

DIMENSIONAMENTO PELO MÉTODO DO DNER (1979) E ORÇAMENTAÇÃO DO PAVIMENTO DA RODOVIA SC-447

Ana Paula Demetrio Francisconi (1), Pedro Arns (2);

UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense
(1)paulapdf@gmail.com, (2)par@unesc.net

RESUMO

A pesquisa foi desenvolvida com o objetivo de dimensionar o pavimento da Rodovia SC-447, localizada no município de Treviso, da forma mais técnica e economicamente viável para o segmento. Foram coletadas 12 amostras de solo do subleito para a realização dos ensaios de caracterização física e mecânica. Através dos ensaios realizados e de acordo com o número N, determinado pela empresa PROSUL – Projetos, Supervisão e Planejamento Ltda., responsável pelo projeto, realizou-se o dimensionamento do pavimento, resultando em uma estrutura disposta em camadas de 10,00 cm para o Revestimento, de 15,50 cm para Base de Brita Graduada e de 15,00 cm para a de Sub-base de Macadame Seco.

Palavras-Chave: Dimensionamento. Pavimento. Método do DNER.

1. INTRODUÇÃO

“Após a execução dos serviços de terraplenagem, das obras de drenagem e de proteção contra erosão, diz-se que a estrada está implantada. Esse conjunto de obras constitui a Infraestrutura Rodoviária” (PINTO; PREUSSLER, 2002, p. 03). De acordo com as solicitações de tráfego a que uma rodovia está sendo submetida, é justificável a construção, ou não, de uma estrutura capaz de resistir às cargas aplicadas na superfície, denominada Pavimento.

Segundo Senço (1997, p. 6 e 7), pavimento é a estrutura construída sobre a terraplenagem, da maneira técnica e economicamente viável, destinada a resistir aos esforços verticais provenientes do tráfego, possibilitando condições de conforto e segurança ao usuário. Deve resistir ao desgaste ocasionado pelo uso, tornando assim, a superfície de rolamento mais durável.

Partindo do pressuposto acima, o dimensionamento do pavimento visa a compatibilização entre espessura de camadas e materiais disponíveis, de forma que

a estrutura resista a certo número equivalente de operações de um eixo simples tomado como padrão (N) de 8,2t, durante o período de projeto determinado.

O presente trabalho, objetiva o Dimensionamento e Orçamentação do Pavimento da Rodovia SC-447, localizada no município de Treviso, com uma extensão de 6,193 km, pelo Método do DNER (Departamento Nacional de Estradas de Rodagem).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O dimensionamento do pavimento é realizado baseado nos parâmetros de resistência do solo do subleito e em relação às solicitações que o mesmo receberá.

Com base nisto, o presente trabalho iniciou com o estudo do projeto elaborado, em 2012, pela empresa PROSUL – Projetos, Supervisão e Planejamento Ltda., para identificação do Ncaracterístico e o entendimento do trecho em execução. Analisando o perfil longitudinal, identificaram-se os pontos de corte, aterros e os de rocha, para traçar um cronograma dos pontos de coletas de amostras do solo do subleito.

Com as amostras coletadas pôde-se identificar o CBR (California Bearing Ratio) de projeto e as Características físicas do solo, através dos ensaios de caracterização física e mecânica.

2.1 ÁREAS DE ESTUDO

O presente trabalho compreende o Dimensionamento do Pavimento de um trecho da Rodovia SC-447, localizada no município de Treviso – SC (Figura 01), que ao norte se liga à cidade de Lauro Muller, e ao sul a cidade de Siderópolis.

As coordenadas do Ponto Inicial da área de estudo são 651398,00m E e 6848676,00m N e do Ponto Final são 650597,00m E e 6844664,00m N, seguindo a ordem crescente do estaqueamento.

Figura 01: Localização da Rodovia SC 447 e jazidas



Fonte: Google Earth, 2013.

2.2 COLETA DE AMOSTRAS

Com o auxílio de uma Retroescavadeira e de uma Escavadeira Hidráulica, cedidas pela empresa que está executando a obra, juntamente com o profissional, responsável pelo laboratório de asfalto e solos da mesma, coletou-se as amostras à uma profundidade de 1,5 metros, a partir do greide de terraplenagem, conforme localização indicada na tabela 01.

Geralmente as sondagens para amostragem de materiais destinados ao subleito de um pavimento são aprofundadas até três metros abaixo da superfície, considerando-se como fundação efetiva a camada com um a um e meio metros, aproximadamente (SENÇO, 1997, p. 16).

As amostras foram armazenadas em sacos resistentes, transportadas até o laboratório da empresa, e preparadas para os ensaios de caracterização físicos e mecânicos, de acordo com a NBR 6457/86.

Tabela 01 – Coordenadas UTM das jazidas.

