

Análise de Pavimento: Estudo de Um Trecho Crítico na Rodovia TO-255**Sidewalk Analysis: Study of a Critical Section on TO-255 Highway**

DOI:10.34117/bjdv6n10-030

Recebimento dos originais: 08/09/2020

Aceitação para publicação: 02/10/2020

Alesi Teixeira Mendes

Me.

Instituto Presidente Antônio Carlos, Porto Nacional, Brasil

E-mail: alesitmendes@gmail.com

Larissa Macário da Silva

Acadêmica

Instituto Presidente Antônio Carlos, Porto Nacional, Brasil

E-mail: larissamacario184@gmail.com

Kaline Carneiro Guimarães

Acadêmica

Instituto Presidente Antônio Carlos, Porto Nacional, Brasil

E-mail: kaline97carneiro@gmail.com

Andressa Volpato Zucolli

Eng. Civil

Instituto Presidente Antônio Carlos, Porto Nacional, Brasil

E-mail: andressazucolli.avz@gmail.com

Thalis Alves Marques

Instituto Presidente Antônio Carlos, Porto Nacional, Brasil

E-mail: thalisalvesmarques@hotmail.com

Igor Pereira de Sá

Eng. Civil

Instituto Presidente Antônio Carlos, Porto Nacional, Brasil

E-mail: igordesa85@gmail.com

RESUMO

O correto dimensionamento das camadas do pavimento rodoviário é de suma importância para os seus usuários, tanto no sentido social quanto econômico. A realidade de uma parcela significativa das rodovias do Tocantins é marcada por grande quantidade de patologias e operações de “Tampa Buraco” que não resolvem o problema de forma efetiva e evidenciam possíveis falhas de execução e dimensionamento. Deste modo, o objetivo desse trabalho é dimensionar e comparar as espessuras das camadas do pavimento na rodovia TO-255 que liga Porto Nacional – TO a Monte do Carmo – TO. O dimensionamento foi realizado a partir dos resultados dos ensaios de CBR e volume médio diário anual e a comparação realizada entre o pavimento dimensionado e a estrutura *in loco*, proporcionou soluções técnicas para a melhoria da malha rodoviária da TO-255.

Palavras-chave: Pavimentação Asfáltica, CBR, TO-255, Dimensionamento empírico.

ABSTRACT

The correct sizing of the road sidewalk layers is of utmost importance for its users, both in the social and economic sense. The reality of a significant portion of Tocantins highways is marked by a large number of pathologies and "Hole Cover" operations that do not effectively solve the problem and show possible execution and dimensioning failures. Thus, the objective of this work is to dimension and compare the thickness of the sidewalk layers on the TO-255 highway that connects Porto Nacional - TO to Monte do Carmo - TO. The dimensioning was carried out based on the results of CBR tests and average daily annual volume and the comparison between the dimensioned sidewalk and the structure in loco, provided technical solutions for the improvement of the TO-255 road network.

Keywords: Asphalt Paving, CBR, TO-255, Empirical Design.

1 INTRODUÇÃO

A base do escoamento da produção no país se dá pelas rodovias, e isso se reflete tanto o transporte de mercadorias como no de pessoas a longas distâncias. O transporte no Brasil é predominantemente rodoviário, no que diz respeito ao transporte de passageiros as rodovias brasileiras representam em média 96,2% das viagens e com relação ao transporte de cargas as rodovias representam 61,8% da matriz de transporte (IPEA, 2011).

Segundo dados de 2015 do Sistema Nacional de Viação (SNV) existem, no Brasil, 1.720.643,2 km de rodovias, dos quais apenas 210.618,8 km são pavimentados, isto é, 12,2% da malha. Entre as rodovias pavimentadas, 64.045,1 km são federais. Destes, apenas 12% são de pista dupla 6.142,7 km, e 4% 1.331,9 km são vias em fase de duplicação; os demais 89,9% são de pista simples (BRASIL, 2015).

As rodovias são de suma importância para o desenvolvimento econômico do país, por isso a necessidade de investimento é cada vez maior. Mas a não disposição de recursos necessários para a manutenção da malha rodoviária é explicada pelo costume dos governos de negligenciarem a verdadeira necessidade de intervenções nas estruturas do pavimento, deixando de lado a manutenção paliativa quando necessária.

