



Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: XX Seminário de Iniciação Científica

CONSIDERAÇÕES SOBRE CONTROLE TECNOLÓGICO DE CAMADA DE BASE GRANULAR¹

Ana Regina Zagonel², José Antonio Santana Echeverria³, Luiz Augusto Bassani⁴, Glaucio Fetter⁵.

¹ Pesquisa Voluntária

² Aluna do Curso de Graduação em Engenharia Civil da UNIJUI, anarzagonel@gmail.com

³ Professor Orientador, Mestre em Geotecnia, curso de Engenharia, jaecheverria@yahoo.com

⁴ Engenheiro - Supervisor da UL de Cruz Alta/RS – DNIT, luiz.bassani@terra.com.br

⁵ Engenheiro da Empresa Construtora Brasília Guaíba, glaucio@brasiliaguaiba.com.br

Resumo: A procura por alternativas de incorporação de novas ferramentas de controle de qualidade aos serviços de execução de pavimentos tem se tornado cada vez maior. Na fase de construção de pavimentos é de fundamental importância o controle tecnológico dos serviços executados, realizando ensaios de laboratório e de campo para comprovar as exigências de projeto. O presente trabalho tem por objetivo conjugar ferramentas auxiliares/complementares aos métodos convencionais de controle tecnológico na construção de camadas de base do pavimento.

Palavras-Chave: pavimento; deflexões; avaliação estrutural; viga Benkelman.

O processo, objeto deste trabalho, foi idealizado e implantado, em 2012, nas obras de implantação da BR 468/RS. A BR 468/RS localiza-se no noroeste do Rio Grande do Sul e tem nos seus extremos os municípios de Palmeira das Missões e Tiradentes do Sul na Fronteira com a Argentina. É classificada quanto à posição geográfica como uma rodovia de ligação, quanto à função como uma rodovia coletora, e quanto à jurisdição como uma rodovia federal. Quanto às condições técnicas é classificada como uma rodovia classe II de zona topográfica montanhosa.

O pavimento é uma estrutura de múltiplas camadas de espessuras finitas, construída sobre a superfície final de terraplenagem, destinada técnica e economicamente a resistir aos esforços oriundos do tráfego de veículos e do clima, e a propiciar aos usuários melhoria nas condições de rolamento, com conforto, economia e segurança (Bernucci, 2010). O pavimento rodoviário pode ser classificado em dois tipos básicos: rígido e flexível. Os pavimentos flexíveis são aqueles que são revestidos com materiais betuminosos. Na BR 468/RS optou-se pela execução de pavimentação flexível do tipo asfáltico.

Normalmente, o pavimento asfáltico é formado por quatro camadas principais: revestimento asfáltico, base, sub-base e reforço do subleito. Na rodovia em estudo resultou a solução de revestimento da pista com CA (CBUQ) na espessura de 5 cm, assente sobre camadas de base e sub-base de brita graduada



Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: XX Seminário de Iniciação Científica

simples com espessuras de 18 e 20 cm, respectivamente. O subleito é constituído por solos de graduação média a fina, como argila arenosa.

O objetivo desse estudo é especificamente o controle tecnológico da camada de base do pavimento. Além dos processos de controle convencionais, são apresentados levantamentos defletométricos, que servem como um complemento de que a execução está sendo realizada de acordo com as exigências de projeto.

Segundo Senço (1997), a base é a camada destinada a resistir os esforços verticais oriundos do tráfego e distribuí-los. Na verdade, o pavimento pode ser considerado composto de base e revestimento, sendo que a base poderá ou não ser complementada pela sub-base e pelo reforço do subleito.

De acordo com a norma DNER-ES 303/97- Pavimentação- base estabilizada granulometricamente, a execução da base compreende as operações de mistura e pulverização, umedecimento ou secagem dos materiais, na usina ou na pista, seguidas de espalhamento, compactação e acabamento, realizadas na pista devidamente preparada, na largura projetada, nas quantidades que permitam, após a compactação, atingir a espessura projetada.

A camada de base na obra da BR 468/RS é constituída de material granular, tipo brita graduada simples (BGS), misturada e preparada na usina misturadora de agregados, espalhada com auxílio de motoniveladora, compactada e acabada com ação conjunta de motoniveladora e rolos compactadores.

A norma DNER-ES 303/97, determina que para controle na execução da base estabilizada granulometricamente sejam realizados:

- ensaio de umidade higroscópica do material, imediatamente antes da compactação, para cada 100m de pista a ser compactado em locais escolhidos aleatoriamente (método DNER-ME 052 ou DNER-ME 088). As tolerâncias admitidas para a umidade higroscópica serão de $\pm 2\%$ da umidade ótima;
- ensaio de massa específica aparente “in situ” em locais escolhidos aleatoriamente, por cada camada, para cada 100m de extensão, pelo método DNER- ME 052 e DNER-ME 036.

O grau de compactação (GC) é a relação entre a massa específica aparente seca obtida no campo, comparada com a massa específica obtida no laboratório. Para a realização deste ensaio é utilizada a especificação DNER- ME 092/94- Solo – determinação da massa específica aparente “in situ”, com emprego do frasco de areia. Para estar de acordo com a especificação da norma, o valor obtido para o grau de compactação deve ser maior que 100%.

