

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE GRADUAÇÃO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

LUISADORA SCHREIBER CORNELY

**PROPOSIÇÃO DE MELHORIAS PARA GEOMETRIA E DRENAGEM DA AVENIDA
UNISINOS**

**São Leopoldo
2018**

LUISADORA SCHREIBER CORNELY

**PROPOSIÇÃO DE MELHORIAS PARA A GEOMETRIA E DRENAGEM DA
AVENIDA UNISINOS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial para
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil pelo Curso de Engenharia
Civil da Universidade do Vale do Rio dos
Sinos - UNISINOS

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Malysz

São Leopoldo
2018

Dedico este trabalho aos meus pais —
que sempre acreditaram em mim, estando ao meu
lado em todos os momentos — e aos meus amigos que
foram essenciais durante esta caminhada.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof. Dr. Rodrigo Malysz, pela paciência, apoio e suporte dado sempre que necessário.

Aos meus pais, Dirceu e Janisse, por todo incentivo e amor nas horas mais difíceis. Vocês são meus exemplos, amo vocês!

Aos meus colegas da faculdade, por todos os momentos vividos durante esta trajetória, pela troca de conhecimento, pela amizade, enfim obrigada por fazerem meus dias mais felizes.

A todos meus amigos que me apoiaram direta e indiretamente, entenderam minha ausência durante esta fase e mesmo assim se fizeram presente em meus dias.

RESUMO

Este trabalho apresenta proposições de melhorias para Avenida Unisinos, localizada no bairro Cristo Rei, no município de São Leopoldo/RS. No quesito geometria, busca-se dar maior fluidez ao trânsito implantando uma via auxiliar e uma área de desembarque, além de uma ciclovia. Já na drenagem, o enfoque principal está no bueiro localizado na via. Assim, através dos estudos hidrológicos, analisou-se se o dispositivo está atendendo à vazão à qual é submetido. Inicialmente, foi feita uma abordagem dos assuntos pertinentes à drenagem e geometria de rodovias através da fundamentação teórica e uma breve apresentação de outros três trabalhos relacionados à avenida. Sucessivamente, na metodologia, apresenta-se a forma como o trabalho foi desenvolvido para os estudos hidrológicos: o tempo de concentração foi calculado pela fórmula de Picking e a precipitação pelo método de Otto Pfafstetter; para o cálculo da vazão, foi utilizado o Método Racional, pois a bacia é menor que 4km² e, por fim, o dispositivo foi definido de acordo com o Manual do DNIT – IPR 724 e sua instalação executada de acordo com a Norma DNIT 025/2004 – ES. Já para o projeto da via auxiliar e da ciclovia, foi utilizado o software *DataGeosis*, a fonte dos materiais foi a mesma adotada nos trabalhos anteriores e os recursos utilizados para o orçamento da obra estão de acordo com o SICRO e SINAPI. Na análise de resultados o estudo busca encontrar a solução para o problema de drenagem. Analisa-se, ainda conforme o Manual DNER – IPR 706, se o projeto geométrico está de acordo com os parâmetros exigidos. Ao final do trabalho, conclui-se que o bueiro necessita ser trocado. Por fim, realizou-se a orçamentação das melhorias propostas para geometria e drenagem da Avenida Unisinos, com base no SICRO e SINAPI, e o total da obra resultou em R\$ 941.226,47.

Palavras-chave: Drenagem. Bueiro. Geometria. Projeto geométrico. Orçamento.

ABSTRACT

This work presents propositions of improvements for Avenue Unisinos, located in the district Cristo Rei, in the city of São Leopoldo / RS. In the geometry question, it is sought to give greater fluidity to the transit by implanting an auxiliary route and a landing area, besides a bicycle path. Already in the drainage, the main focus is in the manhole located in the road. Through the hydrological studies, it was analyzed if the device is attending to the flow to which it is submitted. Initially, an approach was taken to subjects related to road drainage and geometry through theoretical foundation and a brief presentation of three other works related to the avenue. Then in the methodology, the way the work was developed for the hydrological studies is presented: the concentration time was calculated by the Picking formula and the precipitation by the method of Otto Pfafstetter; for the calculation of the flow, the Rational Method was used, because the basin is less than 4km², and finally, the device was defined according to the Manual of DNIT - IPR 724 and its installation executed according to the Norm DNIT 025 / 2004 - ES. Already for the project of the auxiliary track and the bike path, the software DataGeosis was used, the source of the materials was the same one adopted in previous works and the resources used for the budget of the work are in agreement with SICRO and SINAPI. In the analysis of results the study seeks to find the solution to the drainage problem. It is also analyzed, according to the Manual DNER - IPR 706, if the geometric design complies with the required parameters. At the end of the work, it is concluded that the manhole needs to be changed. Finally, the proposed improvements for geometry and drainage of the Avenue Unisinos, based on SICRO and SINAPI, were budgeted for, and the total of the work resulted in R \$ 941,226.47.

Keywords: Drainage. Manhole. Geometry. Geometric design. Budget.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 – Parâmetros Geométricos da curva..... | 28 |
| Figura 2 – Curva com transição | 29 |
| Figura 3 – Curva Vertical..... | 30 |
| Figura 4 – Curvas Verticais Convexas – Condições mínimas..... | 32 |
| Figura 5 – Curvas Verticais Convexas – Condições Desejáveis..... | 32 |
| Figura 6 – Curvas Verticais Côncavas – Condições Mínimas..... | 33 |
| Figura 7 – Curvas Verticais Côncavas – Condições Desejáveis..... | 33 |
| Figura 8 – Dimensões da ciclovia..... | 42 |
| Figura 9 – Demarcação das Estações | 43 |
| Figura 10 – Conceito de Degradação Av. Unisinos – Sentido BR 116 / Av. Mauá.... | 44 |
| Figura 11 – Conceito de Degradação Av. Unisinos – Sentido Av. Mauá / BR 116.... | 45 |
| Figura 12 – Croqui Esquemático das soluções adotadas | 46 |
| Figura 13 – Deflexões Av. Unisinos – Sentido BR 116 / Av. Mauá | 47 |
| Figura 14 – Intervenções na Via – Sentido BR 116 / Av. Mauá | 48 |
| Figura 15 – Deflexões Av. Unisinos – Sentido Av. Mauá / BR 116 | 48 |
| Figura 16 - Intervenções na Via – Sentido Av. Mauá / BR 116 | 49 |
| Figura 17 – Proposta de restauração compatibilizada | 50 |
| Figura 18 – Área de retorno a ser executada como reconstrução..... | 51 |
| Figura 19 – Fluxograma do Trabalho de Conclusão | 52 |
| Figura 20 – Localização de São Leopoldo | 65 |
| Figura 21 – Avenida Unisinos..... | 66 |
| Figura 22 – Localização da pedreira | 67 |
| Figura 23 – Localização do Areal..... | 67 |
| Figura 24 – Localização bota-fora | 68 |
| Figura 25 – Gabarito Traçado | 69 |
| Figura 26 – Alinhamento horizontal – Traçado..... | 69 |
| Figura 27 - Delimitação da Bacia Contribuinte | 78 |
| Figura 28 - Cobertura Vegetação..... | 79 |
| Figura 29 – Extensão do bueiro | 83 |
| Figura 30 – Seção de escavação da vala | 84 |
| Figura 31 – Retornos Avenida Unisinos | 90 |
| Figura 32 – Detalhe 01 | 91 |

| | |
|-------------------------------------|----|
| Figura 33 – Detalhe 02..... | 92 |
| Figura 34 – Dimensões meio-fio..... | 92 |
| Figura 35 – Modelo de corte..... | 95 |

LISTA DE FOTOGRAFIAS

| | |
|---|----|
| Fotografia 1 – Planta Projeto de Drenagem | 53 |
| Fotografia 2 – Local onde mais se concentra o problema | 54 |
| Fotografia 3 – Boca de lobo situada em frente a Fotografia 2..... | 55 |
| Fotografia 4 – Boca de lobo | 55 |
| Fotografia 5 – Boca de lobo onde passa a galeria | 56 |
| Fotografia 6 – Boca de lobo aparentemente obstruída | 57 |
| Fotografia 7 – Boca de lobo completamente obstruída | 57 |
| Fotografia 8 – Terminal Rodoviário Unisinos..... | 58 |
| Fotografia 9 – Boca de lobo praticamente fechada | 59 |
| Fotografia 10 – Bocas de lobo ao longo da Avenida Unisinos | 59 |
| Fotografia 11 – Diâmetro Existente | 82 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|---|----|
| Gráfico 1 – Percentual de Estações com Defeitos | 44 |
| Gráfico 2 – Percentual de Estações com Defeitos | 45 |
| Gráfico 3 – Declividade do talvegue 01 | 80 |
| Gráfico 4 – Declividade do talvegue 02..... | 80 |
| Gráfico 5 – Diagrama de Brückner | 97 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|----|
| Quadro 1 – Características geométricas das vias | 41 |
| Quadro 2 – Custo para implantação do bueiro | 84 |
| Quadro 3 – Custo para pavimentação onde passará o bueiro | 85 |
| por Quadro 4 – Custo da pavimentação no estacionamento | 85 |
| Quadro 5 – Custo para desobstrução das bocas de lobo | 86 |
| Quadro 6 – Recomendações de restauração funcional do pavimento | 86 |
| Quadro 7 – Camadas do pavimento..... | 87 |
| Quadro 8 - Recomendações de restauração estrutural do pavimento | 87 |
| Quadro 9 – Camadas do pavimento..... | 88 |
| Quadro 10 - Compatibilização da restauração funcional e estrutural da Avenida Unisinos | 88 |
| Quadro 11 – Camadas do pavimento..... | 89 |
| Quadro 12 – Custo dos serviços para implantação da nova via..... | 99 |
| Quadro 13 – Custo dos serviços para implantação da ciclovia | 99 |
| Quadro 14 – Descrição de serviços para construção do desembarque | 99 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Classes Funcionais e de Projeto | 39 |
| Tabela 2 - Velocidades Diretrizes para Rodovias (km/h) | 40 |
| Tabela 3 - Rampas máximas..... | 41 |
| Tabela 4 - Fator de probabilidade em função da duração da precipitação..... | 61 |
| Tabela 5 – Período de retorno..... | 61 |
| Tabela 6 - Valores do coeficiente de deflúvio C de acordo com a declividade de bacia S, cobertura vegetal e grau de impermeabilização | 62 |
| Tabela 7 - Valores de C adotados pela Prefeitura de São Paulo | 63 |
| Tabela 8 - Vazão, velocidade e declividade crítica de bueiros tubulares de concreto trabalhando como canal | 64 |
| Tabela 9 - Vazão, velocidade e declividade crítica de bueiros celulares de concreto trabalhando como canal | 64 |
| Tabela 10 - Distâncias de transporte dos materiais para usina de C.B.U.Q. | 75 |
| Tabela 11 - Tipo de bueiro por Talvegue | 81 |
| Tabela 12 - Volumes totais de material de pavimentação | 89 |
| Tabela 13 - Concordância vertical das curvas..... | 94 |
| Tabela 14 - Cubação de projeto | 96 |
| Tabela 15 - Camadas do pavimento | 98 |
| Tabela 16 - Volumes totais de materiais | 98 |

LISTA DE SIGLAS

| | |
|----------|--|
| ANP | Agência Nacional do Petróleo |
| BSCC | Bueiro Simples Celular de Concreto |
| C.B.U.Q. | Concreto Betuminoso Usinado a Quente |
| DNER | Departamento Nacional de Estradas de Rodagem |
| DNIT | Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes |
| DNPM | Departamento Nacional de Produção Mineral |
| ICMS | Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços |
| SEMOV | Secretaria Municipal de Obras Viárias |
| SICRO | Sistema de Custos Referenciais de Obras |
| SINAPI | Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil |
| VDM | Volume Diário Médio |

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 17 |
| 1.1 TEMA | 18 |
| 1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA..... | 18 |
| 1.3 PROBLEMA | 18 |
| 1.4 OBJETIVOS | 19 |
| 1.4.1 Objetivo Geral | 19 |
| 1.4.2 Objetivos Específicos | 19 |
| 1.5 JUSTIFICATIVA | 19 |
| 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 20 |
| 2.1 HIDROLOGIA..... | 20 |
| 2.1.1 Ciclo Hidrológico | 20 |
| 2.1.2 Bacia Hidrográfica | 21 |
| 2.1.3 Precipitação | 22 |
| 2.1.3.1 Pluviometria..... | 22 |
| 2.1.3.1.1 <i>Altura Pluviométrica</i> | 22 |
| 2.1.3.1.2 <i>Duração</i> | 22 |
| 2.1.3.1.3 <i>Intensidade</i> | 22 |
| 2.1.3.1.4 <i>Frequência de probabilidade e tempo de recorrência</i> | 23 |
| 2.1.4 Escoamento Superficial | 23 |
| 2.1.5 Drenagem | 23 |
| 2.1.5.1 Drenagem Superficial..... | 24 |
| 2.1.5.1.1 <i>Sarjeta</i> | 24 |
| 2.1.5.1.2 <i>Boca de Lobo</i> | 24 |
| 2.1.5.1.3 <i>Bueiro</i> | 25 |
| 2.2 PROJETO GEOMÉTRICO | 26 |
| 2.2.1 Traçado | 26 |
| 2.2.2 Curvas Horizontais Circulares | 27 |
| 2.2.3 Curvas Horizontais com Transição | 28 |
| 2.2.4 Curvas Verticais | 30 |
| 2.2.4.1 Concordância Vertical | 31 |
| 2.2.5 Perfil Longitudinal | 34 |
| 2.2.6 Terraplenagem | 34 |

| | |
|--|-----------|
| 2.2.6.1 Seções Transversais | 35 |
| 2.2.6.2 Áreas e Volumes | 35 |
| 2.2.6.3 Distribuição do Material Escavado | 35 |
| 2.2.6.4 Diagrama de Brückner..... | 35 |
| 2.2.7 Classificação das Rodovias | 37 |
| 2.2.7.1 Classes de Projeto | 37 |
| 2.2.7.2 Classes Funcionais | 38 |
| 2.2.7.3 Relação entre Classe de Projeto e Classe Funcional | 39 |
| 2.2.8 Velocidade Diretriz | 40 |
| 2.2.9 Rampas Máximas | 40 |
| 2.2.10 Projeto Geométrico de Ciclovias | 42 |
| 2.3 ESTUDOS ANTERIORES..... | 42 |
| 2.3.1 Avaliação Funcional para Restauração da Avenida Unisinos..... | 43 |
| 2.3.2 Avaliação Estrutural para Restauração da Avenida Unisinos..... | 46 |
| 2.3.3 Compatibilização e orçamentação de soluções de restauração estrutural e funcional da Avenida Unisinos | 50 |
| 3 METODOLOGIA | 52 |
| 3.1 COLETA DE DADOS | 53 |
| 3.1.1 Projeto de Drenagem Existente | 53 |
| 3.1.2 Características do local | 54 |
| 3.2 ESTUDO DA PRECIPITAÇÃO..... | 60 |
| 3.3 CÁLCULO DA VAZÃO | 62 |
| 3.4 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO | 65 |
| 3.5 FONTE DOS MATERIAIS UTILIZADOS NO PROJETO | 66 |
| 3.5.1 Pedreira..... | 66 |
| 3.5.2 Areal | 67 |
| 3.6 LOCALIZAÇÃO DO BOTA-FORA | 68 |
| 3.7 PROJETO GEOMÉTRICO | 68 |
| 3.8 ORÇAMENTAÇÃO..... | 70 |
| 3.8.1 Escavação..... | 70 |
| 3.8.2 Transporte..... | 71 |
| 3.8.3 Regularização do Subleito..... | 71 |
| 3.8.4 Reforço do Subleito | 71 |
| 3.8.5 Execução de camada de sub-base de macadame seco..... | 72 |

| | |
|--|------------|
| 3.8.6 Execução de camada de base de brita graduada..... | 72 |
| 3.8.7 Imprimação com asfalto diluído CM-30 | 73 |
| 3.8.8 Pintura de ligação | 73 |
| 3.8.9 Concreto betuminoso usinado a quente (C.B.U.Q.) | 74 |
| 3.8.10 Desembarque..... | 75 |
| 3.8.11 Drenagem..... | 75 |
| 3.8.11.1 Bueiro | 75 |
| 3.8.11.2 Aterro..... | 76 |
| 3.8.11.3 Remoção de Paralelepípedo | 76 |
| 3.8.11.4 Recomposição de Pavimentação tipo Blokret | 76 |
| 3.8.11.5 Fresagem de revestimento betuminoso | 76 |
| 3.8.11.6 Limpeza com jateamento d'água sob pressão | 77 |
| 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS | 78 |
| 4.1 PROJETO DE DRENAGEM..... | 78 |
| 4.1.1 Delimitação da bacia de contribuição | 78 |
| 4.1.1.1 Talvegues..... | 79 |
| 4.1.2 Dimensão do Bueiro..... | 81 |
| 4.1.3 Orçamentação | 82 |
| 4.2 PROJETO GEOMÉTRICO | 86 |
| 4.2.1 Estudos Anteriores | 86 |
| 4.2.2 Implantação de via e ciclovia | 90 |
| 4.2.3 Diagrama de Brückner | 95 |
| 4.2.4 Quantitativo de materiais..... | 98 |
| 4.2.5 Resultado do orçamento | 98 |
| 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS | 101 |
| 5.1 CONCLUSÃO..... | 101 |
| 5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS | 103 |
| REFERÊNCIAS..... | 104 |
| APÊNDICE A – ESCAVAÇÃO | 106 |
| APÊNDICE B – TRANSPORTE..... | 107 |
| APÊNDICE C – DESEMBARQUE | 108 |
| APÊNDICE D – BUEIRO SIMPLES CELULAR DE CONCRETO | 109 |
| APÊNDICE E – REATERRO | 110 |
| APÊNDICE F – REMOÇÃO DE PARALELEPÍPEDO | 111 |

| | |
|--|--|
| APÊNDICE G – RECOMPOSIÇÃO DE PAVIMENTO TIPO BLOKRET | 112 |
| APÊNDICE H – FRESAGEM CONTÍNUA DE REVESTIMENTO BETUMINOSO.. | 113 |
| APÊNDICE I – LIMPEZA COM JATEAMENTO D'ÁGUA SOB PRESSÃO..... | 114 |
| APÊNDICE J – DELIMITAÇÃO DA BACIA.....ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO. | |
| APÊNDICE K – PROJETO GEOMÉTRICO.....ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO. | |
| APÊNDICE L – SEÇÕES TRANSVERSAIS DE PROJETO E DETALHES | ERRO! |
| INDICADOR NÃO DEFINIDO. | |
| APÊNDICE M – PERFIL LONGITUDINAL | ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO. |
| APÊNDICE N – SEÇÕES TRANSVERSAIS | ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO. |
| ANEXO A – REGULARIZAÇÃO DO SUBLEITO.....ERRO! INDICADOR NÃO | DEFINIDO. |
| ANEXO B – REFORÇO DO SUBLEITO COM MATERIAL DA JAZIDA..... | ERRO! |
| INDICADOR NÃO DEFINIDO. | |
| ANEXO C – BASE OU SUB-BASE COM MACADAME SECO COM BRITA | COMERCIAL.....ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO. |
| ANEXO D – BASE OU SUB-BASE DE BRITA GRADUADA COM BRITA | COMERCIAL.....ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO. |
| ANEXO E – USINAGEM DE BRITA GRADUADA COM BRITA COMERCIAL EM | USINA DE 300 T/H |
| ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO. | |
| ANEXO F – IMPRIMAÇÃO COM ASFALTO DILUÍDO.....ERRO! INDICADOR NÃO | DEFINIDO. |
| ANEXO G – PINTURA DE LIGAÇÃO | ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO. |
| ANEXO H – CONCRETO ASFÁLTICO – FAIXA C – AREIA E BRITA COMERCIAIS |ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO. |
| ANEXO I – USINAGEM DE CONCRETO ASFÁLTICO – FAIXA C – AREIA .. | ERRO! |
| INDICADOR NÃO DEFINIDO. | |

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho aborda dois temas distintos: hidrologia e geometria. Eis uma pequena apresentação dos assuntos.

O ciclo hidrológico sofre significativas alterações devido ao crescimento das áreas urbanas causando inundações e gerando problemas às grandes cidades.

Segundo Cedergren (1980), desde a Antiguidade, os construtores de estradas já sabiam que a água é uma grande inimiga dos pavimentos. Por esta razão, os sistemas de drenagem visam a eliminar as águas das rodovias.

Conforme Porto et al. (2014), a drenagem urbana, no decorrer de muitos anos, tinha como objetivo principal escoar as águas pluviais de forma a evitar transtornos, prejuízos e riscos de inundações. Com isso começou-se a focar em projetos estruturais visando a seus benefícios.

Estes projetos tornaram-se uma solução para os problemas de inundações, minimizando, assim, os riscos aos quais as populações estão sujeitas, diminuindo os prejuízos causados e possibilitando o desenvolvimento urbano. Logo este conceito deixou de estar limitado à engenharia e passou a abranger aspectos políticos e sociológicos (PORTO et al., 2014, p.805).

Já o projeto geométrico de uma estrada tem como base a geometria, a física e as características de operação dos veículos. Abrange não apenas cálculos, como também análises e observações comportamentais dos motoristas. Busca-se a relação entre os elementos físicos e as características de operação, segurança, conforto, entre outros. A concepção de uma estrada necessita ser tecnicamente praticável, economicamente realizável e socialmente globalizante (PONTES FILHO, 1998, p.01).

Para a construção de uma estrada, é necessário um estudo, o qual tem a função de constatar o comportamento do sistema viário existente para, então, estabelecer prioridades perante as demandas de tráfego detectadas a fim de encontrar uma solução (PONTES FILHO, 1998, p.02).

Os congestionamentos gerados em horários de muito movimento e o acúmulo de água em dias de chuva na Avenida Unisinos acarretam a grandes transtornos na vida dos motoristas e pedestres. Com isso, este trabalho visa propor melhorias para geometria e drenagem da Avenida Unisinos. Portanto pretende encerrar a pesquisa referente a esta via, sendo um complemento aos trabalhos já defendidos pelos colegas Felipe Teixeira dos Santos, que realizou a Avaliação Funcional para

Restauração do Pavimento da Avenida Unisinos; Douglas Ritter dos Santos, que dissertou sobre a Avaliação Estrutural para Restauração do Pavimento da Avenida Unisinos, e José Luiz Shons Júnior, que realizou a Compatibilização e Orçamentação das Soluções de Restauração Estrutural e Funcional da Avenida Unisinos.

1.1 TEMA

O presente trabalho busca propor melhorias para a geometria e realizar um estudo de drenagem, com ênfase na verificação do bueiro localizado na Avenida Unisinos.

1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Neste trabalho, foram abordados aspectos referentes à geometria e drenagem da Avenida Unisinos.

Os dados referentes ao levantamento topográfico foram obtidos juntamente a um estudo anterior do Laboratório de Geomensura da Unisinos.

O projeto de drenagem, se limitou ao bueiro, na transposição de talwegues. Na drenagem superficial analisou-se as bocas de lobo existentes e constatou-se que necessitam de manutenção, não serão dimensionas, tendo em vista que a nova seção do bueiro é adequada aos volumes de água que recebe. A drenagem subterrânea deve ser feita junta ao projeto de pavimentação.

Já para a dimensão do pavimento da nova via, utilizaram-se as espessuras definidas em outros trabalhos de conclusão de curso de Engenharia Civil da Unisinos.

As composições e preços que já haviam sido definidos para a reconstrução do pavimento em um estudo anterior foram reaproveitados neste trabalho.

O trabalho propõe a implantação de uma via auxiliar e de uma ciclovia onde atualmente é o canteiro central da Avenida Unisinos e a realização de um estudo do bueiro.

1.3 PROBLEMA

O alagamento da Avenida Unisinos em dias de chuva, que causa um enorme desconforto aos usuários, colocando-os em situação de perigo, visto o risco de a água

não escoar como deveria, e o alto fluxo de veículos em períodos de aula, a qual acaba causando congestionamentos, levaram a esta proposta de melhorias.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é propor melhorias para geometria e drenagem da Avenida Unisinos, analisando-se a conformidade do bueiro situado na via, bem como a feitura de uma via auxiliar e uma ciclovia, para haver mais fluidez no trânsito.

1.4.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos são:

- a) Desenvolver os estudos hidrológicos para o bueiro em questão;
- b) Definir qual o dispositivo adequado para vazão calculada nos estudos hidrológicos;
- c) Projetar uma via auxiliar na avenida;
- d) Projetar uma área de desembarque;
- e) Projetar uma ciclovia;
- f) Orçar as melhorias de geometria e drenagem.

1.5 JUSTIFICATIVA

Em busca de maior conforto aos usuários da via, procura-se identificar o correto problema que está causando o alagamento da Avenida Unisinos e também proporcionar um melhor tráfego para o local.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo, serão descritas as definições dos temas principais deste trabalho: hidrologia e geometria, bem como será feita uma breve descrição dos trabalhos já realizados.

2.1 HIDROLOGIA

Trata do estudo da água na natureza, abrange as propriedades, fenômenos e distribuição da água na atmosfera, na superfície da Terra e no subsolo (PINTO, 2014, p.01).

Refere-se aos fenômenos naturais múltiplos encontrados no ciclo hidrológico, como a precipitação, evaporação, infiltração e o escoamento em rios. A hidrologia depende de muitas condições que dificultam a pesquisa, pois, quanto mais robusto um sistema, mais difícil e necessária é sua implantação (TUCCI, 1998, p.13).

Baseia-se em processos do meio físico natural. Contempla estudos meteorológicos, visto que ocorrências de precipitação por sazonalidades são os causadores de processos hidrológicos na bacia hidrográfica (TUCCI, 2014, p.27).

Um sistema como a bacia hidrológica não é dimensionado, diferentemente de um sistema dimensionado pelo homem, do qual se tem controle total. A bacia resulta dos processos naturais, por isso deve-se monitorar e procurar entender seu processo para que se possa prever sua resposta quando submetida a precipitações, modificações do solo, entre outros (TUCCI, 1998, p.13).

2.1.1 Ciclo Hidrológico

O início do ciclo hidrológico, que, na verdade, é fechado, é definido a partir de toda água encontrada na atmosfera, independentemente de seu estado, que o homem possa utilizar (PINTO, 2014, p.02).

O ciclo hidrológico inicia-se com o vapor de água existente na atmosfera, que se condensa devido às condições meteorológicas e forma microgotículas de água que ficam suspensas no ar. E, por intermédio da dinâmica das massas de ar, ocorre a precipitação, que é a transferência de água da atmosfera para a superfície terrestre (SILVEIRA, 2014, p.36).

A chuva é a forma mais comum de precipitação, ocorre em nuvens com umidade significativa e núcleos de condensação, que, pelo crescimento de microgotículas, superam a turbulência e, com a força da gravidade, chegam à superfície terrestre (SILVEIRA, 2014, p.36).

Uma fração da precipitação não chega ao solo, pois no momento da queda parte evapora ou fica retida na vegetação. O que chega ao solo chama-se de intercepção (PINTO, 2014, p.02).

Ao atingir o solo, que é poroso, a água se infiltra até que ocorra a saturação. Com o restante não infiltrado, começa o escoamento superficial, que conduz a água para as cotas mais baixas pelo efeito da gravidade. As vegetações no percurso obstaculizam o escoamento, pois beneficiam a infiltração. Para finalizar o ciclo hidrológico, ocorre a evaporação (SILVEIRA, 2014, p.37).

O equilíbrio do ciclo hidrológico se dá pela evaporação, pois, do volume total de água que atinge o solo, 25% sofrem escoamento superficial e os 75% restantes sofrem evaporação e voltam à atmosfera (PINTO, 2014, p.03).

Visto que as rodovias sofrem diretamente com as precipitações para o dimensionamento das estruturas de drenagem, deve-se dar uma atenção maior ao ciclo hidrológico (DNIT, 2005, p.15).

2.1.2 Bacia Hidrográfica

A bacia hidrográfica é o elemento principal do ciclo hidrológico na fase terrestre. Composta por superfícies vertentes e uma rede de drenagem, é ela que capta a água da precipitação e, através de escoamento, a leva para um único local de saída: o exutório (SILVEIRA, 2014, p.40).

As vertentes recebem a precipitação que, por infiltração, saturam o solo e, então, começa o escoamento superficial. Esta água produzida pelas vertentes segue para as redes de drenagem que têm a função de levá-la à saída da bacia. O papel hidrológico da bacia hidrográfica é modificar o que entra de volume precipitado, em um volume de saída escoado, de forma mais racionada no tempo (SILVEIRA, 2014, p.40).

2.1.3 Precipitação

Na hidrologia, precipitação é entendida como toda água, independentemente de como encontra-se, que chega à superfície terrestre. A chuva é a mais importante, por seu poder de gerar escoamento. O total, a duração e a distribuição são as principais características da precipitação. Um depende do outro: sozinhos, não possuem significado (BERTONI e TUCCI, 2014, p.177).

Ao condensar o vapor de água que há na atmosfera, ocorre o crescimento de gotículas nas nuvens. Para que ocorra a precipitação, é necessário que o volume do peso seja maior que as forças que as mantêm em suspensão (BERTONI e TUCCI, 2014, p.178).

2.1.3.1 Pluviometria

Estas são as grandezas que caracterizam uma chuva:

2.1.3.1.1 *Altura Pluviométrica*

De acordo com Bertoni e Tucci (2014, p. 181):

É a espessura média da lâmina de água precipitada que recobriria a região atingida pela precipitação admitindo-se que essa água não se infiltrasse, não se evaporasse, nem se escoasse para fora dos limites da região. A unidade de medição habitual é o milímetro de chuva, definido como a quantidade de precipitação correspondente ao volume de 1 litro por metro quadrado de superfície.

2.1.3.1.2 *Duração*

De acordo com Bertoni e Tucci (2014, p. 181): “É o período de tempo durante o qual a chuva cai. As unidades normalmente utilizadas são o minuto ou a hora.”

2.1.3.1.3 *Intensidade*

De acordo com Bertoni e Tucci (2014, p. 181):

É a precipitação por unidade de tempo, obtida como a relação $i=P/t$. expressa-se normalmente em mm/h ou mm/mim. A intensidade de uma precipitação apresenta variabilidade temporal, mas, para análise dos

processos hidrológicos, geralmente são definidos intervalos de tempo nos quais é considerada constante.

2.1.3.1.4 Frequência de probabilidade e tempo de recorrência

De acordo com Bertoni e Tucci (2014, p. 182):

A precipitação é um fenômeno de tipo aleatório. Na análise de alturas pluviométricas (ou intensidades) máximas, o T_r é interpretado como o número médio de anos durante o qual espera-se que a precipitação analisada seja igualada ou superada. O seu inverso é a probabilidade de um fenômeno igual ou superior ao analisado, se apresentar em um ano qualquer.

2.1.4 Escoamento Superficial

O escoamento superficial inicia-se com as precipitações pluviométricas. Uma porção da água da chuva é retida pela vegetação e outros obstáculos, uma parte se infiltra e o restante escoar pela superfície, quando a intensidade da chuva supera a de infiltração no solo. Há uma parcela que evapora durante este processo (PORTO, 1992, p.09).

Estuda a movimentação das precipitações na superfície da Terra. A água, ao cair sobre um solo completamente saturado, onde não há mais capacidade de infiltração, escoar superficialmente. O percurso é determinado pela inclinação do terreno e pela existência de obstáculos (MARTINS, 2014, p.36).

2.1.5 Drenagem

A drenagem possui a capacidade de reduzir o perigo ao qual as populações estão sujeitas, os riscos de inundações, e proporciona um desenvolvimento urbano de forma condizente, estruturada e sustentável (PORTO et al., 2014, p.805).

Tem o objetivo de eliminar a água da rodovia, proporcionando, através de dispositivos, o deságue para fora da estrada. Possui a finalidade de proteger a estrutura quanto aos efeitos danosos da água a fim de evitar incidentes (PORTO, 1992, p.48).

Com o propósito de evitar os prejuízos que a água causa à estrada, ocorre a drenagem, que pode ser superficial, quando remove a água superficial, ou subterrânea, quando remove a água do subsolo (MICHELIN, 1973, p.15).

Portanto a drenagem é responsável por coletar e remover a água superficial, oriunda da chuva, que escoe e seja capaz de atingir a rodovia. Já a drenagem subterrânea é aquela que possui a capacidade de remover as águas que se encontram abaixo da superfície do solo (MORALES, 2003, p.67).

2.1.5.1 Drenagem Superficial

A fim de evitar que a água oriunda das precipitações se acumule sobre a faixa de domínio, dimensionam-se elementos responsáveis por recolher e retirar a água da rodovia (MORALES, 2003, p.68).

A drenagem superficial é responsável por garantir um desague seguro das águas oriundas de áreas adjacentes e das precipitações, garantindo segurança e estabilidade à rodovia (DNIT, 2006, p. 153).

2.1.5.1.1 Sarjeta

Sarjetas são canais feitos na extremidade do pavimento ou do acostamento da estrada, mais utilizadas comumente na drenagem urbana (MICHELIN, 1973, p.19).

Visto que são destinadas à coleta e condução da água para locais onde não possam causar danos à rodovia, devem ser levados com consideração no projeto todos os fatores relevantes capazes de garantir o escoamento do fluxo previsto sem causar prejuízos (PORTO, 1992, p. 64).

Em trechos urbanos, conduzem a água que precipita sobre a rodovia e áreas adjacentes e a conduzem para o ponto de coleta que, geralmente, é uma boca de lobo (DNIT, 2006, p.280).

2.1.5.1.2 Boca de Lobo

Possui a função de recolher as águas que escoam pela sarjeta, a fim de levá-las às galerias subterrâneas (DNIT, 2006, p.282).

À medida que aumenta a lâmina d'água na sarjeta, mais água é captada pela boca de lobo, indiferente de seu tipo. O quanto de água uma boca de lobo irá reter depende da sarjeta e de suas características hidráulicas (WILKEN, 1978, p.351).

Conforme o DNIT (2006), as bocas de lobo podem ser de dois tipos:

- Boca de lobo simples, isto é, com abertura no meio-fio, caso em que a caixa coletora fica situada sob o passeio;
- Boca de lobo com grelha, caso em que a caixa coletora fica situada sob a faixa da sarjeta.

2.1.5.1.3 Bueiro

É destinado a conduzir as águas de arroios, bacias ou açudes que foram cortadas pela estrada. Quanto aos materiais utilizados podem ser rígidos ou flexíveis e, quanto à forma, podem ser tubulares, celulares ou em arco (MICHELIN, 1973, p.31).

Conduto livre ou forçado de pequeno comprimento, destinado a cruzar uma estrada que possui um curso d'água. Deve-se escolher uma estrutura que suporte a vazão de projeto, levando em consideração a altura d'água, a montante e a jusante, caso não seja bem dimensionado pode causar inundações (WILKEN, 1978, p.380).

É uma obra de infraestrutura enterrada, com a finalidade de garantir a passagem de água de um lado para o outro de uma rodovia (PORTO, 1992, p.50).

Composto por corpo, situado abaixo dos cortes e aterros, e de bocas responsáveis pelo recebimento e lançamento (DNIT, 2006, p. 28).

Os bueiros podem ser classificados em quatro categorias:

a) Quanto à forma da seção:

Quando a seção for circular, são denominados tubulares. No caso de a seção transversal ser retangular ou quadrada, são ditos celulares. Quanto à forma em arco, admite seções diferentes das anteriores, tais como especiais, elipses ou ovoides. Se o bueiro for metálico corrugado, há uma série de formas e dimensões (DNIT, 2006, p. 28).

b) Quanto ao número de linhas:

Podem ser simples, duplos ou triplos, ou seja, quando possuir uma linha, duas ou três linhas de tubos ou células. Por provocar alagamentos, não são recomendáveis números maiores por linhas (DNIT, 2006, p. 28).

c) Quanto ao material:

Os materiais são os mais diversificados, como: concreto simples, concreto armado, chapa metálica corrugada ou polietileno de alta densidade (PEAD), além do plástico reforçado de fibra de vidro (PRFV) (DNIT, 2006, p. 29).

- Tubos de concreto (DNIT, 2006, p. 29):

São de concreto simples ou armado, devem obedecer aos projetos-tipo do DNIT, serem moldados em formas metálicas e devem ter o concreto adensado por vibração ou centrifugação.

- Tubos metálicos corrugados (DNIT, 2006, p. 29):

São tubos metálicos corrugados que devem ser fabricados a partir de bobinas de aço, segundo normas AASHTO e ASTM e revestidos adequadamente para resistir às mais diversas condições ambientais.

- Células de concreto (DNIT, 2006, p. 29):

As seções transversais-tipos devem obedecer aos projetos elaborados, de acordo com as peculiaridades locais, devendo o concreto ser adensado por vibração.

