

EXECUÇÃO DE UM TRECHO EXPERIMENTAL EM PAVIMENTO RÍGIDO NOS AÇORES*

Execution of an experimental rigid pavement in Azores

por

JAIME M. F. MEIRELES**

CARLOS A. F. FRAGA***

RESUMO — Principia-se por expor as razões que levam a Europa Ocidental a considerar o pavimento de betão de grande actualidade. Fala-se das primeiras experiências feitas nos Açores em pavimentos rígidos. Expõem-se os trabalhos que antecederam a execução do pavimento rígido e o cálculo da espessura do mesmo. Apresenta-se o perfil tipo da estrada. Fazem-se considerações sobre o betão, os requisitos do Caderno de Encargos Belga, a selagem das juntas, o controlo das deslocações das lajes e os filtros para evitar o «pumping». Finalmente estabelece-se a comparação dos custos dos dois pavimentos (rígido e flexível).

SYNOPSIS — The reasons that make concrete pavements be in widespread use in Western Europe are given. The first experiences with rigid pavements in the Azores are mentioned. The work that preceeded the execution of rigid pavements and the calculation of their thickness is described. The typical cross-section of the road is presented. Considerations are made about the concrete, the Belgian specifications, joint sealing, slab displacement control, and the filters for preventing pumping. Finally, a comparison is made between the costs of the two pavements (rigid and flexible).

1 — INTRODUÇÃO

O pavimento rígido tem sido considerado nas reuniões nacionais e internacionais até à década de 60 como um pavimento que exige um investimento inicial mais elevado que o flexível embora mais económico do que este a longo prazo (cerca de 30 anos que corresponde à vida normal do pavimento rígido).

Com a subida em flecha das ramas de petróleo, nomeadamente do betume asfáltico, o pavimento rígido passou a ser considerado na Europa Ocidental como o pavimento do futuro conforme se poderá verificar na Revista «Routes et des Aero-dromes n.º 554 de Junho de 1979» em cuja capa apresenta uma auto-estrada em betão com a seguinte referência «La route en beton une solution d'avenir» e cujos artigos

* Manuscrito recebido em Março de 1984. A discussão do trabalho está aberta por um período de três meses.

** Eng.º Civil — Director do L.R.E.C.

*** Eng.º Civil — Téc. Sup. 2.ª Cl. da Divisão de Vias de Comunicação

apresentados incidem exclusivamente na tecnologia de execução dos pavimentos em questão.

Por outro lado a «Cembureau», no seguimento do mesmo ponto de vista, promoveu em Bruxelas de 15 a 16 de Setembro de 1981 um seminário sobre estradas secundárias de betão no qual, entre as várias ilações tiradas, através das comunicações apresentadas, concluiu-se que o pavimento em betão já conseguia ser naquela altura mais barato que o flexível logo em primeiro investimento.

O pavimento de betão, continuando a impor-se com especial incidência, como se disse, na Europa Ocidental, fez com que de 13 a 15 de Setembro do ano corrente tivesse lugar em Londres o «International Symposium on Concrete Roads» organizado pelas seguintes entidades:

- The Concrete Society;
- PIRAC (Permanent International Association of Roads Congresses);
- Cembureau (The European Cement Association).

Perante o exposto, não há dúvida que hoje o pavimento em betão é de grande actualidade.

2 — EXPERIÊNCIAS EM PAVIMENTOS RÍGIDOS NOS AÇORES

Na ilha do Faial foram executados há muitos anos dois pavimentos rígidos: um na Avenida Marginal da cidade da Horta e outro numa estrada regional. Ainda hoje o comportamento de ambos é bom mas a tecnologia de execução é desconhecida*.

Em S. Miguel, há cerca de 8 anos, o P.P.A.** e as Câmaras Municipais da Povoação e Lagoa começaram a adoptar a solução do pavimento rígido em arruamentos duma maneira, digamos artesanal.

Estas iniciativas entusiasmaram os técnicos do Laboratório Regional de Engenharia Civil dos Açores e, dentro desta linha, um dos engenheiros do L.R.E.C. foi indigitado para participar no seminário que se realizou em Bruxelas, em Setembro de 1981, promovido pela «Cembureau», subordinado ao tema «A Construção de Pequenas Estradas em Betão». Os resultados desta reunião excederam as expectativas e em Ponta Delgada promoveu-se uma conferência para transmitir aos técnicos da Região a sensibilização recebida.

Talvez em face de toda esta motivação a Administração decidiu fazer uma pequena experiência em pavimento rígido na zona marítima da estrada do Pisão tendo sido posteriormente ampliada a todo o Pisão ou seja numa extensão de cerca de 1800 m.

* Sabe-se no entanto que o pavimento rígido da Av. Marginal da Horta tem mais de 20 anos e que foi feito segundo uma patente que chamava o referido betão «Betão Coloidal».

