

**32^a Reunião de
Pavimentação
Brasília**

**Pista Experimental Instrumentada
com *Whitetopping* Ultadelgado**

Deividi da Silva Pereira
José Tadeu Balbo
Andréa Arantes Severi
Marcos Paulo Rodolfo
André Guerreiro Milhomem de Souza

RESUMO

O artigo apresenta uma rápida descrição de como surgiu o *Whitetopping* Ultradelgado (WTUD), comentando sobre os fatores intervenientes no desempenho, em pista, desta técnica de manutenção de pavimentos asfálticos. Após isto, faz-se um breve relato da execução da pista experimental no campus da Universidade de São Paulo na cidade de São Paulo, bem como de sua instrumentação. Alguns resultados da monitoração de campo são apresentados, evidenciando a importância da consideração do gradiente térmico no dimensionamento estrutural do WTUD. A medida do Índice de Condição do Pavimento (ICP) também é apresentada a fim de fornecer um índice de qualidade estrutural e funcional deste tipo de pavimento após aproximadamente um ano de abertura ao tráfego.

1. INTRODUÇÃO

O sucesso do emprego do *Whitetopping* convencional (WT), no qual a aderência entre o concreto de cimento Portland (CCP) e o concreto asfáltico (CA) não era contemplada na fase de projeto, por muitas vezes foi atribuído a presença desta nas condições de campo (Grove et al., 1993). Assim, baseado nos princípios estruturais que governam o comportamento dos WT, concebeu-se um novo tipo de pavimento, o *Whitetopping Ultradelgado* (WTUD), somando-se o efeito da aderência entre as duas camadas já mencionadas.

A aderência aliada a resistência de tração na flexão maior que o normalmente empregada e às reduzidas dimensões em planta das placas quadradas (geralmente entre 0,6 e 1,0m) permitiram a significativa redução da espessura destas, visto que a nova estrutura do pavimento passa a trabalhar de forma composta ante aos esforços de flexão, com uma única linha neutra (LN) governando seu comportamento. Desta forma, o CA auxilia o CCP na absorção dos esforços fletores.

Com intuito de estudar o comportamento de campo desta nova alternativa de pavimento, que destina-se a recuperar as condições de rolamento de vias em CA, a *American Concrete Pavement Association* (ACPA) construiu uma pista experimental próximo à cidade de *Louisville*, em *Kentucky*, nos Estados Unidos, no ano de 1991. (Risser et al., 1993; Cole et al., 1998).

Com o hesito alcançado no experimento acelerado precursor do WTUD, vários países fizeram uso desta técnica sob um volume de tráfego de leve a moderado a fim de melhor controlar a vida a fadiga do CCP devido às relativas limitações técnico-econômicas de se alcançar elevadas resistências à tração na flexão do CCP. México, Canadá, Áustria, França e Brasil são exemplos de países que fizeram uso deste tipo de pavimento. (Salcedo, 1996; Sturm e Moris, 1998; Silfwerbrand, 1997; Steigenberger, 1998; Chambon et al., 1998; Balbo, 1999)

O Laboratório de Mecânica de Pavimentos (LMP) da Escola Politécnica da USP, financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), construiu uma pista experimental, inteiramente instrumentada, para estudar o comportamento do WTUD nas condições tropicais brasileiras. Esta pista de teste tem possibilitado o estudo do desempenho desta técnica, assim como mensurar as temperaturas e gradientes térmicos aos quais tais placas de CCP estão submetidas, relacionando tais grandezas às deformações a que o CCP está sendo submetido devido ao efeito de empenamento causado pelo gradiente térmico nas placas. Provas de carga, com o intuito de determinar as tensões em que o WTUD está submetido pelo efeito conjugado de carregamento e efeito térmico, potencializam-se com esta pista.

2. FATORES INTERVENIENTES NO DESEMPENHO DO WUTD

Vários são os fatores que devem ser considerados na etapa de projeto para que o WTUD tenha um desempenho satisfatório.

