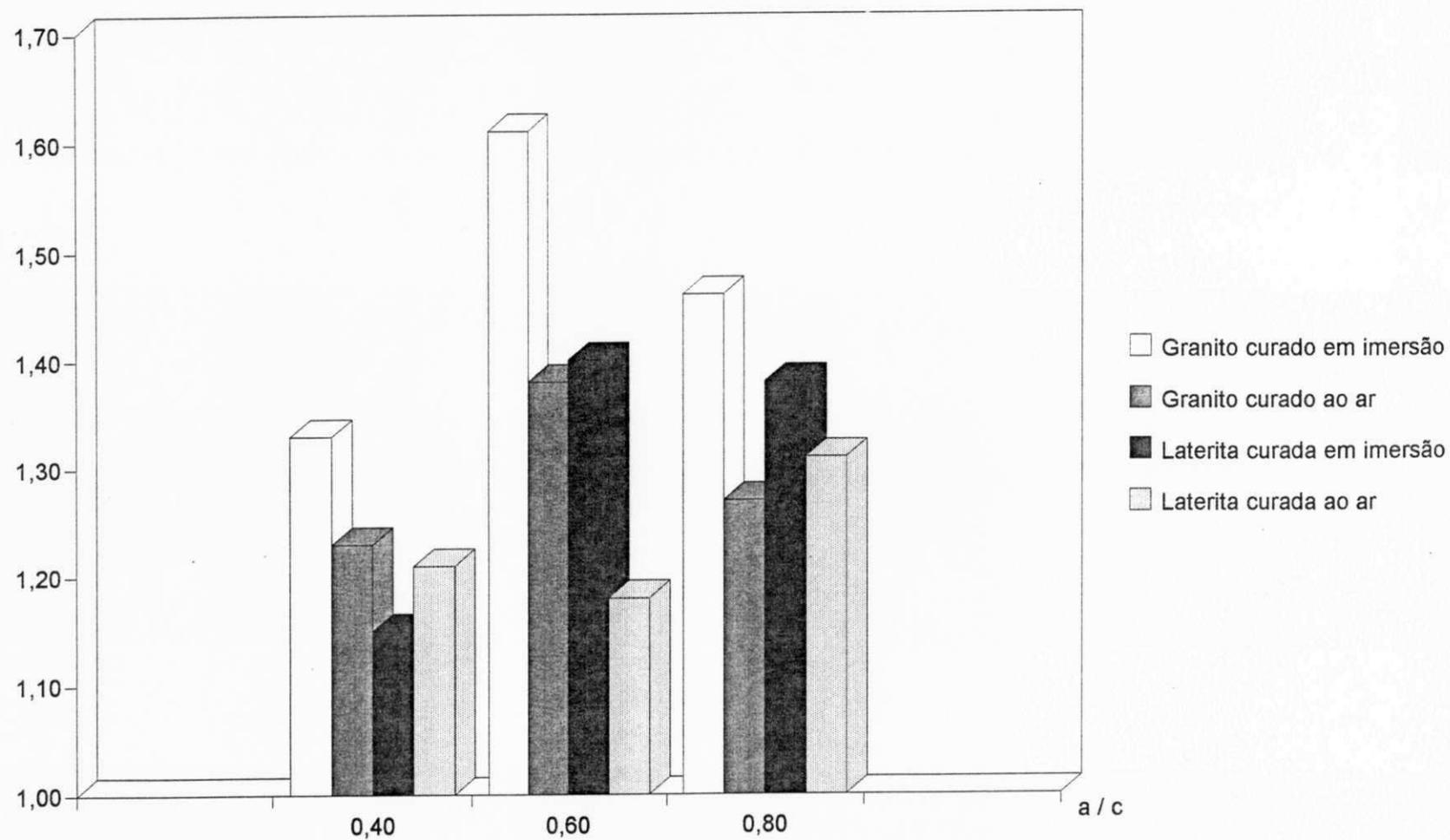


Figura 9 - Relação entre as Resistências à Compressão Diametral aos 91 e 7 dias X Fatores Água / Cimento

**RESISTÊNCIAS À
COMPRESSÃO SIMPLES X FATORES ÁGUA-CIMENTO**

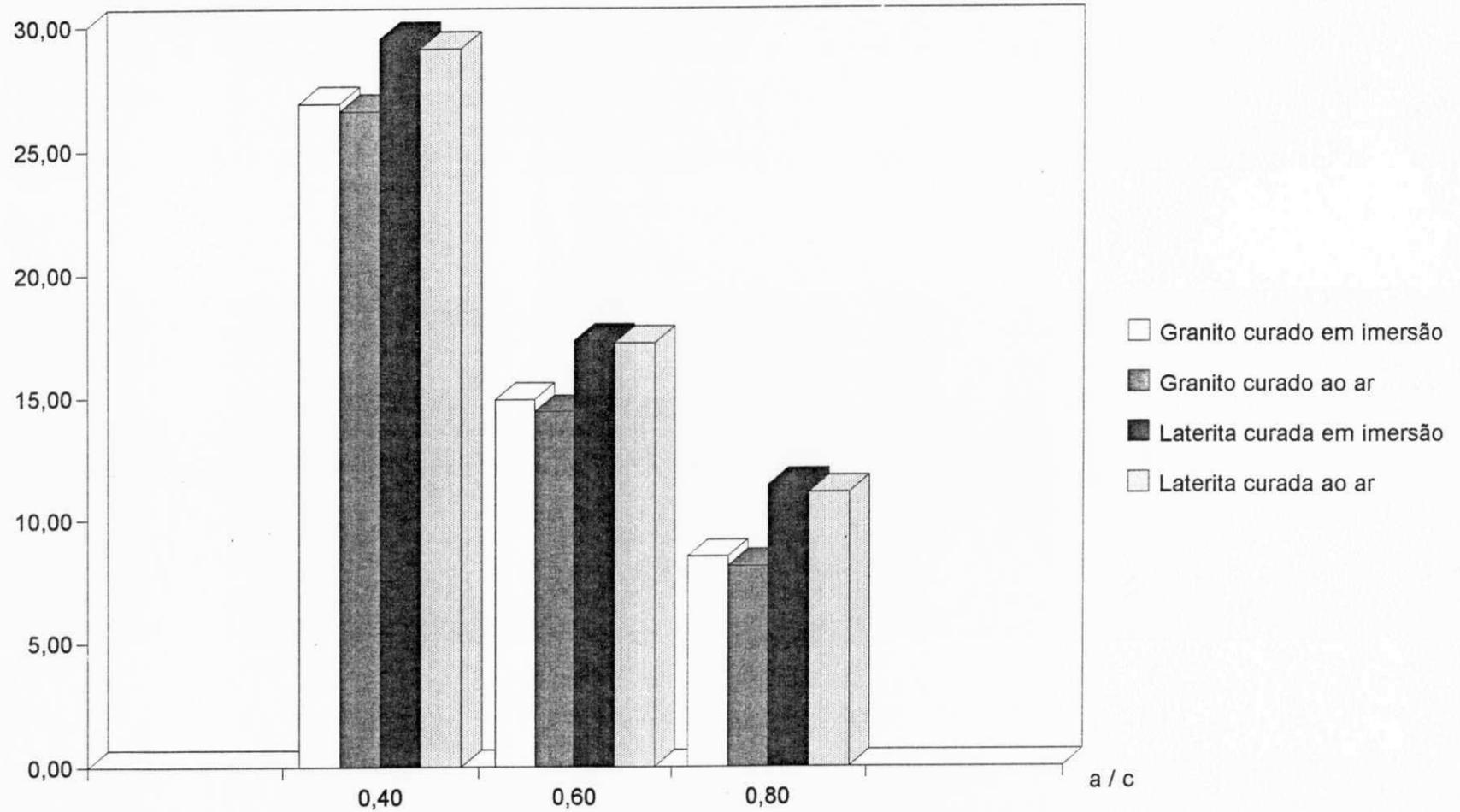


Figura 10 - Resistência à Compressão Simples aos 7 dias X Fatores Água / Cimento

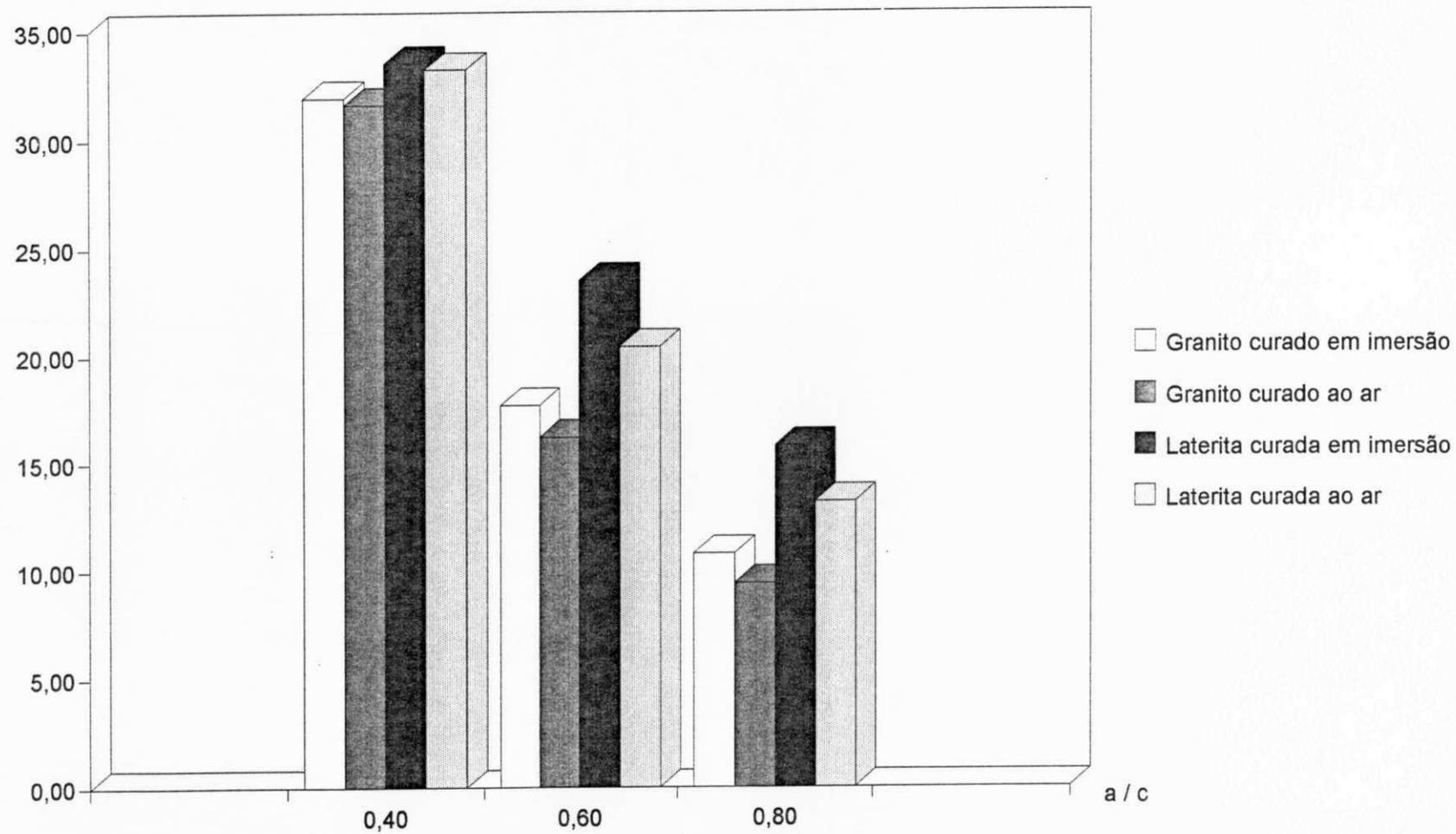


Figura 11 - Resistência à Compressão Simples aos 28 dias X Fatores Água / Cimento

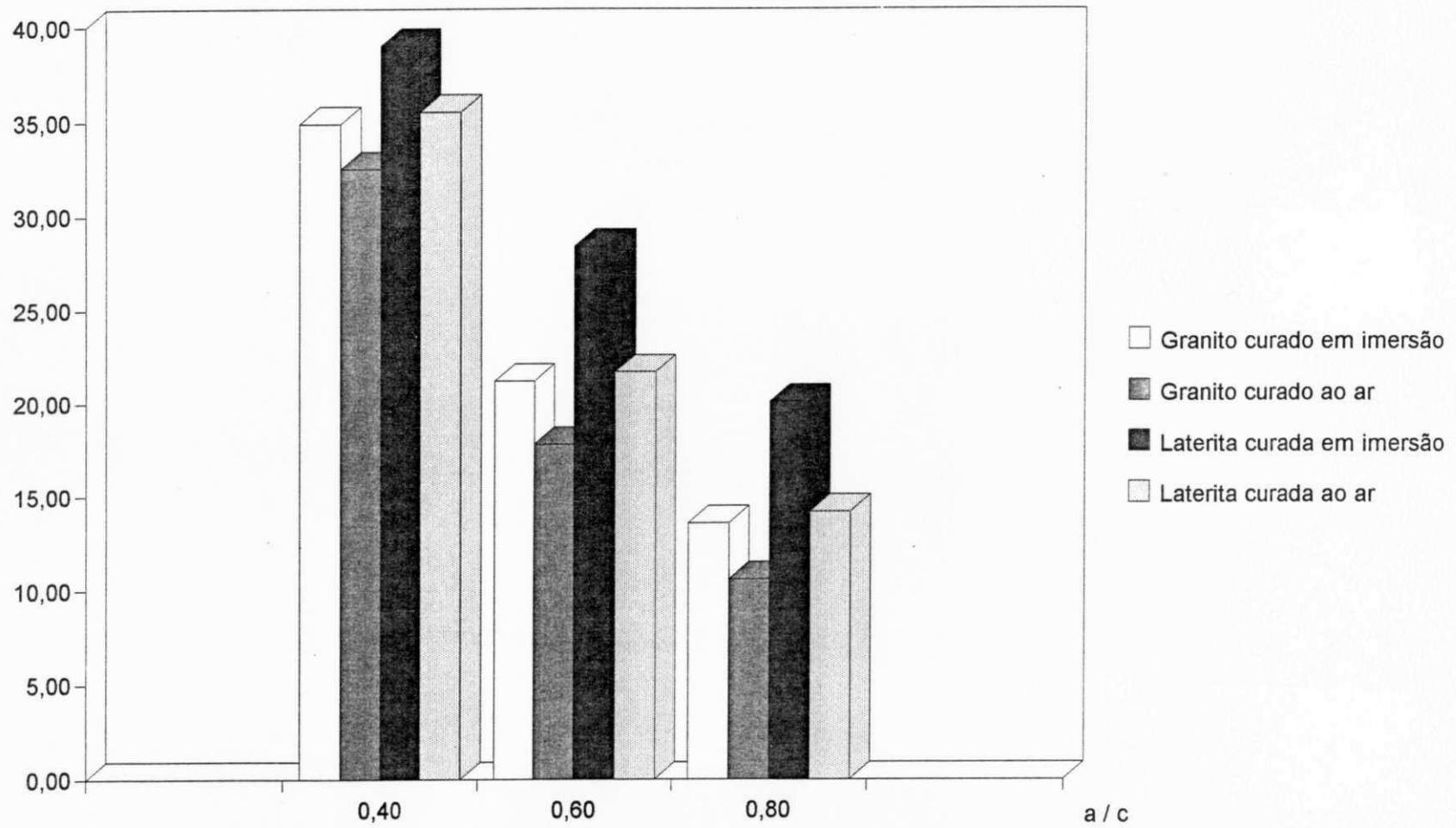


Figura 12 - Resistência à Compressão Simples aos 91 dias X Fatores Água / Cimento

**RESISTÊNCIAS À TRAÇÃO POR
COMPRESSÃO DIAMETRAL X FATORES ÁGUA-CIMENTO**

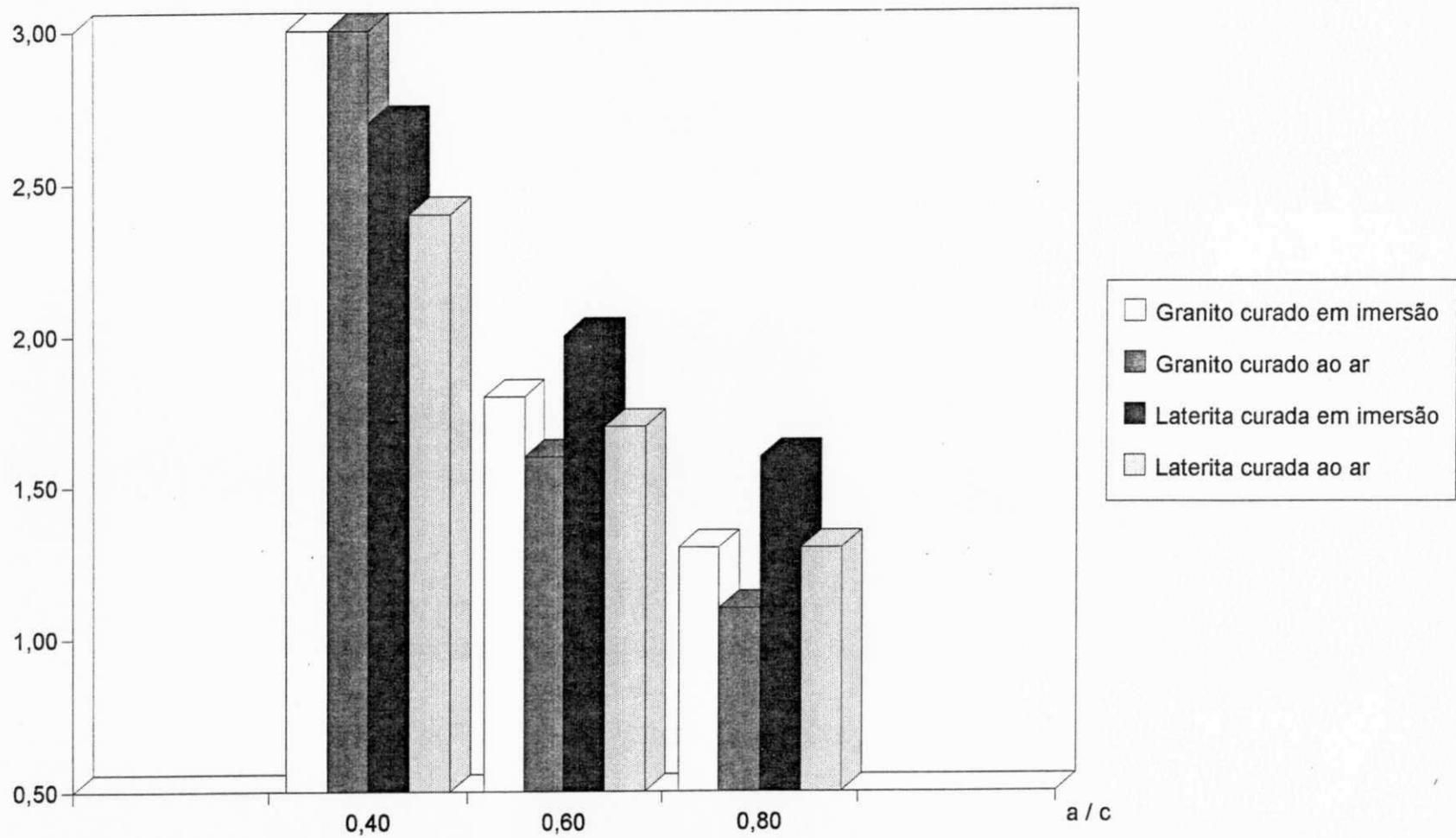


Figura 13 - Resistência à Compressão Diametral aos 7 dias X Fatores Água / Cimento