- d) Quando à esconsidade:

É determinada pelo ângulo gerado entre o eixo longitudinal do bueiro e a normal ao eixo longitudinal da rodovia. Quando o eixo do bueiro coincidir com a normal ao eixo da rodovia são ditos bueiros normais. Quando o eixo longitudinal fizer um ângulo diferente de zero com a normal ao eixo da rodovia são ditos esconsos (DNIT, 2006, p. 29).

2.2 PROJETO GEOMÉTRICO

Neste item, serão descritos elementos básicos para elaboração de um projeto geométrico.

2.2.1 Traçado

Para uma estrada, o melhor meio de fazer a ligação entre dois pontos é ligá-los em linha reta, porém isso só é possível se não há nenhum tipo de obstáculo entre esses dois pontos que forçasse a estrada a desviar-se do traçado ideal (PONTES FILHO, 1998, p.14).

Pela necessidade de ligação entre dois pontos, inicia-se a escolha do traçado. O problema nasce quando a junção desses pontos raramente se dá por uma linha reta, devido a uma série de restrições existentes na área. Tais restrições afetam e

possuem importância, pois não basta pensar na simples e pura ligação: é necessário também que isso ocorra da melhor forma para atender à comunidade (PIMENTA e OLIVEIRA, 2016, p.01).

O traçado precisa adaptar-se geometricamente à topografia existente, quando possível, atendendo a determinadas condições estipuladas em função do padrão definido para via em decorrência dos estudos operacionais (ANTAS, 2010, p.17).

Por ser tridimensional, a estrada precisa se ajustar harmonicamente à topografia da região, de modo que o projeto, se possível, não agride a topografia existente. Sendo assim, deve satisfazer as exigências de tráfego, cumprir as características técnicas de um bom traçado e perfil, e estar em conformidade com a região atravessada (PIMENTA e OLIVEIRA, 2016, p.01).

O traçado é definido nas etapas de anteprojeto e de projeto básico. Após esta fase, elabora-se o projeto de execução com o traçado já transportado para o terreno (ANTAS, 2010, p.17).

2.2.2 Curvas Horizontais Circulares

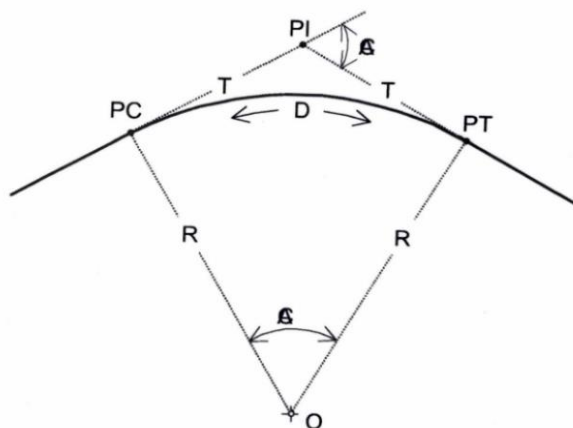
O traçado de uma rodovia é composto por trechos retos, chamados de tangentes, e trechos curvos, chamados de curvas horizontais. Para estabelecer o traçado, podem-se dispor as retas do terreno em função da topografia e demais restrições existentes e depois compatibilizá-las por meio das curvas (PIMENTA e OLIVEIRA, 2016, p.29).

O projeto em planta é composto de trechos retos acedidos por curvas horizontais utilizadas para desviar de obstáculos que não podem ser vencidos. Por ora, uma estrada deve ter o traçado mais curto possível, porém a topografia, as características geológicas e geotécnicas da região, a hidrografia e problemas de desapropriação obrigam o uso inúmeras de curvas horizontais (PONTES FILHO, 1998, p.71).

Curvas horizontais circulares são denominadas quando formadas por arcos de circunferência que se ligam diretamente às tangentes. O raio escolhido para cada curva deve ser aquele que melhor se encaixe ao terreno, obedecendo aos valores mínimos que asseguram a segurança dos veículos que percorrem a estrada na velocidade de projeto (PIMENTA e OLIVEIRA, 2016, p.29).

A Figura 1 mostra a concordância das curvas horizontais circulares com as tangentes do traçado.

Figura 1 – Parâmetros Geométricos da curva



Fonte: Pimenta e Oliveira (2016)

Onde:

PI – Ponto de interseção das tangentes;

PC – Ponto de curva (início da curva);

PT – Ponto de tangência (fim da curva);

AC – Deflexão entre tangentes ou ângulo central da curva;

R – Raio da curva;

T – Tangente da curva;

D – Desenvolvimento ou comprimento do arco;

O – Centro da curva.

2.2.3 Curvas Horizontais com Transição

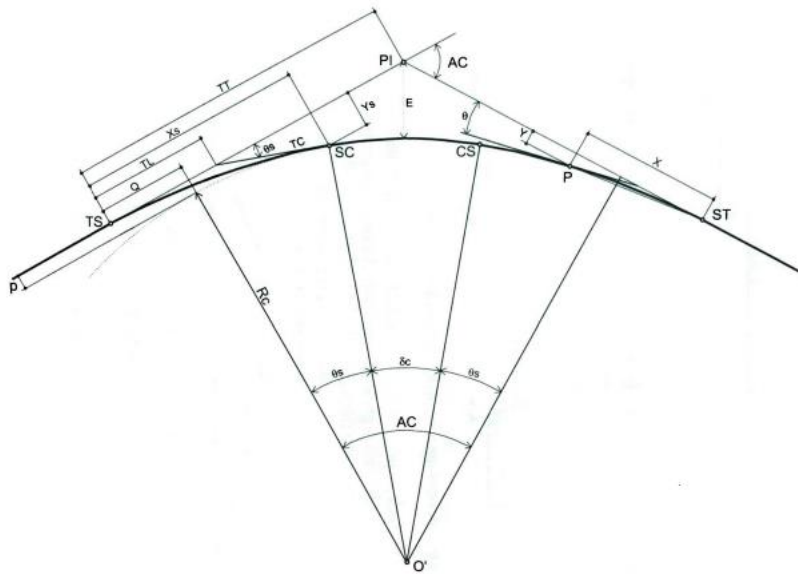
O traçado de uma estrada definido através de linhas retas concordando diretamente com curvas circulares cria problemas nos pontos de concordância. A descontinuidade da curvatura no ponto de passagem da tangente para circular e vice-versa não pode ser admitida em um traçado racional (PIMENTA e OLIVEIRA, 2016, p.35).

Ao deslocar-se de um alinhamento reto com raio infinito a uma curva circular com raio finito, ocorre uma variação instantânea, surgindo rapidamente uma força

centrífuga que tende a desviar o veículo de seu trajeto. Para garantir conforto e segurança e diminuir os incômodos desta brusca variação da aceleração centrífuga, coloca-se entre a tangente e a curva circular uma curva de transição, de modo que o raio de curvatura passe aos poucos do valor infinito ao valor do raio da curva circular (PONTES FILHO, 1998, p.127).

A Figura 2 mostra uma curva horizontal com transição.

Figura 2 – Curva com transição



Fonte: Pimenta e Oliveira (2016)

Onde:

AC – Deflexão ou ângulo central;

TT – Tangente total;

TL – Tangente longa;

TC – Tangente curta;

Xs – Abscissa do SC e do CS;

Ys – Ordenada do SC e do CS;

Q – Abscissa do centro;

p – Afastamento;

θ_s – Ângulo central da espiral;

O' – Centro da circunferência;

Rc – Raio da curva circular;

- δ_c – Ângulo central circular;
- D_c – Desenvolvimento circular;
- X – Abscissa de um ponto genérico (P);
- Y – Ordenada de um ponto genérico (P);
- θ - Ângulo até o ponto P;
- E – Distância externa.

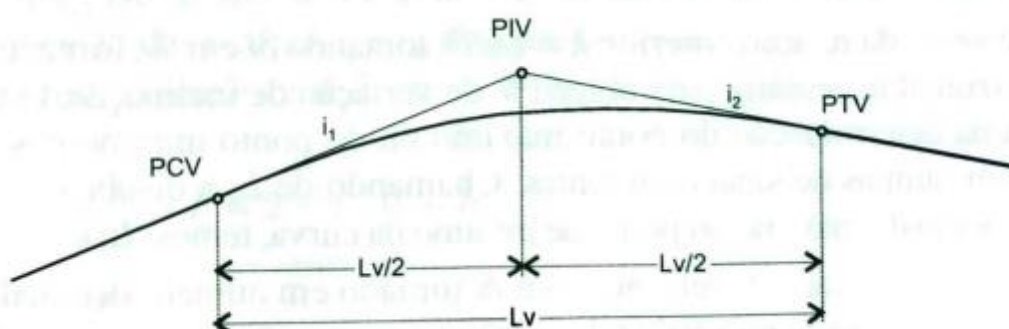
2.2.4 Curvas Verticais

As curvas verticais são os greides retos concordados dois a dois, que, em perfil, constituem o projeto de uma estrada. A declividade da tangente do ângulo com a horizontal define os greides retos (PONTES FILHO, 1998, p.209).

A modificação da inclinação do greide resulta em uma conseqüente angulosidade, ou seja, tem-se uma gradual mudança na declividade. Isso faz com que se aplique uma concordância curvilínea no cruzamento de duas rampas. Nesse caso, é recomendado uma curva de concordância vertical de aplicação simples, ocasionando segurança aos usuários, deslocamento suave dos veículos, drenagem apropriada e aspecto agradável no projeto (ANTAS, 2010, p.139).

A Figura 3 mostra a concordância das rampas das curvas verticais.

Figura 3 – Curva Vertical



Fonte: Pimenta e Oliveira (2016)

Onde:

- PIV – Ponto de interseção das tangentes;
- PCV – Ponto de curva vertical ou início da curva vertical;
- PTV – Ponto de tangente vertical ou fim da curva vertical;

- Lv – Comprimento da curva vertical (projeção horizontal);
- i1 – inclinação da primeira rampa (+) ascendente ou (-) descendente;
- i2 – inclinação da segunda rampa (+) ascendente ou (-) descendente.

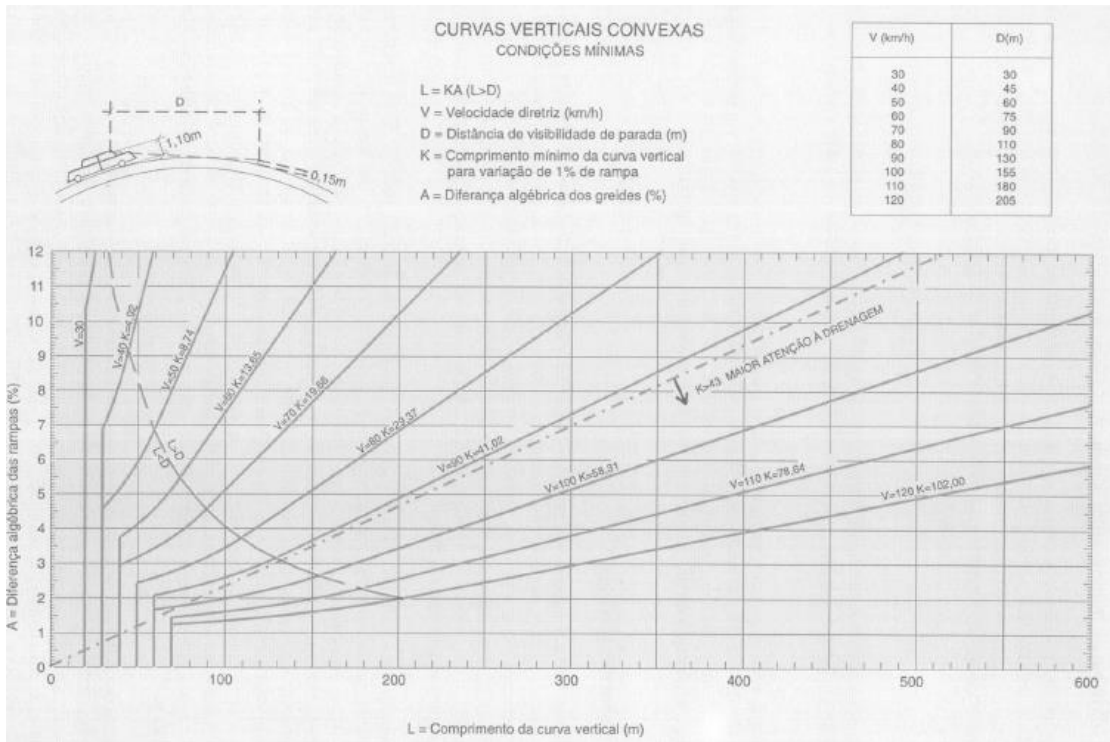
2.2.4.1 Concordância Vertical

Como já dito anteriormente, as curvas verticais possuem a função de concordar tangentes verticais do greide. De preferência, devem-se adotar parábolas de 2º grau, pois proporcionam uma variação constante da tangente. O parâmetro K de curvatura que define essas parábolas, traduz a taxa de variação da declividade longitudinal na unidade de comprimento determinada para cada velocidade, ou seja, o valor de K corresponde ao comprimento da curva para cada 1% de variação da declividade longitudinal (DNER, 1999, p. 124).

O comprimento da curva de concordância vertical é definido a partir da multiplicação pelo parâmetro K pela diferença algébrica entre duas rampas sucessivas, isto é, A em porcentagem definido pela equação $L=K.A$ (DNER, 1999, p. 124).

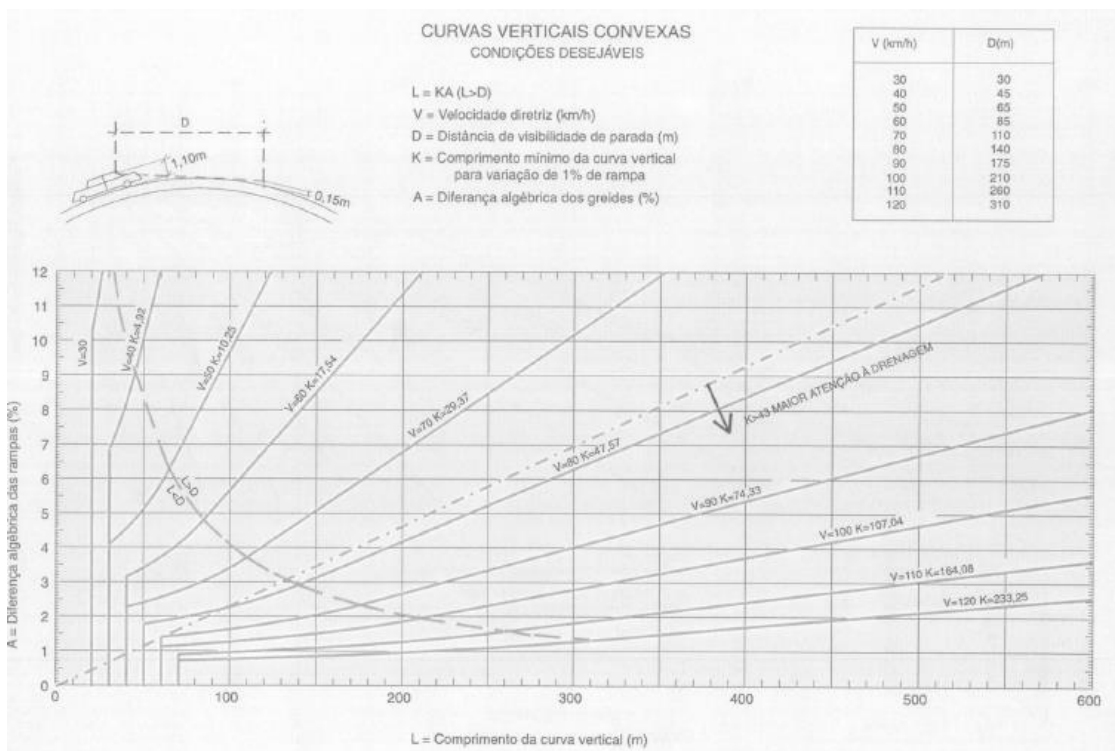
Para facilitar os cálculos, o DNER estabeleceu as curvas conforme demonstradas nas Figuras 4, 5, 6 e 7.

Figura 4 – Curvas Verticais Convexas – Condições mínimas



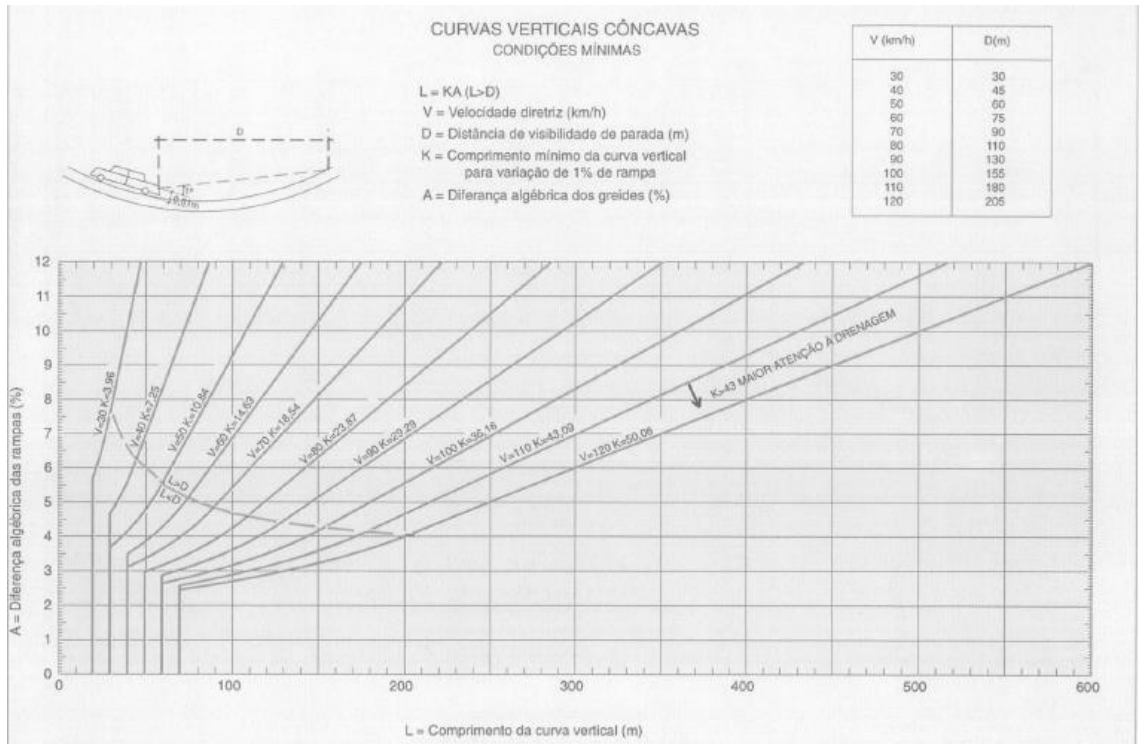
Fonte: DNER (1999)

Figura 5 – Curvas Verticais Convexas – Condições Desejáveis



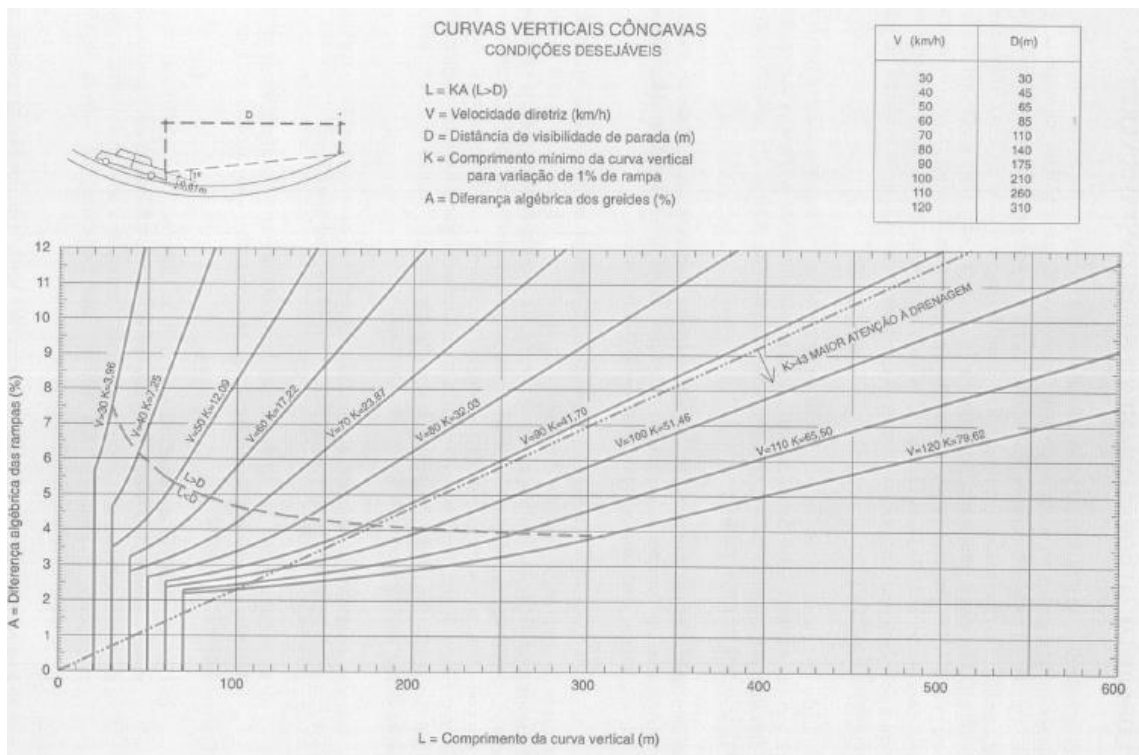
Fonte: DNER (1999)

Figura 6 – Curvas Verticais Côncavas – Condições Mínimas



Fonte: DNER (1999)

Figura 7 – Curvas Verticais Côncavas – Condições Desejáveis



Fonte: DNER (1999)

2.2.5 Perfil Longitudinal

O perfil longitudinal é a reprodução no plano vertical das diferenças de cotas, ao longo de uma estrada, obtidas pelo nivelamento. O perfil é também gerado pelas curvas de concordância vertical concordadas com os alinhamentos retos. As alturas que devem ser obedecidas no perfil longitudinal após a conclusão de uma estrada são chamadas de greide e podem ser retos, quando a inclinação é constante, ou curvos, quando há utilização de uma curva de concordância para concordar os greides retos (PONTES FILHO, 1998, p.40).

Em planta, deseja-se que o perfil seja homogêneo, ou seja, que a variação de inclinação nas rampas não seja muito variável e que o raio das curvas de concordância vertical não seja muito diferente (PIMENTA e OLIVEIRA, 2016, p.95).

A escolha do perfil está diretamente ligada à terraplenagem e ao custo da estrada. Devem-se levar em consideração as condições geológicas e geotécnicas da região, a minimização de cortes e aterros, estabilização de taludes, obras especiais de drenagem, entre outros serviços, possuem uma redução significativa no custo da obra (PIMENTA e OLIVEIRA, 2016, p.95).

2.2.6 Terraplenagem

Tem o propósito de preparar uma superfície adequada ao uso de veículos, a qual posteriormente, será complementada com a estrutura viária. Para esse efeito, é necessário que sejam feitas escavações no solo e retiradas de obstruções de rochas. No projeto, é preciso levar em conta a quantidade de diferentes serviços que serão necessários, o tempo de execução e quais equipamentos serão utilizados. Isto resultará no prazo e custo da obra (ANTAS, 2010, p.185).

No planejamento do projeto, é importante considerar o mínimo movimento de terra na construção da estrada, pois o custo de movimentação de material é significativo no valor total. Deve-se procurar a utilização dos volumes escavados nos cortes para construção dos aterros, havendo, assim, um equilíbrio de volumes, diminuindo empréstimos e bota-foras. Com isso consegue-se um menor transporte e diminuição no custo da terraplenagem (PONTES FILHO, 1998, p.255).

2.2.6.1 Seções Transversais

Após a definição do traçado, podem-se levantar as seções transversais, a partir da cota do greide, da posição da plataforma e taludes. Em cada estaca, há uma seção transversal que indicará os volumes de cortes e aterros ou volume misto quando se tem uma parte em corte e outra parte em aterro (PIMENTA e OLIVEIRA, 2016, p.120).

2.2.6.2 Áreas e Volumes

Para obtenção dos volumes, primeiramente, precisa-se calcular as áreas. Os volumes de corte se dão pela retirada de material situado acima do greide, e os volumes de aterro são os preenchimentos das depressões. Após o processo de terraplenagem, a superfície ganha o nome de plataforma e fica de acordo para o tráfego de veículos (ANTAS, 2010, p.186).

2.2.6.3 Distribuição do Material Escavado

Deve-se procurar, sempre que viável, o aproveitamento para os aterros do material oriundo dos cortes, evitando, desse modo, novas escavações, que, diretamente, elevariam o custo da obra em vão. Para esse aproveitamento, dá-se o nome de compensação de volumes (PIMENTA e OLIVEIRA, 2016, p.122).

No momento em que o volume de corte não consegue atender ao volume requerido para aterro, é necessário que ocorra empréstimo. Para isso, levam-se em consideração fatores como qualidade do solo e distância de transporte, realizam-se escavações e transporta-se o material até o local do aterro (PIMENTA e OLIVEIRA, 2016, p.122).

Sempre que o volume de corte é superior ao volume de aterro ou o material do corte não convém para construção dos aterros, ocorre o bota-fora, através do qual o material retirado é transportado e depositado em local apropriado (PIMENTA e OLIVEIRA, 2016, p.122).

2.2.6.4 Diagrama de Brückner

Também conhecido como diagrama das massas, auxilia na análise da distribuição do material escavado e equivale à operação de terraplenagem, com

indicação de seus volumes, classificações e distâncias médias de transporte as quais correspondem à origem e destino dos solos e rochas. Como base para a construção do diagrama de Brückner, utiliza-se uma tabela com os volumes totais acumulados, proveniente do cálculo das áreas das seções transversais e volumes (PONTES FILHO, 1998, p.261).

Essa tabela nos fornece informações importantes, como o início e o fim aproximado de cada corte ou aterro, o volume de solo disponível ou necessário entre dois pontos de um mesmo corte ou aterro, entre outros. Logo, a partir do diagrama pode-se ver de maneira clara, direta e eficiente estes volumes. Portanto torna-se uma ferramenta fundamental no planejamento da movimentação de terra (PIMENTA e OLIVEIRA, 2016, p.126).

De acordo com Pimenta e Oliveira (2016, p. 128), temos abaixo as propriedades do diagrama de Brückner:

- a. Todo trecho ascendente corresponde a corte e todo trecho descendente corresponde a aterro;
- b. Todo ponto máximo relativo corresponde a um ponto de passagem de corte para aterro e todo mínimo relativo a um ponto de passagem de aterro para corte;
- c. Segmentos com inclinação mais forte correspondem a maior volume por unidade de comprimento. Mantidas a largura da plataforma e a inclinação dos taludes, obtém-se a maior altura de corte ou aterro;
- d. A diferença de ordenada entre dois pontos de um mesmo trecho ascendente ou descendente representa o volume disponível ou necessário entre esses pontos;
- e. Uma reta horizontal que corta dois trechos consecutivos, um ascendente e um descendente, determina dois pontos entre os quais existe compensação de volume. Esse volume é dado pela diferença de ordenada entre o ponto extremo da linha de Brückner e a reta horizontal de compensação;
- f. A posição da linha de Brückner em relação à linha de compensação indica o sentido do movimento de terra;
- g. O momento de transporte de um trecho compensado é dado pela área da figura compreendida entre a linha de compensação e a linha de Brückner.

2.2.7 Classificação das Rodovias

Diante de tantas características, busca-se definir conjuntos que possuam padrões semelhantes. Para classificação, é de suma importância que as características geométricas atendam a objetivos, como: raios de curvatura, rampas, larguras de pista, distância de visibilidade, entre outros, e estejam condicionados pelo relevo da região: plano, ondulado ou montanhoso. Há, também, a classificação funcional que busca unir as rodovias pelas funções que exercem (DNER, 1999, p. 11).

2.2.7.1 Classes de Projeto

Os principais parâmetros levados em consideração para padronização e uniformização dos aspectos técnicos são: função exercida pela rodovia e volumes de tráfego (DNER, 1999, p. 24).

Segundo DNER (1999), a classificação deve ser feita conforme os itens a seguir:

- **Classe 0**

Rodovia do mais elevado padrão, via expressa com mais de uma pista, cruzamentos em desnível, total controle de acessos e bloqueio total de pedestres.

- **Classe I – A**

Rodovia de pista dupla com controle parcial de acessos, caso de rodovia arterial com grande demanda de tráfego. Os volumes de tráfego são os mesmos das faixas de Classe Especial.

- **Classe I – B**

Rodovia de pista simples de elevado padrão, prevista para volume de tráfego 1.400 veículos por dia ou volume horário de projeto de 200 veículos. Para região plana, o número de veículos por dia deve ficar abaixo de 5.500 ou de 1.900 para região ondulada; já para regiões fortemente onduladas, deve ser inferior a 2.600 veículos ou abaixo de 1.000 para região montanhosa.

- **Classe II**

Rodovia de pista simples prevista para atender volume médio diário bidirecional de 700 a 1.400 veículos.

- **Classe III**

Rodovia de pista simples prevista para atender volume médio diário bidirecional de 300 a 700 veículos.

- **Classe IV**

Rodovia de pista simples, normalmente não é pavimentada, possui características técnicas para atender, a custo mínimo, os volumes de tráfego previstos ao ano de abertura e deve ser avaliada economicamente a necessidade de pavimentação. Faz parte do sistema local e compreende as seguintes subclasses:

- **Classe IV – A:** para volume médio diário de 50 a 200 veículos;
- **Classe IV – B:** para volume médio diário inferior a 50 veículos.

2.2.7.2 Classes Funcionais

Esta classificação é feita de acordo com o tipo de serviço que a via oferece e a função que exerce. As rodovias rurais brasileiras são classificadas em três grandes sistemas funcionais: sistema arterial, coletor ou local (DNER, 1999, p. 17).

Segundo DNER (1999), as categorias funcionais são estabelecidas de acordo com as funções que a rodovia exerce, que se segue:

- **Sistema Arterial**

Permite alto nível de mobilidade para volumes de tráfego elevado, atende ao tráfego de longa distância de modo a interligar municípios, estados e países. Este sistema subdivide-se nos subsistemas:

- Sistema Arterial Principal: abrange as rodovias empregadas para viagens internacionais e inter-regionais. Sua principal função é mobilidade, logo deve-se conectar com rodovias similares em regiões vizinhas proporcionando um sistema contínuo.
- Sistema Arterial Primário: estas rodovias atendem viagens inter-regionais e interestaduais, formando um sistema contínuo com o sistema anterior, livre de interrupção e atendendo à função mobilidade.
- Sistema Arterial Secundário: deve atender sobretudo a viagens interestaduais que não se enquadram em sistema de nível superior. Juntamente com as outras rodovias, deve formar um sistema contínuo que atenda à função mobilidade.

- **Sistema Coletor**

Este sistema complementa o sistema arterial, possibilitando mobilidade e gerando uma rede contínua que possibilita a ligação de centros municipais à malha arterial. Visa a atender ao tráfego intermunicipal e centros geradores de tráfego de menor volume não atendidos pelo sistema arterial. Subdivide-se em:

- Sistema Coletor Primário: possui a função de atender ao tráfego intermunicipal, propiciando mobilidade e acesso dentro de uma área específica do Estado.
- Sistema Coletor Secundário: deve proporcionar não só mobilidade, como também acesso às grandes áreas dentro do Estado não servidas por outras rodovias arteriais ou coletoras primárias.

- **Sistema Local**

Destinado a proporcionar acesso ao tráfego intermunicipal de áreas rurais e de pequenas localidades às rodovias de nível superior, normalmente, possuem pequena extensão.

2.2.7.3 Relação entre Classe de Projeto e Classe Funcional

Esta relação tem a finalidade de conceder à classe funcional um determinado conjunto de padrões técnicos que se diz compatível com o nível daquela classe, ou seja, a classe de projeto aborda critérios técnicos e características com base no volume de tráfego, e a classe funcional refere-se à função e utilização das rodovias. Na Tabela 1, podem-se observar as relações entre classes (DNER, 1999, p. 27).

Tabela 1 - Classes Funcionais e de Projeto

| Sistema | Classes Funcionais | Classes de Projeto |
|----------------|---------------------------|---------------------------|
| Arterial | Principal | Classe 0 e I |
| | Primário | Classe I |
| | Secundário | Classe I e II |
| Coletor | Primário | Classe II e III |
| | Secundário | Classe III e IV |
| Local | Local | Classe III e IV |

Fonte: DNER (1999)

2.2.8 Velocidade Diretriz

A velocidade é um dos principais parâmetros para o dimensionamento dos elementos de projeto geométrico, por isso deve ser definida de acordo com a classificação da via e o tipo de relevo do local onde se implanta o traçado (DNER, 1999, p. 41).

Conforme DNER (1999), o relevo da região pode ser classificado de acordo com os itens a seguir:

- Terreno Plano: sempre que os veículos pesados conseguem se deslocar com velocidade semelhante aos carros de passeio.
- Terreno Ondulado: quando os veículos pesados reduzem a velocidade bem abaixo dos carros de passeio, porém não se obrigam a operar com essa velocidade por distâncias significativas.
- Terreno Montanhoso: no caso de os veículos pesados operarem com velocidade de arrasto, ou seja, bem baixa por longas distâncias.

A Tabela 2 mostra o valor da velocidade a ser adotada de acordo com o relevo e a classe da rodovia, isto é, serve de referência para o projeto geométrico.

Tabela 2 - Velocidades Diretrizes para Rodovias (km/h)

| Classe da Rodovia | Relevo | | |
|-------------------|--------|----------|------------|
| | Plano | Ondulado | Montanhoso |
| 0 | 120 | 100 | 80 |
| I | 100 | 80 | 60 |
| II | 100 | 70 | 50 |
| III | 80 | 60 | 40 |
| IV | 60-80 | 40-60 | 30-40 |

Fonte: DNER (1999)

2.2.9 Rampas Máximas

O principal objetivo é estabelecer um equilíbrio entre o fator econômico e os desempenhos operacionais dos veículos, em especial no que se refere ao consumo e desgaste e também quanto ao aumento no tempo de viagem. As características técnicas e operacionais da rodovia devem ser coerentes aos valores das rampas (DNER, 1999, p. 71).

A Tabela 3 mostra os valores máximos de rampas recomendados para cada classe de projeto.

Tabela 3 - Rampas máximas

| Classe de Projeto | Relevo | | |
|-------------------|--------|----------|------------|
| | Plano | Ondulado | Montanhoso |
| Classe 0 | 3% | 4% | 5% |
| Classe I | 3% | 4,5% | 6% |
| Classe II | 3% | 5% | 7% |
| Classe III | 4% | 6% | 8% |
| Classe IV - A | 4% | 6% | 8% |
| Classe IV - B | 6% | 8% | 10% |

Fonte: DNER (1999)

Assim como no item 2.2.7.4, buscou-se informação na Prefeitura de São Paulo sobre as rampas máximas admissíveis para pavimento urbano, visto que o DNER aborda rodovias rurais. O Quadro 1 mostra, além dos valores de rampas máximas, informações complementares de geometria conforme a classificação da via.

Quadro 1 – Características geométricas das vias

| Classificação | VDM | Largura da Faixa (m) | Largura dos Passeios (m) | Raios Mínimos de Curva (Horiz.) (m) | Rampa Máxima (%) | Gabarito Vertical O.A.E. (m) |
|------------------------------|---------------------|----------------------|--------------------------|-------------------------------------|------------------|------------------------------|
| Via Estrutural | > 10.000 | 3,50 - 3,60 | 3,50 | 200 + (transição) | 6% | 5.50 |
| Vias Estruturais e Coletoras | $5.001 \leq 10.000$ | 3,50 | 3,00 - 3,50 | 110 | 8% | 4.50 |
| Vias Coletoras | 1.501 a 5.000 | 3,00 - 3,50 | 2,50 - 3,00 | 50 | 10% | 4.50 |
| Via Local e Coletora | 401 a 1.500 | 3,00 | 2,50 - 3,00 | 50 | 12% | 4.50 |
| Via Local | 100 a 400 | 2,70 - 3,50 | 2,50 | 20 | 15% | 4.00 |
| Faixa exclusiva de ônibus | < 500 | 3,50 | - | - | 10% | 4.50 |
| | > 500 | | | | 8% | 4.50 |

Fonte: Prefeitura Municipal de São Paulo (2004)

2.2.10 Projeto Geométrico de Ciclovias

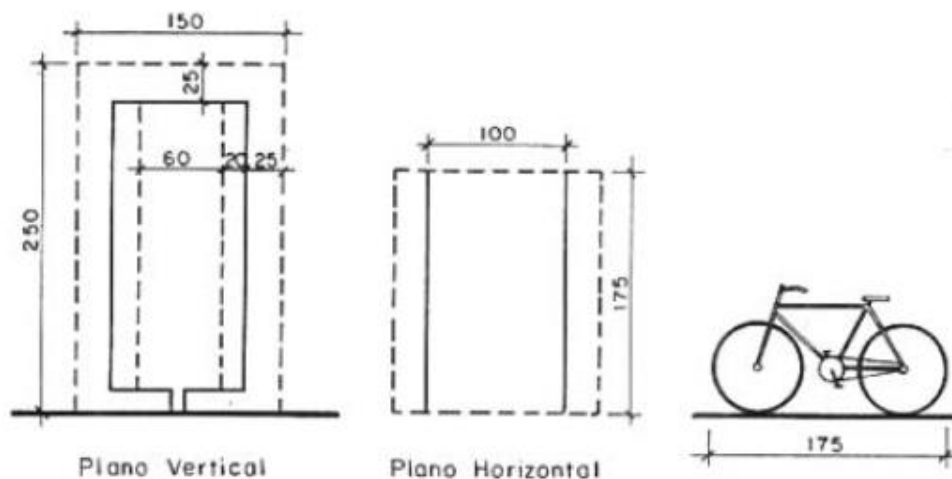
Podem ser unidirecionais ou bidirecionais. As unidirecionais requerem um espaço menor para implantação, razão pela qual são mais utilizadas. Já as bidirecionais são as mais seguras, pois há um espaço a mais para circulação. Então, sempre que possível, deve-se adotá-la (DAER, 1991, p. 51).