Amostra	Estaca	Coordenadas UTM	
AM01	13+840	651398,00 m E	6848676,00 m N
AM02	14+100	651459,00 m E	6848429,00 m N
AM03	14+340	651441,00 m E	6848197,00 m N
AM04	14+640	651591,00 m E	6847948,00 m N
AM05	15+260	651626,00 m E	6847413,00 m N
AM06	16+150	651113,00 m E	6846685,00 m N
AM07	16+680	650704,00 m E	6846381,00 m N
AM08	17+220	650600,00 m E	6845861,00 m N
AM09	17+480 – 01	650605,00 m E	6845605,00 m N
AM10	17+480 – 02	650599,00 m E	6845201,00 m N
AM11	17+740	650621,00 m E	6844956,00 m N
AM12	18+020	650597,00 m E	6844664,00 m N

Fonte: A autora (2013).

2.3 ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO

A capacidade de suporte do solo do subleito, bem como dos materiais constituintes das camadas do pavimento é definida pelo ensaio de CBR. Assim, realizou-se o ensaio de compactação de acordo com DNIT 164/2013-ME, das amostras coletadas, para obtenção da densidade máxima aparente seca e a umidade ótima. Com base nestes valores, moldaram-se os corpos de prova dos solos coletados, para verificação dos valores de CBR, e a determinação do valor de CBP_p a ser utilizado no dimensionamento do pavimento, objeto do presente trabalho.

De acordo com DNER-ME 049/94, para realização do ensaio que determina o CBR do solo é necessário que os corpos de prova permaneçam por quatro dias imersos. Os materiais que constituem o subleito devem apresentar um CBR superior ou igual a 2,0% e uma expansão inferior ou igual a 2,0% que é medida pela absorção da água que ocorre no solo ao ser imerso.

Para a caracterização física do solo foram realizados os ensaios de Limite de Liquidez (LL), Limite de Plasticidade (LP) e Granulometria, normatizados de acordo com DNER-ME 122/94, DNER-ME 082/94, DNER-ME 080/94, respectivamente.

2.4 MÉTODO DO DNER

O método de dimensionamento do DNER (1979) foi proposto pelo Engenheiro Murillo Lopes de Souza, e baseia-se na Capacidade de Suporte do Subleito. Neste método, a estrutura do pavimento é concebida para proteger o solo de fundação quanto à ruptura por cisalhamento ou por acúmulo de deformações permanentes.

O método tem como base o trabalho "Design of Flexible Pavements Considering Mixed Loads and Traffic Volume", de autoria de W. J. Tumbulll, C.R. Foster e R.G. Ahlvin, do Corpo de Engenheiros do Exército dos E.E.U.U e conclusões obtidas na Pista Experimental da AASHTO (SOUZA, 1981, p.6).

Para os materiais integrantes da estrutura do pavimento, são adotados coeficientes de equivalência estrutural, tomado por base os resultados obtidos na Pista Experimental da AASHTO, com modificações consideradas oportunas.

O subleito e as diferentes camadas do pavimento devem ser compactadas de acordo com a determinação das "Especificações Gerais", recomendando-se que, em nenhum caso a compactação seja inferior a 100%. (PINTO; PREUSSLER, 2002, p. 161).

Os materiais recomendados para reforço do subleito devem apresentar o CBR superior ao do Subleito e uma expansão menor ou igual a 1,0% (medida com sobrecarga de 10lb). Os materiais para sub-base, obrigatoriamente, devem apresentar CBR superior ou igual a 20,0%, índice de grupo igual a zero e expansão menor ou igual a 1,0%. Enquanto que os materiais recomendados para a camada de base devem possuir com um CBR superior ou igual a 80,0%, expansão inferior ou igual a 0,5%, limite de liquidez menor ou igual a 25,0% e índice de plasticidade superior ou igual a 6,0%. Caso o limite de liquidez seja superior a 25,0% e/ou índice de plasticidade seja superior a 6,0%, o material poderá ser empregado como base, desde que o equivalente de areia seja superior a 30,0. (BRASIL, 2006, p. 146).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 ESTUDO DO TRÁFEGO

O estudo do tráfego tem por finalidade a atualização dos volumes atuais e futuros, do mesmo, no trecho em análise.

De acordo com Santos (2013, p.4), o tráfego atua na superfície do pavimento através dos pneus e devem ser considerados os seguintes aspectos: a intensidade das cargas sustentadas pelos pneus; a ação de cisalhamento dos pneus; a velocidade dos veículos que define o tempo de atuação da carga pela qual a superfície do pavimento é carregada e descarregada; as cargas do tráfego e a sua frequência que são os responsáveis pela formação de trilhas de roda e trincas; e a pressão de inflação dos pneus que é determinante na área de contato do pneu/superfície do pavimento.

O número de solicitações equivalentes ao eixo padrão de 8,2 tf, durante o período de projeto, foi determinado a partir do estudo de tráfego, realizado com o emprego da metodologia USACE, pela empresa PROSUL, de acordo com a tabela 02.

Tabela 02 – Número N

SEGMENTO	EXTENSÃO (m)	N USACE
13+800 – 19+595,36 (igualdade estaqueamento 17+591,04 = 17+193,61)	6.192,79	2,23 X 10 ⁷

Fonte: PROSUL.

3.2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E MECÂNICA

A tabela 03 apresenta um resumo dos resultados dos ensaios de caracterização física e mecânica, bem como a classificação Highway Research Board (HRB) das amostras do solo coletadas.