2.1 Aderência

A aderência entre CA e CCP é considerada por muitos autores como o fator preponderante para um bom desempenho desta técnica. Sem ela, o comportamento estrutural composto assumido na fase de projeto não estaria presente em campo, fato que elevaria em muito as tensões de tração nas placas, concorrendo para uma rápida ruptura por fadiga destas. (Risser et al., 1993; Mack et al., 1993; Balbo, 1999)

A prática tem mostrado que uma fresagem superficial, suficiente para expor o agregado graúdo da mistura asfáltica, seguido da retirada de material solto e posterior lavagem da superfície asfáltica a ser recuperada são procedimentos eficazes para garantir a aderência necessária entre o CA e o CCP. Para Armaghani e Tu (1997), 1,4 MPa de resistência de cisalhamento nesta interface é suficiente.

Outros procedimentos como utilização de resina epóxica nesta interface contribuem favoravelmente para um sensível aumento desta resistência porém o custo inviabiliza seu emprego. (Fortes, 1999)

2.2 Dimensões da Placa

Desconsiderando-se a potencial perda de aderência ao longo do tempo, que ainda deve ser alvo de estudos mais aprofundados, o dimensionamento do WTUD está intimamente relacionado com a fadiga do CCP. Com níveis de tensões bem abaixo daqueles que anteriormente atuavam sobre a capa asfáltica, a fadiga do CA, pelo que vem sendo referendado na bibliografia internacional, não parece ser motivo de maiores preocupações.

Então, a escolha das dimensões das placas fundamenta-se na tentativa de melhor ajustar as tensões atuantes às características resistivas do CCP empregado e, por conseqüência, à vida à fadiga desejada.

Sucessos maiores vêm sendo obtido com placas quadradas entre 0,6 e 1,2 m, com espessuras que variam entre 50 e 100 mm, dependendo das condições e espessuras de CA remanescente da fresagem e do tráfego solicitante.

2.3 Espessura e Integridade do Concreto Asfáltico Remanescente

A espessura de CA remanescente é importante pois possibilita a redução das tensões críticas nas placas de WTUD e também reduz as deformações no fundo da camada asfáltica. Para um pavimento do tipo composto, quanto maior a espessura de CA, para uma mesma espessura de CCP, maior será a rigidez global do sistema, com conseqüente redução dos esforços fletores solicitantes.

A integridade da camada asfáltica faz-se importante por dois aspectos. Primeiro, um concreto asfáltico estruturalmente danificado, apresentando elevado grau de fissuras interligadas, possui um pequeno módulo resiliente, fato que eleva significativamente as tensões críticas no CCP e na interface CA/CCP.

O segundo aspecto refere-se à impossibilidade da placa de WTUD conseguir trabalhar de forma aderida caso haja um elevado grau de fissuração. Neste caso, uma placa de CCP estaria aderida à vários “blocos” de CA, fato que impossibilitaria a absorção de parte dos esforços provenientes da flexão por parte do CA. Com isto, também ter-se-ia um significativo acréscimo nas tensões de tração no CCP.

2.4 Tipo de Concreto e Tráfego

Estes dois aspectos estão intimamente ligados. A limitação do volume de tráfego imposta ao WTUD justifica-se pelas resistências à tração na flexão normalmente atingidas pelos CCP em pista, fato limítrofe de sua vida à fadiga.

O CCP empregado no WTUD deve apresentar não só uma elevada resistência à tração, face às elevadas tensões atuantes, como também apresentar um rápido ganho de resistência, devendo portanto ser do tipo *fast-track*, uma vez que o WTUD habilita-se como uma alternativa de manutenção de pavimentos asfálticos.

No entanto, as barreiras técnicas que até então dificultavam a obtenção de CCP de elevada resistência estão vindo por terra, deixando boas perspectivas para um futuro bem próximo. Steigenberger (1998), na Áustria, atingiu marcas impressionantes com o uso de CCP com consumo de 430 kg/m³ de cimento Portland pozolânico, fator a/c de 0,34 e um teor de microssílica de aproximadamente 5% do consumo de cimento. Nesta oportunidade o CCP atingiu 8,4 MPa após 24h e 12,2 MPa aos 28 dias, valores de resistência de tração na flexão.