A pavimentação no Brasil é marcada pela construção de rodovias de asfalto, muito por conta de preço de construção ser inferior ao pavimento em concreto. No entanto, o desempenho e a durabilidade das rodovias brasileiras são inferiores as desejadas, principalmente, por conta das pistas sofrerem constantes deformações devido ao peso não controlado das cargas transportadas pelos caminhões e por conta das mudanças e variações climáticas características do país (IPEA, 2012).

Segundo Bernucci et al. (2008), pavimento é uma estrutura de múltiplas camadas de espessuras finitas construída sobre a superfície final de terraplenagem destinado técnica e economicamente a resistir aos esforços oriundos do tráfego de veículos e do clima, destinado a

proporcionar aos usuários melhorias nas condições de rolamento, com conforto, economia e segurança.

A qualidade do pavimento, dentre outros fatores, como clima e condições adversas, depende do correto dimensionamento de sua estrutura. Dessa forma o presente artigo tem como objetivo dimensionar e comparar as espessuras das camadas do pavimento da rodovia TO-255 que liga Porto Nacional – TO a Monte do Carmo – TO. O dimensionamento será realizado a partir dos resultados dos ensaios de CBR e volume médio diário anual.

2 MATERIAL E MÉTODOS

As camadas do pavimento a serem estudadas ficam próximas a cidade de Porto Nacional – TO na TO-255 (Figura 1).

Figura 1. Trecho estudado TO-255.



Os métodos utilizados para a execução do estudo seguiram as seguintes normas: ABNT (6457; 6459; 7180; 9604; 7217) e Manual de Trafego do DNIT.

2.1 MATERIAIS UTILIZADOS

O solo do subleito utilizado foi coletado ao lado do acostamento da rodovia na TO-255 que liga as Cidades de Porto Nacional e Monte do Carmo no estado do Tocantins. A realização de todos os ensaios se deu no laboratório de geotecnia e pavimentação do Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos Porto Nacional (ITPAC-PORTO) (Figura 2).

Figura 2. Laboratório ITPAC – PORTO.



2.2 MÉTODOS

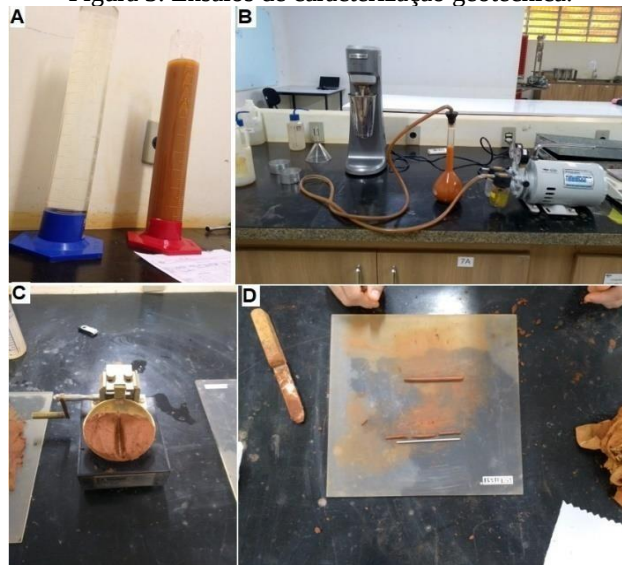
2.2.1 Coleta e preparo da amostra de solo

A coleta do solo ocorreu de acordo com a NBR 9604 retirando-se amostras de solos deformáveis. Após a coleta o solo foi encaminhado para o Laboratório de geotecnia e pavimentação do Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos de Porto Nacional onde procedeu-se, com a secagem previa, destorroamento e o armazenamento para posterior estudo. O preparo da amostra estudada foi fundamentado na NBR 6457 (ABNT, 2016) que diz respeito a preparação para ensaios de compactação e caracterização.

2.2.2 Caracterização Geotécnica

Foram realizados os ensaios de caracterização geotécnica do solo natural a fim de conhecer as características do material a ser estudado, determinando a granulometria (Figura 3A), massa específica dos sólidos (Figura 3B) e limites de consistência (Figura 3C e 3D).

Figura 3. Ensaios de caracterização geotécnica.



