

2º ENCONTRO NACIONAL SOBRE QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO

economia e bem-estar pela qualidade



“SBOA (DAS COLINAS E DO RIO)”

AGUARELA DE FERNANDO SILVA FERREIRA

COMUNICAÇÕES

26 a 29 Junho 1990

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

A QUALIDADE DOS MATERIAIS DE REPARAÇÃO
DE ESTRUTURAS DE BETÃO

QUALITY OF THE REPARATION MATERIALS
OF CONCRETE STRUCTURES

J. L. Barroso de Aguiar (*)

SUMÁRIO

A reparação de estruturas de betão é um trabalho que nos nossos dias se tem revelado cada vez mais necessário. Os danos nestas estruturas podem ter a ver com a antiguidade das mesmas ou com deficiências de construção.

Os polímeros têm sido utilizados cada vez com mais frequência em trabalhos de reparação de estruturas de betão devido à sua capacidade de aderência o que possibilita a ligação betão endurecido / betão endurecido, betão endurecido / betão fresco e betão endurecido / materiais metálicos por colagem.

Apresentam-se algumas sugestões de ensaios que podem ser provavelmente adaptados ao nosso país com vista à certificação da qualidade dos produtos de reparação. Estes ensaios referem-se a polímeros, leitadas de cimento e argamassas de reparação que poderão conter materiais poliméricos ou não.

Por último, apresenta-se um ensaio baseado nos princípios da mecânica da fractura que permite avaliar a aderência com mais rigor. Neste ensaio utiliza-se um provete tipo *DCB* e determina-se a taxa de libertação de energia de deformação a velocidade de propagação nula e a taxa crítica de libertação de energia de deformação.

SUMMARY

The reparation of concrete structures is a work which in our days is more and more necessary. The damages on these structures are related with their antiquity or with construction deficiencies.

The polymers are used more frequently in reparation works of concrete structures due to their capacity of adherence what makes possible the joint between hardened concrete / hardened concrete, hardened concrete / fresh concrete and hardened concrete / metallic materials by sticking.

We present some suggestions of tests which can be adapted to our country for quality certification of reparation materials. These tests are related to polymers, cement mortars and reparation mortars which can contain polymeric materials or not.

For last, we present a test based on fracture mechanics principles which permits the valuation with more rigour. On this test we work with a *DCB* sample and we determine the strain energy release rate to velocity of propagation null and the critical strain energy release rate.

* - Professor auxiliar da Universidade do Minho

1. INTRODUÇÃO

O aparecimento de materiais poliméricos no domínio da construção fez, destes, um processo de ligação original e susceptível de proporcionar trabalhos interessantes [1].

As colas à base de polímeros utilizam-se na ligação dos mais variados materiais de construção, como madeira, aço e betão, entre outros. Vamos concentrar-nos nas reparações de elementos de betão por várias razões que passamos a apresentar.

O betão é actualmente o material de construção mais utilizado no mundo. Este facto deve-se à sua facilidade de aplicação, à possibilidade de se moldar, à resistência à compressão elevada, à sua durabilidade e ao seu baixo custo. Estas razões entre outras fizeram do betão um produto privilegiado cuja presença na construção não para de aumentar (edifícios, pontes, pavimentos de estradas, pistas de aeródromos, túneis, canais, etc.).

As primeiras obras em betão construíram-se com alguns cuidados mas o aumento demográfico e a necessidade urgente de reconstrução na Europa, após a segunda guerra mundial obrigaram os industriais da construção a executarem cada vez mais obras em betão, acelerando os ritmos de execução em detrimento da qualidade [2].

Assim, nos nossos dias, as construções de betão construídas à trinta, quarenta anos, necessitam de trabalhos de reparação. Mesmo algumas mais recentes justificam, desde já, intervenções nesse sentido, devido, em grande parte, à acção da poluição atmosférica sobre a aceleração do envelhecimento das obras em betão e da sua degradação [3].

As reparações podem ser externas (reconstituição de betão carbonatado, aumento da capacidade resistente de elementos de betão e colmatagem de vazios do betão) ou internas (colmatagem de fissuras por injeção) [4].

2. CONTROLO DA QUALIDADE DOS MATERIAIS DE REPARAÇÃO

O controlo de qualidade dos produtos utilizados nas reparações e colagens de betão bem como dos processos de aplicação é de extrema importância. Em relação ao tipo de ensaios a efectuar podemos encontrar em [5, 6, 7] indicações importantes.