Tabela 03 – Caracterização física e mecânica do solo

Amostra	Estaca	hótima (%)	γ_{max} (g/cm ³)	Expansão (%)	CBR (%)	Pp200 (%)	LL (%)	LP(%)	IP (%)	HRB
AM01	13+840	15,00	1,786	0,31	19,20	45,00	30,22	21,74	8,48	A4
AM02	14+100	19,20	1,661	0,48	13,90	46,00	29,15	21,94	7,21	A4
AM03	14+340	26,80	1,497	0,35	14,50	82,00	38,60	27,4	11,20	A6
AM04	14+640	16,60	1,726	0,30	12,80	45,00	32,76	16,92	15,84	A6
AM05	15+260	23,90	1,590	0,03	12,40	55,00	38,57	26,37	12,20	A6
AM06	16+150	14,70	1,828	0,26	19,60	26,00	NP	NP	NP	A2-4
AM07	16+680	31,50	1,407	0,85	9,20	81,00	55,97	40,90	15,07	A7-5
AM08	17+220	22,70	1,571	0,53	10,20	86,00	47,46	27,42	20,04	A7-6
AM09	17+480 - 01	22,40	1,529	1,04	6,10	96,00	46,29	30,19	16,10	A7-5
AM10	17+480 - 02	40,40	1,267	0,26	13,00	87,00	60,64	40,64	20,00	A7-5
AM11	17+740	30,10	1,449	0,31	10,10	83,00	45,58	27,46	18,12	A7-6
AM12	18+020	33,80	1,353	0,44	12,40	91,00	60,64	45,53	15,11	A7-5

Fonte: A autora (2013).

É possível perceber que o solo, de maneira geral, apresenta um comportamento bom para utilização como fundação, uma vez que os valores de CBR obtidos são consideravelmente superiores aos recomendados pelas especificações.

3.3 CBR DE PROJETO (CBR_p)

Para a determinação do valor do CBR_p, aplica-se aos dados obtidos nos ensaios laboratoriais um tratamento estatístico. O mesmo considera que para se obter 90% de confiança de que não ocorreram valores de CBR menores que o de projeto, deve-se calculá-lo de acordo com a equação 01, disposta na IP-04/2004.

$$CBR_p = CBR_m - \left(\frac{S \times t_{0,90}}{\sqrt{n - 1}} \right)$$

equação (01)

Em que: CBR_m – média aritmética dos CBRs das 'n' amostras ensaiadas;
S – Desvio Padrão;

$t_{0,90}$ – coeficiente relativo ao intervalo de confiança de 90%, de acordo com tabela 04;

n – número de amostras ensaiadas;

f – frequência com que ocorrem os valores de CBR;

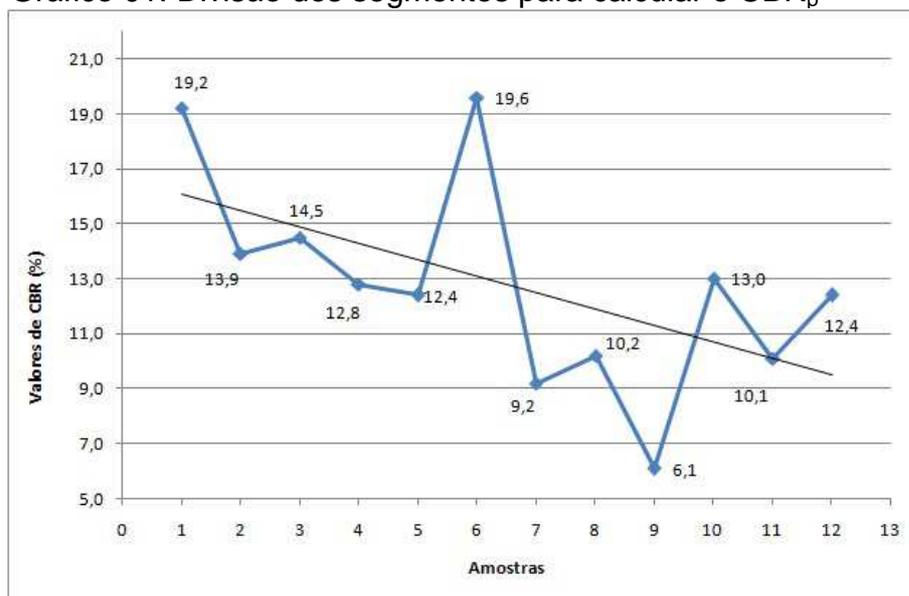
Tabela 04 – Distribuição 't' de Student

n-1	$t_{0,90}$	n-1	$t_{0,90}$	n-1	$t_{0,90}$	n-1	$t_{0,90}$
1	3,08	11	1,36	21	1,32	40	1,30
2	1,89	12	1,36	22	1,32	60	1,30
3	1,64	13	1,35	23	1,32	120	1,29
4	1,53	14	1,34	24	1,32	∞	1,28
5	1,48	15	1,34	25	1,32		
6	1,44	16	1,34	26	1,32		
7	1,42	17	1,33	27	1,31		
8	1,40	18	1,33	28	1,31		
9	1,38	19	1,33	29	1,31		
10	1,37	20	1,32	30	1,31		

Fonte: SANTOS (2013).

