

MEMÓRIA DE CÁLCULO: DRENAGEM E PAVIMENTAÇÃO

Rua João Soares Paiva, entre as Ruas Benjamin Constant e Desidério Finamor

1. Serviços Iniciais

1.1. Placa de Obra

A área da placa é de **2,88 m²**, pois o insumo da placa dentro da composição utilizada, apresenta as dimensões de 2,4 m por 1,2 m.

2. Terraplenagem

2.1. Movimentação de Terra

O volume de escavação a ser movimentado, que demandará o emprego de trator de esteiras, foi determinado com base na área total do pavimento, conforme levantamento topográfico, correspondente a 7.268,66 m². Este volume é resultante da multiplicação da área pela espessura total das camadas da estrutura do pavimento a serem removidas, acrescida de uma margem para correções. A espessura total de escavação compreende a soma de 15 cm da sub-base de pedra rachão, 15 cm da base de brita graduada simples e 5 cm do revestimento em concreto betuminoso a quente (CBUQ). Adicionalmente, foram considerados mais 5 cm na espessura total, destinados a possíveis correções de desníveis e adequação às exigências do projeto de drenagem.

Dessa forma, a espessura total de escavação considerada é de 0,40 m (0,15 m + 0,15 m + 0,05 m + 0,05 m). O volume de escavação calculado é de:

$$7.268,88 \, m^2 \times 0,40 \, m = 2,907,54 \, m^3$$



A área a ser regularizada com motoniveladora corresponde à área total do pavimento, conforme supracitado, ou seja, **7.268,66 m²**.

3. Drenagem

3.1. Escavação

O volume de escavação para os trabalhos de microdrenagem refere-se primariamente às valas destinadas à implantação das tubulações pluviais e às caixas de bocas de lobo.

O projeto contempla 752 metros de tubulação para águas pluviais com diâmetro de 600 mm e 28 metros de tubulação com diâmetro de 800 mm. Para o dimensionamento do volume de escavação das valas, foram considerados os seguintes parâmetros:

- Recobrimento mínimo: 60 cm (acima da geratriz superior do tubo).
- Espaço livre lateral: 30 cm (em cada lado do tubo).

Com base nesses parâmetros, os volumes foram calculados da seguinte forma:

Para tubulação de 600 mm (DN 600):

- Diâmetro do tubo = 0,60 m
- Largura da vala = 0,60 m (tubo) + 2 × 0,30 m (espaço lateral) = 1,20 m
- Profundidade da vala = 0,60 m (recobrimento) + 0,60 m (diâmetro do tubo) = 1,20 m
- Volume = 752 m (comprimento) × 1,20 m (largura) × 1,20 m (profundidade) = 1.082,88 m³

Para tubulação de 800 mm (DN 800):

- Diâmetro do tubo = 0,80 m

- Largura da vala = 0,80 m (tubo) + 2 × 0,30 m (espaço lateral) = 1,40 m
- Profundidade da vala = 0,60 m (recobrimento) + 0,80 m (diâmetro do tubo) = 1,40 m
- Volume = 28 m (comprimento) × 1,40 m (largura) × 1,40 m (profundidade) = 54,88 m³

O volume total de escavação para as tubulações pluviais é de 1.137,76 m³ (1.082,88 m³ + 54,88 m³).

Adicionalmente, o volume de escavação para as caixas de bocas de lobo foi determinado considerando as seguintes dimensões:

- 24 unidades de caixas: 1,0 m × 1,0 m × 1,4 m
Volume = 24 × (1,0 m × 1,0 m × 1,4 m) = 33,60 m³
- 1 unidade de caixa: 1,2 m × 1,2 m × 1,6 m
Volume = 1 × (1,2 m × 1,2 m × 1,6 m) = 2,30 m³

O volume total de escavação para as caixas de bocas de lobo é de 35,90 m³ (33,60 m³ + 2,30 m³).

Considerando os volumes de escavação para as valas de tubulação e para as caixas de bocas de lobo, o volume total de escavação para os trabalhos de microdrenagem é de **1.173,66 m³**.

O volume de reaterro necessário foi determinado pela diferença entre o volume total de escavação e o volume ocupado pelas estruturas permanentes implantadas. Estas estruturas incluem as tubulações de 600 mm e 800 mm, bem como o volume físico das caixas para bocas de lobo. Com base nesta metodologia, tem-se que o volume de reaterro calculado é **953,12 m³**.

3.2. Meios-Fios e Sarjetas

A determinação da extensão dos meios-fios e sarjetas conjugados de concreto, executados pelo processo de extrusão, foi realizada com base no levantamento topográfico executado. Foram quantificados **936,34 m** para os trechos retos e **65,40 m** para os trechos curvos.