Os ensaios mais importantes podem agrupar-se da seguinte forma:

- ensaios de aderência, incluem-se neste grupo os ensaios de arrancamento, corte oblíquo, corte directo, tracção directa e flexão quatro pontos;
- ensaios de envelhecimento, incluem-se neste grupo os ensaios de solicitação dinâmica e de compatibilidade térmica;
- ensaio de injectabilidade, destina-se a caracterizar a facilidade com que um produto de reparação penetrará nas fissuras.

3. ENSAIOS DE ADERÊNCIA

3.1 Ensaio de arrancamento

O ensaio de arrancamento destina-se a determinar em laboratório a resistência à tracção das camadas de pintura ou de revestimento de espessura t_0 aplicadas sobre uma superfície em betão húmida ou seca, por comparação com um valor de referência (Fig. 1).

A aderência determina-se levando à rotura, por tracção em máquina apropriada, uma secção cilíndrica do revestimento da superfície (Fig. 1). A secção cilíndrica sobre a qual vai incidir o ensaio é, previamente, desligada do restante revestimento, utilizando-se para o efeito uma caroteadora de pequeno porte.

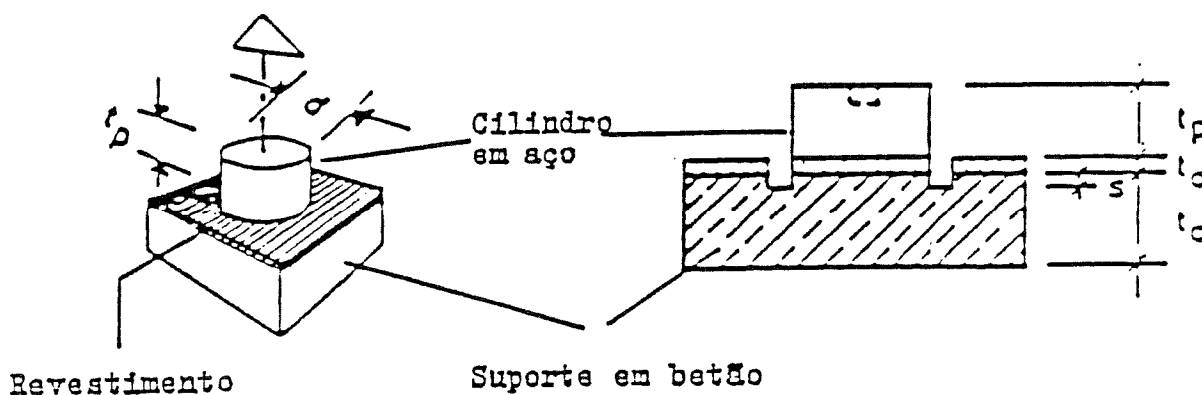


Fig. 1 - Esquema do ensaio de arrancamento.

3.2 Ensaio de corte oblíquo

O ensaio de corte oblíquo utiliza prismas reconstituídos com um plano de colagem que faz um ângulo de 30° com a vertical (Fig. 2). Após um período de conservação apropriado, o ensaio efectua-se através da aplicação de um esforço de compressão sobre o prisma reconstituído. Este ensaio aplica-se às colagens betão endurecido / betão endurecido, betão fresco / betão endurecido e argamassa de reparação / betão endurecido com ou sem camada de aderência.

3.3 Ensaio de corte directo

O ensaio de corte directo utiliza provetes com a configuração representada na figura 3. A resistência das colagens ao corte é avaliada através da tensão de corte necessária para levar à rotura os prismas ligados por colagem.

