TEORES DE CIMENTO EM SOLO-CIMENTO. CORRELAÇÃO ENTRE VALORES FIXADOS PELOS CRITÉRIOS DE DESGASTE E DE RUPTURA

Cement Content in Soil-Cement Admixtures; Correlation Between Abrasion and Rupture Tests

por
RUI ANTÓNIO LEMOS MARTINS SANTARENO*

RESUMO – E apreciada a correlação entre os teores de cimento especificados com base nos critérios de desgaste e de ruptura por compressão, para sub-bases de estradas em solo-cimento, com 116 solos de Angola.

A correlação é fraca parecendo que a expressão linear $Y = A + B X$ é ainda a que melhor se ajusta.

SYNOPSIS – The results of tests carried out on 116 soils from Angola are discussed from the point of view of correlating cement contents specified according abrasion and rupture tests. The correlation is weak and it seems that the best fitting is obtained with the linear expression $Y = A + B X$

1 – INTRODUÇÃO

A ausência de pedra em certas zonas de Angola e de solos com possibilidade de aproveitamento em bases de pavimentos, estabilizáveis por simples compactação, têm levado a utilizar o cimento, em ritmo cada vez mais notável, como aditivo dos solos locais, a fim de que estes mesmos solos possam vir a satisfazer os valores mínimos especificados para as camadas resistentes dos pavimentos.

* Engenheiro civil, Laboratório de Engenharia de Angola, Portugal.

O processo mais correntemente usado de avaliação do teor de cimento conveniente para o solo-cimento é o ensaio de durabilidade ASTM, restrito ao ensaio de secagem-molhagem, dadas as condições climáticas de Angola. Tratando-se de um ensaio bastante moroso e caro, torna-se muitas vezes inconveniente, principalmente nas empreitadas já em curso, pela demora na apresentação dos resultados.

Deste modo, tem-se procurado fornecer as percentagens de cimento para execução de solo-cimento, através de ensaios de resistência à compressão – critério de rotura – bastante mais rápidos e menos dispendiosos, que possam substituir os ensaios de durabilidade ASTM, ainda que confirmados posteriormente através do ensaio secagem-molhagem – critério de desgaste.

Seria nosso objectivo, para um número suficiente de amostras ensaiadas pelos dois processos de ensaio referidos, tentar obter uma correlação dos ensaios (desgaste-ruptura) aplicável a solos de Angola. No entanto, o número de amostras aqui considerado - 116 amostras de solos - não nos deixa margem para realizar esse trabalho de pormenor.

As conclusões que iremos obter deste nosso trabalho, serão válidas para os solos estudados, não podendo, naturalmente, ter o aspecto de generalidade que desejaríamos.

2 – CONSIDERAÇÕES GERAIS E PROCESSOS DE ENSAIO

2.1 – Para a determinação das percentagens de cimento, das 116 amostras de solos para execução de solo-cimento, efectuaram-se, primeiramente, os ensaios de identificação que permitiram classificar os solos. Estes ensaios englobaram a análise granulométrica, a determinação dos limites de liquidez e plasticidade e do índice de plasticidade. Outros ensaios foram ainda efectuados em algumas das amostras de solos, nomeadamente a determinação do teor em matéria orgânica e a determinação de sulfatos, sempre que se julgou necessário. Após a execução destes ensaios preliminares, seguiram-se os ensaios com cimento segundo as indicações da *Portland Cement Association.*

2.2 – Para a determinação da percentagem de cimento pelo processo de secagem-molhagem, seguiu-se a norma *ASTM:D 559-51/65.* Moldaram-se 3 provetes com percentagens de cimento crescentes, com intervalos de 2%, e variáveis conforme o grupo em que o solo se encontra classificado. Estes provetes

são submetidos a 12 ciclos de secagem e molhagem, constituindo cada ciclo de um período de imersão em água à temperatura ambiente durante 5 horas, seguido de secagem em estufa a 71° C durante 42 horas; ao fim deste tempo são dadas duas firmes escovadelas cobrindo toda a sua área com uma escova normalizada. Este processo constitui um ciclo, sendo os provetes submergidos de novo em água e prossegue-se até se atingir 12 ciclos.

