

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

**JOSÉ LUIZ SCHONS JÚNIOR**

**COMPATIBILIZAÇÃO E ORÇAMENTAÇÃO DE SOLUÇÕES DE RESTAURAÇÃO  
ESTRUTURAL E FUNCIONAL PARA A AV. UNISINOS**

**SÃO LEOPOLDO**

**2018**

JOSÉ LUIZ SCHONS JÚNIOR

**COMPATIBILIZAÇÃO E ORÇAMENTAÇÃO DE SOLUÇÕES DE RESTAURAÇÃO  
ESTRUTURAL E FUNCIONAL PARA A AV. 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 à minha família, que me deu pleno apoio durante toda a minha jornada de graduação, sempre me incentivando a seguir em frente, e aos meus amigos.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao Prof. Dr. Rodrigo Maysz pela orientação e ensinamentos ao longo da elaboração deste trabalho, e, principalmente, por ter me incentivado, mesmo que de forma indireta, a querer seguir os estudos na área de infraestrutura.

Aos meus amigos, em especial Guilherme Ósio, pela amizade e parceria desde o início da graduação e pela troca de experiências profissionais que sempre colaboraram para o crescimento do meu conhecimento.

Agradeço à Unisinos, por ter possibilitado a elaboração deste trabalho, colaborando com os estudos anteriores de restauração da Avenida Unisinos, sem os quais este trabalho não poderia ter sido feito.

## RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo de caso de restauração do pavimento da Avenida Unisinos, localizada no bairro Cristo Rei, no município de São Leopoldo/RS. São abordados conceitos teóricos, como uma breve história dos pavimentos e seus usos, as definições e características dos pavimentos flexíveis e rígidos, as características e procedimentos de avaliações funcionais e estruturais de pavimentos flexíveis, que são métodos de análise fundamentais para determinar a solução de projeto necessária em casos de restauração de pavimentos. Também são apresentados conceitos de orçamentação de obras e as principais novidades do novo SICRO, que entrou em vigência em janeiro de 2017. É apresentada uma solução de restauração do pavimento da Avenida Unisinos, que é a compatibilização de duas propostas de restauração já existentes, sendo uma gerada a partir de avaliação funcional e, outra, a partir de avaliação estrutural. A compatibilização foi realizada sobrepondo as soluções propostas e adotando a que propõe a intervenção mais pesada. O principal foco do estudo é a orçamentação da proposta de restauração compatibilizada, que utilizou como referência de custos, principalmente, o SICRO, do DNIT. Para a obtenção dos quantitativos, foi utilizado o auxílio de softwares computacionais, para vetorizar, em escala, a área da pista da Avenida Unisinos e realizar as medições de áreas e distâncias. Para a realização do orçamento, foram selecionados os fornecedores de insumos mais próximos na região, com o objetivo de minimizar os custos com transporte de materiais. O valor global obtido para a restauração da Avenida Unisinos foi de R\$ 4.288.502,49, sendo que os trechos de reforço de pavimento custaram R\$ 46,92/m<sup>2</sup>, enquanto os trechos de total reconstrução custaram R\$ 140,60/m<sup>2</sup>.

**Palavras-chave:** Avenida Unisinos. Restauração de pavimentos. Orçamentação. SICRO. Avaliação funcional. Avaliação estrutural.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Construção de uma via por McAdam .....	18
Figura 2 – Distribuição de tensões em pavimento flexível .....	22
Figura 3 – Classificação das bases e sub-bases flexíveis e semi-rígidas .....	22
Figura 4 – Camadas do pavimento flexível .....	23
Figura 5 – Classificação dos revestimentos .....	25
Figura 6 – Distribuição das tensões em pavimento rígido .....	27
Figura 7 – Progresso de abertura de trincas em juntas de pavimentos rígidos.....	28
Figura 8 – Diferença de comportamento do pavimento rígido com e sem barra de transferência.....	29
Figura 9 – Correlação entre Índice de Suporte Califórnia e coeficiente de recalque.	30
Figura 10 – Influência da presença de sub-base no coeficiente de recalque.....	31
Figura 11 – Custo de intervenções conforme VSA.....	34
Figura 12 – Treliça e régua para medição de flechas em trilha de roda.....	36
Figura 13 – Abertura de trincheira em pavimento .....	40
Figura 14 – Esquema da Viga Benkelman (DNER ME 24/94) .....	41
Figura 15 – Ensaio com viga Benkelman .....	42
Figura 16 – Bacia de deflexões através da viga de Benkelman.....	43
Figura 17 – Composição de custos padrão SICRO/DNIT .....	51
Figura 18 – Perfil geométrico da Av. Unisinos.....	59
Figura 19 – Localização da usina e pedreira de projeto.....	61
Figura 20 – Localização do areial de projeto.....	63
Figura 21 – Vetorização digital dos bordos da Av. Unisinos .....	66
Figura 22 – Identificação de trecho existente com sub-base de brita graduada .....	76
Figura 23 – Mapa da proposta de restauração compatibilizada .....	93
Figura 24 – Área de retorno a ser executada como reconstrução.....	95
Figura 25 – Fotografia da área de retorno a ser executada como reconstrução .....	95

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Extensão malha ferroviária, dutoviária e hidrovária em diversos países	19
Tabela 2 – Comparação entre os 10 maiores fabricantes de veículos em 2002.	20
Tabela 3 – Evolução da frota de caminhões de 2002 a 2016	21
Tabela 4 – Classificação do CAP	26
Tabela 5 – Correlação entre tipo de solo e coeficiente de recalque	30
Tabela 6 – Níveis de serventia	33
Tabela 7 – Fatores de ponderação ( $f_p$ )	38
Tabela 8 – Conceitos de degradação do pavimento, conforme IGG	39
Tabela 9 – Determinação de $z$ em função de $n$	45
Tabela 10 – Fator de correção sazonal para deflexão característica	46
Tabela 11 – Critérios para avaliação estrutural	47
Tabela 12 – Fator da natureza da atividade	53
Tabela 13 – Fator de permeabilidade do solo	54
Tabela 14 – Fator de escoamento superficial	54
Tabela 15 – Exemplo de determinação do fator de intensidade das chuvas	55
Tabela 16 – Fatores de intensidade de chuvas médios para a região Sul do Brasil	56
Tabela 17 – Fatores de segurança para cargas em pavimentos rígidos	64
Tabela 18 – Composição do BDI adotado	67
Tabela 19 – Lista de equipamentos e veículos utilizados na execução dos serviços	70
Tabela 20 – Distâncias de transporte de materiais para usina de C.B.U.Q.	74
Tabela 21 – Expectativa de vida útil de sinalização horizontal	86
Tabela 22 – Quadro resumo de quantitativos de recomposição de sinalização horizontal	87
Tabela 23 – Recomendações de restauração a partir das avaliação estrutural e funcional em trechos de reforço	90
Tabela 24 – Recomendações de restauração a partir das avaliação estrutural e funcional em trechos de reconstrução	91
Tabela 25 – Compatibilização de propostas estruturais e funcionais para restauração da Avenida Unisinos	91
Tabela 26 - Compatibilização de propostas estruturais e funcionais para restauração da Avenida Unisinos em trechos de reconstrução	92
Tabela 27 – Quadro resumo de áreas de pavimentação	94

Tabela 28 – Volumes totais de materiais de pavimentação .....	96
Tabela 29 – Quadro resumo de dimensionamento de pavimento rígido .....	97



## LISTA DE SIGLAS

AASHO	American Association of State Highway Officials
AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
BDI	Benefícios e Despesas Indiretas
BRICS	Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul
CAP	Cimento Asfáltico de Petróleo
CBR	California Bearing Ratio
CBUQ	Concreto Betuminoso Usinado a Quente
CNT	Confederação Nacional do Transporte
DAER	Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem
DMT	Distância Média de Transporte
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
FWD	Falling Weight Deflectometer
IGG	Índice de Gravidade Global
IGI	Índice de Gravidade Individual
IPR	Instituto de Pesquisas Rodoviárias
ISC	Índice de Suporte Califórnia
RCC	Resíduos da Construção Civil
RCD	Resíduos de Construção e Demolição
REFAP	Refinaria Alberto Pasqualini
SICRO	Sistema de Custos Referenciais de Obras
SIGMINE	Sistema de Informações Geográficas da Mineração
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
SIRGAS	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
TCU	Tribunal de Contas da União
Trensurb	Empresa de Trens Urbanos de Porto Alegre S.A.
UTM	Universal Transversa de Mercator
VSA	Valor de Serventia Atual

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
<b>1.2 Delimitação do tema</b> .....	<b>14</b>
<b>1.3 Objetivos</b> .....	<b>15</b>
1.3.1 Objetivo Geral .....	15
1.3.2 Objetivos Específicos .....	15
<b>1.4 Justificativa</b> .....	<b>15</b>
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>17</b>
<b>2.1 História e evolução das vias no Brasil e no mundo</b> .....	<b>17</b>
2.1.1 História das vias no Brasil e no mundo .....	17
2.1.2 Modalidades de transporte e a evolução do tráfego no Brasil .....	18
<b>2.2 Tipos de pavimentos mais utilizados no Brasil</b> .....	<b>21</b>
2.2.1 Pavimentos flexíveis.....	21
2.2.2 Pavimentos rígidos .....	26
<b>2.3 Métodos de avaliação de pavimentos</b> .....	<b>32</b>
2.3.1 Avaliação funcional de pavimentos .....	33
2.3.2 Avaliação estrutural de pavimentos.....	39
<b>2.4 Orçamentação de obras viárias</b> .....	<b>47</b>
2.4.1 Orçamento.....	47
2.4.2 Conceitos de custos de uma obra .....	48
2.4.3 Mobilização e desmobilização .....	48
2.4.4 Instalação e manutenção de canteiro de obras .....	49
2.4.5 Fases de elaboração do orçamento .....	49
2.4.6 Composição de custos unitários.....	49
2.4.7 Fator de Influência de Chuvas.....	51
2.4.8 Fator de Influência do Tráfego .....	56
2.4.9 Diferenças entre Sicro 2 e o novo SICRO (2017).....	57
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>59</b>
<b>3.1 Localização e características da via em estudo</b> .....	<b>59</b>
<b>3.2 Compatibilização de resultados</b> .....	<b>60</b>
<b>3.3 Localização de usinas de C.B.U.Q. e pedreiras de projeto</b> .....	<b>60</b>
<b>3.4 Localização de areal de projeto</b> .....	<b>62</b>
<b>3.5 Paradas de ônibus com pavimento rígido</b> .....	<b>63</b>