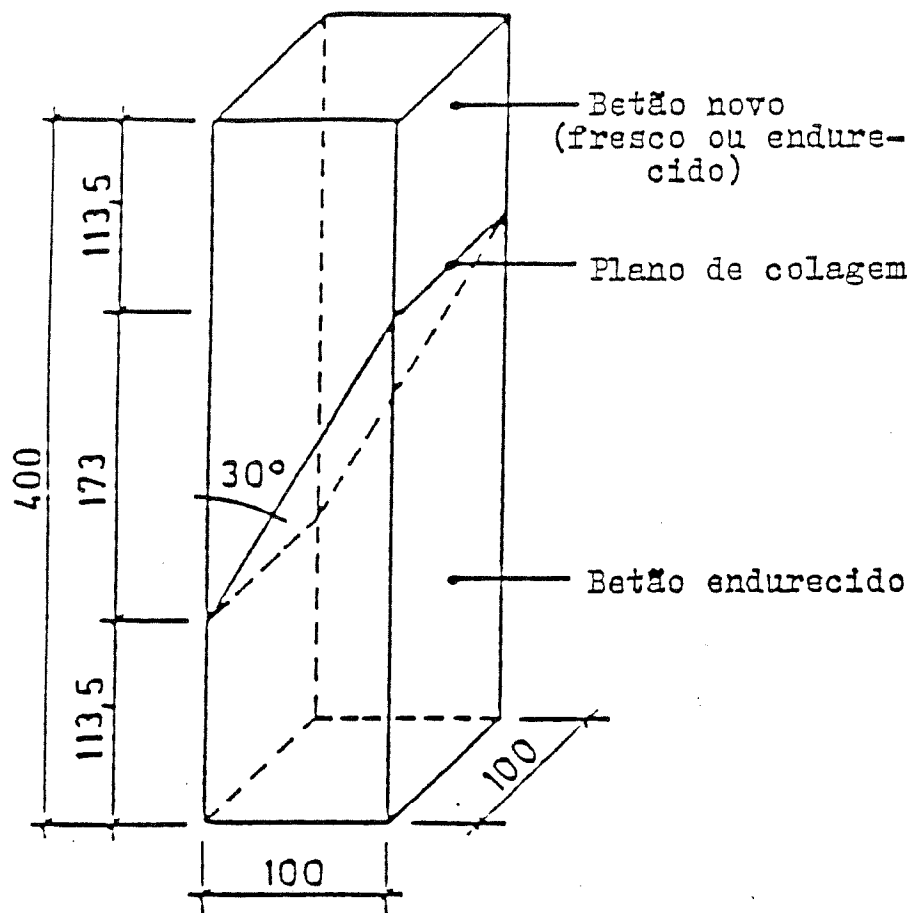


Fig. 2 - Forma dos provetes no ensaio de corte oblíquo.

3.4 Ensaio de tracção directa

O ensaio de tracção directa efectua-se sobre cilindros reconstituídos por colagem (Fig. 4). Este ensaio pode também efectuar-se sobre carotes obtidos in situ.

3.5 Ensaio de flexão quatro pontos

O princípio do ensaio de flexão quatro pontos consiste na aplicação de um produto de reparação para o preenchimento de uma fenda produzida sobre uma das faces de um provete prismático em betão e em submeter o provete assim obtido a um ensaio de flexão quatro pontos sob momento constante, a reconstituição é posicionada em fibra traccionada (Fig. 5).

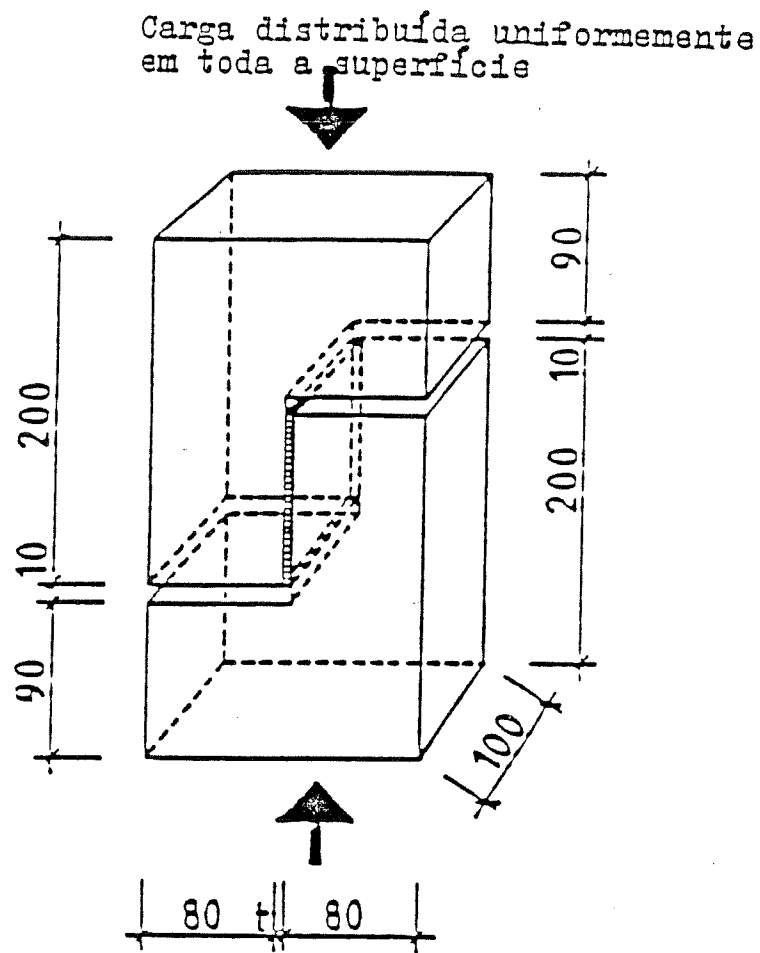


Fig. 3 - Configuração do ensaio de corte directo.