Depois dos 12 ciclos de secagem-molhagem os provetes foram mantidos em estufa a 110° C até peso constante, determinando-se finalmente as perdas de solo-cimento sofridas. De acordo com as Tabelas da *Portland Cement Association* avaliou-se a percentagem de cimento a usar em obra.

A prática americana baseia-se neste processo de ensaio para a determinação da percentagem de cimento que, como se sabe, é bastante moroso.

2.3 – Para a determinação da percentagem de cimento segundo o critério da compressão, as amostras de solos foram submetidas à seguinte sucessão de ensaios depois de serem classificadas.

2.3.1 – Conhecidos os grupos dos solos pelo sistema de classificação AASHO (norma *M145-59*), determinou-se pela Tabela da *Portland Cement Association* as percentagens de cimento a utilizar para os diferentes solos nos ensaios de compactação. Executados os ensaios de compactação normal com as percentagens de cimento dadas pela referida Tabela, determinaram-se as baridades secas máximas e respectivos teores óptimos de humidade.

2.3.2 – Com os teores de humidade determinados na alínea anterior e com diferentes percentagens de cimento, moldaram-se provetes com a energia de compactação correspondente ao ensaio de compactação normal (norma *ASTM:D 698,* método *A*) e com o teor de humidade óptimo correspondente a este ensaio.

Aos sete dias, ensaiaram-se estes provetes à compressão, determinando-se assim, para cada solo, os valores das tensões de ruptura para as diferentes percentagens de cimento.

2.3.3 – Com os valores obtidos na alínea anterior, estabeleceu-se para cada solo a curva de variação de tensão de ruptura em função da percentagem de cimento – influência do teor de cimento. A partir destas curvas, procuraram-se

as percentagens de cimento correspondentes às tensões de ruptura de 20, 25 e 28 kg/cm^2.

3 – ENSAIOS E RESULTADOS

3.1 – Os ensaios para a classificação dos solos foram executados segundo as normas *AASHO (T-88-57, T-89-57, T-90-56, T-91-54 e M-145);* nos Quadros I_1 e I_2 indicam-se os resultados das análises granulométricas, dos limites de *Atterberg* e das classificações bem como os índices de grupo dos solos.

3.2 – As percentagens de cimento obtidas pelos dois critérios considerados estão igualmente apresentadas nos Quadros I_1 e I_2; na primeira coluna, relativa a solo-cimento, figuram as percentagens de cimento determinadas pelo critério de desgaste e nas três colunas seguintes as percentagens correspondentes às tensões de ruptura de 20, 25 e 28 kg/cm^2.

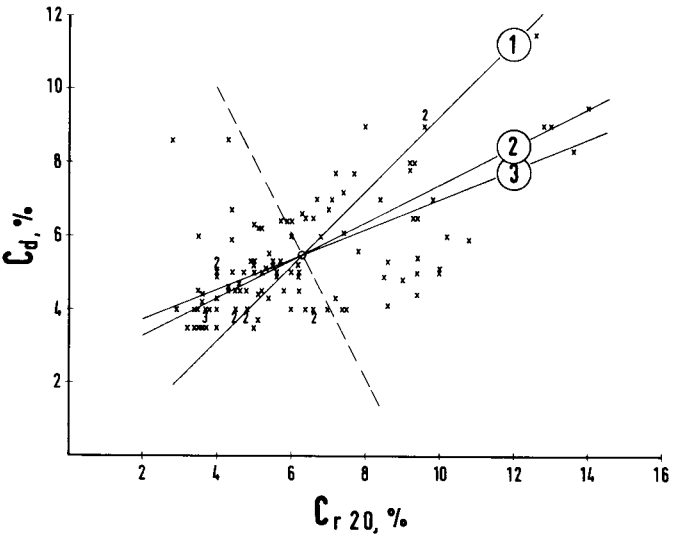

Fig. 1

① —— $(C_{r20}) = 0{,}9642 + 0{,}9760\ (C_d)$ —— $x = f(y)$

② —— $C_d - 0{,}5136\ (C_{r20}) - 2{,}2644 = 0$ —— $f(y,x) = 0$

③ —— $C_d = 2{,}9093 + 0{,}4070\ (C_{r20})$ —— $y = f(x)$

4 – CORRELAÇÃO DESGASTE-ROTURA

4.1 – Para os resultados dos ensaios, obtidos pelos dois processos, tentou-se obter uma correlação desgaste-ruptura do tipo linear, que nos permitisse estimar percentagens de cimento pelo ensaio de secagem-molhagem correspondentes ao conhecimento das percentagens dadas pelo ensaio de compressão, isto é, regressão dos valores de desgaste para valores de compressão.