3.3. Bocas de Lobo

O dimensionamento da quantidade necessária de caixas de bocas de lobo está detalhado no Memorial Descritivo e, complementarmente, no Anexo 2, intitulado "Planilha de Dimensionamento de Drenagem Pluvial". Além da execução das caixas conforme projeto, foi orçado o transporte dos blocos de concreto estrutural necessários para sua construção.

Especificamente, o projeto prevê:

- **24 unidades** de caixas para boca de lobo com dimensões internas de 1,0 m × 1,0 m × 1,4 m, cada uma demandando 91 blocos de concreto estrutural de 19 cm × 19 cm × 39 cm.
- **1 unidade** de caixa com dimensão interna de 1,2 m × 1,2 m × 1,6 m, que requer 151 blocos de concreto estrutural de 19 cm × 19 cm × 39 cm.

O quantitativo totaliza aproximadamente 2.335 blocos. Considerando que cada bloco possui um peso unitário de 17 kg, o peso total dos blocos a serem transportados é de 39.695 kg, ou 39,695 toneladas.

Para o cálculo do custo de transporte, foi considerada uma distância de 3 km, correspondente à fábrica de pré-moldados mais próxima ao local da obra. Portanto, tem-se:

$$\frac{(2335 \times 17 \text{ kg} \times 3 \text{ km})}{1000 \frac{\text{kg}}{\text{t}}} = 119,08 \text{ tkm}$$

3.4. Tubulação Águas Pluviais

O volume de lastro de brita, necessário para a base das valas de assentamento das tubulações, foi calculado considerando a espessura de 5 cm e as larguras específicas para o lastro, conforme as diretrizes do projeto (1,20 m para tubos de 600 mm e 1,40 m para tubos de 800 mm).

Para tubulação de 600 mm (DN 600):

- Comprimento da tubulação = 752 m
- Largura do lastro de brita (equivalente à largura da vala) = 1,20 m
- Espessura do lastro de brita = 0,05 m
- Volume = $752 \text{ m} \times 1,20 \text{ m} \times 0,05 \text{ m} = 45,12 \text{ m}^3$

Para tubulação de 800 mm (DN 800):

- Comprimento da tubulação = 28 m
- Largura do lastro de brita (equivalente à largura da vala) = 1,40 m
- Espessura do lastro de brita = 0,05 m
- Volume = $28 \text{ m} \times 1,40 \text{ m} \times 0,05 \text{ m} = 1,96 \text{ m}^3$

O volume total de lastro de brita necessário para as tubulações pluviais é de **47,08 m³** ($45,12 \text{ m}^3 + 1,96 \text{ m}^3$).

O dimensionamento da quantidade necessária de tubulação para águas pluviais está no Anexo 2, intitulado "Planilha de Dimensionamento de Drenagem Pluvial". Este dimensionamento considerou a geometria de assentamento das tubulações, cuja localização está explicitada na planta do projeto de drenagem.

Dessa forma, foram quantificados **752 m** de tubulação de 600 mm e **28 m** de tubulação de 800 mm.

Para a estimativa do custo de transporte das tubulações, foi considerada uma distância de 3 km, correspondente à localização da fábrica de pré-moldados

mais próxima ao local da obra. Os pesos unitários adotados para os tubos de concreto são:

- Tubo de DN 600 (1,5 m de comprimento): 470 kg
- Tubo de DN 800 (1,5 m de comprimento): 645 kg

Com base nos quantitativos de tubulação, o peso total de material a ser transportado foi determinado como aproximadamente **117,82 toneladas** para os tubos de DN 600 e **6,02 toneladas** para os tubos de DN 800.

O volume de transporte, expresso em toneladas-quilômetro (tkm), é calculado pela soma dos pesos totais das tubulações multiplicada pela distância de transporte e é de **371,50 tkm**.

3.5. Dissipador de Energia

Para o dissipador de energia, foi considerado um Bueiro Simples Tubular de Concreto (BSTC) com diâmetro de 0,8 metros, conforme especificado. Complementarmente, previu-se a execução de um enrocamento com pedra rachão, totalizando um volume de **1,70 m³**, cujo detalhamento encontra-se nas pranchas do projeto.

3.6. Bueiro Triplo Celular (Aduelas) – BTCC

A etapa de demolição do pontilhão existente foi dimensionada considerando o volume total da estrutura a ser removida, estimado em **111,00 m³**. A logística para a destinação dos resíduos de construção e demolição (RCD) foi planejada com base na distância até o local de descarte mais próximo, resultando em um produto de transporte de **1.110,00 m³km**.

