

revista

Estradas

Sociedade dos Técnicos Universitários do DAER

25

ISSN 1807-426X
ANO 19
OUTUBRO 2020

Avaliação do Ciclo de Vida
Análise de Custos do Ciclo de Vida

Restauração de Pavimento em Pista simples com Whitetopping - SC 114

Dejalma Frasson Jr.

Engenheiro Civil, Associação Brasileira de Cimento Portland.

Diego Lang

Engenheiro Civil, Consórcio SBS - Dalba.

Carlos Roberto Giublin

Engenheiro Civil, Mestre em Construção Civil, CRG Engenharia

Alexsander Maschio

Engenheiro Civil, Associação Brasileira de Cimento Portland

1 INTRODUÇÃO

Otacílio Costa é um município situado na Serra Catarinense cuja economia gira em torno da produção e exportação de papéis. A principal matéria prima é a madeira transportada pela rodovia SC 114 com extensão de 32,20 km. Devido ao tráfego pesado gerado por esta atividade industrial o pavimento asfáltico existente estava completamente comprometido, ocasionando inúmeros transtornos e prejuízos.

Os técnicos do Governo do Estado de Santa Catarina estudaram várias alternativas de pavimentação para a restauração com o objetivo de obter uma solução que pudesse proporcionar maior durabilidade e redução nas operações de manutenção. Assim optou-se pelo pavimento de concreto utilizando a técnica whitetopping que adota o pavimento existente como sub-base para o novo pavimento em concreto. O pavimento de concreto resiste ao tráfego intenso de veículos de carga e ao ataque químico dos óleos que porventura vazem dos caminhões, proporcionando custo de manutenção reduzido se comparado com outras opções de pavimento. Devido a sua coloração clara incrementa a segurança viária porque possui maior visibilidade e oferece excelente aderência entre pneus e superfície de rolamento proporcionada pelo processo de texturização.

Ao Consórcio SBS-DALBA, responsável pela execução da obra, o planejamento impôs a necessidade de vencer dois desafios:

Permitir o tráfego dos veículos durante a execução do pavimento;

Modificar a idade de controle da resistência a tração na flexão do concreto para reduzir o tempo da liberação ao tráfego dos veículos pesados sobre o pavimento.

2 PROJETO

A figura 1 mostra a situação do pavimento asfáltico existente anteriormente à execução do novo pavimento.

Para verificação da possibilidade de utilização do pavimento asfáltico como sub-base para o pavimento de concreto foram realizadas medições das deflexões. A deflexão média foi de $57,59 \times 10^{-2}$ mm, indicando a existência de poucos problemas relacionados a fundação do pavimento flexível.



figura 1 - Pavimento asfáltico existente

O projeto foi elaborado pela empresa SOTEPA com consultoria da CRG Engenharia. O pavimento de concreto foi projetado, para vida útil de 20 anos, com base nos métodos de dimensionamento da Portland Cement Association (PCA/1984) dos EUA adaptado para o Brasil pela ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland). O resultado do dimensionamento foi uma estrutura com placas de concreto simples de espessura de 22 cm com resistência característica a tração na flexão de 4,50 MPa. Foi preservado a largura original da rodovia de 9,40 m composta

por duas faixas de rolamento de 3,50 m e acostamentos de 1,20 m nas laterais da pista.

Foram projetadas juntas transversais a cada 5,0 m dotadas de barras de transferência com aço liso CA-25 diâmetro de 25 mm, comprimento de 46 cm e espaçamento de 30 cm entre as barras. Nas juntas longitudinais foram projetadas barras de ligação com aço corrugado CA-50 diâmetro de 10 mm, comprimento de 70 cm e espaçamento de 70 cm entre as barras.

3 CONCRETO

O Consórcio executor contratou a empresa CRG Engenharia para a determinação do traço do concreto e para os serviços de consultoria e acompanhamento técnico.