Nos Quadros I_1 e I_2 estão indicadas as colecções de valores dados pelos critérios de desgaste e de compressão, num total de 4 conjuntos de percentagens, relacionando-se o conjunto dos valores dado pelo desgaste com cada um dos conjuntos dados pela ruptura. Obtemos, assim, três correspondências diferentes consoante a tensão de ruptura considerada pelo ensaio de compressão.

Nas Figs. 1, 2 e 3 localizaram-se os conjuntos de pontos, em sistemas de coordenadas cartesianas, marcando-se em ordenadas os valores de teor de cimento c_d obtidos pelo critério do desgaste e em abcissas os valores obtidos a partir do critério de ruptura C_r para 20, 25 e 28 kg/cm^2, respectivamente.

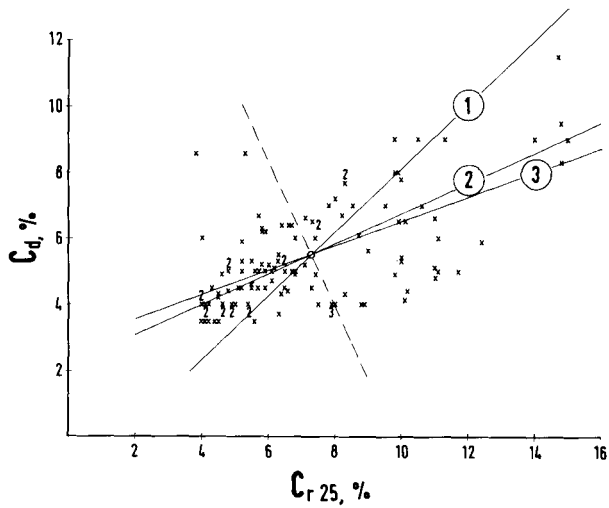

Fig. 2

(1) —— $(C_{r\,25}) = 1{,}5895 + 1{,}0337\ (C_d)$ —— $x = f(y)$

(2) —— $C_d - 0{,}4579\ (C_{r\,25}) - 2{,}1574 = 0$ —— $f(y,x) = 0$

(3) —— $C_d = 2{,}7843 + 0{,}3714\ (C_{r\,25})$ —— $y = f(x)$

4.2 – Para estabelecer a melhor recta de ajustamento para cada um dos 3 casos propostos e avaliar os graus de relação existentes entre as variáveis, servimo-nos do método dos mínimos quadrados.

No Quadro II apresenta-se o resumo dos resultados obtidos pelo método dos mínimos quadrados, e indica-se a expressão que satisfaz a cada um dos três casos considerados.

4.3 – Nas Figs. 1, 2 e 3, traçam-se as rectas de correlação de X sobre Y (recta 1), de Y sobre X (recta 3) e de correlação ortogonal (recta 2).

4.4 – Além da correlação linear, estudaram-se correlações para funcões do tipo:

