



CAPITÃO LEÔNIDAS MARQUES - PR
Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Urbano
Departamento de Engenharia

RECAPEAMENTO EM CBUQ EM VIAS URBANAS

Bairro Primavera

2025



CAPITÃO LEÔNIDAS MARQUES - PR
Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Urbano
Departamento de Engenharia

IDENTIFICAÇÃO DO PROJETO

IDENTIFICAÇÃO

PROJETO: Recapeamento em CBUQ sobre pavimentação poliédrica e urbanização
PROPRIETÁRIO: Prefeitura Municipal de Capitão Leônidas Marques - PR
RESPONSÁVEL PELO PROJETO E FISCALIZAÇÃO: Eng. Civil Jean Carlos Gibbert

DESCRIÇÃO E OBJETO

Execução de recapeamento sobre pavimento poliédrico em diversas ruas urbanas do bairro Primavera. Revestimento este que será executado com Concreto Betuminoso Usinado a Quente (C.B.U.Q.), compreendendo os serviços de: Limpeza e lavagem da pista, pintura de ligação com emulsão RR-1C e reperfilamento asfáltico de 3cm e capa de 3cm em C.B.U.Q faixa "D" em toda a extensão do projeto, com vibro-acabadora objetivando a melhoria das condições de tráfego e da qualidade de vida da população local. Com sinalização horizontal e vertical. Revitalização do passeio público, com renovação do meio-fio, calçadas em paver, piso podotátil, retirada de árvores, pinturas e reconstruções.

LOCALIZAÇÃO

Descrição da rua (entre trechos)	Trecho
Rua Everson Leandro Magnabosco (entre Rua Ricieri Sartori e Rua Everson Leandro Magnabosco +372m)	1
Rua Ronie W. de Andrade (entre Rua Anderson Roque dos Anjos e Rua Guarajá)	2
Rua Anderson Roque dos Anjos (entre Rua Jacob Luis Backs e Rua Edvino Fritz)	3
Rua Ricieri João Sartori (entre Rua Edvino Fritz e Rua Jacob Luis Backs)	4
Rua Jacob Luis Backs (entre Rua Anderson Roque dos Anjos e Rua Ricieri João Sartori)	5
Rua Balduino Weiss (entre Rua Gameleira e Rua Balduino Weiss +132m)	6
Rua Gameleira (entre Rua Riciere Sartori e Rua Guarajá)	7
Rua Marumbi (entre Avenida Tibagi e Rua Professor Laurindo Parmegiani)	8
Rua Londrina (entre Rua Arlindo Schmidt e Avenida Tibagi)	9
Rua Londrina (entre Rua Professor Laurindo Parmegiani e Rua Pinheiro)	10
Travessa Arlindo Schmidt (entre Rua Londrina e Rua Guarajá)	11

ALTERNATIVA SELECIONADA/DIMENSIONAMENTO

Foram escolhidas as alternativas com o melhor custo-benefício considerando o tipo de pavimento existente e a existência de usinas na região. Optou-se pelo reperfilamento de 3cm e após isso revestimento "faixa D" C.B.U.Q. com 3,0 cm.



MEMORIAL DE CÁLCULO

1. GENERALIDADES

O presente memorial é compreendido pela execução de recapeamento asfáltico em concreto betuminoso usinado a quente (C.B.U.Q) com uma camada final média de 6,00 cm.

Para a realização do cálculo das espessuras foi utilizado como referência o Manual de Pavimentação do DNIT, 2006.

2. OBRA

Os serviços de revestimento asfáltico sobre vias com pavimento poliédrico existente serão executadas com o asfalto do tipo Concreto Betuminoso Usinado a Quente com espessura mínima de 6,00 cm (compactado).

3. DIMENSIONAMENTO

3.1 Espessura mínima

Conforme o Manual de Pavimentação do DNIT, "A faixa da espessura mínima a adotar para os revestimentos betuminosos é um dos pontos ainda em aberto na engenharia rodoviária, quer se trate de proteger a camada de base dos esforços impostos pelo tráfego, quer se trate de evitar a ruptura do próprio revestimento por esforços repetidos de tração na flexão". O mesmo manual apresenta valores de espessuras recomendadas, apresentadas na tabela a seguir:

Tabela 1- Espessura mínima de revestimentos betuminosos

N	Espessura Mínima de Revestimento Betuminoso
$N \leq 10^6$	Tratamentos superficiais betuminosos
$10^6 < N \leq 5 \times 10^6$	Revestimentos betuminosos com 5,0cm de espessura
$5 \times 10^6 < N \leq 10^7$	Concreto betuminoso com 7,5cm de espessura
$10^7 < N \leq 5 \times 10^7$	Concreto betuminoso com 10,0cm de espessura
$N > 5 \times 10^7$	Concreto betuminoso com 12,5cm de espessura

FONTE: Manual de Pavimentação DNIT,2006.