** Plano Pecuário para a Agricultura.

3 – TRABALHOS PRELIMINARES À EXECUÇÃO DO PAVIMENTO RÍGIDO

Fizeram-se várias experiências preliminares com o fim de se afinar certos procedimentos técnicos no sentido de se iniciar a obra com mais confiança.

Nestes estudos chegaram-se às conclusões seguintes:

a) A régua com vibração promovida por um motor eléctrico era mais eficaz ou seja de efeito mais enérgico do que a pneumática. Além disto esta última deixava a superfície ligeiramente ondulada;

b) A trabalhabilidade do betão tem grande importância na aplicação da régua. Se a trabalhabilidade é excessiva pode até acontecer que a laje fique coberta com uma película de água e, conseqüentemente, com depressões. Se a trabalhabilidade é elevada sem contudo ser excessiva a régua poderá eventualmente fazer duas ou mais passagens para corrigir defeitos sem que daí advenha qualquer inconveniente. Se a trabalhabilidade é baixa não convém repassar a régua. Qualquer irregularidade deverá então ser sanada com uma colher de pedreiro e talocha ou com uma placa de ferro munida de um varão que serve de pega. As irregularidades são assim rectificadas a partir de pancadas repetidas com a referida placa;

c) Inicialmente tentou-se aplicar a junta transversal com plástico tal como se havia visto na Bélgica. Para o efeito, colocava-se a tira de plástico sobre o betão e uma régua vibrante no meio da tira fazia introduzi-la na massa. Nesta experiência verificou-se o seguinte: se o betão já tinha uma certa consistência o plástico mantinha-se na junta mas esta acabava por fechar com a junção do plástico. Como se julgou que isto não seria conveniente, acabou-se por abandonar o plástico e usar uma régua que penetrava na massa por meio de vibração e que só era tirada quando a consistência do betão garantia a manutenção da junta. Esta régua penetrava 1/3 a 1/4 da espessura da laje;

d) Inicialmente trabalhou-se em moldes de madeira furados de modo a introduzir a armadura de ligação. Verificou-se que estes moldes uma vez oleados, eram desmoldados facilmente;

e) Para facilitar o trabalho pensou-se introduzir os varões depois da laje fundida. Esta prática nas experiências pareceu satisfatória na medida que os varões entravam muito bem no betão com o auxílio de um martelo. Posteriormente esta prática foi abandonada pois que assim o varão não aderiria convenientemente ao betão;

f) Experimentaram-se dois tipos de estriagem: uma feita à custa de uma escova de piaçaba e outra com o auxílio de um gadanho de jardineiro. A piaçaba utilizada, a conselho de um dos artigos da Revista «Routes et des Aerodromes», dava uma superfície demasiado perturbada e que, em nosso parecer, seria demasiado abrasiva de início para os pneus mas que a curto prazo perderia a estriagem desejável. Os sulcos produzidos pelo gadanho de jardineiro mais profundos e espaçados pareceram-nos menos abrasivos para os pneus, e mais resistentes ao tempo (ver Fig. 1).

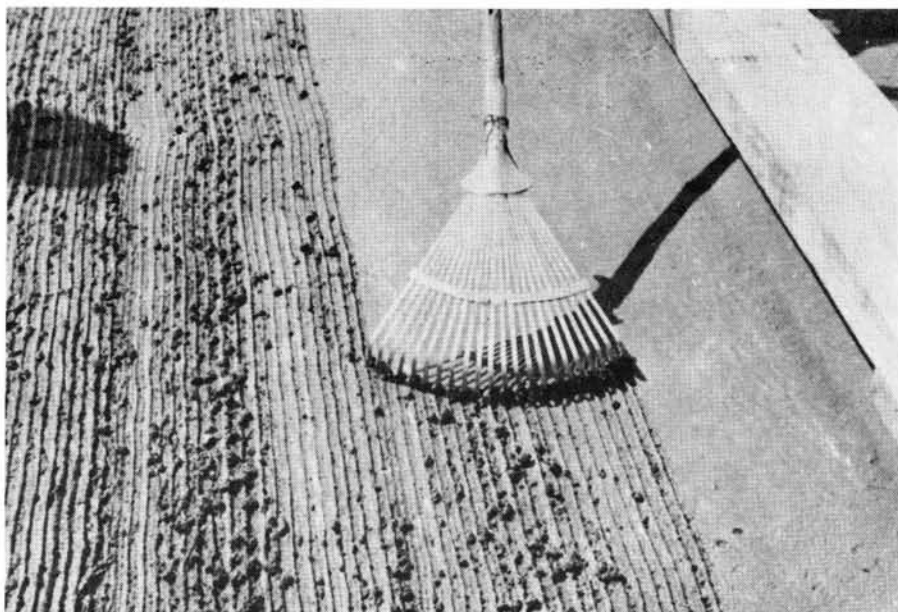


Fig. 1 – *Execução da estriagem*

4 – CÁLCULO DO PAVIMENTO RÍGIDO

4.1 – **Tráfego** – Em face das estatísticas existentes, o tráfego médio diário na data do estudo foi de 1548 veículos dos quais 35% eram pesados. A taxa de crescimento adoptada foi de 9%.