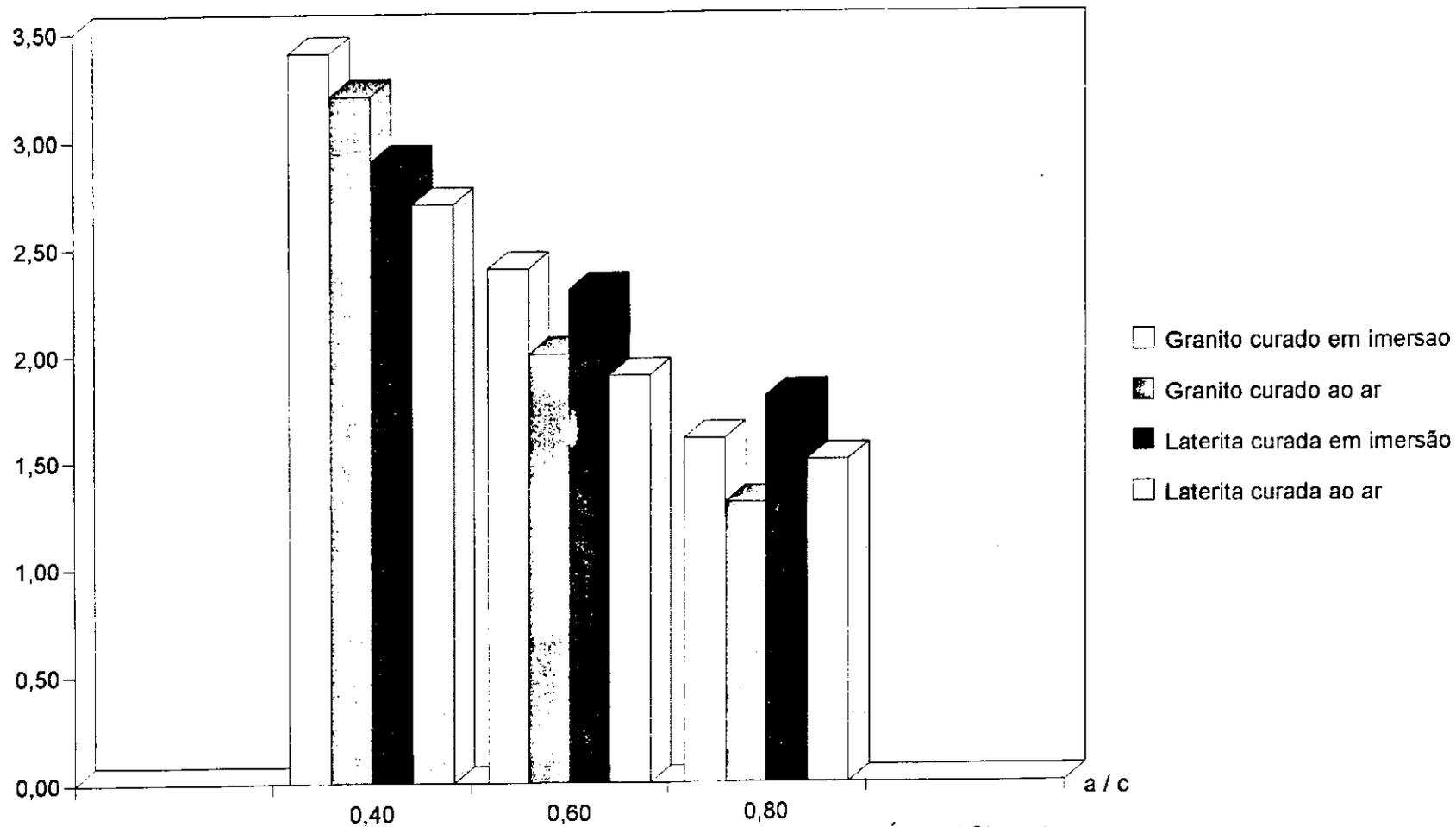


Figura 14 - Resistência à Compressão Diametral aos 28 dias X Fatores Água / Cimento

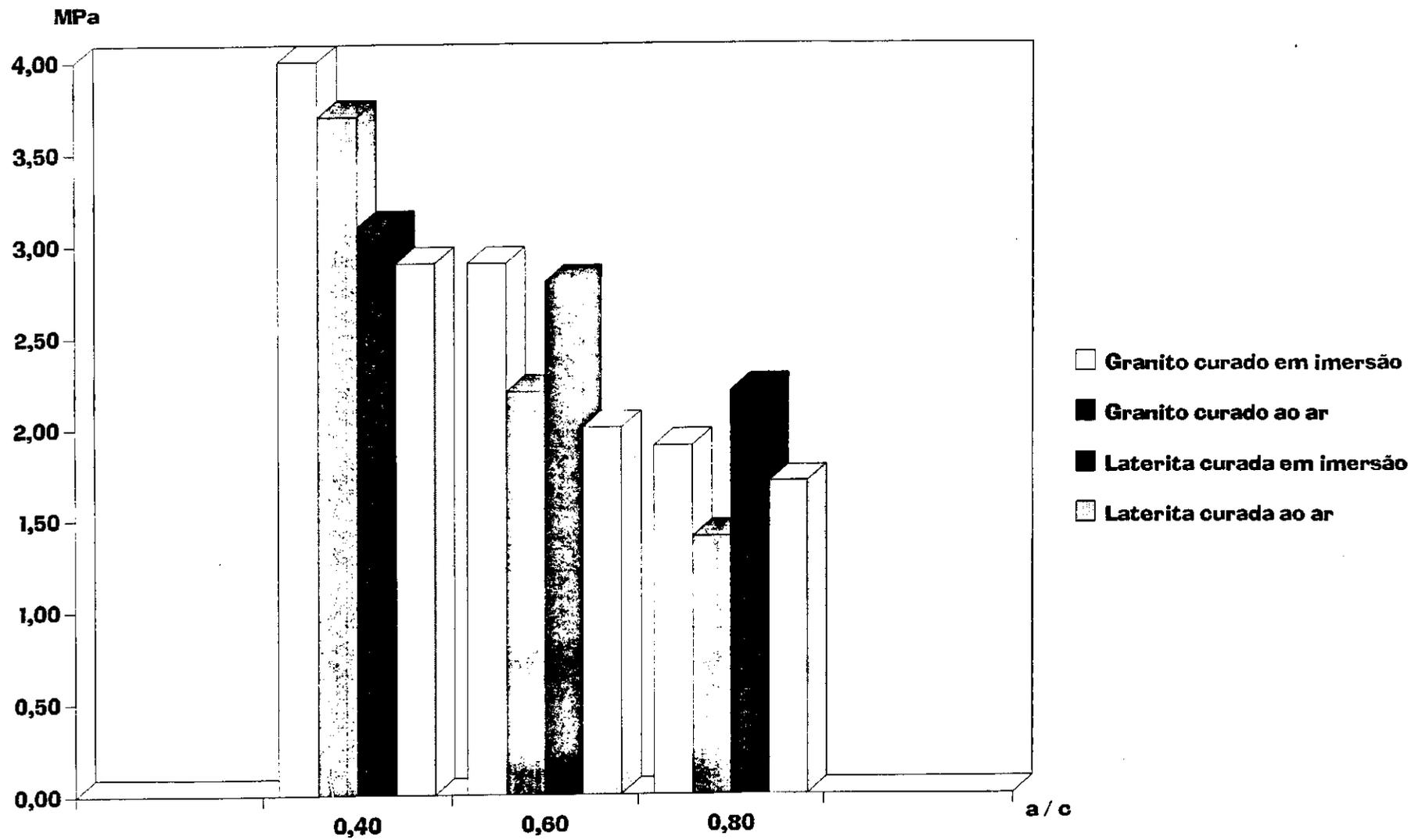


Figura 15 - Resistência à compressão ϵ lametral aos 91 dias X Fatores Água / Cimento

**RESISTÊNCIAS À TRAÇÃO POR
COMPRESSÃO DIAMETRAL X RESISTÊNCIAS À COMPRESSÃO SIMPLES**

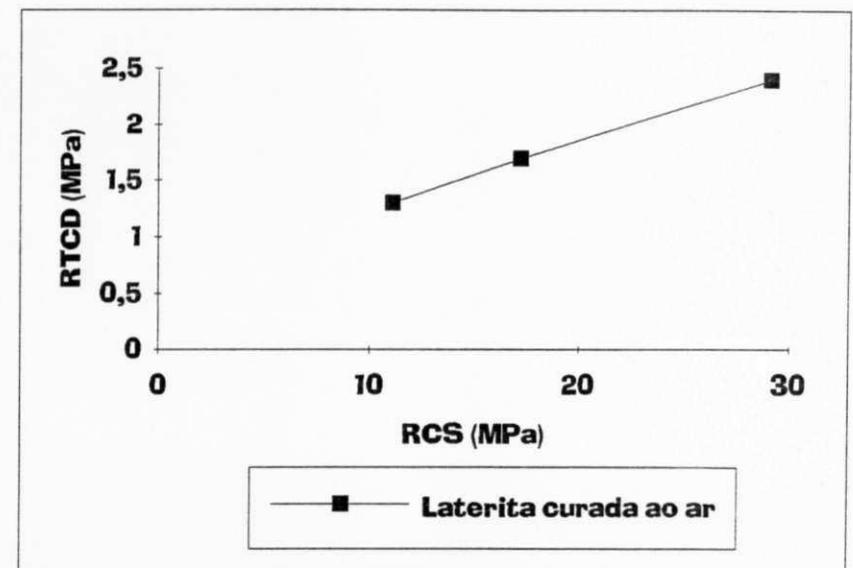
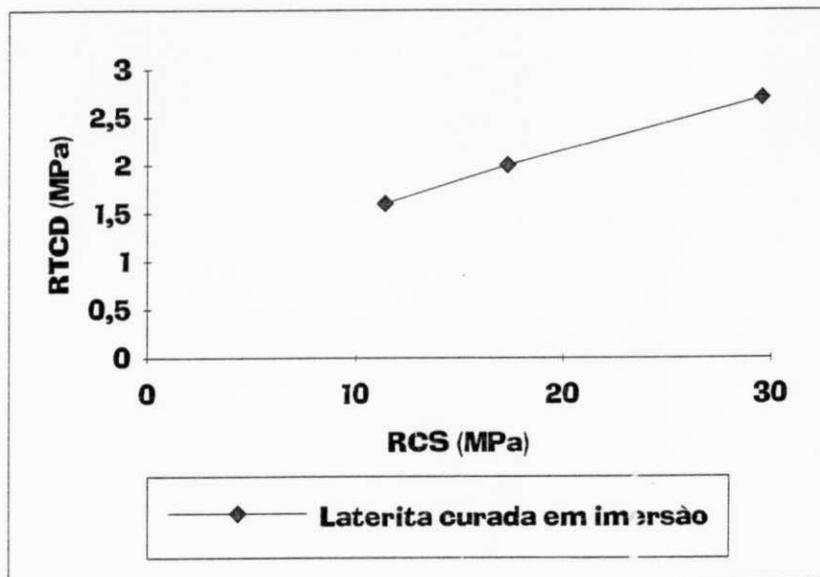
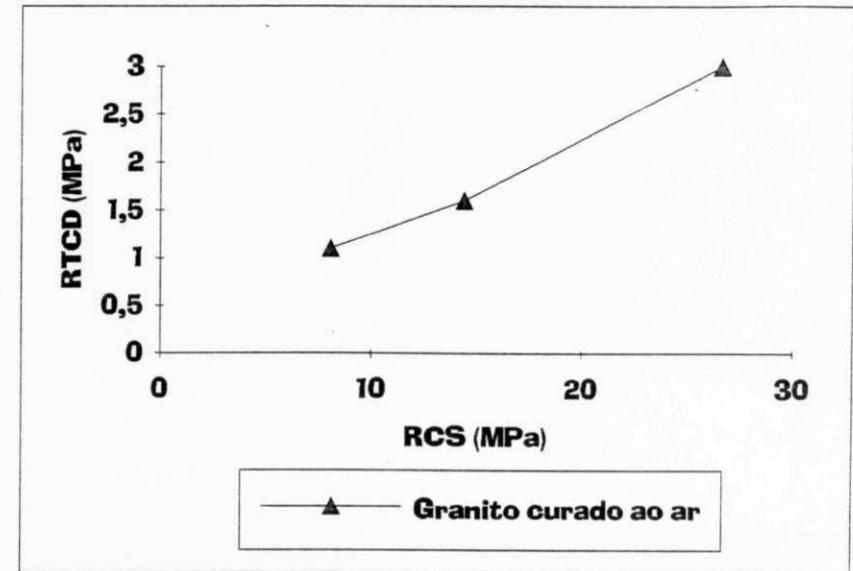
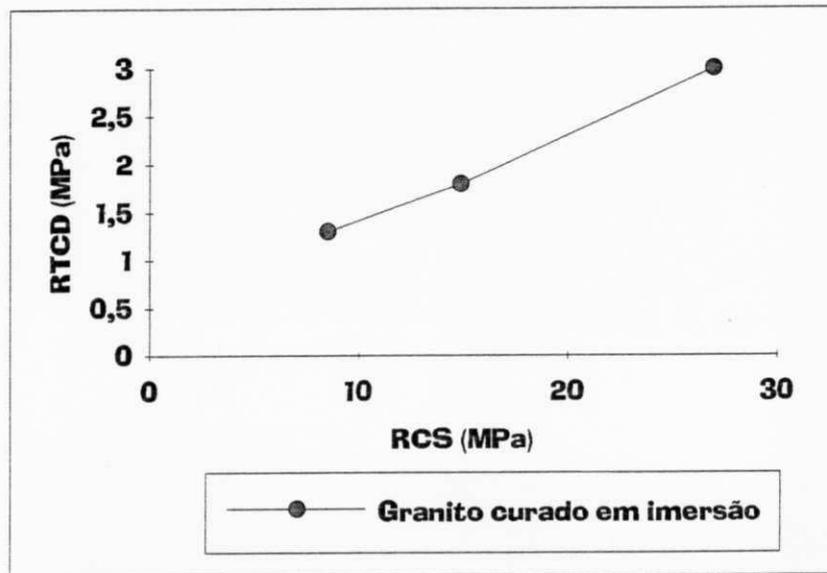


Figura 16 - Resistência à compressão diametral X Resistência à compressão simples aos 7 dias

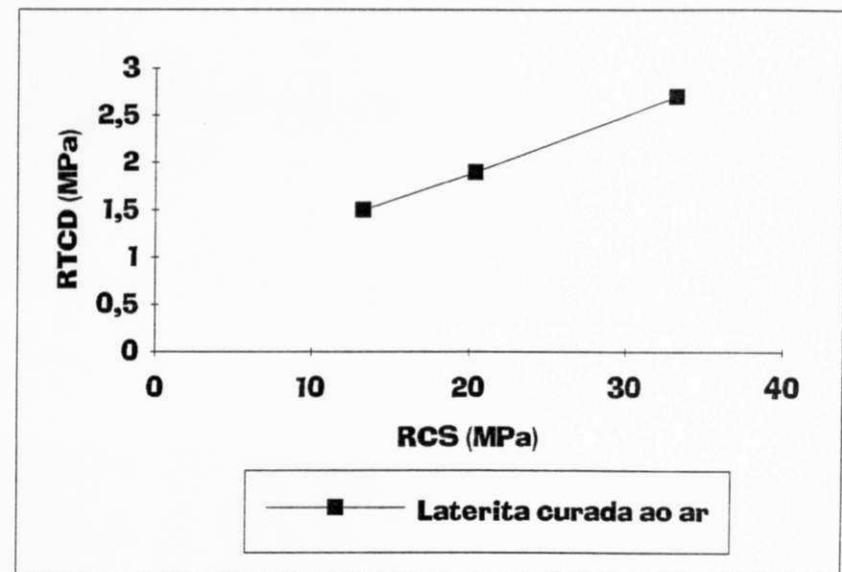
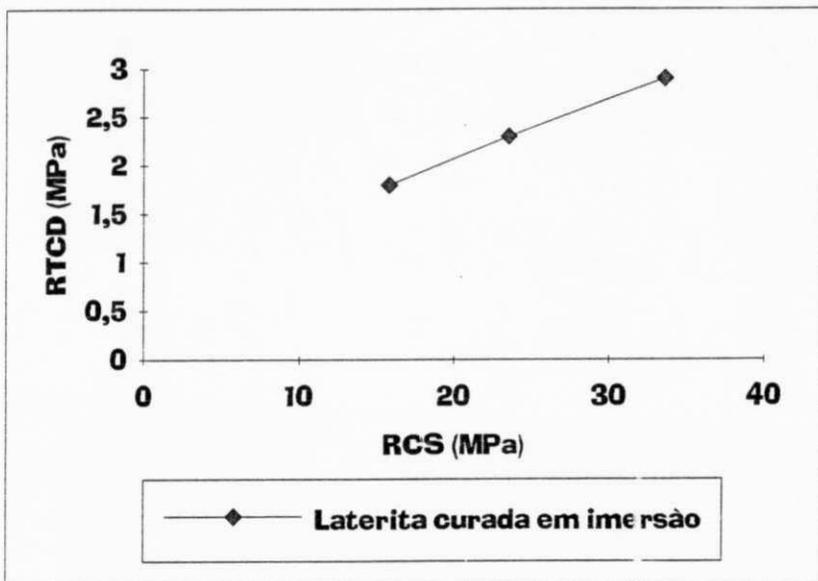
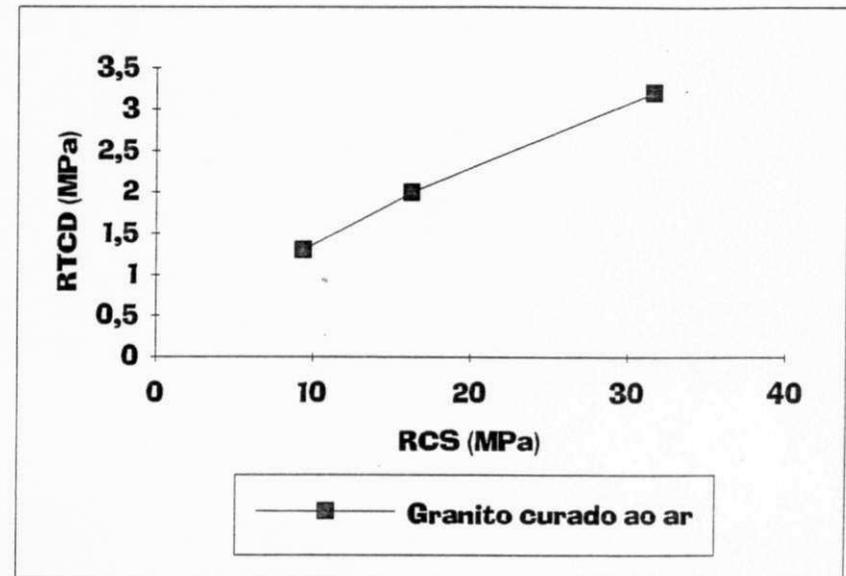
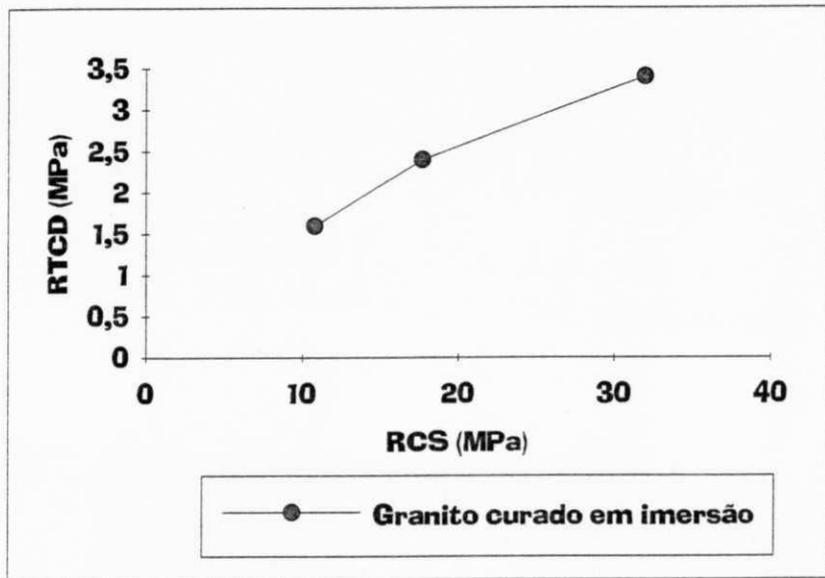