<b>3.6 Método para levantamento de quantitativos.....</b>	<b>65</b>
<b>3.7 Planilha orçamentária, composições de preços unitários e composição do B.D.I. ....</b>	<b>67</b>
<b>3.8 Explicação de cálculos e descrição dos serviços indicados na planilha orçamentária.....</b>	<b>68</b>
1. Serviços preliminares .....	68
1.1 Placa de obra com o nome do agente financiador (se houver) .....	68
1.2 Serviços topográficos para pavimentação.....	69
1.3 Mobilização de obra – Patrulha mecânica.....	69
1.4 Administração local de obra .....	71
2. Pavimentação em trechos de reforço.....	71
2.1 Fresagem contínua do revestimento existente.....	71
2.2 Pintura de ligação.....	72
2.4 Concreto betuminoso usinado a quente (C.B.U.Q.) .....	73
3. Pavimentação em trechos de reconstrução .....	74
3.1 Remoção mecanizada de revestimento betuminoso .....	74
3.2 Remoção de paralelepípedo .....	75
3.3 Remoção mecanizada de camada granular do pavimento.....	76
3.4 Regularização de subleito .....	77
3.5 Reforço de subleito .....	78
3.6 Execução de camada de sub-base de macadame seco .....	79
3.7 Execução de camada de base de brita graduada .....	79
3.8 Imprimação com asfalto diluído CM-30 .....	80
3.9 Pintura de ligação.....	81
3.10 Concreto betuminoso usinado a quente (C.B.U.Q.) .....	82
4. Pavimento rígido em paradas de ônibus .....	82
4.1 Execução de camada de base de brita graduada .....	82
4.2 Pavimento de concreto com equipamento forma-trilho .....	83
5. Recomposição da sinalização viária horizontal .....	85
5.1 Limpeza da superfície do pavimento com jato a ar .....	85
5.2 Pintura de setas e zebrações – termoplástico por extrusão – espessura de 3 mm .....	85
6. Controle tecnológico.....	88
6.1 Ensaio Marshall.....	88

6.3 Ensaio de porcentagem de betume.....	88
<b>4 ANÁLISE DOS RESULTADOS .....</b>	<b>89</b>
<b>4.1 Determinação de solução de projeto.....</b>	<b>89</b>
<b>4.2. Quantitativos principais de restauração de pavimento .....</b>	<b>93</b>
<b>4.3 Resultado do dimensionamento dos pavimentos rígidos das paradas de ônibus .....</b>	<b>96</b>
<b>4.4 Quantitativos de fresagem .....</b>	<b>98</b>
<b>4.5 Quantitativos de concreto betuminoso usinado a quente, em trechos de reforço .....</b>	<b>98</b>
<b>4.6 Resultado do orçamento .....</b>	<b>98</b>
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>100</b>
<b>5.1 Sugestões para trabalhos futuros .....</b>	<b>101</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>102</b>
<b>APÊNDICE A – PLACA DE OBRA EM CHAPA DE AÇO GALVANIZADO .....</b>	<b>106</b>
<b>APÊNDICE B – SERVIÇOS TOPOGRÁFICOS PARA PAVIMENTAÇÃO, INCLUSIVE NOTAS DE SERVIÇO, ACOMPANHAMENTO E GREIDE .....</b>	<b>107</b>
<b>APÊNDICE C – MOBILIZAÇÃO E DESMOBILIZAÇÃO DE PATRULHA MECÂNICA .....</b>	<b>108</b>
<b>APÊNDICE D – ADMINISTRAÇÃO LOCAL DE OBRA.....</b>	<b>109</b>
<b>APÊNDICE E – FRESAGEM CONTÍNUA DE REVESTIMENTO BETUMINOSO..</b>	<b>110</b>
<b>APÊNDICE F – PINTURA DE LIGAÇÃO .....</b>	<b>111</b>
<b>APÊNDICE G – CONCRETO ASFÁLTICO – FAIXA C – AREIA E BRITA COMERCIAIS .....</b>	<b>112</b>
<b>APÊNDICE H – USINAGEM DE CONCRETO ASFÁLTICO – FAIXA C - AREIA .</b>	<b>113</b>
<b>APÊNDICE I – REMOÇÃO MECANIZADA DE REVESTIMENTO BETUMINOSO</b>	<b>114</b>
<b>APÊNDICE J – REMOÇÃO DE PARALELEPÍEDOS.....</b>	<b>115</b>
<b>APÊNDICE K – REMOÇÃO MECANIZADA DE CAMADA GRANULAR DO PAVIMENTO .....</b>	<b>116</b>
<b>APÊNDICE L – REGULARIZAÇÃO DO SUBLEITO .....</b>	<b>117</b>
<b>APÊNDICE N – BASE OU SUB-BASE COM MACADAME SECO COM BRITA COMERCIAL.....</b>	<b>118</b>
<b>APÊNDICE O – BASE OU SUB-BASE DE BRITA GRADUADA COM BRITA COMERCIAL.....</b>	<b>119</b>

<b>APÊNDICE P – USINAGEM DE BRITA GRADUADA COM BRITA COMERCIAL EM USINA DE 300 T/H .....</b>	<b>120</b>
<b>APÊNDICE Q – IMPRIMAÇÃO COM ASFALTO DILUÍDO .....</b>	<b>121</b>
<b>APÊNDICE R – PAVIMENTO DE CONCRETO COM EQUIPAMENTO FORMATRILHO – AREIA E BRITA COMERCIAIS.....</b>	<b>122</b>
<b>APÊNDICE S – USINAGEM PARA PAVIMENTO DE CONCRETO COM FORMAS DESLIZANTES – AREIA E BRITA COMERCIAIS .....</b>	<b>123</b>
<b>APÊNDICE T – PINTURA DE SETAS E ZEBRADOS – TERMOPLÁSTICO POR EXTRUSÃO – ESPESSURA DE 3,0 MM.....</b>	<b>124</b>
<b>APÊNDICE U – LIMPEZA DE SUPERFÍCIES COM JATO DE ALTA PRESSÃO DE AR E ÁGUA .....</b>	<b>125</b>
<b>APÊNDICE V – ENSAIO MARSHALL MISTURA BETUMINOSA A QUENTE .....</b>	<b>126</b>
<b>APÊNDICE X – ENSAIO DE PERCENTAGEM DE BETUME – MISTURAS BETUMINOSAS.....</b>	<b>127</b>
<b>APÊNDICE Y – PLANILHA ORÇAMENTÁRIA GLOBAL .....</b>	<b>128</b>
<b>APÊNDICE Z – MAPA RESUMO DAS ÁREAS DE INTERVENÇÃO .....</b>	<b>129</b>
<b>ANEXO A – QUADRO RESUMO DAS SONDAGENS .....</b>	<b>130</b>
<b>ANEXO B – BOLETIM DE SONDAGENS .....</b>	<b>131</b>
<b>ANEXO C – ÁBACO DE CORRELAÇÃO DE I.S.C. DO SOLO COM COEFICIENTE DE RECALQUE (K) .....</b>	<b>132</b>
<b>ANEXO D – ÁBACO DE CORRELAÇÃO DO I.S.C. DO SOLO COM O COEFICIENTE DE RECALQUE (K) ADMITINDO A PRESENÇA DE SUB-BASE GRANULAR....</b>	<b>133</b>
<b>ANEXO E – TENSÃO EQUIVALENTE PARA EIXOS SIMPLES E TANDEM DUPLO (MPA) CONSIDERANDO PAVIMENTO SEM ACOSTAMENTO DE CONCRETO</b>	<b>134</b>
<b>ANEXO F – FATOR DE EROÇÃO PARA EIXOS SIMPLES E TANDEM DUPLOS CONSIDERANDO JUNTAS SEM BARRA DE TRANSFERÊNCIA E PAVIMENTO SEM ACOSTAMENTO DE CONCRETO .....</b>	<b>135</b>
<b>ANEXO G – ANÁLISE DE FADIGA – NÚMERO DE REPETIÇÕES ADMISSÍVEIS EM FUNÇÃO DO FATOR DE FADIGA.....</b>	<b>136</b>
<b>ANEXO H – ANÁLISE DE EROÇÃO – NÚMERO ADMISSÍVEL DE REPETIÇÕES DE CARGA COM BASE NO FATOR DE EROÇÃO .....</b>	<b>137</b>
<b>ANEXO I – EXEMPLO DE NOTA FISCAL DE AQUISIÇÃO DE MATERIAL ASFÁLTICO.....</b>	<b>138</b>
<b>ANEXO J – LAUDO DE SONDAGENS DE JAZIDA DE ARGILA .....</b>	<b>139</b>



## **1 INTRODUÇÃO**

O Brasil é um país majoritariamente rodoviário, pois a imensa maioria dos deslocamentos de pessoas e produtos é feito através de rodovias, estradas vicinais ou vias urbanas. A demanda por transporte rodoviário cresce à medida que a economia se expande, porém, as condições das vias nem sempre são mantidas em um nível ideal para os usuários.

Segundo levantamento realizado pela Confederação Nacional do Transporte (CNT) em 2017, 58,27% das rodovias brasileiras encontram-se em estado regular, ruim ou péssimo, ante 11,56% considerados ótimos e 30,17% considerados em bom estado de conservação. Apesar de os números serem pouco agradáveis, o histórico é otimista, pois o levantamento de 2005 da CNT apontava 72,04% de vias em regular, ruim ou péssimo estado, contra 10,97% em ótimo e 16,99% em bom estado. Esta evolução indica que o Brasil, mesmo que a pequenos passos, está buscando mudar a situação em que se encontra sua malha viária.

Vias com excesso de manifestações patológicas tornam-se um risco aos usuários, podendo causar acidentes graves, e, também, de certa forma, prejuízos ao erário público. E é devido à importância deste tema, que este trabalho apresentará um estudo de caso da Avenida Unisinos, que apresenta elevado número de manifestações patológicas e conecta a Universidade do Vale do Rio dos Sinos e seus mais de 30 mil alunos à estação de trem e à Rodovia Federal BR-116.