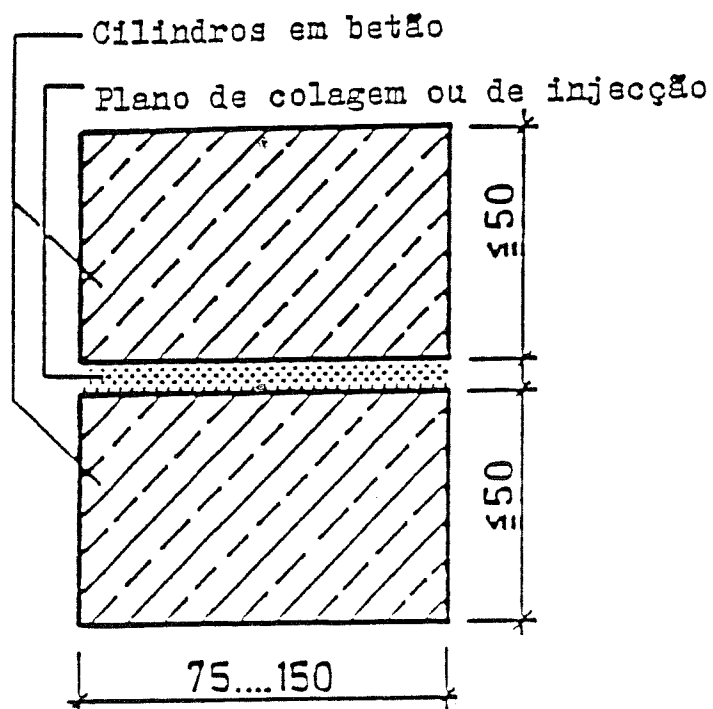


Fig. 4 - Dimensões (mm) do provete cilíndrico.

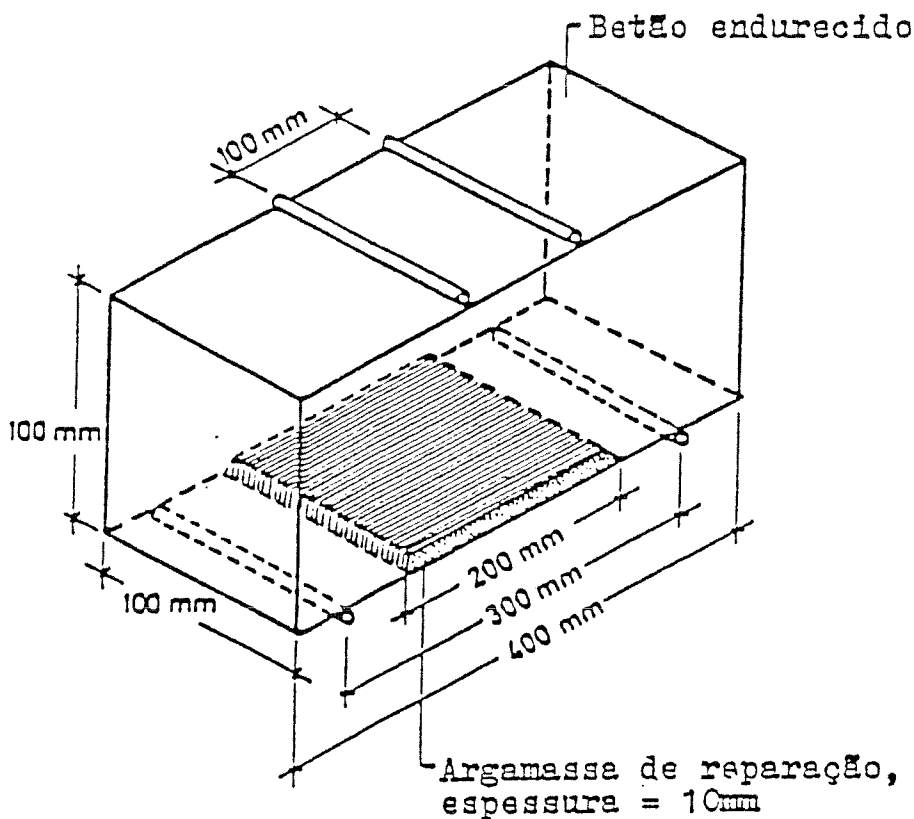


Fig. 5 – Provete reconstituído utilizado no ensaio de flexão quatro pontos.