$$Y = A + B \log X \qquad \textit{(exclusivamente para 20 kg/cm}^2\textit{)}$$

$$\log Y = A + B X \qquad \textit{(exclusivamente para 20 kg/cm}^2\textit{)}$$

$$\log Y = A + B \log X$$

$$\frac{1}{Y} = A + B \frac{1}{X}$$

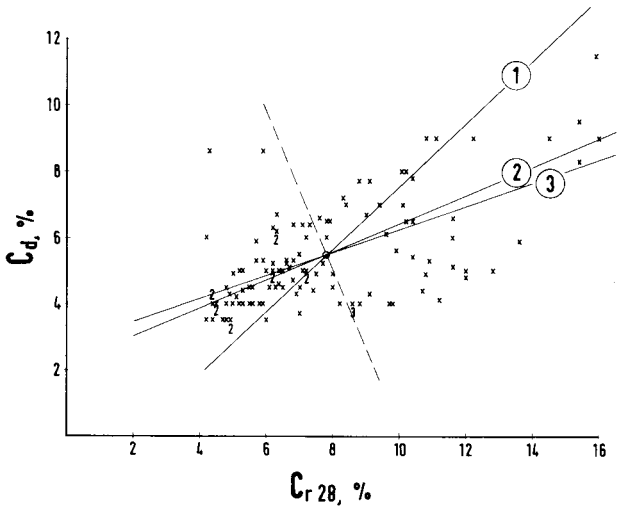

Fig. 3

① —— $(C_{r28}) = 2{,}0696 + 1{,}0526\ (C_d)$ —— $x = f(y)$

② —— $C_d - 0{,}4263\ (C_{r28}) - 2{,}1749 = 0$ —— $f(y,x) = 0$

③ —— $C_d = 2{,}7462 + 0{,}3486\ (C_{r28})$ —— $y = f(x)$

No Quadro III indicam-se os coeficientes de correlação para os diferentes tipos de funções estudadas.

5 – CONCLUSÕES

5.1 – Em face dos resultados obtidos pode concluir-se o que segue:

a) – a correlação entre os teores de cimento, do solo-cimento, avaliados pelos ensaios de (i) desgaste e de (ii) resistência à ruptura por compressão é pequena;

b) – embora fraca, a melhor correlação, dentre as estudadas, corresponde a $Y = A + B X$;

c) – estas equações apresentam constantes A e B decrescentes com a resistência de ruptura estabelecida;

d) – o critério da resistência corresponde a teores de cimento em média superiores ao critério do desgaste; há contudo excepções; essas excepções foram encontradas para solos de Cabinda, e verificam-se para casos em que o teor de cimento pelo critério da resistência foi inferior a 6%.

5.2 – Uma vez que é fraca a correlação entre os dois critérios, não poderá decidir-se por um ou outro método senão à base do comportamento em obra.

