

34ª REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO

Pavimento de Concreto dos Túneis da Via Expressa Sul
em Florianópolis/SC

Engº Civil Carlos Roberto Giublin
Engº Civil Laércio Osvaldo Martins
Engº Civil Julimar Saito
Engº Civil Norberto Alfredo Krüger

Seção Técnica: Construção e controle de obras

34ª REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO
Campinas, SP.
24 a 29 de agosto de 2003

Pavimento de Concreto dos Túneis da Via Expressa Sul em
Florianópolis/SC

Autores

Engº Civil Carlos Roberto Giublin
Engº Civil Laércio Osvaldo Martins
Engº Civil Julimar Saito
Engº Civil Norberto Alfredo Krüger

Resumo

A Via Expressa Sul constitui-se em importante elemento de integração da malha viária de Florianópolis, bem como elemento imprescindível para o bom ordenamento da cidade. Este trabalho tem como finalidade mostrar as razões que levaram à adoção do pavimento de concreto como a opção mais adequada para o revestimento do pavimento dos túneis, bem como apresentar os procedimentos de controle e execução da placa de concreto, aplicados na construção do pavimento de concreto.

Engº Civil Carlos Roberto Giublin - Rua da Glória, 175 – 3º andar – Cep 80030-060
– Curitiba – PR.

Tel.: 0**41-353.7426 – Fax: 0**41-353.4707

Email: roberto.giublin@abcp.org.br

Engº Civil Laércio Osvaldo Martins – Rua Jerônimo José
Dias, 156 – Cep 88045-100 – Florianópolis - SC.

Tel.: 0**48-333.6522

Email: lalaercio@iq.com.br

Engº Civil Julimar Saito - Rua da Glória, 175 – 3º andar –
Cep 80030-060 – Curitiba – PR.

Tel.: 0**41-353.7426 – Fax: 0**41-353.4707

Email: julimar.saito@abcp.org.br

Engº Civil Norberto Alfredo Krüger – Avenida Othon Gama
D'Eça, 900 – Sala 213 - Cep 88015-240 – Florianópolis/SC.

Tel.: 0**48-322.0470

Email: norberto.kruger@abcp.org.br

Palavras-chave: Túnel; Formas-Trilho; Resistência à Tração na Flexão; Resistência à Compressão Axial.

1 INTRODUÇÃO

1.1 HISTÓRICO

A Via Expressa Sul é um elemento essencial de integração da malha viária e ordenamento urbano de Florianópolis. Seu traçado básico foi idealizado de forma compatível com as novas ligações Ilha-Continente já em 1972. Em 1977, foi contratada a realização do projeto e no ano de 2000, foi realizado o detalhamento da escavação dos túneis. Em 2002, foi realizada a reformulação dos projetos da pavimentação e dos equipamentos, incluindo a iluminação, ventilação, automação, prevenção de incêndio, televisivo e telefônico.

A construção da Via Expressa Sul permitiu o acesso do centro da cidade ao sul da Ilha, ao Aeroporto Internacional Hercílio Luz, a Base Aérea e também a praia do Campeche, de forma interligada aos principais eixos viários existentes: Av. Gustavo Richard, Via de Contorno Norte, pontes Pedro Ivo Campos e Colombo Salles e viabilizando, conseqüentemente, a complementação do anel viário previsto pelo plano diretor da envoltória do centro da cidade.

1.2 DESCRIÇÃO GERAL DA OBRA

A obra estudada trata da implantação de dois túneis independentes e paralelos de aproximadamente 720m de extensão cada um, escavados quase que na totalidade em rocha onde predominam o granito e o diabásio.

Nas escavações foram executadas primeiramente as meias seções superiores, isto é, às abóbadas, e posteriormente os rebaixos que correspondiam aos complementos das seções dos túneis. O volume de escavação em rocha nos dois túneis foi de aproximadamente 169.000,0 m³. Após cada avanço de escavação, o segmento era consolidado com a aplicação de concreto projetado (revestimento primário) e tirantes de aço. Somente depois de concluídas as escavações com revestimento primário, tiveram início à execução do concreto moldado do revestimento definitivo (secundário) dos túneis. O concreto moldado foi aplicado por bombeamento utilizando-se formas metálicas deslizantes.