4. ENSAIOS DE ENVELHECIMENTO

4.1 Ensaio de solicitação dinâmica

O ensaio de solicitação dinâmica destina-se à determinação da resistência da aderência das argamassas de resina conservadas sob solicitação dinâmica. As condições de ensaio simulam a situação destas argamassas quando da sua utilização para reparação de pontes em serviço sob cargas de circulação.

Na figura 6 apresenta-se a geometria do provete utilizado. O ensaio efectua-se a uma temperatura de $20 \pm 5^\circ C$ e uma humidade relativa de $65 \pm 5\%$. É considerada uma fase em que a ponte tem uma circulação reduzida. Assim, durante 24 horas o provete é submetido a ciclos de carga - descarga com uma frequência de $4,2 Hz$ e com a carga máxima igual a $8 kN$. Em seguida a carga máxima passa a $40 kN$ e com a mesma frequência efectuam-se 2×10^6 ciclos. Quando estes ensaios terminarem efectuam-se ensaios de arrancamento num mínimo de cinco zonas.

4.2 Ensaio de compatibilidade térmica

Os ensaios de compatibilidade térmica destinam-se a determinar o comportamento térmico dos produtos de reparação. Há três ensaios que devem efectuar-se: gelo-degelo, choque térmico e variações cíclicas de temperatura.

O ensaio de gelo-degelo consiste em mergulhar sucessivamente os provetes em água salgada a $-18 \pm 2^\circ C$ e em água à temperatura de $20 \pm 2^\circ C$. Os provetes ficam uma hora em cada banho. O banho começa com imersão em água à temperatura normal. O conjunto de ciclos dura 200 horas (100 ciclos). A temperatura de $20 \pm 2^\circ C$ mede-se numa zona próxima do provete. Os provetes colocam-se sempre em posição vertical (Fig. 7).

