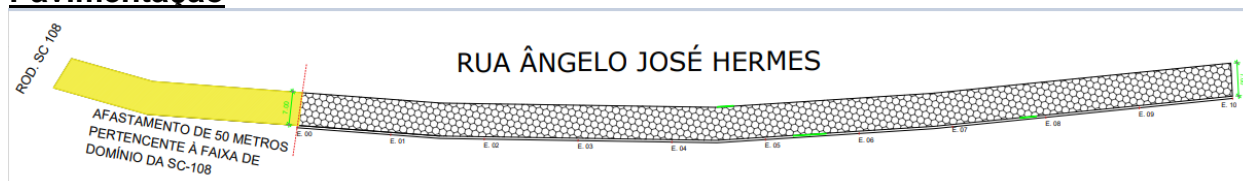




Memorial de cálculo

Venho através deste apresentar os cálculos executados para a obtenção dos valores expostos no orçamento da obra de drenagem e pavimentação da rua Ângelo José Hermes.

Pavimentação



No dimensionamento do pavimento os *dados foram estimados*, fazendo uso de valores médios para os parâmetros geotécnicos e de tráfego.

A espessura do pavimento poderá sofrer alterações, dependendo dos resultados obtidos “in Loco”.

Em vistoria ao local referente ao projeto desta rua, não foi observada patologias que caracterizassem baixo suporte do subleito, até mesmo por *se tratar de trecho já consolidado do município*.

O método utilizado para esta rua foi o modelo obtido no “IP-06 INSTRUÇÃO PARA DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS COM BLOCOS INTERTRAVADOS DE CONCRETO” do Município de São Paulo.

O procedimento descrito neste IP-06 tem base em pesquisas desenvolvidas na Austrália, África do Sul, Grã-Bretanha e nos Estados Unidos, bem como em observações laboratoriais e de pistas experimentais, nas quais o desempenho de pavimentos em serviço foi acompanhado. Seu desenvolvimento foi efetuado pelo Corpo de Engenheiros do Exército Americano (USACE).

É uma evolução do método USACE, de pavimentos flexíveis, levando em conta o intertravamento dos blocos, pressupondo uma resistência crescente das camadas, a partir do subleito, de modo que as deformações por cisalhamento e por consolidação dos materiais sejam pequenas, a ponto de reduzir ao mínimo as deformações verticais permanentes (trilhas de roda).

Em função da classificação da via em estudo e de seu respectivo número de solicitações do eixo simples padrão “N”, bem como do valor do índice de Suporte Califórnia (CBR) do subleito, é determinada, através da Figura 6.3, a espessura de material puramente granular (HBG) correspondente à camada de base assentada sobre o subleito.

Recomenda-se, também, que as espessuras mínimas para camadas de base sejam de:

- 15 cm para materiais puramente granulares;
- 10 cm para materiais tratados com cimento;

Os blocos pré-moldados do revestimento devem atender, neste método, a espessura mínima de 8 cm, chegando a 10 cm para as condições mais severas de carregamento, o que deve ser julgado pelo projetista em cada situação.



Estudo de tráfego:

A rua em questão por apresentar características as quais é prevista a passagem de caminhões e Ônibus em número de 21 a 100 por dia, por faixa de tráfego, assim sendo considerado como tráfego médio, caracterizado por número "N" típico de 5×10^5 solicitações do eixo simples padrão (8,2t) para o período de projeto de 10 anos. Conforme tabela abaixo.

Classificação das vias e parâmetros de tráfego

Função predominante	Tráfego previsto	Vida de projeto	Volume inicial faixa mais carregada		Equivalente / Veículo	N	N característico
			Veículo Leve	Caminhão/ Ônibus			
Via local	LEVE	10	100 a 400	4 a 20	1,50	$2,70 \times 10^4$ a $1,40 \times 10^5$	10^5
Via Local e Coletora	MÉDIO	10	401 a 1500	21 a 100	1,50	$1,40 \times 10^5$ a $6,80 \times 10^5$	5×10^5
Vias Coletoras e Estruturais	MEIO PESADO	10	1501 a 5000	101 a 300	2,30	$1,4 \times 10^6$ a $3,1 \times 10^6$	2×10^6
	PESADO	12	5001 a 10000	301 a 1000	5,90	$1,0 \times 10^7$ a $3,3 \times 10^7$	2×10^7
	MUITO PESADO	12	> 10000	1001 a 2000	5,90	$3,3 \times 10^7$ a $6,7 \times 10^7$	5×10^7
Faixa Exclusiva de Ônibus	VOLUME MÉDIO	12		< 500		3×10^6 ⁽¹⁾	10^7
	VOLUME PESADO	12		> 500		5×10^7	5×10^7

N = valor obtido com uma taxa de crescimento de 5% ao ano, durante o período de projeto.