Com os valores de Capacidade de Suporte, encontrados pelos ensaios de CBR, gerou-se um gráfico (01) com os valores dos mesmos para o trecho, e desta forma, pôde-se definir o comportamento do solo e classificá-los quanto a características semelhantes.

Gráfico 01: Divisão dos segmentos para calcular o CBR_p



Fonte: A autora (2013).

Analisando o gráfico 01, verifica-se que o comportamento, quanto a Capacidade de Suporte do solo, permanece constante na maior parte do segmento, com exceção das amostras AM01, AM06 e AM09. Desta forma, aplicando a equação 01, define-se como CBR_p o valor de 11,27%.

Com o valor do CBR_p definido, observa-se que existem trechos com valores inferiores ao determinado. Desta maneira, optou-se em calcular a estrutura do pavimento de três maneiras, para avaliar o comportamento da estrutura mais técnica e economicamente viável.

1. Utilizando o valor de CBR_p definido pela equação 01;
2. Utilizando a pior situação, encontrada na AM09, conforme tabela 03;
3. Utilizando o CBR da amostra AM07, que é a segunda pior situação conforme tabela 03, para verificar se o pavimento obtido seria compatível ao calculado com o CBR_p , evitando assim maior número de remoções e substituições.

3.4 DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO

Para Pinto e Preussler (2002, p.171), as espessuras dos revestimentos betuminosos, visam proteger as bases, especialmente as granulares, dos esforços ocasionados pelo tráfego. Tanto a espessura, quanto a qualidade do revestimento influenciam no comportamento da estrutura que compõe o pavimento, principalmente, quanto aos esforços de tração sob repetição de cargas nas camadas superiores.

As espessuras mínimas de revestimento betuminoso estão associadas ao número N, de acordo com a tabela 05.

Tabela 05: Espessura mínima do revestimento Betuminoso

N	Espessura mínima de Revestimento Betuminoso
$N \leq 10^6$	Tratamento superficial
$10^6 < N \leq 5 \times 10^6$	Revestimento betuminoso com 5,0 cm de espessura
$5 \times 10^6 < N \leq 10^7$	Concreto betuminoso com 7,5 cm de espessura
$10^7 < N \leq 5 \times 10^7$	Concreto betuminoso com 10,0 cm de espessura
$N > 5 \times 10^7$	Concreto betuminoso com 12,5cm de espessura

Fonte: BRASIL (2006, p. 147).

Pelo número N, constante na tabela 05, a espessura recomendada para o revestimento é de 10,0cm para o segmento estudado no presente trabalho.

Conforme os dados de Brasil (2006, p. 150), os Coeficientes Estruturais utilizados no dimensionamento das camadas de base e sub-base para materiais granulares, permitem que se faça uma relação entre os diferentes materiais granulares utilizados como camadas de um pavimento.

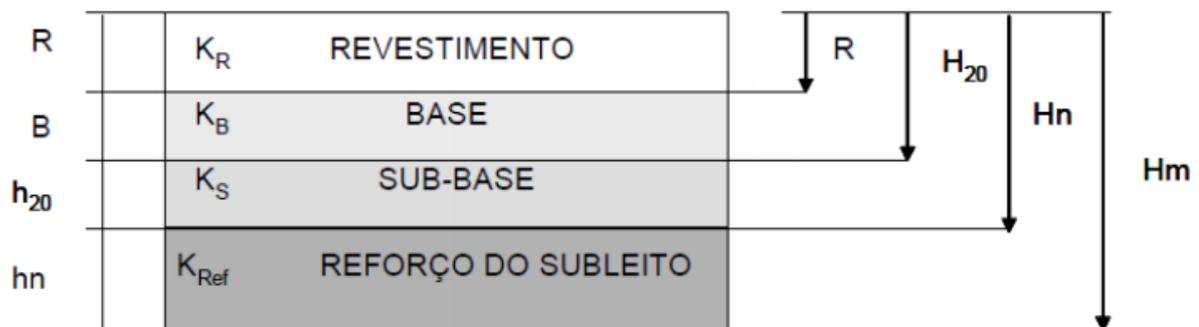
Portanto, os coeficientes estruturais de equivalência adotados no dimensionamento pelo Método do DNER (1979) foram:

Revestimento	$K_R = 2,00$
Base	$K_B = 1,00$
Sub-base	$K_S = 1,00$

A espessura mínima a adotar para compactação de camadas granulares é de 15cm. Para efeitos de cálculo, caso o CBR da sub-base seja superior a 20%, adota-se como valor máximo 20%;

Na definição das espessuras das camadas, são adotados os símbolos mostrados na figura 02:

Figura 02: Camadas do Pavimento



Fonte: BRASIL (2006, p. 149)

- Em que:
- K_R – Coeficiente de equivalência estrutural do Revestimento;
 - R – Espessura do Revestimento;
 - K_B – Coeficiente de equivalência estrutural da base;
 - B – Espessura da base;
 - H_{20} – Espessura de pavimento necessária para proteger a sub-base;
 - K_S - Coeficiente de equivalência estrutural da sub-base;

h_{20} - Espessura da sub-base;

H_n - Espessura de pavimento necessária para proteger o reforço do subleito;

K_{ref} - Coeficiente de equivalência estrutural do reforço de subleito;

h_n - Espessura do reforço do subleito;

H_m - Espessura total de pavimento necessária para proteger o subleito.