Figura 17 - Resistência à compressão diametral X Resistência à compressão simples aos 28 dias

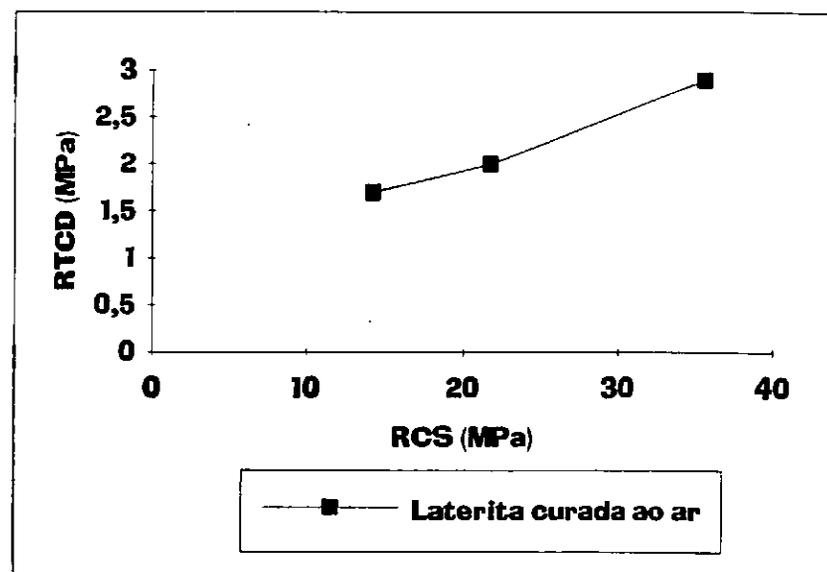
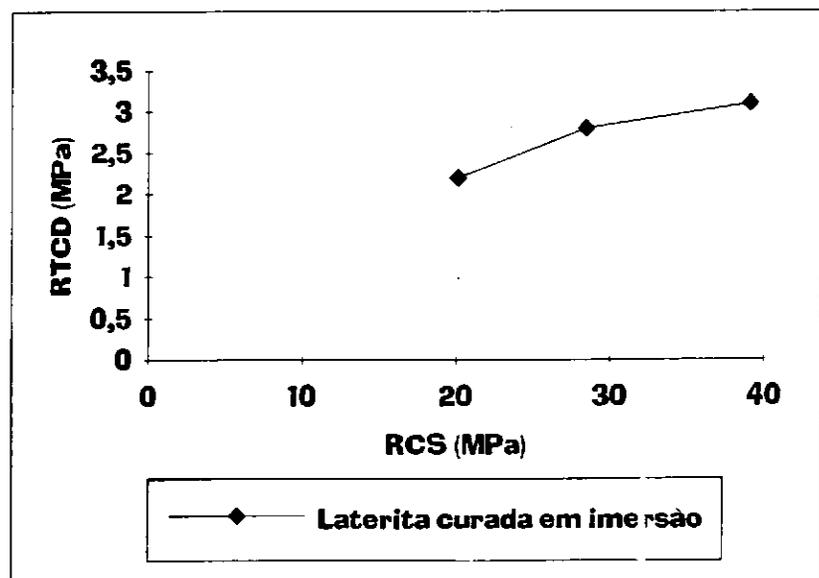
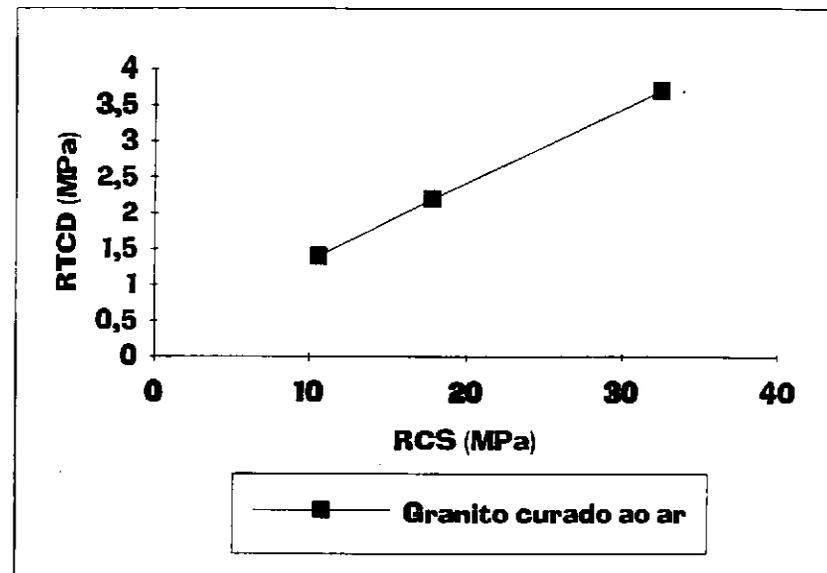
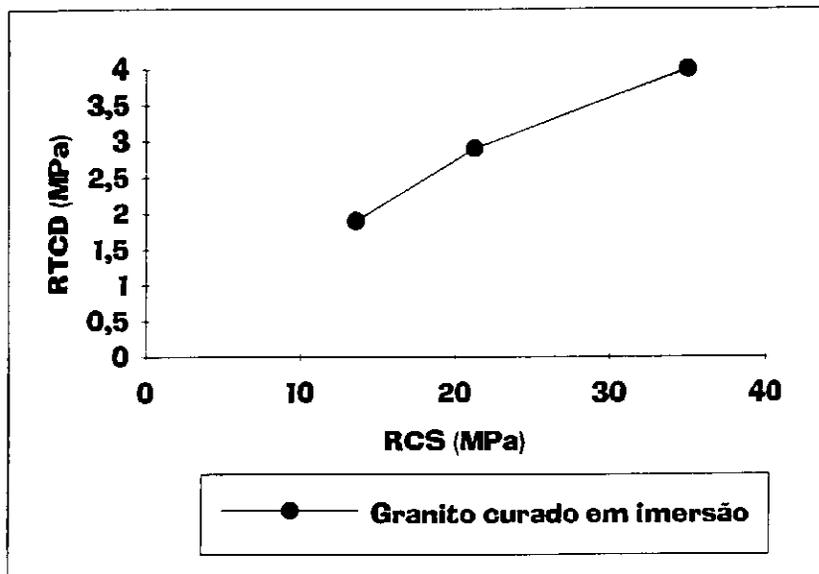


Figura 18 - Resistência à compressão diametral X Resistência à compressão simples aos 91 dias

RESISTÊNCIAS À COMPRESSÃO SIMPLES X CONSUMO REAL DO CIMENTO

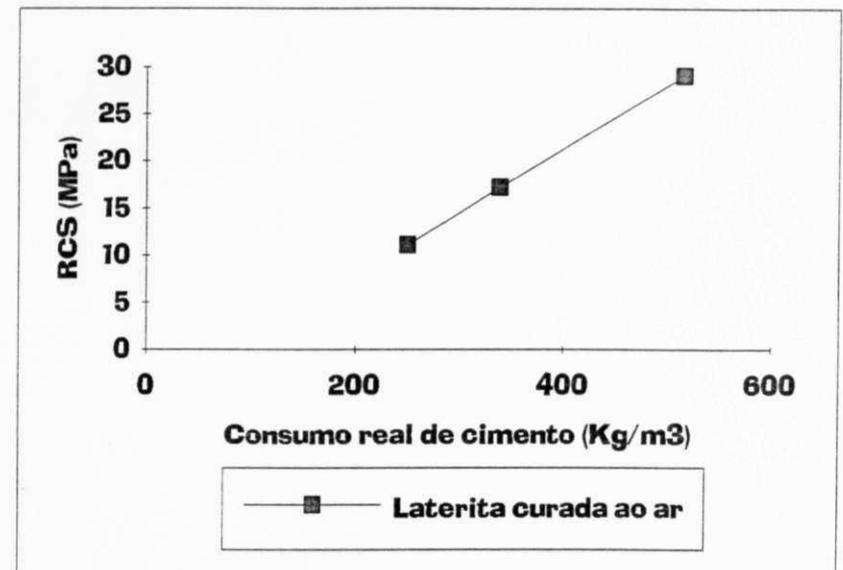
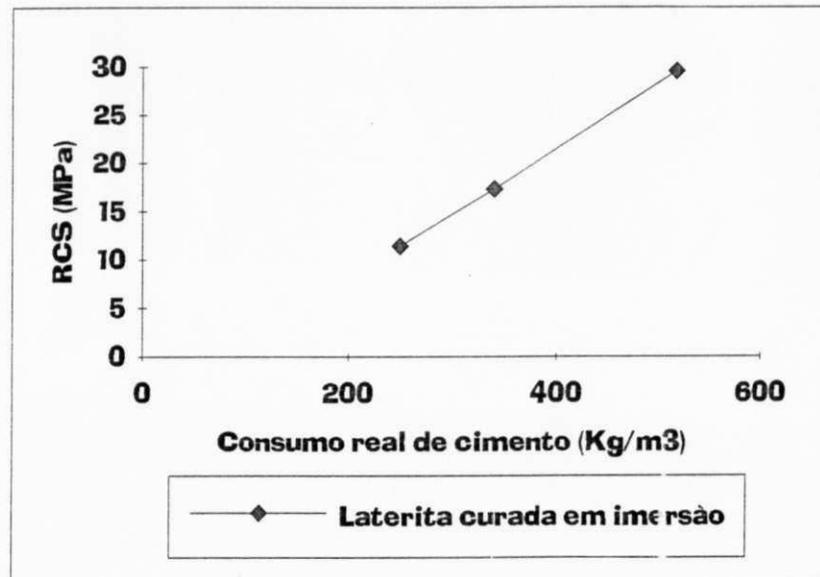
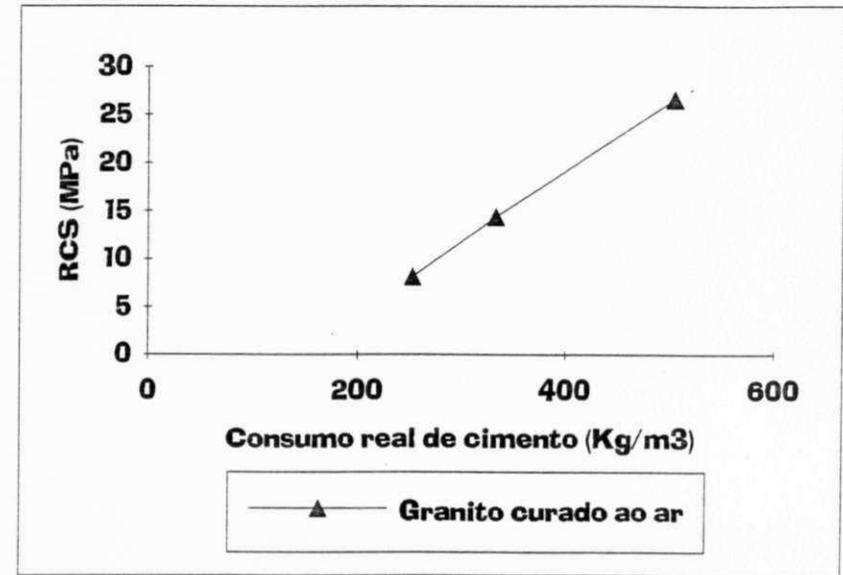
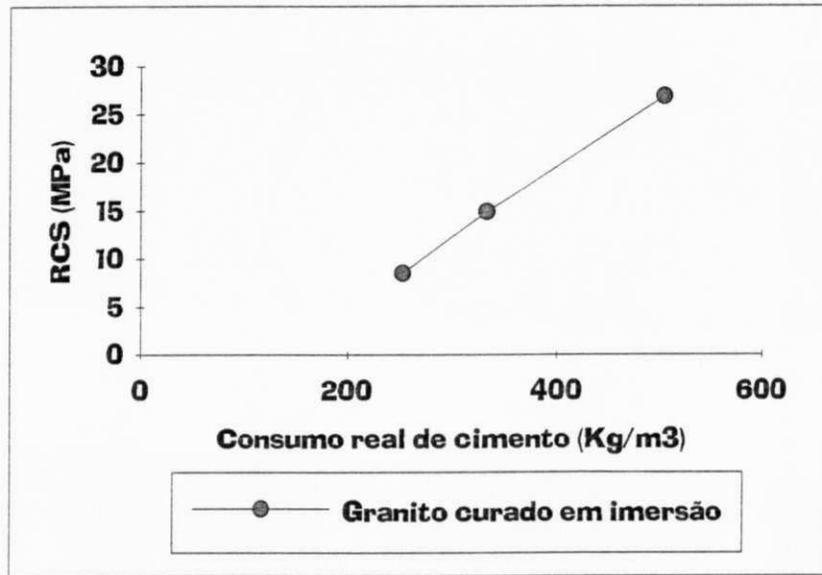


Figura 19 - Resistência à compressão simples aos 7 dias X Consumo real de cimento

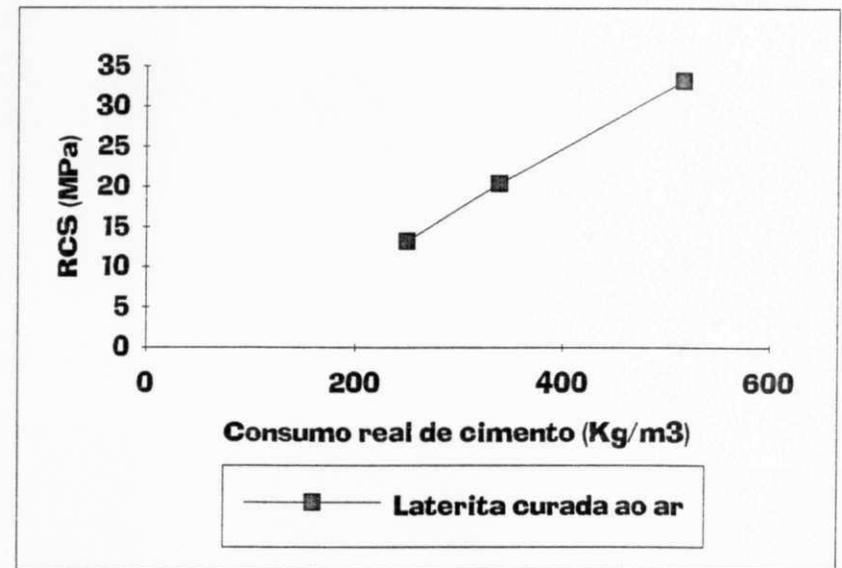
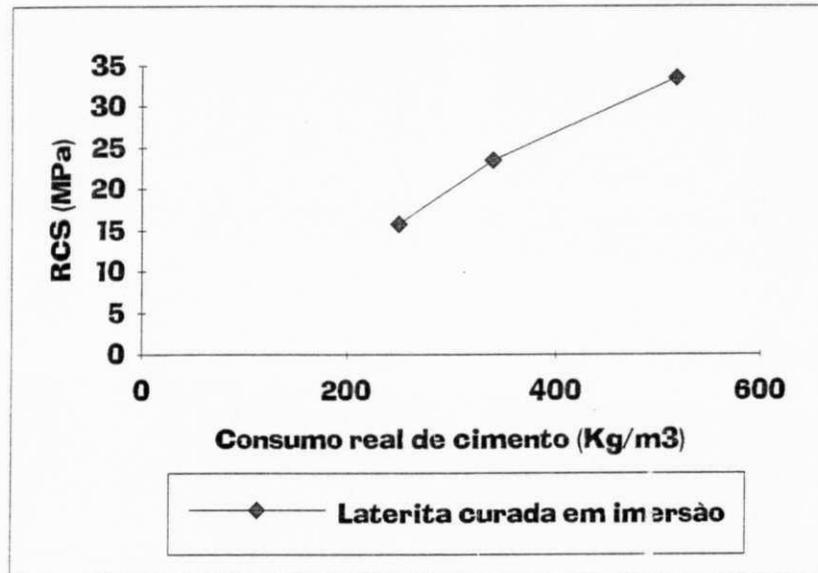
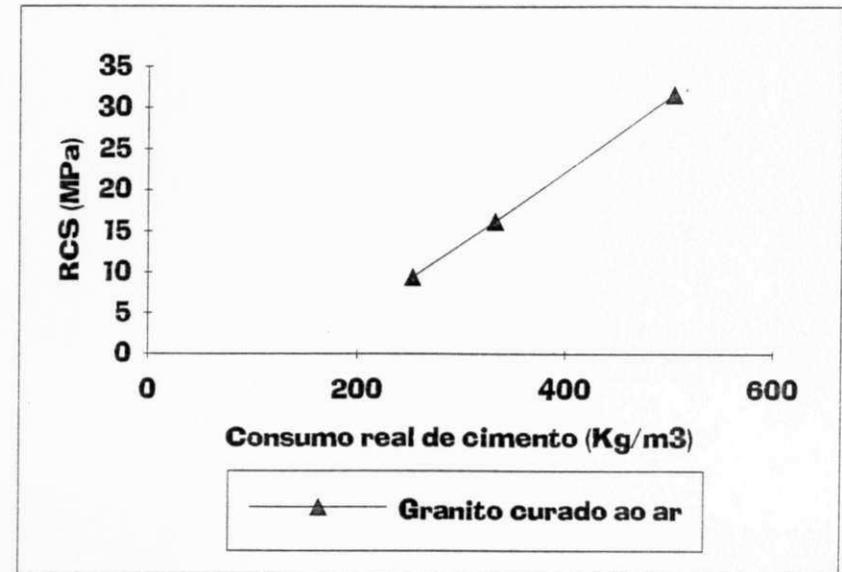
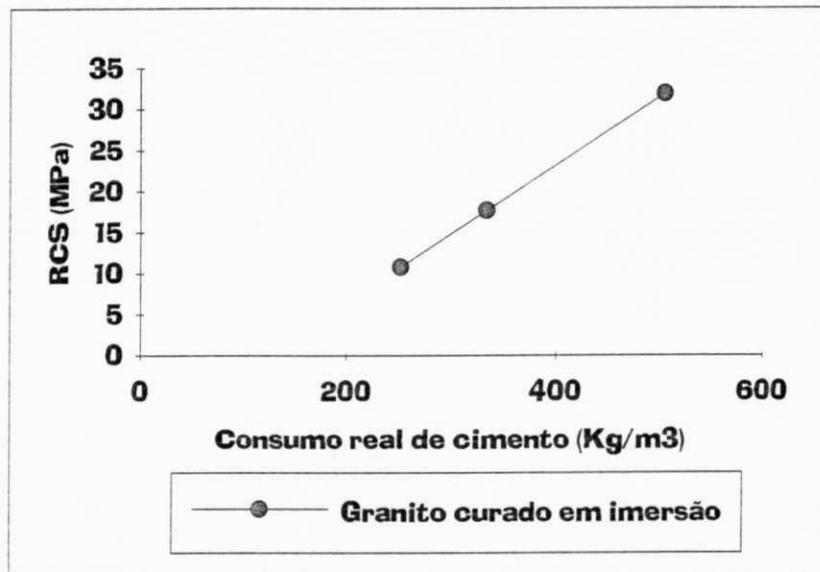