No interior dos túneis existem duas ligações intertúneis, promovidas por aberturas de serviço, onde foram instaladas portas corta-fogo integrantes do sistema antiincêndio. O projeto contempla também, sistemas de automação, ventilação, iluminação, telefonia, circuito fechado de televisão (CFTV), além de duas subestações alimentadoras do sistema elétrico.

2 CONSIDERAÇÕES SOBRE O PROJETO DE DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO DE CONCRETO DOS TÚNEIS

Este trabalho trata apenas das considerações adotadas no dimensionamento do pavimento de concreto dos túneis, bem como dos procedimentos executivos adotados na revisão do projeto efetuado pela projetista, em 2002, quando da execução da obra.

O método de cálculo utilizado foi o da “*Portland Cement Association*” – PCA (1984), em sua forma simplificada dada à inexistência de pesagens individuais dos veículos que transitariam na via.

O projeto de dimensionamento efetuado em 1997 foi revisado em função dos seguintes aspectos:

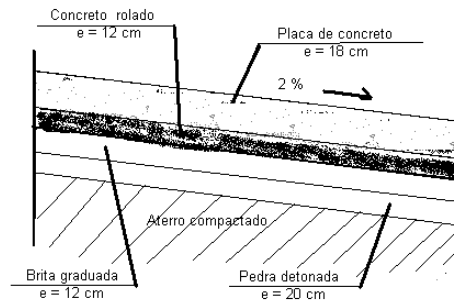
- A resistência do concreto no projeto original foi avaliada apenas a compressão simples, sendo que os métodos modernos consideram adequada a avaliação da resistência característica do concreto à tração na flexão, devido ao tipo de carregamento induzido pelo tráfego.
- O método da PCA (1984) adota como critério de dimensionamento o módulo de ruptura do concreto de no mínimo 3,8MPa.
- A presença de confinamento lateral, representada pelos meio-fios em concreto, permite redução da espessura da placa de concreto, levando em consideração a redução das cargas nos bordos.
- A utilização de barras de transferência de cargas transversais e longitudinais que, sob o ponto de vista dos modelos de comportamento da placas de concreto (WESTERGAARD, PICKETT et alli) e modernas análises de computador empregando elementos finitos (TAYABJI e COLLEY), permite a redução da espessura da placa e, sobretudo, a melhoria do desempenho de conforto e segurança de rolamento.

O critério inicial adotado para a resistência à tração do concreto para as placas, foi retirado das indicativas internacionais mínimas para vias de elevado volume de tráfego, ou seja, concreto de cimento portland com $f_{ctm,k} = 4,4\text{MPa}$. O tipo de fundação adotada foi pedra detonada sobreposta de 12cm de concreto compactado a rolo – CCR.

A tipologia de tráfego adotada no que tange à categoria de cargas por eixo, foi a classe 3, corresponde a vias expressas e estradas de escoamento de produção rural, com carregamento de baixo a médio, cujo tráfego médio diário encontra-se na faixa de 3.000 a 50.000 veículos ou mais para 4 faixas ou mais, sendo o percentual de caminhões de 8% a 30%, ou seja, de 500 a 5.000 caminhões diários ou mais. A adoção de tipologia de tráfego classe 4, representa vias urbanas industriais e estradas de escoamento de produção rural com carregamento de médio a alto, com volume de tráfego médio diário podendo ultrapassar a marca de 150.000 veículos, ou seja, não representa as condições presentes do projeto.

De acordo com as considerações acima, o dimensionamento resultou na seção-tipo, apresentada na Figura 2.1.

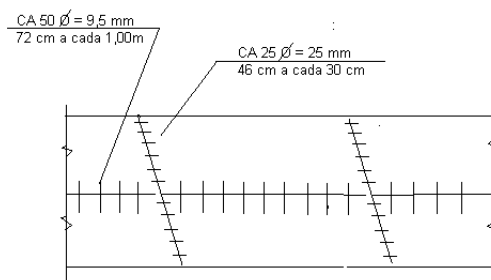
Figura 2. 1 - Seção tipo do pavimento



A Figura 2.2 mostra a geometria adotada para as placas do pavimento de concreto dos túneis, bem como alguns detalhes particulares deste caso:

- Juntas transversais a cada 6,0m (barra de transferência aço CA-25 $\phi = 25\text{mm}$ a cada 30cm e comprimento de 46cm), e inclinadas na proporção 1:5.
- Juntas longitudinais (barra de ligação CA-50 $\phi = 9,5\text{mm}$ a cada 1,0m e comprimento de 72cm), e espaçadas em 3,8m.
- Espessura da placa 18cm

Figura 2. 2 - Geometria das placas



3 PAVIMENTAÇÃO

Este item destina-se especificamente à apresentação dos materiais utilizados na confecção dos concretos, aos estudos de dosagem dos traços e aos procedimentos executivos adotados quando da realização da base de concreto compactado a rolo e do pavimento de concreto das pistas dos túneis.