2.5 Gradiente Térmico nas Placas de WTUD

O gradiente térmico, isto é, diferença entre as temperaturas de superfície e fundo das placas de WTUD, é importante por, primeiramente, induzir tensões nas placas. Estas tensões muitas vezes são desprezadas no dimensionamento estrutural seja de um pavimento em CCP convencional ou do tipo WTUD, mesmo possuindo valores que não podem ser desprezados nesta etapa por serem de magnitude significativa para o encurtamento de sua vida à fadiga quando analisadas em conjunto com o efeito das cargas sobre as placas.

O gradiente térmico provoca também o empenamento das placas de WTUD, fato que contribui para a perda de aderência entre o CA e o CCP, com as indesejadas conseqüências já mencionadas. (Nishizawa et al., 1999)

2.6 Processo Executivo

Assim como qualquer outra técnica, o desempenho do WTUD depende não só da etapa de projeto ou dos materiais utilizados. Deve haver uma perfeita harmonia entre projeto, materiais e execução.

A fresagem deve expor o agregado da mistura asfáltica possibilitando uma melhor aderência entre CCP/CA. O umedecimento prévio e sem exageros da camada asfáltica reduz a perda de água do CCP, tão importante para a hidratação do cimento Portland.

A serragem “verde” das juntas deve ser realizada, sobretudo nas regiões quentes, como é o caso dos trópicos brasileiros. Este tipo de serragem com o CCP ainda em processo de “pega” reduz a probabilidade do surgimento de fissuras por retração térmica. Contudo, é fundamental que o WTUD receba um tratamento adequado de cura, seja esta por via química ou úmida, num período mínimo de três dias.

3. EXECUÇÃO DA PISTA EXPERIMENTAL

A primeira etapa para execução da pista experimental no Campus da USP na cidade de São Paulo compreendeu uma busca com o intuito de localizar uma área que otimizasse alguns aspectos técnico-operacional. Buscava-se um trecho viário em que, após a fresagem, a camada asfáltica possuísse aproximadamente 50 mm, condições de base sem contaminação de finos, boa capacidade de suporte das camadas inferiores do pavimento, disponibilidade de água para o processo de cura, pouca interferência de sombras sobre as placas e segurança para a implantação de um sistema contínuo de coleta de dados.

Encontrado o local apropriado, passou-se à execução propriamente dita da pista, o que ocorreu durante a semana do feriado do dia 2 de novembro de 1999. Executou-se uma fresagem superficial de aproximadamente 10 mm, seguida da retirada do material solto sobre o pavimento fresado e posterior lavagem do mesmo para que algum resíduo de óleo e material pulverulento fossem retirados visando uma melhor condição de exposição do agregado da mistura asfáltica. Foram utilizadas fôrmas de madeira que foram afixadas ao pavimento asfáltico por meio de pregos de aço. Antecedendo a concretagem, os instrumentos medidores de deformação (*strain-gages*) e de temperatura (termoresistores do tipo PT-100) foram instalados de acordo com o projeto de instrumentação.

O CCP utilizou-se de microssilica (consumo aproximado de 6% do peso de cimento) e alcançou uma significativa resistência à tração na flexão, sendo 5,0 MPa após 48h e 7,0 MPa depois de 7 dias. Todos os cuidados referentes à serragem e cura do CCP foram adotados.

A estrutura acabada do WTUD ficou composta de duas seções com placas quadradas de 0,6 (seção A) e 1,0 m (seção B), sendo a espessura, de aproximadamente 95 mm para os dois casos. O CA remanescente da fresagem resultou em uma camada de aproximadamente 45 mm.

A liberação ao tráfego foi realizada 6 dias após sua concretagem. Desde então, o WTUD vem suportando um tráfego diário de cerca de 130 ônibus e 15 caminhões, diariamente, sem que nenhuma falha estrutural surgisse. É importante salientar que a pista encontra-se em uma parada de ônibus, local onde o WTUD está submetido aos maiores esforços, tanto de flexão pela ação do tráfego e do gradientes térmicos, quanto de cisalhamento, devido à ação de frenagem e retomada de aceleração dos ônibus, estando portanto num ponto crítico de uma via urbana.