Lajota sextavada:

Nesta rua será adotada a utilização de pavimento com lajota sextavada com espessura de 10 cm. Conforme tabela abaixo:

TRÁFEGO	ESPESSURA REVESTIMENTO	RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO SIMPLES
$N \leq 5 \times 10^5$	6,0 cm	35 MPa
$5 \times 10^5 < N < 10^7$	8,0 cm	35 a 50 MPa
$N > 10^7$	10,0 cm	50 MPa

Dados Geotécnicos:

Para a rua em questão foi adotado um CBR para o subleito igual a 6,00%.

Para a determinação da espessura (e) da base do pavimento em questão, utilizou-se a tabela abaixo com as informações estabelecidas anteriormente.



Figura 6.3

Espessura necessária de base puramente granular (H_{BG}) - Procedimento B

N.º de Solicitações equivalente do eixo padrão de 8,2 t (kN)	ESPESSURA DA BASE (H _{BG})										
	Valor do índice de Suporte Califórnia do Subleito										
	2	2,5	3	3,5	4	5	6	8	10	15	20
(10 ³)	27	21	17				Min. 15				
2 x 10 ³	29	24	20	17							
4 x 10 ³	33	27	23	19	17						
8 x 10 ³	36	30	25	22	19						
(10 ⁴)	37	31	26	23	20						
2 x 10 ⁴	41	34	29	25	22	17					
4 x 10 ⁴	44	37	32	28	24	19					
8 x 10 ⁴	48	40	35	30	27	21		17			
(10 ⁵)	49	41	36	31	28	22	18				
2x10 ⁵	52	44	38	34	30	24	19				
4x10 ⁵	56	47	41	36	32	26	21				
8x10 ⁵	59	51	44	39	34	28	23				
(10 ⁶)	60	52	45	40	35	29	23	16			
2x10 ⁶	64	55	47	42	38	30	25	17			
4x10 ⁶	68	58	50	45	40	33	27	19			
8 x 10 ⁶	71	61	53	47	42	34	29	20			
(10 ⁷)	72	62	54	48	43	35	30	21			

Tendo assim uma espessura da base de 21 centímetros.

Como já foi definido que será utilizado para a pavimentação, lajota sextavada com espessura de 10 cm, ficando assim uma espessura total do pavimento de 31 centímetros.

Como especificado na tabela abaixo, considerando que a base será de brita e areia.

Tabela 03 – Coeficiente de equivalência estrutural dos materiais

Coeficiente de Equivalência Estrutural dos Materiais	
Tipo de Material	Coeficiente Estrutural (K)
Base ou revestimento de concreto asfáltico	2,0
Base ou revestimento de concreto magro	2,0
Base ou revestimento pré-misturado a quente de graduação densa	1,8
Base ou revestimento pré-misturado a frio de graduação densa	1,4
Base ou revestimento asfáltico por penetração	1,2
Paralelepípedos	1,0
Camada de isolamento ou bloqueio	1,0
Base de brita graduada, macadame hidráulico e estabilizadas granulometricamente	1,0
Sub-bases granulares ou estabilizadas com aditivos	Variável
Reforço do subleito	Variável
Solo-cimento com resistência aos 7 dias superior a 4,5MPa (compressão)	1,7
Solo-cimento com resistência aos 7 dias entre 2,8 a 4,5MPa (compressão)	1,4
Solo-cimento com resistência aos 7 dias entre 2,1 a 4,5MPa (compressão)	1,2
Solo-cimento com resistência aos 7 dias inferior a 2,1 (compressão)	1,0
Areia	1,0

Ficará assim adotado as dimensões da base em 10 cm de areia e com uma sub-base de 11 cm com brita graduada.



Metragem quadrada da pavimentação:

São 10 estacas, sendo que cada estaca equivale a 20 metros, portanto $10 \times 20 = 200$ metros lineares.

A rua possui 7 metros de largura, portanto $200 \times 7 = \mathbf{1400 \text{ metros quadrados}}$.

Metragem cubica da base e sub base da pavimentação:

Metragem quadrada de pavimentação X altura da base/sub base

$(1.400,00 \times 0,10) = \mathbf{140 \text{ metros cúbicos de areia}}$;

$(1.400,00 \times 0,11) = \mathbf{154 \text{ metros cúbicos de brita graduada}}$;

Escavação:

Para se chegar à cota inferior do subleito e assim executar todas as camadas da pavimentação será necessário que seja feita a retirada de parte do solo, conforme calculo a baixo:

Metragem quadrada da pavimentação: 1.400,00 metros quadrados;

Altura total da pavimentação: 31 centímetros;

Portanto:

Metragem quadrada da pavimentação x espessura da pavimentação

$(1.400 \times 0,31) = \mathbf{434,00 \text{ m}^3 \text{ de solo retirado}}$.