Figura 20 - Resistência à compressão simples aos 28 dias X Consumo real de cimento

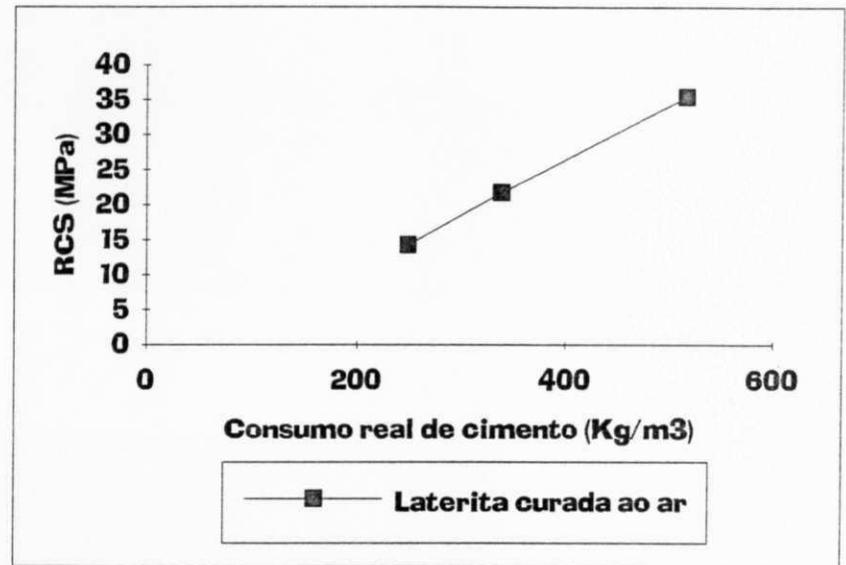
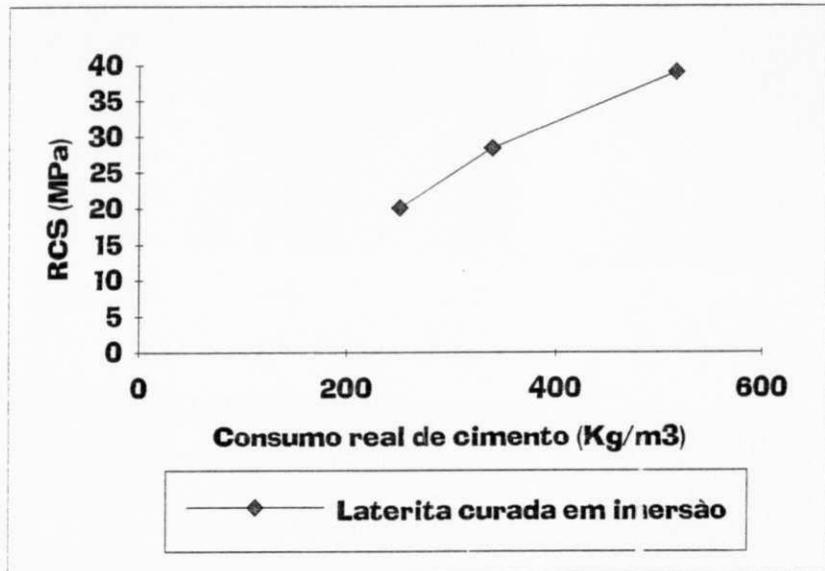
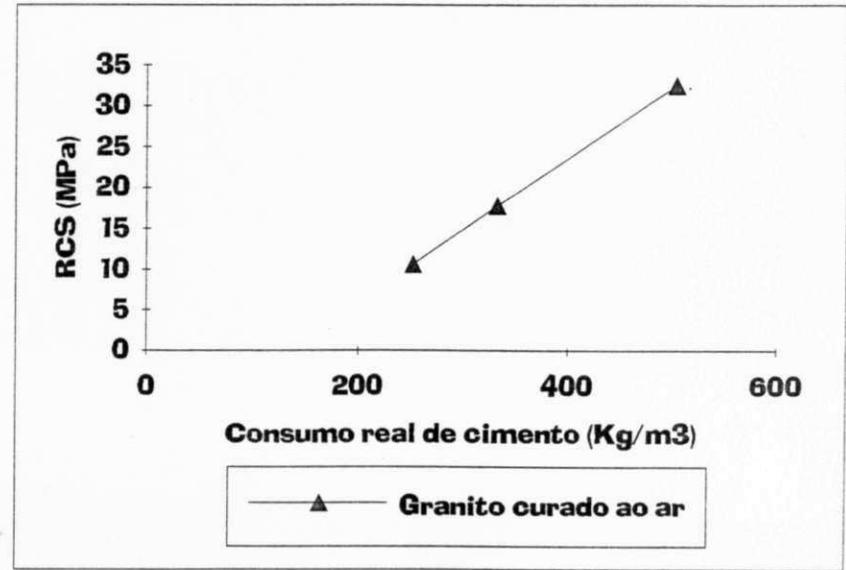
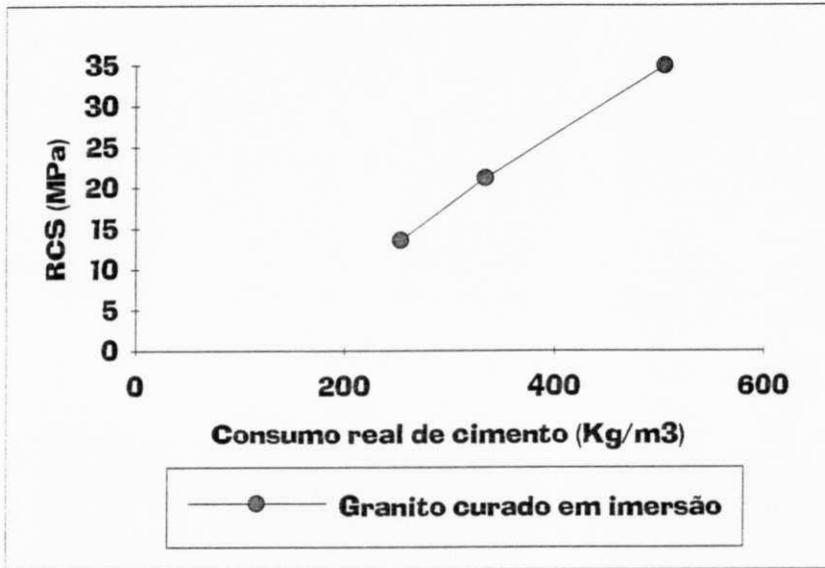


Figura 21 - Resistência à compressão simples aos 91 dias X Consumo real de cimento

RESISTÊNCIAS À TRAÇÃO POR
COMPRESSÃO DIAMETRAL X CONSUMO REAL DO CIMENTO

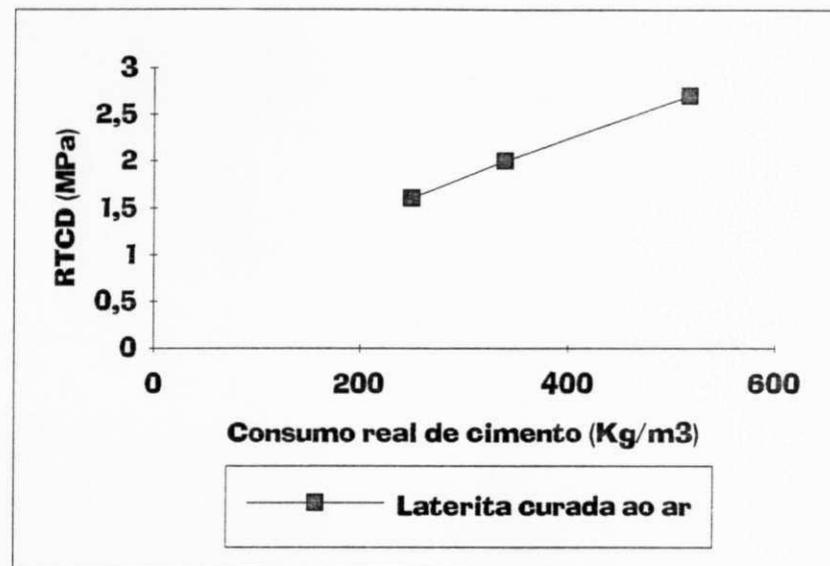
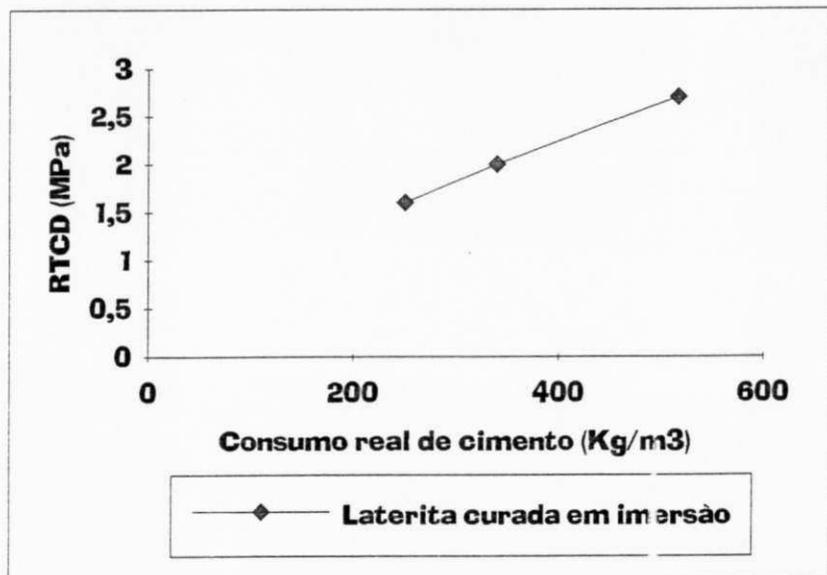
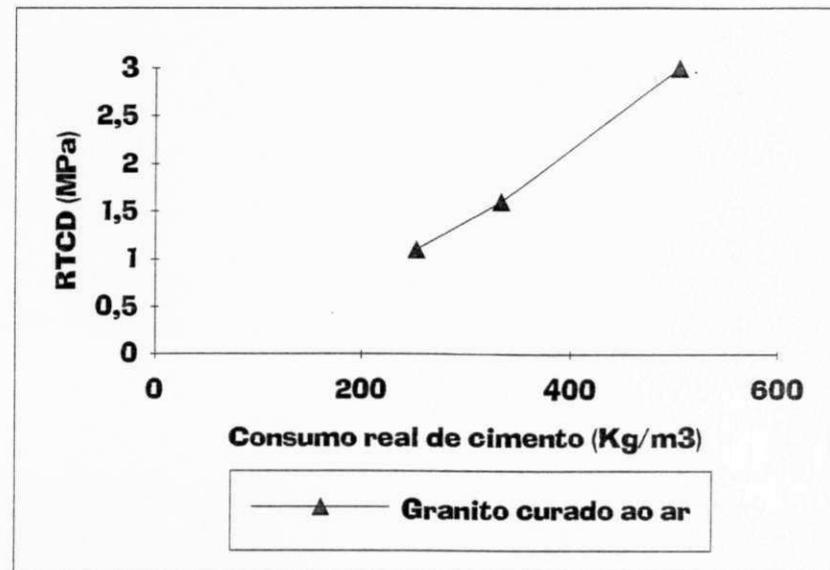
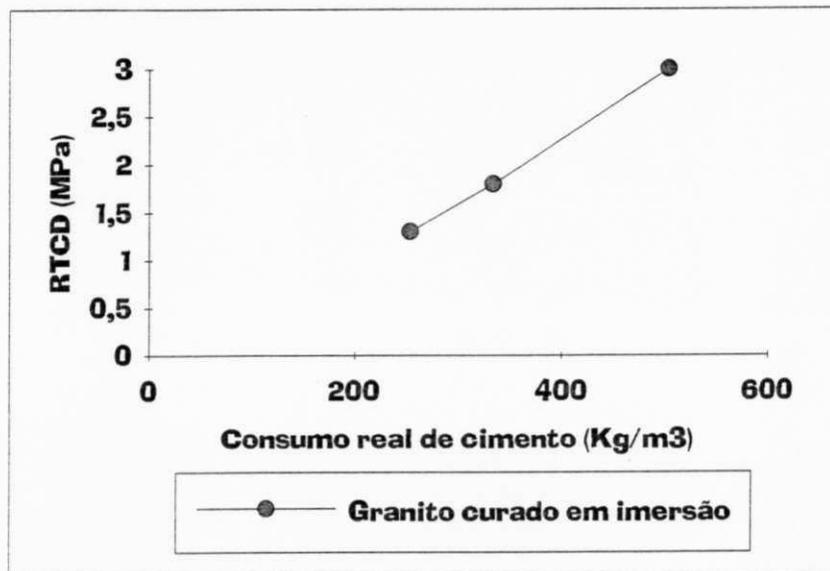


Figura 22 - Resistência à compressão diametral aos 7 dias X Consumo real de cimento

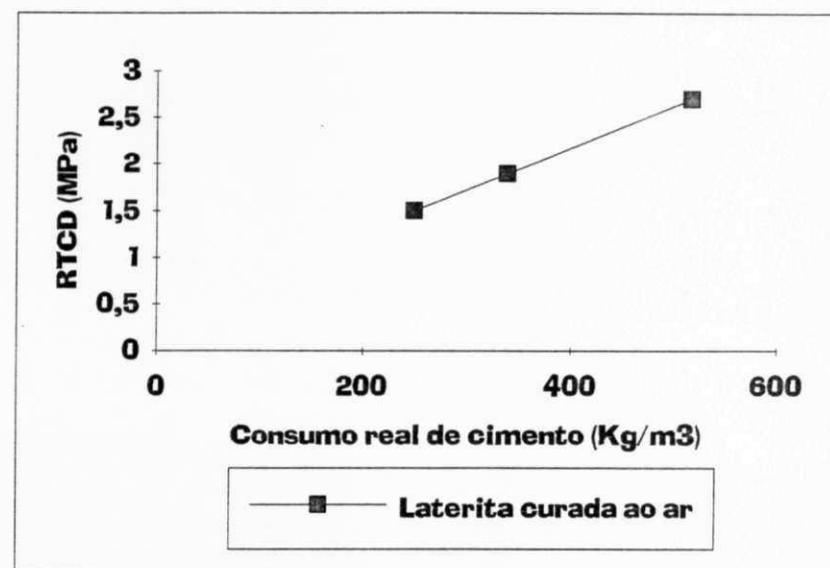
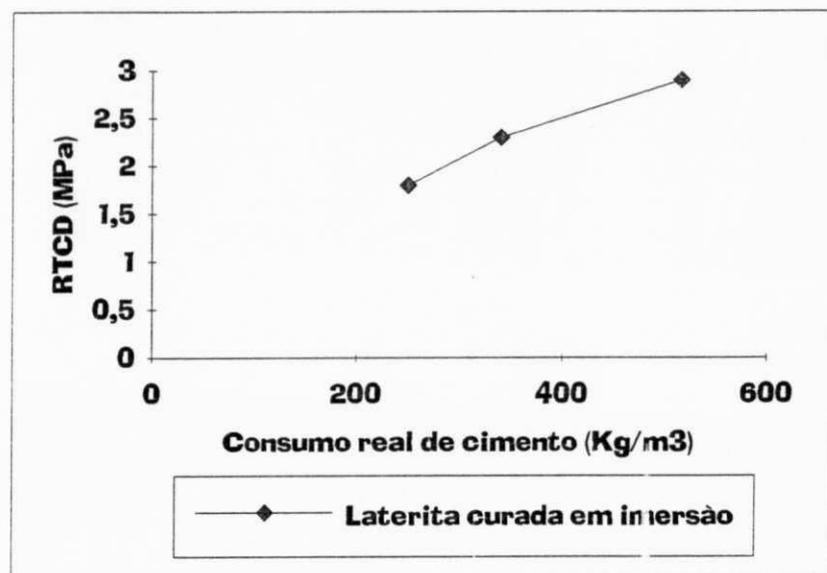
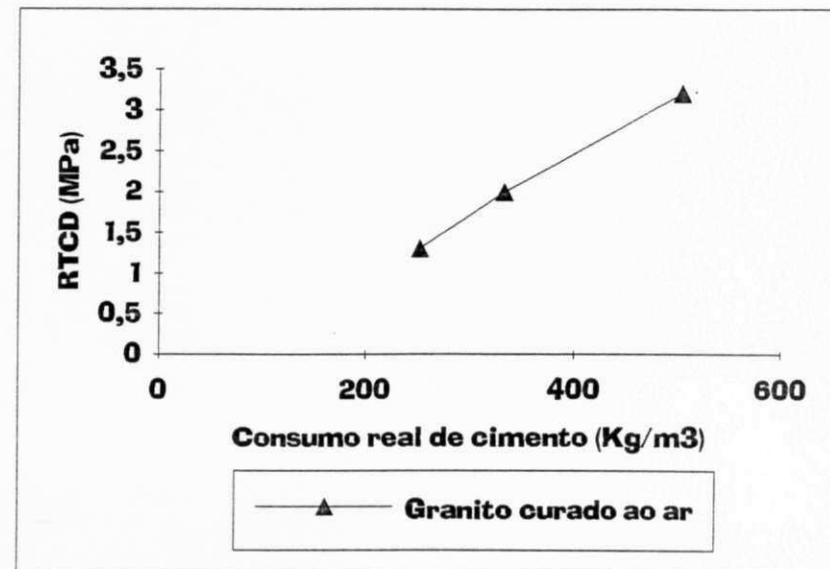
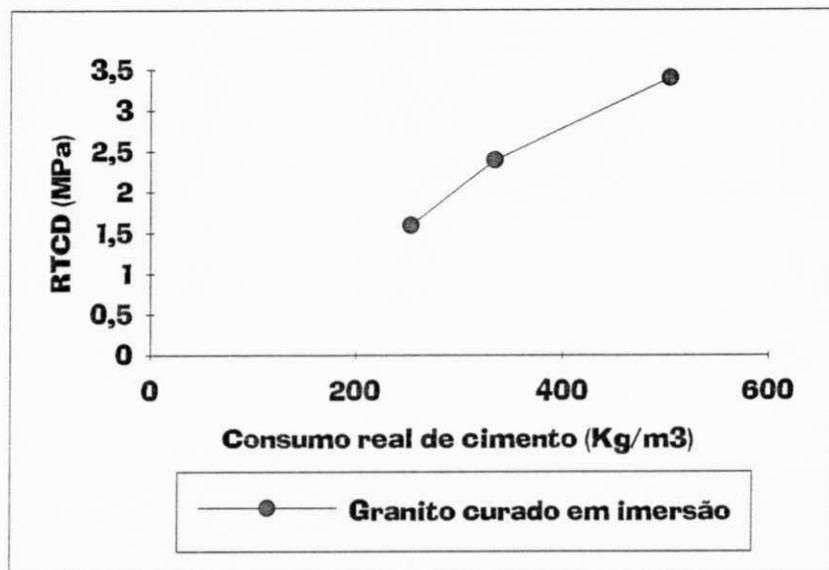