Para a base de assentamento do bueiro triplo celular, previu-se a implantação de um colchão de rachão. O volume deste material granular foi calculado considerando a área total de projeção do bueiro, acrescida de uma

folga de 50 cm para cada lado, conforme as recomendações do DNIT para garantir a estabilidade lateral e a adequada distribuição de cargas. Com uma altura de 50 cm para esta camada, o volume total de rachão necessário é de **46,20 m³**. O transporte deste material granular, desde a pedreira mais próxima até o local da obra, a uma distância estimada de 2,5 km, totalizou **115,50 m³km**.

Na interface entre o colchão de rachão e o subleito, será utilizada manta geotêxtil com a função primordial de separação e filtração. Esta aplicação visa prevenir a contaminação do material granular por finos do solo de fundação, mantendo a capacidade drenante e a integridade estrutural da base de assentamento. A área total de manta geotêxtil foi calculada considerando a área do bueiro acrescida de uma folga de 75 cm para cada lado, totalizando **102,35 m²**.

Em relação às aduelas pré-moldadas, o projeto contempla a instalação de três linhas, cada uma com 10 metros de comprimento, totalizando **30 unidades de aduelas** com seção de 2,00 m x 2,00 m. Para garantir a estanqueidade e a durabilidade das juntas, especialmente nas duas juntas rígidas longitudinais inerentes à configuração tripla, será aplicada manta geotêxtil em quatro faces de cada junta, totalizando **80 m²** de manta. Adicionalmente, para promover o confinamento lateral e o preenchimento de vazios entre as aduelas adjacentes, será empregado um volume de **4 m³** de concreto magro ($f_{ck} \geq 15$ MPa). O transporte dessas 30 aduelas, com peso médio de 5 toneladas cada, até o local da obra, a uma distância estimada de 10 km, gerou um produto de transporte de **1.500,00 tkm**.

A laje de proteção superior do bueiro será executada com concreto armado, utilizando tela de aço soldada CA-60, tipo Q-196. A área de aplicação da tela, correspondente à área total do Bueiro Triplo Celular em Concreto Armado (BTCC), é de **74 m²**. Para o orçamento das formas, considerou-se o perímetro total da laje, que é de **38,28 m**. O volume de concreto previsto para esta etapa é de **7,40 m³**, calculado com base na área total do BTCC e uma espessura de 10 cm.

Por fim, o sistema de drenagem inclui a construção de duas estruturas de transição (bocas) para o bueiro triplo celular, ambas com seção de 2,00 m x 2,00 m. Uma dessas bocas será posicionada a montante, otimizando a admissão do fluxo, e a outra a jusante, para a descarga eficiente da vazão no corpo receptor.

4. Pavimentação

4.1. Sub-Base Granular

O volume da sub-base granular foi determinado considerando a área total do pavimento e a espessura dimensionada para esta camada (conforme Memorial Descritivo). A área a ser pavimentada é de 7.268,66 m², e a espessura da sub-base é de 0,15 m.

$$7.268,66 \text{ m}^2 \times 0,15 \text{ m} = \mathbf{1.090,33 \text{ m}^3}$$

Para o transporte do material granular, considerou-se a distância da pedreira mais próxima ao local da obra, portanto tem-se:

$$1.090,33 \text{ m}^3 \times 2,5 \text{ km} = \mathbf{2.725,82 \text{ m}^3 \text{ km}}$$

4.2. Base Imprimada

O volume da base foi determinado considerando a área total do pavimento e a espessura dimensionada para esta camada (conforme Memorial Descritivo). A área a ser pavimentada é de 7.268,66 m², e a espessura da base é de 0,15 m.

$$7.268,66 \text{ m}^2 \times 0,15 \text{ m} = \mathbf{1.090,33 \text{ m}^3}$$

Para o transporte do material granular, considerou-se a distância da pedreira mais próxima ao local da obra, portanto tem-se:



$$1.090,33 \text{ m}^3 \times 2,5 \text{ km} = 2.725,82 \text{ m}^3 \text{ km}$$

A emulsão asfáltica é empregada como insumo no processo de imprimação da base. Para este projeto, a área a ser imprimada totaliza **7.268,86 m²**.

Para o **transporte** de material asfáltico, tal como a emulsão asfáltica para imprimação, aplica-se um **BDI diferenciado**. Neste caso tem-se:

$$\frac{\left(7.268,86 \text{ m}^2 \times 1,3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \times 30 \text{ km}\right)}{1000 \frac{\text{kg}}{\text{t}}} = 283,49 \text{ tkm}$$

Para o DMT excedente a 30 km, utiliza-se 422 km, pois 452 km é a distância da refinaria mais próxima do município de Santiago-RS.

$$\frac{\left(7.268,86 \text{ m}^2 \times 1,3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \times 422 \text{ km}\right)}{1000 \frac{\text{kg}}{\text{t}}} = 3.987,70 \text{ tkm}$$

4.3. Pintura de Ligação

A área da pintura de ligação corresponde a área a ser pavimentada, ou seja, **7.268,86 m²**, pois o ligante é necessário tanto para unir a base imprimada à capa de CBUQ.