Essa espessura mínima é aplicável para pavimentos novos, onde existem camadas de base e sub-base com capacidade de suporte previamente dimensionados para o tráfego considerado, portanto, não se aplica para recapeamento asfáltico sobre pavimentação poliédrica, como é o caso.



CAPITÃO LEÔNIDAS MARQUES - PR
Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Urbano
Departamento de Engenharia

Para a pavimentação poliédrica, deve-se seguir o Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos do DNIT, IPR-720, considerando a necessidade de uma camada de reforço da capacidade estrutural do pavimento.

Sabe-se que as pavimentações poliédricas seguem um padrão construtivo entre as diversas empresas que executam e também entre o passar do tempo. Diferentemente da solução convencional com base e sub-base com macadame e brita graduada simples, que conferem elevada capacidade estrutura, a pavimentação poliédrica inicia-se sobre a regularização e compactação do sub-leito, prosseguindo com uma camada de pedras irregulares com espessura em torno de 10cm, sendo essa considerada como camada de base para a futura pavimentação asfáltica.

Considerando a pequena espessura da camada de base da pavimentação poliédrica, torna-se necessário realizar ensaios posteriores. Um dos ensaios mais recomendados é o ensaio de "Viga Benkelmann". A equação da deflexão admissível para pavimentos flexíveis é dada pela relação empírica entre o tráfego equivalente (N) e a capacidade de suporte, expressa como:

$$\log D_{adm} = 3,01 - 0,176 \log N$$

Onde:

- D_{adm} : Deflexão Admissível em 0,01mm.
- N : Número de solicitações do eixo padrão de 8,2t.

Essa deflexão admissível é comparada com a deflexão característica (D_c) obtida no campo com a Viga Benkelmann para determinar a necessidade de reforço.

Recentemente, foi realizado no município, em diversas ruas, ensaio com viga Benkelmann. O ensaio resultou em deflexões características que variavam entre $103,0 \cdot 10^{-2}$ mm a $117,10 \cdot 10^{-2}$ mm (acima da deflexão admissível), resultando na **NECESSIDADE DE UMA ESPESSURA DE REFORÇO**, em CBUQ. Como o TST possui coeficiente estrutural nulo e não tem capacidade de reduzir deflexões ou absorver esforços de tração na flexão, o seu uso é tecnicamente inviável para este cenário.

3.2 NÚMERO "N"

O pavimento é dimensionado em função do número equivalente (N) de operações de um eixo tomado como padrão, no caso para pavimentos flexíveis o Método do DNER adota o eixo com carga de 8,2tf (18.000lb), durante o período de projeto escolhido.

- Volume Médio Diário de Tráfego:

Sendo V_1 o volume médio diário de tráfego no ano de abertura, num sentido e admitindo-se uma taxa $t\%$ de crescimento anual, em progressão aritmética, o volume médio diário de tráfego, V_m , (num sentido) durante o período de P anos, é:



CAPITÃO LEÔNIDAS MARQUES - PR
Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Urbano
Departamento de Engenharia