Metragem linear do Meio Fio:

Comprimento linear da via x 2 lados + largura da via (Confinamento) x 2 lados.

$(200 \times 2) + (7 \times 2) = \mathbf{414 \text{ metros lineares de meio fio}}$;

Pintura do meio fio:

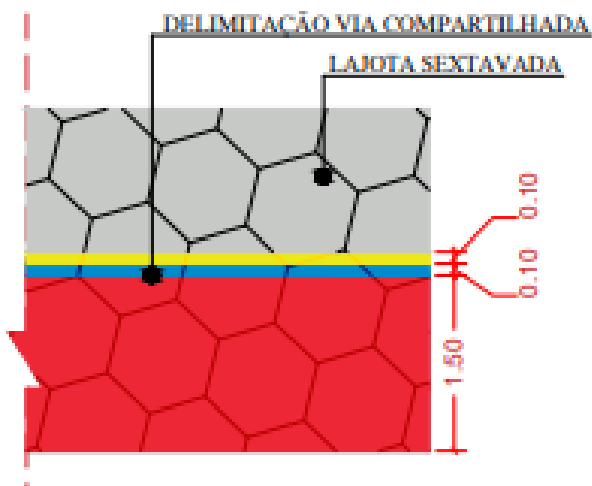
Comprimento linear da via x 2 lados.

$(200 \times 2) = \mathbf{400 \text{ metros lineares de pintura do meio fio}}$;

Pintura de demarcação da faixa prioritária para pedestres:

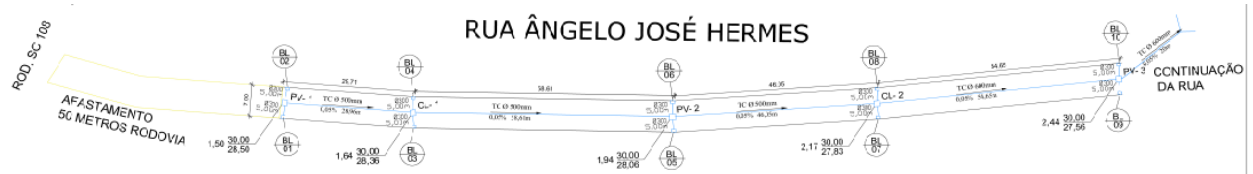
$200 \times 1,5$ (largura da faixa) = **300 metros quadrado de pintura da faixa preferencial**;

200×2 (faixas) = **400 metros lineares de faixa**.





Drenagem:



Escavação para a instalação da tubulação;

Tubulação de 300 mm – Comprimento: 50 metros;

Tubulação de 500 mm – Comprimento: 133,62 metros;

Tubulação de 600 mm – Comprimento: 74,65 metros;

Profundidade da vala da tubulação central:

Profundidade no PV 01 – 1,50 metros;

Profundidade no CL 01 – 1,64 metros;

Profundidade no PV 02 – 1,94 metros;

Profundidade no CL 02 – 2,17 metros;

Profundidade no PV 03 – 2,44 metros;

Profundidade média: $(1,50+1,64+1,94+2,17+2,44) / 5 = 1,94$ metros de profundidade para a vala da tubulação principal (PV-1 até PV-3);

Profundidade da vala da tubulação das bocas de lobo:

profundidade adotada da vala 1,00 metros;

Largura adotada das valas da drenagem central: 2 metros;

Largura adotada das valas da drenagem das bocas de lobo: 1,5 metros

Portanto:

Comprimento da drenagem x largura adotada x profundidade de escavação

$(74,65+133,62) * 2 * 1,94 = 808,09$ metros cúbicos de escavação da tubulação central;

$(50 * 1,5 * 1) = 75,00$ metros cúbicos de escavação da tubulação das bocas de lobo;

Totalizando um valor de 883,09 metros cúbicos de escavação.

Obs.: Como será feito o rebaixamento do leito da via, deve ser subtraído a quantidade do valor de escavação já contabilizado na pavimentação.

Comprimento total da tubulação x espessura da pavimentação x largura

$((50 * 1,5) + (133,62+74,65) * 2) * (0,31) = 152,38$ metros cúbicos.