4.2 – **Determinação da Capacidade de Suporte do Leito do Pavimento** – A determinação da capacidade de suporte do leito do pavimento foi efectuada através de ensaios de carga com a placa de 30 cm de diâmetro, tendo-se calculado posteriormente o módulo de reacção para a placa *standard* de 30 polegadas, por conversão através do ábaco apresentado na Fig. 20-17 do «Soil Mechanics for Road Engineers» do Road Research Laboratory. Foi ainda com base num ábaco deste livro que, a partir do módulo de reacção, se estimou o índice de suporte da Califórnia (CBR).

4.3 – Dimensionamento do Pavimento – O cálculo da espessura foi feito pelo método de Pickett considerando a carga por roda de 5000 kg com 20% de impacto, apoiada no bordo da laje. Considerou-se ainda um coeficiente de segurança sensivelmente igual a 2 para a tensão calculada. Chegou-se assim a uma espessura média de 22 cm para uma tensão à tracção de 23 kg/cm². Como se previa uma via de lentos, o tráfego pesado circularia junto aos bordos da plataforma, em ambos os sentidos, ficando a via central praticamente só para o tráfego ligeiro. Assim, achou-se conveniente a redução da espessura da laje na via central para 20 cm, ficando os bordos reforçados com a espessura de 25 cm. Na Fig. 2 apresenta-se o perfil transversal-tipo da plataforma em alinhamento recto.

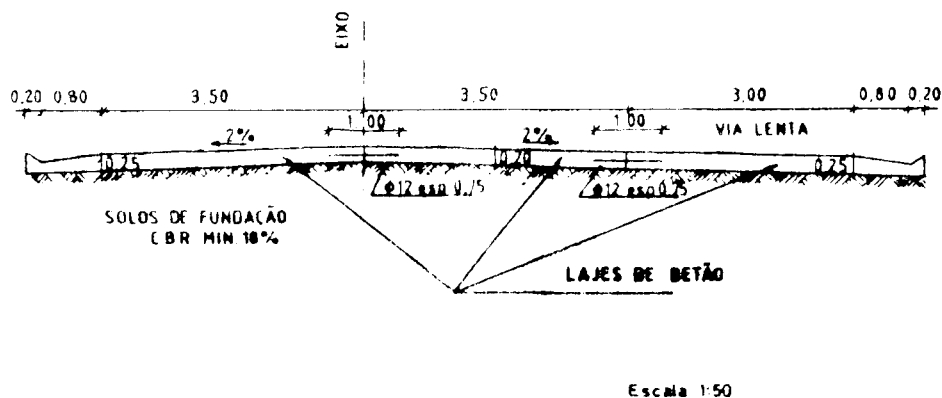


Fig. 2 – Perfil transversal-tipo em recta com a espessura preconizada para o pavimento rígido

5 – BETÃO

5.1 – Considerações Gerais – Por princípio a composição do betão de cimento deverá ser estudada de modo a respeitar os requisitos exigidos. A composição adoptada não foi estudada por falta de tempo, tendo-se adoptado uma composição apresentada na revista espanhola «Hormigón».

Areia – 900 kg – 53%
 Murraça – 550 kg – 32%
 Gravelha – 250 kg – 15%
 Cimento – 330 kg/m³

As curvas granulométricas de cada um dos inertes poderão ser observadas na Fig. 3.

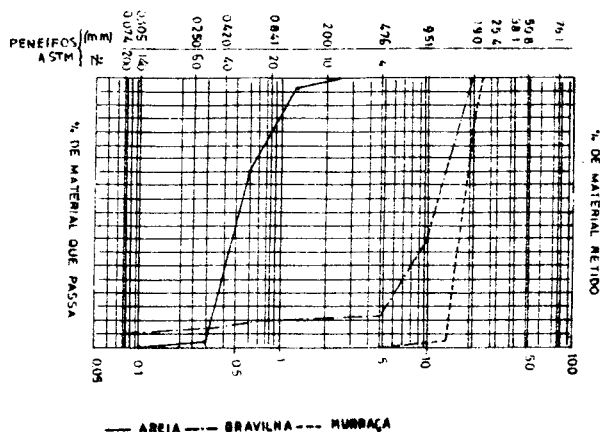


Fig. 3 – Curvas granulométricas dos inertes constituintes do betão

O Caderno de Encargos Belga para estradas rurais admite:

- a) A adição de adjuvantes ao betão como plastificantes, introdutores de ar e aceleradores ou retardadores de presa;
- b) Um mínimo de 300 kg de cimento;
- c) A não imposição da impermeabilização do leito do pavimento;
- d) A permissão da betonagem sobre o solo de fundação sobre a sub-base.