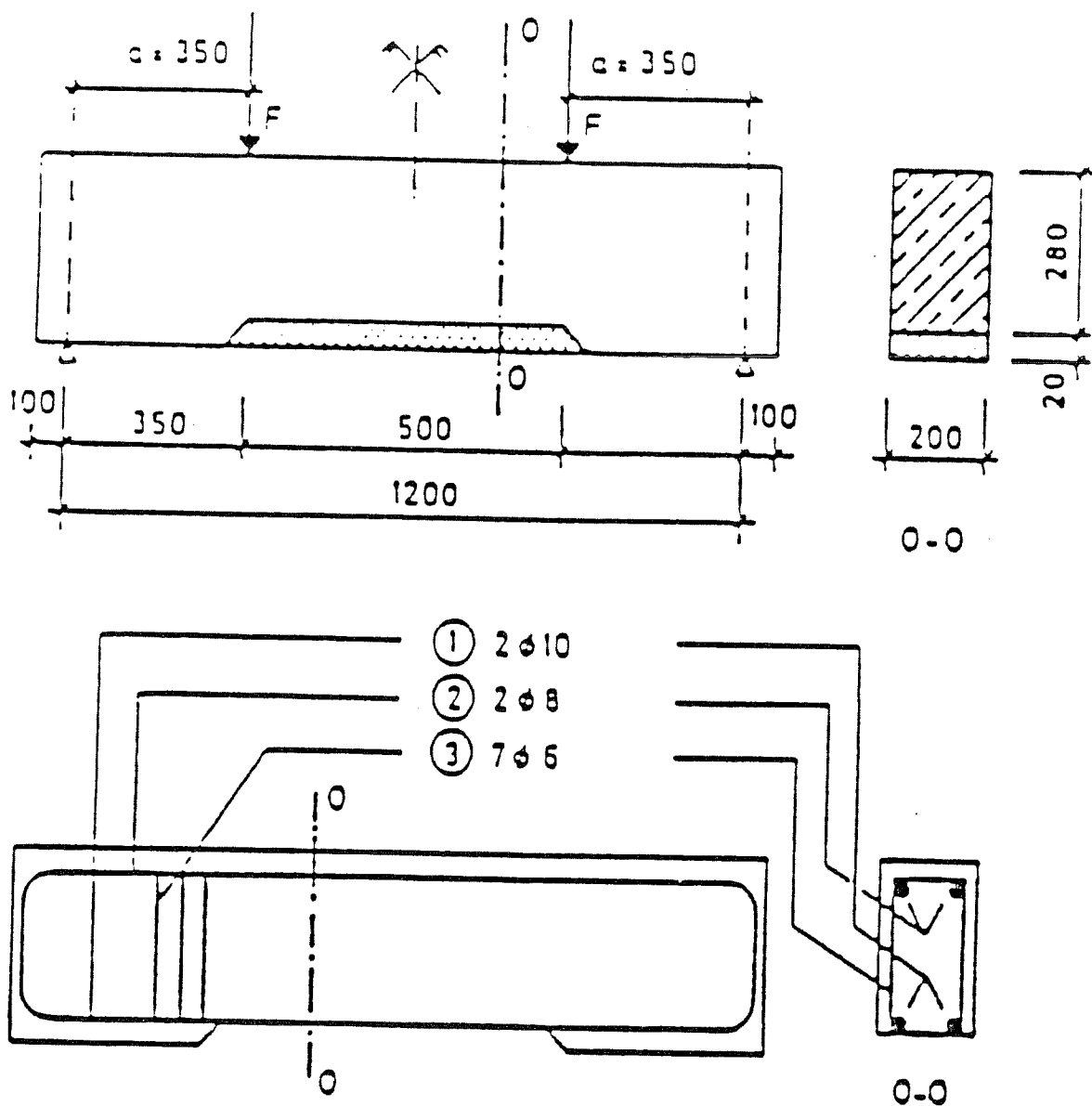


Fig. 6 - Forma e constituição da armadura da viga em betão armado utilizada no ensaio de solitação dinâmica.

Os ensaios de choque térmico compreendem uma fase de aquecimento a $60 \pm 2^\circ C$ durante 6 horas, com humidade relativa igual a $90 \pm 2\%$ e uma fase de chuva artificial de 10 minutos (caudal de 30 a 40 l/min) com água à temperatura de $10 \pm 2^\circ C$. O ensaio de choque térmico completo compreende 50 ciclos. No decurso da fase de aquecimento, a temperatura da superfície do provete deve atingir $60 \pm 2^\circ C$ o mais rapidamente possível, o ar quente deve ser impulsionado mecanicamente.

No decurso da projecção de chuva artificial, o provete será colocado em posição horizontal sobre uma grade metálica (Fig. 8). O tubo de projecção de água estará fixado 30 a 50 cm acima da superfície em estudo.

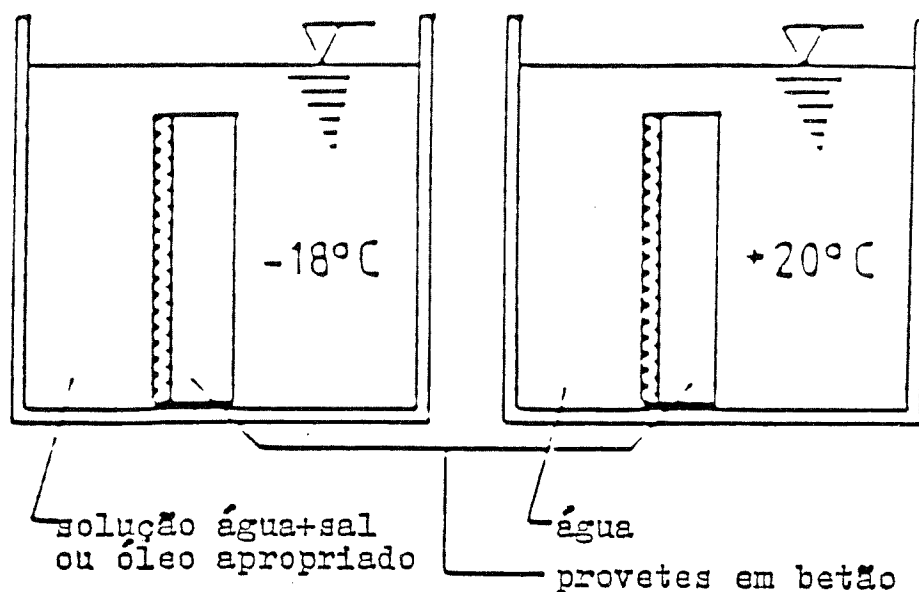


Fig. 7 - Posicionamento dos provetes no ensaio de gelo-degelo.

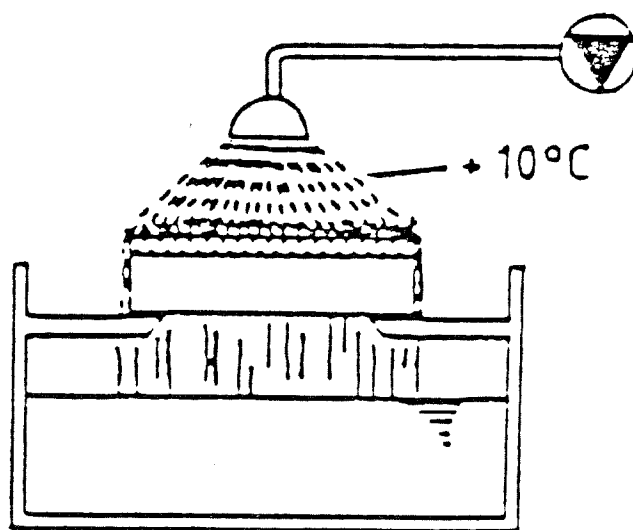


Fig. 8 - Posicionamento dos provetes no ensaio de choque térmico.