De acordo com Trichês (2004) uma das formas encontradas para se estimar o bom desempenho de um pavimento novo é determinar a deformação resiliente da estrutura através da medida sistemática das deflexões recuperáveis durante o processo executivo. Portanto para avaliar a contribuição estrutural adequada da camada de base, levantamentos de deflexões foram executados com viga Benkelman (VB) (Fig. 1), conforme a norma do DNER 024/94, durante a execução do pavimento dos dois lados do trecho de 20 em 20 m, na camada de base. O trecho a ser analisado é um segmento homogêneo da BR-468/RS, com 500m de extensão, situado entre as estacas 34+300 e 34+800.

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: XX Seminário de Iniciação Científica



Figura 1: Levantamento das deflexões com VB.

Fazendo a análise dos resultados obtidos no ensaio de massa específica aparente seca “in situ” e comparando com a especificação da norma, pode-se dizer que todos os ensaios estão entre o limite de aceitação, ou seja $GC > 100\%$.

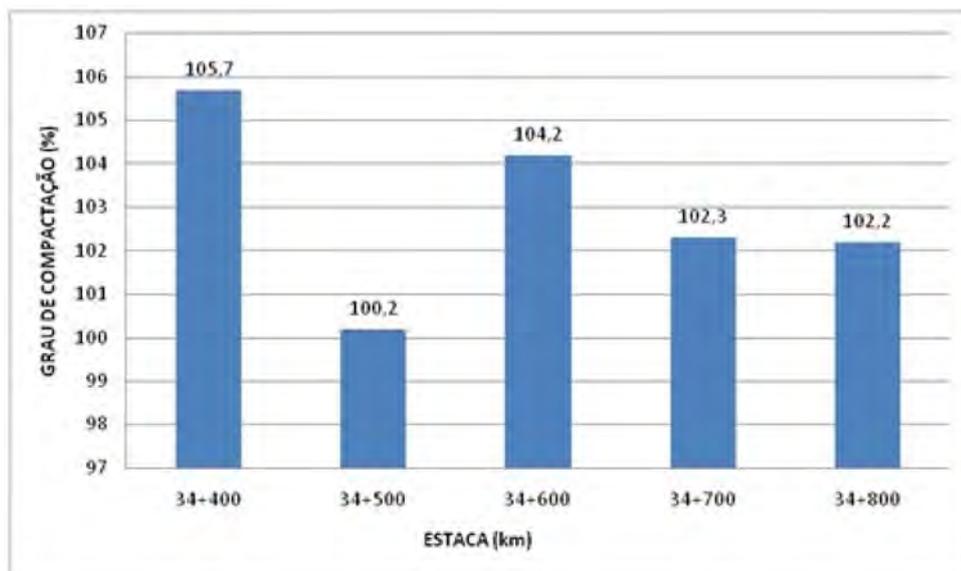


Figura 2: Grau de compactação da camada de base (BGS).

Na correlação dos resultados obtidos com a viga Benkelman, que a média das deflexões no Lado Esquerdo foi de $61(x10^{-2} \text{ mm})$ com desvio padrão de 6,65 e para o Lado Direito foi de $51(x10^{-2} \text{ mm})$ e desvio padrão de 5,55. O Coeficiente de variação nos dois lados da pista resultou em um valor de 0,10, ou seja, perto de 10%, que é um resultado relativamente baixo e significa que quanto maior o



Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: XX Seminário de Iniciação Científica

valor do coeficiente de variação, maior é a dispersão dos valores do conjunto e quanto menor o valor do coeficiente de variação, mais homogêneo é o conjunto. Então, pode-se dizer que, tanto para o Lado Direito quanto para o Lado Esquerdo da pista os valores se comportaram como homogêneos.

Silva (1999), em seu estudo realizado em um pavimento, apresenta dados para uma estrutura semelhante a do pavimento da BR 468 (revestimento em CBUQ, base estabilizada granulometricamente, sub-base estabilizada granulometricamente), difere-se no estudo de Silva (1999), que para o reforço do subleito acrescenta-se uma camada argilosa, e na BR 468/RS foi dispensada a camada de reforço do subleito. No entanto, a comparação da estrutura do pavimento da BR 468/RS, com a estrutura do estudo de Silva é válida, pois como mencionado anteriormente, a semelhança na estrutura dos dois pavimentos é muito grande. Os valores obtidos por Silva (1999), na camada de base granular, para as deflexões foram da ordem de 39 a 69 ($\times 10^{-2}$ mm). Em comparação aos valores obtidos no ensaio com a viga Benkelman na BR 468/RS, pode-se dizer que são semelhantes aos valores encontrados por Silva (1999) em seu estudo.