As espessuras H_{20} , H_n e H_m do pavimento podem ser determinadas através da equação 02:

$$H_t = 77,67 \times N^{0,0482} \times CBR^{-0,598} \quad \text{equação (02)}$$

Uma vez determinados os valores para H_{20} , H_n e H_m , através da equação 02, e a espessura do revestimento através da tabela 05, é possível determinar as espessuras da base (B), Sub-base (h_{20}) e Reforço do Subleito (h_n), quando necessário. No presente trabalho não houve necessidade de reforçar o subleito devido Capacidade de Suporte do subleito apresentar um valor de 11,27%.

Base $R \times K_R + B \times K_B > H_{20} \times 1,20$ inequação (01)

Sub-base $R \times K_R + B \times K_B + h_{20} \times K_S > H_m$ inequação (02)

Na inequação 01, de acordo com Santos (2013, p.8), para $N > 10^7$, recomenda-se multiplicar H_{20} por 1,20.

Segundo Brasil (2006, p. 146), para o dimensionamento dos acostamentos não se dispõe de dados seguros, porém sua espessura está condicionada à da pista de rolamento, realizando-se reduções apenas na camada de revestimento e mantendo a estrutura de base e sub-base, iguais às da pista de rolamento. A adoção nos acostamentos da mesma estrutura da pista de rolamento tem efeitos benéficos e simplifica os problemas de drenagem.

3.4.1 DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO UTILIZANDO O CBR_p

Com CBR_p e o número N definidos, pode-se aplicar os dados do estudo na equação 02, e inequações 01 e 02 para dimensionamento do pavimento.

- Espessura do Revestimento (R) - Concreto Betuminoso

R = 10,0cm (tabela 05)

- Espessura da Camada de Base (B)

$$H_t = 77,67 \times N^{0,0482} \times CBR_{\text{sub-base}}^{-0,598}$$
$$H_t = 77,67 \times (2,23 \times 10^7)^{0,0482} \times (20)^{-0,598}$$
$$H_t = 29,27\text{cm}$$

$$R \times K_R + B \times K_B > H_{20} \times 1,20$$
$$10 \times 2,00 + B \times 1,00 > 29,27 \times 1,20$$

B > 15,12 cm (Espessura de Cálculo)
Adotado: B = 15,50 cm

- Espessura da Camada de Sub-base (h_{20})

$$H_m = 77,67 \times N^{0,0482} \times CBR_{\text{subleito}}^{-0,598}$$
$$H_m = 77,67 \times (2,23 \times 10^7)^{0,0482} \times (11,27)^{-0,598}$$
$$H_m = 41,25 \text{ cm}$$

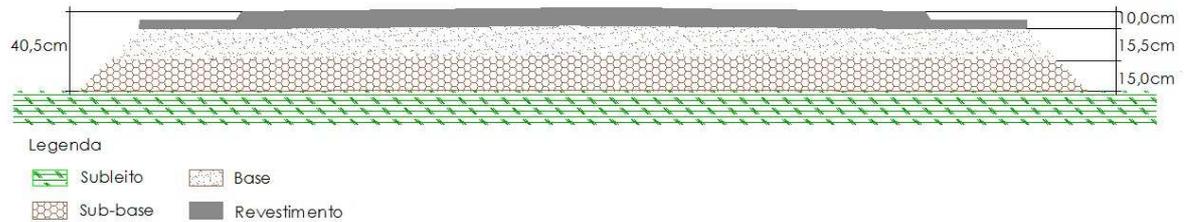
$$R \times K_R + B \times K_B + h_{20} \times K_S > H_m$$
$$10 \times 2,00 + 15,12 \times 1,00 + h_{20} \times 1,00 > 41,25$$
$$h_{20} > 6,13 \text{ cm}$$

Segundo método do DNER, a espessura mínima a ser adotada para camadas granulares é de 15,00 cm, portanto $h_{20} = 15,00 \text{ cm}$.

Adotado: $h_{20} = 15,00 \text{ cm}$

Espessura total do Pavimento: 10,00 + 15,50 + 15,00 = 40,50cm

Figura 03: Espessuras das camadas do Pavimento



Fonte: A autora (2013).