### **1.2 Delimitação do tema**

A Avenida Unisinos possui diversas manifestações patológicas que foram surgindo ao longo dos anos. Para entender o problema e poder propor soluções, são necessários diversos estudos e análises do pavimento existente. Este trabalho propõe a compatibilização das soluções propostas por Ritter dos Santos (2017) e Teixeira dos Santos (2017) e a orçamentação da proposta compatibilizada.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo Geral**

O objetivo deste trabalho é realizar a compatibilização das propostas de restauração da Avenida Unisinos elaboradas por Ritter dos Santos (2017) e Teixeira dos Santos (2017), que será, posteriormente, orçada utilizando as referências de custos nacionais como o SICRO e o SINAPI.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

Os objetivos específicos, necessários para o cumprimento do objetivo geral, são:

- a) Estudar as análises estruturais e funcionais do pavimento da Avenida Unisinos, realizadas por Ritter dos Santos e Teixeira dos Santos;
- b) Analisar os resultados e soluções de restauração propostas pelos trabalhos referenciados;
- c) Compatibilizar as soluções e adotar uma solução de projeto;
- d) Montar quantitativos de insumos e serviços para execução da obra;
- e) Realizar orçamento utilizando SICRO e SINAPI.

## **1.4 Justificativa**

De modo a garantir a boa qualidade, conforto e segurança das vias de trânsito de veículos, é necessário que sejam feitos estudos sobre pavimentos, com o objetivo de propor soluções aos órgãos públicos ou empresas envolvidas na manutenção dos mesmos. A orçamentação de um projeto de restauração da Avenida Unisinos, utilizando resultados de avaliações técnicas de engenharia, possibilitam visualizar o montante financeiro a desembolsar para trazer a Avenida de volta a um nível de



serviço adequado. Com todas as informações de projeto e de orçamento, é possível realizar, futuramente, outras análises envolvendo restauração de pavimentos.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 História e evolução das vias no Brasil e no mundo**

#### **2.1.1 História das vias no Brasil e no mundo**

As vias sempre estiveram presentes na História da humanidade. Nos tempos primordiais, talvez elas não fossem vistas como as vemos hoje, como sendo grandes obras que necessitam de muita engenharia. Elas surgiram como meros caminhos, esculpidos pelo sapatear dos homens e dos animais, por onde se passava com facilidade – sem precisar escalar uma montanha ou atravessar um rio a nado. Apesar de simples, não eram menos importantes do que hoje. As vias ligavam à humanidade à locais chave para a sua sobrevivência, como rios e plantações. Com a evolução da civilização, as estradas foram acompanhando o crescimento. A Rota da Seda, imenso conjunto de estradas que interligava a China à Europa, foi um importante elemento de infraestrutura presente na História, pois estabeleceu comércio entre o extremo leste e a Europa. Os romanos, ao expandirem seu Império, espalharam estradas por toda a Europa e parte da Ásia, pois sabiam que trariam benefícios logísticos à suas excursões militares e ao seu poder comercial.

Para Maré (2011), desde às vias romanas até o século XIX, pouco havia mudado na maneira como se construía as estradas. Foi quando, em 1820, John Loudon McAdam, um engenheiro escocês, desenvolveu um novo método de projetar e construir estradas. As estradas possuíam três camadas de brita de diferentes diâmetros, que tinham seus vazios preenchidos com saibro, como estrutura. Além disso, ele implantou junto às estradas algo que até então não era utilizado: drenagem. Esta foi a base para todo o desenvolvimento de estradas que surgiu posteriormente. A Figura 1, uma pintura clássica na área de pavimentação, mostra a construção de uma via em macadame, no século XVIII.

Figura 1 – Construção de uma via por McAdam



Fonte: U.S. Department of Transportation – acesso em 28/08/2017 – 20h00

Segundo Franz e Seberino (2002), no Brasil, nos governos posteriores à Segunda Guerra Mundial, com a criação do Fundo Rodoviário Nacional (1946) e da Petrobras (1954), foram feitos muitos investimentos em infraestrutura de transportes. A malha viária do Brasil expandiu-se, principalmente nos governos subsequentes (militares), porém de forma desordenada, sem qualquer tipo de planejamento minucioso.

Segundo o Anuário CNT do Transporte de 2017, em 2001, o Brasil possuía uma malha rodoviária pavimentada de 170.902,90 km, e, em 2015, este número passou para 210.618,80 km, o que significa que, no auge do crescimento econômico, a malha rodoviária pavimentada do país cresceu 23,24%, o que significa que o transporte rodoviário está presente, a cada ano mais, nas vidas dos cidadãos brasileiros.

### 2.1.2 Modalidades de transporte e a evolução do tráfego no Brasil

Sabe-se que, no Brasil, o modal de transporte mais utilizado é o rodoviário. Podemos perceber isto pelo excesso de veículos nas cidades. O número de veículos

crece muito a cada ano, pois as pessoas e as empresas tem se tornado muito dependentes desta modalidade de transporte.

Um dos motivos que podem explicar esta realidade, é a falta de incentivo da gestão pública em outros modais, como o hidroviário e o ferroviário, por exemplo. Se comparado com outros países, até mesmo dos BRICS, é possível perceber a deficiência da malha de modais alternativos no país.

Segundo a empresa ILOS, o Brasil possui 14 mil quilômetros de hidrovias e 29 mil quilômetros de ferrovias, ante 41 mil quilômetros e 225 mil quilômetros que possuem os Estados Unidos da América (EUA). A Tabela 1 exibe as extensões de malhas de transporte em diversos países.

Tabela 1 – Extensão malha ferroviária, dutoviária e hidroviária em diversos países

Tipo	Extensão de via, em milhares de km					
	Brasil	China	Índia	Rússia	EUA	Canadá
Ferrovias	29	86	64	87	225	47
Dutovias	19	87	35	260	2225	100
Hidrovias	14	110	15	102	41	0,6

Fonte: ILOS (adaptado pelo autor)

Cada modo possui suas vantagens e desvantagens. Para Keedi (2004), o transporte aéreo é o mais rápido, porém com a desvantagem de possuir poucos *links* de transporte (aeroportos) e por poder transportar apenas produtos de volume limitado.

Ainda segundo Keedi (2004), o modo hidroviário é o mais vantajoso, pois a capacidade de carga das embarcações é muito elevada e o custo de transporte é baixo se comparado aos demais. A desvantagem é que poucas hidrovias possuem profundidade suficiente para grandes navios de carga, além de ter pouca flexibilidade de trajeto.

Keedi e Mendonça (2000) citam o transporte ferroviário como excelente para longas distâncias, pois possui baixo consumo energético por unidade transportada e menor risco de acidentes e roubos. Trens podem possuir cerca de 100 vagões, carregando, cada um, em torno de 72 toneladas. As desvantagens desta modalidade está, assim como no transporte hidroviário, a baixa flexibilidade de trajetos e a dificuldade que os trens possuem para percorrer áreas de elevado acento ou declive.

Segundo Ribeiro e Ferreira (2002), o transporte rodoviário possui uma grande vantagem em relação aos demais, que, por ser porta a porta, a carga ou pessoa é levada diretamente ao seu destino final. Devido a este fato, todos os demais modais dependem dele para que o produto chegue ao consumidor final.

Ravache (2014) informa que o Brasil, apesar de possuir área territorial semelhante à dos Estados Unidos da América, possui malha viária cerca de quatro vezes menor. Quando o comparativo é feito com o Japão, os valores são ainda mais relevantes, pois o país asiático possui área territorial cerca de vinte e duas vezes menor do que a brasileira e sua malha viária é apenas 23% menor. Além disso, a malha viária pavimentada japonesa é 4,6 vezes maior do que a brasileira, conforme demonstra a tabela Tabela 2.

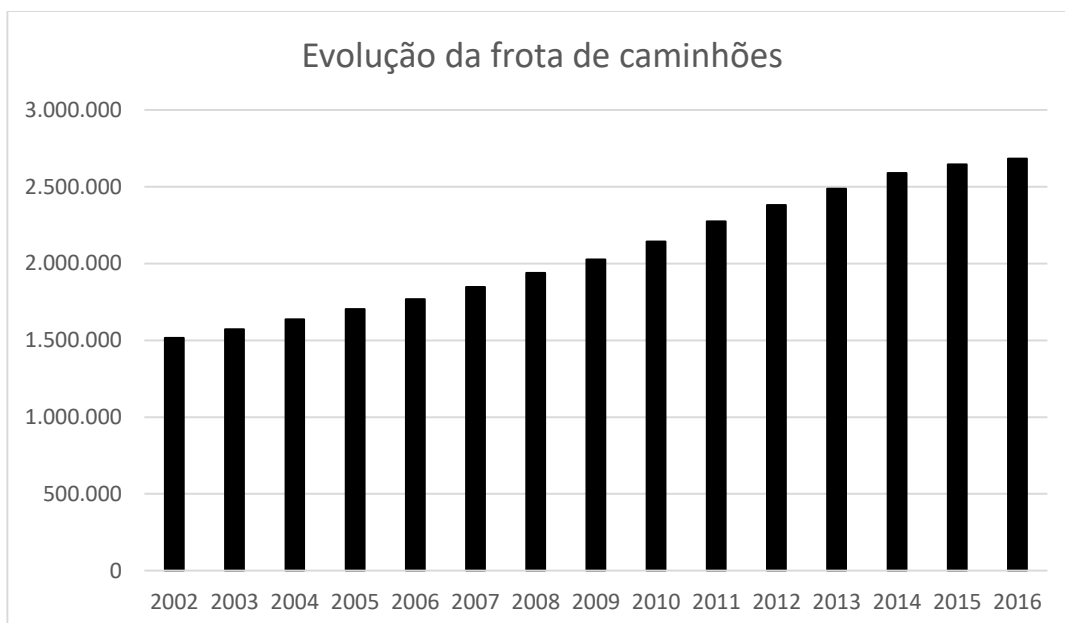
Tabela 2 – Comparação entre os 10 maiores fabricantes de veículos em 2002.