5.2 – Aplicação de um Produto Impermeabilizante – Para a hidratação conveniente do cimento aconselha-se a aplicação de um produto impermeabilizante e incolor a fim de não deixar evaporar a água de amassadura do betão.

5.3 – Protecção do Betão Aplicado Contra a Chuva – Esta protecção deverá evitar a deslavagem da superfície do betão fresco pela água da chuva. Isto só é obrigatório durante as precipitações e nos betões com idades inferiores a 12 horas.

5.4 – Protecção do Betão Contra o Aquecimento – Se as condições atmosféricas aquecerem demasiado o betão (insolação prolongada), o mesmo deverá ser protegido com uma camada de saibro ou areia com, pelo menos, 3 cm de espessura, que será mantido no estado húmido durante 24 horas graças a regas repetidas. No caso do trecho experimental do Pisão, por não se possuir o produto impermeabilizante atrás referido, utilizou-se uma camada de areia húmida não só contra o aquecimento como também para evitar a desidratação do betão.

5.5 – Colocação do Betão em Serviço – O betão só será exposto livremente à circulação não antes de 14 dias após a sua colocação em obra. Durante os 5 primeiros dias seguintes à colocação em obra, o betão não poderá ser submetido a qualquer sobrecarga. Nos cruzamentos e nas entradas dos carros poder-se-á espalhar uma camada de areia ou saibro com, pelo menos, 15 cm de espessura após os 5 dias a fim de permitir a circulação.

5.6 – Resistência do Betão – O betão do pavimento deverá apresentar aos 28 dias após a colocação em obra uma resistência à compressão de, pelo menos, um B-180. O Caderno de Encargos Belga não controla a resistência à tracção por flexão, apesar do cálculo das lajes ser feito à base deste valor. No cálculo do pavimento do trecho do Pisão admitiu-se 45 kg/cm^2 mas adoptou-se apenas $22,5 \text{ kg/cm}^2$ (coeficiente de segurança 2) dado o número de repetições de carga. O Caderno de Encargos Belga aconselha também a fazer colheitas de betão das lajes por meio de carotagem e fazer o ensaio de rotura à compressão destas carotes.

5.7 – Cargas de Rotura Obtidas em Obra – O tratamento estatístico obtido com os valores das cargas de rotura à compressão, carga de rotura à tracção por flexão e trabalhabilidade são apresentados nas figuras n.ºs 4, 5 e 6, respectivamente.

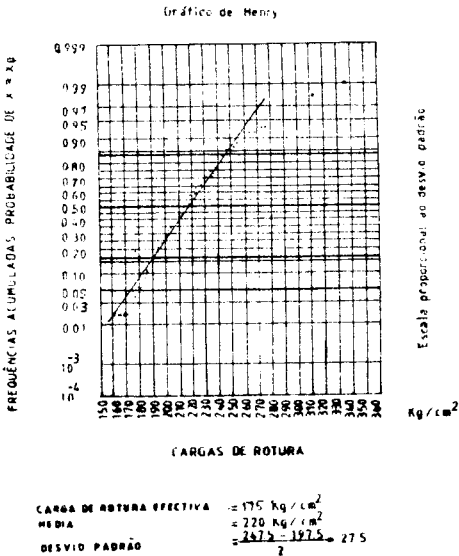


Fig. 4 – Distribuição dos valores das tensões de rotura à compressão de cubos aos 28 dias

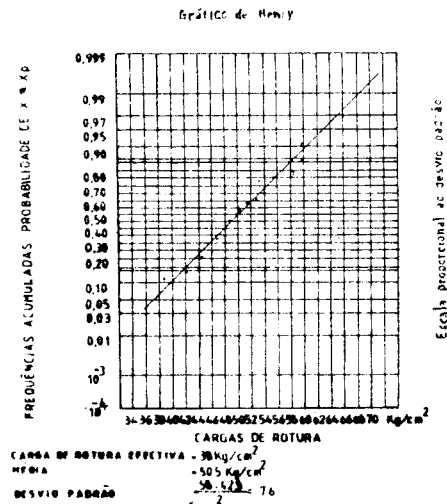


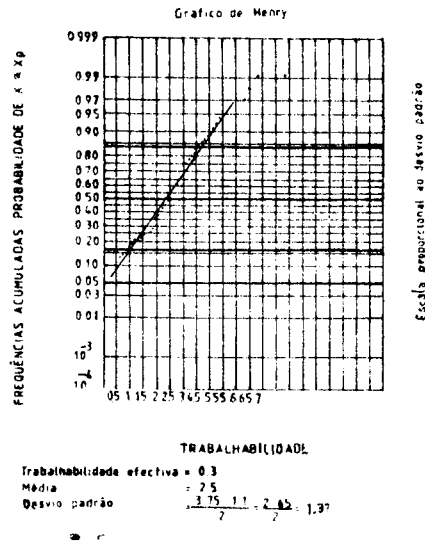
Fig. 5 – Distribuição dos valores das tensões de rotura à tracção por flexão, aos 28 dias