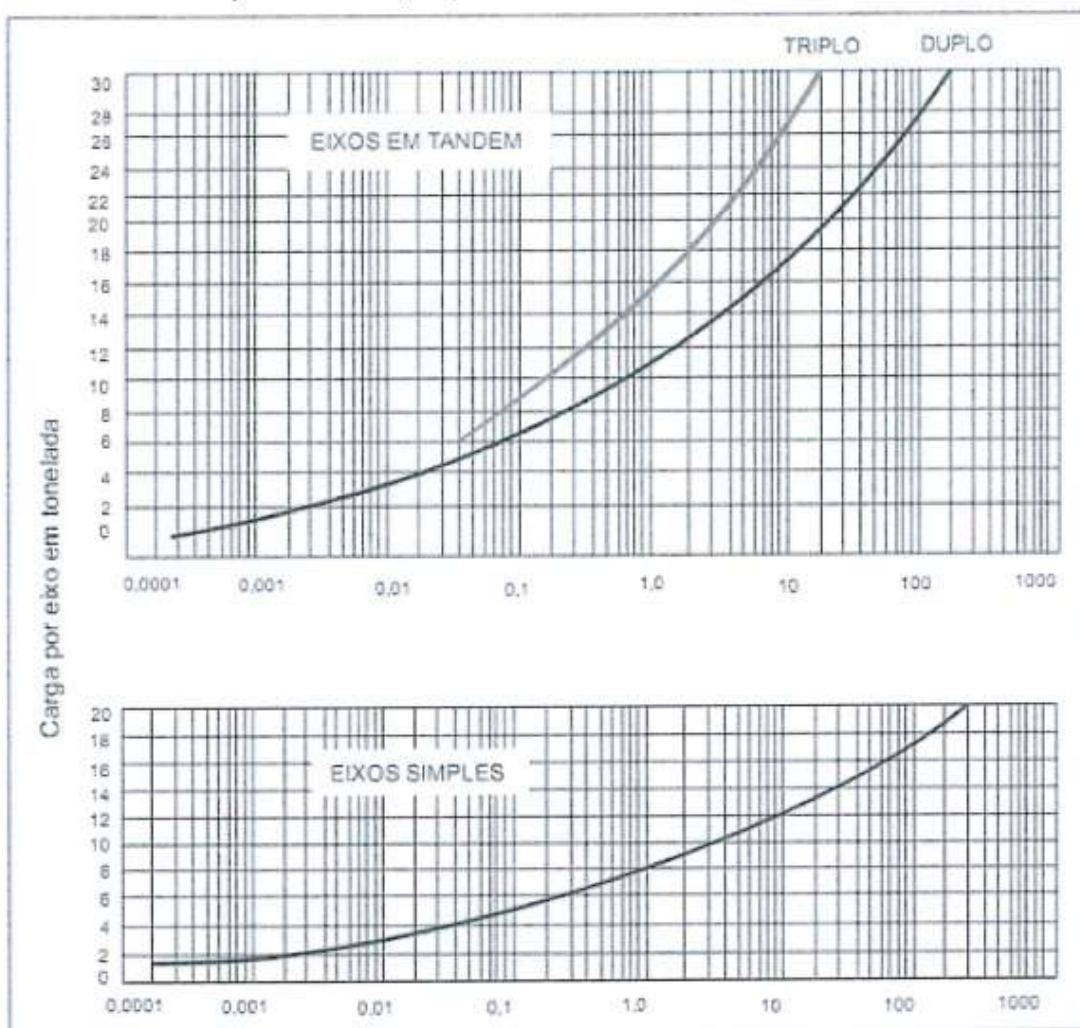
$$Vm = V1 \left(\frac{2 + \frac{(P-1)t}{100}}{2} \right)$$

O volume total de tráfego, (num sentido) durante o período P, Vt, será:

$$Vt = 365 \cdot P \cdot Vm$$

- **Fator de Veículo (FV):** O fator de veículo (FV) é obtido pela multiplicação do fator de eixo (FE) e do fator de carga (FC). Para o cálculo de FE, FC e FV é necessário conhecer a composição de tráfego e os fatores de equivalência são obtidos através do ábaco a seguir:

Tabela 2 - Fatores de equivalência de Operação



Fonte: Manual de Pavimentação DNIT, 2006.

O fator do eixo (FE): É a determinação do número de eixos correspondentes:

2 eixos -> x% - 3 eixos -> y% - 4 eixos -> z%.



CAPITÃO LEÔNIDAS MARQUES - PR
Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Urbano
Departamento de Engenharia

$$FE = 2x + 3y + 4z$$

Os fatores de veículo para automóveis e caminhões leves (embora calculáveis, são desprezíveis, interessando especialmente os fatores para caminhões médios, pesados e reboques e semi-reboques.

- **Fator Climático Regional:** Para levar em conta as variações de umidade dos materiais do pavimento durante as diversas estações do ano, o número equivalente de operações do eixo-padrão ou parâmetro de tráfego, N, deve ser multiplicado por um coeficiente (FR). Tem-se adotado $FR = 1,0$ face aos resultados de pesquisas desenvolvidas no IPR/DNER.

A definição do parâmetro de tráfego (número "N") foi baseada numa medição de tráfego estimativa que nos permitiu saber o número de veículos que transitam nas vias.