Posição	País	Total Malha rodoviária (km)	Pavimentada		Não Pavimentada		População	Área total (km <sup>2</sup> )
			Km	%	Km	%		
1	Estados Unidos	6.586.610	4.304.715	65,4%	2.281.895	34,6%	316.438.601	9.826.675
2	Índia	4.689.842	2.260.504	48,2%	2.429.338	51,8%	1.220.800.359	3.287.263
3	China	4.106.387	3.453.890	84,1%	652.497	15,9%	1.349.585.838	9.596.961
<b>4</b>	<b>Brasil</b>	<b>1.562.428</b>	<b>203.598</b>	<b>13,0%</b>	<b>1.358.929</b>	<b>87,0%</b>	<b>201.009.622</b>	<b>8.514.877</b>
5	Rússia	1.283.387	927.721	72,3%	355.666	27,7%	142.500.482	17.098.242
6	Japão	1.210.251	973.234	80,4%	237.017	19,6%	127.253.075	377.915
7	Canadá	1.042.300	415.600	39,9%	626.700	60,1%	34.568.211	9.984.670
8	França	1.028.446	1.028.446	100,0%	0	0,0%	65.951.611	643.801
9	Austrália	823.217	356.343	43,3%	466.874	56,7%	22.262.501	7.741.220
10	Espanha	683.175	683.175	100,0%	0	0,0%	47.370.542	505.370

Fonte: REVACHE (2014)

Segundo a CNT, em levantamento de 2017, a quantidade de caminhões no Brasil saltou de 1.517.087 em 2002 para 2.684.227 em 2016, representando um crescimento acumulado de 176,93% no período, com uma média de 4,7% de crescimento por ano. Estes percentuais foram calculados pelo autor. A Tabela 3 ilustra a evolução da frota de caminhões de 2002 a 2017.

Tabela 3 – Evolução da frota de caminhões de 2002 a 2016



Fonte: CNT (adaptado pelo autor)

Através destes dados, considerando apenas o histórico de 2002 à 2016, sem levar em considerações possíveis interferências mercadológicas de oferta e demanda, pode-se estimar que, em 10 anos (2027), a frota de caminhões será de 4.037.427, representando um acréscimo de 150,41% em relação a 2017.

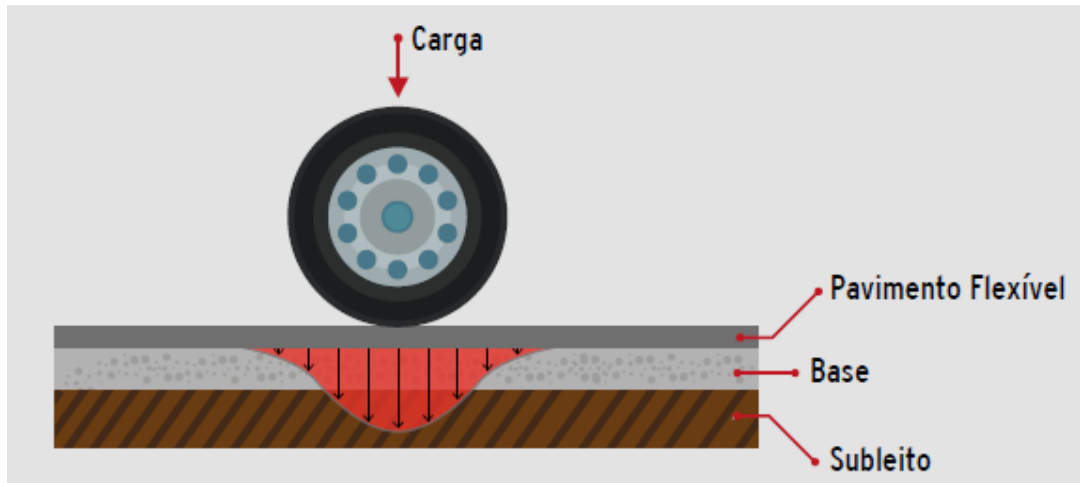
Esta simples análise numérica é importante para se ter um panorama do futuro, pois com este crescimento de frota, as cargas em nossos pavimentos serão muito maiores, e a sua qualidade, que, em geral, já não é boa, será degradada ainda mais rapidamente.

## 2.2 Tipos de pavimentos mais utilizados no Brasil

### 2.2.1 Pavimentos flexíveis

Os pavimentos flexíveis, segundo Balbo (2007), são aqueles que apresentam comportamento elástico, em que os esforços e deformações distribuem-se entre as várias camadas, estando as tensões concentradas em região próxima ao ponto de aplicação da carga, conforme ilustrado na Figura 2.

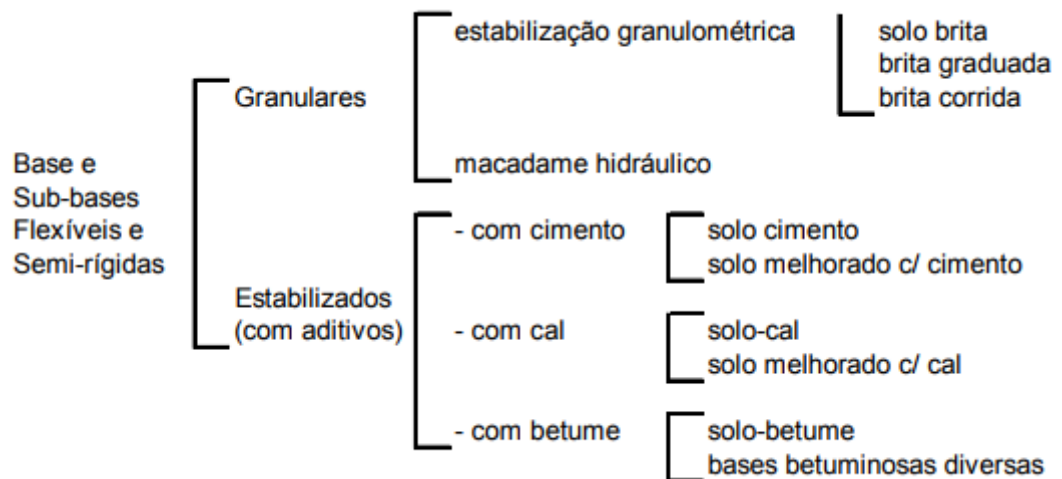
Figura 2 – Distribuição de tensões em pavimento flexível



Fonte: CNT (2017)

Pavimentos flexíveis são executados com revestimentos asfálticos, como o concreto betuminoso usinado a quente (C.B.U.Q), geralmente sobre uma estrutura de camadas granulares. A Figura 3 lista os materiais utilizados em camadas de base e sub-base segundo o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT).

Figura 3 – Classificação das bases e sub-bases flexíveis e semi-rígidas

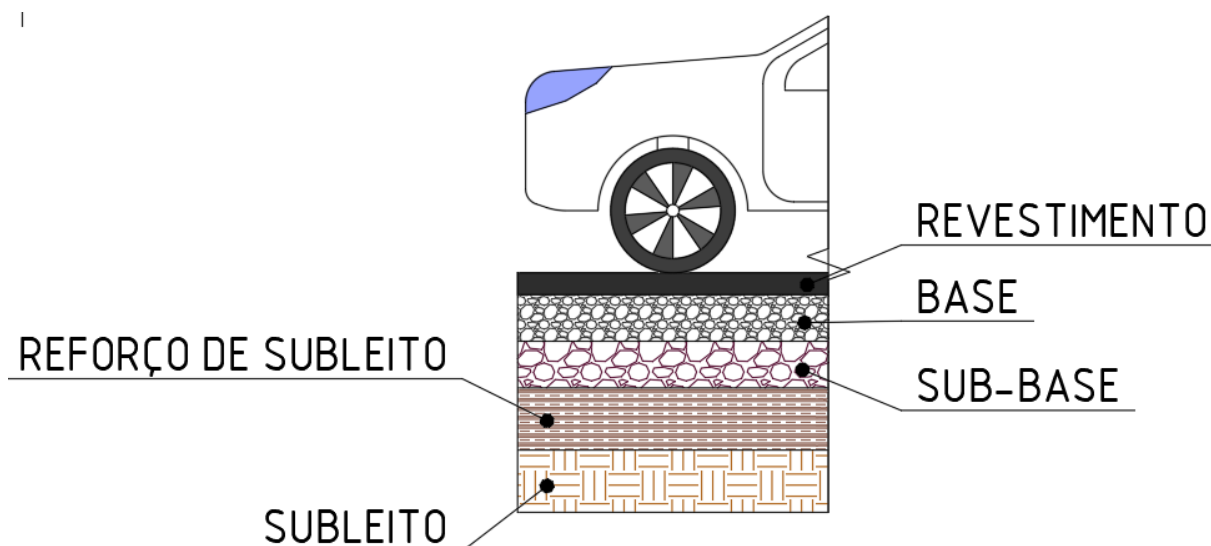


Fonte: DNIT (2006)

O objetivo das camadas da estrutura do pavimento é, segundo a CNT (2017), proteger o subleito, de forma que as tensões se dissipem antes de chegarem ao solo. Com uma estrutura e manutenção adequada, a tendência é que não ocorra

deformações ou rupturas de forma prematura. A Figura 4 ilustra as camadas convencionais de um pavimento.

Figura 4 – Camadas do pavimento flexível



Fonte: elaborado pelo autor

O subleito é o solo natural do local onde se implantará o pavimento. Ele é que determinará todo o projeto de pavimentação. Segundo DNIT, subleito deve ter um Índice de Suporte California (ISC, ou *California Bearing Ratio*, CBR) maior ou igual a 2% e uma expansibilidade máxima de 2%. Caso o resultado das sondagens não demonstre estes resultados, o solo local deve ser removido e substituído por outro com C.B.R > 2% e expansão < 1%. A esta camada, é dada o nome de reforço do subleito. Segundo a CNT, em algumas situações de tráfego muito pesado, mesmo quando o subleito apresente as condições mínimas de suporte estabelecidas pelo DNIT, é necessário projetar uma camada de reforço acima do subleito existente.

A sub-base é a camada que fica logo acima do subleito ou do reforço, e tem, como objetivo, servir de complemento à base. É utilizada quando se tem, no dimensionamento do pavimento, uma camada de base muito espessa. Busca-se, com isso, reduzir o custo da obra, pois os materiais utilizados para sub-base são, geralmente, mais baratos que os materiais de base. Os materiais de sub-base devem possuir características inferiores às da base e superiores às do subleito ou do reforço. O DNIT estabelece que a sub-base deve possuir C.B.R > 20% para Índice de Grupo (I.G.) = 0.