3.1 BASE DE CONCRETO COMPACTADO A ROLO – CCR

O manual de pavimentos de concreto rolado do DNER (1992), define Concreto Compactado a Rolo (CCR), como sendo um concreto seco, de consistência dura e trabalhabilidade tal que lhe permite receber compactação por rolos compressores, vibratórios ou não.

3.1.1 Materiais

Neste capítulo apresentamos todos os materiais empregados na dosagem do concreto compactado a rolo.

3.1.1.1 Agregados

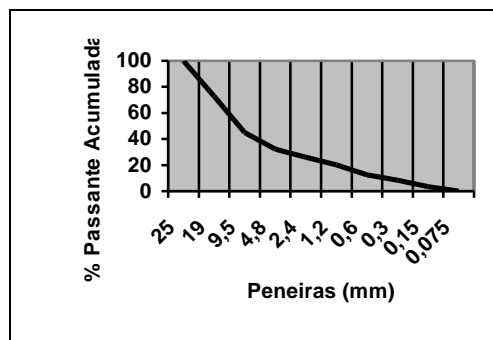
Os materiais constituintes do CCR são, de maneira geral, os mesmos utilizados no concreto tradicional.

A dimensão máxima do agregado, segundo o manual de CCR do DNER (1992), pode variar de 9,5 a 38mm. Na Espanha, por exemplo, recomenda-se 19mm; na França, 14 ou 16 mm, para reduzir as probabilidades de desagregação e permitir uma boa terminação superficial.

O traço utilizado na obra foi composto pelos seguintes agregados: areia natural, pó de pedra, brita 0, brita 1 e brita 2.

A Figura 3.1 mostra a curva granulométrica do agregado total.

Figura 3. 1 - Curva granulométrica média do agregado total



3.1.1.2 Cimento

Segundo o manual de pavimentos de concreto rolado do DNER (1992), o consumo unitário de cimento varia fundamentalmente de acordo com as resistências que se deseja alcançar. De maneira geral, para CCR's utilizados como base de pavimentos de concreto ou flexível, os consumos variam de 80 kg/m³ até 120kg/m³.

O cimento utilizado nesta obra foi o CP V – ARI – RS, com as características, fornecidas pelo fabricante, no mês de novembro do ano de 2001, como mostra o Quadro 3.1.

Quadro 3.1 – Características físico-químicas do cimento utilizado

Ensaio físico		Ensaio químico	
Peneira 200	0,18%	Perda ao fogo	3,64%
Peneira 325	1,66%	SiO ₂	21,65%
Blaine	4513cm ² /g	Al ₂ O ₃	6,28%
Exp. Quente	0,00	Fe ₂ O ₃	2,95%
Início de pega	152min	Cão	53,08%
Fim de pega	208min	MgO	5,55%
Resistência 1 dia	22,0Mpa	SO ₃	3,17%
Resistência 3 dias	34,1Mpa	CaO livre	1,56%
Resistência 7 dias	39,9Mpa	Resíduo Insolúvel	10,59%
Resistência 28 dias	48,9Mpa		

3.1.1.3 Água

A norma DNER 6 (1992), considera como adequada para utilização, a água isenta de substâncias prejudiciais à hidratação do cimento, supondo-se adequadas as águas tratadas e utilizadas para abastecimento das populações das cidades. A quantidade de água no CCR deve ser tal que lhe conceda uma consistência adequada à sua compactação por rolos compressores. A experiência mostrou que o conteúdo ótimo de umidade do CCR, neste caso, estava próximo de 6% em relação à massa dos materiais secos.

A água utilizada para a confecção do concreto, foi fornecida pela companhia de abastecimento local.