4. INSTRUMENTAÇÃO DO WTUD

A instrumentação da pista experimental vem possibilitando a determinação dos níveis de deformação atuantes nas placas de WTUD quando submetidas à variações da temperatura ao longo dos dias, em diferentes estações climáticas. Assim, consegue-se verificar como o gradiente térmico oscila durante 24h por dia, bem como, a forma com que as placas deformam-se perante estes gradientes, inclusive quantificando as deformações impostas ao CCP pelo efeito do empenamento.

Tão importante quanto a determinação das deformações oriundas dos gradientes térmicos serão as provas de carga que serão realizadas com o intuito de analisar as condições críticas do ponto de vista tensional nas placas quando do efeito conjugado carga e gradiente térmico, possibilitando, futuramente, a calibração de modelos numéricos desenvolvido pelo LMP junto à Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) para cálculo das tensões nas placas de WTUD.

Foram utilizados 18 termoresistores do tipo PT-100 para medir a temperatura próxima ao topo e fundo das placas, em diferentes posições destas, contemplando centro, borda e canto.

Para determinação das deformações impostas ao CCP pelos efeitos de gradiente térmico e carregamento (nas provas de carga), foram instalados 48 *strain-gages* de imersão, nas mesmas posições dos PT-100, porém em placas diferentes, medindo as deformações na direção de tráfego (X) e transversalmente a esta (Y). De acordo com o fabricante, tais *strain-gages* possuem uma auto-compensação em suas leituras entre 0°C e 50°C, fato que permitiu a utilização de ¼ de ponte de *Weatstone* na configuração do sistema de aquisição de dados.

O projeto da pista bem como a posição dos instrumentos em planta e perfil são apresentados nas Figuras 1, 2 e 3.

Alguns cuidados especiais foram tomados a fim de garantir a menor interferência possível sobre as medidas de temperatura e deformação. Os *strain-gages*, por exemplo, foram afixados com auxílio de um estrutura em aço, de 5 mm de diâmetro, menor diâmetro capaz de oferecer rigidez suficiente para o não deslocamento destes instrumentos durante a concretagem. Evitou-se diâmetros maiores por temer que esta estrutura pudesse enrijecer demasiadamente a região das leituras, fornecendo neste caso dados não representativos dos reais níveis de deformação das placas.(Figura 4)

Os PT-100 iriam, inicialmente, ser colocados com auxílio de um perfil metálico a fim de possibilitar seu posicionamento no topo e fundo das placas. Porém, devido à característica de condutibilidade térmica do aço ser completamente diferente daquela encontrado no CCP, optou-se pela confecção destes suportes utilizando PVC. Assim, cada PT-100 estaria medindo a temperatura do CCP na região onde está instalado, sem que estes sofressem interferência (aquecimento) devido à condução térmica no suporte.(Figura 4)

5. RESULTADOS OBTIDOS

5.1 Temperaturas

Com a utilização de um sistema contínuo de leituras, tem-se obtido dados diários da variação de temperatura e gradiente térmico durante o outono e inverno paulista.

5.1.1 Outono

Na seção A, a máxima temperatura encontrada no outono foi de 29,2 °C. Em quase a totalidade dos dias analisados, as temperaturas máximas ocorreram entre as 12h e 13h nas duas seções. Em relação às temperaturas mínimas, o valor mínimo registrado foi de 11,3 °C, sem que um horário preferencial de ocorrência destes valores mínimos fossem observados. Para a seção B, os valores extremos de temperatura encontrados foram de 32,6 °C e 11,5 °C.

Os valores de temperatura apresentados para as duas seções não podem ser comparados pois as leituras, apesar de contínuas, são realizadas alternando-se semanalmente entre as seções, não refletindo o que ocorre em condições climáticas idênticas.

5.1.2 Inverno

A menor temperatura encontrada na seção A nesta estação do ano foi de 5,4 °C enquanto a máxima foi de 31,5 °C, em um dia atípico em que a temperatura ambiente foi elevada. Na seção B os valores de contorno foram 31,7 °C e 2,8 °C.

As temperaturas máximas ocorreram, em boa parte dos casos, entre às 13h e 14h, sendo que o horário de pico durante o inverno apresentou uma maior dispersão quando comparado com o outono. Ao contrário do outono, houve uma grande concentração de temperaturas mínimas entre às 5h 30min e 7h 30min.