Os ensaios de variações cíclicas de temperatura ambiente efectuam-se com 100 ciclos em que a temperatura varia de -25 a $+55^{\circ}\text{C}$.

Após cada ensaio de compatibilidade térmica a aderência é avaliada através de ensaios de arrancamento em pelo menos 5 zonas de cada provete.

5. ENSAIO DE INJECTABILIDADE

O ensaio de injectabilidade tem como objectivo determinar a facilidade de injeccção de um produto numa rede capilar e a sua aderência ao betão através da avaliação da resistência à tracção de provetes cilíndricos de argamassa provenientes da injeccção de uma coluna de areia.

O aparelho utilizado descreve-se na figura 9. O princípio do ensaio consiste em injectar, sob pressão constante, o produto a ensaiar numa coluna em plástico transparente cheia de areia calibrada e mantida na vertical.

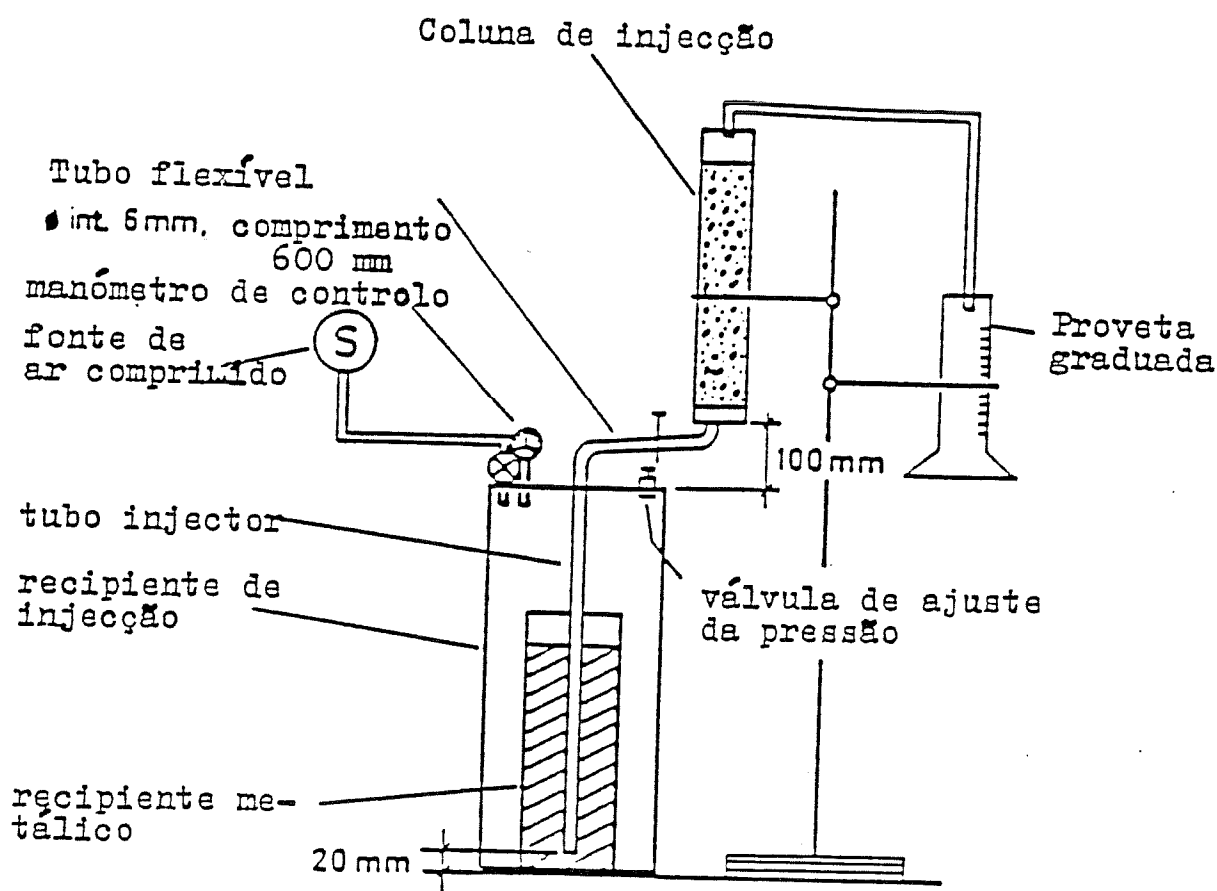


Fig. 9 - Esquema do aparelho de injectabilidade.