A base é a camada que precede, imediatamente, o revestimento asfáltico. Segundo o DNIT, a base é a camada responsável por redistribuir os esforços gerados pelas cargas dos veículos. Alguns autores consideram que o pavimento é composto apenas por base e revestimento, pois as demais camadas, quando sua existência se faz necessária, são complementares. É estabelecido, no Manual de Pavimentação do DNIT, que o material agregado utilizado para base deve possuir C.B.R > 80% e expansão < 0,5%.

Os materiais de base e sub-base mais comumente utilizados são os estabilizados granulométricamente e o macadame. Materiais estabilizados granulométricamente são constituídos por agregados, como britas de diversos diâmetros, e outros materiais mais finos, como areia, argila ou pó de brita. O material estabilizado é, geralmente, dosado em alguma jazida, o que o deixa com uma granulometria apropriada que garante a estabilização após a compactação. Os materiais mais utilizados são brita graduada e bica corrida.

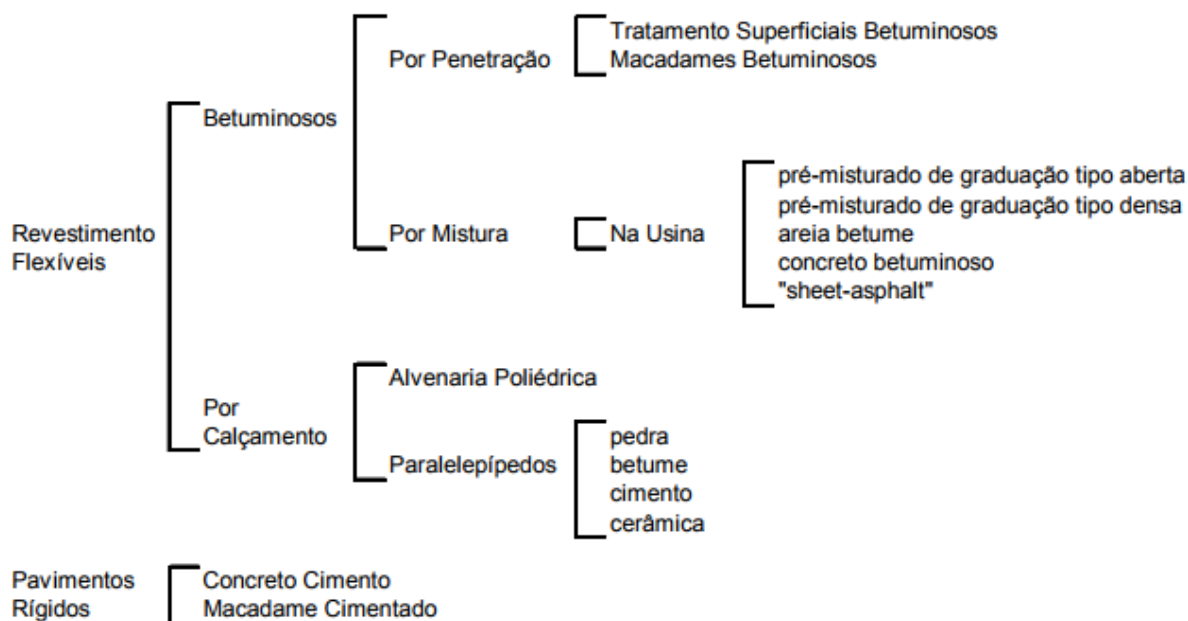
Macadame é uma mistura de agregado graúdo com outros materiais granulares finos de britagem. No passado, para que houvesse a penetração do material fino nos vazios do material graúdo, a camada de macadame era irrigada anteriormente à compactação. O nome dado a esta camada é macadame hidráulico. Há, porém, um problema indesejável quando se utiliza este tipo procedimento, que é o encharcamento do subleito e da própria camada granular, que pode ocasionar o popularmente conhecido “borrachudo”, que é uma instabilidade plástica.

Após o surgimento de materiais granulares graduados e de rolos compactadores vibratórios mais avançados, a utilização de macadame hidráulico praticamente deixou de existir. A água deixou de ser utilizada para a penetração dos grãos finos entre os vazios dos agregados graúdos, pois a granulometria dos materiais graduados e a utilização dos rolos vibratórios facilitou a penetração do material de enchimento. Esta camada granular é conhecida como macadame seco.

A camada de revestimento de pavimentos flexíveis é, geralmente, composta pela mistura de algum agregado com um aglomerante betuminoso, formando um concreto asfáltico. Os revestimentos betuminosos, a exemplo do C.B.U.Q., são os compostos mais amplamente utilizados nas obras de pavimentação, por possuírem bom comportamento mecânico junto às demais camadas, e pela rapidez em que é aplicado, comparado a outros revestimentos flexíveis não asfálticos, como blocos

intertravados e blocos regulares. A Figura 5 traz a classificação dos revestimentos, conforme Manual de Pavimentação do DNIT.

Figura 5 – Classificação dos revestimentos



Fonte: DNIT

As camadas inferiores ao revestimento betuminoso devem estar uniformes, sem buracos ou falhas, para que, posteriormente, estas falhas não se reproduzam na camada asfáltica. Acima da base do pavimento, é feita a imprimação com uma emulsão asfáltica, geralmente CM-30, com o objetivo de melhorar a coesão entre os agregados, fixar as partículas soltas e impermeabilizar a superfície. Após a imprimação, é realizada a aspersão de outro produto asfáltico, podendo ser RR-1C ou RR-2C, que tem a função de garantir a aderência entre o revestimento e a base.

O ligante utilizado na composição do C.B.U.Q. é o cimento asfáltico de petróleo, comumente chamado de CAP. Balbo (2007) explica que o mesmo é obtido através do refinamento do petróleo cru, que possui uma grande quantidade de betume (hidrocarbonetos pesados) – daí o nome C.B.U.Q. – e uma viscosidade elevada, o que o torna ideal para cumprir a função de ligante, uma vez que possui boa aderência à maioria dos agregados. O CAP é um material termoplástico, o que possibilita sua utilização, mas depende da temperatura para ser aplicado, sendo necessário que haja um controle de temperatura em obra. Devido a esta característica termossuscetível, o

revestimento do pavimento pode voltar a ter viscosidade elevada quando muito aquecido em dias com temperatura muito elevada.

O CAP é classificado conforme sua consistência, obtida através do ensaio de penetração, em que é penetrada uma agulha padrão no material. Baixa penetração caracteriza asfalto duro, enquanto alta penetração caracteriza asfalto mole, conforme demonstrado na Tabela 4.

Tabela 4 – Classificação do CAP

Classificação dos Concretos Asfálticos de Petróleo (CAP)			
Duros	Médios		Moles
CAP 30/45	CAP 50/70	CAP 85/100	CAP 150/200

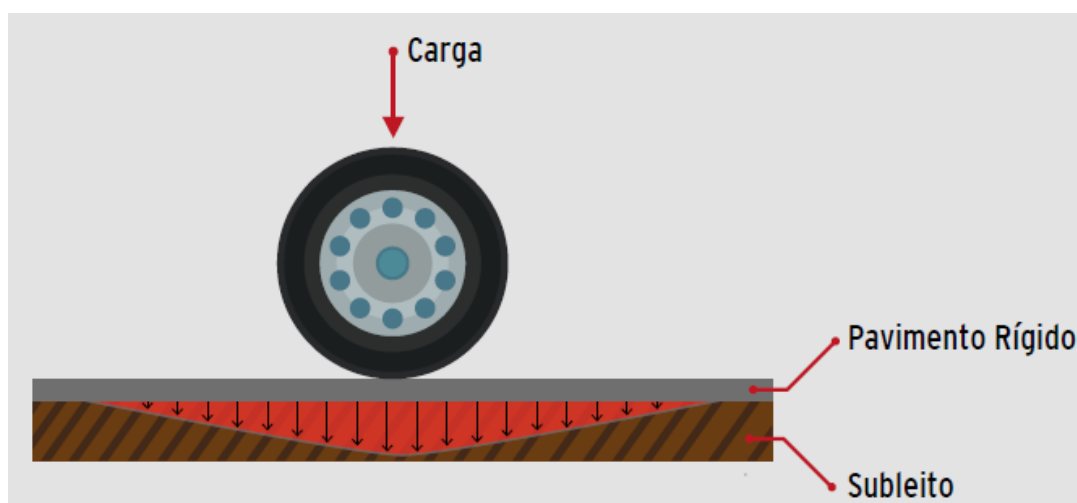
Fonte: elaborado pelo autor.

Apesar de haver esta classificação por penetração, para Balbo (2007), o ideal, para engenharia, seria a classificação ser feita pela viscosidade, como era feito anteriormente a 2005. O motivo disto se dá pelo fato de se estar analisando, de fato, uma propriedade física do material, que pode representar suas possíveis características em diversas temperaturas, como temperatura de mistura, de aplicação, de compactação ou de serviço.

### 2.2.2 Pavimentos rígidos

Os pavimentos rígidos possuem comportamento muito diferente dos pavimentos flexíveis já citados. Como o próprio nome já indica, eles possuem elevada rigidez na camada superior (revestimento) e rigidez menor nas camadas inferiores. Isto faz com que o revestimento absorva a maior parte das tensões geradas pelo carregamento do tráfego. O revestimento deste tipo de pavimento é, geralmente, composto por placas de concreto de cimento Portland, podendo ser armadas ou não. As dimensões das placas fazem com que as tensões sejam distribuídas sobre uma grande área, o que faz com que o subleito e sub-base sofram menores esforços. A Figura 6 ilustra o modo como as tensões propagam-se ao subleito.