5.2 Gradientes Térmicos

5.2.1 Outono

O valor de 8,5 °C foi o máximo encontrado para o gradiente térmico na seção cujas placas medem 0,6m x 0,6m, sendo que, na grande maioria dos casos, os valores máximos foram registrados entre às 11h 30min e 12h 30min, para as duas seções. O menor gradiente encontrado foi de -2,9 °C. Tais valores são muito próximos daqueles extremos encontrados na seção B.

5.2.2 Inverno

Os valores máximos de gradiente térmico durante o inverno ocorreram entre às 12h e 13h, um pouco depois de quando estes valores ocorriam durante o outono.

A seção B apresentou o mínimo gradiente igual à -3,6 °C, enquanto a seção A foi de -2,4 °C. Dias quentes do inverno propiciaram os maiores gradientes, sendo estes de 9,7 °C e 8,9 °C para as seções A e B, respectivamente.

Tão importante quanto os valores máximos e mínimos de gradientes térmicos são as frequências de ocorrência de cada faixa de gradientes, conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1: Frequência de ocorrência dos gradientes térmicos

Intervalos de Gradientes Térmicos	Seção A (%)		Seção B (%)	
	Outono	Inverno	Outono	Inverno
Menor que -6 °C	0,0	0,0	0,0	0,0
Entre -6 e -3 °C	0,0	0,0	2,5	2,7
Entre -3 e 0 °C	41,4	42,4	58,8	51,2

Entre 0 e 3 °C	47,8	47,1	30,2	37,0
Entre 3 e 6 °C	8,4	6,8	6,0	6,2
Entre 6 e 9 °C	2,4	3,5	2,4	2,9
Maior que 9 °C	0,0	0,1	0,0	0,0

A Tabela 1 fornece dados interessantes que poderão ser utilizados, futuramente, quando do desenvolvimento de um método de dimensionamento de WTUD contemplando o efeito conjugado entre carregamento e gradiente térmico. Assim, poder-se-ia identificar o percentual do número total de repetições de carga do eixo-padrão em que as placas de CCP estariam submetidas aos diferentes valores de gradientes.

5.3 Deformações

Dados mais definitivos quanto às deformações e, conseqüentemente, às tensões impostas ao CCP devido ao efeito do gradiente térmico e/ou carregamento serão alcançados após a realização das provas de carga. Contudo, pelas análises já realizadas, as deformações impostas às placas pelos gradientes térmicos devem ser consideradas no projeto deste tipo de pavimento sob pena de ocorrer ruptura prematura do WTUD por fadiga quando da não consideração deste efeito durante o dimensionamento.

5.4 ICP

Para a determinação inicial do Índice de Condição do Pavimento (ICP) foi realizado um levantamento detalhado das condições das placas de WTUD na pista experimental.

A determinação do ICP seguiu rigorosamente as determinações constantes em USACE (1979).

As falhas observadas foram oriundas do processo executivo e todas encontravam-se nas placas de 0,6 x 0,6 m. Tal seção apresentou duas placas com fissura por retração térmica e o mesmo número de placas apresentando esborcinamento de canto, também atribuído ao processo executivo, mais precisamente à desforma.

Para a seção A, como as fissuras de retração ocorreram em 5% do número total de placas, o valor a deduzir (VD) é igual a zero. Já as placas (5% do total) que apresentaram esborcinamento de canto, ambos com profundidade superior à 50 mm, conferiram um valor de VD igual a 1, já que sua severidade foi classificada como média, de acordo com USACE (1979).

Assim, o ICP para a seção A foi de 99 e para a seção B igual a 100, que classificam ambas seções como excelente. Uma observação pertinente é que a condição de juntas sem selagem foi desconsiderada no cálculo deste índice uma vez que, propositadamente, não foram seladas as juntas do WTUD.

Não houve evolução dos defeitos detectados logo após a execução da pista e nenhum outro defeito foi observado após uma solicitação total de 20.903 ESRD e 20.903 ESRS.

6. CONCLUSÕES

A pista experimental tem possibilitado avaliações conclusivas sobre alguns aspectos não encontrados na literatura internacional, sobretudo nas condições tropicais.