5.8 – **Escorrimento do Betão Fresco** – Como os trainéis do Pisão tinham cerca de 10% de inclinação, houve sempre uma grande preocupação com a possibilidade do betão, uma vez colocado e vibrado, começar a escorrer. Para obstar este inconveniente trabalhou-se com trabalhabilidades baixas e a execução das lajes foi feita sempre de baixo para cima.

6 – COFRAGEM

Inicialmente, como se pensou fazer apenas o pavimento rígido na zona marítima, optou-se pela cofragem de madeira. Assim, foram feitas tábuas de 4 cm de espessura com 2 m de comprimento e 20 cm de altura cujo corte é representado na figura 7 e cujo encaixe é do tipo representado na mesma figura.

Fig. 6 – *Distribuição dos valores da trabalhabilidade do betão.*



A cofragem foi posicionada verticalmente a partir da cravação de pregos feitos de varões de $\varnothing = 12$ mm. É evidente que estes pregos teriam de ficar abaixo da face da cofragem para dar passagem livre à régua vibradora.

Esta cofragem era pincelada com óleo queimado o que facilitava a descofragem.

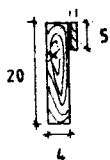
Atendendo a que a cofragem de madeira empenava ao ser utilizada em face das variações de humidade e atendendo a que a Administração decidiu adoptar o mesmo tipo de pavimento em todo o Pisão, foi-se para a cofragem de ferro.

Assim, mandou-se executar 50 moldes de 2 m de comprimento cada, com 20 cm de altura representados na figura 8.

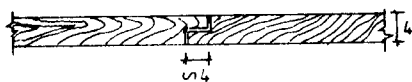
Estes moldes, mesmo na curvas de menor raio (≈ 40 m) disfarçavam perfeitamente a constituição poligonal da curva.

O posicionamento da cofragem foi feito com o auxílio do topógrafo (ver Fig. 9).

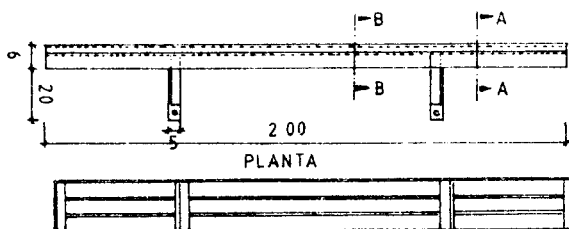
a) CORTE DOS MOLDES



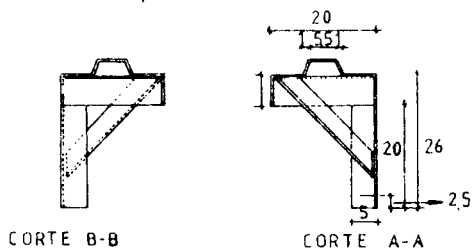
b) PLANTA DO ENCAIXE DOS MOLDES



COTAS EM CENTÍMETROS



ALÇADO POSTERIOR



CORTE B-B

CORTE A-A

Fig. 7 – Cofragem de madeira.

Fig. 8 – Elemento da cofragem de ferro utilizado na pavimentação do Pisão.

7 – COLOCAÇÃO DO BETÃO EM OBRA

Uma vez fixada a cofragem, o camião betoneira entrava de recuo na via a betonar e vasava de cada vez cerca de metade do betão total transportado. Este era então regularizado grosseiramente com enxadas, vibrado com agulhas vibradoras à frente da régua e só depois é que esta entrava para dar o acabamento final (ver Fig. 10).

Atrás do trabalho da régua vibradora existiam duas pranchas perpendiculares ao eixo da via e apoiadas de modo que o pessoal pudesse andar por cima delas sem afectar o betão fresco. Numa delas os pedreiros encarregavam-se de corrigir irregularidades quer resultantes da régua vibradora quer resultantes do levantamento das régua



Fig. 9 – *Aspecto da colocação dos moldes de ferro.*

de ferro para moldagem das juntas de retracção. Na outra o pessoal procedia à execução da estriagem após cerca de 40 minutos de presa do betão, havendo que ter em consideração as condições climatéricas.

Durante a betonagem convirá que a corrente de camiões betoneiras seja tal que não haja esperas. Estas afectam muito a trabalhabilidade.