3.4.2 DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO UTILIZANDO O CBR PARA A PIOR SITUAÇÃO: CBR DE 6,1%

Ao dimensionar a estrutura do pavimento com o valor de CBR da pior situação, localizado na estaca 17+480-01, objetivou-se demonstrar que nesta condição, o pavimento resultaria em um valor desfavorável economicamente. Desta maneira, com o auxílio da Ferramenta Computacional, criada por Lemos (2013), calculou-se o pavimento para esta condição, gerando as espessuras abaixo descritas:

- Espessura do Revestimento (R) - Concreto Betuminoso.

$$R = 10,0\text{cm (tabela 05)}$$

- Espessura da Camada de Base (B)

$$B > 15,12 \text{ cm (Espessura de Cálculo)}$$

$$\text{Adotado: } B = 15,50 \text{ cm}$$

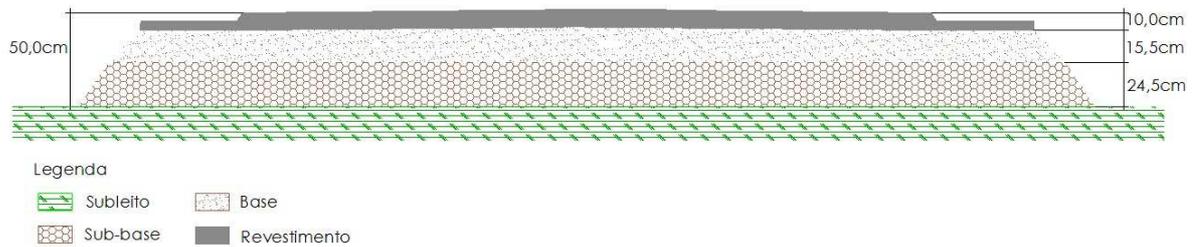
- Espessura da Camada de Sub-base (h_{20})

$$h_{20} > 24,42 \text{ cm (Espessura de Cálculo)}$$

$$\text{Adotado: } h_{20} = 24,50 \text{ cm}$$

$$\text{Espessura total do Pavimento: } 10,00 + 15,50 + 24,50 = 50,00\text{cm}$$

Figura 04: Espessuras das camadas do Pavimento



Fonte: A autora (2013).

Observa-se que dimensionando o pavimento com o CBR da pior situação encontrada, há um aumento de aproximadamente 10,00 cm na camada de sub-base, em relação ao pavimento dimensionado com o CBR_p , tornando-se, economicamente, a solução para execução mais elevada.

3.4.3 DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO UTILIZANDO CBR de 9,2%

Após ter-se dimensionado o pavimento para a pior situação, fez-se o mesmo, para a segunda pior, ou seja, amostra com CBR de 9,2%, localizada na estaca 16+680. Isto foi feito, para se realizar um comparativo com os valores obtidos para o CBR_p . Utilizando a ferramenta gerada por Lemos (2013), obteve-se os valores:

- Espessura do Revestimento (R) - Concreto Betuminoso.

$$R = 10,0\text{cm (tabela 05)}$$

- Espessura da Camada de Base (B)

$$B > 15,12 \text{ cm (Espessura de Cálculo)}$$

$$\text{Adotado: } B = 15,50 \text{ cm}$$

- Espessura da Camada de Sub-base (h_{20})

$$h_{20} > 11,45 \text{ cm (Espessura de Cálculo)}$$

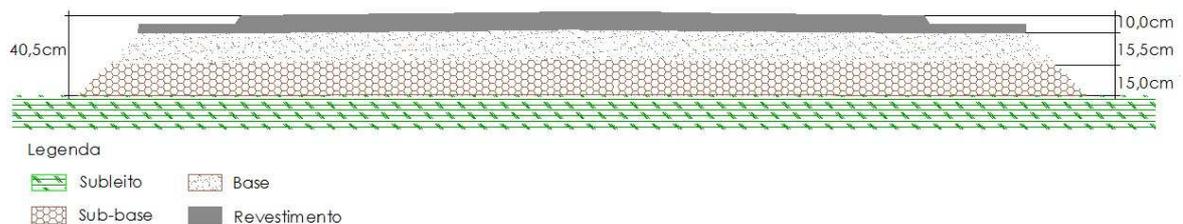
$$\text{Adotado: } h_{20} = 15,00 \text{ cm}$$

Segundo método do DNER (1979), a espessura mínima a ser adotada para camadas granulares é de 15,00 cm, portanto $h_{20} = 15,00$ cm.

Adotado: $h_{20} = 15,00$ cm

Espessura total do Pavimento: $10,00 + 15,50 + 15,00 = 40,50$ cm

Figura 05: Espessuras das camadas do Pavimento (cm)

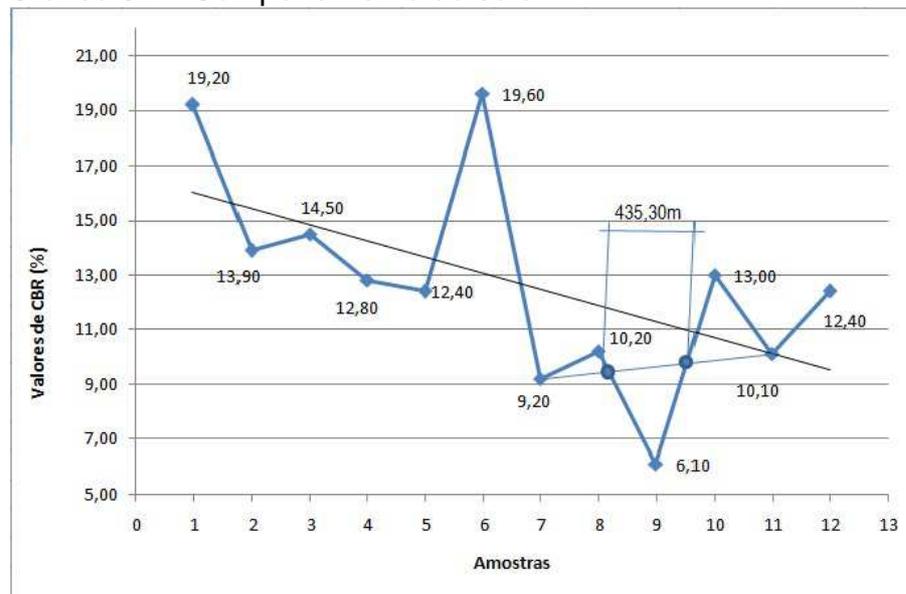


Fonte: A autora (2013).