Verificou-se, experimentalmente, que as posições de canto, centro e borda apresentam um gradiente térmico aproximadamente igual. Em relação às possíveis diferenças de gradientes térmicos em placas de diferentes dimensões em planta, ficou descartada tal hipótese durante um teste feito quando, a incidência do sol era igual em todas as placas da pista, e o gradiente térmico médio ficou exatamente igual nas duas seções.

Quanto aos valores de gradientes encontrados durante as duas estações analisadas, percebe-se uma certa similaridade daqueles expostos na literatura internacional. Em *Missouri*, foram encontrados gradientes máximos de 7,2 °C para placas de 89 mm nos meses de maio e setembro (Mack et al., 1997); -5,0 °C e 12,0 °C para placas de 102 mm em *Denver*, em um dia do mês de agosto em que a temperatura ambiente oscilou entre 10,0 °C e 38,0 °C e a máxima temperatura registrada no CA foi de 49,0 °C (Wu et al., 1998); 9,0 °C no Japão, onde as leituras também eram contínuas durante as quatro estações do ano (Noda et al., 1998).

Tais valores mencionados anteriormente, referem-se às condições mais críticas daqueles países, computando as quatro estações do ano. Conclui-se então a importância deste estudo em ambientes tropicais uma vez que os valores de gradientes térmicos durante o outono e o inverno aproximam-se bastante dos alcançados pelos outros países, de clima diferente do brasileiro, em todas as estações.

Em relação às deformações causadas pelo efeito do gradiente térmico, fica clara a necessidade de sua consideração, conjuntamente com o tráfego, no instante do dimensionamento estrutural de WTUD.

O desempenho observado após aproximadamente um ano de abertura ao tráfego pode ser classificado como excelente, sem que nenhuma anomalia causada pelo tráfego tenha sido observada, concorrendo para a indicação do uso desta técnica em vias de baixo e médio volume de tráfego, sempre observando os aspectos indicados no item 2 deste trabalho.

Agradecimentos

O autor principal agradece à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela bolsa de mestrado concedida a este e pelo auxílio individual à pesquisa, concedido ao Prof. José Tadeu Balbo, viabilizando a execução da pista experimental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Armaghani, J.; Tu, D. (1997). *Performance of ultra-thin whitetopping in Florida*. Proceedings of the 6th International Purdue Conference on Concrete Pavement Design and Materials for High Performance. Purdue University, Vol. II, pp. 189-206, Indianapolis.
- Balbo, J.T. (1999). *Contribuição à Análise Estrutural de Reforços com Camadas Ultradelgadas de Concreto de Cimento Portland sobre Pavimentos Asfálticos (Whitetopping Ultradelgado)*. Tese (Livre-Docência) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 195p, São Paulo.
- Chambon, M.; Chrystory, J-P.; Dallemagneand, M; Grob, M. (1998). *Very thin bonded cement concrete (VTBCC): a new quality surfacing*. Proceedings of the 8th International Symposium on Concrete Roads. AIPCR-CEMBUREAU, Theme IV, pp. 165-172, Lisbon.
- Cole, L. W., Mack, J.; Packard, R. (1998). *Whitetopping and ultrathin whitetopping - the U.S. experience*. Proceedings of the 8th International Symposium on Concrete Roads. AIPCR-CEMBUREAU, Theme IV, pp. 203-218, Lisbon.
- Fortes, R. M. (1999). *Estudo da aderência entre o Concreto de Cimento Portland e Concretos Asfálticos para fins de Reforços Ultradelgados de Pavimentos*. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 335p, São Paulo.
- Grove, J. D.; Harris, G. K.; Skinner, B. J. (1993). *Bond contribution to whitetopping performance on low volume roads*. Transportation Research Record No. 1382, pp. 104-110, Washington, D.C.