O espalhamento do betão de um carro levava cerca de 15 minutos. O máximo rendimento diário foi de 130 m de via.



Fig. 10 – *Aplicação da régua vibradora*

8 – DISTRIBUIÇÃO DA BETONAGEM DAS VIAS DURANTE A EXECUÇÃO DO TRECHO DA ESTRADA

Dado que o tráfego não podia transitar por cima de uma laje antes de 14 dias, aproveitou-se a circunstância de haver três vias e vários trechos de estrada antiga (servindo de desvios) para fazer uma programação baseada no rendimento diário da betonagem.

9 – REQUISITOS BASEADOS NO CADERNO DE ENCARGOS BELGA E NA BIBLIOGRAFIA QUANTO A DIMENSÕES DAS LAJES, JUNTAS E VARÕES

9.1 – **Lajes** – As dimensões das lajes aplicadas não ultrapassaram os 5 m, atendendo às recomendações do Caderno de Encargos Belga.

9.2 – **Juntas Longitudinais** – As juntas longitudinais coincidiram com os limites das vias e, enquanto foram usados moldes de madeira, eram verticais com varões de $\varnothing = 12$ mm com 1.00 m de comprimento espaçados de 0,75 m. Quando se passou

a adoptar os moldes de ferro, estes passaram a ter macho e fêmea o que permitiu reduzir o comprimento dos referidos varões para 0,75 m de comprimento e espaçá-los de 1,00 m. Neste caso a aderência do varão ao betão tornou-se fundamental dado que a função dele passou a ser especialmente de ligação, com a finalidade de fazer trabalhar o encaixe de macho e fêmea na transmissão dos esforços.

9.3 – Juntas de Retracção – Estas juntas foram espaçadas de 5 em 5 m e executadas com a introdução de réguas de ferro de 7 cm de altura e 8 mm de espessura na laje depois de regularizada com a régua vibradora. Esta introdução foi feita com o auxílio da agulha vibradora sobre a referida régua. A extracção das réguas deverá ser feita em tempo oportuno tendo em atenção o estado das condições atmosféricas (a permanência da régua no betão mediava cerca de 1 a 1,30 horas). O Caderno de Encargos Belga aconselha a colocar ao longo da futura junta uma tira de plástico de 90 g/m² que é introduzida na massa por meio de uma lâmina vibrante que penetra a uma profundidade mínima de 1/3 a 1/4 da espessura da laje. Os bordos do plástico ficarão à vista com cerca de 1 cm. Uma vez introduzido o plástico, o betão deverá ser submetido a um calcamento de modo à junta fechar-se. Salvo fique estipulado o contrário nas cláusulas técnicas especiais e/ou projecto, as juntas de retracção não serão munidas de varões. A bibliografia aconselha serrar as juntas pois que assim estas ficam muito mais perfeitas.

9.4 – Juntas de Dilatação – A imposição destas juntas é controversa embora o Caderno de Encargos Belga as localize obrigatoriamente de um e de outro lado das obras de arte, nos cruzamentos das ruas e nos locais previstos nas cláusulas técnicas especiais e/ou projecto. Na obra em questão não foram usadas juntas deste tipo.

9.5 – Juntas de Trabalho – Estas juntas surgem sempre que termina um dia de trabalho. Elas foram executadas verticalmente e levaram varões com a disposição dos das juntas longitudinais.

9.6 – Varões – Embora se tivesse utilizado o Aço normal (A-24) o Caderno de Encargos Belga recomenda o aço A-40.

10 – SELAGEM DAS JUNTAS

Antes da aplicação do produto de selagem que se vende comercialmente, a junta deverá ser limpa com escovas metálicas e jacto de ar.

Por razões económicas, pensou-se utilizar um betume 60/70 com filler*. Como este betume não chegou a tempo, acabou-se por utilizar o betume asfáltico 80/100 com areia.

* Indicação dada pelo livro «Principles and Practice of Highway Engineering» de Sharma e Sharma.

11 – CONTROLO DE POSSÍVEIS DESLOCAMENTOS DAS LAJES

Introduziram-se chumbadouros de latão nos bordos e nos cantos de algumas lajes a fim de se ir acompanhando, com o auxílio do alongâmetro, possíveis deslocamentos futuros das mesmas.