Observa-se que a estrutura calculada com o CBR de 9,2% é idêntica à calculada para o CBR_p . A fim de evitar maior número de remoções optou-se por definir, como CBR de projeto, o valor de 9,2%.

Adotando-se como CBR de projeto o valor de 9,2%, conforme gráfico 01, pode-se observar que entre a estaca 16+680 e a estaca 17+740 há necessidade de remoção do solo o qual, deverá ser substituído por outro com características iguais ou superiores ao adotado. Por esta análise, traçou-se uma reta conforme o gráfico 02, entre o ponto de CBR 9,2% e o imediatamente superior de 10,1%, considerando que o material compreendido entre as interseções dos trechos retos com CBR superiores teriam o mesmo comportamento. Obteve-se assim uma extensão de 435,30 metros cujo solo deve ser substituído

Gráfico 02 – Comportamento do solo



Fonte: A autora (2013).

4 ORÇAMENTAÇÃO

Orçar é quantificar os materiais e serviços necessários para execução de determinado trabalho. Os orçamentos devem ser detalhados, contendo todos os custos de materiais, transportes, mão de obra, equipamentos, mobilização e demais itens que geram despesas ao executor.

Para o presente trabalho adotou-se como 11,00 metros a largura do pavimento, considerando 3,50 metros a largura da pista e 2,00 metros a largura dos acostamentos.

Para a composição da planilha quantitativa e orçamentária utilizou-se os valores de preços, constantes do Referencial de Preços de Obras Rodoviárias do DEINFRA, cuja última edição foi a de Agosto de 2010. Como os preços dos serviços e materiais, nesse período sofreram variações, os mesmos, devem ser atualizados. Portanto os preços unitários aplicados nas planilhas já estão atualizados, pela aplicação do fator de correção do período. Assim, calculou-se para os pavimentos obtidos, usando o CBR de 6,1% e 9,2% para obtenção do custo final de execução de ambos. Os resultados constam nos quadros 01 e 02.

Observa-se que o valor final do quadro 02, que prevê substituição de solo, ficou 9,50% menor em relação ao que não prevê substituição.

Quadro 01: Orçamento do Pavimento dimensionado com o CBR da pior situação

Ítem	Código	Descrição dos Serviços	Unid.	Quantid.	Preços Unit. (R\$)	Totais Parciais (R\$)
1 - PAVIMENTAÇÃO						
2.1	53010	Regularização do Subleito 100% Proctor Intermediária	m ²	68.123,00	1,26	85.765,70
2.2	53130	Camada de Macadame Seco (y = 1,90 T/M ³)	m ³	16.690,14	107,30	1.790.865,60
2.3	53190	Camada de Brita Graduada (y = 2,37 T/M ³)	m ³	10.559,07	152,39	1.609.148,58
2.4	53300	Imprimação - Taxa: 1,20L/m ²	m ²	68.123,00	3,56	242.590,01
2.5	53310	Pintura de Ligação – Taxa: 0,50L/m ²	m ²	68.123,00	1,06	72.538,88
2.6	53380	Camada Concreto Asfáltico Usinado à Quente Teor de 5,00% de CAP (y = 2,50 t/m ³)	T	13.934,25	202,56	2.822.555,83
TOTAL GERAL (R\$)					6.623.464,60	

Fonte: A autora (2013).

Quadro 02: Orçamento do Pavimento dimensionado visando remoções

Ítem	Código	Descrição dos Serviços	Unid.	Quantid.	Preços Unit. (R\$)	Totais Parciais (R\$)
1 – TERRAPLENAGEM						
1.1	50090	Escavação Carga e Transp. de Mat. Clas. 1CAT 400<DMT<=500M	m ³	2.872,98	7,87	22.624,06
1.2	50200	Escavação Carga e Transp. de Mat. Clas. 1CAT 2000<DMT<=2500M	m ³	2.872,98	17,38	49.933,39
1.3	52010	Compactação de Aterros 100% Proctor Normal	m ³	2.872,98	4,26	12.226,62
2 – PAVIMENTAÇÃO						
2.1	53010	Regularização do Subleito 100% Proctor Intermediária	m ²	68.123,00	1,26	85.765,70
2.2	53130	Camada de Macadame Seco (y = 1,90 t/m ³)	m ³	10.218,45	107,30	1.096.448,33
2.3	53190	Camada de Brita Graduada (y = 2,37 t/m ³)	m ³	10.559,07	152,39	1.609.148,58
2.4	53300	Imprimação - Taxa: 1,20L/m ²	m ²	68.123,00	3,56	242.590,01
2.5	53310	Pintura de Ligação - Taxa: 0,50L/m ²	m ²	68.123,00	1,06	72.538,88
2.6	53380	Camada Concreto Asfáltico usinado à Quente com Teor de 5,00% de CAP (y = 2,50 t/m ³)	T	13.934,25	202,56	2.822.555,83
TOTAL GERAL (R\$)					6.013.831,40	

Fonte: A autora (2013).