Figura 23- Resistência à compressão diametral aos 28 dias X Consumo real de cimento

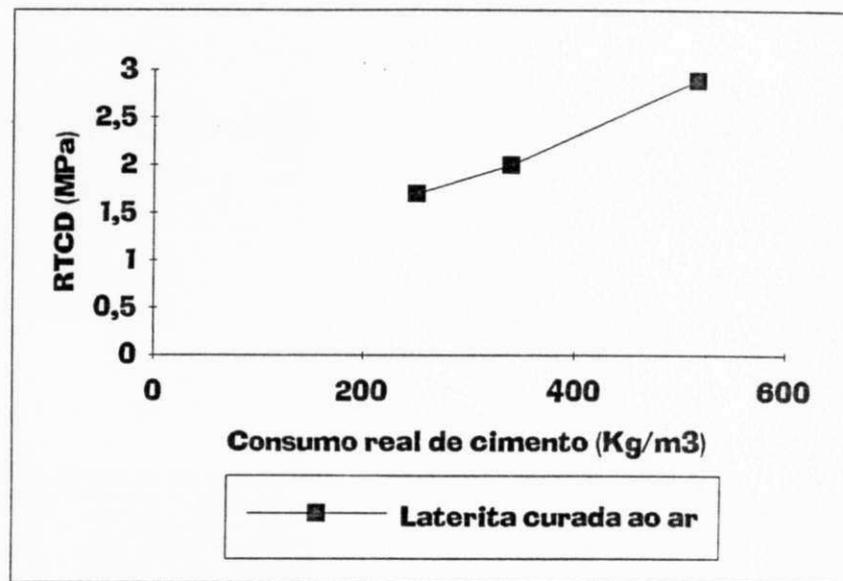
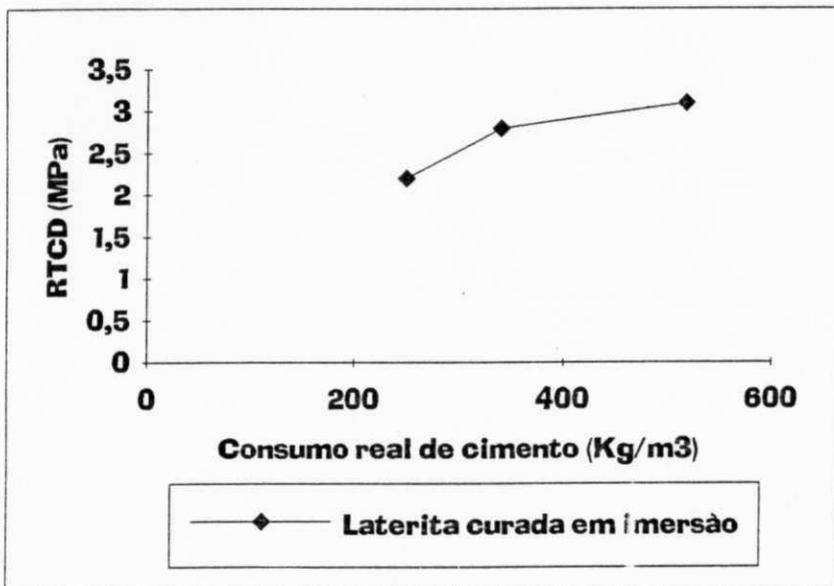
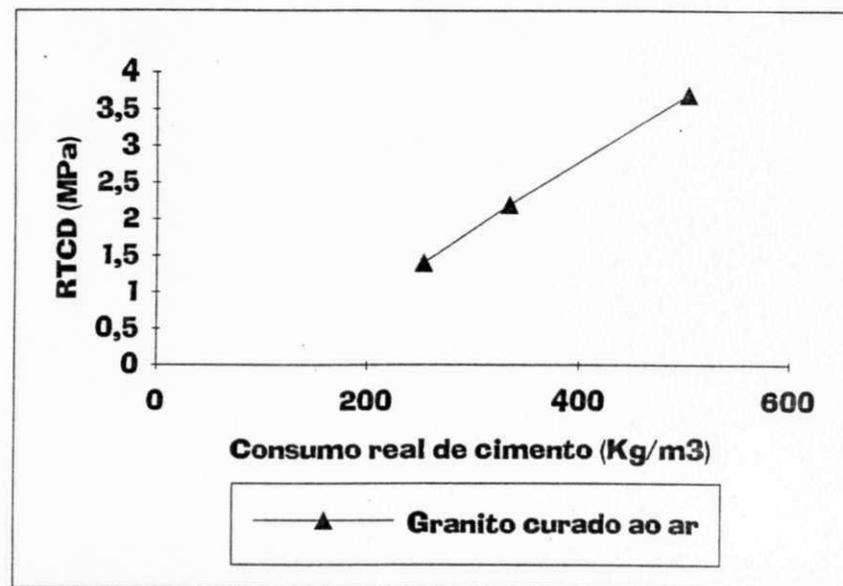
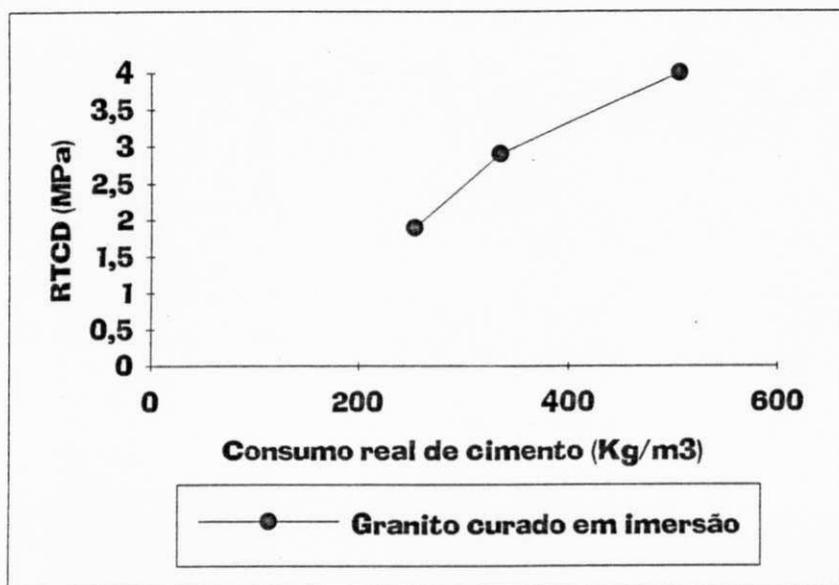


Figura 24- Resistência à compressão diametral aos 91 dias X Consumo real de cimento

ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO DO AGLOMERANTE (CIMENTO CP II F 32)

CIMENTO POTY DA PARAIBA S.A.

De: Engenharia da Qualidade
Para: Depto. Vendas - E.C.
Att: Eng. Adriano
Assunto: Envio de resultados analíticos.

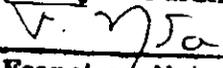
Conforme determinado pela Diretoria Técnica, estamos enviando para V.Sa. os resultados das análises químicas e físicas efetuadas em amostras representativas de um dia de expedição do cimento CPIIF-32 CIPASA.

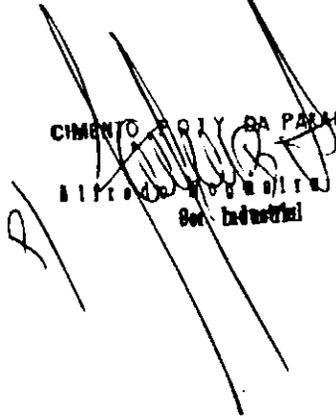
Informamos que, apesar de não constar nos boletins, o percentual de material carbonático adicionado é de 10%.

Solicitamos o envio dos boletins para o Sr. Roberto Alvares de Andrade da Escola Técnica Federal de Pernambuco.

Atenciosamente,

Cimento Poty da Paraíba S/A.


Francisco Neto
Engenharia da Qualidade


CIMENTO POTY DA PARAIBA S/A
Departamento de Engenharia de Qualidade
Set. Industrial

Caaporã, 31/03/94.

RELATORIO DE CONFERENCIA / LIVRO DE AUTO-CONTROLE

DE: 01/08/93 A: 31/08/93 MARCA: POLY TIPO: CIII-F CLASSIF: 32

AMOSTRA	IDENTIFICACAO	COLETA	LOCAL	RESIDUO	AREA	ESPECIFICA	INICIO	FIM	FRIO	QUENTE	DIA	RESIST. A COMPRESSAO NA IDADE DE:				COMPOSICAO QUIMICA														
												MINUTOS	MINUTOS	MINUTOS	MINUTOS	01	03	07	28	91	P.F.	Q.I.	S03	S	002	001	003			
	DATA			%	M2/16		MINUTOS	MINUTOS	MM	MM	MPa	MPa	MPa	MPa	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
01185	02/08/93	E		03.3	382		145	200	00.5	00.5		03.6	39.6	39.6	5.34	01.09	3.40	1.94												
01186	03/08/93	E		03.4	391		130	190	00.0	00.5		04.5	34.5	36.1	4.77	01.15	3.07	1.98												
01187	04/08/93	E		02.4	398		145	200	03.0	00.5		01.3	31.3	39.6	5.03	00.99	3.17	1.82												
01188	05/08/93	E		02.8	372		150	215	00.5	00.5		01.3	31.3	39.2	4.88	01.00	2.96	1.80												
01189	06/08/93	E		02.5	361		140	210	00.5	00.5		04.7	39.6	39.3	4.81	00.98	2.76	1.89												
01190	07/08/93	E		02.6	352		155	225	00.5	01.0		00.7	30.7	38.4	4.38	00.82	2.95	1.77												
01191	09/08/93	E		03.0	344		160	245	00.0	00.5		03.9	39.9	38.2	4.63	01.00	2.95	1.79												
01192	10/08/93	E		02.5	341		155	240	00.5	00.5		03.4	39.4	39.4	4.88	00.94	3.28	1.68												
01193	11/08/93	E		03.0	332		165	250	00.0	00.5		04.1	39.1	39.1	3.83	00.99	3.04	1.69												
01194	12/08/93	E		03.2	350		130	235	01.0	00.5		00.7	30.6	38.6	4.46	00.98	3.06	1.74												
01195	13/08/93	E		03.0	345		150	210	00.0	01.0		04.1	39.1	37.9	4.52	00.85	2.76	1.74												
01196	14/08/93	E		02.8	343		150	215	01.0	00.5		03.3	38.3	39.4	4.83	00.98	2.98	1.72												
01197	16/08/93	E		03.0	328		160	230	00.5	01.0		01.0	31.0	39.4	3.61	01.03	3.10	1.73												
01198	17/08/93	E		03.0	343		140	215	00.0	00.5		03.8	39.8	37.6	3.91	00.90	2.88	1.72												
01199	18/08/93	E		03.2	348		135	210	03.0	00.5		03.8	39.8	35.2	4.40	00.98	2.98	1.81												
01200	19/08/93	E		03.5	352		145	215	00.0	01.0		03.8	38.8	35.8	4.80	01.09	2.79	1.83												
01201	20/08/93	E		03.3	361		130	220	00.0	00.5		04.2	39.6	38.2	4.86	01.11	2.88	1.81												
01202	21/08/93	E		03.0	343		150	250	00.5	00.5		04.0	30.0	38.4	4.40	01.00	2.88	1.75												
01203	23/08/93	E		03.1	334		140	215	01.0	00.5		03.9	38.9	38.3	4.42	01.12	2.90	1.85												
01204	24/08/93	E		03.5	345		140	210	00.5	00.5		03.0	38.0	38.3	4.83	01.13	2.89	1.88												
01205	25/08/93	E		04.0	357		150	235	01.0	01.0		03.3	39.3	37.4	5.08	00.97	3.06	1.76												
01206	27/08/93	E		03.2	341		150	225	00.5	00.0		03.8	39.8	38.8	4.91	01.07	2.97	1.86												
01207	28/08/93	E		03.4	342		145	215	01.0	00.5		03.4	38.4	38.2	4.97	01.05	2.91	1.77												
01208	30/08/93	E		02.7	342		150	220	01.0	01.0		03.3	39.3	39.5	4.39	00.88	3.09	1.67												
01209	31/08/93	E		02.2	349		155	230	00.5	01.0		04.2	39.2	39.2	4.88	01.03	3.12	1.88												

Cimento Poly da Paraíba S/A.
V. 255

RELATORIO DE CONFERENCIA / LIVRO DE AUTO-CONTROLE

DE: 01/09/93 A: 30/09/93

MARCA: POTY

TIPO: CP11-F

CLASSE: 32

AMOSTRA	IDENTIFICACAO		FINURA		REGR		EXPANSIBILIDADE				RESIST. COMPRESSAO NA IDADE DE:					COMPOSICAO QUIMICA					ANTIDOR		
	COLETA		RESIDUO	AREA	INICIO	FIN	FRIO	QUENTE	01	03	07	28	91	P.F.	R.I.	S03	H2O	S	CO2	FATORIAL	FATORIAL	CONDICAO	
	DATA	LOCAL	ABNT 0,075 %	ESPECIFICA M2/Kg	minutos	minutos	%%	%%	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	%	%	%	%	%	%	PROVA	PROVA	PROVA	
01210	01/09/93	E	03.2	350	150	235	01.0	01.0	23.7	29.2	37.7		5.02	01.06	2.67	1.79							
01211	02/09/93	E	02.8	350	140	220	01.0	01.0	24.1	30.1	38.9		4.98	01.20	2.99	1.71							
01212	03/09/93	E	03.0	350	150	230	01.0	00.5	24.5	30.1	38.2		5.00	01.13	2.85	1.74							
01213	04/09/93	E	03.2	351	150	250	00.5	00.5	23.5	29.3	37.3		5.07	01.05	2.68	1.84							
01214	06/09/93	E	03.3	351	160	235	00.0	00.5	23.5	29.9	38.0		4.98	01.21	2.89	1.82							
01215	08/09/93	E	03.0	346	140	220	01.0	00.5	23.9	29.0	37.1		4.89	00.84	3.12	1.78							
01216	09/09/93	E	03.6	352	150	235	00.0	00.5	24.5	30.2	37.6		4.96	01.19	2.85	1.78							
01217	10/09/93	E	02.9	359	135	225	01.5	00.5	23.7	29.6	37.6		5.06	00.93	2.76	1.72							
01218	11/09/93	E	02.9	337	140	230	01.0	00.0	23.7	30.0	38.2		4.95	00.95	3.11	1.79							
01219	13/09/93	E	02.5	360	145	205	01.0	00.5	25.0	29.6	39.0		5.13	00.99	3.12	1.79							
01220	14/09/93	E	03.6	340	155	200	00.5	00.5	24.2	26.1	37.3		5.06	00.93	3.16	1.79							
01221	15/09/93	E	03.2	339	145	240	00.5	00.5	24.0	30.0	38.2		4.85	00.84	3.20	1.78							
01222	16/09/93	E	03.1	331	150	225	00.0	00.5	23.9	29.4	37.3		4.73	00.81	2.91	1.77							
01223	17/09/93	E	03.0	313	140	205	00.5	00.5	24.0	29.7	38.8		5.04	01.18	3.03	1.73							
01224	18/09/93	E	02.7	337	150	205	01.0	01.0	23.4	28.6	37.4		5.00	00.97	3.19	1.74							
01225	20/09/93	E	03.0	337	140	220	00.5	01.0	24.0	29.8	37.7		4.99	00.89	3.21	1.72							
01226	21/09/93	E	03.2	344	135	205	01.0	01.0	23.7	29.6	37.1		4.87	00.93	2.98	1.79							
01227	22/09/93	E	03.0	349	140	200	00.0	00.5	24.0	29.7	38.6		5.14	00.89	3.19	1.61							
01228	23/09/93	E	03.0	355	150	205	00.0	00.5	24.1	29.2	38.1		4.85	01.01	3.19	1.66							
01229	24/09/93	E	02.9	351	140	190	01.0	00.5	25.2	29.0	38.3		4.83	01.11	3.33	1.65							
01230	25/09/93	E	02.7	346	135			00.5	24.0	29.9	38.3		4.82	00.98	3.17	1.65							
01231	27/09/93	E	02.9	364	140			00.5	23.1	28.5	37.1		4.95	01.12	3.25	1.85							
01232	28/09/93	E	03.1	359	130			00.5	23.0	28.9	37.2		4.90	01.15	3.22	1.76							
01233	29/09/93	E	03.0	358	150			01.0	23.0	29.4	38.1		4.94	01.18	3.16	1.67							
01234	30/09/93	E	03.0	365	135			00.5	22.9	29.0	37.1		5.00	01.00	2.94	1.65							
A1	13/09/93	E	02.6	362	135	185	01.	01.5	25.1	30.7	39.0		5.34	01.00	3.25	1.97							

Cimento Poty da Paraíba S/A.