QUADRO I – VARIAÇÃO DA ABERTURA DAS JUNTAS COM O TEMPO

Data	°C Temperat.	Local N.º	Variação Relativa (mm)	Variação Acumulada (mm)	Local N.º	Variação Relativa (mm)	Variação Acumulada (mm)
1983.08.29	32,5	1		- 0,25*	2		- 0,29*
1983.09.09	30	1	+ 0,20	- 0,05	2	+ 0,06	- 0,23
1983.09.16	35	1	- 0,90	- 0,95	2	- 0,30	- 0,53
1983.11.14	21	1	+ 0,04	- 0,91	2	- 0,30	- 0,83
1983.08.29	32,5	3		- 0,14*	4		+ 0,10*
1983.09.09	30	3	- 0,20	- 0,34	4	- 0,40	- 0,30
1983.09.16	35	3	- 0,10	- 0,44	4	- 0,20	- 0,50
1983.11.14	21	3	+ 0,10	- 0,34	4	+ 0,10	- 0,40
1983.08.29	32,5	5		- 0,73*	6		+ 0,12*
1983.09.09	30	5	+ 0,44	- 0,29	6	- 0,10	+ 0,02
1983.09.16	35	5	- 0,34	- 0,63	6	- 0,78	- 0,76
1983.11.14	21	5	0,00	- 0,63	6	+ 0,48	- 0,28
1983.08.29	32,5	7		+ 0,24*	8		+ 0,24*
1983.09.09	30	7	+ 0,18	+ 0,42	8	- 0,60	- 0,36
1983.09.16	35	7	- 0,14	+ 0,28	8	- 0,00	- 0,36
1983.11.14	21	7	+ 0,16	+ 0,44	8	0,00	- 0,36

- Contração das lajes (dilatação da junta)

+ Dilatação das lajes (contração da junta)

* Valor acumulado das cedências desde 1982.06.28

No Quadro I apresentam-se os valores da variação relativa da abertura das juntas, correspondentes às últimas leituras efectuadas e, os respectivos valores acumulados desde 1982.06.28. Verifica-se que a ordem de grandeza do valor acumulado não chega a 1 mm, notando-se no entanto que as juntas funcionam efectivamente.

12 – FILTROS PARA EVITAR O «PUMPING»

Entre os perfis P23 e P31 apareceu um solo argiloso que fez reaar vir a provocar mais tarde o fenómeno do «pumping».

Assim, para evitar tal fenómeno, utilizaram-se dois tipos de filtros: 100 m com geotextil entre P31 e o P27 + 25 m e 100 m com uma camada de areia com 10 cm de espessura seguida de outra camada de escórias vulcânicas entre os P27 + 25 m e P23.

13 – COMPARAÇÃO DOS CUSTOS DOS PAVIMENTOS RÍGIDO E FLEXÍVEL

13.1 – Considerações Gerais – Com a intenção de avaliar a contrapartida económica do pavimento rígido, pretendeu-se efectuar um estudo dos custos de execução do trecho experimental do Pisão, confrontando-os com os de um pavimento do tipo flexível. Uma comparação correcta só podia ser feita tendo em conta um pavimento flexível com características resistentes semelhantes às do pavimento rígido. Assim, a apreciação dos custos desse tipo de pavimento foi feita por uma espessura dimensionada para o mesmo trecho de estrada considerando portanto o mesmo tráfego e idênticos solos de fundação. De notar que este estudo comparativo incide apenas sobre os trabalhos da pavimentação ou que estejam com ela relacionados, como é o caso da regularização do leito do pavimento. Salienta-se ainda a falta de rigor nos cálculos apresentados, cuja justificação está no facto de se pretender apenas uma ordem de grandeza.

13.2 – Custo do Pavimento Rígido – A contabilização dos custos de execução do pavimento rígido aplicado no trecho experimental do Pisão, com as características já mencionadas na primeira parte desta comunicação, foi elaborada considerando-se um rendimento médio de betonagem de 250 m² por dia (correspondentes a uma extensão de 70 metros numa faixa de 3,5 m de largura). No Quadro II apresentam-se os cálculos efectuados, tendo como base essa área de pavimento, equivalendo portanto a um dia de trabalho.

13.3 – Pavimento Flexível – O perfil-tipo do pavimento flexível equivalente ao rígido executado, prevê uma camada de 25 cm de «tout-venant» e uma penetração betuminosa de 10 cm de espessura, seguida de um revestimento superficial betuminoso, que é o tipo de pavimento normalmente executado em S. Miguel (ver Fig. 11). Neste caso do pavimento flexível, não foi possível efectuar-se a contabilização baseada em rendimentos e custos reais, de modo a torná-la mais próximo da realidade, como se fez no caso do pavimento rígido. Assim, a solução adoptada foi a de efectuar uma estimativa do custo de execução de um pavimento flexível com a constituição acima