N.º DA AMOSTRA	IDENTIFICAÇÕES													SOLO – CIMENTO			
	GRANULOMETRIA									consistência			CLASSIFIC.	CRITÉRIO DE DESGASTE	CRITÉRIO DE COMPRESSÃO		
	1"	3/4"	1/2"	3/8"	n.º 4	n.º 10	n.º 40	n.º 200	M. G.	W_L	Wp	Ip	AASHO		σ= 20 kg/cm^2	σ= 25 kg/cm^2	σ= 28 kg/cm^2
30345	–	–	–	–	100	95	50	15	660	NP	NP	NP	A-1-b (0)	3,5	3,7	4,1	4,4
30348	–	–	–	100	97	71	24	9	601	NP	NP	NP	A-1-b (0)	4,3	4,0	4,5	4,9
30356	–	–	–	100	92	55	23	13	583	25	19	6	A-1-b (0)	4,2	3,6	4,5	5,1
30357	–	–	–	100	94	68	29	15	606	25	17	8	A-2-4 (0)	3,5	3,5	4,2	4,9
30358	–	–	–	100	95	67	30	18	610	33	18	15	A-2-6 (0)	4,0	3,5	4,6	5,6
30360	–	–	–	100	94	66	23	11	594	24	17	7	A-2-4 (0)	3,5	5,0	5,6	6,0
30361	–	–	–	–	–	100	90	8	698	NP	NP	NP	A-3 (0)	7,2	7,4	8,0	8,3
30362	–	–	–	–	–	100	86	4	690	NP	NP	NP	A-3 (0)	7,7	7,2	8,3	9,1
30370	–	–	–	–	–	100	93	13	706	NP	NP	NP	A-2-4 (0)	6,2	5,2	5,8	6,3
30373	–	–	–	–	–	100	84	28	712	23	16	7	A-2-4 (0)	4,7	4,6	6,1	6,8
30375	–	–	–	–	100	96	76	24	696	19	NP	NP	A-2-4 (0)	4,9	5,6	6,8	7,5
30378	–	–	–	–	100	97	90	66	753	30	16	14	A-6 (8)	9,0	8,0	9,8	10,8
30382	94	92	90	88	75	60	50	36	585	23	14	9	A-4 (0)	6,7	4,4	5,7	6,3
30383	–	–	–	–	–	100	69	13	682	NP	NP	NP	A-2-4 (0)	5,9	4,4	5,2	5,7
30385	–	–	–	–	–	100	75	28	703	NP	NP	NP	A-2-4 (0)	3,7	5,1	6,3	7,0
30386	–	–	–	–	100	99	69	35	703	25	14	11	A-2-6 (0)	6,0	3,5	4,0	4,2
30387	–	–	–	–	–	100	81	28	709	17	14	3	A-2-4 (0)	4,4	3,6	4,8	5,3
32871	–	–	–	–	100	90	15	1	606	NP	NP	NP	A-1-b (0)	9,0	9,6	10,5	11,1
32978	–	–	–	–	–	100	51	25	676	24	13	11	A-2-6 (0)	4,0	2,9	4,0	4,8
32979	–	–	–	–	–	100	84	21	705	NP	NP	NP	A-2-4 (0)	4,5	5,2	5,9	6,3
32980	–	–	–	–	–	100	86	16	702	NP	NP	NP	A-2-4 (0)	4,5	3,5	4,3	4,8
32981	–	–	–	–	–	100	88	15	703	NP	NP	NP	A-2-4 (0)	5,0	4,7	5,6	6,2
32982	–	–	–	–	–	100	76	11	687	NP	NP	NP	A-2-4 (0)	5,0	4,0	4,8	5,3
32983	–	–	–	–	–	100	75	10	685	NP	NP	NP	A-3 (0)	5,0	5,2	5,7	6,2
32984	–	–	–	–	–	100	78	12	690	NP	NP	NP	A-2-4 (0)	4,5	5,8	6,5	7,0
32985	–	–	–	–	–	100	82	12	694	NP	NP	NP	A-2-4 (0)	5,0	5,2	6,1	6,5
32986	–	–	–	100	89	66	24	15	584	33	15	18	A-2-6 (0)	3,5	3,4	4,2	4,7
33070	–	–	–	–	100	99	40	8	647	NP	NP	NP	A-1-b (0)	4,5	6,2	7,3	8,0
33071	–	–	–	–	100	96	61	19	682	NP	NP	NP	A-2-4 (0)	3,5	3,6	4,4	4,8
33072	–	–	–	–	100	97	55	17	669	NP	NP	NP	A-2-4 (0)	3,5	3,2	4,0	4,2
33073	–	–	–	–	100	99	89	41	693	22	17	5	A-4 (1)	8,6	4,3	5,3	5,9
33083	97	95	92	87	66	50	34	14	535	34	20	14	A-2-6 (0)	6,7	7,0	8,2	9,0
33085	96	94	91	86	62	40	25	10	504	26	18	8	A-2-4 (0)	5,0	5,6	6,5	7,1
33086	100	99	97	91	68	56	42	12	565	29	18	11	A-2-6 (0)	4,5	4,6	5,7	6,5
33087	–	–	–	–	–	100	91	45	736	46	20	26	A-7-6 (7)	11,5	12,6	14,7	15,9
33088	–	–	–	–	–	100	94	37	731	34	19	15	A-6 (1)	9,0	9,6	11,3	12,2
33089	–	–	–	–	–	100	94	30	724	26	17	9	A-2-4 (0)	4,0	6,6	8,0	8,8
33091	–	–	–	–	–	100	93	26	719	24	17	7	A-2-4 (0)	6,0	10,2	11,1	11,6
33092	–	–	–	–	–	100	97	26	723	22	16	6	A-2-4 (0)	4,0	6,4	7,9	8,6
33093	–	–	–	–	–	100	96	23	719	21	15	6	A-2-4 (0)	4,0	6,0	7,5	8,2
33094	–	–	–	–	–	100	86	16	704	29	18	11	A-2-6 (0)	9,0	13,0	15,0	16,0
33095	–	–	–	–	–	100	92	21	713	19	15	4	A-2-4 (0)	5,0	9,4	11,1	12,0
33097	–	–	–	–	–	100	99	16	717	NP	NP	NP	A-2-4 (0)	7,0	9,8	10,6	11,0
33100	–	–	–	–	–	100	99	7	706	NP	NP	NP	A-3 (0)	9,0	12,8	14,0	14,5
33101	–	–	–	–	–	100	99	11	710	NP	NP	NP	A-2-4 (0)	9,5	14,0	14,8	15,4
33102	–	–	–	–	–	100	99	16	715	NP	NP	NP	A-2-4 (0)	7,8	9,2	10,0	10,4
33125	–	–	–	–	100	83	38	18	639	35	16	19	A-2-6 (0)	8,6	2,8	3,8	4,3
33223	–	–	–	100	89	49	17	7	562	32	19	13	A-2-6 (0)	4,0	3,8	5,0	5,5
33226	–	–	100	99	92	76	38	21	626	33	17	16	A-2-6 (0)	5,0	4,0	5,2	6,0
33588	–	–	–	–	–	–	100	38	738	31	21	10	A-4 (1)	7,0	7,1	8,5	9,4
33589	–	–	–	–	–	–	100	17	717	NP	NP	NP	A-2-4 (0)	5,2	5,0	6,0	6,6
33590	–	–	–	–	–	–	100	14	714	NP	NP	NP	A-2-4 (0)	7,0	8,4	9,5	10,1
33592	–	–	–	–	–	–	100	13	713	NP	NP	NP	A-2-4 (0)	6,2	5,1	5,9	6,3
36177	–	–	–	–	–	100	95	20	715	NP	NP	NP	A-2-4 (0)	6,5	9,3	10,1	10,4
36178	–	–	–	–	–	100	95	21	716	NP	NP	NP	A-2-4 (0)	5,0	6,0	6,7	7,2
36179	–	–	–	–	–	100	95	12	707	NP	NP	NP	A-2-4 (0)	8,0	9,2	9,8	10,1
36180	–	–	–	–	–	100	97	18	715	NP	NP	NP	A-2-4 (0)	6,5	9,4	9,9	10,2
36181	–	–	–	–	–	100	98	29	727	NP	NP	NP	A-2-4 (0)	5,5	5,4	6,3	7,0