F. 750
Francisco Neto

RELATORIO DE CONFERENCIA / LIVRO DE AUTO-CONTROLE

DE: 01/11/93 A: 30/11/93

MARCA: POTY

TIPO: CPTI-F

CLASSE: 30

AMOSTRA	IDENTIFICACAO		FINURA		REGA		EXPANSIBILIDADE		RESIST. A COMPRESSAO NA IDADE DE:					COMPOSICAO QUIMICA					MIDIDAS				
	COLETA		RESIDUO	AREA					R1	R3	R7	R28	R91										
	DATA	LOCAL	ARNT 0,075 %	ESPECIFICA 12/16	INICIO minutos	FIN minutos	FRIO 22	QUENTE 22	DIAS MPa	DIAS MPa	DIAS MPa	DIAS MPa	DIAS MPa	R.F. %	R.F. %	SO3 %	MoO %	S %	FeO %	PAUTICA 100	PAUTICA 100	SECUNDA 100	
01262	01/11/93	ENSAC	2.4	377	155			0.0	24.5	29.8	39.4		4.04	1.12	3.95	1.39							
01263	02/11/93	ENSAC	3.1	370	159	220	0.5	1.0	22.3	27.4	36.3		5.91	0.97	3.91	1.49							
01264	03/11/93	ENSAC	2.9	342	170			1.0	21.2	27.0	35.7		4.03	1.32	2.68	1.43							
01265	04/11/93	ENSAC	2.5	357	165			1.5	22.6	27.7	37.8		4.75	1.03	3.10	1.59							
01266	05/11/93	ENSAC	2.5	345	145			0.0	23.8	29.8	39.7		4.30	1.22	3.17	1.64							
01267	06/11/93	ENSAC	2.6	340	150			0.5	23.9	29.6	39.4		3.83	0.96	3.19	1.63							
01268	08/11/93	ENSAC	2.1	320	155			0.5	25.4	31.4	40.6		4.09	0.95	3.01	1.61							
01269	09/11/93	ENSAC	2.6	334	145	220	0.0	1.0	25.7	31.7	40.2		4.19	0.97	3.34	1.61							
01270	10/11/93	ENSAC	2.6	328	160			0.0	25.2	31.7	40.3		4.33	0.97	3.83	1.60							
01271	11/11/93	ENSAC	2.5	331	170			0.0	24.8	29.7	39.3		4.25	0.99	3.30	1.65							
01272	12/11/93	ENSAC	2.8	336	150			0.5	22.4	29.9	39.1		4.82	1.29	3.05	1.62							
01273	12/11/93	ENSAC	2.4	350	150			0.5	22.5	29.2	40.2		5.19	1.24	3.06	1.56							
01274	16/11/93	ENSAC	2.5	346	140	200	0.5	1.0	20.9	29.0	39.3		5.11	1.27	3.15	1.62							
01275	17/11/93	ENSAC	2.8	347	150			0.5	22.6	29.0	39.9		4.93	1.41	3.17	1.63							
01276	18/11/93	ENSAC	2.9	350	150			0.5	22.2	29.3	37.6		5.02	1.30	3.07	1.49							
01277	19/11/93	ENSAC	3.1	334	160			0.0	22.5	29.8	39.2		4.39	1.10	3.06	1.66							
01278	20/11/93	ENSAC	2.9	331	155			1.0	23.7	29.3	37.7		4.92	1.22	2.89	1.67							
01279	22/11/93	ENSAC	2.7	342	140			0.0	23.5	28.5	38.3		4.40	1.19	2.96	1.67							
01280	23/11/93	ENSAC	3.2	332	145			0.0	22.1	29.4	36.7		4.54	0.97	2.91	1.63							
01281	24/11/93	ENSAC	3.7	339	145	220	0.0	0.0	22.7	29.2	37.7		4.20	0.89	2.91	1.65							
01282	25/11/93	ENSAC	3.0	333	145			0.5	23.7	28.5	36.2		4.49	1.04	3.01	1.64							
01283	26/11/93	ENSAC	2.8	330	145			0.5	23.2	28.0	35.9		4.15	0.91	2.93	1.60							
01284	27/11/93	ENSAC	2.6	334	135			1.0	23.9	28.8	37.9		4.10	0.94	3.14	1.62							
01285	29/11/93	ENSAC	2.7	322	135			0.0	25.0	28.9	37.4		4.42	0.84	3.09	1.60							
01286	30/11/93	ENSAC	2.6	328	140	210	0.5	1.0	23.6	29.2	37.1		4.27	0.89	3.17	1.70							

Cimento Poty da Paraiba S/A.

F. Neto

Francisco Neto

Engenharia da Qualidade

RELATORIO DE CONFERENCIA / LIVRO DE AUTO-CONTROLE

DE: 01/12/93 A: 31/12/93

MARCA: POTY

TIPO: CIII-F

CLASSE: 02

AMOSTRA	IDENTIFICAO		FINURA		PEDA	EXPANSIBILIDADE		RESIST. COMPRESSAO NA TAVEL DE:					COMPOSICAO QUIMICA					ANOTAC			
	COLETA	RESIDUO	AREA	ESPECIFICA		FRIO	QUENTE	01	02	03	04	05	%	%	%	%	%		%		
	DATA	LOCAL	ARNT 0,075	ESPECIFICA	INICIO	FIN	20	20	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	g	%	g	%	g	%	g	%
01287	01/12/93	ENSAC	2,9	319	140				0,0	01,6	07,4	05,0		4,10	0,96	2,81	1,70				
01288	02/12/93	ENSAC	2,7	324	140				0,5	04,6	09,0	00,0		4,23	0,95	3,01	1,71				
01289	04/12/93	ENSAC	2,7	330	140				0,5	04,7	08,6	00,7		4,23	0,92	3,09	1,67				
01290	06/12/93	ENSAC	3,0	332	140				0,5	03,4	08,6	07,0		4,10	0,91	3,26	1,67				
01291	07/12/93	ENSAC	0,2	325	135				0,0	03,0	03,5	07,9		4,00	0,99	2,69	1,73				
01292	08/12/93	ENSAC	2,0	320	135	210	0,0		1,0	03,0	03,0	06,6		4,10	1,00	2,70	1,72				
01293	09/12/93	ENSAC	2,6	325	155				1,0	03,0	03,0	07,0		4,15	0,91	2,90	1,70				
01294	10/12/93	ENSAC	2,9	326	160				1,0	02,7	08,2	07,0		4,30	0,80	3,07	1,70				
01295	11/12/93	ENSAC	0,1	320	135				1,0	01,7	07,6	07,6		4,20	0,85	3,07	1,86				
01296	13/12/93	ENSAC	2,0	334	160				0,0	02,6	08,9	07,9		4,62	0,99	3,01	1,80				
01297	14/12/93	ENSAC	3,0	341	155	210	0,0		1,0	01,0	06,9	06,0		4,66	0,95	3,10	1,97				
01298	15/12/93	ENSAC	2,5	351	155				0,5	02,0	09,1	09,0		4,60	0,90	3,00	2,00				
01299	16/12/93	ENSAC	2,1	341	155				1,5	03,0	09,0	08,3		4,50	0,90	2,89	2,20				
01300	17/12/93	ENSAC	2,5	341	140				1,0	03,1	09,1	08,6		4,70	0,94	2,92	2,39				
01301	18/12/93	ENSAC	0,7	336	140				1,0	04,0	09,0	08,9		4,70	0,88	2,94	2,39				
01302	20/12/93	ENSAC	2,3	357	150				2,0	03,9	09,1	09,0		4,94	0,91	2,90	2,60				
01303	21/12/93	ENSAC	2,5	351	140	195	0,5		2,0	04,0	05,0	07,6		4,60	0,85	2,97	2,80				
01304	22/12/93	ENSAC	2,7	347	140				0,5	04,0	09,1	08,1		4,71	0,91	2,97	2,66				
01305	23/12/93	ENSAC	2,2	343	155				1,5	04,5	09,0	09,0		4,54	1,01	3,09	2,34				
01306	24/12/93	ENSAC	3,0	324	140				0,5	04,7	08,1	08,4		4,10	0,77	3,23	2,42				
01307	26/12/93	ENSAC	2,3	332	135				0,5	04,0	06,1	08,0		4,10	1,14	2,95	2,47				
01308	27/12/93	ENSAC	3,0	332	150				1,0	05,0	06,0	07,7		4,00	1,04	3,20	2,42				
01309	28/12/93	ENSAC	2,6	332	130	210	0,5		2,0	05,0	08,1	07,0		4,40	1,10	3,07	2,60				
01310	29/12/93	ENSAC	2,6	330	135				0,0	03,7	01,0	07,0		4,60	1,04	2,93	2,90				
01311	30/12/93	ENSAC	2,6	335	140				1,0	05,0	09,6	08,0		4,60	1,00	2,97	2,39				
AD	16/12/93	ENSAC	02,7	332	135	210	00,1	00,5		02,0	09,0	08,1		4,60	00,92	3,90	1,92				

Cimento Poty da Paraíba S/A.

V. 750

Francisco Neto

CONTROLE FÍSICO-QUÍMICO DAS ÁGUAS TRATADAS NA ETA CASTELO BRANCO

Companhia Pernambucana de Saneamento  Compesa

Av. Cruz Cabugá, 1387 - Santo Amaro - Recife - Pernambuco
FONE: (081) 421.1711 PABX - TELEX: (081) 1631 SAPE - FAX: (081) 222.5034

CGC MF. 09.769.035/0001-64 INSC. EST. 18.1.002.0014398-4

REF DT Nº 114/94

Recife, 15 de dezembro de 1994

Ilmo. Sr.

Engº ROBERTO ALVARES DE ANDRADE

CENTRO TECNOLÓGICO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

- CIDADE UNIVERSITÁRIA

N E S T A

Prezado Senhor,

Atendendo sua solicitação, anexamos quadro de controle físico - químico das águas tratadas na ETA CASTELO BRANCO - sita no Curado, nesta RMR-PE, onde são mostrados valores verificados no período de 02.06.92 à 31.05.94.

Por oportuno esclarecemos que os dados ora apresentados referem-se às amostras coletadas na saída daquela unidade de tratamento, que é responsável pelo suprimento d'água da área abrangida pela cidade Universitária do Recife.

Este documento tem como finalidade subsidiar informações para a sua tese de mestrado em "AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DOS CONCRETOS CONFECCIONADOS COM AGREGADOS LATERÍTICOS NÃO LAVADOS E NÃO SATURADOS", motivo pelo qual deixamos de apresentar elementos bacteriológicos.

Sendo só o que se nos apresenta para o momento, subscrevemo-nos

Atenciosamente,


Guilherme Tavares
Diretor Técnico

CERTIFICADO DE ANÁLISES MINERAIS



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
SECRETARIA DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL
SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE

C E R T I F I C A D O D E A N Á L I S E
Nº 114/94-QM

Protocolo nº: 401/94
Remetente : ROBERTO ALVARES ANDRADE
Procedência : PE
Amostra : Areia e Brita

R E S U L T A D O

<u>Nº Amostra:</u>	<u>01-A</u>		<u>02-B</u>	
<u>Referência:</u>	<u>Areia -PE</u>		<u>Pedreira Guarani-Jaboatão-P</u>	
Sílica (em SiO ₂)	79,25	%	59,71	%
Alumínio (em Al ₂ O ₃).....	8,91	%	13,53	%
Ferro (em Fe ₂ O ₃)	1,95	%	7,86	%
Cálcio (em CaO)	1,73	%	5,56	%
Magnésio (em MgO)	0,80	%	2,50	%
Sódio (em Na ₂ O)	0,91	%	3,10	%
Potássio (em K ₂ O)	2,72	%	3,61	%
Titânio (em TiO ₂).....	1,10	%	1,78	%
Manganês (em MnO)	0,07	%	0,10	%
Fósforo (em P ₂ O ₅).....	0,08	%	1,60	%

Recife, 21 de Outubro de 1994



**ABNT-Associação
Brasileira de
Normas Técnicas**

Sede:
Rio de Janeiro
Av. Treze de Maio, 13 - 28º andar
CEP 20003-900 - Caixa Postal 1680
Rio de Janeiro - RJ
Tel.: PABX (021) 210-3122
Telex: (021) 34333 ABNT - BR
Endereço Telegráfico:
NORMATÉCNICA

Copyright © 1990,
ABNT - Associação Brasileira
de Normas Técnicas
Printed in Brazil/
Impresso no Brasil
Todos os direitos reservados

ABR 1994

NBR 5738

Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos ou prismáticos de concreto

Procedimento

Origem: Projeto NBR 5738/1993
CB-18 - Comitê Brasileiro de Cimento, Concreto e Agregados
CE-18:301.03 - Comissão de Estudo de Ensaios Físicos para Concreto Fresco
NBR 5738 - Molding and curing of concrete cylindrical or prismatic test specimens - Procedure
Descriptor: Concrete
Esta Norma substitui a NBR 5738/1984
Válida a partir de 30.05.1993

Palavra-chave: Concreto

9 páginas

1 Objetivo

Esta Norma fixa as condições exigíveis para moldagem, desforma, preparação de topos, transporte e cura de corpos-de-prova cilíndricos ou prismáticos de concreto, destinados a ensaios para determinação das propriedades intrínsecas desse material.

2 Documentos complementares

Na aplicação desta Norma é necessário consultar:

NBR 5734 - Peneiras para ensaio com telas de tecido metálico - Especificação

NBR 5750 - Amostragem de concreto fresco - Método de ensaio

NBR 7211 - Agregados para concreto - Especificação

NBR 7223 - Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone - Método de ensaio

NBR 9479 - Câmaras úmidas para cura de corpos-de-prova de cimento e concreto - Especificação

3 Definições

Para os efeitos desta Norma é adotada a definição 3.1.

3.1 Dimensão básica dos corpos-de-prova (d)

Medida expressa em milímetros, utilizada como referên-

cia para os corpos-de-prova, sendo empregadas a dimensão do diâmetro no caso de corpos-de-prova cilíndricos e a dimensão da menor aresta para os corpos-de-prova prismáticos.

4 Condições gerais

4.1 Aparelhagem

4.1.1 Moldes

4.1.1.1 Devem ser confeccionados em aço ou outro material não absorvente e quimicamente inerte com os componentes constituintes do concreto.

4.1.1.2 Não devem sofrer deformações durante a moldagem dos corpos-de-prova.

4.1.1.3 Devem ter as superfícies internas lisas e sem defeitos.

4.1.1.4 Os moldes cilíndricos e os prismáticos devem possuir dispositivos de fixação às respectivas placas da base.

4.1.1.5 Devem atender às espessuras e tolerâncias fixadas na Tabela 1 e nas Figuras 1 e 2.

Nota: Moldes confeccionados em chapa metálica reforçada ou perfis estruturais podem ter espessuras diferentes das fixadas na Tabela 1, desde que sejam mantidas a rigidez necessária ao molde e as tolerâncias especificadas nesta Norma.

Tabela 1 - Espessuras e tolerâncias para moldes de corpos-de-prova de concreto

Unid.: mm

Espessuras mínimas das paredes			Dimensão	Tolerâncias	
				Dimensões básicas	
				100	≥ 150
Moldes cilíndricos	Base	4,5	<ul style="list-style-type: none"> - Dimensões nominais (diâmetro e altura) - Diferença máxima entre as dimensões de dois diâmetros ortogonais, um deles passando pela geratriz cortada do molde - Desvio máximo da placa de base do molde em relação a um plano - Desvio máximo de qualquer geratriz em relação a um plano 	± 1,0 1,0	± 1,5 1,5
	Parede	3,0		0,05 0,03	0,05 0,3
Moldes prismáticos	Base	12,0	- Dimensões nominais (dimensão básica e altura)	-	± 1,5
	Parede	12,0			

/FIGURA 1

Unid.: mm

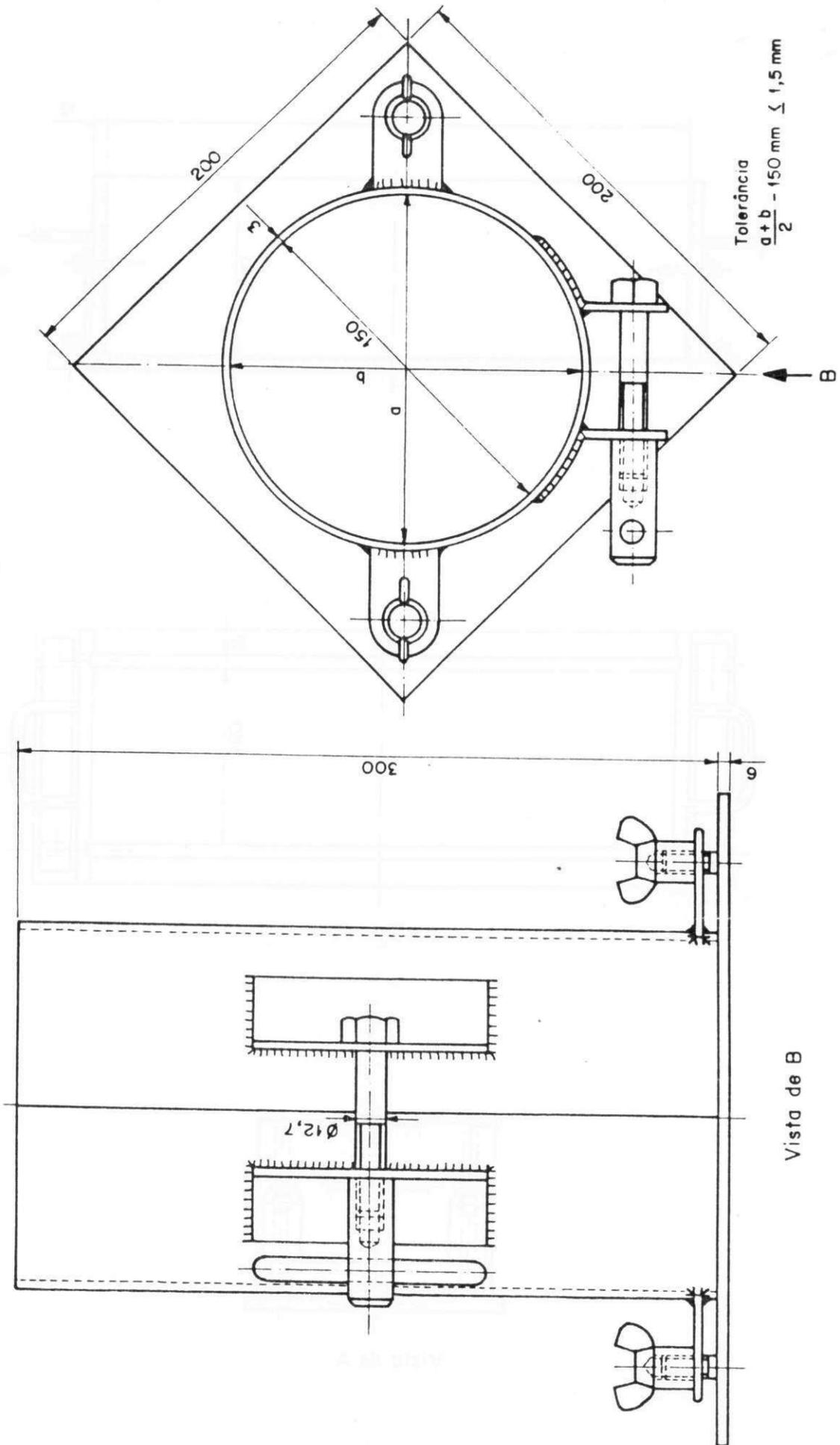
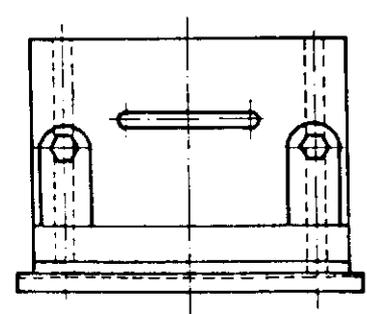
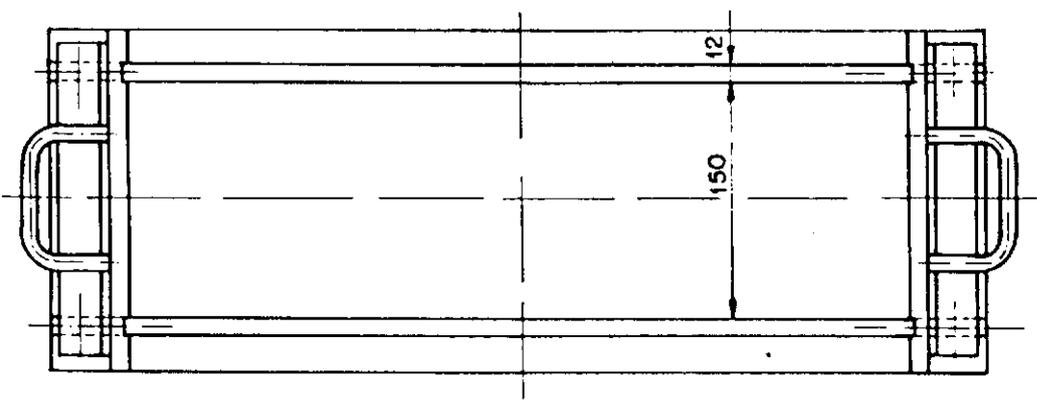
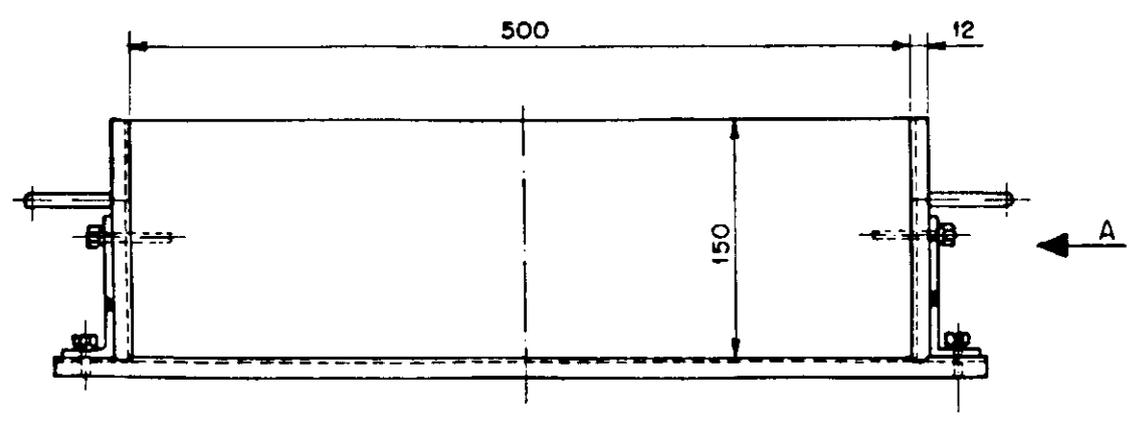