Considera-se que o ciclista esteja inserido em uma largura de 1,00 metro, comprimento de 1,75 metros e altura de 2,25 metros. Conforme Figura 8 (DAER, 1991, p. 50).

De acordo com DAER (1991, p. 50):

A largura de 1,00m resulta da largura do guidom (0,60m), acrescida do espaço necessário ao movimento dos braços e das pernas (0,20m para cada lado). O gabarito a adotar, entretanto, será superior a 0,50m na largura, e em 0,25m na altura.

Figura 8 – Dimensões da ciclovia



Fonte: DAER (1991)

2.3 ESTUDOS ANTERIORES

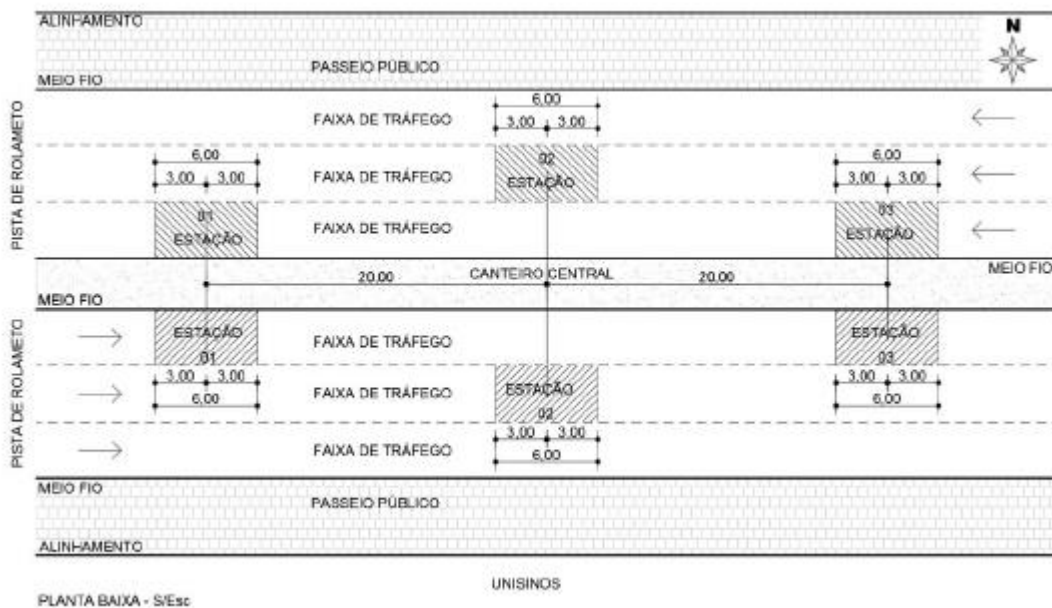
Neste item, serão descritos os três trabalhos já realizados referentes à Avenida Unisinos, tais como avaliação funcional e estrutural para reconstrução e a compatibilização da solução adotada.

2.3.1 Avaliação Funcional para Restauração da Avenida Unisinos

Teixeira dos Santos (2017) realizou a avaliação das condições do pavimento conforme a Norma do DNIT 006/2003 – PRO (Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos – Procedimento), na qual pôde detalhar e classificar as ocorrências encontradas no pavimento até chegar a um Índice de Gravidade Global (IGG).

Para a realização do estudo, ele utilizou o Índice de Gravidade Global da Estação (IGGe), que dá o conceito de degradação do pavimento em cada estação analisada, numérica e graficamente, possibilitando a determinação das condições de cada estação individual. A demarcação das estações foi realizada conforme a Figura 9.

Figura 9 – Demarcação das Estações



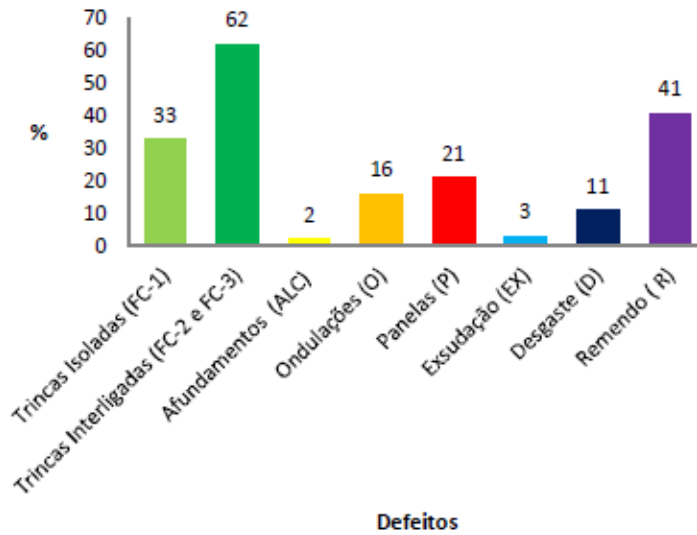
Fonte: Teixeira dos Santos (2017)

- Av. Unisinos – Sentido BR 116 / Av. Mauá

Segundo Teixeira dos Santos (2017), os defeitos mais encontrados na Av. Unisinos, sentido BR 116 / Av. Mauá, são remendos, trincas interligadas e isoladas. Das estações avaliadas, 33% possuem algum tipo de trinca isolada, 62% algum tipo

de trinca interligada, 2% de afundamentos, 16% de ondulações, 21% de panelas, 3% de exsudações, 11% de desgastes e 41% de remendos, conforme o Gráfico 1.

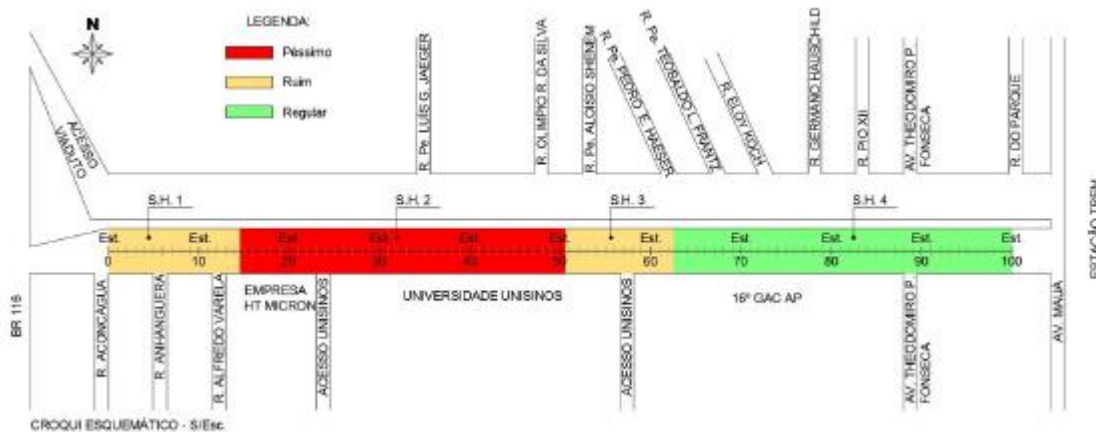
Gráfico 1 – Percentual de Estações com Defeitos



Fonte: Teixeira dos Santos (2017)

Após a realização dos cálculos, Teixeira dos Santos (2017) pôde definir o conceito de degradação para o pavimento, do qual 37% são regulares, 36% péssimos e 27% classificados como ruins, como mostra a Figura 10.

Figura 10 – Conceito de Degradação Av. Unisinos – Sentido BR 116 / Av. Mauá



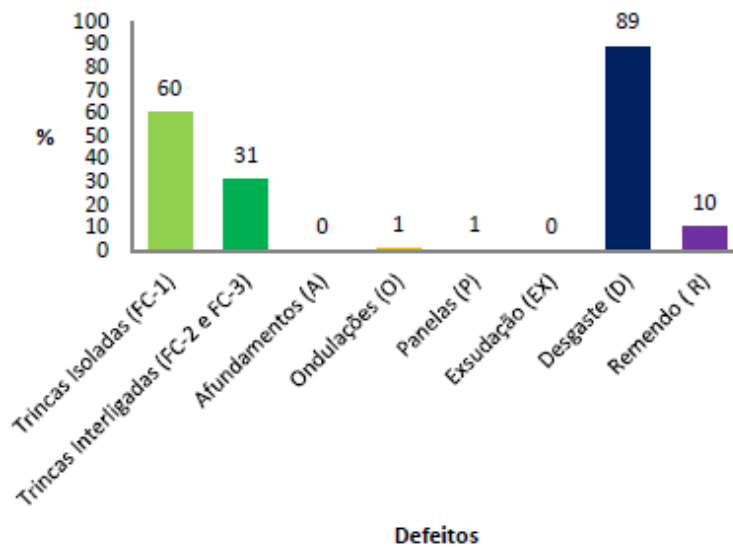
Fonte: Teixeira dos Santos (2017)

Teixeira dos Santos (2017) concluiu que, no sentido BR 116 / Av. Mauá, há 4 segmentos homogêneos, sendo 1 considerado péssimo, 2 ruins e 1 regular, o que influencia, de forma negativa, a segurança e o conforto dos usuários.

- Av Unisinos – Sentido Av. Mauá / BR 116

Segundo Teixeira dos Santos (2017), no sentido Av. Mauá / BR 116 da Av. Unisinos, os defeitos mais encontrados são desgastes, trincas interligadas e isoladas. Das estações avaliadas, 60% apresentam algum tipo de trinca isolada, 31% algum tipo de trinca interligada, 1% de ondulação, 1% de panela, 89% de desgastes e 10% de remendos, conforme o Gráfico 2.

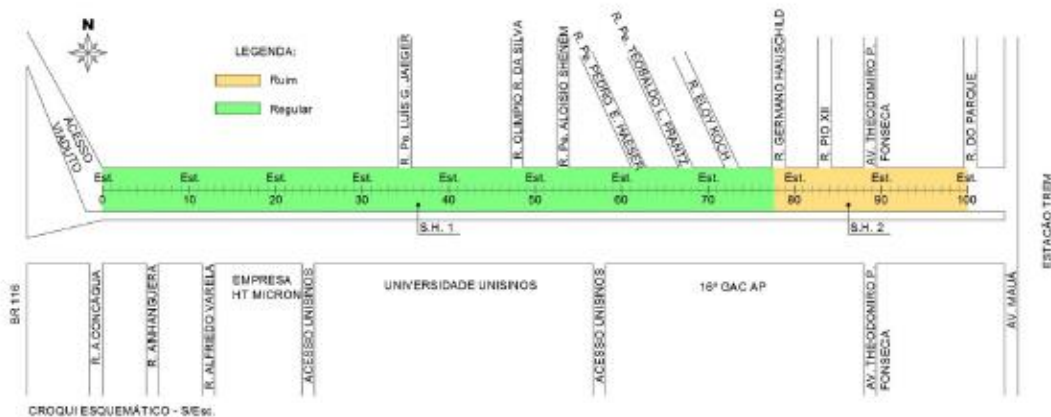
Gráfico 2 – Percentual de Estações com Defeitos



Fonte: Teixeira dos Santos (2017)

Após a realização dos cálculos, Teixeira dos Santos (2017) pôde definir o conceito de degradação para o pavimento, do qual 78% é regular e 22% classificado como ruim, como mostra a Figura 11.

Figura 11 – Conceito de Degradação Av. Unisinos – Sentido Av. Mauá / BR 116

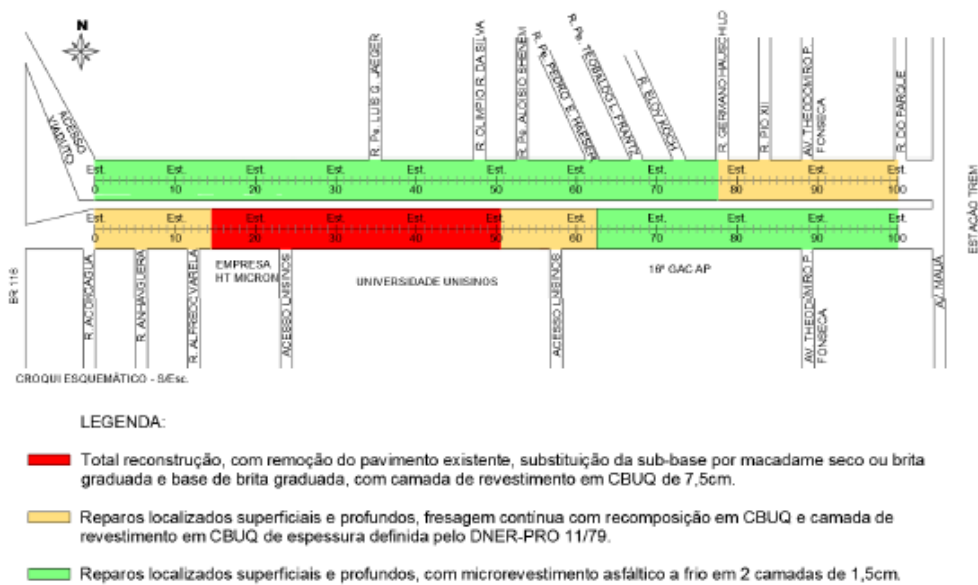


Fonte: Teixeira dos Santos (2017)

Teixeira dos Santos (2017) findou que, no sentido Av. Mauá / BR 116, há 2 segmentos homogêneos, sendo 1 considerado regular e 1 ruim, o que influencia de forma negativa a segurança e conforto dos usuários.

Por fim, concluiu que, de maneira geral, 18% obtiveram o conceito de degradação péssima e necessitam de reconstrução total; 24% tiveram conceito ruim e necessitam de reparos localizados e fresagem contínua, e o restante de 58% foram classificados como regular e necessitam apenas de reparos localizados.

Figura 12 – Croqui Esquemático das soluções adotadas



Fonte: Teixeira dos Santos (2017)

Desse modo, ao finalizar o estudo, conclui-se que, após a finalização dessas intervenções em todos os trechos na camada de revestimento do pavimento, atender-se-ão os critérios de segurança e conforto aos usuários.

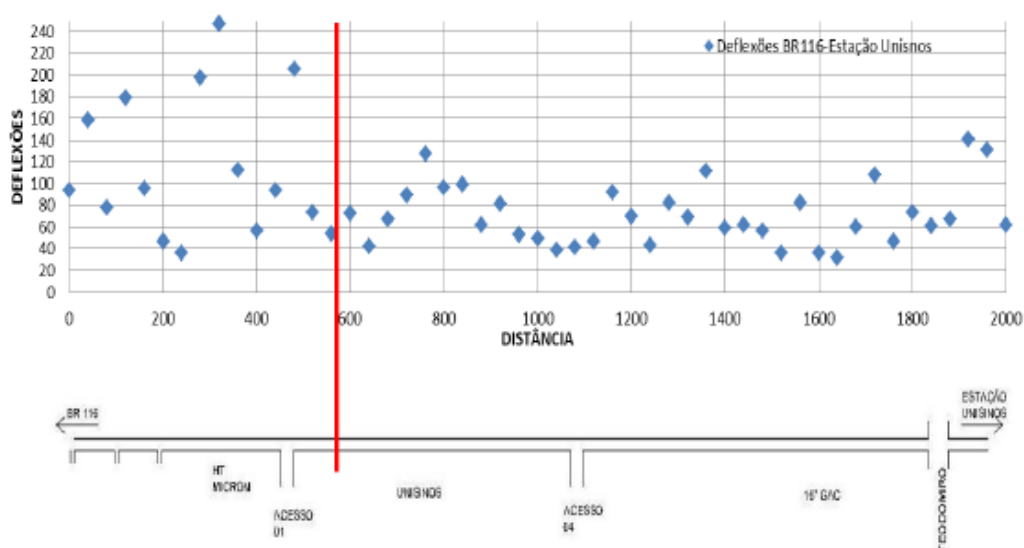
2.3.2 Avaliação Estrutural para Restauração da Avenida Unisinos

Ritter dos Santos (2017), fez a análise dos trechos conforme o DNER – PRO 011/79 (Avaliação estrutural de pavimentos flexíveis – Procedimento) e, através da qual, pôde delimitar os segmentos e avaliar estruturalmente o pavimento em busca de soluções.

- Av. Unisinos – Sentido BR 116 / Av. Mauá

Com as deflexões medidas, Ritter dos Santos (2017) pôde concluir que as deflexões aumentam onde o pavimento encontra-se mais deteriorado, em frente à parada da Unisinos, que possui uma estrutura totalmente inadequada devido ao grande fluxo de ônibus — trecho este que é construído sobre paralelepípedo sobreposto por uma camada de asfalto. O restante das deflexões mostra o comportamento de um pavimento flexível, ou seja, um trecho com uma estrutura melhor que o anterior.

Figura 13 – Deflexões Av. Unisinos – Sentido BR 116 / Av. Mauá

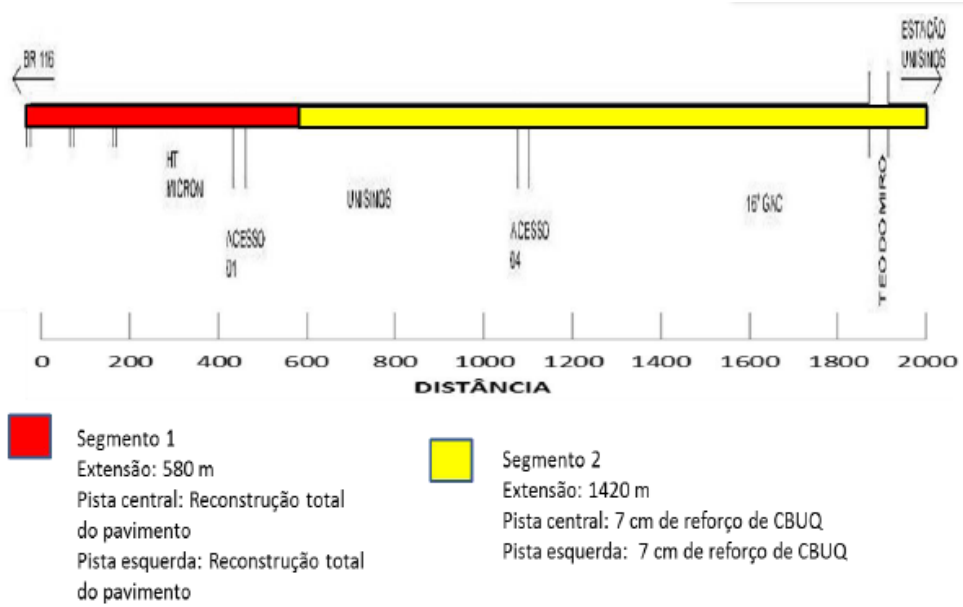


Fonte: Ritter dos Santos (2017)

Conforme pode ser visto na Figura 13, Ritter dos Santos (2017) dividiu o trecho em dois segmentos. No segmento 1, concluiu aumento das deflexões, com ênfase na parada da Unisinos, reforçando que a estrutura presente naquele local não é a adequada perante as solicitações impostas. Já no segmento 2, indicou uma queda nas deflexões, o que reforça a hipótese de que isso ocorre pelo fato de ser um pavimento de melhor qualidade, pavimento flexível.

Com isso, ele concluiu que o segmento 1 necessita de reconstrução total em pavimento flexível e o segmento 2 precisa apenas de uma camada de reforço, conforme Figura 14.

Figura 14 – Intervenções na Via – Sentido BR 116 / Av. Mauá

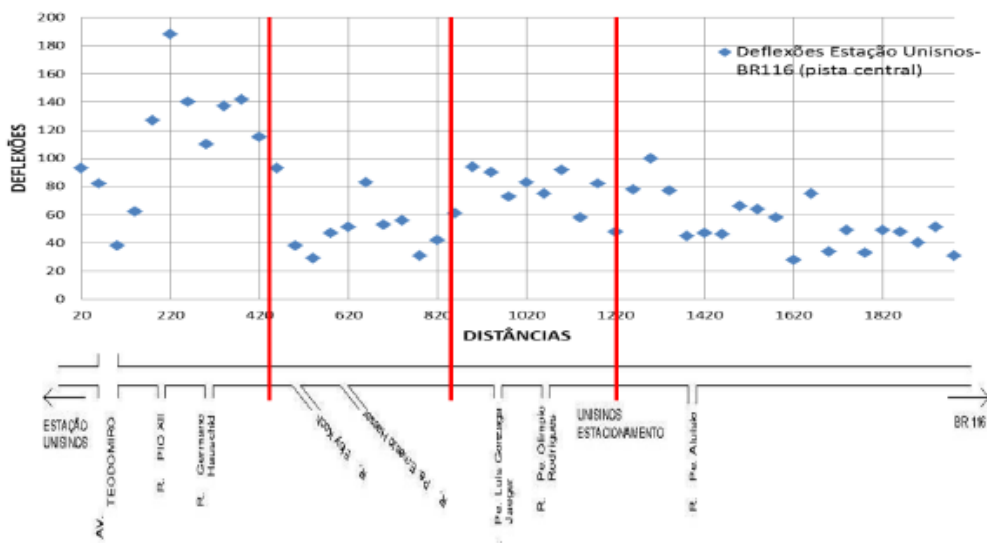


Fonte: Ritter dos Santos (2017)

- Av. Unisinos – Sentido Av. Mauá / BR 116

Com as deflexões medidas, Ritter dos Santos (2017) pôde concluir que as deflexões maiores se encontram próximas da Av. Teodomiro Porto da Fonseca, já que esta possui uma rótula que liga São Leopoldo a Sapucaia do Sul e, por consequência, à BR 118, por isso possui um grande tráfego de veículos pesados. O restante do trecho, constituído de pavimento flexível, apresentou deflexões muito semelhantes.

Figura 15 – Deflexões Av. Unisinos – Sentido Av. Mauá / BR 116

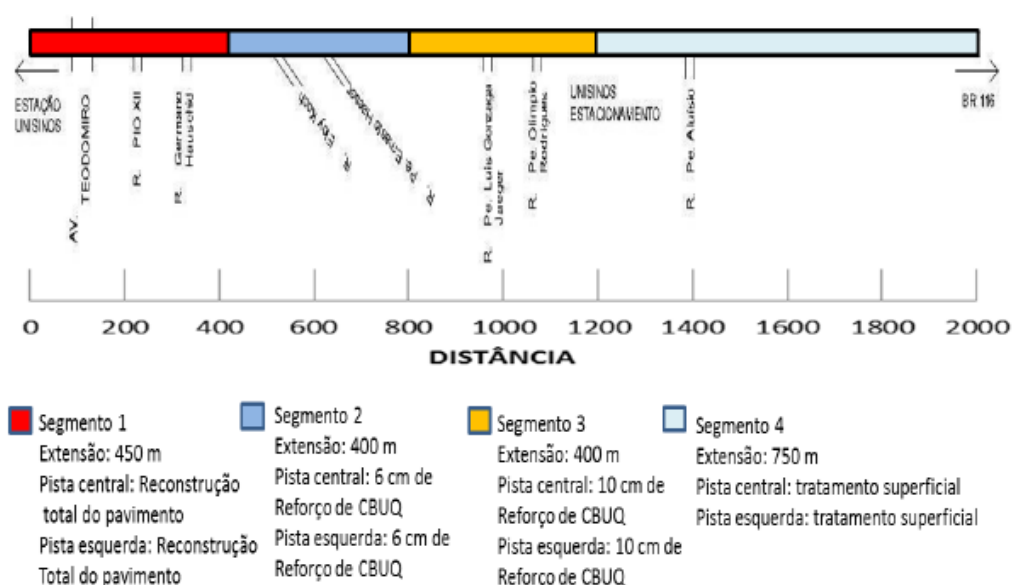


Fonte: Ritter dos Santos (2017)

Tendo em vista a Figura 15, Ritter dos Santos (2017) dividiu o trecho em quatro segmentos e chegou à conclusão de que o segmento 1 apresenta as maiores deflexões, o segmento 2 apresenta declínio dos valores acumulados das deflexões e o segmento 3 se caracteriza por um novo aumento nas deflexões, pelo grande movimento de ônibus e por ser uma área plana que apresenta problemas de drenagem. Já o segmento 4 apresenta aclives e, por isso, não sofre problemas de drenagem, pois inibe o acúmulo de águas.

Com isso, Ritter dos Santos (2017) concluiu que o segmento 1 indicou reconstrução total do pavimento e uma má qualidade estrutura, embora seja em pavimento flexível. Os segmentos 2 e 3 precisam apenas de uma camada de reforço. Já o segmento 4, por apresentar deflexões abaixo do admissível, apenas necessitam de correções na superfície do pavimento, conforme Figura 16.

Figura 16 - Intervenções na Via – Sentido Av. Mauá / BR 116



Fonte: Ritter dos Santos (2017)

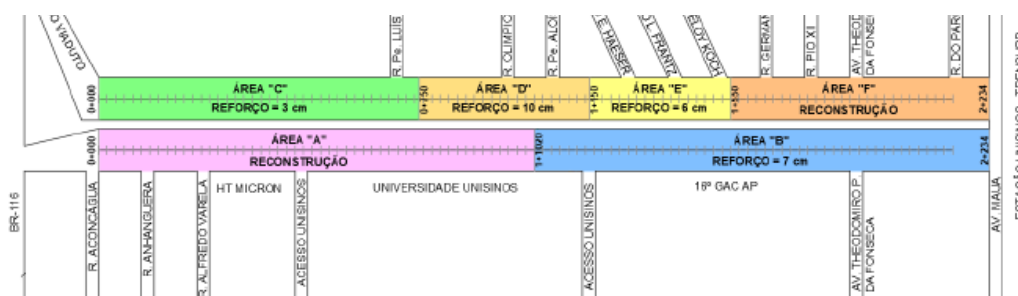
Por fim, ele concluiu que a restauração do pavimento é de suma importância para aumentar a vida útil da estrutura, que feita corretamente, se torna mais econômica e sustentável, pois, quando a camada superior recebe intervenções, dificilmente as demais irão necessitar. E que a Avenida Unisinos necessita de intervenções, seja por tratamento superficial, por uma camada de reforço ou, até mesmo, pela reconstrução total do pavimento.

2.3.3 Compatibilização e orçamentação de soluções de restauração estrutural e funcional da Avenida Unisinos

Schons Júnior (2018) realizou a compatibilização entre as condições funcionais e estruturais do pavimento da Avenida Unisinos, a partir dos trabalhos realizados por Teixeira dos Santos (2017) e Ritter dos Santos (2017), e orçou o valor da obra com base no SICRO e SINAPI.

Para compatibilização, Schons Júnior (2018) adotou a pior hipótese entre os dois trabalhos para decidir qual procedimento seria adotado para o trecho em questão. Após a realização da análise, as soluções mais adotadas foram as da avaliação estrutural, por ser um método mais apurado, o qual avalia o comportamento do pavimento ao carregamento dinâmico. Já a avaliação funcional analisa as condições do pavimento à segurança e conforto de rodagem. A Figura 17 mostra a compatibilização.

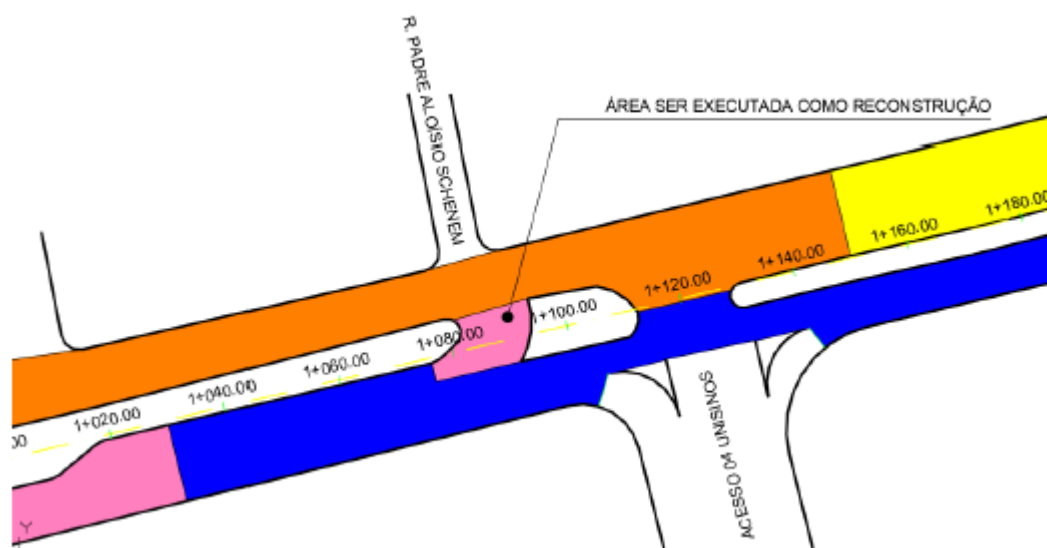
Figura 17 – Proposta de restauração compatibilizada



Fonte: Schons Júnior (2018)

Schons Júnior (2018) concluiu que haverá duas áreas com intervenções diferentes no sentido BR 116/Av. Mauá, e quatro áreas com intervenções diferentes no sentido Av. Mauá/BR 116. Vale ressaltar que, na Figura 17, ficou enquadrado, no trecho de reforço, o retorno existente na Av. Unisinos, trecho este que necessita de reconstrução, como pode ser visto na Figura 18. No final a área de reconstrução é de 18.561,90m² e a área de reforço de 28.024,26m². O custo total da obra foi de R\$ 4.288.502,49.

Figura 18 – Área de retorno a ser executada como reconstrução



Fonte: Schons Júnior (2018)

Tendo em vista as Figuras 17 e 18, Schons Júnior (2018) explica que a área de restauração compreende a fresagem de revestimento em trechos de reforço do pavimento que receberão uma camada de C.B.U.Q. adicional. Já na área de reconstrução do pavimento, será necessária execução de base, sub-base e revestimento, realização de pavimento rígido nas paradas de ônibus com utilização de sub-base granular, e, por fim, os serviços de recomposição da sinalização horizontal.

3 METODOLOGIA

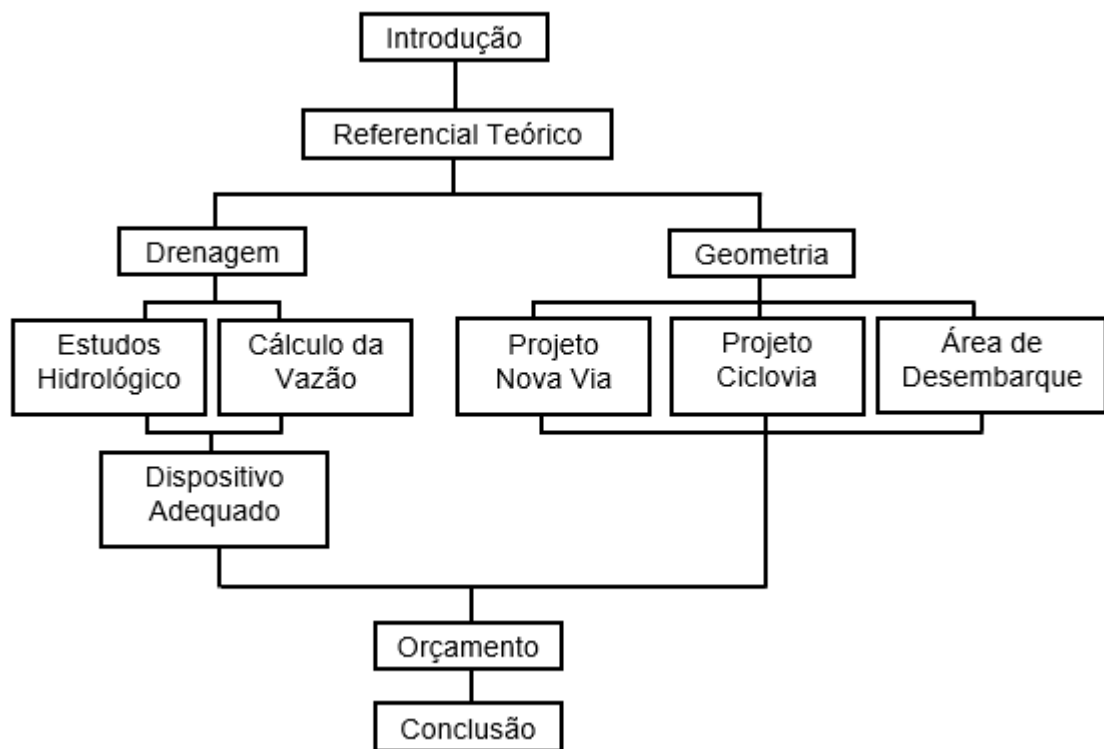
No primeiro capítulo, foi desenvolvida a introdução do estudo, mostrando resumidamente os temas do trabalho e o objetivo geral do mesmo. O capítulo dois mostra a revisão bibliográfica dos assuntos abordados.

O capítulo atual, Metodologia, apresenta de que forma a pesquisa será realizada, o local de estudo deste trabalho, a fonte dos materiais, o modo como serão realizados os cálculos e projetos, além de apresentar os recursos utilizados para orçamentação da obra.

Na quarta parte, encontra-se a análise dos resultados obtidos neste trabalho. Para a drenagem, será avaliado se o bueiro existente está suportando a vazão à qual é submetido ou não, e, para geometria, será analisado se os parâmetros de projeto atendem ao que é exigido pelas Normas. Por fim, será feito o encerramento do trabalho, apresentando as conclusões em relação aos objetivos propostos.

A Figura 19 mostra o fluxograma seguido neste trabalho.

Figura 19 – Fluxograma do Trabalho de Conclusão



Fonte: Elaborado pela autora

3.1 COLETA DE DADOS

Inicialmente, conseguiu-se autorização com o professor Cristiano Richter, Diretor de Administração de Infraestrutura e Serviços, para coleta de dados nos arquivos de gerência de manutenção do *campus*. Entrou-se em contato com a arquiteta, supervisora de projetos civis, e conseguiram-se algumas plantas referentes ao *campus*, porém não se obteve a planta do sistema de drenagem.

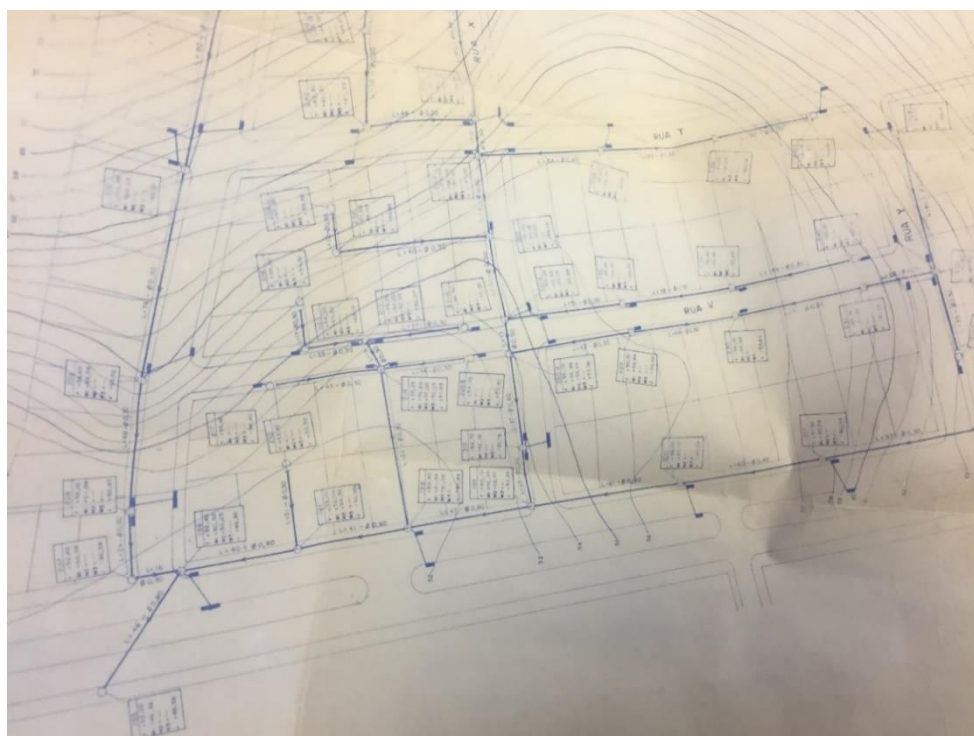
Então, ligou-se para Prefeitura Municipal de São Leopoldo em busca desses projetos. Conseguiu-se contato com o Engenheiro, responsável pela Secretaria de Obras Viárias (SEMOV), que disponibilizou o projeto referente à drenagem.