Figura 6 – Distribuição das tensões em pavimento rígido



Fonte: CNT (2017)

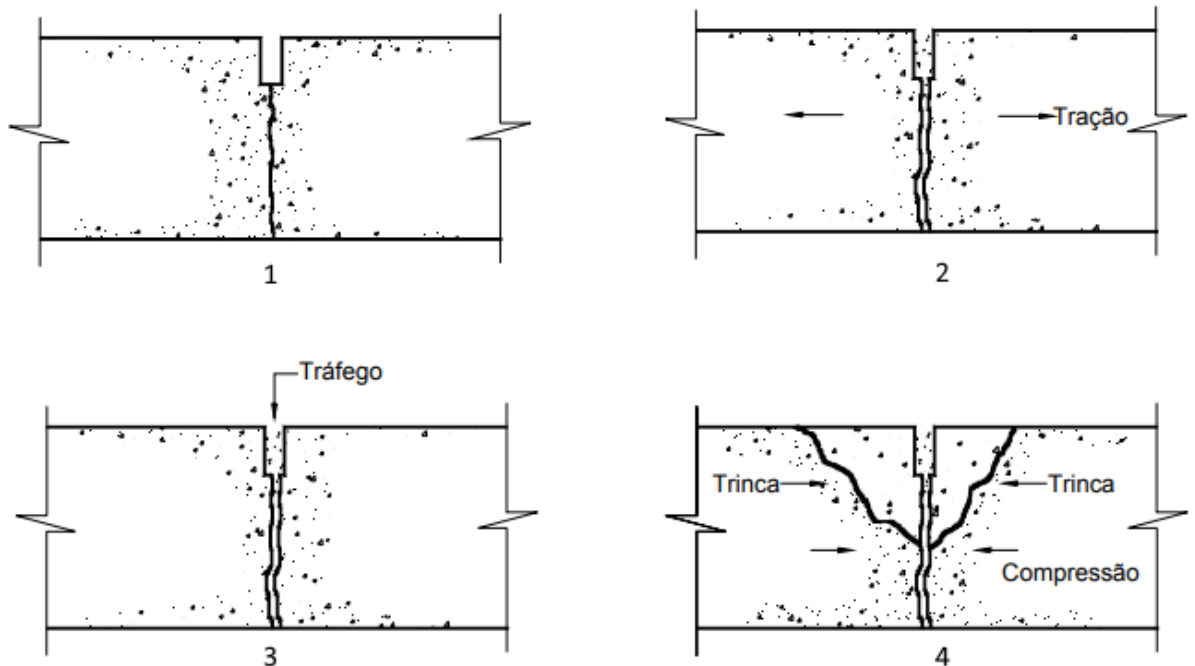
Em projetos de pavimentos rígidos, não se deve aceitar subleitos com grande variação de características. Solos expansivos e argilas moles devem ser removidos e substituídos, pois podem sofrer recalque e causar manifestações patológicas nas placas de concreto. Este é um dos motivos da utilização de sub-base também em pavimentos rígidos. Segundo o DNIT, a sub-base tem a função de uniformizar a capacidade de suporte, evitar os efeitos das variações de volume dos solos do subleito e evitar a ocorrência de bombeamento de finos plásticos presentes no subleito, quando houver presença de água e pressão elevada gerada pelo carregamento do tráfego.

As sub-bases podem ser de granulometria aberta, fechada ou estabilizadas com cimento Portland, que podem ser solo-cimento, brita graduada com cimento, concreto rolado ou outros tipos estabilizados com aditivos como asfalto, cal ou pozolana.

O pavimento rígido de concreto não é um elemento único contínuo. Ele é formado por placas que necessitam de uma separação que possibilite a movimentação entre elas. A não existência de separação pode levar ao trincamento do concreto devido à dilatação térmica e às vibrações do tráfego. As juntas do pavimento de concreto devem ser, segundo o DNIT-IPR 714, preenchidas com um material selante. O objetivo do selante é impedir a entrada de água e materiais sólidos

na junta, o que poderia causar danos por erosão no pavimento, reduzindo a sua durabilidade. A Figura 7 ilustra a abertura de trincas na região da junta.

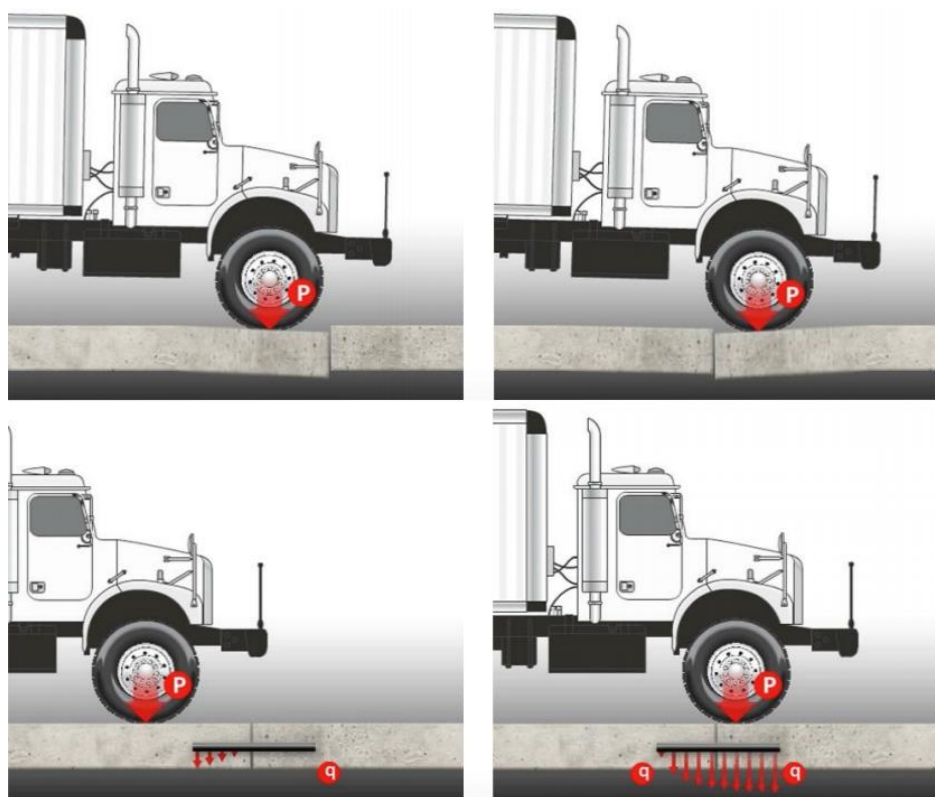
Figura 7 – Progresso de abertura de trincas em juntas de pavimentos rígidos



Fonte: DNIT

A área de cada placa pode variar dependendo do dimensionamento e se o concreto é simples ou armado, e se possui ou não barra de transferência. As barras de transferência têm o objetivo de diminuir as tensões e deformações em uma placa de concreto, transferindo/distribuindo parte destas tensões para a placa adjacente. A Figura 8 demonstra exatamente o funcionamento da barra de transferência em situação de tráfego pesado.

Figura 8 – Diferença de comportamento do pavimento rígido com e sem barra de transferência



Fonte: Departamento de Transportes (UFPR)

Diferente dos pavimentos flexíveis, o parâmetro do subleito que é utilizado para o dimensionamento é o coeficiente de recalque ( $k$ ). Ele é obtido através do ensaio descrito na Norma DNIT-055/2004-ME, em que se analisa as deflexões verticais a partir da aplicação de carga em uma placa. Quando não existe a possibilidade de realização de ensaio, pode-se correlacionar o coeficiente de recalque com o tipo de solo ou com o Índice de Suporte California (I.S.C.). A Tabela 5 demonstra uma relação aproximada do tipo de solo, conforme AASHTMO M 145, e o coeficiente de recalque.

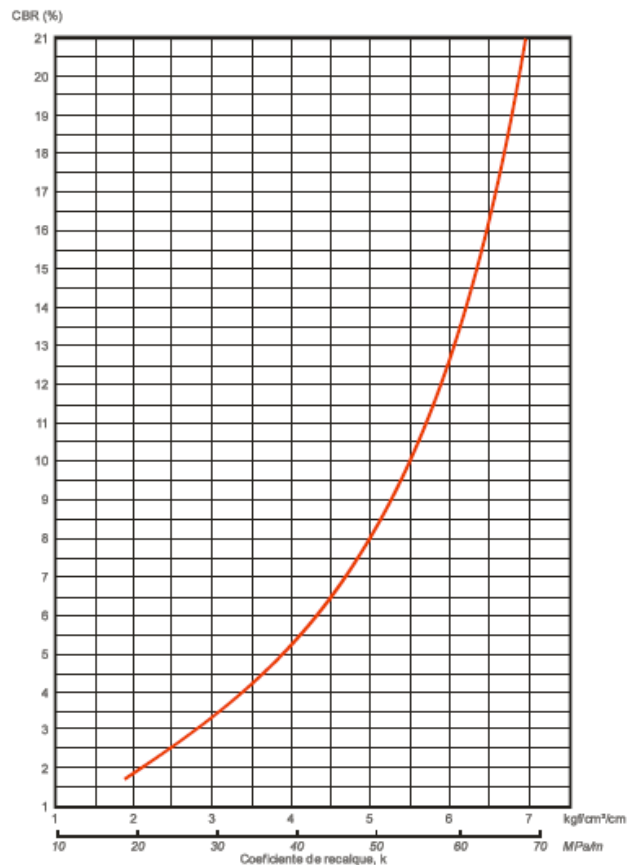
Tabela 5 – Correlação entre tipo de solo e coeficiente de recalque

Tipo de solo (AASHTMO M 145)	Coeficiente de recalque	
	MPa/m	kgf/cm <sup>2</sup> /cm
A1-a	> 110	> 11,0
A1-b	70 - 165	7,0 - 16,5
A2-4, A2-5	> 80	> 8,0
A2-6, A2-7	50 - 90	5,0 - 9,0
A3	55 - 90	5,0 - 9,0
A4	25 - 80	2,5 - 8,0
A5	< 50	< 5,0
A6	< 60	< 6,0
A7-5, A7-6	< 60	< 6,0

Fonte: DNIT

A partir de sondagens e ensaios, é possível ter um valor aproximado de coeficiente de recalque através do tipo de solo obtido no ensaio. Com o auxílio do ábaco da Figura 9, pode-se determinar o coeficiente de recalque aproximado a partir do Índice de Suporte Califórnia.( I.S.C.).