Quadro I_1 – Resultados dos Ensaios

N.º DA AMOSTRA	IDENTIFICAÇÕES													SOLO – CIMENTO			
	GRANULOMETRIA									consistência			CLASSIFIC.	CRITÉRIO DE DESGASTE	CRITÉRIO DE COMPRESSÃO		
	1"	3/4"	1/2"	3/8"	n.º 4	n.º 10	n.º 40	n.º 200	M. G.	W_L	Wp	Ip	AASHO		σ= 20 kg/cm^2	σ= 25 kg/cm^2	σ= 28 kg/cm^2
37533	–	–	–	–	–	100	96	28	724	NP	NP	NP	A-2-4 (0)	5.1	10.0	11.0	11.6
37534	–	–	–	–	–	100	97	28	725	18	14	4	A-2-4 (0)	4.0	7.5	8.9	9.8
37536	–	–	–	–	–	100	98	21	719	NP	NP	NP	A-2-4 (0)	5.6	7.8	9.0	9.9
37537	–	–	–	–	–	100	95	16	711	NP	NP	NP	A-2-4 (0)	5.2	6.2	7.1	7.7
37538	–	–	–	–	–	100	94	25	719	NP	NP	NP	A-2-4 (0)	4.3	7.2	8.3	9.1
37539	–	–	–	–	–	100	95	29	724	23	17	6	A-2-4 (0)	4.0	7.0	7.9	8.6
37540	–	–	–	–	–	100	95	32	727	21	15	6	A-2-4 (0)	5.9	10.8	12.4	13.6
37541	–	–	–	–	–	100	97	28	725	NP	NP	NP	A-2-4 (0)	4.9	6.2	7.4	8.0
37542	–	–	–	–	–	100	98	22	720	NP	NP	NP	A-2-4 (0)	6.1	7.4	8.7	9.6
37543	–	–	–	–	–	100	97	26	723	19	14	5	A-2-4 (0)	4.4	9.4	10.2	10.7
37544	–	–	–	–	–	100	98	28	726	NP	NP	NP	A-2-4 (0)	4.9	8.5	9.8	10.8
37545	–	–	–	–	–	100	99	34	733	21	15	6	A-2-4 (0)	6.6	10.0	11.0	11.6
37546	–	–	–	–	–	100	98	36	734	27	18	9	A-4 (0)	5.3	8.6	10.0	10.9
37547	–	–	–	–	–	100	97	26	723	20	16	4	A-2-4 (0)	5.4	9.4	10.0	10.4
37548	–	–	–	–	–	100	94	28	722	20	14	6	A-2-4 (0)	4.8	9.0	11.0	12.0
37549	–	–	–	–	–	100	97	30	727	20	14	6	A-2-4 (0)	5.0	10.0	11.7	12.8
37550	–	–	–	–	–	100	96	28	724	19	14	5	A-2-4 (0)	4.0	6.6	7.9	8.6
37551	–	–	–	–	–	100	95	22	717	NP	NP	NP	A-2-4 (0)	4.0	7.4	8.8	9.7
37552	–	–	–	–	–	100	96	26	722	18	14	4	A-2-4 (0)	4.1	8.6	10.1	11.2
38119	–	–	–	–	–	100	91	9	700	NP	NP	NP	A-3 (0)	5.0	6.2	6.8	7.2
38121	–	–	–	–	–	100	92	11	703	NP	NP	NP	A-2-4 (0)	8.0	9.3	9.9	10.2
38122	–	–	–	–	–	100	95	25	720	NP	NP	NP	A-2-4 (0)	8.3	13.6	14.8	15.4
38123	–	–	–	–	–	100	96	12	708	NP	NP	NP	A-2-4 (0)	5.3	5.7	6.3	6.6
38124	–	–	–	–	–	100	96	19	715	NP	NP	NP	A-2-4 (0)	4.4	5.1	6.6	7.4
38125	–	–	–	–	–	100	98	14	712	NP	NP	NP	A-2-4 (0)	4.0	4.5	4.9	5.2
38126	–	–	–	–	–	100	95	22	717	NP	NP	NP	A-2-4 (0)	4.6	4.3	5.5	6.4