Buscaram-se informações sobre as curvas de nível e conseguiram-se tais dados com o Laboratório de Geomensura da Unisinos, que realizou este trabalho de georeferenciamento.

3.1.1 Projeto de Drenagem Existente

Com a ajuda da SEMOV, conseguiu-se a planta do projeto de drenagem existente hoje na Avenida Unisinos, conforme Fotografia 1.

Fotografia 1 – Planta Projeto de Drenagem



Fonte: SEMOV (2018)

3.1.2 Características do local

Em campo, foi feita uma inspeção para analisar os dispositivos construídos no local. O que se constatou segue conforme as fotografias abaixo.

A Fotografia 2, sentido Estação Unisinos – BR 116, mostra um dos locais onde os danos causados pelo acúmulo de água em dias de chuva podem ser vistos. Observa-se que a calçada já se encontra um pouco danificada.

Fotografia 2 – Local onde mais se concentra o problema



Elaborado pela autora

Na Fotografia 3, pode-se ver a boca de lobo da Fotografia 2 mais de perto, e nota-se que a mesma se encontra com bastante lixo em seu interior, inclusive uma calota de automóvel. Com o auxílio de uma trena, mediu-se, aproximadamente, o tamanho da boca de lobo, que apresentou 67cm x 67cm x 60cm. Não foi possível ver o diâmetro da canalização que liga essa boca de lobo à galeria.

Fotografia 3 – Boca de lobo situada em frente a Fotografia 2



Fonte: Elaborado pela autora

Na Fotografia 4, também sentido Estação Unisinos – BR 116, observa-se outra boca de lobo com as mesmas medidas da anterior e da qual também não foi possível ver o tamanho da canalização. Notam-se os danos no pavimento pelo acúmulo de água.

Fotografia 4 – Boca de lobo



Fonte: Elaborado pela autora

Na Fotografia 5, sentido Estação Unisinos – BR 116, pode-se ver outra boca de lobo, porém um pouco maior que as anteriores: 58cm x 160cm e sua profundidade é de aproximadamente 250cm até a canalização. Por conta dessa medição ter sido feita com uma trena e a mesma não se mantinha alinhada, não se tem uma medida exata do diâmetro da canalização, mas acredita-se ser de 60cm a 80cm.

Fotografia 5 – Boca de lobo onde passa a galeria



Fonte: Elaborado pela autora

As Fotografias 6 e 7, sentido BR 116 - Estação Unisinos, mostram bocas de lobo que, aparentemente, se encontram fechadas devido à falta de manutenção para a retirada de lodo e vegetação, ou seja, limpeza do local.

Fotografia 6 – Boca de lobo aparentemente obstruída



Fonte: Elaborado pela autora

Fotografia 7 – Boca de lobo completamente obstruída



Fonte: Elaborado pela autora

A Fotografia 8 mostra o Terminal Rodoviário Unisinos, onde o problema do acúmulo de água é bastante recorrente. Nota-se que é possível visualizar apenas uma boca de lobo na fotografia.

Fotografia 8 – Terminal Rodoviário Unisinos



Fonte: Elaborado pela autora

Na Fotografia 9, observa-se uma boca de lobo que fica no Terminal Rodoviário Unisinos. É provável que a mesma se encontre praticamente fechada, ou seja, sem função alguma. Pela fotografia, aparentemente, isso ocorreu devido aos vários remendos feitos na via. Então, a boca de lobo acabou sendo fechada por C.B.U.Q.

Fotografia 9 – Boca de lobo praticamente fechada



Fonte: Elaborado pela autora

A fotografia 10, sentido BR 116 – Estação Unisinos, mostra algumas bocas de lobo distribuídas ao longo da Avenida Unisinos.

Fotografia 10 – Bocas de lobo ao longo da Avenida Unisinos



Fonte: Elaborado pela autora

3.2 ESTUDO DA PRECIPITAÇÃO

Para os estudos da precipitação, calculou-se, primeiramente, o tempo de concentração (t_c) através da fórmula de Picking:

$$t_c = 5,3 * \left(\frac{L^2}{i}\right)^{\frac{1}{3}} \quad (1)$$

Onde:

t_c é o tempo de concentração (min);

L é a extensão do talvegue (Km);

i é a declividade média da bacia (m/m).

A declividade média da bacia foi medida através da declividade do talvegue, com o auxílio do *DataGeosis*, assim como a extensão do talvegue.

Após ter o cálculo do tempo de concentração, aplicou-se o método de Otto Pfafstetter para obtenção do valor da precipitação, conforme equações abaixo:

$$P = k \times P_1 \quad (2)$$

$$k = T_R^{\alpha + \frac{\beta}{T_R^\gamma}} \quad (3)$$

$$P_1 = a \times t + b \times \log(1 + c \times t) \quad (4)$$

Onde:

P é a altura da precipitação (mm);

k é definido conforme a equação (3);

P_1 é definido como a equação (4);

T_R é o período de retorno em anos;

α, β e γ são constantes;

t é a duração da precipitação;

a, b e c são constantes do posto pluviométrico.

Para o tempo de duração da precipitação, utilizou-se o tempo de concentração calculado conforme a Equação 1, pelo método de Picking.

A Tabela 4 mostra os valores de α, β e γ que são aplicados na Equação 3. A partir desses valores, realizou-se a correção em função da duração, para obter-se o valor resultante da Equação 3, para aplicar-se na Equação 2 e encontrar o valor da precipitação.

Tabela 4 - Fator de probabilidade em função da duração da precipitação.

| t | 5 min | 15 min | 30 min | 1h | 2h | 4h | 8h | 24h | 2d | 4d | 6d |
|----------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| α | 0,108 | 0,122 | 0,138 | 0,156 | 0,166 | 0,174 | 0,176 | 0,170 | 0,166 | 0,156 | 0,152 |
| β | 0 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,08 |
| γ | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 |

Fonte: Pfafstetter (1982)

A Tabela 5 define o período de retorno (T_R) para cada tipo de obra hidráulica.

Tabela 5 – Período de retorno

| Espécie | Período de recorrência (anos) |
|-------------------------|---------------------------------------|
| Drenagem superficial | 5 a 10 |
| Drenagem subsuperficial | 10 |
| Bueiros tubulares | 15 (como canal) 25 (como orifício) |
| Bueiros celulares | 25 (como canal) 50 (como orifício) |
| Pontilhão | 50 |
| Ponte | 100 |

Fonte: DNIT/IPR-726/2006

Como não há posto pluviométrico na região de estudo, adotam-se as constantes do posto da região mais próxima que, nesse caso, é Porto Alegre/RS. São as seguintes: $a = 0,4$, $b = 22$ e $c = 20$.

A intensidade da chuva é calculada conforme equação a seguir:

$$I = \frac{h}{t} \quad (5)$$

Onde:

I é a intensidade da precipitação (mm/h);

h é a altura da precipitação (mm);

t é a duração da precipitação (h).

Para a altura da precipitação, calcula-se conforme a equação 2 e, para o tempo de duração, utiliza-se o tempo de concentração conforme equação 1.

3.3 CÁLCULO DA VAZÃO

Para o cálculo da vazão, utiliza-se o Método Racional para bacias de até 4km², conforme a equação abaixo:

$$Q = \frac{c \times I \times A}{3,6} \quad (6)$$

Onde:

Q é a descarga máxima (m³/s);

c é o coeficiente de deflúvio;

I é a intensidade da precipitação (mm/h);

A é a área da bacia hidrográfica (km²).

Para o cálculo do coeficiente de deflúvio, utiliza-se a Tabela 6, de acordo com a declividade, cobertura vegetal e grau de impermeabilização e a Tabela 7, de acordo com a zona de urbanização. Com isso, é feita a correção do coeficiente C, através de média ponderada, para inseri-lo na fórmula.

Tabela 6 - Valores do coeficiente de deflúvio C de acordo com a declividade de bacia S, cobertura vegetal e grau de impermeabilização

| Cobertura vegetação | Forte S>12% | Alta 12%>S>5% | Média 5%>S>2% | Suave 2%>S |
|--|---------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------|
| Sem vegetação | 0,85-0,55 | 0,75-0,50 | 0,65-0,40 | 0,55-0,35 |
| Campo natural (vegetação baixa) | 0,70-0,50 | 0,60-0,40 | 0,50-0,30 | 0,45-0,25 |
| Arbusto cerrado (vegetação média) | 0,65-0,45 | 0,55-0,40 | 0,45-0,30 | 0,40-0,25 |
| Mata (vegetação densa) | 0,60-0,40 | 0,50-0,35 | 0,40-0,25 | 0,35-0,20 |
| Cultivado lavoura (sem terraceamento) | - | 0,45-0,35 | 0,3-0,25 | 0,30-0,20 |

Fonte: Morales (2003)

Tabela 7 - Valores de C adotados pela Prefeitura de São Paulo

| Zonas | C |
|---|-----------|
| Edificação muito densa: Partes centrais, densamente construídas de uma cidade com ruas e calçadas pavimentadas | 0,70-0,95 |
| Edificação não muito densa: Partes adjacentes ao centro, de menos densidade de habitações, mas com ruas e calçadas pavimentadas | 0,60-0,70 |
| Edificações com poucas superfícies livres: Partes residenciais com construções cerradas, ruas pavimentadas | 0,50-0,60 |
| Edificações com muitas superfícies livres: Partes residenciais com ruas macadamizadas ou pavimentadas | 0,25-0,50 |
| Subúrbios com alguma edificação: Partes de arrabaldes e subúrbios com pequena densidade de construção | 0,10-0,25 |
| Matas, parques e campos de esportes: Partes rurais, áreas verdes, superfícies arborizadas, parques ajardinados, campos de esportes sem pavimentação | 0,05-0,20 |

Fonte: Wilken (1978) *apud* Tucci (2014)

Após o cálculo da vazão, utilizam-se as tabelas a seguir para escolha do tipo de bueiro que será implantado no projeto. A Tabela 8 aplica-se a bueiro tubular e a Tabela 9 no que se refere a bueiro celular.

Tabela 8 - Vazão, velocidade e declividade crítica de bueiros tubulares de concreto trabalhando como canal

| TIPO | DIÂMETRO (m) | ÁREA MOLHADA CRÍTICA (m ²) | VAZÃO CRÍTICA (m ³ /s) | VELOCIDADE CRÍTICA (m/s) | DECLIVIDADE CRÍTICA (%) |
|------|--------------|--|-----------------------------------|--------------------------|-------------------------|
| BSTC | 0,60 | 0,22 | 0,43 | 1,98 | 0,88 |
| BSTC | 0,80 | 0,39 | 0,88 | 2,29 | 0,80 |
| BSTC | 1,00 | 0,60 | 1,53 | 2,56 | 0,74 |
| BSTC | 1,20 | 0,87 | 2,42 | 2,80 | 0,70 |
| BSTC | 1,50 | 1,35 | 4,22 | 3,14 | 0,65 |
| BDTC | 1,00 | 1,20 | 3,07 | 2,56 | 0,74 |
| BDTC | 1,20 | 1,73 | 4,84 | 2,80 | 0,70 |
| BDTC | 1,50 | 2,71 | 8,45 | 3,14 | 0,65 |
| BTTC | 1,00 | 1,81 | 4,60 | 2,56 | 0,74 |
| BTTC | 1,20 | 2,60 | 7,26 | 2,80 | 0,70 |
| BTTC | 1,50 | 4,06 | 12,67 | 3,14 | 0,65 |

Fonte: DNIT/IPR-724/2006

Tabela 9 - Vazão, velocidade e declividade crítica de bueiros celulares de concreto trabalhando como canal

| TIPO | BASE X ALTURA (mxm) | ÁREA MOLHADA CRÍTICA (m ²) | VAZÃO CRÍTICA (m ³ /s) | VELOCIDADE CRÍTICA (m/s) | DECLIVIDADE CRÍTICA (%) |
|------|---------------------|--|-----------------------------------|--------------------------|-------------------------|
| BSCC | 1,0 x 1,0 | 0,67 | 1,71 | 2,56 | 0,78 |
| BSCC | 1,5 x 1,5 | 1,50 | 4,70 | 3,14 | 0,68 |
| BSCC | 2,0 x 1,5 | 2,00 | 6,26 | 3,14 | 0,56 |
| BSCC | 2,0 x 2,0 | 2,67 | 9,64 | 3,62 | 0,62 |
| BSCC | 2,0 x 2,5 | 3,33 | 13,48 | 4,05 | 0,69 |
| BSCC | 2,0 x 3,0 | 4,00 | 17,72 | 4,43 | 0,76 |
| BSCC | 2,5 x 2,5 | 4,17 | 16,85 | 4,05 | 0,58 |
| BSCC | 3,0 x 1,5 | 3,00 | 9,40 | 3,14 | 0,44 |
| BSCC | 3,0 x 2,0 | 4,00 | 14,47 | 3,62 | 0,47 |
| BSCC | 3,0 x 2,5 | 5,00 | 20,22 | 4,05 | 0,51 |
| BSCC | 3,0 x 3,0 | 6,00 | 26,58 | 4,43 | 0,54 |
| BDCC | 2,0 x 1,5 | 4,00 | 12,53 | 3,14 | 0,56 |
| BDCC | 2,0 x 2,0 | 5,33 | 19,29 | 3,62 | 0,62 |
| BDCC | 2,0 x 2,5 | 6,67 | 26,96 | 4,05 | 0,69 |
| BDCC | 2,0 x 3,0 | 8,00 | 35,44 | 4,43 | 0,76 |
| BDCC | 2,5 x 2,5 | 8,33 | 33,70 | 4,05 | 0,58 |
| BDCC | 3,0 x 1,5 | 6,00 | 17,79 | 3,14 | 0,44 |
| BDCC | 3,0 x 2,0 | 8,00 | 28,93 | 3,62 | 0,47 |

| TIPO | BASE X ALTURA (mxm) | ÁREA MOLHADA CRÍTICA (m ²) | VAZÃO CRÍTICA (m ³ /s) | VELOCIDADE CRÍTICA (m/s) | DECLIVIDADE CRÍTICA (%) |
|------|---------------------------|---|---|--------------------------------|----------------------------|
| BDCC | 3,0 x 2,5 | 10,00 | 40,44 | 4,05 | 0,51 |
| BDCC | 3,0 x 3,0 | 12,00 | 53,16 | 4,43 | 0,54 |
| BTCC | 2,0 x 2,0 | 8,00 | 28,93 | 3,62 | 0,62 |
| BTCC | 2,0 x 2,5 | 10,00 | 40,44 | 4,05 | 0,69 |
| BTCC | 2,5 x 2,5 | 12,50 | 50,55 | 4,05 | 0,58 |
| BTCC | 3,0 x 2,0 | 12,00 | 43,40 | 3,63 | 0,47 |
| BTCC | 3,0 x 2,5 | 15,00 | 60,66 | 4,05 | 0,51 |
| BTCC | 3,0 x 3,0 | 18,00 | 79,73 | 4,43 | 0,54 |

Fonte: DNIT/IPR-724/2006

3.4 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO

A área em estudo localiza-se no município de São Leopoldo/RS, no bairro Cristo Rei, conforme mostra a Figura 20.

Figura 20 – Localização de São Leopoldo



Fonte: Google Earth (2018)

A Avenida Unisinos possui aproximadamente 2,2 Km e fica entre a BR 116 e a Avenida Mauá, conforme a Figura 21.

Figura 21 – Avenida Unisinos



Fonte: Google Earth (2018)

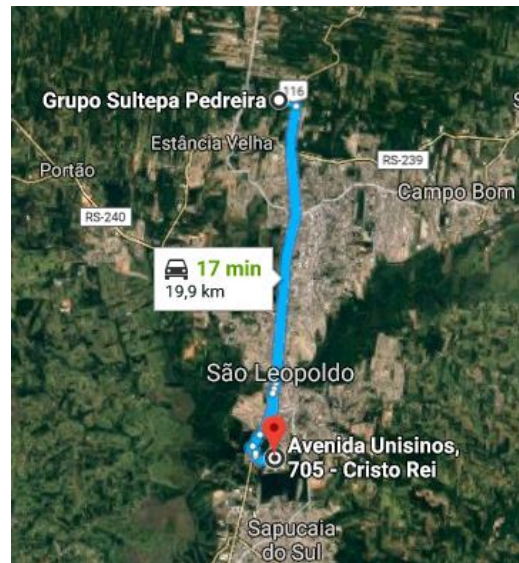
3.5 FONTE DOS MATERIAIS UTILIZADOS NO PROJETO

A fonte dos materiais tem relação direta no preço da obra, pois se levam em consideração as distâncias de transporte desses materiais para cálculo do orçamento, bem como as propriedades dos materiais. Buscam-se, então, locais próximos da obra e insumos de qualidade e que sejam certificados pelos órgãos competentes.

3.5.1 Pedreira

Para fornecimento desse material, foi adotado o mesmo local que Schons Júnior (2018) utilizou em seu trabalho, visto que o material a ser utilizado é o mesmo. O local escolhido foi a pedreira Sultepa (Estância Velha/RS), por ser de um fornecedor licenciado e estar localizada a aproximadamente 20,0 km do local da obra, conforme a Figura 22.

Figura 22 – Localização da pedreira

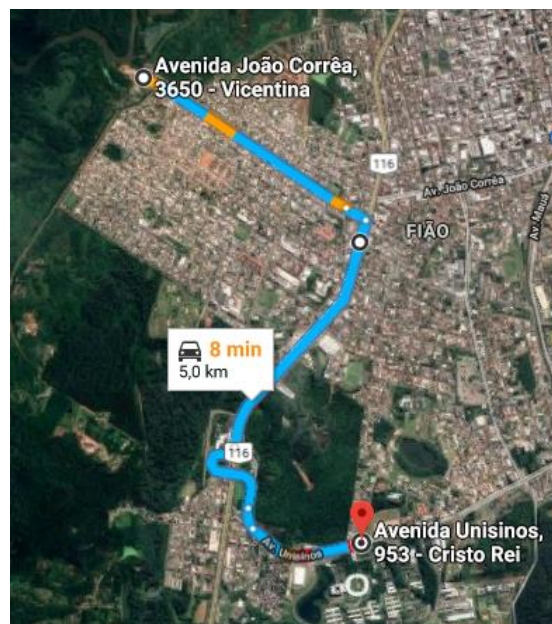


Fonte: Google Maps (2018)

3.5.2 Areal

Este local também será o mesmo que Schons Júnior (2018) adotou em seu trabalho, visto que é um local licenciado pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) e que se encontra a 5,0 km do local da obra, conforme Figura 23.

Figura 23 – Localização do Areal

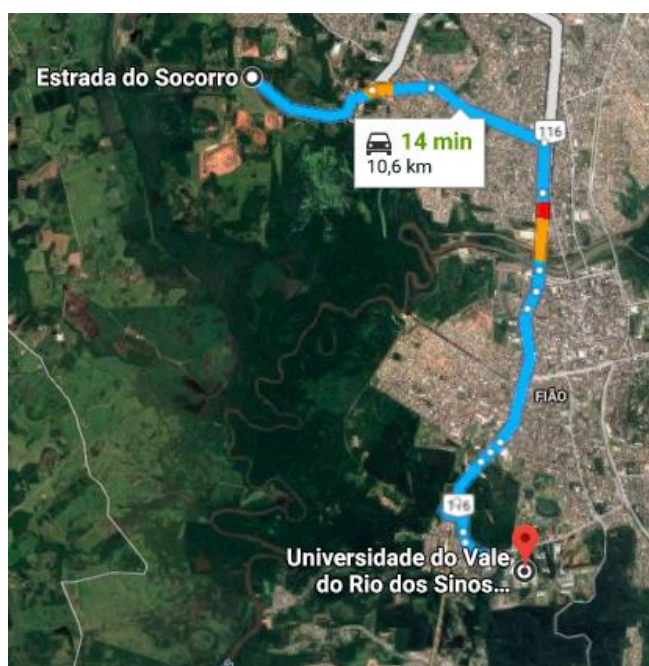


Fonte: Google Maps (2018)

3.6 LOCALIZAÇÃO DO BOTA-FORA

Tendo em vista a implantação da ciclovia e da nova via, haverá um volume bem elevado de bota-fora. Esse material será disposto temporariamente em um aterro de resíduos inertes, localizado em São Leopoldo/RS, o Consórcio Pró-Sinos, que fica a aproximadamente 11,0 km do local da obra, conforme Figura 24.

Figura 24 – Localização bota-fora

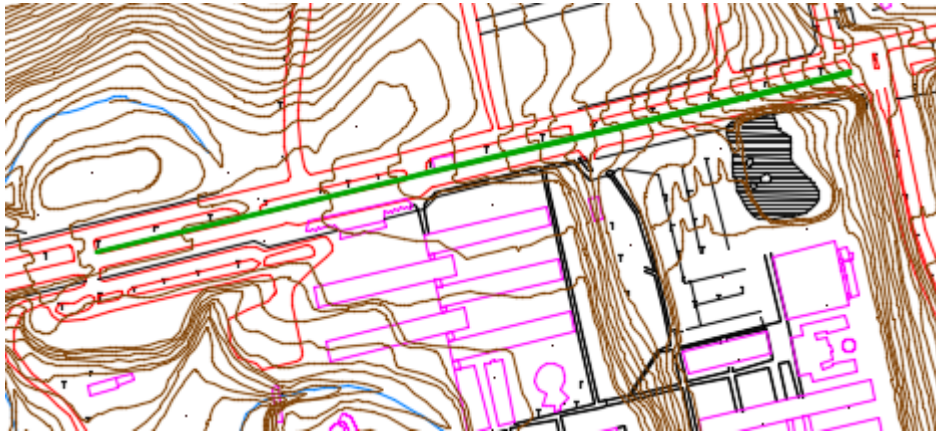


Fonte: Google Maps (2018)

3.7 PROJETO GEOMÉTRICO

Para o projeto geométrico, utilizou-se o software *DataGeosis*, através do qual primeiramente, calcularam-se as curvas de nível referentes ao trecho novo a ser construído. Para isso utilizou-se o arquivo georreferenciado, desenhou-se esta linha em verde, que pode ser observada na Figura 25, onde é o atual canteiro central para usá-la como gabarito no *DataGeosis*.

Figura 25 – Gabarito Traçado



Fonte: Elaborado pela autora

A partir das curvas de nível, desenhou-se o eixo da via a ser implantada no *DataGeosis* e, então, gerou-se o perfil projeto, que resultou no alinhamento, perfil longitudinal e transversal da nova pista. Com base no perfil longitudinal, fez-se o traçado aproximadamente 50 cm abaixo do terreno natural, obtendo, assim, o volume de corte, visto que, para implantação do segmento da rodovia, é necessária a escavação do solo. Com isso, há apenas seções em corte: não há seções em aterro. Feito isso, especificaram-se as dimensões da pista e da ciclovia, o que resultou no alinhamento conforme a Figura 26. O traçado completo também pode ser visto no apêndice K.

Figura 26 – Alinhamento horizontal – Traçado



Fonte: Elaborado pela autora

Com base nas características e localização, pode-se realizar a classificação de projeto e funcional da via, conforme item 2.2.7 que consta neste trabalho. Levaram-se em consideração as características topográficas juntamente com a classe de projeto, para que fosse definida a velocidade diretriz, de acordo com Tabela 2 presente no item 2.2.8 deste trabalho.

Definidos os parâmetros acima e com base no perfil longitudinal, que pode ser visto no Apêndice M, podem-se analisar as inclinações máximas das rampas, segundo item 2.2.9, e a concordância das curvas verticais, conforme item 2.2.4.1, com base na velocidade, inclinação e comprimento das curvas.

3.8 ORÇAMENTAÇÃO

Neste item, constam as composições utilizadas neste trabalho para realização das melhorias na Avenida Unisinos, no quesito drenagem e geometria.

Estão descritas as etapas da pavimentação, cuja maioria são as mesmas que Schons Júnior (2018) utilizou para reconstrução do pavimento. Assim, serão as mesmas adotadas para construção da nova via e da ciclovia, tendo em vista que a obra será realizada como um todo e que não há motivos para mudar o método construtivo.

A data base adotada para o orçamento é a mesma data adotada por Schons Júnior (2018), setembro de 2017. Desse modo, fica mais simples atualizar o orçamento futuramente.

3.8.1 Escavação

Através de escavadeira, a escavação ocorre até que se atinjam as cotas determinadas em projeto, ou seja, a profundidade desejada. A composição SICRO/5502836, conforme Apêndice A, corresponde à escavação, carga e ao transporte do material sobranete por uma distância de 3 km. O material é removido por escavadeira e transportado por caminhão basculante de 14m³, trafegando em rua pavimentada, à distância de transporte de 3 km. Com isso, é necessário que seja feito um complemento de transporte de 7,60 km até o bota-fora, visto que este fica a uma distância de 10,6 km da obra.

3.8.2 Transporte

O transporte do material ocorre até o destino correto, ou seja, até o bota-fora. Tal transporte serve de complemento à composição SICRO/5502836, pois esta contempla o transporte por apenas 3,0 km. Assim, a composição SICRO/5915321, conforme Apêndice B, corresponde ao transporte do material sobranete por caminhão basculante de 14m³, trafegando em rua pavimentada, à distância de transporte de 7,60 km.

A unidade para esse serviço é tkm (tonelada-quilômetro). Para a transformação do volume em m³ para tonelada, utilizaram-se as sondagens feitas nos trabalhos anteriores para obtenção da densidade do solo da região. A densidade admitida é de 1695 kg/m³.

3.8.3 Regularização do Subleito

Por meio de motoniveladora, a regularização de subleito ocorre quando há irregularidades na superfície terraplenada. A composição SICRO/4011209, adotada por Schons Júnior (2018), conforme Anexo A, utiliza como unidade a área da pista a ser regularizada. Nesse caso, a área de regularização é o somatório das áreas da ciclovia e da nova via, resultando em 3.443,017 m².

3.8.4 Reforço do Subleito

A espessura da camada de reforço é a mesma que Schons Júnior (2018) utilizou para reconstrução, que foi o que Ritter dos Santos (2017) determinou de 20cm. Com isso calculou-se o volume de reforço que teria para a área de 3.443,017 m² e obteve-se o volume de 688,60 m³ de material.

Schons Júnior (2018) adotou como material de reforço do subleito a argila e considerou como jazida de argila de projeto, a Construsinos, localizada no bairro Scharlau, em São Leopoldo/RS, a uma distância de 11,90 km do local da obra, sendo transportado em caminhões basculantes de 10m³ em via pavimentada.

A composição SICRO/4011211, adotada por Schons Júnior (2018), conforme Anexo B, em sua forma original não possui o material que será utilizado como reforço

do subleito nem a distância de transporte. Diante disso, o preço do insumo argila foi pego no SINAPI/06079, pois não consta no sistema do DNIT.

3.8.5 Execução de camada de sub-base de macadame seco

Schons Júnior (2018) adotou para sub-base o macadame seco como material, pois não necessita de estabilização granulométrica. Espalha-se o material na espessura definida em projeto e distribui-se uma camada de material fino sobre a superfície, geralmente pó de brita, que tem a função de gerar o travamento das partículas superiores da camada de sub-base. Feito isso, ocorre a compactação com rolo compactador liso.

Na composição SICRO/4011279, adotada por Schons Júnior (2018), conforme Anexo C, foram estabelecidos o transporte da brita nº 4, pedrisco e pó de brita, em via pavimentada com caminhões basculantes de 10 m³, a uma distância da jazida à obra de 19,90 km.

Tendo em vista que a espessura da camada de sub-base adotada por Schons Júnior (2018) é de 15cm e que a área total a ser pavimentada é de 3.443,017 m², obteve-se o volume total de sub-base de macadame seco de 516,45 m³.

3.8.6 Execução de camada de base de brita graduada

Para executar a base, é necessário material granulometricamente estabilizado, ou seja, o material consiste de uma mistura de agregados de britagem e finos, dosado em usina. Antes de espalhar o material, deve-se verificar se a sub-base não ficou com falhas para que não surjam desníveis na superfície. A execução é muito parecida com a sub-base, porém deve-se umedecer a superfície antes da compactação por rolos compressores. Por fim, as falhas são corrigidas e niveladas por motoniveladora.

Na composição SICRO/4011276, adotada por Schons Júnior (2018), conforme Anexo D, foram quantificados todos os equipamentos e mão de obra necessários para a execução do serviço, e considerou-se transporte do material a partir da jazida até a obra em via pavimentada com caminhões basculantes de 10 m³, a uma distância de 19,90 km. O serviço de usinagem de brita graduada, utilizando brita comercial, pode ser verificado no Anexo E.

Já a composição SICRO/6414040, adotada por Schons Júnior (2018), conforme Anexo E, considerou apenas os custos com carga e descarga do material, pois a usina misturadora fica na própria jazida, logo não foram quantificados custos com transporte.

Tendo em vista que a espessura da camada de base adotada por Schons Júnior (2018) é de 15 cm e que a área total a ser pavimentada é de 3.443,017 m², obteve-se o volume total de base de brita graduada de 516,45 m³.

3.8.7 Imprimação com asfalto diluído CM-30

A imprimação compreende a aplicação de uma leve camada de asfaltos diluídos para unir o material solto. Durante a cura, não se deve permitir o tráfego. Caso não seja possível, deve-se colocar uma camada de areia grossa para proteger, pois essa camada precisa estar bem seca para receber a próxima camada. (FRAENKEL, 1978, p.277)

Na composição SICRO/4011351, adotada por Schons Júnior (2018), conforme Anexo F, consta o preço do insumo “asfalto diluído CM-30” retirado da tabela oficial da ANP, que, em fevereiro de 2018, indicava o preço de R\$ 2,52/kg. Assim, com acréscimo do ICMS (18%), resultou em R\$ 2,974/kg, pois o SICRO não considera materiais asfálticos em suas composições. Para o transporte, considerou-se a Refinaria Alberto Pasqualini (REFAP) como origem cuja distância é de 11,30 km até o local da obra, e o transporte do material em via pavimentada com caminhões-tanque distribuidores com capacidade de 6.000 litros.

Para quantificação do material, utiliza-se a área total onde haverá a aplicação: 3.443,017 m².

3.8.8 Pintura de ligação

A pintura de ligação prepara a superfície para recebimento da nova camada. Devem-se utilizar asfaltos diluídos ou emulsões asfálticas. No processo, espalha-se o material betuminoso na superfície limpa e deixa-se secar até que fique com adesividade para construção da nova camada betuminosa, garantindo mais aderência entre as camadas. (FRAENKEL, 1978, p.278)

Na composição SICRO/4011353, adotada por Schons Júnior (2018), conforme Anexo G, consta o preço do insumo “RR-1C” retirado da tabela oficial da ANP, que, em fevereiro de 2018, indicava o preço de R\$ 1,17/kg. Com acréscimo do ICMS (18%), resultou em R\$ 1,38/kg, pois o SICRO não considera materiais asfálticos em suas composições. Para o transporte, considerou-se a Refinaria Alberto Pasqualini (REFAP) como origem, cuja distância é de 11,30 km até o local da obra, e o transporte do material em via pavimentada com caminhões-tanque distribuidores com capacidade de 6.000 litros.

Para quantificação da pintura de ligação, utiliza-se a área total onde haverá aplicação: 3.443,017 m².

3.8.9 Concreto betuminoso usinado a quente (C.B.U.Q.)

Segundo Schons Júnior (2018), o SICRO trabalha com duas composições para obtenção do preço final por tonelada executada de C.B.U.Q.: uma de usinagem da mistura e a outra de execução do serviço na pista.

Na composição SICRO/4011463, adotada por Schons Júnior (2018), conforme Anexo H, foram quantificados todos os equipamentos e mão de obra necessários para a execução do serviço, e considerou-se transporte do material em via pavimentada com caminhões basculantes de 10 m³, a uma distância de 19,90 km. O serviço de usinagem da mistura asfáltica, utilizando todos os materiais comerciais, pode ser verificado no Anexo I.

Já a composição SICRO/6416078, referente à usinagem da mistura asfáltica adotada por Schons Júnior (2018), conforme Anexo I, considerou que todos os materiais seriam comprados de fornecedores. O preço do cimento asfáltico de petróleo (CAP 50/70) foi retirado da tabela oficial da ANP, que, em fevereiro de 2018, indicava o preço de R\$ 1,55/kg. Com acréscimo do ICMS (18%), resultou em R\$ 1,829/kg, pois o SICRO não considera materiais asfálticos em suas composições.

Conforme Schons Júnior (2018), para brita 0 e pedrisco, consideraram-se apenas os custos com carga, manobra e descarga do material, pois a usina misturadora fica na própria jazida, logo não foram quantificados custos com transporte. Já para os demais materiais, as distâncias podem ser observadas na Tabela 10. Para o transporte, foi considerado via pavimentada; para areia, utilizaram-

se caminhões basculantes de 10 m³; para o transporte da cal hidratada, caminhões carroceria e, para o CAP, caminhões-tanque distribuidores.

Tabela 10 - Distâncias de transporte dos materiais para usina de C.B.U.Q.

| Material | Fornecedor | Local de saída | Distância (km) |
|-------------------|-------------------|-----------------------|-----------------------|
| Areia Média | Areal de projeto | São Leopoldo | 21,8 |
| Cal Hidratada | FIDA | Porto Alegre | 51,8 |
| Cimento asfáltico | REFAP | Canoas | 32,6 |

Fonte: Schons Júnior (2018)

Para a implantação da ciclovia e da nova via, a área total que receberá C.B.U.Q. é de 3.443,017 m². Como o peso específico do C.B.U.Q é 2,425 ton/m³, foi obtida a massa total de 691,96 toneladas.

3.8.10 Desembarque

Como o SICRO traz apenas referências para orçamentos de projetos rodoviários, a composição para execução da área de desembarque, considerada como execução de passeio, foi retirada do SINAPI/94995 — que consta no Apêndice C — a partir do qual foram quantificados todos os materiais e mão de obra necessários para a execução do serviço, assim como a colocação de meio-fio.

3.8.11 Drenagem

Para as melhorias na drenagem, serão utilizadas todas as composições descritas anteriormente, juntamente com as composições descritas a seguir:

3.8.11.1 Bueiro

Na composição SICRO/6817887, conforme Apêndice D, foram quantificados todos os equipamentos, mão de obra e atividades auxiliares necessárias para a execução do serviço.

3.8.11.2 Aterro

Após a escavação e colocação do novo dispositivo de drenagem, é necessário que seja feito o aterro da vala. A composição SICRO/5502978 corresponde à compactação do aterro a 100% do Proctor normal e os equipamentos necessário para este serviço estão quantificados, conforme Apêndice E.

3.8.11.3 Remoção de Paralelepípedo

A composição SICRO/1600441, conforme Apêndice F, foi quantificada para remoção do PAVERS dos estacionamentos onde passa a galeria do bueiro até seu destino final. Considera-se a remoção manual por pedreiro e servente utilizando carrinho de mão, e o material deve ficar estocado na própria obra pra futuro reaproveitamento.

3.8.11.4 Recomposição de Pavimentação tipo Blokret

O PAVERS deve ser recolocado no estacionamento para finalização da obra de drenagem. Para isso, a composição SINAPI/83694, que consta no Apêndice G, considera na mão de obra um calceteiro e um servente para execução do serviço, e areia fina como material, que serve para o rejuntamento do piso intertravado. Além disso, utilizou-se a composição SICRO/4011276, presente no Anexo D, para execução da base com espessura de 15cm.

3.8.11.5 Fresagem de revestimento betuminoso

Tendo em vista que, devido a tantos remendos feitos na Avenida Unisinos, algumas bocas de lobo foram fechadas pelo C.B.U.Q., a composição SICRO/4011479, que pode ser vista no Apêndice H, foi adotada para que a desobstrução dessas bocas de loco fosse realizada, efetuando o corte deste material asfáltico, ou seja, a fresagem.

3.8.11.6 Limpeza com jateamento d'água sob pressão

Esta composição SICRO/3806402, conforme Apêndice I, foi adotada para limpeza das bocas de lobo que se encontram “fechadas” devido a tanto lodo acumulado. Com isto espera-se um melhor escoamento da água em dias de chuva.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo, os resultados obtidos no presente estudo serão descritos e analisados.