Um dos objetivos traçados no planejamento prévio da obra foi a liberação do tráfego sobre o pavimento num período menor do que o usual (idade de controle de 28 dias), assim o concreto foi dosado para atingir a resistência $f_{ctmk} = 4,5$ Mpa aos 7 dias de idade utilizando 430 kg/m³ de cimento. Neste traço foi utilizado cimento Portland CP II Z-32 fabricado pela Votorantim na unidade de Vidal Ramos/SC, agregado miúdo natural (areia média), agregado miúdo artificial, agregados graúdos 9,5/25 mm (brita 1) e 19/31 mm (brita 2). O aditivo utilizado foi o plastificante polifuncional de pega normal (aditivo TEC-MULT 828 LF da empresa GCP Applied Technologies – Grace Brasil). Na tabela 1 apresenta-se composição:

TABELA 1 - COMPOSIÇÃO DO TRAÇO DE CONCRETO

MATERIAIS	UNIDADE	QUANTIDADE
Cimento Votoran CP IIZ-32	kg/m ³	430
Agregado miúdo natural	kg/m ³	450
Agregado miúdo artificial	kg/m ³	193
Agregado graúdo 9,5/25 mm	kg/m ³	597
Agregado graúdo 19/31 mm	kg/m ³	597
Água	kg/m ³	202
Aditivo	kg/m ³	2,58
Fator água/cimento	l/kg	0,47
Teor de argamassa	%	47
Abatimento ("Slump Test")	mm	45 ± 10

4 PLANEJAMENTO E EXECUÇÃO

Alguns serviços estabelecidos em projeto (revisão da infraestrutura de drenagem, sinalização, entre outros) não fazem parte deste trabalho.

Antes de iniciar a execução do pavimento de concreto foi realizado o preparo prévio da superfície do pavimento

asfáltico conforme descrito na tabela 2. Onde foi detectado falha estrutural no pavimento foi realizada a remoção das camadas danificadas e realizada a recomposição do pavimento com BGS (brita graduada simples) e material asfáltico.

TABELA 2 - CRITÉRIOS DE REGULARIZAÇÃO DE PAVIMENTO REMANESCENTE

Tipo de defeito	Preparo prévio
Trilha de roda > 50 mm	Fresagem ou nivelamento
Deformação plástica	fresagem
"Painelas"	Enchimento

O canteiro de obras foi instalado no segundo semestre de 2016 na área urbana do município de Palmeira (km 200+860 distante 22 km do início do trecho). A figura 2 mostra a central de concreto dosadora e misturadora, modelo ARCEN ARCMOV 80, com capacidade de produção de 80 m³/h. O transporte do concreto até o ponto de aplicação foi realizado por caminhões basculantes.



figura 2 - Central misturadora e dosadora.

A execução do pavimento de concreto foi iniciada em março de 2017 e direcionada de forma a convergir para a central de concreto. Visto a impossibilidade de restrição ao tráfego o pavimento foi executado em 2 faixas isoladas com largura de 4,70 m cada, de forma alternada (PARE e SIGA), permitindo o fluxo de veículos na faixa lateral não interrompida como demonstra a figura 3.



figura 3 - Fluxo de veículos ao lado da execução do whitetopping

O trecho foi dividido em segmentos de aproximadamente 2 km executados de maneira alternada. O tráfego foi bloqueado em um dos sentidos para executar-se uma faixa de pista de cada vez. Finalizado o segmento executou-se outro segmento no sentido contrário e assim sucessivamente até que o primeiro segmento de 2 km estivesse em condições de tráfego (resistência do concreto atendida na idade de controle). Entre dois segmentos consecutivos foi deixado um pequeno segmento de cerca de 250 m para desvios e ajuste do tráfego. Após a conclusão dos primeiros segmentos de 2 km foram executados aqueles segmentos que ficaram sem pavimentação no primeiro ciclo permanecendo ainda os trechos intermediários de 250 m para desvios de tráfego que foram concretados somente após a finalização do segundo ciclo. Com o intuito de preservar as condições de segurança foi realizado um plano de segurança (funcionários, equipamentos próprios e tráfego normal da via).

Os sistemas de fixação de barras de transferência utilizados nas juntas transversais foram produzidos no próprio canteiro de obras. Foram distribuídos e fixados com grampos de aço no pavimento remanescente conforme figura 4. As barras de transferência foram pintadas e engraxadas (metade + 2 cm) para evitar aderência ao concreto e garantir o perfeito funcionamento das juntas transversais.



figura 4 – Sistema de apoio das barras de transferência.

A figura 5 mostra a escavadeira hidráulica auxiliando na retirada do concreto dos caminhões basculantes e no lançamento à frente da pavimentadora. Para garantir o bom desempenho da pavimentadora a escavadeira hidráulica também realizou o espalhamento do concreto a uma altura não superior a duas vezes a espessura da placa concreto.



figura 5 - Espalhamento do concreto em frente da pavimentadora

Para a execução do pavimento de concreto foi utilizado uma pavimentadora de formas deslizantes, modelo TEREX CMI SF 3004, conforme a figura 6. Após a distribuição do concreto a pavimentadora conformou o concreto (largura e espessura indicadas em projeto) e promoveu seu adensamento por meio de vibradores de alta frequência. A direção e nivelamento foram orientados por meio de cabos-guias, nivelados e alinhados topograficamente, posicionados lateralmente à pavimentadora.



figura 6 - Pavimentadora TEREX-CMI SF 3004.