2.2.3 Ensaios de comportamento mecânico

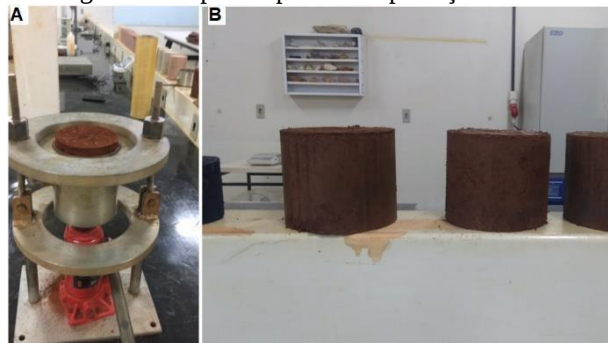
Para identificar o comportamento mecânico do solo realizou-se o ensaio de compactação, conforme NBR 7182 (ABNT, 2016), conforme NBR 9895 (ABNT, 2016) expansão e CBR.

Para o ensaio de compactação separou-se cinco amostras, de forma que a curva de compactação se defina em 5 pontos, a primeira amostra deve estar aproximadamente 5% abaixo da umidade ótima. Nas outras amostras devem ser acrescentados quantidades de águas com valores de 2 em 2% para que os 3 últimos pontos decresçam.

O ensaio de CBR foi realizado logo após a compactação, sendo os corpos de provas submetidos a imersão em água, a uma temperatura ambiente e por um período de 96 horas. As medidas das expansões foram realizadas em um intervalo de 24 em 24 horas.

As imagens dos corpos de provas do ensaio de compactação e CBR estão apresentados abaixo na Figura 4A e 4B respectivamente.

Figura 4. Corpos de prova compactação e CBR.

**2.2.4 Dimensionamento**

As contagens dos veículos passantes foram feitas durante os horários de pico por 5 dias. Os horários foram: 7:00 às 8:00, 13:00 às 14:00 e 18:00 às 19:00.

Tabela 1. Contagens dos veículos passantes.

Dia	Volume Médio Diário
1	1152
2	768
3	816
4	672
5	864

Para encontrar o volume médio diário anual foi tirado a média dos veículos passante durante o período de 5 dias. O projeto das camadas da pavimentação foi realizado para um período de 10 anos, sendo utilizada uma taxa de crescimento anual de 1,12%. Para chegar no valor da taxa de

crescimento, foi analisado o crescimento populacional da região no período de 2010 a 2018 junto aos dados do IBGE conforme Tabela 2.

Tabela 2. Dados do IBGE-TO.

Pop. Estimada [2018]	1.555.229 (hab.)
Pop. Último Censo [2010]	1.383.445 (hab.)
Densidade Demográfica [2010]	4,98 (hab./km ²)
Total de Veículos [2016]	637.236 (veic.)

Após o conhecimento do volume médio diário anual e taxa de crescimento, foi possível determinar o número N e o posterior dimensionamento das camadas rodoviárias. O dimensionamento foi realizado a partir do Manual de Pavimentação do DNIT (2006). Segue as equações para o dimensionamento.

$$N = 365 \times c \times (VMD \times FV) \quad (1)$$

Onde:

N = Número N;

c = Percentual na faixa de projeto; VMDA = Volume médio diário anual; e FV = Fator de veículo médio.

O valor do percentual da faixa de projeto (c) foi o de 50% utilizado para pista simples, e o fator de veículo médio (FV) igual a 1 foi adotado devido a via ser de baixa trafegabilidade e está dentro do perímetro urbano, além de não dispor dos dados de pesagem destes.

Para o dimensionamento do pavimento H foi utilizado o método do DNIT, adotou-se o CBR=20 para cálculo da base. Como o CBR do subleito ≥ 20 , no pavimento será necessária apenas camada de base.

A inequação para encontrar a espessura da camada de base segue abaixo:

$$R \times K_r + B \times K_b \geq H_{20} \quad (2)$$

Onde:

R= espessura do revestimento betuminoso; K_r = coeficiente base ou revestimento de concreto betuminoso;

B= base; e

K_b = coeficiente base britada graduada.