CONCLUSÃO

O estudo do subleito, do trecho de rodovia em implantação, propiciou o conhecimento das características do solo sobre o qual o pavimento se apoiará. Para o dimensionamento do pavimento, foram utilizados os valores reais obtidos nos ensaios laboratoriais, aplicando-se o Método do DNER, para obtenção das espessuras das camadas do mesmo.

Determinando o CBR_p , pela equação 01, obteve-se o valor de 11,27%. Este valor está representado no gráfico 01, o qual identifica vários segmentos com CBR inferior ao calculado ao longo do trecho, cujos solos teriam que ser substituídos. Refez-se os cálculos do CBR, para o valor de 9,2%, com a finalidade de comparar as estruturas do pavimento entre ambos. O resultado obtido foi que de quatro substituições necessárias, reduziu-se para uma, já que não houve alterações na estrutura do pavimento.

Com isto, o novo CBR_p passou a ser o valor de 9,2%. Assim para se saber o menor custo executivo dos pavimentos obtidos pelo dimensionamento com o uso do menor CBR, de 6,2%, e o de Projeto adotado, orçou-se os dois. O resultado obtido foi que, o CBR_p apresentou-se 9,50% mais econômico.

O pavimento final adotado para execução está orçado em R\$ 971.069,17 por quilômetro de estrada.

As conclusões do trabalho demonstram o quão importante é o estudo do subleito para a definição da opção mais econômica, sem diminuição da qualidade da obra, resultando despesas desnecessárias à contratante.

6 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Amstras de Solo – Preparação para ensaios de Compactação e ensaios de Caracterização: NBR 6457.** Rio de Janeiro, 1986.

BRASIL. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **DNIT 164/2013-ME.** Solos – Compactação utilizando amostras não trabalhadas – Método de Ensaio. Rio de Janeiro, 2013.

BRASIL. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de estradas e

Rodagens. **DNER ME 049/94**. Solos – Determinação do índice de suporte Califórnia para amostras não trabalhadas – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1994.

BRASIL. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de estradas e Rodagens. **DNER ME 122/94**. Solos - determinação do estado de limite de liquidez – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1994.

BRASIL. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de estradas e Rodagens. **DNER ME 082/94**. Solos - determinação do limite de plasticidade – Método de ensaio. Rio de Janeiro. 1994.

BRASIL. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de estradas e Rodagens. **DNER ME 080/94**. Solos – Análise granulométrica por peneiramento – Método de Ensaio. Rio de Janeiro. 1994.

BRASIL. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de Pavimentação**, 3. ed. – Rio de Janeiro, 2006.

DEINFRA – Departamento Estadual de Infraestrutura. **Referencial de Preços e Obras Rodoviárias**. Santa Catarina, 2010

LEMOS, Jeanderson Rodrigues. **Desenvolvimento de ferramenta computacional para dimensionamento de pavimentos pelos Métodos do DNER e da Resiliência**. 2013. TCC (Curso de Engenharia Civil) – Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma.

PINTO, Salomão; PREUSSLER, Ernesto. **Pavimentação Rodoviária: conceitos fundamentais sobre pavimentos flexíveis**, 2ª ed., Rio de Janeiro, Copiarte Copiadora e Artes Gráficas Ltda., 2002.

Prefeitura Municipal de São Paulo. **Dimensionamento de pavimentos flexíveis para o tráfego leve e médio**. IP-04/2004. São Paulo, 2004.

PROSUL. Projetos, Supervisão e Planejamento Ltda. **Revisão do projeto de engenharia para Implantação e Pavimentação da Rodovia SC-447 e contorno de Lauro Muller, volume 1.1: Relatório de Projeto** – Santa Catarina, 2012.

PROSUL. Projetos, Supervisão e Planejamento Ltda. **Revisão do projeto de engenharia para Implantação e Pavimentação da Rodovia SC-447 e contorno de Lauro Muller, volume 2.1: Projeto de Execução** – Santa Catarina, 2012.

SANTOS, Adailton Antônio dos. **Métodos de Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis**. Apostila da disciplina de Pavimentação. Criciúma, 2013.

SANTOS, Adailton Antônio dos. **Determinação do CBR (ISC) de projeto**. Apostila da disciplina de Pavimentação. Criciúma, 2013.

SENÇO, Wlastermiler de. **Manual de técnicas de pavimentação, volume I - 1^a ed.** - São Paulo: Pini, 1997.

SOUZA, Murillo Lopes de. **Método de projeto de pavimentos flexíveis – 3^a Ed.** rev. e atual. Rio de Janeiro, IPR., 1981.