4.1 PROJETO DE DRENAGEM

Neste item, serão descritas as melhorias para o projeto de drenagem da Avenida Unisinos.

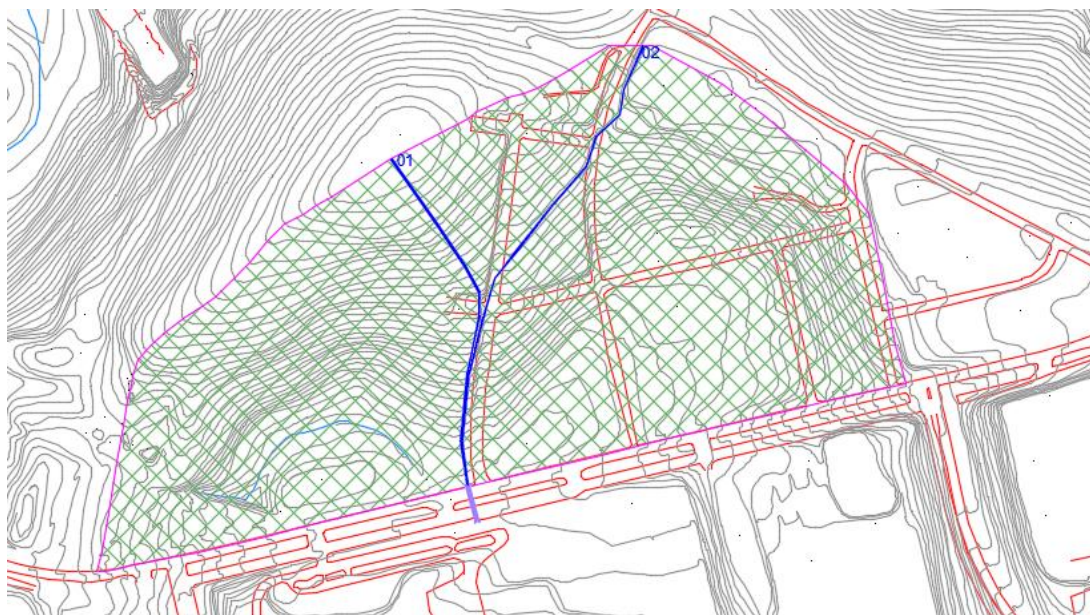
4.1.1 Delimitação da bacia de contribuição

A delimitação da bacia foi realizada levando em consideração os dados topográficos. Eram visíveis alguns delimitadores de água.

No *AutoCad*, desenhou-se a bacia e mediu-se a área total, conforme pode ser observado na Figura 27 ou Apêndice J.

Área total da bacia = 198.648,0499 m² ∴ 0,1986480499 km²

Figura 27 - Delimitação da Bacia Contribuinte



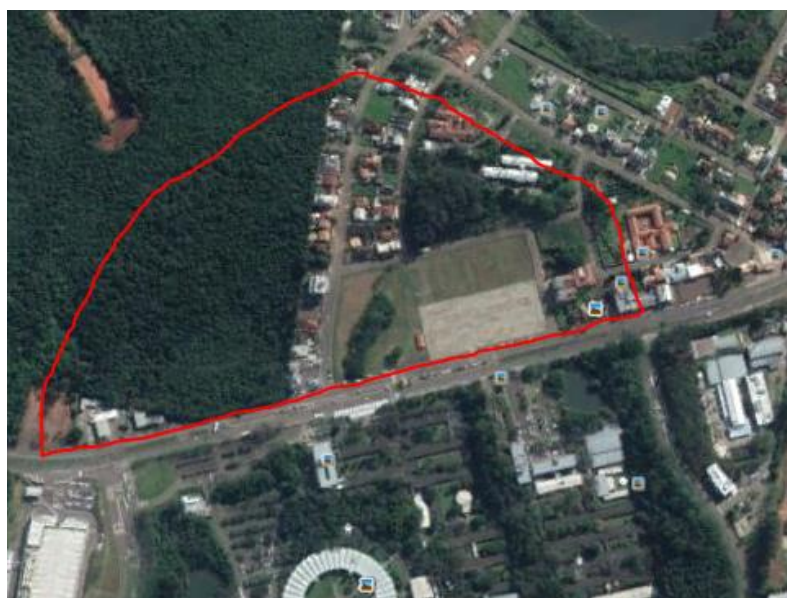
Fonte: Elaborado pela autora

Como a área da bacia deu menor que 4 km², utiliza-se o Método Racional para o cálculo da vazão.

Desenharam-se dois talvegues, como se pode observar na Figura 27 ou Apêndice J, para que pudesse ser realizada uma análise das vazões, em busca da mais crítica para o dimensionamento do bueiro.

A partir da Figura 28, pode-se observar a cobertura da vegetação na bacia, da qual 29,575% é revestida de mata densa e 70,425% de edificações não muito densas, conforme medições no *AutoCad*.

Figura 28 - Cobertura Vegetação

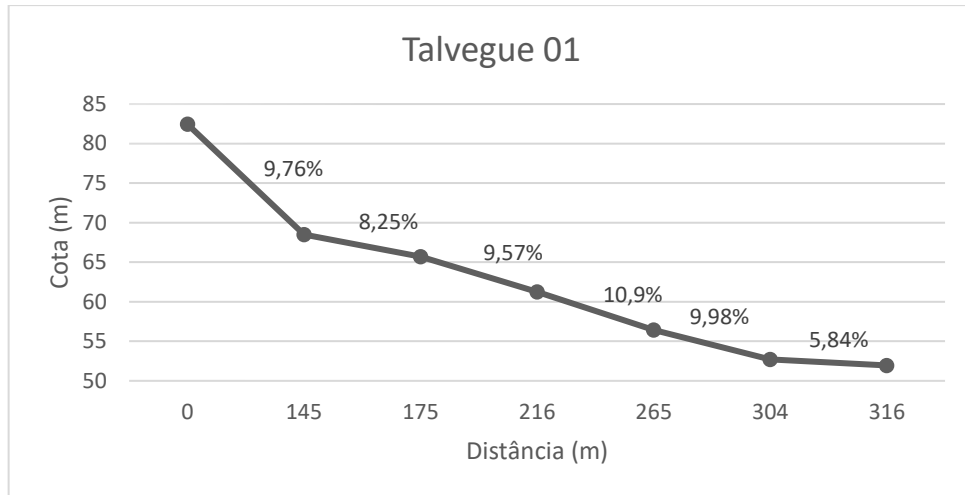


Fonte: Google Earth (2018)

4.1.1.1 Talvegues

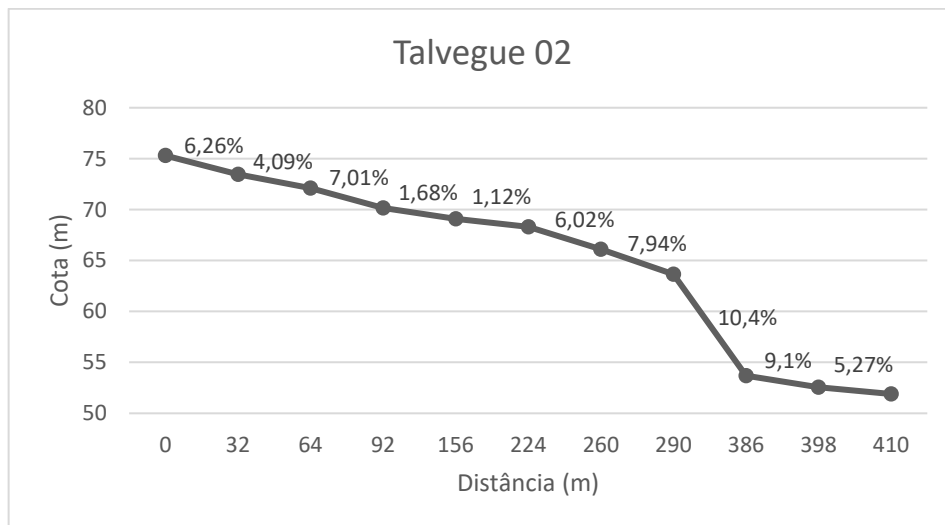
As declividades de cada talvegue foram obtidas no *DataGeosis* e foram transcritas conforme os gráficos abaixo, Gráfico 3 e Gráfico 4, para melhor visualização.

Gráfico 3 – Declividade do talvegue 01



Fonte: Elaborado pela autora

Gráfico 4 – Declividade do talvegue 02



Fonte: Elaborado pela autora

Após a realização da média ponderada entre os pontos para obtenção da declividade média da bacia, calculou-se o tempo de concentração conforme a Equação 1, descrita na metodologia, e obtiveram-se 5,36 minutos para o talvegue 01 e 7,6 minutos para o talvegue 02 como o tempo total para que toda bacia comece a contribuir na vazão de estudo.

Para que pudesse ser calculada a intensidade da precipitação, era necessário obter o valor da chuva de projeto calculada através da Equação 2 e com uma altura de 13,99mm para o talvegue 01 e 17,87mm para o talvegue 02. Com isso, obteve-se

a intensidade através da Equação 5, que resultou numa intensidade de 156,63mm/h para o talvegue 01 e com uma intensidade de 141,11mm/h para o talvegue 02.

Com todos esses parâmetros calculados, pôde-se então calcular a vazão de projeto dos talwegues, através da Equação 6, obtendo-se uma vazão de 5,10m³/s para o talvegue 01 e 4,40m³/s para o talvegue 02.

De acordo com os valores obtidos para vazão, determinou-se o tipo de bueiro que melhor se enquadraria em cada caso utilizando as Tabelas 8 e 9, apresentadas na metodologia.

Como pode ser visto na Tabela 11, o tipo de bueiro celular e tubular deram iguais para os dois talwegues, porém as dimensões e os diâmetros deram diferentes.

Tabela 11 - Tipo de bueiro por Talvegue

| | Q (m ³ /s) | Qc (m ³ /s) | Tipo | |
|-------------|-----------------------|------------------------|------|-----------|
| Talvegue 01 | 5,10 | 8,45 | BDTC | Ø1,5 m |
| | | 6,26 | BSCC | 2,0 x 1,5 |
| Talvegue 02 | 4,40 | 4,84 | BDTC | Ø1,2 m |
| | | 4,70 | BSCC | 1,5 x 1,5 |

Fonte: Elaborado pela autora

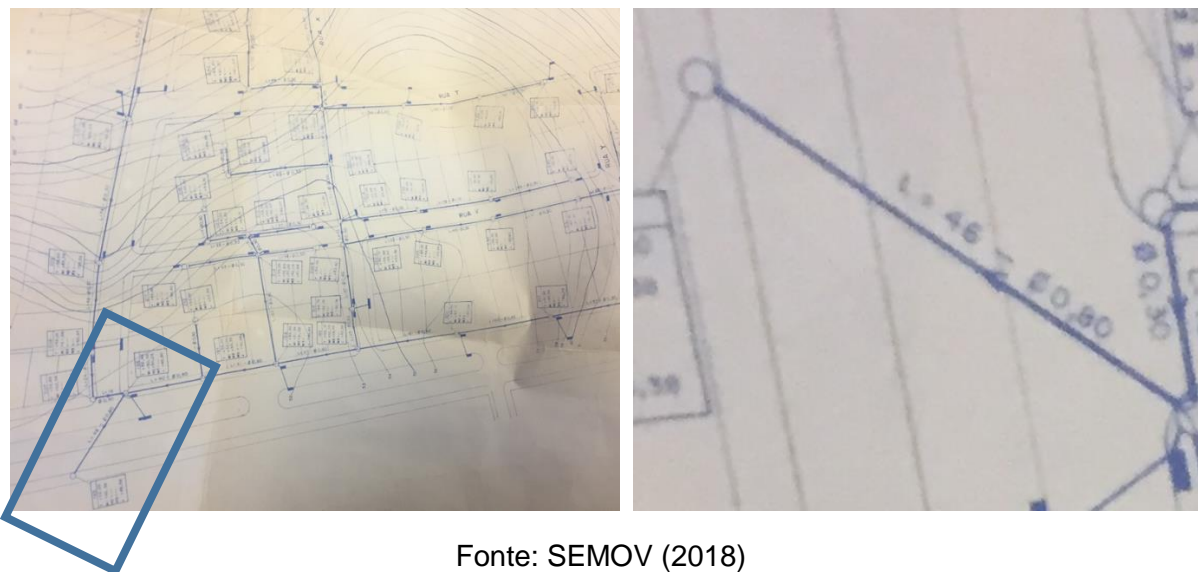
Com isso, adota-se o mais crítico dos casos, ou seja, será utilizado no projeto o talvegue 01 como referência.

4.1.2 Dimensão do Bueiro

Um ponto a ser evidenciado após o desenvolvimento foi a dificuldade de conseguir os dados do sistema de drenagem atual da Avenida Unisinos. Tais parâmetros, como memorial descritivo e de cálculo, eram importantíssimos para que uma análise mais criteriosa pudesse ser feita, pois, a falta de informações prejudica a precisão do real problema enfrentado.

Com isso, a partir da planta, disponibilizada pela Prefeitura Municipal de São Leopoldo, em relação ao atual bueiro existente na Avenida Unisinos, constatou-se que o diâmetro do bueiro é de 0,80cm, como mostra a Fotografia 11.

Fotografia 11 – Diâmetro Existente



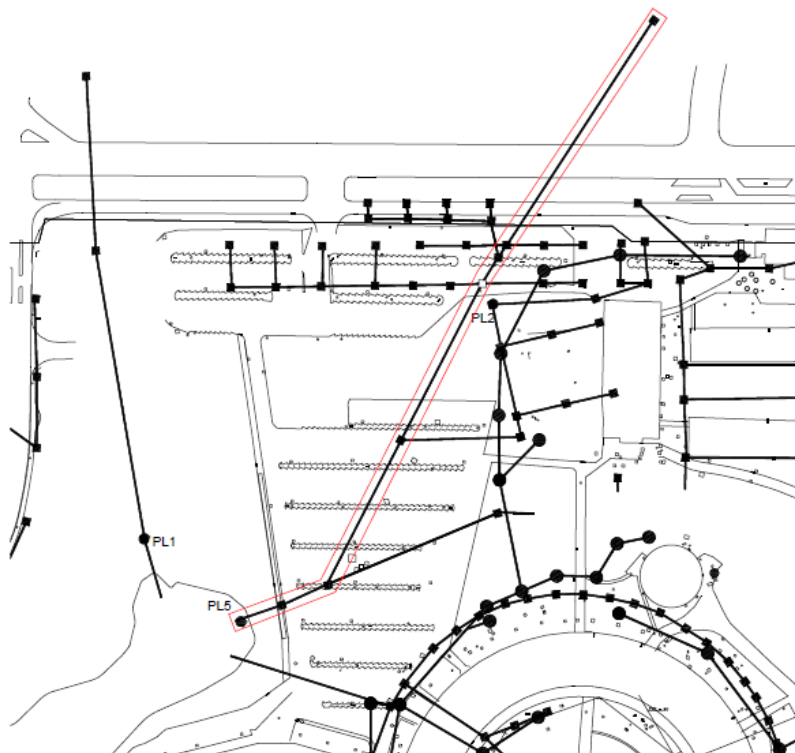
Fonte: SEMOV (2018)

Conclui-se que o bueiro não está mais suportando a vazão à qual é submetido, como pode ser visto na Tabela 8, na qual bueiro simples tubular de concreto (BSTC) com diâmetro de 0,80 suporta uma vazão crítica de $0,88\text{m}^3/\text{s}$. Logo, a partir dos cálculos realizados, deveria ser um bueiro simples celular de concreto (BSCC) com dimensões de $2,0 \times 1,5\text{m}$.

4.1.3 Orçamentação

Como visto, é necessário que seja feita a troca do bueiro para que o problema do alagamento seja solucionado. Desse modo, conforme a Figura 29, é possível visualizar onde inicia a galeria e onde é o deságue final do bueiro, cuja extensão total é de 312,50 metros.

Figura 29 – Extensão do bueiro



Fonte: Unisinos (2018)

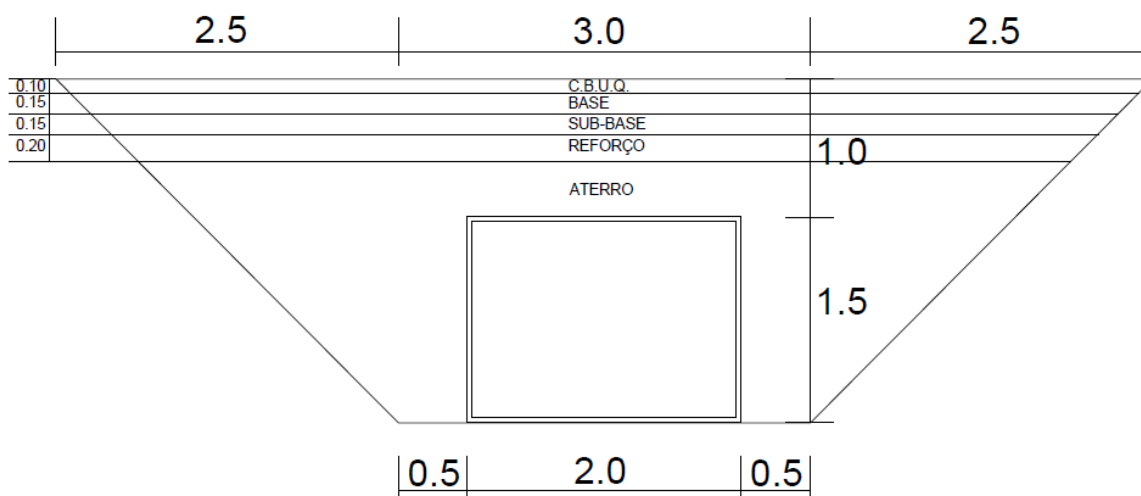
A especificação de serviço do DNIT 025/2004 estabelece alguns requisitos necessários a serem cumpridos na execução de bueiro simples celular de concreto, tais como os abaixo descritos.

Conforme DNIT (2004):

- a) A largura da cava deve ser superior à do berço em pelo menos 50 cm para cada lado.
- b) O aterro deve ser iniciado com o espalhamento de camadas de espessura máxima de 20cm sobre a laje do bueiro e junto as paredes.
- c) Este processo deverá ser contínuo até atingir 60 cm acima da laje, e seguido de espalhamento e compactação.

Tendo em vista o que a Norma define, adotou-se a seção de escavação, conforme a Figura 30, atendendo os requisitos mínimos exigidos. Nesta seção é necessário que haja talude, pois, se fosse um corte a 90° com profundidade de 2,5m, haveria perigo de o material cair e soterrar os trabalhadores. Havendo talude, há menos risco de queda do material e garante mais segurança.

Figura 30 – Seção de escavação da vala



Fonte: Elaborado pela autora

Com a seção definida, calculou-se o volume que seria escavado em toda a extensão do bueiro, que resultou em 4.296,88 m³ e fez-se a transformação para tonelada para obtenção do valor de transporte, resultando em 7.283,2 ton de material escavado e multiplicado por 7,60 km distância até o bota-fora, resultando, assim, em 55.352,34 tkm.

Para obtenção do valor do bueiro apenas multiplicou-se a extensão total pela composição descrita no item 3.8.11.1 deste trabalho.

Na compactação para obtenção do volume total de aterro, pegou-se o volume total da escavação e diminuiu-se o volume ocupado pelo novo bueiro, assim como as camadas do novo pavimento, que podem ser vistas na Figura 30, e então obtiveram-se 3.287,00 m³ de compactação. No Quadro 2, é possível verificar o valor resultante de cada item da composição e o valor total para implantação do bueiro, que resultou em R\$ 403.313,12.

Quadro 2 – Custo para implantação do bueiro

| Bueiro | | | | | | |
|-------------------------------------|-------------------------------|----------------|------------|--------------------------|--------------------------|----------------|
| Código | Descrição | Unidade | Quantidade | Custo unitário sem B.D.I | Custo unitário com B.D.I | Custo total |
| SICRO/5502836 | Escavação, carga e transporte | m ³ | 4.296,88 | R\$ 6,42 | R\$ 7,96 | R\$ 34.207,83 |
| SICRO/5915321 | Transporte | tkm | 55.352,34 | R\$ 0,44 | R\$ 0,54 | R\$ 30.120,15 |
| SICRO/6817887 | Bueiro - BSCC 2 x 1,5m | m | 312,50 | R\$ 845,38 | R\$ 1.048,52 | R\$ 327.662,78 |
| SICRO/5502978 | Compactação de aterro | m ³ | 3.287,00 | R\$ 2,78 | R\$ 3,44 | R\$ 11.322,35 |
| Total do item R\$ 403.313,12 | | | | | | |

Fonte: Elaborado pela autora

Por onde passará o bueiro na Avenida Unisinos, em um dos lados, foi determinado por Schons Júnior (2018) que o pavimento necessita ser reconstruído e, do outro lado, necessita apenas de reforço, ou seja, não seria necessária a reconstrução do pavimento. Para esse trecho de 16,30 metros, foi orçado o valor da pavimentação onde será executada a troca do bueiro; do outro lado, já contempla a pavimentação. No Quadro 3, é possível analisar os custos da obra, que resultam em R\$ 15.780,15. As camadas do pavimento podem ser vistas na Figura 30.

Quadro 3 – Custo para pavimentação onde passará o bueiro

| Pavimentação - Bueiro | | | | | | |
|-----------------------|---|----------------|------------|--------------------------|--------------------------|----------------------|
| Código | Descrição | Unidade | Quantidade | Custo unitário sem B.D.I | Custo unitário com B.D.I | Custo total |
| SICRO/4011209 | Regularização de subleito | m ² | 114,10 | R\$ 0,70 | R\$ 0,86 | R\$ 98,44 |
| SICRO/4011211 | Reforço de subleito | m ³ | 22,82 | R\$ 28,01 | R\$ 34,75 | R\$ 792,92 |
| SICRO/4011279 | Execução de camada de sub-base de macadame seco | m ³ | 17,97 | R\$ 104,04 | R\$ 129,04 | R\$ 2.319,02 |
| SICRO/4011276 | Execução de camada de base de brita graduada | m ³ | 18,70 | R\$ 124,98 | R\$ 155,01 | R\$ 2.899,29 |
| SICRO/4011351 | Imprimação com asfalto diluído CM-30 | m ² | 130,40 | R\$ 3,80 | R\$ 4,71 | R\$ 614,55 |
| SICRO/4011353 | Pintura de ligação com RR-2C | m ² | 130,40 | R\$ 0,81 | R\$ 1,00 | R\$ 130,70 |
| SICRO/4011463 | Concreto betuminoso usinado a quente (C.B.U.Q.) | t | 31,23 | R\$ 230,44 | R\$ 285,82 | R\$ 8.925,25 |
| Total do item | | | | | | R\$ 15.780,15 |

Fonte: Elaborado pela autora

Dentro da Unisinos, a maior parte por onde passará o bueiro é estacionamento executado com PAVERS. A área que contempla a vala e a extensão onde será executada a obra é de 1.153,92 m². No Quadro 4, pode-se ver o valor do orçamento para retirada, execução da base e recomposição dos blocos intertravados, o qual resulta em R\$ 65.604,87.

por Quadro 4 – Custo da pavimentação no estacionamento

| Pavimentação do Estacionamento - Bueiro | | | | | | |
|---|--|----------------|------------|--------------------------|--------------------------|----------------------|
| Código | Descrição | Unidade | Quantidade | Custo unitário sem B.D.I | Custo unitário com B.D.I | Custo total |
| SICRO/1600441 | Remoção de paralelepípedo | m ² | 1.153,92 | R\$ 13,10 | R\$ 16,25 | R\$ 18.751,04 |
| SICRO/4011276 | Execução de camada de base de brita graduada | m ³ | 173,09 | R\$ 124,98 | R\$ 155,01 | R\$ 26.829,81 |
| SINAPI/83694 | Recomposição de pavimentação tipo blokret | m ² | 1.153,92 | R\$ 13,99 | R\$ 17,35 | R\$ 20.024,02 |
| Total do item | | | | | | R\$ 65.604,87 |

Fonte: Elaborado pela autora

Como pode ser visto nas Fotografias 6, 7 e 9, que constam no item 3.1.2 deste trabalho, algumas bocas de lobo necessitam de manutenção para que possam voltar a escoar a água. A desobstrução dessas resultou em R\$ 6,06 e o orçamento pode ser visto no Quadro 5.

Quadro 5 – Custo para desobstrução das bocas de lobo

| Desobstrução de Boca de Lobo | | | | | | |
|------------------------------|------------------------|----------------|------------|--------------------------|--------------------------|-----------------|
| Código | Descrição | Unidade | Quantidade | Custo unitário sem B.D.I | Custo unitário com B.D.I | Custo total |
| SICRO/4011479 | Fresagem | m ³ | 0,01 | R\$ 43,55 | R\$ 54,01 | R\$ 0,54 |
| SICRO/3806402 | Limpeza de jato d'água | m ² | 1,86 | R\$ 2,40 | R\$ 2,97 | R\$ 5,52 |
| Total do item | | | | | | R\$ 6,06 |

Fonte: Elaborado pela autora

Para realização das melhorias na drenagem, será necessário um investimento de R\$ 484.704,20.

4.2 PROJETO GEOMÉTRICO

Neste item, serão descritas as melhorias para geometria da Avenida Unisinos.

4.2.1 Estudos Anteriores

Estes estudos foram realizados em ambas as pistas da Avenida Unisinos, entre a Rua Aconcagua (estaca 0+000 m), próxima à BR 116, e a Avenida Mauá (estaca 2+200 m), próxima à Estação Trensurb.

Teixeira dos Santos (2017) levou em consideração o I.G.G. para a avaliação funcional do pavimento da Avenida Unisinos. No sentido BR 116 / Av. Mauá, 37% do pavimento são regulares, diante de 36% em estado péssimo e 27% em estado classificado como ruim. No sentido Av. Mauá / BR 116, a classificação do pavimento é melhor: 78% equivalem a regular e 22% classificam-se como ruins. No Quadro 6, podem-se observar as soluções considerando a avaliação funcional do pavimento.

Quadro 6 – Recomendações de restauração funcional do pavimento

| Solução Funcional | | | | | |
|---------------------------|-----------|--------------------------|---------------------------|-----------|--------------------------|
| Sentido BR 116 / Av. Mauá | | | Sentido Av. Mauá / BR 116 | | |
| Trecho | | Reforço de C.B.U.Q. (cm) | Trecho | | Reforço de C.B.U.Q. (cm) |
| 0+00 m | 0+300 m | RL + FRES + REC | 0+000 m | 0+1.580 m | MR (1,5 cm x 2) |
| 0+300 m | 0+1.020 m | RECONSTRUÇÃO | | | |
| 0+1.020 m | 0+1.260 m | RL + FRES + REC | | | |
| 0+1.260m | 0+2.000 m | MR (1,5 cm x 2) | 0+1.580m | 0+2.000 m | FRES + REC |

Fonte: Elaborado pela autora, com resultados de Teixeira dos Santos (2017) e Schons Júnior (2018)

Em que:

C.B.U.Q. – Concreto Betuminoso Usinado a Quente;

MR – Micro Revestimento;

RL – Reparos Localizados;

FRES – Fresagem;

REC – Recomposição do Revestimento em C.B.U.Q.

Para os trechos em reconstrução, as camadas devem possuir as dimensões expressas no Quadro 7.

Quadro 7 – Camadas do pavimento

| Solução Funcional | | | | |
|-------------------|------------------|--------------|------------------|--------------------|
| Trecho | C.B.U.Q. (cm) | Base (cm) | Sub-base (cm) | Reforço SL (cm) |
| RECONSTRUÇÃO | 7,5 | - | - | - |

Fonte: Elaborado pela autora, com resultados de Teixeira dos Santos (2017) e Schons Júnior (2018)

Ritter dos Santos (2017) efetuou, através do ensaio da Viga de Benkelman, a avaliação estrutural do pavimento da Avenida Unisinos, analisou os resultados das deflexões obtidas nos ensaios, dando, em cada segmento homogêneo, a qualidade estrutural da pista e concluiu que, de modo geral, a Avenida necessita de intervenções em todos os segmentos homogêneos, pois possui um pavimento deficiente para o tráfego atual. No Quadro 8, podem-se observar as soluções considerando a avaliação estrutural do pavimento.

Quadro 8 - Recomendações de restauração estrutural do pavimento

| Solução Estrutural | | | | | |
|---------------------------|-----------|-----------------------------|---------------------------|-----------|-----------------------------|
| Sentido BR 116 / Av. Mauá | | | Sentido Av. Mauá / BR 116 | | |
| Trecho | | Reforço de C.B.U.Q. (cm) | Trecho | | Reforço de C.B.U.Q. (cm) |
| 0+00 m | 0+580 m | RECONSTRUÇÃO | 0+00 m | 0+750 m | TRATAMENTO SUPERFICIAL |
| 0+580 m | 0+2.000 m | 7 | 0+750 m | 0+1.150 m | 10 |
| | | | 0+1.150 m | 0+1.550 m | 6 |
| | | | 0+1.550 m | 0+2.000 m | RECONSTRUÇÃO |

Fonte: Elaborado pela autora, com resultados de Ritter dos Santos (2017) e Schons Júnior (2018)

Para os trechos em reconstrução, as camadas devem possuir as dimensões expressas no Quadro 9.

Quadro 9 – Camadas do pavimento

| Solução Estrutural | | | | |
|--------------------|------------------|--------------|------------------|--------------------|
| Trecho | C.B.U.Q. (cm) | Base (cm) | Sub-base (cm) | Reforço SL (cm) |
| RECONSTRUÇÃO | 10 | 15 | 15 | 20 |

Fonte: Elaborado pela autora, com resultados de Ritter dos Santos (2017) e Schons Júnior (2018)

Levando em consideração esses trabalhos, conclui-se que a Avenida necessita de reparos, visto que os resultados se repetem. Com isso, Schons Júnior (2018) fez a análise das conclusões sobre segmentos homogêneos e realizou a compatibilização das recomendações feitas por Teixeira dos Santos (2017) e Ritter dos Santos (2017). No Quadro 10, podem-se observar as soluções considerando a avaliação funcional e estrutural do pavimento.

Quadro 10 - Compatibilização da restauração funcional e estrutural da Avenida Unisinos

| Compatibilização | | | | | |
|---------------------------|-----------|-----------------------------|---------------------------|-----------|-----------------------------|
| Sentido BR 116 / Av. Mauá | | | Sentido Av. Mauá / BR 116 | | |
| Trecho | | Reforço de C.B.U.Q. (cm) | Trecho | | Reforço de C.B.U.Q. (cm) |
| 0+00 m | 0+1.020 m | RECONSTRUÇÃO | 0+00 m | 0+750 m | MR (1,5 cm x 2) |
| 0+1.020 m | 0+2.000 m | 7 | 0+750 m | 0+1.150 m | 10 |
| | | | 0+1.150 m | 0+1.550 m | 6 |
| | | | 0+1.550m | 0+2.000 m | RECONSTRUÇÃO |

Fonte: Elaborado pela autora, com resultados de Schons Júnior (2018)

Para os trechos em reconstrução, as camadas devem possuir as dimensões expressas no Quadro 11.

Quadro 11 – Camadas do pavimento

| Compatibilização | | | | |
|------------------|------------------|--------------|------------------|--------------------|
| Trecho | C.B.U.Q. (cm) | Base (cm) | Sub-base (cm) | Reforço SL (cm) |
| RECONSTRUÇÃO | 10 | 15 | 15 | 20 |

Fonte: Elaborado pela autora, com resultados de Schons (2018)

Nota-se que Schons Júnior (2018) adotou, na maioria dos casos, a solução proposta por Ritter dos Santos (2017), pois a avaliação estrutural é um procedimento mais preciso, que leva em consideração o efeito da carga sobre o pavimento, diferente do funcional, que analisa as condições que o pavimento confere ao usuário, como o conforto em termos de qualidade de rolamento. A solução compatibilizada pode ser vista completa na Figura 17, que consta no item 2.3.3 deste trabalho.

Além da compatibilização, Schons Júnior (2018) realizou a orçamentação da obra. Para isso, quantificou o volume total de cada material utilizado, como consta na Tabela 12. Na parada de ônibus em frente à Unisinos, foi dimensionado pavimento rígido de concreto.

Tabela 12 - Volumes totais de material de pavimentação

| Tipo | Espessura (m) | Volume por espessura (m ³) | Volume Total (m ³) |
|------------|---------------|---|--------------------------------|
| C.B.U.Q. | 0,10 | 2.328,62 | 3.649,59 |
| | 0,07 | 866,39 | |
| | 0,06 | 253,79 | |
| | 0,03 | 200,79 | |
| BASE | 0,15 | 2.784,29 | 2.784,29 |
| SUB-BASE | 0,15 | 2.784,29 | 2.784,29 |
| REF. SUBL. | 0,20 | 3.712,38 | 3.712,38 |

Fonte: Schons Júnior (2018)

Por fim, Schons Júnior (2018) encontrou como resultado final da compatibilização uma área de 18.561,90 m² de reconstrução com custo de R\$ 140,60/m² e 28.024,26 m² de reforço com custo de R\$ 46,92/m². Assim, o valor total da obra é de R\$ 4.288.502,49.

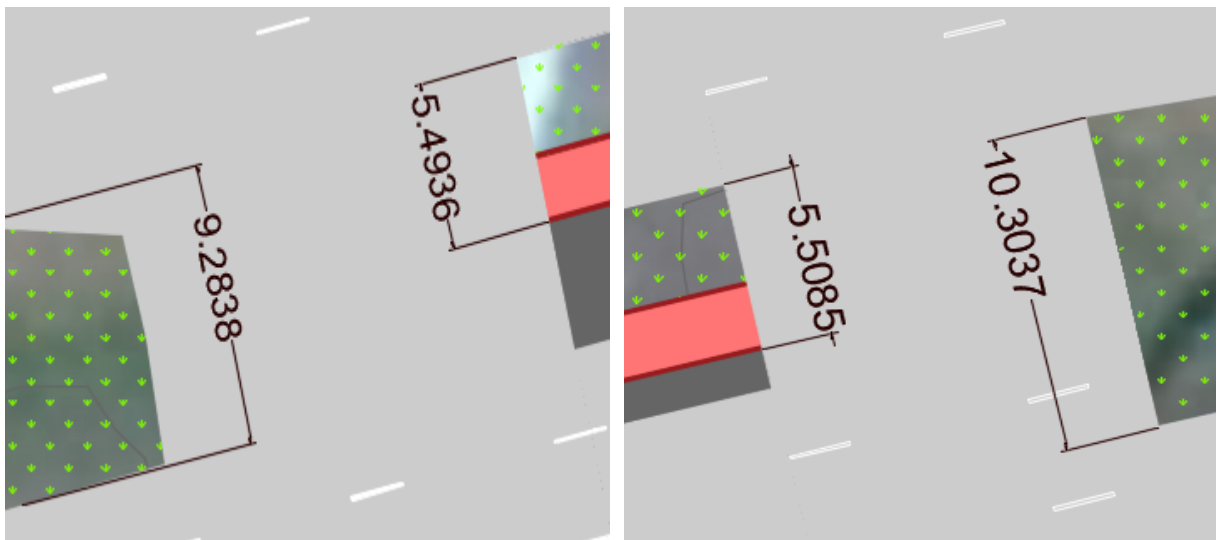
4.2.2 Implantação de via e ciclovia

O novo projeto geométrico para Avenida Unisinos pode ser observado no Apêndice K. Conta com a implantação de uma ciclovia e de uma via auxiliar com extensão de aproximadamente 500 metros, que busca dar mais fluidez ao trânsito nos horários de pico. Possui também uma área de desembarque de passageiros com aproximadamente 200 metros, que visa à separação de automóveis e ônibus, causando menos transtornos aos motoristas. Os retornos ocorrem diretamente da pista de tráfego, tendo em vista que a largura do canteiro central consegue abrigar os veículos enquanto aguardam oportunidade, conforme visto na Figura 31.

De acordo com DNIT (2005, p. 382):

Normalmente, não se deve permitir retorno a partir da faixa de tráfego direto. Em áreas urbanas, entretanto, casos especiais de baixo volume de tráfego e raras operações de retorno, em locais onde a largura do canteiro central permite proteger o veículo, pode-se considerar a adoção de projetos dessa natureza.

Figura 31 – Retornos Avenida Unisinos



Fonte: Elaborado pela autora

- Sentido BR 116 / Av. Mauá

Neste sentido da Avenida Unisinos, as faixas de rolamento ficaram com largura de 3,4 metros até o detalhe 01, que pode ser observado na Figura 32. Neste momento, as faixas dos automóveis, lado esquerdo da figura, assumem largura de 3,0 metros, e as faixas dos ônibus ficam com largura de 3,30 metros. Na figura 32, também se observa o zebraado que indica aos motoristas que as faixas irão afunilar e pode-se notar a área de desembarque, que divide as pistas de automóveis e ônibus.