2.2.5 Camada existente

Foi realizada uma sondagem in loco para identificar a espessura das camadas existentes no trecho da TO-255, sendo observado que a estrutura possuía apenas uma camada única de base com uma dimensão de aproximadamente 25 cm de solo-brita com revestimento do tipo Tratamento Superficial Simples (TSS) com espessura de aproximadamente 1 cm (Figura 6).

Figura 6. Camadas de pavimentação in loco.

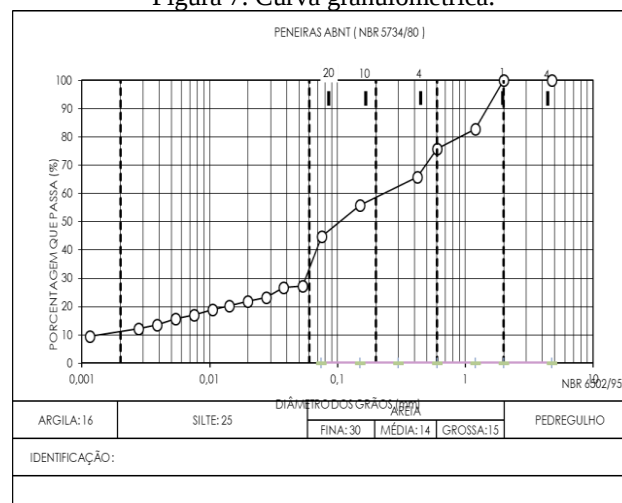


3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DOS SOLOS

Com a realização dos experimentos para a caracterização geotécnica do solo do subleito, foi realizada a análise granulométrica e obtidos os resultados em forma gráfica de acordo com a Figura 7.

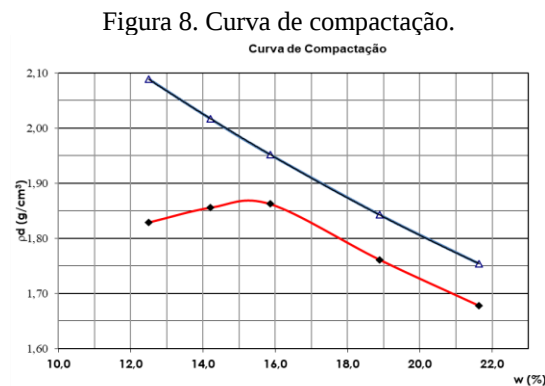
Figura 7. Curva granulométrica.



O solo pode ser classificado como uma areia fina silte-argilosa. Também foi realizado o ensaio de massa específica e limites de consistência segundo a NBR 6458, NBR 6459 e NBR 7180 sendo determinado um valor de massa específica real dos grãos igual a $2,827 \text{ g/cm}^3$. Com o estudo para o limite de consistência obteve-se um valor de w_L de 30,4%, w_P 25,3% e IP 5,1%.

3.2 CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA DO SOLO

O ensaio de compactação foi realizado no solo natural do subleito, sendo possível determinar a curva de compactação apresentada abaixo na Figura 8.



Sendo obtido um valor de massa específica seca máxima igual a $1,860 \text{ g/cm}^3$ e umidade ótima igual 16% os valores do ensaio de CBR foi igual a 20,18% e expansão de 0,05%.

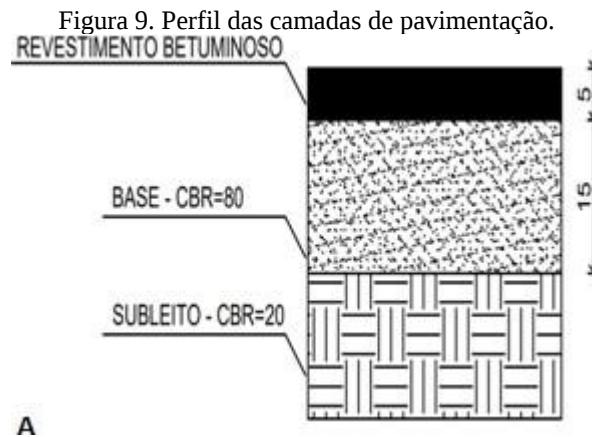
Pelo sistema de classificação da Highway Research Board (HBR) o solo foi classificado como do tipo A-2-4 pedregulhoso e areias siltosas ou argilosas de excelente a bom para utilização como subleito.