38127	–	–	–	–	–	100	97	13	710	NP	NP	NP	A-2-4 (0)	5.0	4.4	4.8	5.2
36128	–	–	–	–	–	100	92	17	709	NP	NP	NP	A-2-4 (0)	4.3	5.4	6.4	6.9
39367	–	–	–	–	–	100	91	17	708	NP	NP	NP	A-2-4 (0)	4.0	4.0	4.6	5.0
39368	–	–	–	–	–	100	93	18	711	NP	NP	NP	A-2-4 (0)	5.3	4.9	5.5	5.9
39369	–	–	–	–	–	100	89	20	709	NP	NP	NP	A-2-4 (0)	5.1	5.3	6.2	6.7
39370	–	–	–	–	–	100	91	15	706	NP	NP	NP	A-2-4 (0)	6.4	5.7	6.4	6.8
39371	–	–	–	–	–	100	91	15	706	NP	NP	NP	A-2-4 (0)	5.3	5.5	6.3	6.6
39372	–	–	–	–	–	100	86	36	722	21	12	9	A-4 (0)	5.0	5.0	5.9	6.4
39373	–	–	–	–	–	100	89	18	707	NP	NP	NP	A-2-4 (0)	4.9	4.0	4.6	5.0
39374	–	–	–	–	–	100	89	19	708	NP	NP	NP	A-2-4 (0)	4.0	3.7	4.1	4.4
39375	–	–	–	–	–	100	92	16	708	NP	NP	NP	A-2-4 (0)	6.3	5.0	5.8	6.2
39376	–	–	–	–	–	100	91	14	705	NP	NP	NP	A-2-4 (0)	5.2	5.5	5.8	6.2
39377	–	–	–	–	–	100	92	20	712	NP	NP	NP	A-2-4 (0)	4.0	4.8	5.4	5.8
39378	–	–	–	–	–	100	91	19	710	NP	NP	NP	A-2-4 (0)	4.0	3.4	4.0	4.4
39379	–	–	–	–	–	100	94	13	707	NP	NP	NP	A-2-4 (0)	7.0	6.7	7.8	8.4
39380	–	–	–	–	–	100	95	11	706	NP	NP	NP	A-2-4 (0)	6.4	6.0	6.7	7.3
39381	–	–	–	–	–	100	95	8	703	NP	NP	NP	A-3 (0)	7.7	7.7	8.3	8.8
39382	–	–	–	–	–	100	94	17	711	NP	NP	NP	A-2-4 (0)	4.0	4.5	4.9	5.3
39383	–	–	–	–	–	100	96	15	711	NP	NP	NP	A-2-4 (0)	5.3	5.0	5.2	5.7
39384	–	–	–	–	–	100	93	14	707	NP	NP	NP	A-2-4 (0)	6.5	6.4	7.3	7.9
39385	–	–	–	–	–	100	96	11	707	NP	NP	NP	A-2-4 (0)	6.4	5.9	6.6	7.1
39386	–	–	–	–	–	100	95	10	705	NP	NP	NP	A-3 (0)	6.0	6.8	7.4	7.8
39387	–	–	–	–	–	100	93	10	703	NP	NP	NP	A-3 (0)	6.0	6.0	6.8	7.2
39388	–	–	–	–	–	100	88	16	704	NP	NP	NP	A-2-4 (0)	3.5	4.0	4.5	4.9
39389	–	–	–	–	–	100	90	15	705	NP	NP	NP	A-2-4 (0)	4.5	4.8	5.2	5.6
39390	–	–	–	–	–	100	90	20	710	NP	NP	NP	A-2-4 (0)	4.0	3.7	4.2	4.5
39391	–	–	–	–	100	99	84	31	714	25	16	9	A-2-4 (0)	4.5	4.3	5.5	6.1
39392	–	–	–	–	–	100	93	13	706	NP	NP	NP	A-2-4 (0)	6.6	6.3	7.1	7.6
39393	–	–	–	–	–	100	93	16	709	NP	NP	NP	A-2-4 (0)	4.5	4.5	5.1	5.5
39394	–	–	–	–	–	100	93	18	711	NP	NP	NP	A-2-4 (0)	4.0	3.7	4.1	4.5
39395	–	–	–	–	–	100	95	19	714	NP	NP	NP	A-2-4 (0)	4.0	4.8	5.4	5.9
39396	–	–	–	–	–	100	96	9	705	NP	NP	NP	A-3 (0)	6.5	6.6	7.3	7.8