Figura 1 - N - Rolde cilíndrico de dimensão básica 150 mm

Unid.: mm



Vista de A

Figura 2 - Molde prismático de dimensão básica 150 mm

4.1.2 Equipamentos de adensamento**4.1.2.1 Haste de socamento**

Barra de aço, com 600 mm de comprimento e 16 mm de

diâmetro, com superfície lisa, seção transversal circular e extremidade de socamento semi-esférica, de acordo com a Figura 3.

Unid.: mm

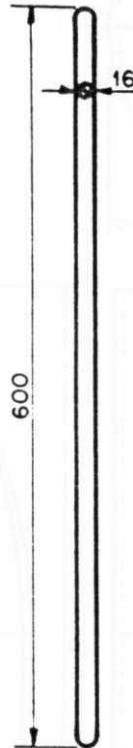


Figura 3 - Haste de socamento

4.1.2.2 Vibrador de Imersão

4.1.2.2.1 Deve ter frequência de, no mínimo, 7200 vibrações /min.

4.1.2.2.2 O diâmetro externo da agulha vibrante deve ser de no mínimo 25 mm e no máximo 1/4 da dimensão básica (d), para os corpos-de-prova cilíndricos e 1/3 da dimensão básica (d), para os corpos-de-prova prismáticos.

4.1.2.3 Mesa vibratória

Deve ter frequência mínima de 2400 vibrações /min.

4.1.3 Concha

4.1.3.1 Deve ser confeccionada em aço ou outro material rígido e não absorvente.

4.1.3.2 Deve ser empregada a concha esquematizada na Figura 4, que apresenta dimensões baseadas no molde cilíndrico de dimensão básica (d) igual a 150 mm.

Nota: O formato da concha não deve permitir a segregação do concreto durante a operação de moldagem.

/FIGURA 4

Unid.: mm

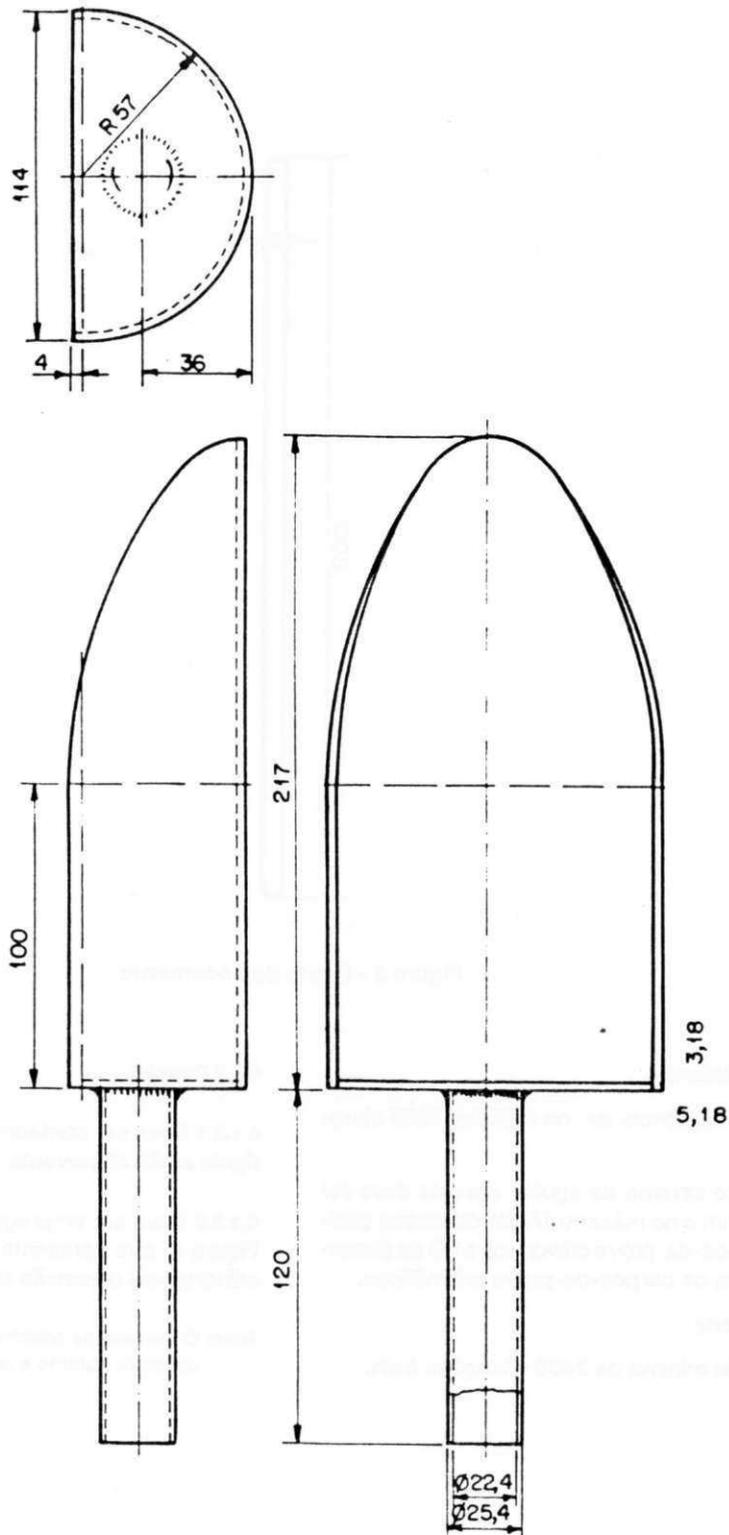


Figura 4 - Concha metálica

4.1.2 Equipamentos de adensamento**4.1.2.1 Haste de socamento**

Barra de aço, com 600 mm de comprimento e 16 mm de

diâmetro, com superfície lisa, seção transversal circular e extremidade de socamento semi-esférica, de acordo com a Figura 3.

Unid.: mm

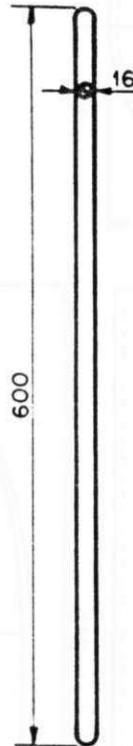


Figura 3 - Haste de socamento

4.1.2.2 Vibrador de imersão

4.1.2.2.1 Deve ter frequência de, no mínimo, 7200 vibrações /min.

4.1.2.2.2 O diâmetro externo da agulha vibrante deve ser de no mínimo 25 mm e no máximo 1/4 da dimensão básica (d), para os corpos-de-prova cilíndricos e 1/3 da dimensão básica (d), para os corpos-de-prova prismáticos.

4.1.2.3 Mesa vibratória

Deve ter frequência mínima de 2400 vibrações /min.

4.1.3 Concha

4.1.3.1 Deve ser confeccionada em aço ou outro material rígido e não absorvente.

4.1.3.2 Deve ser empregada a concha esquematizada na Figura 4, que apresenta dimensões baseadas no molde cilíndrico de dimensão básica (d) igual a 150 mm.

Nota: O formato da concha não deve permitir a segregação do concreto durante a operação de moldagem.

/FIGURA 4

Unid.: mm

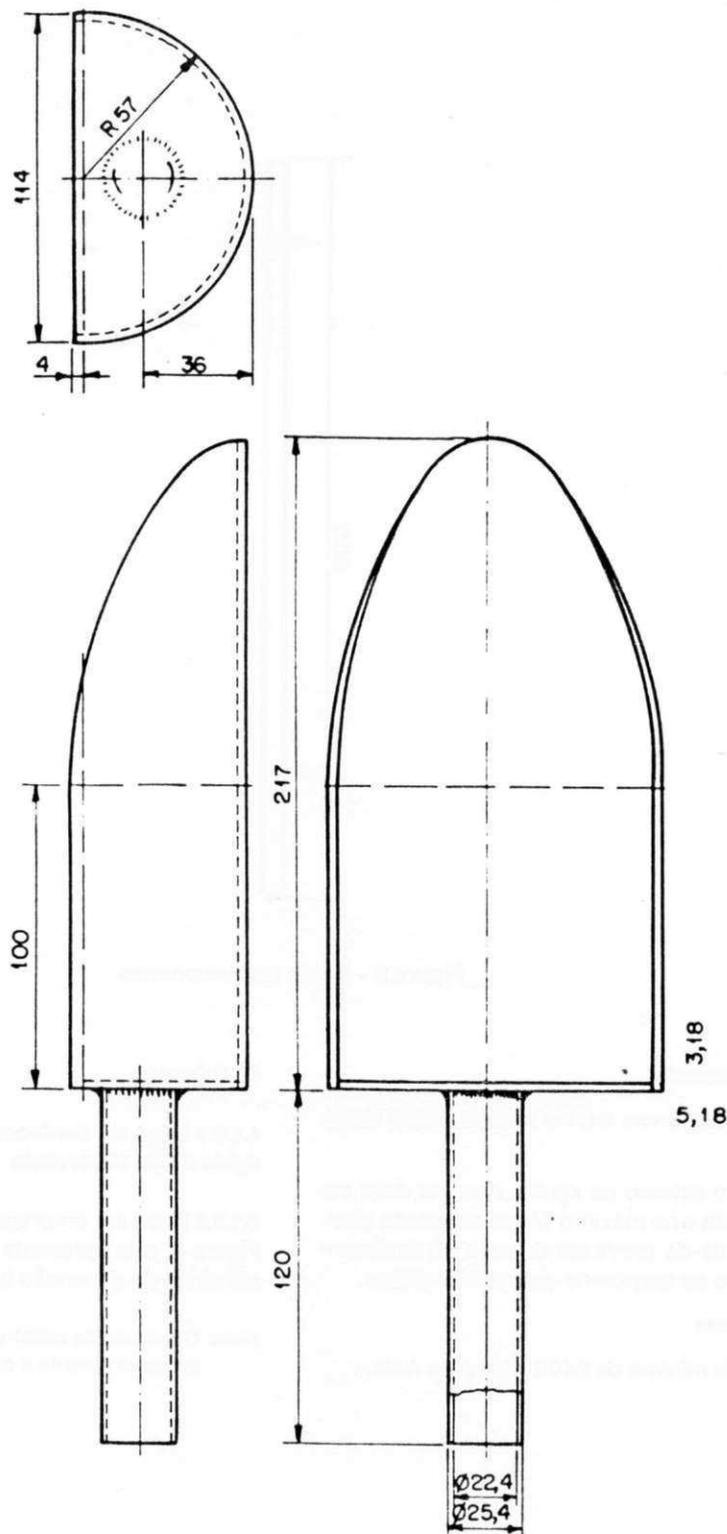


Figura 4 - Concha metálica

4.1.4 Gola

Dispositivo de aço ou outro material rígido e não corrosível, que deve ser acoplado ao molde e tem a finalidade de evitar que o concreto transborde dele, quando empregado adensamento vibratório.

4.2 Preparação dos moldes

4.2.1 Deve ser feita vedação das juntas com mistura de cera virgem e óleo mineral para evitar vazamentos.

4.2.2 Após a montagem, os moldes devem ser untados internamente com uma fina camada de óleo mineral.

4.3 Amostragem

4.3.1 A amostra destinada à moldagem de corpos-de-prova deve ser retirada de acordo com NBR 5750 e com o processo de produção do concreto utilizado.

4.3.2 Devem ser anotados:

- a) data;
- b) hora de adição da água de amassamento;
- c) local de aplicação do concreto.

4.4 Local da moldagem

4.4.1 Os moldes devem ser colocados sobre uma base nivelada, livre de choques e vibrações.

4.4.2 Os corpos-de-prova devem ser moldados em local próximo àquele em que serão armazenados nas primeiras 24 h.

4.5 Moldagem dos corpos-de-prova

4.5.1 O concreto deve ser colocado no molde, com o emprego de concha, em camadas de alturas aproximadamente iguais, conforme a Tabela 2.

Tabela 2 - Número de camadas e golpes de socamento

Tipo de molde	Tipo de adensamento	Dimensão básica d (mm)	Número de camadas	Número de golpes por camada
Cilíndrico	Manual	100	2	15
		150	4	30
		250	5	75
	Vibratório (penetração da agulha até 200 (mm))	100	1	-
		150 250 450	2 3 5	-
Prismático	Manual	150	2	17 golpes a cada 10000 mm ² de área
		250	3	
	Vibratório	150	1	-
		250	2	
		450	3	
		450	3	

Notas: a) A altura das camadas não deve exceder 100 mm, quando o adensamento for manual, e 200 mm, quando o adensamento for vibratório.

b) Os corpos-de-prova cilíndricos ou prismáticos, de dimensões básicas diferentes das discriminadas na Tabela 2, devem ser moldados, aplicando-se 17 golpes para cada 10000 mm² de área.

4.5.2 Antes do adensamento de cada camada, o concreto deve ser uniformemente distribuído dentro da fôrma.

4.5.3 A última camada deve sobrepassar ligeiramente o topo do molde, para facilitar o respaldo.

4.5.4 A moldagem dos corpos-de-prova não deve sofrer interrupções.

4.6 Processo de adensamento

Deve ser compatível com a consistência do concreto, medida pelo abatimento do tronco de cone, conforme a NBR 7223 e de acordo com a Tabela 3. Após o adensa-

mento do concreto, qualquer que seja o processo adotado, a superfície do topo dos corpos-de-prova deve ser alisada com colher de pedreiro.

Tabela 3 - Processo de adensamento

Abatimento a (mm)	Processo de adensamento
a < 20	vibratório
20 ≤ a < 60	manual ou vibratório
60 ≤ a < 180	manual
a > 180	manual

4.7 Cura inicial ao ar

Após a moldagem, os corpos-de-prova devem ser imediatamente cobertos com material não reativo e não absorvente, com a finalidade de evitar a perda de água do concreto e protegê-lo da ação das intempéries.

5 Condições específicas

5.1 Dimensões dos corpos-de-prova

5.1.1 Cilíndricos

5.1.1.1 A dimensão básica escolhida deve ser: 100 mm, 150 mm, 250 mm ou 450 mm, de forma que obedeça à seguinte relação:

$$d \geq 3D$$

Onde:

d = dimensão básica

D = dimensão máxima característica do agregado, determinado conforme a NBR 7211.

5.1.1.2 Os corpos-de-prova cilíndricos devem ter diâmetro igual a d e altura igual a 2d.

5.1.2 Prismáticos

Devem ter seção quadrada de aresta igual à dimensão básica d e comprimento igual ou superior a $3d + 50$ mm, de forma que obedeçam à relação de 5.1.1.1.

Nota: Os corpos-de-prova de dimensão básica igual a 150 mm podem ser usados, mesmo quando a dimensão máxima característica do agregado for superior a 38 mm, desde que a amostra de concreto fresco seja passada previamente pela peneira com abertura de malha de 38 mm, de acordo com a NBR 5734. Nesse caso, devem ser correlacionados os resultados dos ensaios de corpos-de-prova moldados com concreto peneirado e aqueles obtidos em ensaios de corpos-de-prova moldados com concreto integral. As dimensões dos corpos-de-prova de concreto integral devem obedecer às condições de 5.1.1 e 5.1.2.

5.2 Moldagem dos corpos-de-prova

5.2.1 Adensamento manual

5.2.1.1 No adensamento de cada camada devem ser aplicados golpes de socamento, uniformemente distribuídos em toda a seção transversal do molde, conforme Tabela 2.

5.2.1.2 No adensamento de cada camada, a haste de socamento não deve penetrar na camada já adensada.

5.2.1.3 Se a haste de socamento criar vazios na massa do concreto, deve-se bater levemente na face externa do molde até o fechamento deste.

5.2.1.4 Quando o abatimento do tronco de cone for superior a 180 mm, a moldagem deve ser feita com a metade das camadas indicadas na Tabela 2.