3.3 DIMENSIONAMENTO DAS CAMADAS DA PAVIMENTAÇÃO RODOVIÁRIA

O valor de número N encontrado foi de $2,74E+06$, podendo a partir deste valor determinar as espessuras das camadas da pavimentação rodoviária.

Comparando o valor encontrado para “ N ” com a tabela apresentada pelo Manual de Pavimentação do DNIT (2006), o Revestimento Betuminoso enquadra-se como “Revestimento betuminosos com 5,0cm de espessura”.

O dimensionamento da camada de base foi realizado pelo método do DNIT chegando a um valor de base de 14 cm. Como o resultado encontrado está abaixo do mínimo recomendado, o valor adotado para a camada será de 15 cm de espessura sendo seu perfil representado na Figura 9.



Após a comparação do pavimento in loco e dimensionado pelos autores foi constatado que a espessura da camada de base realizada in loco é superior ao dimensionamento proposto.

Porém a espessura do revestimento foi inferior a 1 cm (Figura 10), e no modelo proposto pelos autores a camada de revestimento, deve ser betuminoso de 5,0cm de espessura. Dessa forma é possível notar que o revestimento encontrado hoje in loco, não satisfaz as características mínimas necessárias de projeto. Diante dessa problemática, é possível propor que para melhor adequação da malha rodoviária, o seu revestimento deveria ser adequado, de maneira a satisfazer os critérios mínimos de projeto. Para tanto propõe-se que o revestimento atual seja fresado e substituído por um de 5 cm de espessura.

Figura10. Espessura do revestimento.



Outro problema analisado na estrutura rodoviária do trecho da TO-255 foi a falta de drenagem durante todo o percurso, sendo este um grande fator para a ocorrência de patologias. Como a região não sofre de elevados índices pluviométricos, para a solução do problema os autores propõem que na rodovia deva ser realizado pelo menos um sistema de drenagem superficial longitudinal que direcione a água superficial até o local adequado.

4 CONCLUSÃO

Com base nos dados e resultados apresentados, pode-se concluir que a atual estrutura do pavimento da rodovia que liga Porto Nacional a Monte de Carmo possui espessura do revestimento inferior ao adequado quando comparada com o dimensionamento realizado pelos autores. Além disso, a falta de drenagem no local contribui para a degradação da estrutura reduzindo a vida útil da rodovia.

REFERÊNCIAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2016) NBR 6457 – ABNT – Amostras de Solo, Preparação para Ensaios de Compactação e Ensaios de Caracterização. Rio de Janeiro, p 341.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2016) NBR 9604 – ABNT – Abertura de poço e trincheira de inspeção em solo, com retirada de amostra deformadas e indeformadas — Procedimento. Rio de Janeiro. ABNT – Associação Brasileira de Normas. (1987) NBR 7217 – ABNT – Técnicas
- Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, p 03.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas. (1987) NBR 6508 – ABNT – Técnicas Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, p 03.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas. (2016) NBR 7180 – ABNT – Solo – Determinação do limite de plasticidade.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas. (2016) NBR 7182 – ABNT – Solo – Ensaio de compactação.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas. (2017) NBR 9895 – ABNT – Solo – Índice suporte Califórnia (ISC)- Método de ensaio.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas. (2016) NBR 6559 – ABNT – Solo – Determinação do Limite de Liquidez.
- BERNUCCI, Liedi; MOTTA, Laura; CERATTI, Jorge; SOARES, Jorge. (2010) Pavimentação asfáltica, formação de engenheiros. 3.ed. Rio de Janeiro.
- BRASIL. Departamento Nacional de Infra- Estrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. (2006) Manual de pavimentação. 3.ed. Rio de Janeiro: DNIT.
- BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes.(2006)Manual de estudos de tráfego.Rio de Janeiro: DNIT. CAMARGO, O.A. de.; ALLEONI, L.R.F. (1997)
- Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, p.132.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/to>, acesso em: 24/08/2019.
- IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. (2011) Gargalos e demandas da infraestrutura rodoviária e os investimentos do PAC: mapeamento IPEA de obras rodoviárias. Texto para discussão, Brasília: Livraria do IPEA, n. 1592, p.62.
- IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. (2012) Rodovias brasileiras: Investimentos, concessões e tarifas de pedágio. Brasília: Livraria do IPEA, n. 144, p.20.