Quadro I_2 – Resultados dos Ensaios

$C_{r1} = a_1 + b_1 C_d$ ——————— (1)

$C_d = a_2 + b_2 C_{r2}$ ——————— (2)

		C_r		
		σ= 20 kg/cm^2	σ= 25 kg/cm^2	σ= 28 kg/cm^2
a_1		0,9642	1,5895	2,0696
a_2		2,9093	2,7843	2,7462
b_1		0,9760	1,0337	1,0526
b_2		0,4070	0,3714	0,3486
r-		0,6302	0,6195	0,6057
$C_d = 0$	C_{r1}	0,9642	1,5895	2,0696
	C_{r2}	− 7,1481	− 7,4967	− 7,8777
$C_d = 10$	C_{r1}	10,7242	11,9265	12,5956
	C_{r2}	17,4218	19,4283	20,8083
$\bar{C}_d = 5,5$	$\bar{C}_{r1}$	6,3	7,3	7,8
	$\bar{C}_{r2}$	6,3	7,3	7,8

Quadro II − Correlação Linear

FUNÇÕES	TEOR DE CIMENTO C_r CORRESPONDENTE A		
	σ= 20 kg/cm^2	σ= 25 kg/cm^2	σ= 28 kg/cm^2
Y = f(X)	r = 0,6302	r = 0,6195	r = 0,6057
Y = f(log X)	r = 0,5040	–	–
log Y = f(X)	r = 0,6193	–	–
log Y = f(log X)	r = 0,5978	r = 0,5916	r = 0,5783
$\frac{1}{Y} = f\left(\frac{1}{X}\right)$	r = 0,5632	r = 0,5641	r = 0,5498

Y = C_d − teor de cimento obtido pelo critério de desgaste

X = C_r − teor de cimento obtido pelo critério de resistência

σ − resistência que determinou C_d

Quadro III − Coeficiente de Correlação