De acordo com Bernucci et al (2008), a ordem de grandeza das deflexões dos pavimentos asfálticos varia muito com as características da estrutura, o tipo de revestimento, o nível de trincamento, as condições climáticas, etc. Mas como valor típico pode-se indicar de 30 a 50 ($\times 10^{-2}$ mm) para um pavimento com revestimento de concreto asfáltico e base granular em boa condição estrutural, portanto as deflexões levantadas após a execução da base asseguram um ganho de rigidez da estrutura e que esta tende a ter bom desempenho estrutural.

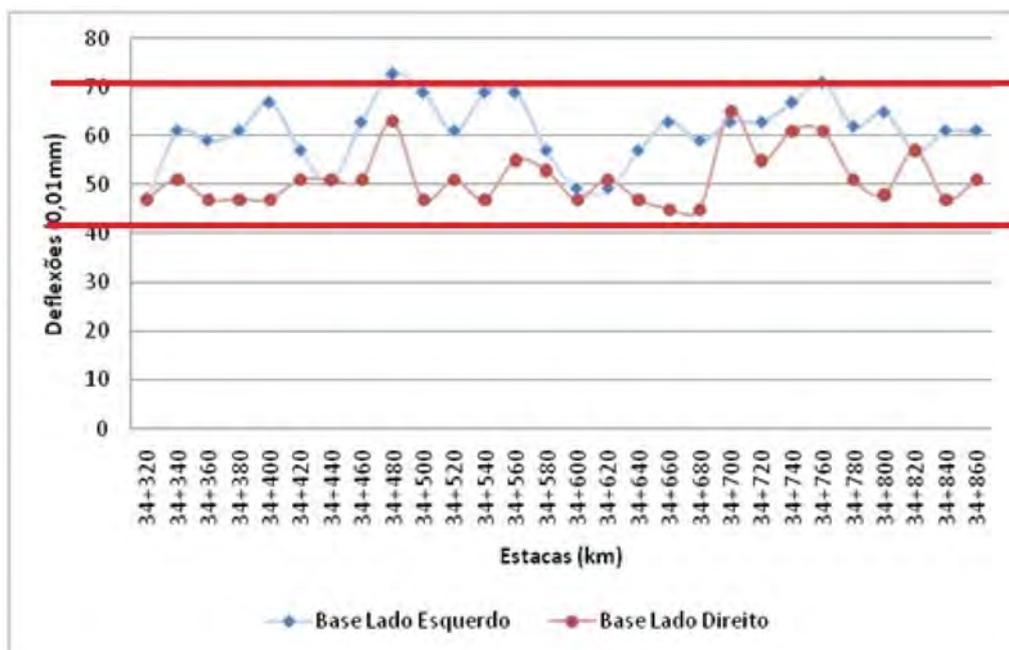


Figura 3: Levantamentos defletométricos na camada de base (BGS) e intervalo de aceitação obtido por Silva (1999).



Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: XX Seminário de Iniciação Científica

Nesse caso, o ensaio da (VB) foi realizado em um intervalo de 20 em 20m, no entanto, poderia ter sido realizado em um intervalo de 10 em 10m, o que garantiria uma avaliação praticamente contínua da camada de base. Comparando com o ensaio de massa específica aparente “in situ”, que é realizado de 100m em 100m, pode-se dizer que o ensaio da VB, avalia melhor o desempenho do pavimento, visto que os pontos onde o ensaio é realizado são muito próximos uns dos outros.

A empresa executora da obra aprova a utilização do equipamento, quanto à utilização em controles executivos. Percebe-se que a utilização da viga Benkelman tem grande importância na prevenção de continuidade do serviço, sem que a camada existente esteja apta para receber a próxima, o que muitas vezes os controles normais de qualidade não detectam. Confirmou-se também a necessidade de incorporar continuamente novas ferramentas de controle de qualidade aos serviços.

Os autores agradecem ao laboratorista Vladimir e ao engenheiro Ricardo Simas Dutra- Construtora Brasília Guaíba. A primeira autora também agradece ao professor orientador, mestre José Antonio Santana Echeverria pelo tempo despendido e grande auxílio na elaboração deste estudo.

BERNUCCI, Leidi Bariani et al. Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros. Rio de Janeiro: Petrobras: ABEDA, 2008. 501 p., il. Color.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. DNER-ES 303/97: pavimentação: base estabilizada granulometricamente. Rio de Janeiro, 1997, 7 p.

____. DNER-ME 024/94: pavimento: determinação das deflexões pela viga Benkelman. Rio de Janeiro, 1994, 6 p.

____. DNER-ME 092/94: solo – determinação da massa específica aparente “in situ”, com emprego do frasco de areia. Rio de Janeiro: IPR, 1994.

SENÇO, Wlastermiler de. Manual de técnicas de pavimentação. 1ed. São Paulo: PINI, 1997. – 1 v.

SILVA, César Augusto Rodrigues da. Controle defletométrico na execução das camadas de pavimento. In: 3º Simpósio Internacional de Avaliação de Pavimentos e Projetos de Reforço, 1999, Belém.

TRICHÊS, G.; SIMM JUNIOR, G. P.O controle defletométrico durante o processo construtivo da rodovia como certificador da qualidade do pavimento executado. In: CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES, XVIII, 2004, Florianópolis.