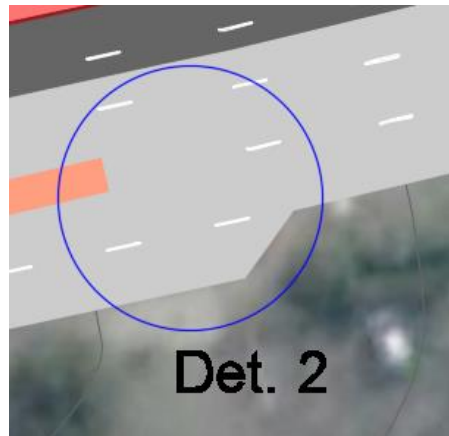
Figura 32 – Detalhe 01



Fonte: Elaborado pela autora

No detalhe 02, que pode ser observado na Figura 33, as faixas dos automóveis e ônibus assumem largura de 3,6 metros, pois acaba a área destinada a desembarque de passageiros.

Figura 33 – Detalhe 02



Fonte: Elaborado pela autora

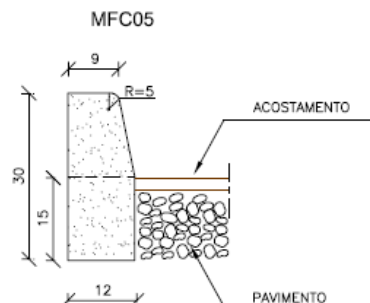
- Sentido Av. Mauá / BR 116

Neste sentido da avenida, não ocorre mudança nas dimensões das faixas, as faixas de automóveis possuem 3,0 metros e a faixa de ônibus 3,30 metros.

O corte das seções pode ser visto no Apêndice K e as seções podem ser vistas no Apêndice L para melhor entendimento das larguras de faixa. A largura de faixa mínima exigida por São Leopoldo para pequena velocidade é de 3,0 metros, logo o projeto atende ao exigido pelo município da cidade.

O desembarque, que possui uma área de 412 m², extensão de 206,10 metros e largura de 2 metros, será construído como passeio, ou seja, terá meio-fio tipo MFC05, conforme Figura 34, aterro e uma camada de concreto.

Figura 34 – Dimensões meio-fio



| CONSUMOS MÉDIOS | |
|-------------------------|-------------------------|
| ESCAVAÇÃO | ≤ 0,05m ³ /m |
| CONCRETO fck 15MPa | 0,034m ³ /m |
| FORMAS DE MADEIRA COMUM | 0,63m ² /m |

Fonte: DNIT (2006)

A ciclovia implementada é bidirecional, possui 526 metros, aproximadamente 0,5 quilômetros e as faixas possuem 1 metro cada. Sendo assim, atendem às dimensões requeridas pelo DAER, conforme consta no item 2.2.10 deste trabalho. Para separação da faixa de rolamento da avenida em relação à ciclovia, utilizou-se o mesmo meio-fio do desembarque, conforme a Figura 34. Pode-se ver o projeto completo da ciclovia no Apêndice K.

A partir do perfil longitudinal, que pode ser visto no Apêndice M, foi possível analisar se a nova via estava de acordo com os parâmetros exigidos pela norma do DNER. Primeiramente, classificou-se a rodovia de acordo com o VDM (volume médio diário), que Teixeira dos Santos (2017) encontrou em seu trabalho, de 690 veículos, logo para este VDM, como consta do item 2.2.7.1, a rodovia recebe classe III de projeto, que atende um VDM de 300 a 700 veículos por dia. Como classe funcional, a rodovia se enquadra como coletora, conforme o item 2.2.7.2 deste trabalho.

A velocidade diretriz presente no item 2.2.8 é definida de acordo com o relevo da região, que, nesse caso, se enquadra como ondulado. Analisando o relevo juntamente com a classe, conforme a Tabela 2 deste trabalho, define-se como velocidade de projeto 60km/h. Vale ressaltar que a Avenida Unisinos já adota esta velocidade atualmente. O valor de rampa máximo definido a partir da Tabela 3 presente no item 2.2.9 leva em consideração a classe de projeto e o tipo relevo resultando numa inclinação máxima de 6%.

Com esses parâmetros definidos de acordo com o DNER, é possível analisar os valores obtidos no perfil longitudinal deste trabalho. Os valores de rampas máximas resultaram em 0,06%, 4,47% e 7,48%, logo não se enquadram, pois o valor máximo seria de 6%. Todavia o DNER é aplicado em rodovias rurais e, neste trabalho, trata-se de um pavimento urbano. Com isso, buscaram-se informações nas instruções de projeto da Prefeitura de São Paulo que tratam de pavimento urbano. A partir do Quadro 1, que consta no item 2.2.9, analisando-se as características geométricas das vias adotadas pela Prefeitura de São Paulo, para uma via coletora com VDM de 401 a 1.500, as rampas máximas podem ter até 12% de inclinação. Com isso, o perfil longitudinal deste trabalho atende aos requisitos exigidos para pavimento urbano.

Analisando-se as curvas verticais, conclui-se que houve apenas curvas côncavas, logo aplicaram-se os ábacos referentes apenas às Figuras 6 e 7, que estão no item 2.2.4.1, da concordância vertical. Estes ábacos levam em consideração A, que é a diferença algébrica das rampas (%) e a velocidade (km/h), que resultam em

um valor de K. Então, aplica-se a equação $L=KA$. Na Tabela 13, podem-se observar os valores referentes às curvas e aos resultados de comprimento mínimo e desejável para cada uma.

Tabela 13 - Concordância vertical das curvas

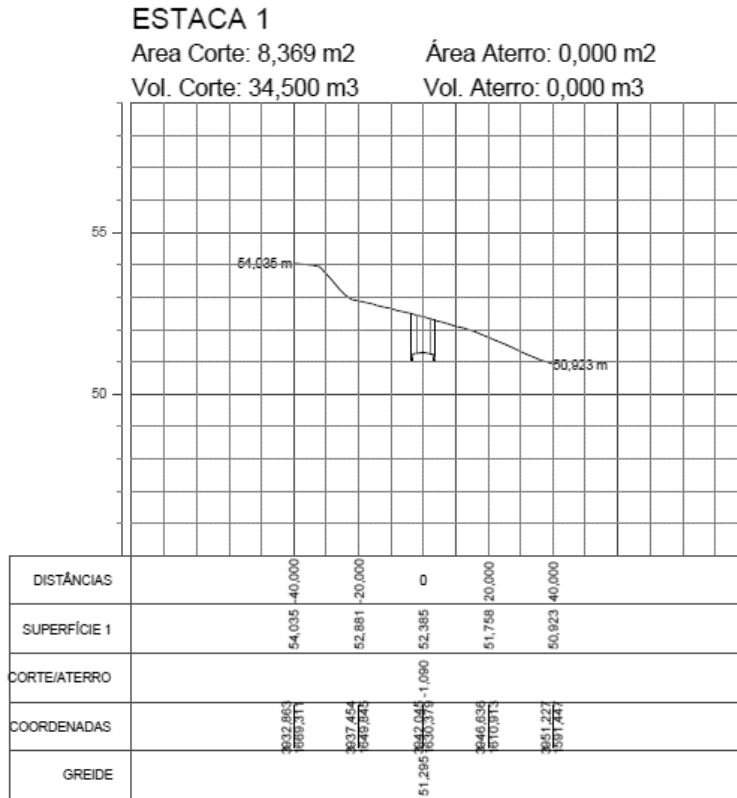
| | Inclinação (%) | A (%) | K | Condições | L=K.A (m) | Comprimento real da curva (m) |
|-----------------|----------------|-------|-------|-----------|-----------|-------------------------------|
| Curva 01 | i1 0,061 | 4,41 | 14,63 | Mínimo | 64,52 | 110,246 |
| | i2 4,471 | | 17,22 | Desejável | 75,94 | |
| Curva 02 | i1 4,471 | 3,015 | 14,63 | Mínimo | 44,11 | 75,388 |
| | i2 7,486 | | 17,22 | Desejável | 51,92 | |

Fonte: Elaborado pela autora

Com base na Tabela 13, pode-se concluir que as curvas atendem aos comprimentos mínimos e desejáveis. Sendo assim, estão de acordo com os parâmetros exigidos pelo DNER.

Como já falado anteriormente, no item 3.7, obtiveram-se apenas seções em corte, conforme Apêndice N, visto que, para implantação de uma via e ciclovia, é necessário que ocorram escavações. Após a finalização do projeto geométrico, obteve-se uma área de corte de 424,822m² com um volume total de 3.233,946m³, material este que deve ser descartado em um lugar adequado. Cuidou-se para que os taludes ficassem com ângulo de 90°, para que os cortes fossem em caixão, uma vez que a obra é do tipo urbana e escava-se exatamente onde vai o pavimento, ou seja, a escavação é reta. Todos os cortes ficaram parecidos com o corte ilustrado pela Figura 35.

Figura 35 – Modelo de corte



Fonte: Elaborado pela autora

4.2.3 Diagrama de Brückner

Como já falado no item 2.2.6.4 na fundamentação teórica, o Diagrama de Brückner identifica os trechos com predominância de corte e aterro, os sentidos da movimentação de terra, a distância média de transporte, o volume compensado e o volume de bota-fora.

Com base no perfil longitudinal e nos perfis transversais, relacionaram-se as áreas e volumes de corte e aterro por estaca e gerou-se a Tabela 14 de cubação de projeto.

Para criação da Tabela 14, utilizou-se para o Fator de Homogeneização (Fh), um valor típico de 1,3, pois não se possuíam parâmetros do solo. Tendo em vista que este fator é a relação entre o volume do material oriundo do aterro já compactado e do volume do material retirado no de origem, ele não influenciou no cálculo dos

volumes acumulados, pois tem-se apenas volumes em corte — não há volumes em aterro no trecho estaqueado — logo todo material será bota-fora.

Tabela 14 - Cubação de projeto

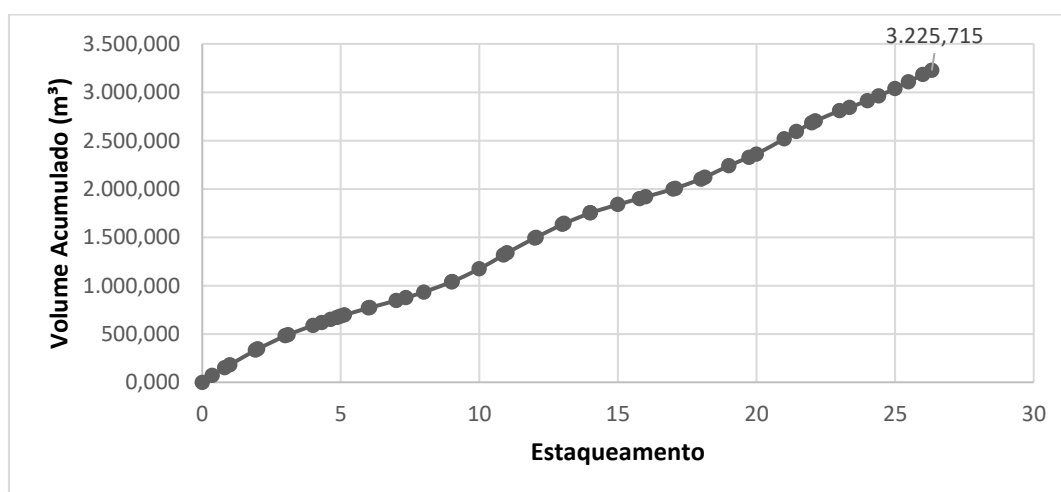
| Cubação | | | | | | | |
|----------|-------------------------|-------|--------------------|--------------------------|-------|---------------------------------------|------------------------------|
| Estaca | Áreas (m ²) | | Semi-distância (m) | Volume (m ³) | | Compensação lateral (m ³) | Vacumulado (m ³) |
| | C | A | | C | A | | |
| 0 | 10,220 | 0,000 | 0 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 0,36225 | 9,206 | 0,000 | 3,6225 | 70,371 | 0,000 | 70,371 | 70,371 |
| 0,8144 | 8,537 | 0,000 | 4,5215 | 80,225 | 0,000 | 80,225 | 150,596 |
| 1 | 8,369 | 0,000 | 1,856 | 31,378 | 0,000 | 31,378 | 181,973 |
| 1,92525 | 7,933 | 0,000 | 9,2525 | 150,834 | 0,000 | 150,834 | 332,807 |
| 2 | 7,869 | 0,000 | 0,7475 | 11,812 | 0,000 | 11,812 | 344,619 |
| 3 | 5,896 | 0,000 | 10 | 137,650 | 0,000 | 137,650 | 482,269 |
| 3,0969 | 5,543 | 0,000 | 0,969 | 11,084 | 0,000 | 11,084 | 493,354 |
| 4 | 4,972 | 0,000 | 9,031 | 94,961 | 0,000 | 94,961 | 588,315 |
| 4,30955 | 4,810 | 0,000 | 3,0955 | 30,280 | 0,000 | 30,280 | 618,595 |
| 4,6394 | 4,714 | 0,000 | 3,2985 | 31,415 | 0,000 | 31,415 | 650,010 |
| 4,86835 | 4,690 | 0,000 | 2,2895 | 21,530 | 0,000 | 21,530 | 671,540 |
| 5 | 4,685 | 0,000 | 1,3165 | 12,342 | 0,000 | 12,342 | 683,883 |
| 5,1332 | 4,676 | 0,000 | 1,332 | 12,469 | 0,000 | 12,469 | 696,351 |
| 6 | 3,634 | 0,000 | 8,668 | 72,031 | 0,000 | 72,031 | 768,382 |
| 6,0473 | 3,643 | 0,000 | 0,473 | 3,442 | 0,000 | 3,442 | 771,824 |
| 7 | 4,114 | 0,000 | 9,527 | 73,901 | 0,000 | 73,901 | 845,725 |
| 7,3552 | 4,337 | 0,000 | 3,552 | 30,018 | 0,000 | 30,018 | 875,743 |
| 8 | 4,605 | 0,000 | 6,448 | 57,658 | 0,000 | 57,658 | 933,401 |
| 9 | 5,796 | 0,000 | 10 | 104,010 | 0,000 | 104,010 | 1.037,411 |
| 9,0267 | 5,860 | 0,000 | 0,267 | 3,112 | 0,000 | 3,112 | 1.040,524 |
| 10 | 7,740 | 0,000 | 9,733 | 132,369 | 0,000 | 132,369 | 1.172,892 |
| 10,87355 | 8,854 | 0,000 | 8,7355 | 144,957 | 0,000 | 144,957 | 1.317,849 |
| 11 | 8,338 | 0,000 | 1,2645 | 21,739 | 0,000 | 21,739 | 1.339,589 |
| 12 | 7,018 | 0,000 | 10 | 153,560 | 0,000 | 153,560 | 1.493,149 |
| 12,04675 | 6,883 | 0,000 | 0,4675 | 6,499 | 0,000 | 6,499 | 1.499,647 |
| 13 | 7,307 | 0,000 | 9,5325 | 135,266 | 0,000 | 135,266 | 1.634,913 |
| 13,05565 | 7,044 | 0,000 | 0,5565 | 7,986 | 0,000 | 7,986 | 1.642,900 |
| 13,9995 | 4,603 | 0,000 | 9,4385 | 109,930 | 0,000 | 109,930 | 1.752,830 |
| 14 | 4,612 | 0,000 | 0,005 | 0,046 | 0,000 | 0,046 | 1.752,876 |
| 15 | 3,967 | 0,000 | 10 | 85,790 | 0,000 | 85,790 | 1.838,666 |
| 15,78505 | 3,916 | 0,000 | 7,8505 | 61,885 | 0,000 | 61,885 | 1.900,552 |
| 16 | 3,980 | 0,000 | 2,1495 | 16,972 | 0,000 | 16,972 | 1.917,524 |
| 17 | 4,125 | 0,000 | 10 | 81,050 | 0,000 | 81,050 | 1.998,574 |
| 17,07035 | 4,200 | 0,000 | 0,7035 | 5,857 | 0,000 | 5,857 | 2.004,431 |
| 18 | 6,274 | 0,000 | 9,2965 | 97,372 | 0,000 | 97,372 | 2.101,802 |

| Cubação | | | | | | | |
|----------|-------------------------|-------|--------------------|--------------------------|-------|---------------------------------------|------------------------------|
| Estaca | Áreas (m ²) | | Semi-distância (m) | Volume (m ³) | | Compensação lateral (m ³) | Vacumulado (m ³) |
| | C | A | | C | A | | |
| 18,1348 | 7,031 | 0,000 | 1,348 | 17,935 | 0,000 | 17,935 | 2.119,737 |
| 19 | 6,783 | 0,000 | 8,652 | 119,519 | 0,000 | 119,519 | 2.239,256 |
| 19,7289 | 5,242 | 0,000 | 7,289 | 87,650 | 0,000 | 87,650 | 2.326,906 |
| 20 | 7,090 | 0,000 | 2,711 | 33,432 | 0,000 | 33,432 | 2.360,338 |
| 21 | 8,599 | 0,000 | 10 | 156,890 | 0,000 | 156,890 | 2.517,228 |
| 21,4409 | 8,829 | 0,000 | 4,409 | 76,840 | 0,000 | 76,840 | 2.594,068 |
| 22 | 7,462 | 0,000 | 5,591 | 91,083 | 0,000 | 91,083 | 2.685,151 |
| 22,11685 | 7,243 | 0,000 | 1,1685 | 17,183 | 0,000 | 17,183 | 2.702,334 |
| 23 | 4,894 | 0,000 | 8,8315 | 107,188 | 0,000 | 107,188 | 2.809,522 |
| 23,35615 | 4,532 | 0,000 | 3,5615 | 33,571 | 0,000 | 33,571 | 2.843,093 |
| 24 | 6,297 | 0,000 | 6,4385 | 69,723 | 0,000 | 69,723 | 2.912,815 |
| 24,41215 | 5,776 | 0,000 | 4,1215 | 49,759 | 0,000 | 49,759 | 2.962,574 |
| 25 | 7,051 | 0,000 | 5,8785 | 75,404 | 0,000 | 75,404 | 3.037,978 |
| 25,48855 | 7,474 | 0,000 | 4,8855 | 70,962 | 0,000 | 70,962 | 3.108,940 |
| 26 | 6,843 | 0,000 | 5,1145 | 73,224 | 0,000 | 73,224 | 3.182,164 |
| 26,32315 | 6,634 | 0,000 | 3,2315 | 43,551 | 0,000 | 43,551 | 3.225,715 |

Fonte: Elaborado pela autora

A partir da tabela de cubação foi possível gerar o diagrama de Brückner, no qual obteve-se um volume total acumulado de 3.225,715 m³ de corte para bota-fora.

Gráfico 5 – Diagrama de Brückner



Fonte: Elaborado pela autora

4.2.4 Quantitativo de materiais

Para as camadas de terraplenagem do pavimento da ciclovia e da nova via, foram adotados os mesmos valores que Schons Júnior (2018) adotou para os trechos de reconstrução da avenida, conforme Tabela 15. Na ciclovia, para a camada de C.B.U.Q. foi adotado o valor de 5cm e na nova via adotou-se o de 10cm como nos trechos de reconstrução. As camadas do pavimento podem ser vistas no Apêndice L.

Tabela 15 - Camadas do pavimento

| Base (cm) | Sub-base (cm) | Reforço Subleito (cm) |
|-----------|---------------|-----------------------|
| 15 | 15 | 20 |

Fonte: Elaborado pela autora

A partir da área total da ciclovia de 1.179,14 m² e da nova via de 2.263,88 m², foi possível encontrar os principais quantitativos de materiais de pavimentação da obra, como consta na Tabela 16.

Tabela 16 - Volumes totais de materiais

| Tipo | Ciclovia | | Nova via | |
|------------|---------------|--|---------------|--|
| | Espessura (m) | Volume por espessura (m ³) | Espessura (m) | Volume por espessura (m ³) |
| C.B.U.Q. | 0,05 | 58,96 | 0,10 | 226,39 |
| BASE | 0,15 | 176,87 | 0,15 | 339,58 |
| SUB-BASE | 0,15 | 176,87 | 0,15 | 339,58 |
| REF. SUBL. | 0,20 | 235,83 | 0,20 | 452,78 |

Fonte: Elaborado pela autora

4.2.5 Resultado do orçamento

Com os valores dos quantitativos, pôde-se fazer o cálculo do orçamento para estimar o custo da implantação das melhorias na geometria da Avenida Unisinos. A partir das composições apresentadas no item 3.8 deste trabalho, fez-se a planilha de orçamento referente a cada serviço.

O Quadro 12 mostra todos os serviços necessários para implantação da nova via na Avenida Unisinos, cujo valor total é de R\$ 282.383,87.

Quadro 12 – Custo dos serviços para implantação da nova via

| Pavimentação - Avenida | | | | | | |
|------------------------|--------------------------------------|---------|------------|--------------------|--------------------------|-----------------------|
| Código | Descrição | Unidade | Quantidade | Custo unitário sem | Custo unitário com B.D.I | Custo total |
| SICRO/5502836 | Escavação, carga e transporte | m³ | 1.131,94 | R\$ 6,42 | R\$ 7,96 | R\$ 9.011,48 |
| SICRO/5915321 | Transporte | tkm | 14.581,65 | R\$ 0,44 | R\$ 0,54 | R\$ 7.934,65 |
| SICRO/4011209 | Regularização de subleito | m² | 2.263,88 | R\$ 0,70 | R\$ 0,86 | R\$ 1.953,10 |
| SICRO/4011211 | Reforço de subleito | m³ | 452,78 | R\$ 28,01 | R\$ 34,75 | R\$ 15.732,45 |
| SICRO/4011279 | Execução de camada de sub-base de | m³ | 339,58 | R\$ 104,04 | R\$ 129,04 | R\$ 43.820,99 |
| SICRO/4011276 | Execução de camada de base de brita | m³ | 339,58 | R\$ 124,98 | R\$ 155,01 | R\$ 52.637,52 |
| SICRO/4011351 | Imprimação com asfalto diluído CM-30 | m² | 2.263,88 | R\$ 3,80 | R\$ 4,71 | R\$ 10.669,16 |
| SICRO/4011353 | Pintura de ligação com RR-2C | m² | 2.263,88 | R\$ 0,81 | R\$ 1,00 | R\$ 2.269,10 |
| SICRO/4011463 | Concreto betuminoso usinado a quente | t | 548,99 | R\$ 203,19 | R\$ 252,02 | R\$ 138.355,40 |
| Total do item | | | | | | R\$ 282.383,87 |

Fonte: Elaborado pela autora

O Quadro 13, traz a descrição dos serviços necessários para implantação da ciclovia na Avenida Unisinos, cujo valor total é de R\$ 136.619,01.

Quadro 13 – Custo dos serviços para implantação da ciclovia

| Pavimentação - Ciclovia | | | | | | |
|-------------------------|--|---------|------------|--------------------|--------------------------|-----------------------|
| Código | Descrição | Unidade | Quantidade | Custo unitário sem | Custo unitário com B.D.I | Custo total |
| SICRO/5502836 | Escavação, carga e transporte | m³ | 589,57 | R\$ 6,42 | R\$ 7,96 | R\$ 4.693,61 |
| SICRO/5915321 | Transporte | tkm | 7.594,82 | R\$ 0,44 | R\$ 0,54 | R\$ 4.132,74 |
| SICRO/4011209 | Regularização de subleito | m² | 1.179,14 | R\$ 0,70 | R\$ 0,86 | R\$ 1.017,27 |
| SICRO/4011211 | Reforço de subleito | m³ | 235,83 | R\$ 28,01 | R\$ 34,75 | R\$ 8.194,20 |
| SICRO/4011279 | Execução de camada de sub-base de | m³ | 176,87 | R\$ 104,04 | R\$ 129,04 | R\$ 22.824,05 |
| SICRO/4011276 | Execução de camada de base de brita | m³ | 176,87 | R\$ 124,98 | R\$ 155,01 | R\$ 27.416,12 |
| SICRO/4011351 | Imprimação com asfalto diluído CM-30 | m² | 1.179,14 | R\$ 3,80 | R\$ 4,71 | R\$ 5.557,01 |
| SICRO/4011353 | Pintura de ligação com RR-2C | m² | 1.179,14 | R\$ 0,81 | R\$ 1,00 | R\$ 1.181,86 |
| SICRO/4011463 | Concreto betuminoso usinado a quente | t | 142,97 | R\$ 203,19 | R\$ 252,02 | R\$ 36.031,02 |
| SINAPI/4059 | Meio-Fio, pré-moldado, comprimento 1 M, 30 | m | 1.085,10 | R\$ 19,00 | R\$ 23,57 | R\$ 25.571,14 |
| Total do item | | | | | | R\$ 136.619,01 |

Fonte: Elaborado pela autora

Para construção da área de desembarque, mostram-se, no Quadro 14, os serviços necessários, que resultam no valor de R\$ 37.519,39.

Quadro 14 – Descrição de serviços para construção do desembarque

| Desembarque | | | | | | |
|----------------------|--|---------|------------|--------------------|--------------------------|----------------------|
| Código | Descrição | Unidade | Quantidade | Custo unitário sem | Custo unitário com B.D.I | Custo total |
| SINAPI/94995 | Execução de passeio | m² | 412,21 | R\$ 54,39 | R\$ 67,47 | R\$ 27.810,32 |
| SINAPI/4059 | Meio-Fio, pré-moldado, comprimento 1 M, 30 | m | 412,00 | R\$ 19,00 | R\$ 23,57 | R\$ 9.709,07 |
| Total do item | | | | | | R\$ 37.519,39 |

Fonte: Elaborado pela autora

Logo, para realização das melhorias na geometria da Avenida Unisinos, seriam necessários R\$ 456.522,27.

Com todos os valores calculados das proposições de melhorias em relação à geometria e drenagem, descritos no item 4.1.3, da Avenida Unisinos, conclui-se que, para realização de toda a obra, será necessário um investimento de R\$ 941.226,47.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo, serão apresentadas as conclusões deste trabalho que visou a proposições de melhorias para geometria e drenagem da Avenida Unisinos.

O principal objetivo foi propor melhorias para a avenida que passa por problemas com o grande fluxo de veículos, que causam congestionamentos, e também pelos alagamentos que ocorrem em dias de chuvas, que agravam ainda mais o problema.

A seguir serão apresentadas as conclusões conforme o objetivo geral e os específicos propostos no início do trabalho, finalizando com as sugestões para trabalhos futuros.

5.1 CONCLUSÃO

Mediante a metodologia adotada, houve proposições de melhorias para geometria da Avenida Unisinos, tais como implantação de via auxiliar, uma ciclovia e uma área de desembarque. Já para drenagem, realizaram-se os cálculos necessários para averiguação da conformidade do bueiro situado.

A partir dos estudos hidrológicos, obteve-se que a área da bacia contribuinte é de 0,1986480499 km² e que a vazão à qual o bueiro está submetido é de 5,10 m³/s.

Com tais dados, conclui-se que o bueiro atual não suporta à vazão a qual está sendo submetido. Trata-se de um bueiro simples tubular de concreto (BSTC) com diâmetro de 0,80 m e vazão crítica de 0,88 m³/s. Para melhorias no sistema de drenagem, é necessário que esse bueiro seja trocado numa extensão de 312,50 metros, por um bueiro simples celular de concreto (BSCC) com dimensões de 2,0x1,5m que suporta uma vazão crítica de 6,26 m³/s. O custo total para essa melhoria é de R\$ 403.313,12.

Além da troca do bueiro, é necessária a pavimentação na Avenida Unisinos por onde ele passa, com valor de R\$ 15.780,15. Já no estacionamento, onde será aberta a vala para execução da obra, que compreende a retirada e a recolocação dos blocos intertravados, o valor total resulta em R\$ 65.604,87. E, para as bocas de lobo existentes que necessitam de manutenção como fresagem e limpeza com jato d'água, o valor é de R\$ 6,06.

Com todos os serviços determinados para execução das melhorias no sistema de drenagem, será necessário um investimento de R\$ 484.704,20.

A consumação do projeto geométrico para Avenida Unisinos trará, com suas melhorias, muitos benefícios para a população local e também para os alunos da universidade, tais como organização e fluidez no trânsito em horários de pique, incentivo ao uso de bicicletas e maior segurança aos usuários da via.

O projeto da via auxiliar na avenida compreendeu a utilização do software *DataGeosis* e, para quantificação dos materiais e serviços executados, utilizou as composições disponíveis no SICRO e SINAPI.

A via auxiliar, que possui uma extensão de 526,73 metros, atendeu a todos os parâmetros exigidos para um pavimento urbano e seu valor para implantação resulta em R\$ 282.383,87.

A construção da área de desembarque, em frente ao Terminal Rodoviário Unisinos, visa a separar os veículos, pois há um alto número de carros e ônibus que circulam diariamente pelo local e acabam causando lentidão no trânsito.

Com isso, esta área de desembarque possui uma extensão de 206,10 metros e fará a separação dos veículos na Avenida Unisinos, sendo duas faixas exclusivas para ônibus e três faixas para carros. O valor total para construção é de R\$ 37.519,39.

E, com o propósito incentivar a mobilidade urbana sustentável, propôs-se a implantação de uma ciclovia com extensão de 526,73 metros, que envolveu os mesmos parâmetros adotados para o projeto da via auxiliar. Esse projeto resultou em R\$ 136.619,01.

Com todos os serviços determinados para execução das melhorias na geometria, será necessário um investimento de R\$ 456.522,27.

O resultado final para a realização das melhorias de geometria e drenagem propostas neste trabalho para Avenida Unisinos, com base no SICRO e SINAPI, totalizou um valor de R\$ 941.226,47.

É interessante notar que a troca do bueiro é praticamente metade do valor do orçamento final da obra, o que mostra que o projeto de drenagem deve ser muito bem executado, pois ele possui um valor muito significativo no orçamento. Nota-se, também, que o valor da limpeza e desobstrução das bocas de lobo é insignificante se comparar ao valor total, e esses serviços são importantíssimos para que o sistema de drenagem exerça sua função corretamente. Portanto, a manutenção dos dispositivos deve ser executada com frequência.

5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como sugestões para trabalhos futuros, sugere-se:

- Plano de conservação da via;
- Aplicação dos conceitos deste trabalho em outras vias;
- Estudo para implantação de uma nova ciclovia que ligue a estação Trensurb e a UNISINOS.

REFERÊNCIAS

- ANTAS, Paulo Mendes; VIEIRA, Alvaro; GONÇALO, Eluisio Antonio; LOPES, Luiz Antônio Silveira. **Estradas: Projeto Geométrico e de Terraplenagem**. Rio de Janeiro, 2010.
- BERTONI, Juan C.; TUCCI, Carlos E.M. Precipitação. In: TUCCI, Carlos E.M. **Hidrologia: Ciência e aplicação**. Porto Alegre: UFRGS/ABRH. 4ª edição, 2014.
- CEDERGREN, Harry R. **Drenagem dos Pavimentos de Rodovias e Aeródromos**. Rio de Janeiro, 1980.
- DAER: **Normas de Projetos Rodoviários**. Porto Alegre, 1991.
- DNER/IPR-706: **Manual de Projetos Geométricos de Rodovias Rurais**. Rio de Janeiro, 1999.
- DNIT/ES-025: **Drenagem – Bueiros celulares de concreto – Especificação de serviço**. Rio de Janeiro, 2004.
- DNIT/IPR-715: **Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem**. Rio de Janeiro. 2ª edição, 2005.
- DNIT/IPR-718: **Manual de Projeto de Interseções**. Rio de Janeiro. 2ª edição, 2005.
- DNIT/IPR-724: **Manual de Drenagem de Rodovias**. Rio de Janeiro. 2ª edição, 2006.
- DNIT/IPR-725: **Álbum de projetos – tipo de dispositivo de drenagem**. Rio de Janeiro. 2ª edição, 2006.
- DNIT/IPR-726: **Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários: escopos básicos/Instruções de serviço**. Rio de Janeiro. 3ª edição, 2006.
- FRAENKEL, Benjamin B. **Engenharia Rodoviária**. Rio de Janeiro, 1980.
- MARTINS, José Augusto et. al. **Hidrologia Básica**. São Paulo: Edgard Blücher, 1976.
- MICHELIN, Renato G. **Drenagem Superficial e Subterrânea de Estradas**. Porto Alegre, 1973.
- MORALES, Paulo Roberto Dias. **Manual Prático de Drenagem**. Rio de Janeiro, 2003.

PFAFSTETTER, Otto. **Chuvas Intensas no Brasil: Relação entre Precipitação, Duração e Frequência de Chuvas em 98 Postos com Pluviógrafos**. Rio de Janeiro: Departamento Nacional de Obras de Saneamento – Coordenadoria de Comunicação Social. 2ª edição, 1982.

PIMENTA, Carlos R. T.; OLIVEIRA, Márcio P. **Projeto Geométrico de Rodovias**. São Carlos. 2ª edição, 2016.

PINTO, Nelson L. de Sousa et. al. **Hidrologia Básica**. São Paulo: Edgard Blücher, 1976.

PONTES FILHO, Glauco. **Estradas de rodagem: projeto geométrico**. São Carlos, 1998.

PORTO, Rubem; ZAHED F., Kamel; TUCCI, Carlos; BIDONE, Francisco. Drenagem Urbana. In: TUCCI, Carlos E.M. **Hidrologia: Ciência e aplicação**. Porto Alegre: UFRGS/ABRH. 4ª edição, 2014.

PORTO, Telmo Fernandes de Aragão. **Drenagem de Rodovias e Aeroportos**. São Paulo, 1992.

Prefeitura de São Leopoldo. SEMOV. **Projeto de Drenagem existente**. 2018.

Prefeitura de São Paulo. IP 02: **Classificação das Vias**, 2004.

SANTOS, Douglas Ritter. **Avaliação Estrutural para Restauração da Avenida Unisinos**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil). Unisinos, São Leopoldo, 2017.

SANTOS, Felipe Teixeira. **Avaliação Funcional para Restauração da Avenida Unisinos**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil). Unisinos, São Leopoldo, 2017.

SCHONS JÚNIOR, José Luiz. **Compatibilização e Orçamentação de soluções de restauração estrutural e funcional para Avenida Unisinos**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil). Unisinos, São Leopoldo, 2018.

SILVEIRA, André L.L. Ciclo Hidrológico e Bacia Hidrográfica. In: TUCCI, Carlos E.M. **Hidrologia: Ciência e aplicação**. Porto Alegre: UFRGS/ABRH. 4ª edição, 2014.

TUCCI, Carlos E.M. **Hidrologia: Ciência e aplicação**. Porto Alegre: UFRGS/ABRH. 4ª edição, 2014.

TUCCI, Carlos E.M. **Modelos hidrológicos**. Porto Alegre: UFRGS/ABRH. 1ª edição, 1998.

WILKEN, Paulo Sampaio. **Engenharia de Drenagem Superficial**. São Paulo, 1978.