Em anexo, consta contagem realizada em Agosto/2023 pelo responsável técnico Fernando Guth, com a ART nº 1720234166200, em uma via urbana municipal classificada como coletora, possuindo volume de tráfego de leve a médio, sendo possível considerar como similar às ruas aqui dimensionadas.

O levantamento resultou na seguinte contagem de veículos.

Dados							
Cliente: Prefeitura de Capitão Leônidas Marques			Local da Contagem: Rua Pedro Dallabrida		Data da contagem: 26/07/2023		
	Veículos Leves	Ônibus	Caminhões			Total	Volume por Hora
	Autos, motos, caminhonetes	2C	2C	3C	2S2		
Hora							
Total	778	4	22	14	5	823	

Os fatores de veículo para automóveis e caminhões leves (embora calculáveis) são desprezíveis, interessando especialmente os fatores para caminhões médios, pesados e reboques e semirreboques.

Essa contagem foi realizada no período das 7h até 19h, compreendendo o período de maior fluxo de veículos no dia, podendo ser utilizado, de maneira aproximada, como o volume de veículos diário.

Com base nas equações de regressões das curvas originais do USACE e adotando os pesos de 6,6t, 11t e 18,7t (que embutem a tolerância legal de 10% sobre o peso máximo) para cada tipo de eixo dianteiro simples, traseiro simples e tandem duplo, respectivamente.



CAPITÃO LEÔNIDAS MARQUES - PR
Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Urbano
Departamento de Engenharia

Tabela 42 - Fatores de equivalência de carga do USACE

Tipos de eixo	Faixas de Cargas (t)	Equações (P em tf)
Dianteiro simples e traseiro simples	0 – 8	$FC = 2,0782 \times 10^{-4} \times P^{4,0175}$
	≥ 8	$FC = 1,8320 \times 10^{-6} \times P^{6,2542}$
Tandem duplo	0 – 11	$FC = 1,5920 \times 10^{-4} \times P^{3,472}$
	≥ 11	$FC = 1,5280 \times 10^{-6} \times P^{5,484}$
Tandem triplo	0 – 18	$FC = 8,0359 \times 10^{-5} \times P^{3,3549}$
	≥ 18	$FC = 1,3229 \times 10^{-7} \times P^{5,5789}$

P = peso bruto total sobre o eixo

	Autos	Ônibus 2C	Ônibus 2C	Caminhão 2C	Caminhão 2C	Caminhão 3C	Caminhão 3C	Caminhão 2S2	Caminhão 2S2	Caminhão 2S2
Volume médio diário anual (VMD)	823	4	4	22	22	14	14	5	5	5
% do tráfego total	94,42%	0,49%	0,49%	2,71%	2,71%	1,70%	1,70%	0,68%	0,68%	0,68%
Eixo		E1	E2	E1	E2	E1	E2E3	E1	E2	E3E4
Tipo Eixo		Simplex	Simplex	Simplex	Simplex	Simplex	Tandem Duplo	Simplex	Simplex	Tandem Duplo
P (Carga por eixo máxima)		6,6	11	6,6	11	6,6	18,7	6,6	11	18,7
FEC (P/ Carga máxima) USACE)		0,408	5,97	0,408	5,97	0,408	14,418	0,408	5,97	14,418
FV Categoria		6,378		6,378		14,826		20,796		
VMD * FV		25,512		140,316		207,564		103,98		
Total VMD*FV		477,372								

Para o cálculo final do número N, considerando distribuição igual entre cada faixa de trânsito ($F_d = 50\%$) e, considerando o período (P) de 10 anos, temos:

$$N = 365 \times P \times \sum (VMD \times FV) \times F_d$$

$$N = 365 * 10 * 477,372 * 50\%$$

$$N = 0,87 \cdot 10^6$$

Para esse valor de número N, calculamos a deflexão admissível máxima:

$$\log D_{adm} = 3,01 - 0,176 \log N$$

$$D_{adm} = 10^{(3,01 - 0,176 \log(0,87 \cdot 10^6))}$$

$$D_{adm} = 92,12 \cdot 0,01mm$$

Recentemente, foi realizado no município, em diversas ruas, ensaio com viga Benkelmann, sendo seguro afirmar que, para as pavimentações poliédricas, é comum ter deflexões na ordem de até $117,10 \cdot 10^{-2}mm$ (acima da deflexão admissível).