Figura 9 – Correlação entre Índice de Suporte Califórnia e coeficiente de recalque

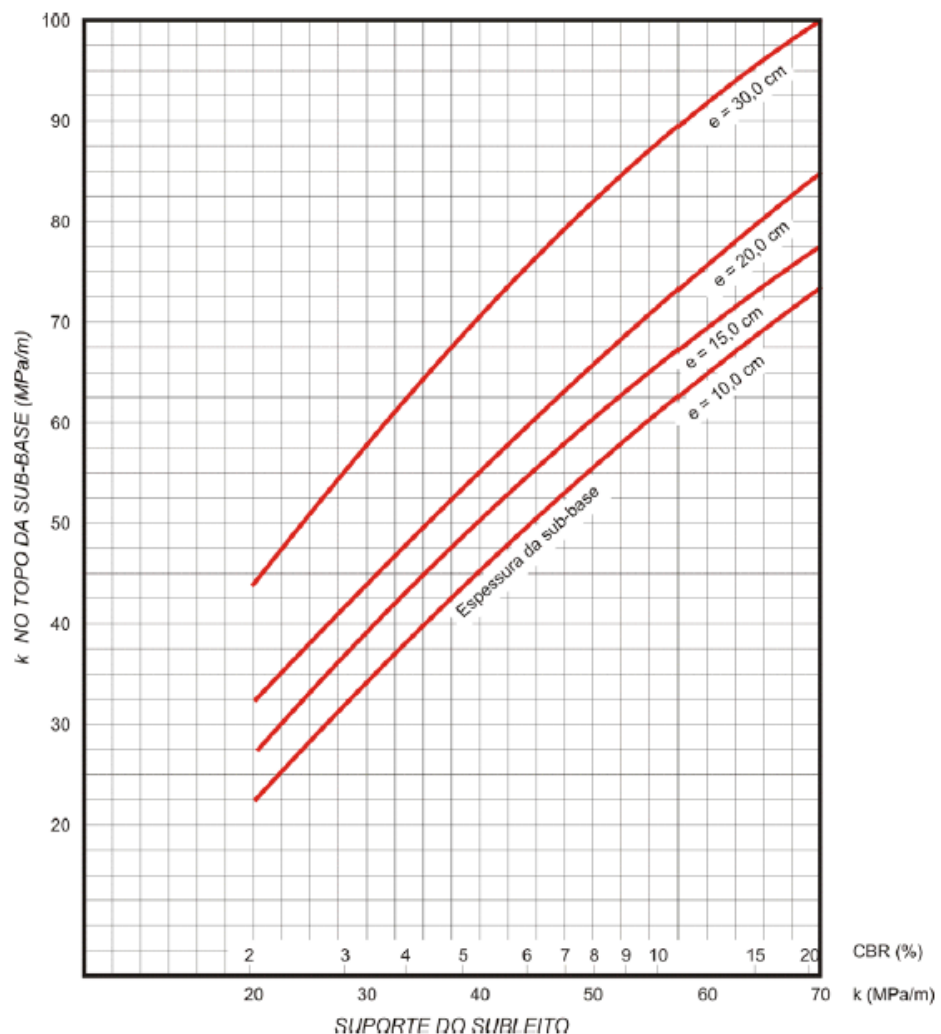


Fonte: DNIT

Como, geralmente, utiliza-se camada de sub-base sob as placas de concreto, é incoerente a adoção de um coeficiente de recalque levando-se em consideração apenas o subleito. A presença de sub-base aumenta consideravelmente o coeficiente de recalque de projeto.

Segundo DNIT-IPR 714, o material utilizado para sub-base deve possuir limite de liquidez (LL) máximo de 25%, índice de plasticidade (IP) menor do que 6%, dimensão máxima de agregado igual ou inferior a 20% da espessura da sub-base e material passante na peneira 0,075 mm inferior a 35%. A espessura mínima de sub-base é de 10 cm, porém, apenas em casos de tráfego muito leve. A Figura 10 mostra a influência da sub-base no coeficiente de recalque (k), correlacionando-os ao Índice de Suporte Califórnia do subleito.

Figura 10 – Influência da presença de sub-base no coeficiente de recalque



Fonte: DNIT



É possível constatar, através dos ábacos das Figuras 9 e 10, que um solo com I.S.C. de 8% possui coeficiente de recalque de 50 MPa/m, porém, quando há a presença de sub-base de 20 cm, por exemplo, o coeficiente de recalque do solo passa para 65 MPa/m.

Em comparação com o pavimento flexível, que possui vida útil de 8 a 12 anos, o pavimento rígido possui vida útil de 25 a 30 anos, tendo um custo, segundo a CNT, de apenas 30% maior do que o primeiro. Este custo é insignificante quando se considera o ganho de 150% de tempo de serventia.

### **2.3 Métodos de avaliação de pavimentos**

O objetivo da pavimentação é proporcionar segurança, conforto e velocidade para os usuários das vias, pois não se alcançam estes objetivos em vias com leito natural. Para que se possa alcançá-lo, os pavimentos devem ser projetados e construídos de forma que atenda as demandas funcionais e estruturais.

A avaliação de pavimentos tem, segundo Bernucci et al (2006), como conceito, níveis de serviço, ou serventia, que é a qualidade do pavimento em um dado momento, no que tange ao conforto e segurança; desempenho, que é a variação do nível de serviço com o tempo; gerência, que é a administração do pavimento; restauração, que é a intervenção realizada quando se busca elevar o nível de serviço; manutenção, que são intervenções de rotina que tem como objetivo assegurar a vida útil impedindo que a serventia caia de maneira brusca; reforço, mais conhecido como recapeamento asfáltico, que busca elevar a qualidade da superfície e melhorar as características funcionais do pavimento; e, por último, a reconstrução, que ocorre após o fim da vida útil do pavimento, quando o mesmo não possui uma qualidade mínima nem funcional quanto estrutural. Quando há reconstrução, todas as camadas do pavimento – estrutura e revestimento – são removidas e substituídas.

As avaliações funcionais e estruturais têm como objetivo definir qual será o tipo de intervenção que será necessária no pavimento. Em certos casos, pode ser constatado que a estrutura se encontra em bom estado, sendo necessária apenas restauração da superfície e, em outras situações, pode-se constatar que a estrutura já chegou ao seu limite de deterioração, já tendo superado os ciclos de carregamento

(número N) estabelecidos em projeto, sendo, assim, necessária a reconstrução total do pavimento.

### 2.3.1 Avaliação funcional de pavimentos

Segundo Bernucci et al (2006), para o usuário, o mais relevante é o estado do revestimento, pois é a superfície de rolamento. A superfície degradada causa desconforto, maior tempo de deslocamento – pois demanda maior atenção do motorista e menor velocidade – e maior custo operacional, tendo em vista que a superfície com falhas leva a um maior custo de combustível e manutenção com pneus e demais peças.

Na década de 1960, a então AASHO (*American Association of State Highway Officials*), hoje AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*), definiu o método de avaliação funcional através de níveis de serviço ou serventia. É um método empírico, que parte da avaliação subjetiva dos usuários da via em avaliação. Os níveis de serventia estão demonstrados na Tabela 6.

Tabela 6 – Níveis de serventia

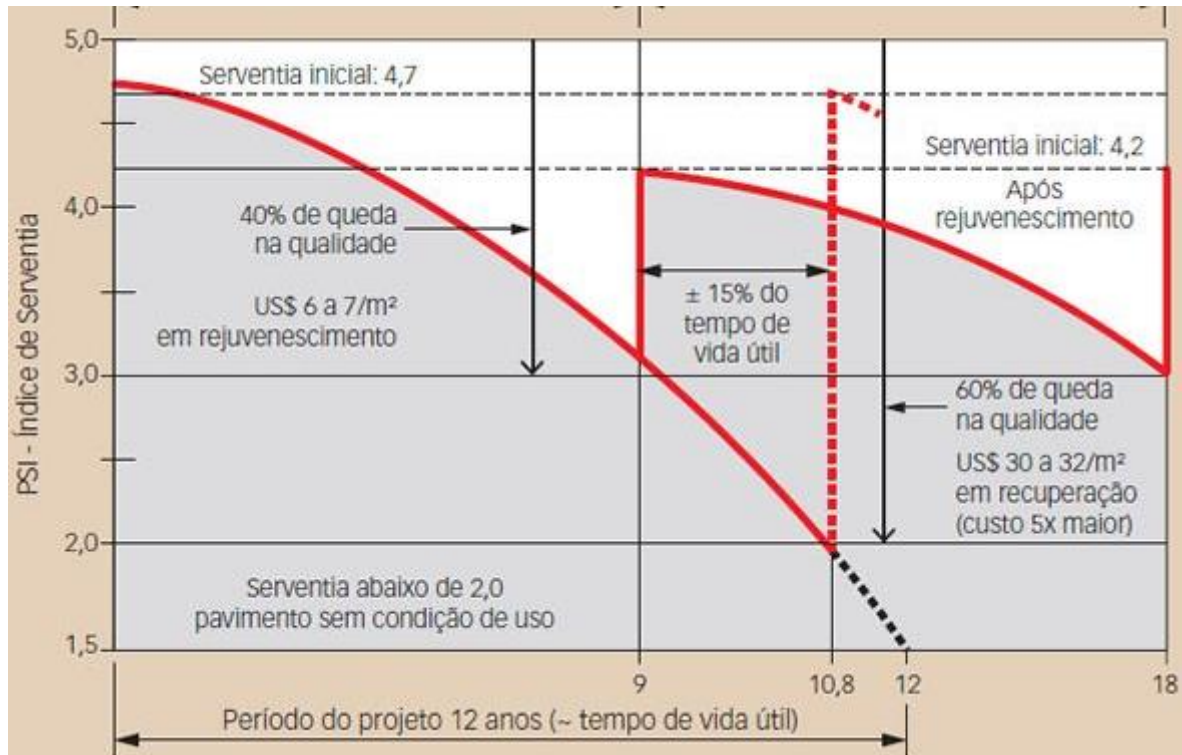
Padrão de conforto ao rolamento	Avaliação (serventia)
Excelente	4 a 5
Bom	3 a 4
Regular	2 a 3
Ruim	1 a 2
Péssimo	0 a 1

Fonte: adaptado pelo autor

Tendo em vista que a execução de obras não é perfeita, é considerado impossível que algum pavimento tenha, mesmo no momento de sua abertura ao tráfego, um valor de serventia atual (VSA) igual a 5, pois, para que isto ocorra, a superfície do pavimento não deve possuir nenhuma imperfeição, o que não ocorre na prática. Devido a este fato, o VSA máximo é 4,2 no momento de abertura ao tráfego. A AASHTO define que o pavimento deve passar por manutenção corretiva quando o VSA atingir 2,5 em vias de alto volume de tráfego, e 2,0 para as demais vias, sendo definido, este, como o limite de aceitabilidade. Se o pavimento atingir VSA próximo a

1,0, será necessária a reconstrução da via, pois foi atingido o limite de trafegabilidade, não sendo mais possível utilizar a via sem que haja riscos à segurança e desconfortos excessivos aos usuários.