5.2.2 Adensamento vibratório

5.2.2.1 Colocar todo o concreto de cada camada antes de iniciar a vibração.

5.2.2.2 A vibração deve ser aplicada, em cada camada, apenas o tempo necessário para permitir o adensamento conveniente do concreto no molde. Esse tempo é considerado suficiente, no instante em que o concreto apresenta superfície relativamente plana e brilhante.

5.2.2.3 Quando empregado vibrador de imersão, deixar a ponta deste penetrar aproximadamente 25 mm na camada imediatamente inferior.

5.2.2.4 Durante o adensamento, o vibrador de imersão não deve encostar nas laterais e no fundo do molde, devendo ser retirado lenta e cuidadosamente do concreto. Após a vibração de cada camada, bater nas laterais do molde, de modo a eliminar as bolhas de ar e eventuais vazios criados pelo vibrador.

5.2.2.5 No caso de corpo-de-prova cilíndrico, de dimensão básica igual a 100 mm ou 150 mm, o vibrador de imersão deve ser inserido ao longo do eixo do molde.

5.2.2.6 No caso de corpo-de-prova prismático de dimensão básica igual a 150 mm, o vibrador de imersão deve ser inserido perpendicularmente à superfície do concreto, em três pontos equidistantes ao longo do eixo maior do molde. A vibração deve ser procedida inicialmente no ponto central e posteriormente em cada um dos pontos extremos, que devem distar um quarto do comprimento do molde em relação às extremidades deste.

5.3 Desforma

Os corpos-de-prova devem permanecer nas formas, nas condições de cura inicial conforme 4.7, durante o tempo a seguir definido, desde que as condições de endurecimento do concreto permitam a desforma sem causar danos ao corpo-de-prova:

- a) 24 h, para corpos-de-prova cilíndricos;
- b) 48 h, para corpos-de-prova prismáticos.

5.4 Transporte

Após a desforma, os corpos-de-prova destinados a um laboratório devem ser transportados em caixas rígidas, contendo serragem ou areia molhadas.

5.5 Cura final

Até o início do ensaio, os corpos-de-prova devem ser conservados imersos em água saturada de cal ou permanecer em câmara úmida que apresente, no mínimo, 95% de umidade relativa do ar, atingindo toda a sua superfície livre, ou ficar enterrados em areia completamente saturada de água. Em qualquer dos casos, a temperatura deve ser de $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ até o instante do ensaio, conforme a NBR 9479.

5.6 Preparação dos topos dos corpos-de-prova

Os corpos-de-prova que não satisfaçam às condições

de tolerância devem ser submetidos ao preparo dos topos, conforme 5.6.1 e 5.6.2.

5.6.1 Remate com pasta de cimento (procedimento opcional para corpos-de-prova cilíndricos)

5.6.1.1 Decorridas 6 h a 15 h do momento da moldagem, passar uma escova de aço sobre o topo do corpo-de-prova e rematá-lo com uma fina camada de pasta de cimento consistente, com espessura menor ou igual a 3 mm.

5.6.1.2 A pasta deve ser preparada de 2 h a 4 h antes de seu emprego.

5.6.1.3 O acabamento dos topos dos corpos-de-prova deve ser feito com o auxílio de uma placa de vidro plana, com no mínimo 12 mm de espessura e dimensões que ultrapassem em pelo menos 25 mm a dimensão transversal do molde.

5.6.1.4 A pasta de cimento colocada sobre o topo do corpo-de-prova deve ser trabalhada com a placa até que a face inferior desta fique em contato firme com a borda superior do molde em todos os pontos.

5.6.1.5 A aderência da pasta à placa de capeamento deve ser evitada, lubrificando-se esta última com uma fina película de óleo mineral.

5.6.1.6 A placa deve permanecer sobre o topo do corpo-de-prova até a desforma.

5.6.2 Retificação ou capeamento

Os corpos-de-prova que não tenham sido rematados conforme 5.6.1 devem ser capeados ou retificados.

5.6.2.1 Retificação

5.6.2.1.1 Consiste na remoção, por meios mecânicos, de uma fina camada de material do topo a ser preparado. Esta operação é normalmente executada em máquinas especialmente adaptadas para essa finalidade, com a utilização de ferramentas abrasivas. A retificação deve

ser feita de tal forma que se garanta a integridade estrutural das camadas adjacentes à camada removida, e proporcione uma superfície lisa e livre de ondulações e abaulamentos.

5.6.2.1.2 As falhas de planicidade, em qualquer ponto da superfície obtida, não devem ser superiores a 0,05 mm.

5.6.2.2 Capeamento

5.6.2.2.1 Consiste no revestimento dos topos dos corpos-de-prova com uma fina camada de material apropriado, com as seguintes características:

- a) aderência ao corpo-de-prova;
- b) compatibilidade química com o concreto;
- c) fluidez, no momento de sua aplicação;
- d) acabamento liso e plano após endurecimento;
- e) resistência à compressão compatível com os valores normalmente obtidos em concreto.

Nota: Em caso de dúvida, a adequabilidade do material de capeamento utilizado deve ser testada por uma comparação estatística, com resultados obtidos de corpos-de-prova cujos topos foram preparados por retificação.

5.6.2.2.2 Deve ser utilizado um dispositivo auxiliar, denominado capeador, que garanta a perpendicularidade da superfície obtida com a geratriz do corpo-de-prova.

5.6.2.2.3 A superfície resultante deve ser lisa, isenta de riscos ou vazios e não ter falhas de planicidade superiores a 0,05 mm em qualquer ponto.

5.6.2.2.4 A espessura da camada de capeamento não deve exceder 3 mm em cada topo.

5.6.2.2.5 Outros processos podem ser adotados, desde que estes sejam submetidos à avaliação prévia por comparação estatística, com resultados obtidos de corpos-de-prova capeados por processo tradicional, e os resultados obtidos apresentem-se compatíveis.

Nº 49
MAR/ABR
1994



BOLETIM DO

IBRACON

INSTITUTO BRASILEIRO DO CONCRETO

TOME NOTA !

Registramos, recentemente, com grande pesar, o falecimento de duas eminentes personalidades da engenharia brasileira, sócios fundadores do Instituto: o Profº Dr. Telemaco Van Langendonck e o Profº Francisco de Assis Basilio. Para homenageá-los o IBRACON decidiu:

- a) Dar ao Concurso Técnico IBRACON, a ser realizado anualmente, o nome de Prêmio Telemaco Hippolyto de Macedo Van Langendonck;
- b) Dar, anualmente, àquele que for considerado como o melhor trabalho escrito para a Reunião Anual (REIBRAC), o Prêmio Francisco de Assis Basilio.

Detalhes sobre a carreira destas figuras ímpares da engenharia brasileira constarão da edição nº 9 da Revista IBRACON, com saída prevista para o início de julho/94.

O Concurso Técnico IBRACON foi criado com a finalidade de premiar a criatividade e dedicação à pesquisa de estudantes universitários. Nesta edição do Boletim, estão sendo publicadas as regulamentações geral e específica deste concurso. Em breve será também publicada a regulamentação para premiação do melhor trabalho técnico escrito para as reuniões anuais (REIBRAC). Lembramos que os 120 trabalhos técnicos aprovados para apresentação concedem à próxima REIBRAC, o título de recordista !

NOTÍCIAS DAS DIRETORIAS REGIONAIS

RIO DE JANEIRO

Em reunião realizada em 13/04/94, na Escola de Engenharia da FRJ, com a participação de membros da Diretoria Regional do IBRACON - RJ e da COPPE, foi aprovado o nome da Profª Lídia Domingues para representar o IBRACON na COPPE e indicados os nomes do Profº Luiz Antonio B. Corrêa para representá-lo na UERJ e do Profº Ivan Ramalho de Almeida para representá-lo na UFF.

Na ocasião foi feita uma declaração de posição sobre a origem do IBRACON e sua contribuição ao longo dos anos, consolidada através de seu acervo de publicações. Destacou-se na reunião o programa de atividades da atual Diretoria e as mudanças nos Estatutos com a criação de quatro novas Diretorias, entre elas, em particular, a de

Pesquisa e Desenvolvimento.

Foi também divulgada, na oportunidade, a 36ª REIBRAC a ser realizada em Porto Alegre de 19 a 23/09/94.

SÃO PAULO

A Diretoria Regional do IBRACON - SP, está programando a realização de dois importantes eventos em datas a serem anunciadas, futuramente:

- 1 - "Simpósio sobre Concreto Compactado a Rolo", a ser realizado em conjunto com o Comitê Nacional de Grandes Barragens;
- 2 - "Simpósio sobre Durabilidade do Concreto, sob a ótica das novas exigências da NB-1 (NBR-6118)".

GOIÁS

A Diretoria Regional do IBRACON - GO informa que promoverá em conjunto com o Clube de Engenharia de Goiás, o "11º Seminário Goiano de Pontes e Estruturas", de 06/06/94 a 10/06/94.

MINAS GERAIS - ESPÍRITO SANTO

A Diretoria Regional do IBRACON - MG realizou, em conjunto com a CIMINAS S.A., em 25/05/94, com sucesso absoluto o painel "Patologia das Estruturas em Concreto e a Utilização da Computação para Análise de Casos". O local do evento foi o auditório da Faculdade de Engenharia da FUMEC.



CONCURSO TÉCNICO IBRACON

PRÊMIO PROFº TELEMACHO HIPPOLYTO DE MACEDO VAN LANGENDONCK

Aprovadas na reunião da Diretoria do IBRACON de 03/05/94 a instituição e o regulamento geral do Prêmio Profº Telemaco Hippolyto de Macedo Van Langendonck, destinado a premiar estudantes do curso superior. O tema proposto para o 1º Concurso Técnico IBRACON - 1994, de acordo com a Regulamentação Específica é o seguinte: "Concreto com Maior Resistência à Compressão em Função do Tipo e Agregado".

O concurso será dividido em três categorias de acordo com os tipos de agregados a serem habitualmente utilizados.

Durante a realização da 36ª REIBRAC, os corpos de prova serão rompidos em sessão aberta conhecidos os vencedores.

REGULAMENTAÇÃO GERAL

Art. 1 - Da Justificativa da Instituição do Concurso

A instituição do Concurso Técnico IBRACON se fundamenta no Artigo 3., do Capítulo I, dos estatutos do IBRACON, no âmbito a expressão:

... terá o Instituto o objetivo de proporcionar aos engenheiros estruturalistas, aos tecnólogos e construtores especializados em concreto, maiores conhecimentos através de incentivos às investigações e pesquisas científicas e tecnológicas e sua divulgação".

Por se tratar de atividade de incentivo à pesquisa, bem como pela divulgação técnica que proporcionará o Concurso Técnico IBRACON, instituído em Reunião de 03 de maio de 1994 tem sua pertinência e fundamentação legal na própria essência dos objetivos dos Estatutos conforme descrito no Artigo 3 anteriormente mencionado.

Art. 2 - Da Justificativa da Denominação do Prêmio

Ao denominar o prêmio destinado ao vencedor (es) do Concurso, de "Prêmio Profº Telemaco Hippolyto de Macedo Van Langendonck", buscou a Direção do IBRACON homenagear tão notável engenheiro, professor, orientador e mentor, na área de engenharia estrutural do País.

Suas atividades técnicas foram, em grande parte, voltadas para o magistério superior, onde, com raro brilhantismo, informou, formou, orientou e educou inúmeras gerações de engenheiros, formados pela Escola Politécnica da USP.

Sendo o Concurso Técnico do IBRACON destinado a incentivar a criatividade e dedicação a pesquisa, por parte de estudantes universitários, considerou a Diretoria que a homenagem ao Profº Telemaco é, então, justa, merecida, adequada e, sobretudo, pertinente.

Art. 3 - Da Abrangência Temática do Concurso

Os trabalhos a serem inscritos para o Concurso Técnico IBRACON deverão versar sobre os seguintes temas:

- Projetos de Engenharia Estrutural
- Tecnologia do Concreto
- Processos Construtivos de Obras em Concreto

Art. 4 - Das Condições de Participação no Concurso Técnico

Os participantes do concurso deverão, necessariamente, ser estudantes de Curso Superior, do Brasil ou do Exterior.

Art. 5 - Da Periodicidade do Concurso Técnico e da Época da sua Realização

O Concurso Técnico será realizado anualmente, de tal modo que a outorga do Prêmio ao (s) autor (s) do trabalho vencedor ocorra durante a realização da REIBRAC - Reunião do IBRACON.

Art. 6 - Da Regulamentação Específica de Cada Concurso

Anualmente, e em prazo compatível com a sua realização futura, a Diretoria do IBRACON escolherá o Tema do

Concurso Técnico e aprovará a sua Regulamentação Específica, a qual, em nenhuma hipótese e sob nenhum pretexto, poderá ser conflitante com o presente Regulamento Geral

A Regulamentação Específica deverá conter todos os dados técnicos e administrativos necessários à orientação dos inscritos no Concurso Técnico, em como indicará o montante e as características do Prêmio ao vencedor.

Art. 7 - Do Prêmio "Profº Telêmaco Hippolyto de Macedo Van Langendonck"

O Prêmio "Profº Telêmaco Hippolyto de Macedo Van Langendonck" será outorgado ao autor (es) do trabalho vencedor do Concurso Técnico IBRAÇON em sessão solene da REIBRAÇON e consistirá de:

uma placa ou troféu alusivo ao evento;

uma quantia, a ser definida na Regulamentação Específica, entregue através de cheque nominal do IBRAÇON;

Publicação, na Revista IBRAÇON, do trabalho vencedor e do Curriculum Vitae do autor (es);

Envio, por parte da Diretoria do IBRAÇON, de cópia do trabalho às faculdades de Engenharia e órgãos de Tecnologia, do Brasil e do Exterior, a critério da Diretoria do IBRAÇON;

Envio, por parte da Diretoria do IBRAÇON, de correspondência dirigida à Direção do Departamento da Faculdade ou órgão de Tecnologia da qual o autor (es) faça parte, comunicando a qualidade técnica do trabalho vencedor.

REGULAMENTAÇÃO ESPECÍFICA

De conformidade com o Art. 6, da Regulamentação Geral do Concurso Técnico IBRAÇON, fica estabelecida a seguinte Regulamentação Específica para o 1º Concurso Técnico IBRAÇON - 1994:

1.) Tema do Concurso:
"Concreto com Maior Resistência à Compressão em Função do Tipo de Agregado"

2.) Condição de Participação

Os inscritos deverão ser estudantes de graduação em Curso Superior, regularmente matriculados.

3.) Procedimentos para Inscrição

Manifestar por carta ou Fax, dirigido ao IBRAÇON (Avenida Profº Almeida Prado, 532 - Casa 42 - CEP - 05508-900 - Cidade Universitária - Fax: (011) 869-2149) sua intenção de participar no 1º Concurso Técnico IBRAÇON, até 15 de julho de 1994, informando:

- Nome completo e respectivo RG dos componentes da equipe.
- Declaração da Faculdade / Escola / Universidade, comprovando a condição de aluno de cada componente da equipe.

O IBRAÇON confirmará a aceitação da inscrição, via carta, fax, telex ou telegrama, até 10 dias após o envio do pedido de inscrição.

4.) Moldagem dos Corpos de Prova

4.1 - Cada equipe inscrita, deverá enviar 3 corpos de prova cilíndricos, da mesma amassada, de 10 x 20 cm, com um dos 3 tipos de agregados abaixo relacionados:

a) - agregados britados carbonáticos - Categoria Carbonática (calcário, dolomitos, etc)

b) - agregados britados silicosos - Categoria Silicosa (granitos, gnaisses, basaltos, etc)

c) - agregados cominuídos naturalmente - Categoria Pedregulho (cascalhos, seixos rolados, pedregulhos, etc)

4.2 - Na mistura serão aceitos apenas aditivos minerais

4.3 - Os corpos de prova deverão ser encaminhados, sem capeamento, até 22 de agosto de 1994, a Porto Alegre - RS, em endereço a ser definido e informado aos participantes, e deverão estar rotulados devidamente com a inscrição "1º Concurso Técnico IBRAÇON - Trabalho da Equipe".

Deverão ser acompanhados de relatório técnico conforme o

em 5. Os corpos de prova serão armazenados em igualdade de condições de acordo com a MB-2 e a MB-3.

adições, se houver - demais informações que o inscrito considerar pertinentes.

mesmos operadores, de modo a garantir igualdade de procedimentos nos concorrentes.

5.) Relatório Técnico

Deverão constar do Relatório Técnico as seguintes informações:

- traço do concreto
- classificação do cimento Portland conforme NBR-7215
- apreciação petrográfica do agregado
- processo de cura
- informações sobre as

6.) Ruptura dos Corpos de Prova

Durante a realização da 36ª REIBRAC os corpos de prova serão rompidos, em sessão aberta e na presença de todos os interessados, sendo a resistência atribuída a cada equipe obtida pela média aritmética dos 3 corpos de prova.

Todos os ensaios de ruptura e compressão serão realizados numa mesma prensa e pelos

7.) Escolha das Equipes Vencedoras por Categoria

Será declarada vencedora a equipe que, em cada categoria obtiver a maior resistência mecânica à compressão. Assim sendo, e ocorrendo a inscrição em todas as categorias de agregados, haverá 3 equipes vencedoras, a cada uma delas sendo outorgado o "Prêmio Prof^o Telêmaco Hippolyto de Macedo Van Langendonck".

PRÊMIO FRANCISCO DE ASSIS BASÍLIO

Na última reunião da Diretoria do IBRACON, em 03/05/94, foi aprovada a criação do Prêmio Francisco de Assis Basílio, destinado a premiar o melhor trabalho em cada REIBRAC, e que será outorgado na REIBRAC do ano seguinte.

EDIÇÃO

O Boletim do IBRACON é produzido pelo Comitê de Publicações e Divulgação Técnica composto por: Julio Astolpho (CESP), Luiz Prado Vieira Junior (THEMAG), Paulo Fernando A. Silva (CONCREMATA), Selmo Chapara Kuperman (THEMAG) e Waldomiro Almeida Junior (CESP).

36ª REIBRAC

19 a 23/09/1994

Porto Alegre, Rio Grande do Sul

Temas:

- Manutenção e Controle de Estruturas de Concreto
- Novas Práticas de Execução de Obras de Concreto
- Novas Normas de Concreto
- Controle Total de Qualidade Aplicado às Estruturas de Concreto

Para maiores informações contatar a sede do IBRACON por Tel/fax - (011) 869-2149

CONGRESSO DE ENGENHARIA

Chamada de trabalhos

A Comissão Organizadora do 1º Congresso de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora convida os interessados a encaminharem trabalhos, até 30/06/94, para apresentação no Congresso que será realizado entre os dias 15 e 19/08/94, em Juiz de Fora. Para maiores informações entrar em contato com o Prof. Emil Sanchez pelo fax (032) 231-1143.

IBRACON (SEDE)

Avenida Professor Almeida Prado 532, casa 44, IPT Cidade Universitária, 05508, Caixa Postal 7141, Fone/Fax: (011) 869-2149, São Paulo, SP, Brasil.