Após a conformação do concreto foi realizado o acabamento da superfície do pavimento com o uso de desempenadeiras do tipo float manual (figura 7) e, subsequentemente, foi realizada a texturização da superfície com vassouras de piaçava com passagens transversais ao sentido de circulação do tráfego no pavimento (figura 7).



figura 7 - Acabamento do concreto com float manual e texturização

Concluído o procedimento de texturização foi aplicado o agente de cura química CURATEC PA 22, fabricado pela da empresa GCP Applied Technologies - Grace Brasil. (figura 8).



figura 8 - Aplicação do produto de cura

Assim que constatado o final de pega do concreto foram realizados os corte das juntas transversais a cada 5 m. O primeiro corte (3,0 mm) foi executado com profundidade de 1/3 da espessura do pavimento (figura 9). Após concluídos os cortes transversais do trecho executado foi realizado o corte da junta longitudinal delimitando assim a faixa de acostamento de 1,20 m de largura. Posteriormente, para permitir a selagem das juntas transversais e longitudinais, foi realizado um segundo corte com 6 mm de largura e 25 mm de profundidade.



figura 9 - Corte das juntas transversais

Após a efetivação do segundo corte, de 6mm, foi realizado a limpeza das juntas. Na sequência foi instalado o cordão de polipropileno e aplicado selante a base de Silicone 890-SL da empresa DowSil. A figura 10 mostra a obra concluída em dezembro de 2018.



figura 10 - Rodovia concluída

5 CONTROLE TECNOLÓGICO DO CONCRETO

O controle tecnológico do concreto foi realizado pelo consórcio executor da obra que instalou no canteiro central um

laboratório para a realização dos ensaios. A tabela 3 mostra resultados obtidos nos rompimentos dos corpos de prova.

TABELA 3 – RESULTADOS DOS ROMPIMENTOS DOS CORPOS DE PROVA

RESISTÊNCIA À TRAÇÃO (f _{ctM}) 4,5 Mpa			Idade de Controle 7 dias		FATOR A/C 0,47	CIMENTO CP II Z - 32	
Lote nº	Volume (m ³)	Data da Execução	Cálculo da Resistência Característica (MPa)				
			Número de Exemplares (n)	Coefic. (k)	Resistência à Tração na Flexão		
Média (X)	Desvio Padrão (s)	f _{ctM} , est X - ks					
1	417	10/04/2017	14	0,871	4,7	0,175	4,554
2	385	03/05/2017	12	0,876	4,7	0,159	4,599
3	330	03/06/2017	10	0,883	4,8	0,161	4,696
4	528	28/06/2017	17	0,865	4,6	0,184	4,491
5	492	10/07/2017	16	0,866	4,6	0,095	4,468
6	474	26/08/2017	15	0,868	4,7	0,141	4,573
7	369	15/09/2017	12	0,876	4,6	0,141	4,491
8	414	13/10/2017	13	0,873	4,7	0,227	4,540

6 CONCLUSÃO

O pavimento de concreto utilizando a técnica whitetopping mostrou-se a solução mais adequada para a restauração rodovia SC 114 pois utilizou o pavimento existente como sub-base acarretando economia significativa de custos e protegendo o meio ambiente com o reaproveitamento de materiais.

Foi possível realizar o trânsito de veículos ao lado da pista de rolamento durante a execução do pavimento em virtude do planejamento prévio e permitir o tráfego sobre o pavimento recém executado após 7 dias ao modificar a idade de controle do concreto. Assim cumpriu-se o desafio de manter o fluxo da rodovia constante e satisfazer o cronograma da obra.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. ET-97: Dimensionamento de Pavimentos Rodoviários e Urbano de Concreto pelo Método da PCA/1984, São Paulo, 1998.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12655: Concreto de Cimento Portland: controle, preparo, recebimento e aceitação, São Paulo, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12142: Concreto - Determinação da resistência à tração na flexão dos corpos de prova prismáticos, São Paulo, 2010.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNIT 049 – ES: Pavimento Rígido – Execução de pavimento rígido com equipamento de forma deslizante, Brasília, 2013.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNIT 068 – ES: Pavimento Rígido – Execução de camada superposta de concreto do tipo whitetopping por meio mecânico – Especificação de serviço, Brasília, 2004.