3.1.2 Dosagem do Traço de CCR

Os estudos de dosagem do concreto rolado foram desenvolvidos pela própria construtora, com supervisão da fiscalização e assessoria de uma consultoria especializada em tecnologia de concreto. O traço de CCR (Quadro 3.2), foi desenvolvido com base nos parâmetros apresentados no Manual de Pavimentos de Concreto Rolado do DNER (1992).

Quadro 3.2 -Traço de CCR

Materiais	Quantidades
Cimento	100kg
Areia	440kg
Pó de pedra	220kg
Brita 0	220kg
Brita 1	550kg
Brita 2	770kg

3.1.3 Execução do Concreto Compactado a Rolo – CCR

A execução do CCR inicia-se pela dosagem e mistura dos materiais na central de concreto.

O espalhamento do CCR pode ser executado manualmente ou então, selecionado dentre a variedade de equipamentos mecânicos disponíveis no mercado, como exemplo, motoniveladora, distribuidora comum de agregados e vibro-acabadora de asfalto (ABCP, 1998). O espalhamento deve ser feito em uma espessura tal que,

depois de compactada, a camada atinja a espessura de projeto; geralmente, adota-se uma altura de espalhamento de 20% a 30% maior do que a espessura de projeto.

A compactação é normalmente feita com auxílio de rolos lisos vibratórios, ou pequenos rolos vibratórios, tendo algumas experiências com placas vibratórias sido bem sucedidas.

O processo mais usado de cura é a pintura com emulsão betuminosa, ou um asfalto recortado. Outros procedimentos de cura empregados são: colocação de sacaria, de plástico, ou aspersão de água.

Para a obra, o concreto rolado foi dosado em uma central dosadora marca Convicta, modelo TOGO, com capacidade de produção de 30m³/h. A mistura e o transporte do concreto foi feito em caminhões betoneira. O espalhamento na pista foi feito com motoniveladora, como mostra a Figura 3.2 e a compactação com rolo vibratório liso de 8t. A cura foi feita com pintura de emulsão asfáltica RR-1C, com uma taxa de imprimação média de 0,97kg/m².

Figura 3. 2 - Espalhamento do CCR com Motoniveladora



3.2 PAVIMENTO DE CONCRETO

3.2.1 Materiais

Esta seção apresenta os materiais que foram empregados na confecção do concreto para as placas.

3.2.1.1 Cimento

De acordo com a definição da norma DNER-EM 036 (1995), cimento *Portland* de alta resistência inicial é o aglomerante hidráulico que além de atender às exigências de resistência inicial, atende às condições descritas no Quadro 3.2.

Quadro 3.2 – Condições mínimas exigidas pela DNER-EM 036.

EXIGÊNCIAS MÍNIMAS			
Peneira 200	< 6%	Resistência 1 dia	15,8MPa
Resíduo Insolúvel	< 1%	Resistência 3 dias	> 24MPa
Blaine	> 300m ² /kg	Resistência 7 dias	>34MPa
Perda ao fogo	<4,5%	MgO	< 6,5%
Início de pega	> 1:00h	CO ₂	<3%
Fim de pega	< 10:00h		

Na obra, o cimento utilizado foi o CP V – ARI – RS, cujas características informadas pelo fabricante estão demonstradas no Quadro 3.1.

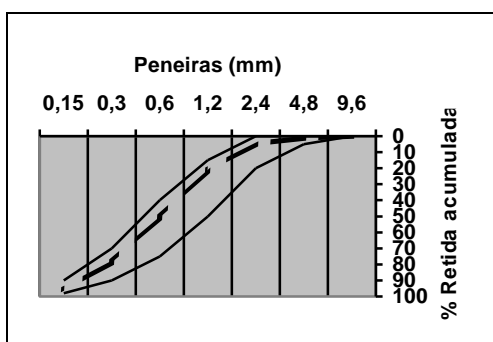
3.2.1.2 Agregados

- Agregado miúdo

Conforme a definição da norma DNER-EM 038 (1997), agregado miúdo é a areia de origem natural ou resultante do britamento de rochas estáveis, cujos grãos passam pela peneira 4,8mm e ficam retidos na peneira de 0,075mm.

A areia utilizada na confecção do concreto possuía granulometria compatível com a faixa granulométrica recomendada pela norma, como demonstrado na Figura 3.3, possuindo módulo de finura na ordem de 2,55.