QUADRO II – CONTABILIZAÇÃO DOS CUSTOS DE EXECUÇÃO DO PAVIMENTO RÍGIDO

DESIGNAÇÕES	PREÇO UNITÁRIO	QUANTIDADES P/ 250 m² DE PAVIMENTO/DIA	CUSTO DE 250 m² DE PAVIMENTO/DIA	PREÇO COMPOSTO POR m²
1. MATERIAIS:				
– Betão	3.154\$00/m³	250 × 0,23 = 60 m³	190.000\$00	
– Varões de ligação	45\$00/kg	0,888 kg/m × 70 = = 60 kg	300\$00	
– Betume asfáltico (nas juntas)	35\$00/kg	100 kg	3.500\$00	
– Amortização da cofragem (150.000\$00)	—	—	2.000\$00	
SOMA:			195.800\$00	
SOMA POR ARREDONDAMENTO:			≈ 200.000\$00	800\$00/m²
2. MÃO D'OBRA				
	1.000\$00/dia	26 operários	26.000\$00/dia	
SOMA:			26.000\$00	104\$00/m²
3. EQUIPAMENTO:				
Régua vibradora	250\$00/hora	8 horas	2.000\$00	
Gerador	300\$00/ »	8 »	2.400\$00	
Compressor	300\$00/ »	8 »	2.400\$00	
Moto-niveladora	2.000\$00/ »	8 »	16.000\$00	
Cilindro	900\$00/ »	8 »	7.200\$00	
SOMA:			30.000\$00	120\$00/m²
TOTAL PARCIAL			256.000\$00	1.024\$00/m²
4. 10% p/ encarregados				106\$00/m²
TOTAL POR ARREDONDAMENTO				1 130\$00/m²

descrita, estimativa essa calculada com base em preços unitários usuais na Secretaria Regional do Equipamento Social. Faz-se notar, portanto, a diferença dos métodos de cálculo utilizados para cada tipo de pavimento: enquanto no rígido se trata de custos reais, no flexível o valor apresentado não passa de uma estimativa, embora baseada em preços unitários muito próximos da realidade. Apresentam-se no Quadro III os dados básicos e cálculos intermédios que permitiram chegar ao valor correspondente ao preço composto por metro quadrado de pavimento flexível.

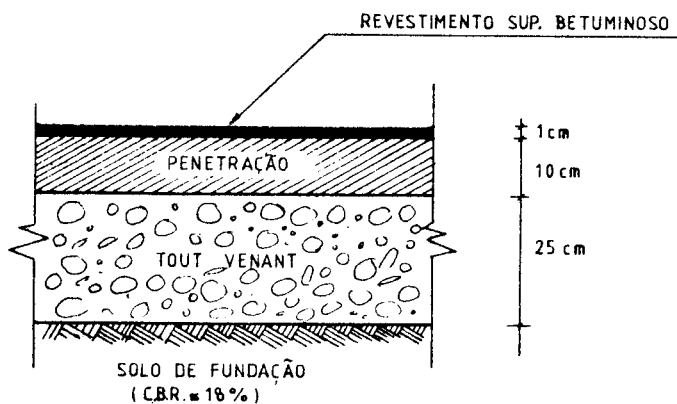


Fig. 11 – Perfil-tipo de um pavimento flexível equivalente ao rígido executado

13.4 – **Conclusões** – Através dos valores expostos, e apesar da comparação não ser totalmente correcta, julga-se poder concluir que, com o pavimento rígido executado no trecho experimental do Pisão, se obteve uma economia, em investimento inicial, da ordem dos '200\$00 por metro quadrado de pavimentação. É ainda de realçar que, para além desta economia inicial, o pavimento rígido é calculado para uma vida de 30 anos, enquanto que o flexível foi calculado para um período de 15 anos. Além disso, é sabido que o custo de conservação costuma ser inferior nos pavimentos rígidos.

A economia do pavimento rígido, já era uma realidade a longo prazo. Com este trecho experimental do Pisão, parece poder confirmar-se que, mesmo em primeiro investimento, o pavimento rígido é mais vantajoso.

QUADRO III – ESTIMATIVA DOS CUSTOS DE EXECUÇÃO DO PAVIMENTO FLEXÍVEL

DESIGNAÇÕES	PREÇOS UNITARIOS	MEDIÇÕES	PREÇO COMPOSTO/m ²
MATERIAIS:			
– «Tout-venant»	800\$00/m ³	0,25 m ³	200\$00
– Brita	700\$00/m ³	0,10 m ³	70\$00
– Murraça	900\$00/m ³	0,02 m ³	18\$00
– Gravelha	850\$00/m ³	0,02 m ³	17\$00
– Betume asfáltico	35\$00/kg	10 kg	350\$00
TOTAL PARCIAL			655\$00
EQUIPAMENTO E MÃO D'OBRA:			
– Caldeira	1 000\$00/h	5 m ² /h	200\$00
– Regularização com moto-niveladora	30\$00/m ² /camada	3 camadas	90\$00
– Espalhamento	150\$00/m ²	—	150\$00
– Cilindramento	100\$00/m ²	—	100\$00
– Transportes diversos	—	—	170\$00
TOTAL PARCIAL			710\$00
TOTAL			1.365\$00
TOTAL POR ARREDONDAMENTO			≈ 1.350\$00/m²