- Mack, J.; Wu, Cole, L. W.; Tarr, S.; Refai, T. (1997). *Model development and interim design procedure guidelines for ultra-thin whitetopping pavements*. Proceedings of the 6th International Purdue Conference on Concrete Pavement Design and Materials for High Performance. Purdue University, Vol. II, pp. 231-256, Indianapolis.
- Mack, J.W, Cole, L. W.; Mohsen, J. P. (1993). *Analytical considerations for thin concrete overlays on asphalt*. Transportation Research Record No. 1388, pp. 167-173, Washington, D.C.
- Nishizawa T; Fukute, T; Kokubun, S. (1999). *Study on na analysis method for mechanical behavior of composite*. Paper presented for the TRB meeting of 1999, Washington, D.C..
- Noda, E.; Kong, Y.; Kasahara, Y. (1998). *Fundamental study on bonded ultrathin whitetopping*. Proceedings of the 8th International Symposium on Concrete Roads. AIPCR-CEMBUREAU, Theme IV, pp. 67-76, Lisbon.
- Risser, R.J.; LaHue, S.P.; Voigt, G.F; Mack, J.W. (1993). *Ultra-thin concrete overlays on existing asphalt pavement*. Preprint for the 5th International Conference on Concrete Pavement Design and Rehabilitation, Purdue University, West Lafayette.
- Salcedo, M. A. (1996). *Reabilitación de pavimentos flexibles mediante losas delgadas de concreto - resultados experimentales*. 1er Congreso Interamericano de Pavimentos Rígidos, Federación Interamericana del Cemento, Buenos Aires.
- Silfwerbrand, J. (1997). *Whitetoppings - Swedish field tests and recommendations*. Proceedings of the 6th International Purdue Conference on Concrete Pavement Design and Materials for High Performance. Purdue University, Vol. II, pp. 231-244, Indianapolis.
- Steigenberger, J. (1998). *Thin white topping in Viena*. Proceedings of the 8th International Symposium on Concrete Roads. AIPCR-CEMBUREAU, Theme IV, pp. 91-94, Lisbon.
- Sturm, H.; Moris, D. (1998). *Ultra-thin whitetopping Ontario's experience*. Proceedings of the 8th International Symposium on Concrete Roads. AIPCR-CEMBUREAU, Theme IV, pp. 129-138, Lisbon.
- USACE – United States Army Corps of Engineers (1979). *Development of a pavement condition rating procedure for roads, streets and parking lot*. Construction Engineering Research Laboratory, Technical Report M-268, Champaign
- Wu, C.L.; Tarr, S.M.; Ardani, A.; Sheehan, M.J. (1998). *Instrumentation and field testing of ultrathin whitetopping pavement*. Paper presented for the TRB meeting of 1998, Washington, D.C.