Figura 3. 3 - Faixa granulométrica da areia



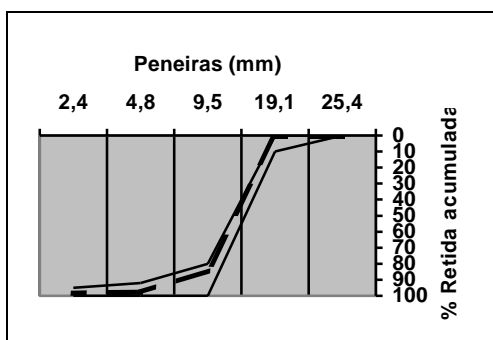
- Agregados graúdos

A norma DNER-EM 037 (1997), define agregados graúdos como os materiais provenientes de rochas, comprovadamente inertes e de características semelhantes, cujos grãos passam na peneira da malha quadrada com abertura nominal de 152mm e ficam retidos na peneira de 4,8mm, tais como seixo rolado, cascalho e pedra britada.

A obra utilizou para a confecção do concreto, dois tipos de brita (1 e 2).

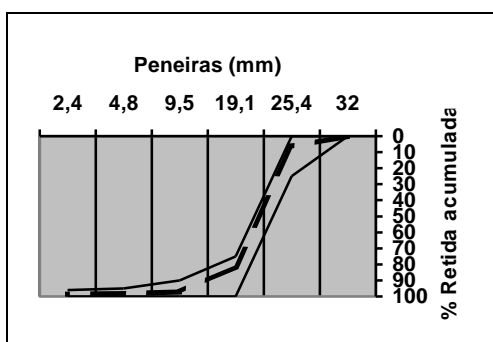
A brita 1 possuía diâmetro máximo de 9,5mm e módulo de finura de 6,78, estando a granulometria do material dentro dos limites indicados na norma DNER-EM 037 (1997). A faixa granulométrica do agregado graúdo é mostrada na Figura 3.4.

Figura 3. 4 - Faixa granulométrica da brita 1



A brita 2 possuía diâmetro máximo de 25mm, módulo de finura de 7,80 e granulometria dentro da faixa de recomendação da norma DNER-EM 037(1997), segundo a Figura 3.5.

Figura 3. 5 - Faixa granulométrica da brita 2



3.2.1.3 Água

A água destinada ao amassamento do concreto deverá atender as exigências da norma DNER-EM 034 (1997) e os limites máximos indicados abaixo:

PH	Entre 5 e 8
Matéria orgânica, expressa em oxigênio consumido	3mg/l
Resíduo sólido	5000mg/l
Sulfatos, expressos em íons SO ₄	600mg/l
Cloretos, expressos em íons Cl	1000mg/l
Açúcar	5mg/l

Para a confecção dos concretos, a obra utilizou água potável fornecida pela companhia de abastecimento.

3.2.1.4. Aditivos

Conforme definição do Manual de Pavimentos Rígidos do DNER-IPR (1989), aditivos são substâncias que adicionadas em pequena quantidade a concretos de cimento portland modificam algumas de suas propriedades, no sentido de melhor adequá-las a determinadas condições.

Para a obra, foi utilizado o aditivo plastificante multidosagem Mastermix 396 N, que é um redutor de água, que em função da dosagem pode conferir propriedades superplastificantes ou retardadoras. A dosagem utilizada para o traço de concreto do pavimento, foi de 0,6% sobre a massa de cimento.

3.2.2 Dosagem do Traço de Concreto do Pavimento

O traço de concreto foi desenvolvido, levando-se em conta as exigências executivas, bem como as características de projeto, além de permitir uma margem de segurança com relação às variações do processo executivo (Quadro 3.4).