Portando o valor a ser escavado deverá ser $(883,09 - 152,38) = 730,71$ metros cúbicos de escavação para a tubulação de drenagem;

Lastro de brita:

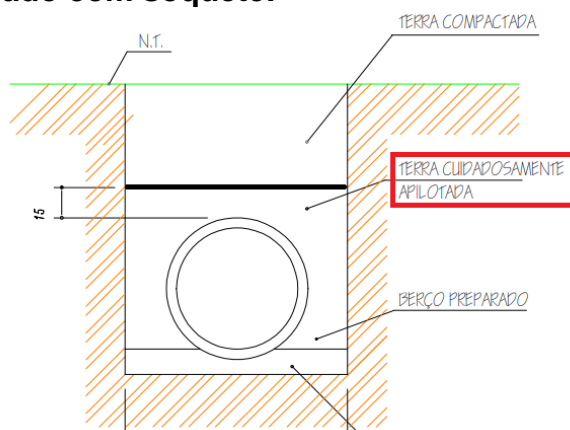
Largura adotada: 60 centímetros;

Espessura adotada: 10 centímetros;



Comprimento da tubulação x largura adotada x espessura adotada
 $(133,62+74,65) \times 0,60 \times 0,10 = 12,50$ metros cúbicos de brita para a tubulação central;
 $(50) \times 0,6 \times 0,10 = 3,00$ metros cúbicos de brita para a tubulação das bocas de lobo;
Totalizando um valor de **15,50 metros cúbicos de brita como lastro.**

Reaterro manual apiloado com soquete:



Largura do reaterro da tubulação central: 2 metros;
Largura do reaterro da tubulação das bocas de lobo: 1,5 metros;
Altura do reaterro: diâmetro externo da tubulação + 15 cm;

DIÂMETRO INTERNO (Di-mm)	DIÂMETRO EXTERNO (De-mm)	COMPRIMENTO (L-mm)	ESPESSURA PAREDE (e-mm)	PESO (Kg)
200	260	1000	30	60
300	390	1000	45	110
400	490	1000	45	150
500	600	1000	50	210
600	720	1000	60	300
800	960	1000	80	510
1000	1160	1000	100	840
1200	1400	1000	100	970
1500	1740	1000	120	1450

Volume de reaterro geral:

Comprimento x largura x altura adotada
 $74,65 \times 2 \times (0,72 + 0,15) = 129,89$ metros cúbicos (tubo 600 mm);
 $133,62 \times 2 \times (0,6+0,15) = 200,43$ metros cúbicos (tubo 500 mm);
 $50 \times 1,5 \times (0,39+0,15) = 40,50$ metros cúbicos (tubo 300 mm);

Volume da tubulação:

Comprimento x área da tubulação
 $74,65 \times (3,14 \times 0,36^2) = 30,38$ metros cúbicos de tubulação 600 mm;



$133,62 \times (3,14 \times 0,3^2) = 37,76$ metros cúbicos de tubulação 500 mm;
 $50 \times (3,14 \times 0,195^2) = 5,97$ metros cúbicos de tubulação 300 mm;

Volume de reaterro:

Volume de reaterro geral – volume da tubulação

$(129,89 + 200,43 + 40,50) - (30,38 + 37,76 + 5,97) = 296,71$ metros cúbicos de reaterro manual apiloado com soquete.

Reaterro mecanizado do restante da vala

Largura do reaterro da tubulação central: 2 metros;

Largura do reaterro da tubulação das bocas de lobo: 1,5 metros;

Altura do reaterro: profundidade media da vala menos a altura do reaterro apiloado.

Volume de reaterro da tubulação central:

Comprimento x largura x (profundidade media da vala – altura do reaterro apiloado)

$74,65 \times 2 \times (1,94 - 0,87) = 159,75$ metros cúbicos (tubo 600 mm);

$133,62 \times 2 \times (1,94 - 0,75) = 318,01$ metros cúbicos (tubo 500 mm);

Volume de reaterro da tubulação da boca de lobo:

profundidade adotada da vala 1,00 metros;

Comprimento x largura x (profundidade media da vala – altura do reaterro apiloado)

$50 \times 1,5 \times (1 - 0,54) = 34,50$ metros cúbico dos BLs;

Volume de reaterro:

Volume de reaterro da tubulação central + volume de reaterro da tubulação das BLs – volume do lastro de brita.

$(159,75 + 318,01) + (34,50) - (15,50) = 496,76$ metros cúbicos de reaterro.

Obs.: Como será feito o rebaixamento do leito da via, deve ser subtraído a quantidade do valor de reaterro já vencida pela estrutura da pavimentação.

Comprimento total da tubulação x espessura da pavimentação x largura

$((50 \times 1,5) + (133,62 + 74,65) \times 2) \times (0,31) = 152,38$ metros cúbicos.

Portando o valor a ser aterrado deverá ser $(496,76 - 152,38) = 344,38$ metros cúbicos de reaterro para a tubulação de drenagem;

26 de outubro de 2023

Geronimo Battisti Dell Antonio
Engenheiro Civil
CREA/SC 112271-4