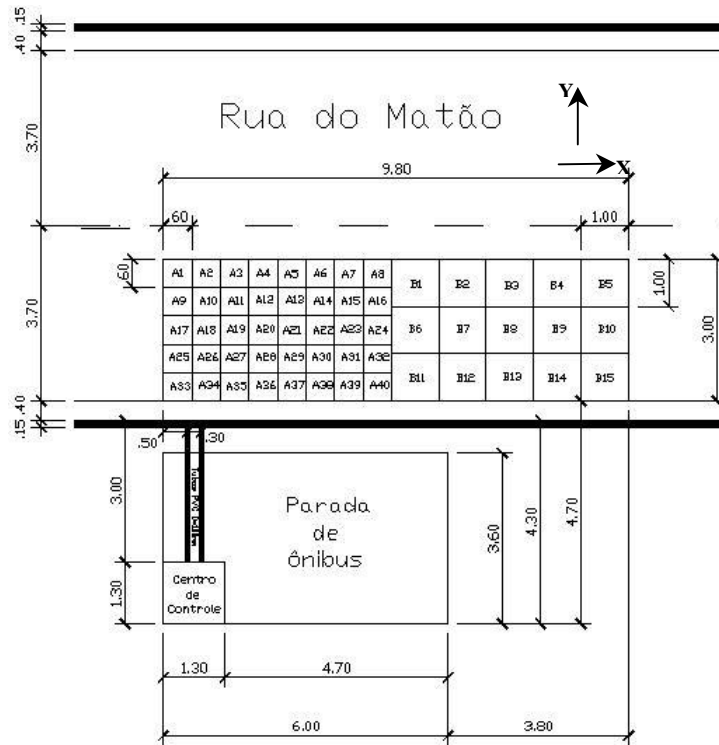


Figura 1: Projeto geométrico da pista experimental

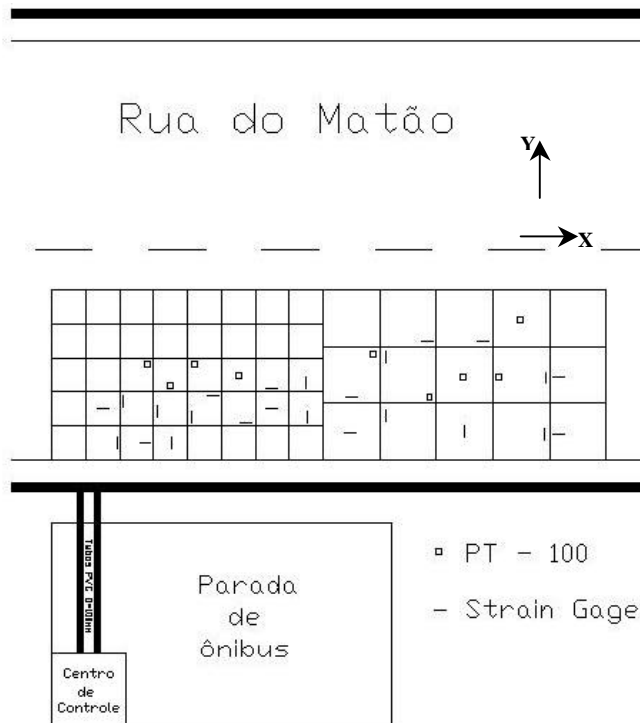


Figura 2: Localização dos instrumentos

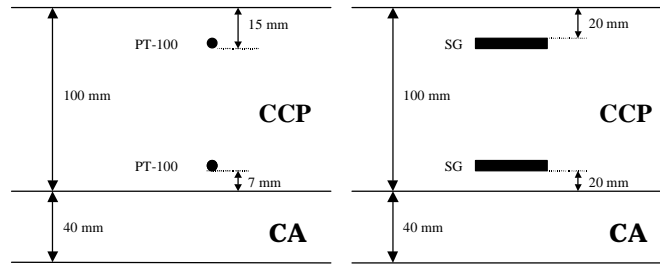


Figura 3: Localização em perfil dos PT-100 e *strain-gages*

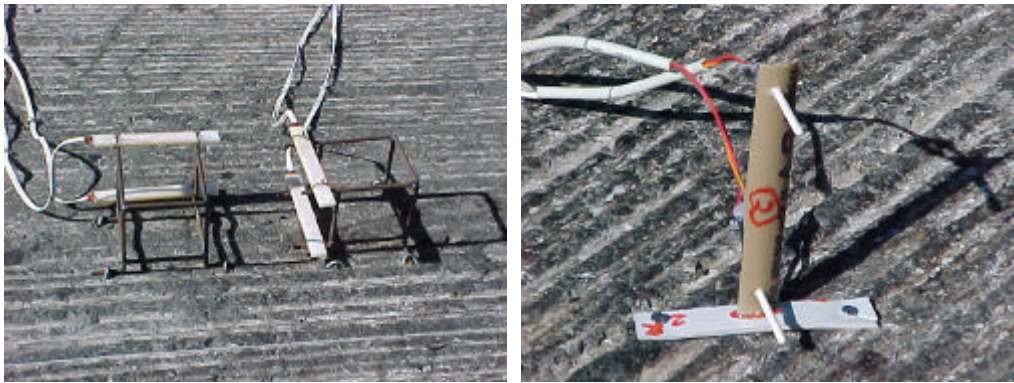


Figura 4: Detalhe da fixação dos *strain-gages* e dos PT-100

Laboratório de Mecânica de Pavimentos
 Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
 Departamento de Engenharia de Transportes
 Av. Prof. Almeida Prado, travessa 2, nº 83
 Cidade Universitária – São Paulo
 CEP 05.508-900
 Fone: +55 – 11 – 3818-5306
 Fax: +55 – 11 – 3818-5716
<http://www.lmp.ptr.usp.br/>
 e-mail: dsp@usp.br
 jotbalbo@usp.br