APÊNDICE A – ESCAVAÇÃO

| COMPOSIÇÃO DE CUSTO UNITÁRIA | | | | | | |
|---|-----------------|--------------------------|--------------------------|--|----------------|---------------------|
| Referência: SICRO | Código: 5502836 | Data base: setembro/2017 | Valores em: R\$ | Unidade: m³ | | |
| Escavação, carga e transporte de material de 1ª categoria na distância de 3.000 m - caminho de serviço pavimento - com escavadeira e caminhão basculante de 14m³ Fator de influência do tráfego (FIT) = 0,00 Fator de influência do clima (FIC) = 0,03164 Produção da equipe = 221,33 | | | | | | |
| A - EQUIPAMENTOS | Quantidade | Utilização | | Custo horário | | Custo horário total |
| | | Produtiva | Improdutiva | Produtivo | Improdutivo | |
| E9667 - Caminhão basculante 14 m³ | 5 | 99% | 1% | 242,5722 | 61,732 | 1.203,82 |
| E9515 - Escavadeira hidráulica com caçamba 1,5 m³ | 1 | 100% | 0% | 155,96 | 69,5633 | 155,96 |
| Custo horário total dos equipamentos (A) = 1.359,78 | | | | | | |
| B - MÃO DE OBRA | Quantidade | Unidade | Custo horário c/encargos | Custo horário total | | |
| P9824 - Servente | 1 | h | 17,2971 | 17,30 | | |
| Custo horário total da mão de obra (B) = 17,30 | | | | | | |
| Custo horário total de execução (A+B) = 1.377,08 | | | | | | |
| Custo do FIT = 0,00 | | Custo do FIC = 43,57 | | Custo unitário de execução c/ acréscimo = 6,42 | | |
| C - MATERIAL | Quantidade | Unidade | Custo unitário | Custo total | | |
| | | | | 0,00 | | |
| Custo total de materiais (C) = 0,00 | | | | | | |
| D - ATIVIDADES COMPLEMENTARES (COMPOSIÇÕES) | Quantidade | Unidade | Custo unitário | Custo total | | |
| | | | | 0,00 | | |
| Custo total com atividades complementares (D) = 0,00 | | | | | | |
| E - CUSTO FIXO | Código | Quantidade | Unidade | Custo unitário | Custo unitário | |
| | | | | | 0,00 | |
| Custo unitário total de tempo fixo (E) = 0,00 | | | | | | |
| F - MOMENTO DE TRANSPORTE | Quantidade | Unidade | DMT | | | Custo unitário |
| | | | LN | RP | P | 0 |
| Custo unitário total de transporte (F) = 0,00 | | | | | | |
| Custo unitário direto total (A+B+C+D+E+F) = 6,42 | | | | | | |

Fonte: Elaborado pela autora

APÊNDICE B – TRANSPORTE

| COMPOSIÇÃO DE CUSTO UNITÁRIA | | | | | | |
|--|-----------------|--|---------------------------|--|---------------------|---------------------|
| Referência: SICRO | Código: 5915321 | Data base: setembro/2017 | Valores em: R\$ | Unidade: tkm | | |
| <u>Transporte com caminhão basculante de 14m³ - rodovia pavimentada</u> | | | | | | |
| Fator de influência do tráfego (FIT) = 0,00 | | Fator de influência do clima (FIC) = 0,00000 | | Produção da equipe = 552,90 | | |
| A - EQUIPAMENTOS | Quantidade | Utilização | | Custo horário | | Custo horário total |
| | | Produtiva | Improdutiva | Produtivo | Improdutivo | |
| E9667 - Caminhão basculante 14 m ³ | 1 | 100% | 0% | 242,5722 | 61,732 | 242,57 |
| Custo horário total dos equipamentos (A) = 242,57 | | | | | | |
| B - MÃO DE OBRA | Quantidade | Unidade | Custo horário c/ encargos | | Custo horário total | |
| | | | | | | |
| Custo horário total da mão de obra (B) = 0,00 | | | | | | |
| Custo horário total de execução (A+B) = 242,57 | | | | | | |
| Custo do FIT = 0,00 | | Custo do FIC = 0,00 | | Custo unitário de execução c/ acréscimo = 0,44 | | |
| C - MATERIAL | Quantidade | Unidade | Custo unitário | | Custo total | |
| | | | | | 0,00 | |
| Custo total de materiais (C) = 0,00 | | | | | | |
| D - ATIVIDADES COMPLEMENTARES (COMPOSIÇÕES) | Quantidade | Unidade | Custo unitário | | Custo total | |
| | | | | | 0,00 | |
| Custo total com atividades complementares (D) = 0,00 | | | | | | |
| E - CUSTO FIXO | Código | Quantidade | Unidade | Custo unitário | | Custo unitário |
| | | | | | | 0,00 |
| Custo unitário total de tempo fixo (E) = 0,00 | | | | | | |
| F - MOMENTO DE TRANSPORTE | Quantidade | Unidade | DMT | | | Custo unitário |
| | | | LN | RP | P | |
| | | | | | | 0 |
| Custo unitário total de transporte (F) = 0,00 | | | | | | |
| Custo unitário direto total (A+B+C+D+E+F) = 0,44 | | | | | | |

Fonte: Elaborado pela autora

APÊNDICE C – DESEMBARQUE

| COMPOSIÇÃO DE CUSTO UNITÁRIA | | | | | | |
|--|---------------|---|--------------------------|--|----------------------------|---------------------|
| Referência: SINAPI | Código: 94995 | Data base: Setembro/2017 | Valores em: R\$ | Unidade: m ² | | |
| Execução de passeio (Desembarque) | | | | | | |
| Fator de influência do tráfego (FIT) = 0,00 | | Fator de influência do clima (FIC) = 0,00 | | Produção da equipe = 1,00 | | |
| A - EQUIPAMENTOS | Quantidade | Utilização | | Custo horário | | Custo horário total |
| | | Produtiva | Improdutiva | Produtivo | Improdutivo | |
| Custo horário total dos equipamentos (A) = 00,00 | | | | | | |
| B - MÃO DE OBRA | Quantidade | Unidade | Custo horário c/encargos | Custo horário total | | |
| 88316 - Servente | 0,3193 | h | 13,68 | 4,37 | | |
| 88309 - Pedreiro | 0,1388 | h | 16,50 | 2,29 | | |
| 88262 - Carpinteiro de formas | 0,1805 | h | 16,40 | 2,96 | | |
| Custo horário total da mão de obra (B) = 9,62 | | | | | | |
| Custo horário total de execução (A+B) = 09,62 | | | | | | |
| Custo do FIT = 0,00 | | Custo do FIC = 0,00 | | Custo unitário de execução c/ acréscimo = 09,62 | | |
| C - MATERIAL | Quantidade | Unidade | Custo unitário | Custo total | | |
| 3777 - Lona plástica preta, E=150 micra | 1,12800 | m ² | 0,84 | 0,95 | | |
| 4460 - Sarrafo de madeira *2,5 x 10 cm, macaranduba, angelim ou equivalente | 0,25000 | m | 5,65 | 1,41 | | |
| 4517 - Sarrafo de madeira *2,5 x 7,5* cm, pinus, mista ou equivalente | 0,20000 | m | 0,73 | 0,15 | | |
| 7156 - Tela de aço soldada nervurada, CA-60, diâmetro do fio = 5,0 mm, largura = 2,45 m, espaçamento da malha = 10 x 10 cm | 1,12240 | m ² | 14,63 | 16,42 | | |
| 34492 - Concreto usinado bombeável, classe de resistência C20, com brita 0 e 1, Slump = 100 +/- 20 mm | 0,09700 | m ³ | 266,49 | 25,85 | | |
| Custo total com atividades complementares (D) = 44,78 | | | | | | |
| D - ATIVIDADES COMPLEMENTARES (COMPOSIÇÕES) | Quantidade | Unidade | Custo unitário | Custo total | | |
| | | | | 0,00 | | |
| Custo total com atividades complementares (D) = 0,00 | | | | | | |
| E - CUSTO FIXO | Código | Quantidade | Unidade | Custo unitário | Custo unitário equivalente | |
| Custo unitário total de tempo fixo (E) = 0,00 | | | | | | |
| F - MOMENTO DE TRANSPORTE | Quantidade | Unidade | DMT | | | Custo unitário |
| | | | LN | RP | P | |
| Custo unitário total de transporte (F) = 0,00 | | | | | | |
| Custo unitário direto total (A+B+C+D+E+F) = 54,39 | | | | | | |

Fonte: Elaborado pela autora

APÊNDICE D – BUEIRO SIMPLES CELULAR DE CONCRETO

| COMPOSIÇÃO DE CUSTO UNITÁRIA | | | | | | |
|--|-----------------|--|---------------------------|--|----------------|---------------------|
| Referência: SICRO | Código: 6817887 | Data base: setembro/2017 | Valores em: R\$ | Unidade: m | | |
| <u>Corpo BSCC - seção 2,0 x 1,5m canal - pré-moldado - areia e brita comerciais</u> | | | | | | |
| Fator de influência do tráfego (FIT) = 0,00 | | Fator de influência do clima (FIC) = 0,00000 | | Produção da equipe = 4,53 | | |
| A - EQUIPAMENTOS | Quantidade | Utilização | | Custo horário | | Custo horário total |
| | | Produtiva | Improdutiva | Produtivo | Improdutivo | |
| E9017 - Escavadeira hidráulica sobre esteira | 1 | 100% | 0% | 124,8493 | 64,5692 | 124,85 |
| E9660 - Guindaste sobre esteira | 1 | 100% | 0% | 343,3286 | 137,0734 | 343,33 |
| Custo horário total dos equipamentos (A) = 468,18 | | | | | | |
| B - MÃO DE OBRA | Quantidade | Unidade | Custo horário c/ encargos | Custo horário total | | |
| P9830 - Montador | 1 | h | 26,3647 | 26,36 | | |
| P9824 - Servente | 3 | h | 17,2971 | 51,89 | | |
| Custo horário total da mão de obra (B) = 78,26 | | | | | | |
| Custo horário total de execução (A+B) = 546,43 | | | | | | |
| Custo do FIT = 0,00 | | Custo do FIC = 0,00 | | Custo unitário de execução c/ acréscimo = 120,63 | | |
| C - MATERIAL | Quantidade | Unidade | Custo unitário | Custo total | | |
| | | | | 0,00 | | |
| Custo total de materiais (C) = 0,00 | | | | | | |
| D - ATIVIDADES COMPLEMENTARES (COMPOSIÇÕES) | Quantidade | Unidade | Custo unitário | Custo total | | |
| 2003867 - Aplicação de geotextil não-tecido agulhado | 0,92 | m ² | 13,95 | 12,85 | | |
| 1109669 - Argamassa de cimento e areia 1:3 - areia comercial | 0,10 | m ³ | 319,67 | 33,25 | | |
| 1106057 - Concreto magro - confecção em betoneira e lançamento manual - areia e brita comerciais | 0,26 | m ³ | 252,74 | 65,71 | | |
| 6817811 - Confecção de BSCC - seção 2,0 x 1,5m canal - areia e brita comerciais | 1,00 | m | 610,72 | 610,72 | | |
| Custo total com atividades complementares (D) = 722,54 | | | | | | |
| E - CUSTO FIXO | Código | Quantidade | Unidade | Custo unitário | Custo unitário | |
| M0028 - Areia média - Caminhão basculante 10 m ³ | 5914647 | 0,54602 | t | 1,03 | 0,56 | |
| M0191 - Brita 1 - Caminhão basculante 10 m ³ | 5914647 | 0,35984 | t | 1,03 | 0,37 | |
| Custo unitário total de tempo fixo (E) = 0,93 | | | | | | |
| F - MOMENTO DE TRANSPORTE | Quantidade | Unidade | DMT | | | Custo unitário |
| | | | LN | RP | P | |
| M0028 - Areia média - Caminhão basculante 10 m ³ | 0,54602 | tkm | | | 0,47 | 1,28 |
| M0191 - Brita 1 - Caminhão basculante 10 m ³ | 0,35984 | tkm | | | 0,47 | 3,37 |
| Custo unitário total de transporte (F) = 1,28 | | | | | | |
| Custo unitário direto total (A+B+C+D+E+F) = 845,38 | | | | | | |

Fonte: Elaborado pela autora

APÊNDICE E – REATERRO

| COMPOSIÇÃO DE CUSTO UNITÁRIA | | | | | | |
|---|-----------------|--|---------------------------|--|----------------|---------------------|
| Referência: SICRO | Código: 5502978 | Data base: setembro/2017 | Valores em: R\$ | Unidade: m ³ | | |
| Compactação de aterros a 100% do Proctor normal | | | | | | |
| Fator de influência do tráfego (FIT) = 0,00 | | Fator de influência do clima (FIC) = 0,03164 | | Produção da equipe = 168,20 | | |
| A - EQUIPAMENTOS | Quantidade | Utilização | | Custo horário | | Custo horário total |
| | | Produtiva | Improdutiva | Produtivo | Improdutivo | |
| E9571 - Caminhão-tanque com 10.000 l | 1 | 99% | 1% | 157,1566 | 45,3078 | 156,04 |
| E9518 - Grade de 24 discos robocável de 24" | 1 | 52% | 48% | 2,8627 | 1,9899 | 2,44 |
| E9524 - Motoniveladora | 1 | 29% | 71% | 171,5996 | 78,2543 | 105,32 |
| E9685 - Rolo compactador pé de carneiro vibratório | 1 | 100% | 0% | 115,6225 | 54,6549 | 115,62 |
| E9577 - Trator agrícola | 1 | 52% | 48% | 77,4345 | 32,936 | 56,08 |
| Custo horário total dos equipamentos (A) = 435,50 | | | | | | |
| B - MÃO DE OBRA | Quantidade | Unidade | Custo horário c/ encargos | Custo horário total | | |
| P9824 - Servente | 1 | h | 17,2971 | 17,30 | | |
| Custo horário total da mão de obra (B) = 17,30 | | | | | | |
| Custo horário total de execução (A+B) = 452,80 | | | | | | |
| Custo do FIT = 0,00 | | Custo do FIC = 14,33 | | Custo unitário de execução c/ acréscimo = 2,78 | | |
| C - MATERIAL | Quantidade | Unidade | Custo unitário | Custo total | | |
| | | | | 0,00 | | |
| Custo total de materiais (C) = 0,00 | | | | | | |
| D - ATIVIDADES COMPLEMENTARES (COMPOSIÇÕES) | Quantidade | Unidade | Custo unitário | Custo total | | |
| | | | | 0,00 | | |
| Custo total com atividades complementares (D) = 0,00 | | | | | | |
| E - CUSTO FIXO | Código | Quantidade | Unidade | Custo unitário | Custo unitário | |
| | | | | | 0,00 | |
| Custo unitário total de tempo fixo (E) = 0,00 | | | | | | |
| F - MOMENTO DE TRANSPORTE | Quantidade | Unidade | DMT | | | Custo unitário |
| | | | LN | RP | P | |
| | | | | | | 0 |
| Custo unitário total de transporte (F) = 0,00 | | | | | | |
| Custo unitário direto total (A+B+C+D+E+F) = 2,78 | | | | | | |

Fonte: Elaborado pela autora

APÊNDICE F – REMOÇÃO DE PARALELEPÍEDO

| COMPOSIÇÃO DE CUSTO UNITÁRIA | | | | | | | |
|---|-----------------|---|-----------------|---|-------------------------|----------------------------|----------------|
| Referência: SICRO | Código: 1600441 | Data base: setembro/2017 | Valores em: R\$ | | Unidade: m ² | | |
| Remoção de paralelepípedos | | | | | | | |
| Fator de influência do tráfego (FIT) = 0,00 | | Fator de influência do clima (FIC) = 0,00 | | Produção da equipe = 1,50 | | | |
| A - EQUIPAMENTOS | Quantidade | Utilização | | Custo horário | | Custo horário total | |
| | | Produtiva | Improdutiva | Produtivo | Improdutivo | | |
| E9071 - Carrinho de mão 80 l | 1 | 20% | 80% | 0,246 | 0,1672 | 0,18 | |
| Custo horário total dos equipamentos (A) = 00,18 | | | | | | | |
| B - MÃO DE OBRA | | Quantidade | Unidade | Custo horário c/encargos | Custo horário total | | |
| P9821 - Pedreiro | | 0,1 | h | 21,7228 | 2,17 | | |
| P9824 - Servente | | 1 | h | 17,2971 | 17,30 | | |
| Custo horário total da mão de obra (B) = 19,47 | | | | | | | |
| Custo horário total de execução (A+B) = 19,65 | | | | | | | |
| Custo do FIT = 0,00 | | Custo do FIC = 0,00 | | Custo unitário de execução c/ acréscimo = 13,10 | | | |
| C - MATERIAL | | Quantidade | Unidade | Custo unitário | Custo total | | |
| | | | | | | | |
| Custo total de materiais (C) = 0,00 | | | | | | | |
| D - ATIVIDADES COMPLEMENTARES (COMPOSIÇÕES) | | Quantidade | Unidade | Custo unitário | Custo total | | |
| | | | | | | | |
| Custo total com atividades complementares (D) = 0,00 | | | | | | | |
| E - CUSTO FIXO | | Código | Quantidade | Unidade | Custo unitário | Custo unitário equivalente | |
| | | | | | | | |
| Custo unitário total de tempo fixo (E) = 0,00 | | | | | | | |
| F - MOMENTO DE TRANSPORTE | | Quantidade | Unidade | DMT | | | Custo unitário |
| | | | | LN | RP | P | |
| | | | | | | | |
| Custo unitário total de transporte (F) = 0,00 | | | | | | | |
| Custo unitário direto total (A+B+C+D+E+F) = 13,10 | | | | | | | |

Fonte: Elaborado pela autora

APÊNDICE G – RECOMPOSIÇÃO DE PAVIMENTO TIPO BLOKRET

| COMPOSIÇÃO DE CUSTO UNITÁRIA | | | | | | |
|--|---------------|---|--------------------------|---|---------------------|----------------------------|
| Referência: SINAPI | Código: 83694 | Data base: Setembro/2017 | Valores em: R\$ | Unidade: m ² | | |
| Recomposição de pavimentação tipo blokret sobre colchão de areia com reaproveitamento do material | | | | | | |
| Fator de influência do tráfego (FIT) = 0,00 | | Fator de influência do clima (FIC) = 0,00 | | Produção da equipe = 1,00 | | |
| A - EQUIPAMENTOS | Quantidade | Utilização | | Custo horário | | Custo horário total |
| | | Produtiva | Improdutiva | Produtivo | Improdutivo | |
| Custo horário total dos equipamentos (A) = 00,00 | | | | | | |
| B - MÃO DE OBRA | Quantidade | Unidade | Custo horário c/encargos | | Custo horário total | |
| 88260 - Calceteiro | 0,16 | h | 16,85 | | 2,70 | |
| 88316 - Servente | 0,35 | h | 13,68 | | 4,79 | |
| Custo horário total da mão de obra (B) = 7,48 | | | | | | |
| Custo horário total de execução (A+B) = 07,48 | | | | | | |
| Custo do FIT = 0,00 | | Custo do FIC = 0,00 | | Custo unitário de execução c/ acréscimo = 07,48 | | |
| C - MATERIAL | Quantidade | Unidade | Custo unitário | | Custo total | |
| 366 - Areia Fina | 0,10000 | m ³ | 60,00 | | 6,00 | |
| Custo total de materiais (C) = 6,00 | | | | | | |
| D - ATIVIDADES COMPLEMENTARES (COMPOSIÇÕES) | Quantidade | Unidade | Custo unitário | | Custo total | |
| | | | | | 0,00 | |
| Custo total com atividades complementares (D) = 0,00 | | | | | | |
| E - CUSTO FIXO | Código | Quantidade | Unidade | Custo unitário | | Custo unitário equivalente |
| M0080 - Areia Fina - Caminhão basculante 10 m ³ | 5914647 | 0,15000 | t | 1,03 | | 0,15 |
| Custo unitário total de tempo fixo (E) = 0,15 | | | | | | |
| F - MOMENTO DE TRANSPORTE | Quantidade | Unidade | DMT | | | Custo unitário |
| | | | LN | RP | P | |
| M0080 - Areia Fina - Caminhão basculante 10 m ³ | 0,15000 | tkm | | | 0,47 | 0,3525 |
| Custo unitário total de transporte (F) = 0,35 | | | | | | |
| Custo unitário direto total (A+B+C+D+E+F) = 13,99 | | | | | | |

Fonte: Elaborado pela autora

APÊNDICE H – FRESAGEM CONTÍNUA DE REVESTIMENTO BETUMINOSO

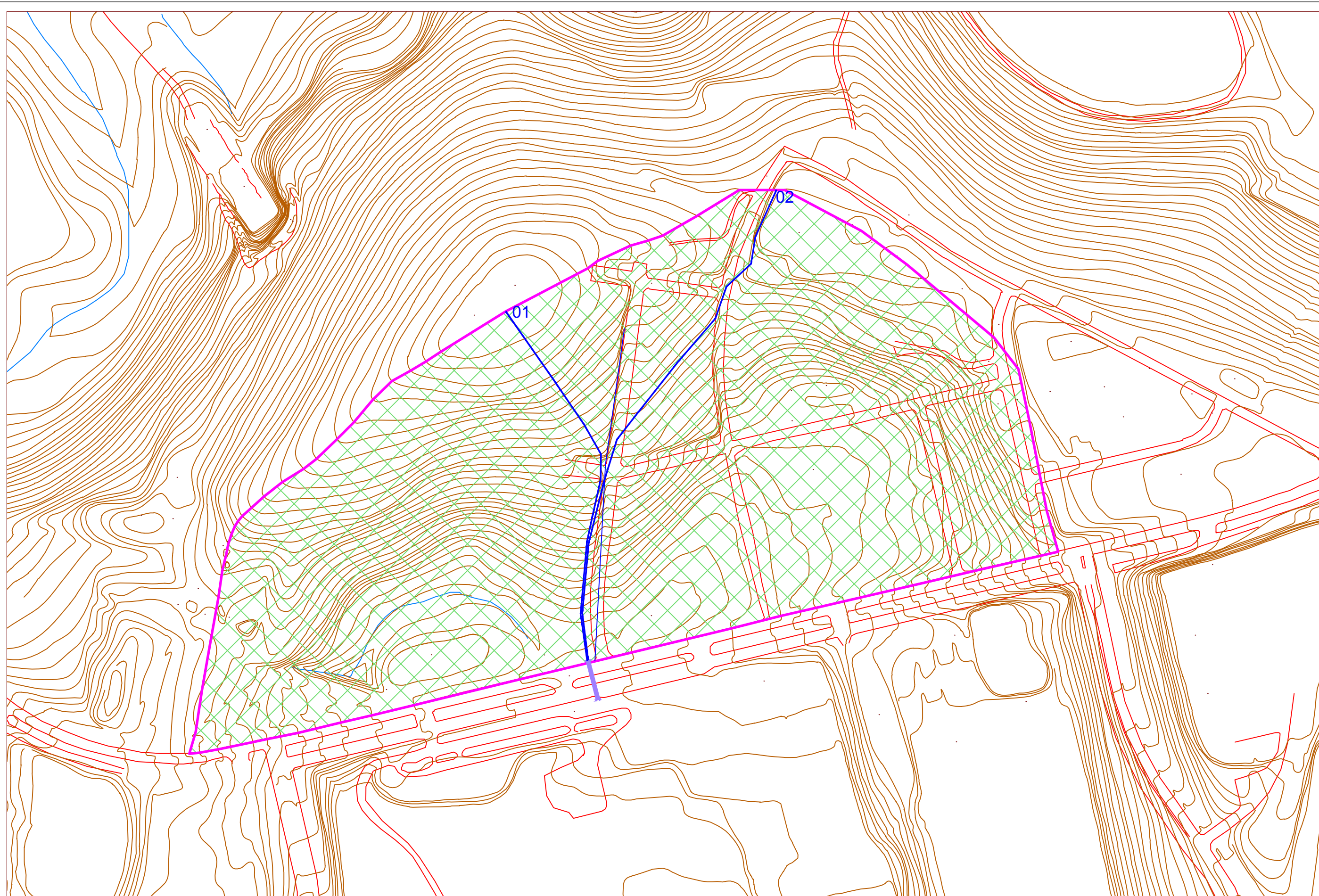
| COMPOSIÇÃO DE CUSTO UNITÁRIA | | | | | | |
|---|-----------------|---|--------------------------|---|----------------------------|---------------------|
| Referência: SICRO | Código: 4011479 | Data base: setembro/2017 | Valores em: R\$ | Unidade: m ³ | | |
| Fresagem contínua de revestimento betuminoso | | | | | | |
| Fator de influência do tráfego (FIT) = 0,00 | | Fator de influência do clima (FIC) = 0,00 | | Produção da equipe = 61,51 | | |
| A - EQUIPAMENTOS | Quantidade | Utilização | | Custo horário | | Custo horário total |
| | | Produtiva | Improdutiva | Produtivo | Improdutivo | |
| E9605 - Caminhão tanque de 6.000 l | 1 | 57% | 43% | 124,0788 | 41,1982 | 88,44 |
| E9678 - Fresadora a frio | 1 | 100% | 0% | 863,6383 | 335,0863 | 863,64 |
| E9697 - Mini-carregadeira de pneus com vassoura | 2 | 81% | 19% | 72,10 | 38,7368 | 131,52 |
| Custo horário total dos equipamentos (A) = 1.083,60 | | | | | | |
| B - MÃO DE OBRA | Quantidade | Unidade | Custo horário c/encargos | Custo horário total | | |
| P9824 - Servente | 8 | h | 17,2971 | 138,38 | | |
| Custo horário total da mão de obra (B) = 138,38 | | | | | | |
| Custo horário total de execução (A+B) = 1.221,98 | | | | | | |
| Custo do FIT = 0,00 | | Custo do FIC = 0,00 | | Custo unitário de execução c/ acréscimo = 19,87 | | |
| C - MATERIAL | Quantidade | Unidade | Custo unitário | Custo total | | |
| M1995 - Apoio do porta bit para fresadora | 0,00065 | unid. | 991,30 | 0,64 | | |
| M1974 - Bit para fresadora | 0,26000 | unid. | 25,93 | 6,74 | | |
| M1975 Porta bits para fresadora | 0,00260 | unid. | 340,43 | 0,89 | | |
| Custo total de materiais (C) = 8,27 | | | | | | |
| D - ATIVIDADES COMPLEMENTARES (COMPOSIÇÕES) | Quantidade | Unidade | Custo unitário | Custo total | | |
| Custo total com atividades complementares (D) = 0,00 | | | | | | |
| E - CUSTO FIXO | Código | Quantidade | Unidade | Custo unitário | Custo unitário equivalente | |
| M2093 - Material fresado - Caminhão basculante 10m ³ | 5915407 | 2,40000 | t | 1,72 | 4,13 | |
| Custo unitário total de tempo fixo (E) = 4,13 | | | | | | |
| F - MOMENTO DE TRANSPORTE | Quantidade | Unidade | DMT | | | Custo unitário |
| | | | LN | RP | P | |
| M2093 - Material fresado - Caminhão basculante 10m ³ | 2,40000 | tkm | | | 0,47 | 11,28 |
| Custo unitário total de transporte (F) = 11,28 | | | | | | |
| Custo unitário direto total (A+B+C+D+E+F) = 43,55 | | | | | | |



Fonte: Elaborado pela autora

APÊNDICE I – LIMPEZA COM JATEAMENTO D'ÁGUA SOB PRESSÃO

| COMPOSIÇÃO DE CUSTO UNITÁRIA | | | | | | |
|--|-----------------|--------------------------|--------------------------|---|---------------------|----------------------------|
| Referência: SICRO | Código: 3806402 | Data base: setembro/2017 | Valores em: R\$ | Unidade: m ² | | |
| Limpeza em superfície de concreto com jateamento d'água sob pressão Fator de influência do tráfego (FIT) = 0,00 Fator de influência do clima (FIC) = 0,00 Produção da equipe = 56,27 | | | | | | |
| A - EQUIPAMENTOS | Quantidade | Utilização | | Custo horário | | Custo horário total |
| | | Produtiva | Improdutiva | Produtivo | Improdutivo | |
| E9571 - Caminhão tanque 10.000 l | 1 | 41% | 59% | 157,1566 | 45,3078 | 91,17 |
| E9028 - Lavadora profissional | 1 | 100% | 0% | 26,5011 | 22,5016 | 26,50 |
| Custo horário total dos equipamentos (A) = 117,67 | | | | | | |
| B - MÃO DE OBRA | Quantidade | Unidade | Custo horário c/encargos | | Custo horário total | |
| P9824 - Servente | 1 | h | 17,2971 | | 17,30 | |
| Custo horário total da mão de obra (B) = 17,30 | | | | | | |
| Custo horário total de execução (A+B) = 134,96 | | | | | | |
| Custo do FIT = 0,00 | | Custo do FIC = 0,00 | | Custo unitário de execução c/ acréscimo = 2,40 | | |
| C - MATERIAL | Quantidade | Unidade | Custo unitário | | Custo total | |
| | | | | | | |
| Custo total de materiais (C) = 0,00 | | | | | | |
| D - ATIVIDADES COMPLEMENTARES (COMPOSIÇÕES) | Quantidade | Unidade | Custo unitário | | Custo total | |
| | | | | | | |
| Custo total com atividades complementares (D) = 0,00 | | | | | | |
| E - CUSTO FIXO | Código | Quantidade | Unidade | Custo unitário | | Custo unitário equivalente |
| | | | | | | |
| Custo unitário total de tempo fixo (E) = 0,00 | | | | | | |
| F - MOMENTO DE TRANSPORTE | Quantidade | Unidade | DMT | | | Custo unitário |
| | | | LN | RP | P | |
| | | | | | | |
| Custo unitário total de transporte (F) = 0,00 | | | | | | |
| Custo unitário direto total (A+B+C+D+E+F) = 2,40 | | | | | | |

Fonte: Elaborado pela autora



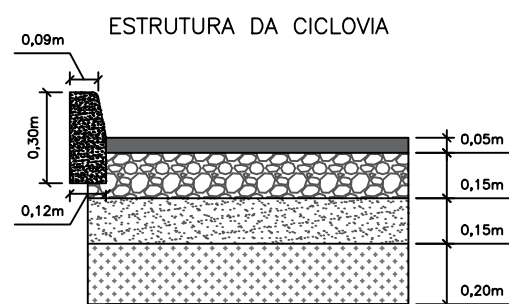
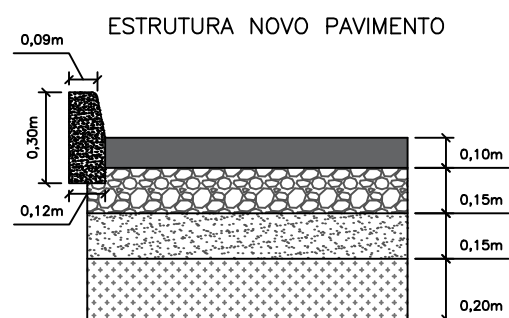
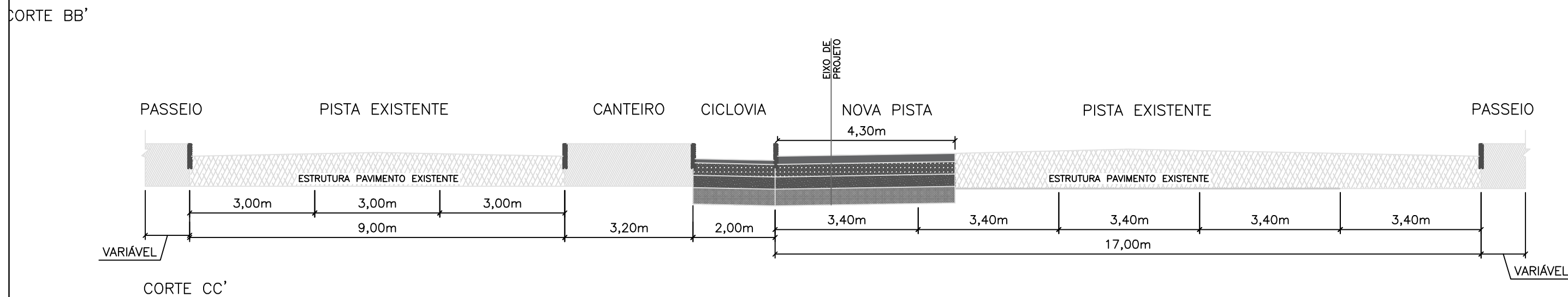
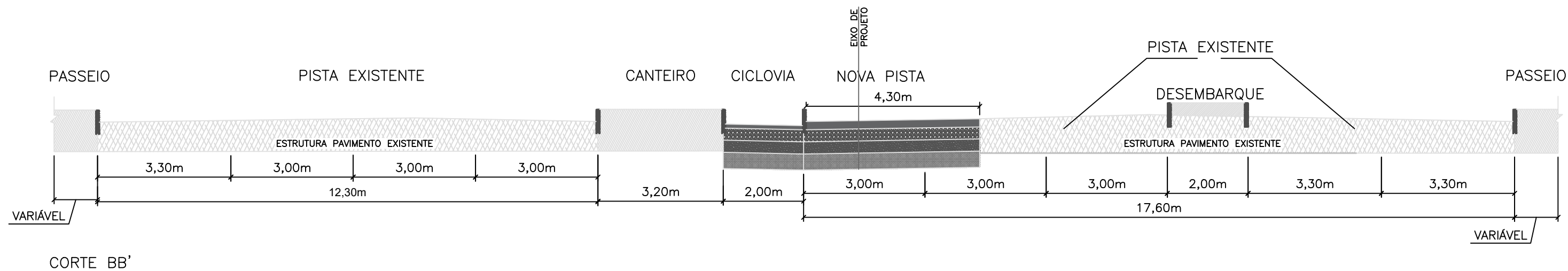
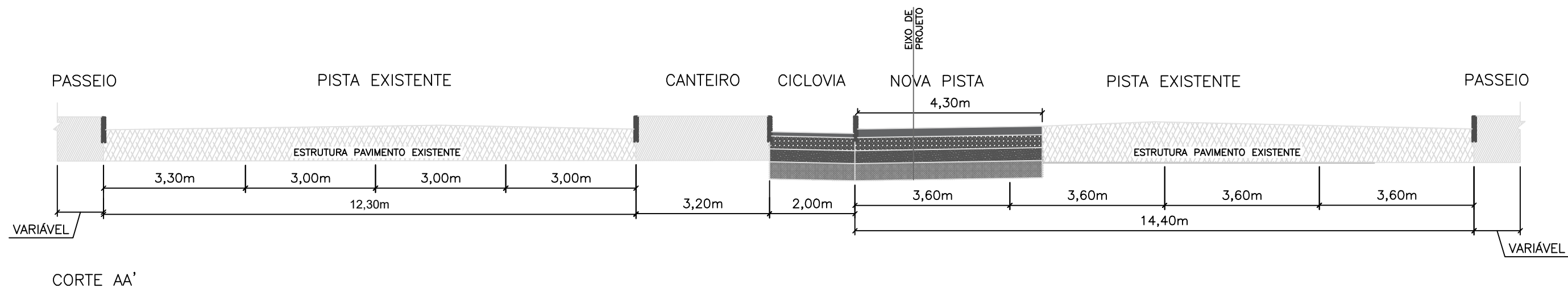
| LEGENDA | | | |
|---|----------------------|---|--------------------|
|  | Curvas de nível |  | Bacia contribuinte |
|  | Sistema viário |  | Bueiro |
|  | Delimitação da bacia |  | Talvegue |

| | | |
|---------|-----------------------------------|-------|
| ASSUNTO | APÊNDICE J – DELIMITAÇÃO DA BACIA | |
| ESCALA | PRANCHA | FOLHA |
| 1:3000 | 1/1 | A3 |



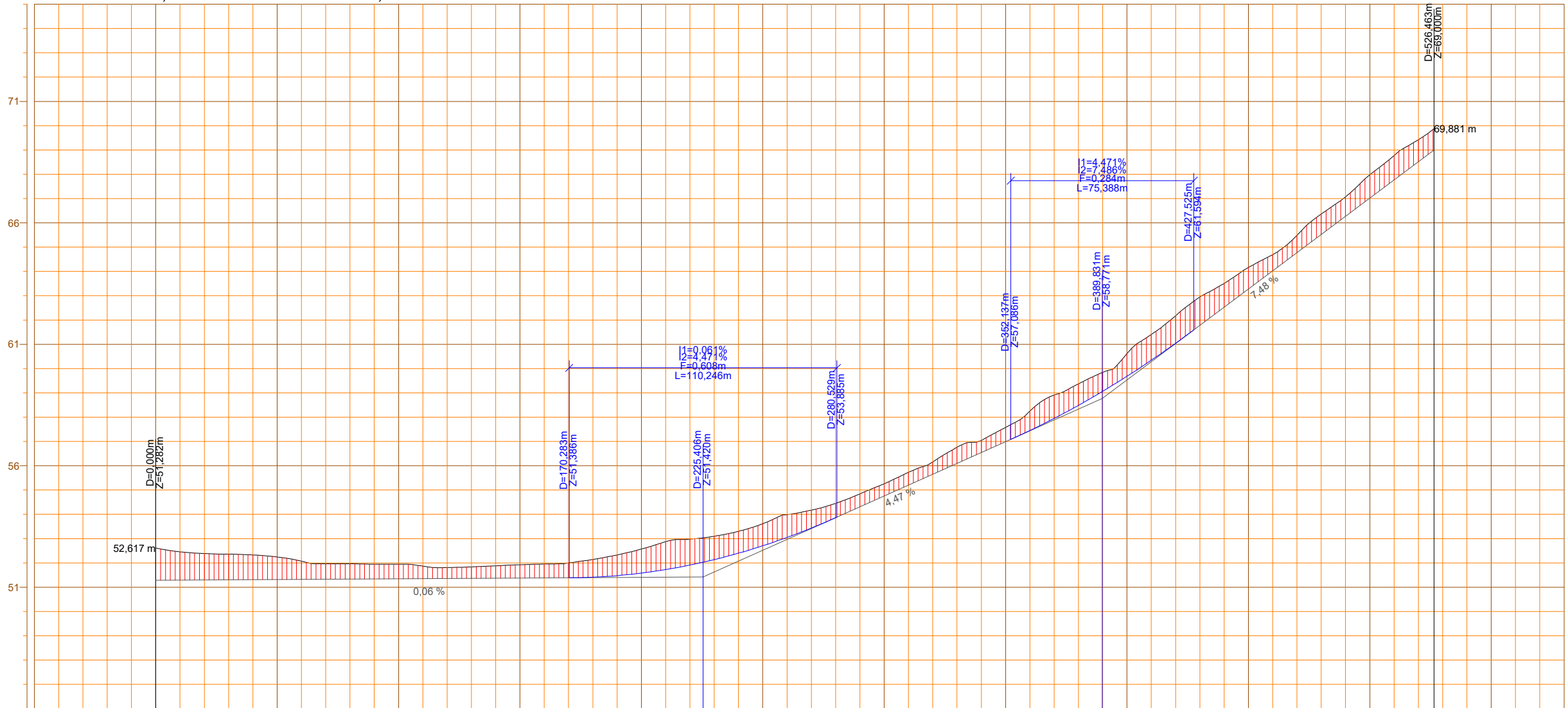
| LEGENDA | |
|---------|-----------------|
| | Curvas de nível |
| | Faixa Existente |
| | Faixa Nova |
| | Ciclovia |
| | Meio-Fio |
| | Desembarque |
| | Passeio |

| | | | | | |
|---------|---------|-------|---------------------------------|---------|-------|
| ASSUNTO | | | APÊNDICE K – PROJETO GEOMÉTRICO | | |
| ESCALA | PRANCHA | FOLHA | ESCALA | PRANCHA | FOLHA |
| 1:2000 | 1/1 | A3 | 1:2000 | 1/1 | A3 |



| | | |
|---------|--|-------|
| ASSUNTO | APÊNDICE L – SEÇÕES TRANSVERSAIS DE PROJETO E DETALHES | |
| ESCALA | PRANCHA | FOLHA |
| 1:2000 | 1/1 | A3 |