Para o **transporte** de material asfáltico, tal como a emulsão asfáltica RR-2C, aplica-se um **BDI diferenciado**. Realizando-se as conversões necessárias, tem-se:

$$\frac{\left(7.268,86 \text{ m}^2 \times 0,6 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \times 30 \text{ km}\right)}{1000 \frac{\text{kg}}{\text{t}}} = 130,84 \text{ tkm}$$



Para o DMT excedente a 30 km, utiliza-se 422 km, pois 452 km é a distância da refinaria mais próxima do município de Santiago-RS.

$$\frac{\left(7.268,86 \text{ m}^2 \times 0,6 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \times 422 \text{ km}\right)}{1000 \frac{\text{kg}}{\text{t}}} = \mathbf{1.840,48 \text{ tkm}}$$

4.4. Camada de Rolamento em CBUQ

O volume de concreto asfáltico foi determinado considerando a área total do pavimento e a espessura dimensionada para esta camada (conforme Memorial Descritivo). A área a ser pavimentada é de 7.268,66 m², e a espessura da capa é de 0,05 m.

$$7,268,86 \text{ m}^2 \times \frac{5 \text{ cm}}{100} = \mathbf{363,44 \text{ m}^3}$$

A massa unitária do CBUQ é de 2,550 t/m³.

$$363,44 \text{ m}^3 \times 2,550 \frac{\text{t}}{\text{m}^3} = \mathbf{926,77 \text{ t}}$$

Para o transporte do CBUQ, considerando uma DMT entre a usina mais próxima do município de Santiago-RS e o local da obra, ou seja, aproximadamente 9 km:

$$926,77 \text{ t} \times 9 \text{ km} = \mathbf{8.341,02 \text{ tkm}}$$

Para o **transporte** de material asfáltico, no caso o CAP 50/70, aplica-se um **BDI diferenciado**.

Neste caso tem-se 363,44 m³ de CBUQ, portanto, realizando-se as conversões necessárias, tem-se:

$$363,44 \, m^3 \times 2,550 \frac{t}{m^3} \times 6,23\% \times 30 \, km = \mathbf{1.732,15 \, tkm}$$

Para o DMT excedente a 30 km, utiliza-se 422 km, pois 452 km é a distância da refinaria mais próxima do município de Santiago-RS.

$$363,44 \, m^3 \times 2,550 \frac{t}{m^3} \times 6,23\% \times 422 \, km = \mathbf{24.365,59 \, tkm}$$

5. Sinalização Viária

5.1. Sinalização e Dispositivos Auxiliares

O quantitativo dos elementos de sinalização foi determinado conforme o desenho do projeto. A instalação de 05 placas sinalizadoras está prevista, com sua locação detalhada na prancha do projeto de sinalização. As demais intervenções de sinalização, incluindo pinturas e a aplicação de tachões sobre o revestimento asfáltico, também orçadas neste item, encontram-se locadas no projeto de sinalização e são especificamente destinadas à minirrotatória proposta.

5.2. Ondulação Transversal

O dimensionamento dos materiais necessários para a ondulação transversal (lombada), prevista e locada na prancha do projeto de sinalização, bem como o cálculo para o transporte desses materiais, adotaram a mesma metodologia empregada para os demais materiais asfálticos.

Especificamente, a área de aplicação de emulsão asfáltica RR-2C para imprimação da base da ondulação transversal é de 18,00 m². O volume de material asfáltico (concreto asfáltico com CAP 50/70) para a construção da ondulação transversal, considerando uma altura de 0,08 m, é de 1,44 m³.



$$1,44 \, m^3 \times 2,550 \frac{t}{m^3} = 3,67 \, t$$

$$3,67 \, t \times 9 \, km = 33,05 \, tkm$$

$$1,44 \, m^3 \times 2,550 \frac{t}{m^3} \times 6,23\% \times 30 \, km = 6,86 \, tkm$$

$$1,44 \, m^3 \times 2,550 \frac{t}{m^3} \times 6,23\% \times 422 \, km = 96,54 \, tkm$$

6. Administração Local

Para o cálculo, considera-se um movimento de mobilização e outro de desmobilização. A presença semanal na obra é distribuída da seguinte forma: o engenheiro civil está presente por 4,5 horas, o encarregado geral por 6 horas, o topógrafo por 4,5 horas, e o auxiliar de topografia também por 4,5 horas. O vigia diurno tem uma carga horária de 40 horas semanais. Adota-se o mês com 4,5 semanas para os cálculos para fins de orçamento.

Leonardo Machado de Machado
Engenheiro Civil – CREA/RS 235.188