Quadro 3. 4 - Traço do concreto para pavimento

Materiais	Quantidades
Cimento	455kg
Areia média	678kg
Brita1	528kg
Brita 2	528kg
Água	200kg
Aditivo	2,73kg

3.2.3 Execução do Pavimento de Concreto

A execução das placas de concreto seguiu as orientações contidas na norma DNER – ES 326 (1997). O concreto foi dosado em duas centrais dosadoras, modelo TOGO, com capacidade de produção unitária de 30 m³/h cada. A mistura do concreto e o seu transporte foi realizada com quatro caminhões betoneira, sendo o espalhamento do concreto executado com um equipamento tipo forma-trilho. As etapas executivas deste processo estão descritas a seguir:

- Assentamento das formas e nivelamento das guias: Anteriormente ao início da concretagem, foi executado o assentamento das formas metálicas de contenção do concreto e dos trilhos de movimentação e nivelamento do equipamento de espalhamento, cujas cotas foram conferidas pela equipe de topografia.
- Colocação do filme plástico sobre o concreto rolado: Terminada a colocação das formas e trilhos, foi esticada sobre a base de CCR, um filme plástico de 150 micra, para isolar a placa de concreto da base e evitar a perda de água do concreto para a base.
- Fixação das juntas transversais com barras de transferência: As juntas transversais de transferência de carga, bem como as juntas longitudinais de ligação, foram fixadas à base com o auxílio de pinos e chapas metálicas, como mostra a Figura 3.3 a seguir, à medida que o lançamento do concreto avançava.

Figura 3.3 – Fixação das juntas



- Lançamento do concreto com caminhões betoneira: O transporte e lançamento do concreto na frente de serviço foram feitos com o uso de caminhões betoneira, conforme mostra a Figura 3.4.

Figura 3.4 – Lançamento do concreto



- Vibração do concreto: O equipamento de espalhamento utilizado, não dispunha de vibradores acoplados, sendo, portanto necessária à realização da vibração manual do concreto. Esta vibração foi feita com dois vibradores elétricos, como mostra a Figura 3.5.

Figura 3.5 – Vibração do concreto



- Deslocamento do equipamento de forma-trilho: A máquina de espalhamento sobre forma-trilho usada era autopropelida e os trilhos foram fixados sobre as muretas de proteção laterais conforme Figura 3.6.

Figura 3.6 – Deslocamento da forma-trilho



- Acabamento manual após a passagem do equipamento de forma-trilho: Após o deslocamento do equipamento eram realizados os acabamentos

manuais necessários, como por exemplo, a passagem do *float* manual (Figura 3.7), ou os acabamentos das bordas.

Figura 3.7 – Acabamentos manuais



- Texturização e aplicação do produto de cura: A texturização era feita manualmente, com uma vassoura de piaçava e o produto de cura era aplicado manualmente, com o auxílio de uma ponte de serviço que se deslocava sobre os mesmos trilhos do equipamento de espalhamento.



4 CONTROLE TECNOLÓGICO

O controle tecnológico do CCR foi realizado com base nas recomendações contidas na norma DNER 47 (1992), que determina os seguintes ensaios:

- Controle do teor de umidade do CCR, em todo caminhão;
- Determinação da densidade máxima;
- Ensaios de resistência à compressão para as idades de 7 e 28 dias.

Para o concreto utilizado na confecção das placas, o controle seguiu as recomendações contidas na norma DNER – ES 326 (1997). A moldagem dos corpos de prova tanto cilíndricos, quanto prismáticos, seguiu as recomendações da norma NBR 5738 (1994):

- Moldagem de 6 (mínimo) corpos de prova prismáticos e/ou cilíndricos a cada 2.500m² de pavimento.

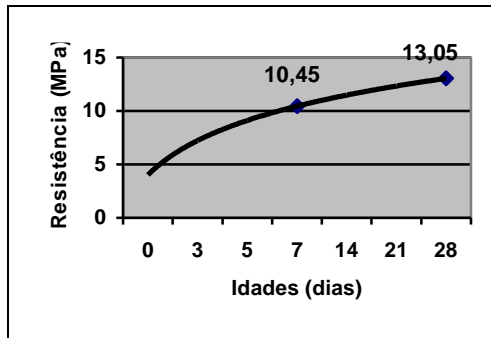
4.1 RESULTADOS

- Concreto Compactado a Rolo

- Teor de umidade: O teor médio de umidade observado no CCR foi de 5,09%.