Ar. Corte: 424,822 m2
 Ar. Aterro: 0,000 m2
 Vol. Corte: 3233,946 m3
 Vol. Aterro: 0,000 m3



| ESTACAS | 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 26+6.463 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|--|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--|--|--|--|
| DISTÂNCIAS | 0.000 | 7.246 | 16.288 | 20.000 | 26.666 | 60.000 | 86.191 | 92.788 | 100.000 | 102.664 | 130.000 | 132.046 | 140.000 | 147.104 | 160.000 | 200.000 | 217.471 | 226.000 | 246.000 | 253.888 | 260.000 | 300.000 | 316.701 | 320.000 | 340.000 | 360.000 | 396.000 | 398.698 | 399.578 | 400.000 | 420.000 | 428.818 | 460.000 | 467.123 | 488.000 | 488.243 | 500.000 | 506.771 | 520.000 | 526.463 | | | | | | | | | |
| COTAS | 52.617 | 52.489 | 52.406 | 52.366 | 52.336 | 52.323 | 51.987 | 51.954 | 51.940 | 51.940 | 51.940 | 51.940 | 51.882 | 51.914 | 51.854 | 52.570 | 52.996 | 52.978 | 53.098 | 53.198 | 53.268 | 54.449 | 55.260 | 55.699 | 56.156 | 57.125 | 58.235 | 59.450 | 59.896 | 60.613 | 60.613 | 62.175 | 62.888 | 62.888 | 64.687 | 65.204 | 65.204 | 66.364 | 66.364 | 67.996 | 68.733 | 69.425 | 69.425 | 69.881 | 69.881 | | | | |
| Pis | | 0+7.245 | 0+16.288 | | 1+18.505 | 3+1.938 | | 4+6.191 | 4+12.788 | 4+17.367 | 5+2.664 | 6+0.946 | | 7+7.104 | | 9+0.534 | 10+17.471 | | 12+0.835 | | 13+1.113 | 13+19.990 | | 15+15.701 | | 17+1.407 | 18+2.696 | | 19+14.578 | | 21+8.818 | | 21+8.818 | 22+2.337 | | 23+7.123 | | 24+8.243 | | 25+9.771 | | 26+6.463 | | | | | | | |
| CORTE/ATERRO | -1.335 | | -1.090 | | -1.022 | -0.755 | -0.636 | | -0.606 | | -0.452 | | -0.514 | | -0.574 | | -1.067 | | -0.888 | | -0.832 | -0.589 | -0.505 | | -0.506 | | -0.501 | -0.805 | | -0.887 | | -1.134 | | -0.663 | | -0.842 | | -0.967 | | -0.909 | | -0.881 | | | | | | | |
| COORDENADAS | 3922.570 | 3828.627 | 3838.432 | 3842.045 | 3850.056 | 3852.653 | 4000.445 | 4004.472 | 4012.891 | 4017.392 | 4022.492 | 4039.258 | 4058.717 | 4066.054 | 4078.179 | 4117.109 | 4134.116 | 4138.598 | 4155.966 | 4161.047 | 4175.413 | 4184.885 | 4214.332 | 4229.016 | 4233.785 | 4253.227 | 4272.759 | 4275.383 | 4306.413 | 4311.692 | 4331.151 | 4332.745 | 4337.032 | 4350.630 | 4352.580 | 4370.098 | 4373.462 | 4377.032 | 4397.255 | 4400.038 | 4428.510 | 4438.824 | 4443.947 | 4458.804 | 4474.346 | | | | |
| GREIDE | 51.282 | 51.285 | 51.307 | 51.319 | 51.331 | 51.331 | 51.331 | 51.331 | 51.331 | 51.331 | 51.331 | 51.331 | 51.331 | 51.331 | 51.331 | 51.331 | 51.331 | 51.331 | 51.331 | 51.331 | 51.331 | 51.331 | 51.331 | 51.331 | 51.331 | 51.331 | 51.331 | 51.331 | 51.331 | 51.331 | 51.331 | 51.331 | 51.331 | 51.331 | 51.331 | 51.331 | 51.331 | 51.331 | 51.331 | 51.331 | 51.331 | 51.331 | 51.331 | 51.331 | 51.331 | | | | |
| PIV | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ELEM. VERTICAIS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | |
|---------|---------|-------|----------------------------------|---------|-------|
| ASSUNTO | | | APÊNDICE M - PERFIL LONGITUDINAL | | |
| ESCALA | PRANCHA | FOLHA | ESCALA | PRANCHA | FOLHA |
| 1:2000 | 1/1 | A3 | 1:2000 | 1/1 | A3 |

ANEXO A – REGULARIZAÇÃO DO SUBLEITO

| COMPOSIÇÃO DE CUSTO UNITÁRIA | | | | | | | |
|---|-----------------|---|-----------------|---|---------------------|----------------------------|----------------|
| Referência: SICRO | Código: 4011209 | Data base: setembro/2017 | Valores em: R\$ | Unidade: m ² | | | |
| Regularização do subleito | | | | | | | |
| Fator de influência do tráfego (FIT) = 0,00 | | Fator de influência do clima (FIC) = 0,03 | | Produção da equipe = 841,00 | | | |
| A - EQUIPAMENTOS | Quantidade | Utilização | | Custo horário | | Custo horário total | |
| | | Produtiva | Improdutiva | Produtivo | Improdutivo | | |
| E9571 - Caminhão-tanque 10.000 l | 1 | 76% | 24% | 157,1566 | 45,3078 | 130,31 | |
| E9518 - Grade de 24 discos rebocável de 24" | 1 | 49% | 51% | 2,8627 | 1,9899 | 2,42 | |
| E9524 - Motoniveladora | 1 | 55% | 45% | 171,60 | 78,2543 | 129,59 | |
| E9762 - Rolo compactador de pneus autopropelido | 1 | 72% | 28% | 136,99 | 65,7742 | 117,05 | |
| E9685 - Rolo compactador pé de carneiro vibratório | 1 | 100% | 0% | 115,62 | 54,6549 | 115,62 | |
| E9577 - Trator agrícola | 1 | 49% | 51% | 77,43 | 32,9368 | 54,74 | |
| Custo horário total dos equipamentos (A) = 549,74 | | | | | | | |
| B - MÃO DE OBRA | | Quantidade | Unidade | Custo horário c/encargos | Custo horário total | | |
| P9824 - Servente | | 1 | h | 17,2971 | 17,30 | | |
| Custo horário total da mão de obra (B) = 17,30 | | | | | | | |
| Custo horário total de execução (A+B) = 567,04 | | | | | | | |
| Custo do FIT = 0,00 | | Custo do FIC = 17,94 | | Custo unitário de execução c/ acréscimo = 0,70 | | | |
| C - MATERIAL | | Quantidade | Unidade | Custo unitário | Custo total | | |
| | | | | | | | |
| Custo total de materiais (C) = 0,00 | | | | | | | |
| D - ATIVIDADES COMPLEMENTARES (COMPOSIÇÕES) | | Quantidade | Unidade | Custo unitário | Custo total | | |
| | | | | | | | |
| Custo total com atividades complementares (D) = 0,00 | | | | | | | |
| E - CUSTO FIXO | | Código | Quantidade | Unidade | Custo unitário | Custo unitário equivalente | |
| | | | | | | | |
| Custo unitário total de tempo fixo (E) = 0,00 | | | | | | | |
| F - MOMENTO DE TRANSPORTE | | Quantidade | Unidade | DMT | | | Custo unitário |
| | | | | LN | RP | P | |
| | | | | | | | |
| Custo unitário total de transporte (F) = 0,00 | | | | | | | |
| Custo unitário direto total (A+B+C+D+E+F) = 0,70 | | | | | | | |

Fonte: Schons Júnior (2018)

ANEXO B – REFORÇO DO SUBLEITO COM MATERIAL DA JAZIDA

| COMPOSIÇÃO DE CUSTO UNITÁRIA | | | | | | |
|---|-----------------|---|--------------------------|--|-------------------------|----------------------------|
| Referência: SICRO | Código: 4011211 | Data base: setembro/2017 | Valores em: R\$ | | Unidade: m ³ | |
| Reforço do subleito com material de jazida | | | | | | |
| Fator de influência do tráfego (FIT) = 0,00 | | Fator de influência do clima (FIC) = 0,00 | | Produção da equipe = 168,20 | | |
| A - EQUIPAMENTOS | Quantidade | Utilização | | Custo horário | | Custo horário total |
| | | Produtiva | Improdutiva | Produtivo | Improdutivo | |
| E9571 - Caminhão-tanque | 1 | 93% | 7% | 157,1566 | 45,3078 | 149,33 |
| E9518 - Grade de 24 discos rebocável de 24" | 1 | 49% | 51% | 2,8627 | 1,9899 | 2,42 |
| E9524 - Motoniveladora | 1 | 78% | 22% | 171,60 | 78,2543 | 151,06 |
| E9762 - Rolo compactador de pneus autopropelido | 1 | 72% | 28% | 136,99 | 65,7742 | 117,05 |
| E9685 - Rolo compactador pé de carneiro vibratório | 1 | 100% | 0% | 115,62 | 54,6549 | 115,62 |
| E9577 - Trator agrícola | 1 | 49% | 51% | 77,43 | 32,9368 | 54,74 |
| Custo horário total dos equipamentos (A) = 590,22 | | | | | | |
| B - MÃO DE OBRA | Quantidade | Unidade | Custo horário c/encargos | | Custo horário total | |
| P9824 - Servente | 1 | h | 17,2971 | | 17,30 | |
| Custo horário total da mão de obra (B) = 17,30 | | | | | | |
| Custo horário total de execução (A+B) = 607,52 | | | | | | |
| Custo do FIT = 0,00 | | Custo do FIC = 0,00 | | Custo unitário de execução c/ acréscimo = 3,61 | | |
| C - MATERIAL | Quantidade | Unidade | Custo unitário | | Custo total | |
| SINAPI/06079 - Argila | 2,06250 | t | 4,43 | | 9,13 | |
| Custo total de materiais (C) = 9,13 | | | | | | |
| D - ATIVIDADES COMPLEMENTARES (COMPOSIÇÕES) | Quantidade | Unidade | Custo unitário | | Custo total | |
| 4816096 - Escavação e carga de material de jazida com escavadeira | 1,10 | m ³ | 0,81 | | 0,89 | |
| Custo total com atividades complementares (D) = 0,89 | | | | | | |
| E - CUSTO FIXO | Código | Quantidade | Unidade | Custo unitário | | Custo unitário equivalente |
| 4816096 - Escavação e carga de material de jazida | 5914354 | 2,06250 | t | 1,38 | | 2,85 |
| Custo unitário total de tempo fixo (E) = 2,85 | | | | | | |
| F - MOMENTO DE TRANSPORTE | Quantidade | Unidade | DMT | | | Custo unitário |
| | | | LN | RP | P | |
| M3514 - Solo - Caminhão basculante 10m ³ | 2,06250 | tkm | | | 0,47 | 11,5355625 |
| Custo unitário total de transporte (F) = 11,54 | | | | | | |
| Custo unitário direto total (A+B+C+D+E+F) = 28,01 | | | | | | |

Fonte: Schons Júnior (2018)

ANEXO C – BASE OU SUB-BASE COM MACADAME SECO COM BRITA COMERCIAL

| COMPOSIÇÃO DE CUSTO UNITÁRIA | | | | | | |
|--|-----------------|--|--------------------------|---|----------------------------|---------------------|
| Referência: SICRO | Código: 4011279 | Data base: setembro/2017 | Valores em: R\$ | Unidade: m ³ | | |
| Base ou sub-base de macadame seco com brita comercial | | | | | | |
| Fator de influência do tráfego (FIT) = 0,00 | | Fator de influência do clima (FIC) = 0,01054 | | Produção da equipe = 135,77 | | |
| A - EQUIPAMENTOS | Quantidade | Utilização | | Custo horário | | Custo horário total |
| | | Produtiva | Improdutiva | Produtivo | Improdutivo | |
| E9514 - Distribuidor de agregados autopropelido | 1 | 100% | 0% | 193,43 | 89,2762 | 193,43 |
| E9530 - Rolo compactador liso autopropelido vibrat. | 1 | 63% | 37% | 129,73 | 58,4958 | 103,37 |
| Custo horário total dos equipamentos (A) = 296,80 | | | | | | |
| B - MÃO DE OBRA | Quantidade | Unidade | Custo horário c/encargos | Custo horário total | | |
| P9824 - Servente | 2 | h | 17,2971 | 34,59 | | |
| Custo horário total da mão de obra (B) = 34,59 | | | | | | |
| Custo horário total de execução (A+B) = 331,39 | | | | | | |
| Custo do FIT = 0,00 | | Custo do FIC = 3,49 | | Custo unitário de execução c/ acréscimo = 2,47 | | |
| C - MATERIAL | Quantidade | Unidade | Custo unitário | Custo total | | |
| M0808 - Brita 4 (rachinha) | 1,10000 | m ³ | 55,78 | 61,36 | | |
| M1103 - Pedrisco | 0,15000 | m ³ | 61,61 | 9,24 | | |
| M1135 - Pó de pedra | 0,15000 | m ³ | 54,69 | 8,20 | | |
| Custo total de materiais (C) = 78,81 | | | | | | |
| D - ATIVIDADES COMPLEMENTARES (COMPOSIÇÕES) | Quantidade | Unidade | Custo unitário | Custo total | | |
| | | | | | | |
| Custo total com atividades complementares (D) = 0,00 | | | | | | |
| E - CUSTO FIXO | Código | Quantidade | Unidade | Custo unitário | Custo unitário equivalente | |
| M0808 - Brita 4 - Caminhão basculante 10 m ³ | 5914651 | 1,65000 | t | 1,49 | 2,46 | |
| M1103 Pedrisco - Caminhão basculante 10 m ³ | 5914651 | 0,22500 | t | 1,49 | 0,34 | |
| M1135 Pó de pedra - Caminhão basculante 10 m ³ | 5914651 | 0,22500 | t | 1,49 | 0,34 | |
| Custo unitário total de tempo fixo (E) = 3,13 | | | | | | |
| F - MOMENTO DE TRANSPORTE | Quantidade | Unidade | DMT | | | Custo unitário |
| | | | LN | RP | P | |
| M0808 - Brita 4 - Caminhão basculante 10 m ³ | 1,65000 | tkm | | | 0,47 | 15,43245 |
| M1103 Pedrisco - Caminhão basculante 10 m ³ | 0,22500 | tkm | | | 0,47 | 2,104425 |
| M1135 Pó de pedra - Caminhão basculante 10 m ³ | 0,22500 | tkm | | | 0,47 | 2,104425 |
| Custo unitário total de transporte (F) = 19,64 | | | | | | |
| Custo unitário direto total (A+B+C+D+E+F) = 104,04 | | | | | | |

Fonte: Schons Júnior (2018)

ANEXO D – BASE OU SUB-BASE DE BRITA GRADUADA COM BRITA COMERCIAL

| COMPOSIÇÃO DE CUSTO UNITÁRIA | | | | | | |
|--|-----------------|--|--------------------------|--|-------------------------|----------------------------|
| Referência: SICRO | Código: 4011276 | Data base: setembro/2017 | Valores em: R\$ | | Unidade: m ³ | |
| Base ou sub-base de brita graduada com brita comercial | | | | | | |
| Fator de influência do tráfego (FIT) = 0,00 | | Fator de influência do clima (FIC) = 0,01054 | | Produção da equipe = 113,18 | | |
| A - EQUIPAMENTOS | Quantidade | Utilização | | Custo horário | | Custo horário total |
| | | Produtiva | Improdutiva | Produtivo | Improdutivo | |
| E9571 - Caminhão-tanque 10.000 l | 1 | 34% | 66% | 157,1566 | 45,3078 | 83,34 |
| E9514 - Distribuidor de agregados autopropelido | 1 | 80% | 20% | 193,43 | 89,2762 | 172,60 |
| E9524 - Motoniveladora | 1 | 52% | 48% | 171,60 | 78,2543 | 126,79 |
| E9762 - Rolo compactador de pneus autopropelido | 1 | 65% | 35% | 136,99 | 65,7742 | 112,07 |
| E9530 - Rolo compactador liso autopropelido vibrat. | 1 | 52% | 48% | 129,73 | 58,4958 | 95,54 |
| Custo horário total dos equipamentos (A) = 590,33 | | | | | | |
| B - MÃO DE OBRA | Quantidade | Unidade | Custo horário c/encargos | | Custo horário total | |
| P9824 - Servente | 1 | h | 17,2971 | | 17,30 | |
| Custo horário total da mão de obra (B) = 17,30 | | | | | | |
| Custo horário total de execução (A+B) = 607,63 | | | | | | |
| Custo do FIT = 0,00 | | Custo do FIC = 6,40 | | Custo unitário de execução c/ acréscimo = 5,43 | | |
| C - MATERIAL | Quantidade | Unidade | Custo unitário | | Custo total | |
| Custo total de materiais (C) = 0,00 | | | | | | |
| D - ATIVIDADES COMPLEMENTARES (COMPOSIÇÕES) | Quantidade | Unidade | Custo unitário | | Custo total | |
| 6416040 - Usinagem de brita graduada com brita comercial em usina de 300 t/h | 1,00 | m ³ | 95,73 | | 95,73 | |
| Custo total com atividades complementares (D) = 95,73 | | | | | | |
| E - CUSTO FIXO | Código | Quantidade | Unidade | Custo unitário | | Custo unitário equivalente |
| 6416040 - Usinagem de brita graduada com brita comercial - Caminhão basculante 10 m ³ | 5914652 | 2,10000 | t | 1,99 | | 4,18 |
| Custo unitário total de tempo fixo (E) = 4,18 | | | | | | |
| F - MOMENTO DE TRANSPORTE | Quantidade | Unidade | DMT | | | Custo unitário |
| | | | LN | RP | P | |
| 6416040 - Usinagem de brita graduada com brita comercial - Caminhão basculante 10 m ³ | 2,10000 | tkm | | | 0,47 | 19,6413 |
| Custo unitário total de transporte (F) = 19,64 | | | | | | |
| Custo unitário direto total (A+B+C+D+E+F) = 124,98 | | | | | | |

Fonte: Schons Júnior (2018)

ANEXO E – USINAGEM DE BRITA GRADUADA COM BRITA COMERCIAL EM USINA DE 300 T/H

| COMPOSIÇÃO DE CUSTO UNITÁRIA | | | | | | |
|---|-----------------|--|--------------------------|--|----------------------------|---------------------|
| Referência: SICRO | Código: 6416040 | Data base: setembro/2017 | Valores em: R\$ | | Unidade: m ³ | |
| Usinagem de brita graduada com brita comercial em usina de 300 t/h | | | | | | |
| Fator de influência do tráfego (FIT) = 0,00 | | Fator de influência do clima (FIC) = 0,00000 | | Produção da equipe = 113,18 | | |
| A - EQUIPAMENTOS | Quantidade | Utilização | | Custo horário | | Custo horário total |
| | | Produtiva | Improdutiva | Produtivo | Improdutivo | |
| E9511 - Carregadeira de pneus cap. 3,3 m ³ | 1 | 79% | 21% | 304,58 | 124,7207 | 266,81 |
| E9779 - Grupo gerador | 1 | 100% | 0% | 48,99 | 5,5847 | 48,99 |
| E9615 - Usina misturadora de solos | 1 | 100% | 0% | 129,55 | 88,5013 | 129,55 |
| Custo horário total dos equipamentos (A) = 445,35 | | | | | | |
| B - MÃO DE OBRA | Quantidade | Unidade | Custo horário c/encargos | | Custo horário total | |
| P9824 - Servente | 5 | h | 17,2971 | | 86,49 | |
| Custo horário total da mão de obra (B) = 86,49 | | | | | | |
| Custo horário total de execução (A+B) = 531,83 | | | | | | |
| Custo do FIT = 0,00 | | Custo do FIC = 0,00 | | Custo unitário de execução c/ acréscimo = 4,70 | | |
| C - MATERIAL | Quantidade | Unidade | Custo unitário | Custo total | | |
| M0005 - Brita 0 | 0,44070 | m ³ | 63,29 | 27,89 | | |
| M0191 - Brita 1 | 0,51300 | m ³ | 60,64 | 31,11 | | |
| M0192 - Brita 2 | 0,51300 | m ³ | 58,02 | 29,77 | | |
| Custo total de materiais (C) = 88,76 | | | | | | |
| D - ATIVIDADES COMPLEMENTARES (COMPOSIÇÕES) | Quantidade | Unidade | Custo unitário | Custo total | | |
| | | | | 0,00 | | |
| Custo total com atividades complementares (D) = 0,00 | | | | | | |
| E - CUSTO FIXO | Código | Quantidade | Unidade | Custo unitário | Custo unitário equivalente | |
| M0005 - Brita 0 - Caminhão basculante 10 m ³ | 5914647 | 0,66105 | t | 1,03 | 0,68 | |
| M0191 - Brita 1 - Caminhão basculante 10 m ³ | 5914647 | 0,76950 | t | 1,03 | 0,79 | |
| M0192 - Brita 2 - Caminhão basculante 10 m ³ | 5914647 | 0,76950 | t | 1,03 | 0,79 | |
| Custo unitário total de tempo fixo (E) = 2,27 | | | | | | |
| F - MOMENTO DE TRANSPORTE | Quantidade | Unidade | DMT | | | Custo unitário |
| | | | LN | RP | P | |
| M0005 - Brita 0 - Caminhão basculante 10 m ³ | 0,66105 | tkm | | | 0,47 | 0,00 |
| M0191 - Brita 1 - Caminhão basculante 10 m ³ | 0,76950 | tkm | | | 0,47 | 0,00 |
| M0192 - Brita 2 - Caminhão basculante 10 m ³ | 0,76950 | tkm | | | 0,47 | 0,00 |
| Custo unitário total de transporte (F) = 0,00 | | | | | | |
| Custo unitário direto total (A+B+C+D+E+F) = 95,73 | | | | | | |

Fonte: Schons Júnior (2018)

ANEXO F – IMPRIMAÇÃO COM ASFALTO DILUÍDO

| COMPOSIÇÃO DE CUSTO UNITÁRIA | | | | | | |
|---|-----------------|---|--------------------------|--|----------------------------|---------------------|
| Referência: SICRO | Código: 4011351 | Data base: setembro/2017 | Valores em: R\$ | Unidade: m ² | | |
| Imprimação com asfalto diluído | | | | | | |
| Fator de influência do tráfego (FIT) = 0,00 | | Fator de influência do clima (FIC) = 0,01 | | Produção da equipe = 1125,00 | | |
| A - EQUIPAMENTOS | Quantidade | Utilização | | Custo horário | | Custo horário total |
| | | Produtiva | Improdutiva | Produtivo | Improdutivo | |
| E9509 - Caminhão-tanque distribuidor de asfalto | 1 | 100% | 0% | 136,4555 | 47,5211 | 136,46 |
| E9558 - Tanque de estocagem de asfalto | 1 | 100% | 0% | 22,6365 | 15,4274 | 22,64 |
| E9577 - Trator agrícola | 1 | 33% | 67% | 77,43 | 32,9368 | 47,62 |
| E9544 - Vassoura mecânica rebocável | 1 | 33% | 67% | 5,03 | 3,2363 | 3,83 |
| Custo horário total dos equipamentos (A) = 210,54 | | | | | | |
| B - MÃO DE OBRA | Quantidade | Unidade | Custo horário c/encargos | Custo horário total | | |
| P9824 - Servente | 2 | h | 17,2971 | 34,59 | | |
| Custo horário total da mão de obra (B) = 34,59 | | | | | | |
| Custo horário total de execução (A+B) = 245,14 | | | | | | |
| Custo do FIT = 0,00 | | Custo do FIC = 1,29 | | Custo unitário de execução c/ acréscimo = 0,22 | | |
| C - MATERIAL | Quantidade | Unidade | Custo unitário | Custo total | | |
| M0104 - Asfalto diluído CM 30 | 0,00120 | t | 2973,60 | 3,57 | | |
| Custo total de materiais (C) = 3,57 | | | | | | |
| D - ATIVIDADES COMPLEMENTARES (COMPOSIÇÕES) | Quantidade | Unidade | Custo unitário | Custo total | | |
| | | | | 0,00 | | |
| Custo total com atividades complementares (D) = 0,00 | | | | | | |
| E - CUSTO FIXO | Código | Quantidade | Unidade | Custo unitário | Custo unitário equivalente | |
| | | | | | 0,00 | |
| Custo unitário total de tempo fixo (E) = 0,00 | | | | | | |
| F - MOMENTO DE TRANSPORTE | Quantidade | Unidade | DMI | | | Custo unitário |
| | | | LN | RP | P | |
| M0104 - Asfalto diluído CM 30 | 0,00120 | tkm | | | 0,91 | 0,01 |
| Custo unitário total de transporte (F) = 0,01 | | | | | | |
| Custo unitário direto total (A+B+C+D+E+F) = 3,80 | | | | | | |

Fonte: Schons Júnior (2018)

ANEXO G – PINTURA DE LIGAÇÃO

| COMPOSIÇÃO DE CUSTO UNITÁRIA | | | | | | |
|---|-----------------|---|--------------------------|---|----------------------------|---------------------|
| Referência: SICRO | Código: 4011353 | Data base: setembro/2017 | Valores em: R\$ | Unidade: m ² | | |
| Pintura de ligação | | | | | | |
| Fator de influência do tráfego (FIT) = 0,00 | | Fator de influência do clima (FIC) = 0,00 | | Produção da equipe = 1500,00 | | |
| A - EQUIPAMENTOS | Quantidade | Utilização | | Custo horário | | Custo horário total |
| | | Produtiva | Improdutiva | Produtivo | Improdutivo | |
| E9509 - Caminhão-tanque distribuidor de asfalto | 1 | 100% | 0% | 136,4555 | 47,5211 | 136,46 |
| E9558 - Tanque de estocagem de asfalto | 2 | 100% | 0% | 22,6365 | 15,4274 | 45,27 |
| E9577 - Trator agrícola | 1 | 45% | 55% | 77,43 | 32,9368 | 52,96 |
| E9544 - Vassoura mecânica rebocável | 1 | 45% | 55% | 5,03 | 3,2363 | 4,05 |
| Custo horário total dos equipamentos (A) = 238,73 | | | | | | |
| B - MÃO DE OBRA | Quantidade | Unidade | Custo horário c/encargos | Custo horário total | | |
| P9824 - Servente | 2 | h | 17,2971 | 34,59 | | |
| Custo horário total da mão de obra (B) = 34,59 | | | | | | |
| Custo horário total de execução (A+B) = 273,33 | | | | | | |
| Custo do FIT = 0,00 | | Custo do FIC = 0,00 | | Custo unitário de execução c/ acréscimo = 0,18 | | |
| C - MATERIAL | Quantidade | Unidade | Custo unitário | Custo total | | |
| M1946 - Emulsão asfáltica RR-1C | 0,00045 | t | 1380,60 | 0,62 | | |
| Custo total de materiais (C) = 0,62 | | | | | | |
| D - ATIVIDADES COMPLEMENTARES (COMPOSIÇÕES) | Quantidade | Unidade | Custo unitário | Custo total | | |
| | | | | 0,00 | | |
| Custo total com atividades complementares (D) = 0,00 | | | | | | |
| E - CUSTO FIXO | Código | Quantidade | Unidade | Custo unitário | Custo unitário equivalente | |
| | | | | | 0,00 | |
| Custo unitário total de tempo fixo (E) = 0,00 | | | | | | |
| F - MOMENTO DE TRANSPORTE | Quantidade | Unidade | DMT | | | Custo unitário |
| | | | LN | RP | P | |
| M1946 - Emulsão asfáltica - Caminhão distribuidor | 0,00045 | tkm | | | 0,91 | 0,0046 |
| Custo unitário total de transporte (F) = 0,0046 | | | | | | |
| Custo unitário direto total (A+B+C+D+E+F) = 0,81 | | | | | | |

Fonte: Schons Júnior (2018)

ANEXO H – CONCRETO ASFÁLTICO – FAIXA C – AREIA E BRITA COMERCIAIS

| COMPOSIÇÃO DE CUSTO UNITÁRIA | | | | | | |
|--|-----------------|--|--------------------------|--|---------------------|----------------------------|
| Referência: SICRO | Código: 4011463 | Data base: setembro/2017 | Valores em: R\$ | | Unidade: t | |
| Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | | | | | | |
| Fator de influência do tráfego (FIT) = 0,00 | | Fator de influência do clima (FIC) = 0,00527 | | Produção da equipe = 83,00 | | |
| A - EQUIPAMENTOS | Quantidade | Utilização | | Custo horário | | Custo horário total |
| | | Produtiva | Improdutiva | Produtivo | Improdutivo | |
| E9762 - Rolo compactador de pneus autopropelido | 1 | 59% | 41% | 136,99 | 65,7742 | 107,79 |
| E9530 - Rolo compactador liso autopropelido vibrat. | 1 | 51% | 49% | 129,73 | 58,4958 | 94,82 |
| E9545 - Vibroacabadora de asfalto sobre esteiras | 1 | 89% | 11% | 171,63 | 84,0061 | 161,99 |
| Custo horário total dos equipamentos (A) = 364,61 | | | | | | |
| B - MÃO DE OBRA | Quantidade | Unidade | Custo horário c/encargos | | Custo horário total | |
| P9824 - Servente | 8 | h | 17,2971 | | 138,38 | |
| Custo horário total da mão de obra (B) = 138,38 | | | | | | |
| Custo horário total de execução (A+B) = 502,99 | | | | | | |
| Custo do FIT = 0,00 | | Custo do FIC = 2,65 | | Custo unitário de execução c/ acréscimo = 6,09 | | |
| C - MATERIAL | Quantidade | Unidade | Custo unitário | | Custo total | |
| | | | | | 0,00 | |
| Custo total de materiais (C) = 0,00 | | | | | | |
| D - ATIVIDADES COMPLEMENTARES (COMPOSIÇÕES) | Quantidade | Unidade | Custo unitário | | Custo total | |
| 6416078 - Usinagem de concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 1,02 | t | 203,19 | | 207,25 | |
| Custo total com atividades complementares (D) = 207,25 | | | | | | |
| E - CUSTO FIXO | Código | Quantidade | Unidade | Custo unitário | | Custo unitário equivalente |
| 6416078 - Usinagem de concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais - caminhão basc. 10 m³ | 5914649 | 1,02000 | t | 7,41 | | 7,56 |
| Custo unitário total de tempo fixo (E) = 7,56 | | | | | | |
| F - MOMENTO DE TRANSPORTE | Quantidade | Unidade | DMT | | | Custo unitário |
| | | | LN | RP | P | |
| 6416078 - Usinagem de concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais - caminhão basc. 10 m³ | 1,02000 | tkm | | | 0,47 | 9,54006 |
| Custo unitário total de transporte (F) = 9,54 | | | | | | |
| Custo unitário direto total (A+B+C+D+E+F) = 230,44 | | | | | | |

Fonte: Schons Júnior (2018)

ANEXO I – USINAGEM DE CONCRETO ASFÁLTICO – FAIXA C – AREIA

| COMPOSIÇÃO DE CUSTO UNITÁRIA | | | | | | | |
|--|-----------------|--|-----------------|---|---------------------|----------------------------|----------------|
| Referência: SICRO | Código: 6416078 | Data base: setembro/2017 | Valores em: R\$ | Unidade: t | | | |
| Usinagem de concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | | | | | | | |
| Fator de influência do tráfego (FIT) = 0,00 | | Fator de influência do clima (FIC) = 0,00000 | | Produção da equipe = 83,00 | | | |
| A - EQUIPAMENTOS | Quantidade | Utilização | | Custo horário | | Custo horário total | |
| | | Produtiva | Improdutiva | Produtivo | Improdutivo | | |
| E9559 - Aquecedor de fluido térmico | 1 | 100% | 0% | 35,54 | 16,2798 | 35,54 | |
| E9584 - Carregadeira de pneus | 1 | 57% | 43% | 130,92 | 56,6912 | 99,00 | |
| E9021 - Grupo gerador | 1 | 100% | 0% | 190,78 | 9,8329 | 190,78 | |
| E9558 - Tanque de estocagem de asfalto | 2 | 100% | 0% | 22,64 | 15,4274 | 45,27 | |
| E9689 - Usina de asfalto a quente gravimétrica | 1 | 100% | 0% | 758,74 | 404,1117 | 758,74 | |
| Custo horário total dos equipamentos (A) = 1.129,34 | | | | | | | |
| B - MÃO DE OBRA | | Quantidade | Unidade | Custo horário c/encargos | Custo horário total | | |
| P9824 - Servente | | 8 | h | 17,2971 | 138,38 | | |
| Custo horário total da mão de obra (B) = 138,38 | | | | | | | |
| Custo horário total de execução (A+B) = 1.267,72 | | | | | | | |
| Custo do FIT = 0,00 | | Custo do FIC = 0,00 | | Custo unitário de execução c/ acréscimo = 15,27 | | | |
| C - MATERIAL | | Quantidade | Unidade | Custo unitário | Custo total | | |
| M0028 - Areia média | | 0,32704 | m³ | 56,84 | 18,59 | | |
| M0005 - Brita 0 | | 0,12579 | m³ | 63,29 | 7,96 | | |
| M0345 - Cal hidratada | | 56,60377 | kg | 0,44 | 24,78 | | |
| M1943 - Cimento asfáltico CAP 50/70 | | 0,05660 | t | 1829,00 | 103,52 | | |
| M1103 - Pedrisco | | 0,13836 | m³ | 61,61 | 8,52 | | |
| M1941 - Óleo combustível 1A | | 8,00000 | l | 1,82 | 14,55 | | |
| Custo total de materiais (C) = 177,92 | | | | | | | |
| D - ATIVIDADES COMPLEMENTARES (COMPOSIÇÕES) | | Quantidade | Unidade | Custo unitário | Custo total | | |
| | | | | | 0,00 | | |
| Custo total com atividades complementares (D) = 0,00 | | | | | | | |
| E - CUSTO FIXO | | Código | Quantidade | Unidade | Custo unitário | Custo unitário equivalente | |
| M0028 - Areia média - Caminhão basculante 10 m³ | | 5914647 | 0,49056 | t | 1,03 | 0,51 | |
| M0005 - Brita 0 - Caminhão basculante 10 m³ | | 5914647 | 0,18869 | t | 1,03 | 0,19 | |
| M0345 - Cal hidratada - Caminhão carroceria 15 t | | 5914655 | 0,05660 | t | 21,33 | 1,21 | |
| M1103 - Pedrisco - Caminhão basculante 10 m³ | | 5914647 | 0,20754 | t | 1,03 | 0,21 | |
| Custo unitário total de tempo fixo (E) = 2,12 | | | | | | | |
| F - MOMENTO DE TRANSPORTE | | Quantidade | Unidade | DMT | | | Custo unitário |
| | | | | LN | RP | P | |
| M0028 - Areia média - Caminhão basculante 10 m³ | | 0,49056 | tkm | | | 0,47 | 5,03 |
| M0005 - Brita 0 - Caminhão basculante 10 m³ | | 0,18869 | tkm | | | 0,47 | 0,00 |
| M0345 - Cal hidratada - Caminhão carroceria 15 t | | 0,05660 | tkm | | | 0,40 | 1,17 |
| M1103 - Pedrisco - Caminhão basculante 10 m³ | | 0,20754 | tkm | | | 0,47 | 0,00 |
| M1943 - Cimento asfáltico - Caminhão distribuidor | | 0,05660 | tkm | | | 0,91 | 1,68 |
| Custo unitário total de transporte (F) = 7,88 | | | | | | | |
| Custo unitário direto total (A+B+C+D+E+F) = 203,19 | | | | | | | |

Fonte: Schons Júnior (2018)