A injeccção faz-se a partir da extremidade inferior da coluna. Mede-se os intervalos de tempo que o produto necessita para atingir diferentes marcas de referência colocadas ao longo da coluna.

A determinação da resistência à tracção efectua-se 28 dias após a injeccção através de um ensaio brasileiro. Os provetes cilíndricos utilizados obtêm-se por serragem da coluna.

6. ENSAIO DCB

O ensaio *DCB* baseia-se nos princípios da mecânica da fractura e permite avaliar as aderências com mais rigor (Fig. 10). Com este ensaio determina-se a taxa de libertação de energia de deformação a velocidade de propagação nula, G_0 e a taxa crítica de libertação da energia de deformação, G_c .

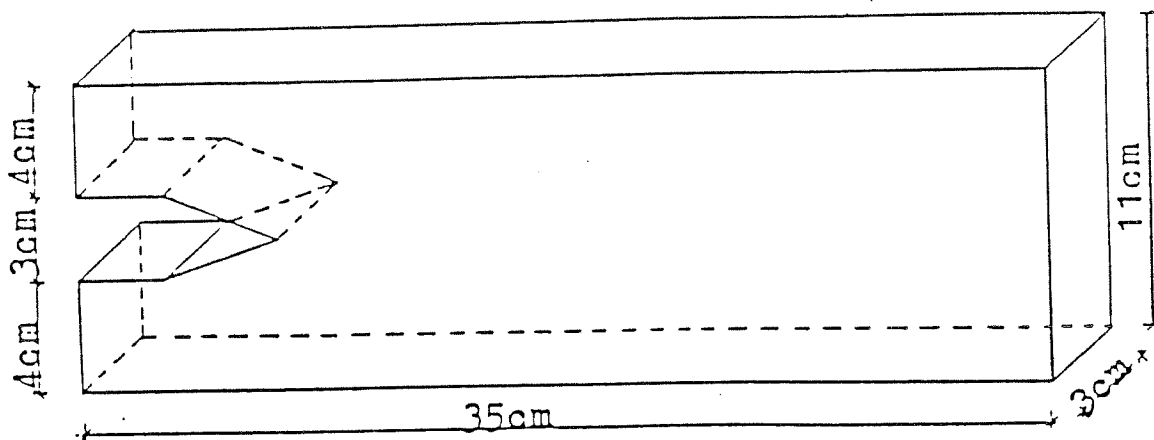


Fig. 10 - Dimensões do provete tipo *DCB*.

Determinámos estes parâmetros para uma ligação epóxico / betão e obtivemos os seguintes valores: $G_0 = 69,77 \text{ N/m}$ para roturas argamassa e $G_0 = 38,74 \text{ N/m}$ para roturas do tipo misto, $G_c = 179,00 \text{ N/m}$ para roturas na argamassa e $G_c = 158,00 \text{ N/m}$ para roturas mistas.

7. REFERÊNCIAS

- [1] Aguiar J.B., Estudo da ligação adesiva, em meio húmido, entre sistemas epóxico e materiais hidráulicos, Trabalho de síntese apresentado a Provas de Aptidão Pedagógica e Capacidade Científica, Universidade do Minho, Braga, 1986.
- [2] Ghellal S., Étude de la liaison adhésive entre mortier et résine époxyde, en utilisant les principes de la mécanique de la rupture, Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, Paris, França, 1987.
- [3] Aguiar J.B., Contribuição para o estudo da aderência entre polímeros e betão, Dissertação apresentada a provas de doutoramento, Universidade do Minho, Braga, 1990.
- [4] Paillère A.M., Guide pour le choix et l'application des produits de réparation des constructions en béton, Annales ITBTP n.º 394, Avril 1977.
- [5] Paillère A.M. et Rizoulières Y., Procédure et Epreuve d'Evaluation de la Qualité des Produits de Réparation des Structures em Béton, International Symposium, Liège, 1984, Future for Plastics in Building and in Civil Engineering.
- [6] ASTM C883-83, Standard Specification for Epoxy - Resin - Base Bonding Systems for Concrete.
- [7] Methodes d'essai pour mesure les propriétés d'adhérence des matériaux à base de resines et du béton, Project de recommandations, RILEM, Septembre 1986.