- Densidade máxima: O ensaio de determinação da densidade máxima foi realizado usando a energia do proctor intermediário e apresentou um valor médio de 2170g/cm³.
- Resistência à compressão de acordo com a Figura 4.1:

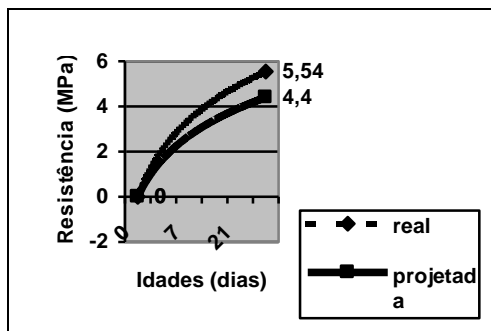
Figura 4.1 – Resistência média à compressão do CCR



- Concreto para Pavimento

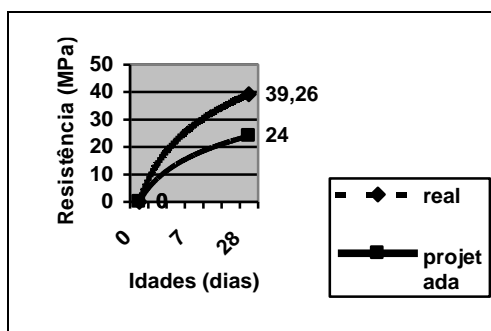
- Resistência característica à tração na flexão de acordo com a Figura 4.2:

Figura 4.2 – Resistência característica à tração do concreto para o pavimento



- Resistência característica à compressão de acordo com a Figura 4.3:

Figura 4.3 – Resistência característica à tração do concreto para pavimento



5 AVALIAÇÃO DA IRREGULARIDADE LONGITUDINAL

A avaliação da irregularidade longitudinal do pavimento de concreto dos túneis da Via Expressa Sul, foi feito através da avaliação do Índice de Perfil.

5.1 DESCRIÇÃO DO MÉTODO DE AVALIAÇÃO

O índice de perfil (IP) foi avaliado com o auxílio de um aparelho chamado *perfilógrafo Califórnia*, equipamento computadorizado que realiza a medição das irregularidades longitudinais da pista, acumulando as variações verticais ao longo do trecho avaliado, fornecendo um resumo dos resultados numéricos, além de um perfil longitudinal, onde é possível identificar os pontos de picos das irregularidades. O comprimento dos túneis é de 720m, porém o resultado foi ajustado para 1.000m, que é a medida padrão dos resultados.

5.2 RESULTADOS MÉDIOS DO ÍNDICE DE PERFIL (IP)

Túneis	Comprimento do trecho (m)	Médias (mm/km)
Direito	720,5	919,90mm/km
Esquerdo	720,5	873,32mm/km
Média Geral		896,32mm/km

6 CONCLUSÕES

A execução da pavimentação em concreto nos dois túneis da Via Expressa Sul, em Florianópolis, atendeu a todos os requisitos especificados no projeto. A utilização do equipamento de forma-trilho demonstrou que obras deste porte requerem um cuidado adicional dos construtores, no quesito qualidade da superfície do pavimento de concreto. As resistências dos concretos obtidas, tanto à tração quanto à compressão, atenderam com segurança aos limites mínimos estabelecidos ao projeto. Ressalta-se também, que obras de pavimentação em túneis requerem soluções técnicas que agreguem durabilidade, vida útil, segurança ao usuário, visibilidade e custos viáveis. Esta é a tendência mundial e o projeto da Via Expressa Sul demonstrou que temos tecnologia disponível no Brasil para realizar obras em pavimentos de concreto com qualidade.

Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738**: Moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos ou prismáticos de concreto. Rio de Janeiro, 1994.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739**: Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 1994.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7182**: Solo – Ensaio de compactação. Rio de Janeiro, 1986.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211**: Agregado para concreto. Rio de Janeiro, 1983.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12142**: Concreto – Determinação da resistência à tração na flexão em corpos de prova prismáticos. Rio de Janeiro, 1991.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS E RODAGEM. **DNER-ES 326:** Pavimentação – Concreto de cimento portland com equipamentos de fôrma-trilho. Brasília, 1997.

PITTA, M. R. **Construção de pavimentos de concreto simples.** 3.ed. São Paulo: ABCP, 1998.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS E RODAGEM. **DNER 47:** Execução de pavimento de concreto rolado como base e revestimento. Brasília, 1992.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS E RODAGEM. **DNER 6:** Água para amassamento do concreto – ensaios comparativos. Brasília, 1992.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS E RODAGEM. **Manual de pavimentos de concreto rolado.** Brasília, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7583:** Execução de pavimentos de concretos simples por meio mecânico. Rio de Janeiro, 1986.