Considerando a correlação logarítmica da equação, para diminuirmos a deflexão característica para a deflexão admissível, podemos usar a seguinte equação para a espessura de reforço h_r , em cm:



CAPITÃO LEÔNIDAS MARQUES - PR
Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Urbano
Departamento de Engenharia

$$h_r = K \cdot \log \left(\frac{D_c}{D_{adm}} \right)$$

$$h_r = 40 \cdot \log \frac{117,1}{92,12} = 4,16 \text{ cm}$$

Este valor é o incremento de espessura estrutural que devemos acrescentar à camada da estrutura. Para o CBUQ, é comum adotar $K = 40$ como o fator de equivalência ou redução de deflexão do material de reforço.

Considerando a alta irregularidade, característica inerente das pavimentações poliédricas, será necessário realizar uma camada de reperfilamento asfáltico.

Considerando a recomendação dos manuais DNIT em que a espessura das camadas devem ser de no mínimo 2,5 vezes o Tamanho Nominal Máximo (TNM) da brita da faixa.

Considerando a definição de **Tamanho Nominal Máximo (TNM)**: É o tamanho de abertura de malha da peneira imediatamente acima da primeira peneira da série padronizada que retém mais de 10 % das partículas da amostra do agregado (% retida acumulada).

Considerando que para a faixa "D" do DER, de acordo com as especificações da norma do DER/PR ES-P 21/17, obtemos o valor de TNM = 12,7mm, o que resulta em uma camada em torno de 3,1cm.

Peneira de malha quadrada		Porcentagem passando, em peso					
ABNT	Abertura, mm	Faixa A	Faixa B	Faixa C	Faixa D	Faixa E	Faixa F
1 ½"	38,1	100	100	–	–	–	–
1"	25,4	95 – 100	90 – 100	100	–	–	–
¾"	19,1	80 – 100	–	90 – 100	100	100	–
½"	12,7	–	56 – 80	–	80 – 100	90 – 100	–
⅜"	9,5	45 – 80	–	56 – 80	70 – 90	75 – 90	100
n.º 4	4,8	28 – 60	29 – 59	35 – 65	50 – 70	45 – 65	75 – 100
n.º 10	2,00	20 – 45	18 – 42	22 – 46	33 – 48	25 – 35	50 – 90
n.º 40	0,42	10 – 32	8 – 22	8 – 24	15 – 25	8 – 17	20 – 50
n.º 80	0,18	8 – 20	–	–	8 – 17	5 – 13	7 – 28
n.º 200	0,075	3 – 8	1 – 7	2 – 8	4 – 10	2 – 10	3 – 10
Utilização como		Ligação		Rolamento			Reperfilagem
Variação do teor de ligante		4,0 – 5,5		4,5 – 6,0			5,0 – 6,5
Espessura máx., cm		6,0		5,0			3,0

Ainda, de acordo com este manual do DER, a faixa utilizada deve apresentar diâmetro máximo inferior a ⅔ da espessura da camada asfáltica. Para a faixa D do DER, o diâmetro máximo é de 19,1mm, resultando em uma espessura da camada mínima de 2,86cm.



CAPITÃO LEÔNIDAS MARQUES - PR
Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Urbano
Departamento de Engenharia

Conclui-se que, a melhor solução para atendendo a todos os critérios levantados acima, seria adotar uma camada de reperfilamento em CBUQ na faixa "D" de 3cm e, posteriormente, outra camada asfáltica em CBUQ de capa também na faixa "D", de 3cm.

Com tudo isso, chegamos a uma **espessura final de reforço de 6cm**.

A espessura da camada de CBUQ para as funções de reperfilagem geométricas, face as condições do acabamento da pista existente, foram estimadas observando a situação atual das pistas. O serviço de reperfilagem será realizado previamente ao recape asfáltico, com espessura suficiente para se recuperar o perfil geométrico original da pista.

O concreto betuminoso usinado a quente é o material que deverá ser utilizado para a camada de revestimento asfáltico, tanto na reperfilagem/tapa buraco (se necessário), bem como para a capa asfáltica.

A mistura asfáltica deverá ser executada em usina apropriada, composta de agregados minerais e cimento asfáltico de petróleo, espalhada e comprimida a quente.

Capitão Leônidas Marques - PR, 12 de maio de 2026

Eng. Civil Jean Carlos Gibbert

Responsável Técnico CREA-PR 167.999/D