Figura 11 – Custo de intervenções conforme VSA



Fonte: Revista Infraestrutura Urbana (PINI)

A Figura 11 ilustra um ábaco que compara os custos de intervenções de uma via projetada para 12 anos de vida útil, conforme o VSA no momento da intervenção. Quando a serventia é próxima de 3,0, o valor aproximado para a manutenção do pavimento é de US\$ 6,0/m<sup>2</sup>, e que, caso seja realizado adequadamente, pode elevar a serventia do pavimento para a faixa dos 4,0 pontos, garantindo, pelo menos, um adicional de 15% em sua vida útil. Caso a intervenção não seja realizada, após dois anos de retardo, o VSA poderá cair para a faixa dos 2,0 pontos, tornando necessária uma restauração muito mais delicada e custando cerca de US\$ 30,00/m<sup>2</sup>.

Os fatores que causam impacto no nível de serventia do pavimento são o tráfego e o intemperismo climático. Cada passagem de carga sobre o pavimento significa um ciclo. A estrutura possui um número finito de ciclos disponíveis, e este número pode, muitas vezes, ser inferior ao determinado em projeto. Quando a carga por eixo do veículo for superior ao máximo aceitável, por exemplo, a degradação do

pavimento é maior, fazendo com que tenha menos ciclos disponíveis e sua vida útil reduzida.

Ainda conforme Bernucci et al (2006), o intemperismo também é um grande fator de degradação dos pavimentos. Caso o revestimento já esteja trincado, a água percola facilmente no interior da estrutura, o que pode provocar maior deslocamento quando a mesma for solicitada pelo tráfego, e, desta forma, levar a uma evolução das trincas e uma redução no VSA. Problemas comuns envolvendo água estão, muitas vezes, relacionados ao umedecimento da base e à ascensão dos finos, causada pela pressão e rápido alívio, causados pelo tráfego, que ocasiona manifestações patológicas. Temperaturas muito elevadas amolecem, isto é, reduzem a viscosidade do CAP, reduzindo a sua resistência e possibilitando deformações plásticas, enquanto temperaturas muito baixas podem causar retração excessiva e levar à fratura do revestimento.

A Norma 009-2003-PRO, do DNIT, determina que a avaliação subjetiva do VSA de uma via deve ser realizada por cinco pessoas perfeitamente conhecedoras sobre o tópico, que devem ter sua sensibilidade testada através da comparação com os resultados de outro grupo maior. Este é um meio de “calibrar” os avaliadores e garantir que não haverá um grande desvio padrão entre as avaliações de cada indivíduo. As manifestações patológicas que o grupo deve avaliar são definidas na Norma 005/2003-TER do mesmo Departamento. Os avaliadores devem percorrer a via com um veículo de passeio, e devem ser considerados buracos, saliências, e irregularidades longitudinais e transversais. Segundo a Norma, o valor de serventia atual da via é dado conforme a Equação 2.1.

$$VSA = \frac{\sum X}{n} \quad (2.1)$$

Em que:

X - é a avaliação individual de cada avaliador;

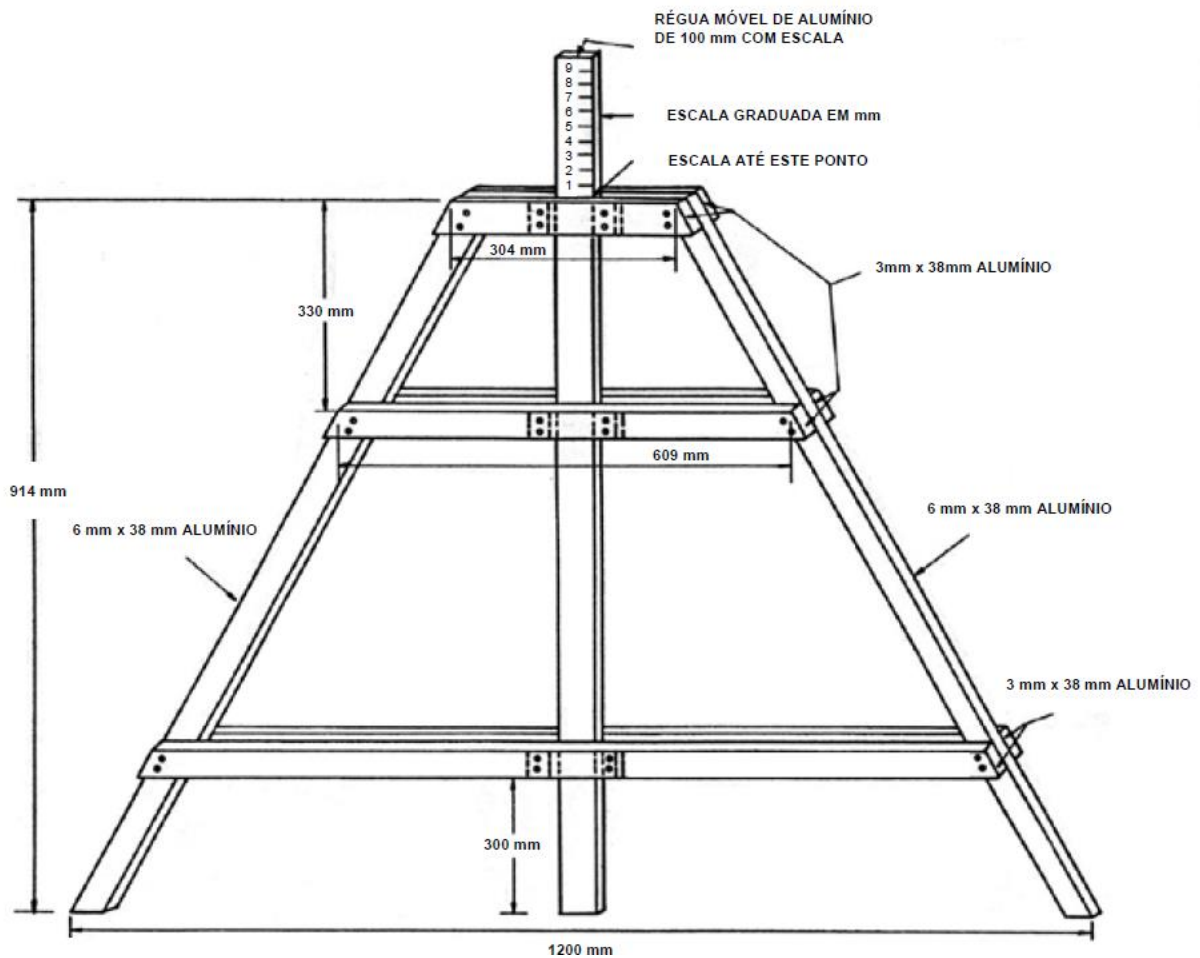
n - é o número de avaliadores.

A Norma 006-2003-PRO, também do DNIT, define parâmetros para a avaliação objetiva de pavimentos. A Norma define que, em caso de vias de pista dupla, devem ser avaliadas as faixas de rolamento mais solicitadas em cada sentido. No caso da

Avenida Unisinos, serão as faixas da direita, por onde trafegam os veículos mais pesados, como ônibus e caminhões.

Este ensaio é realizado preliminarmente, e pode servir como parâmetro para decidir se será necessário realizar uma avaliação estrutural no pavimento. O ensaio realizado com base nesta Norma utiliza uma régua móvel de 1,20 metros de comprimento, acoplada à uma treliça padronizada, conforme mostrado na Figura 12.

Figura 12 – Treliça e régua para medição de flechas em trilha de roda



Fonte: DNIT 006-2003-PRO

São medidas, pelo centro da régua, as deformações nas trilhas de roda interna e externa na faixa de rolamento avaliada. Em vias de pista dupla, o ensaio deve ser realizado a cada 20 metros, na faixa de rolamento mais carregada. Em pistas simples, deve ser realizado a cada 40 metros em cada faixa de tráfego. É definida, como superfície de avaliação, uma área delimitada pelos bordos internos e externos da faixa de rolamento, e por 3 metros anteriores e posteriores à seção definida.

A Norma define que todas as trincas serão do Tipo I, de acordo com a terminologia da Norma 005/2003-TER do mesmo Departamento. Serão levantados, também, todos os remendos e o tipo de seção de terraplanagem (corte ou aterro) na área de avaliação, caso haja projeto disponível.

Para a determinação do Índice de Gravidade Individual (IGI), a norma solicita que seja calculada a frequência em que cada manifestação patológica foi verificada. Como o pavimento é avaliado apenas dentro das áreas de avaliação, podendo ficar de fora, desta forma, algumas ocorrências de defeitos, são realizados cálculos estatísticos para se chegar a um valor aproximado. Segunda Norma, a frequência relativa é dada pela Equação 2.2.

$$f_r = \frac{f_a \times 100}{n} \quad (2.2)$$

Em que:

$f_r$  – frequência relativa;

$f_a$  – frequência absoluta;

$n$  – número de seções de avaliação.

O IGI das flechas medidas com a régua é determinado pela variância, que é calculado através da média aritmética e do desvio padrão. Se o média das variâncias for superior a 50, o IGI é igual a 50, e, caso a média das variâncias seja inferior a 50, adota-se o fator de ponderação ( $f_p$ ) igual a 1. O procedimento de cálculo do IGI das flechas nas trilhas de roda se dá pelas Equações 2.3 e 2.4.

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \quad (2.3)$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (2.4)$$

Em que:

$\bar{x}$  – média aritmética das flechas medidas nos trilhos de roda internos e externos;

$x_i$  – valores individuais;

s – desvio padrão;

$s^2$  - variância.

A Norma especifica que o Índice de Gravidade Individual é dado pela frequência relativa multiplicada por um fator de ponderação, que varia conforme o tipo de manifestação patológica encontrada. A Tabela 7 demonstra os valores de  $f_p$ .

Tabela 7 – Fatores de ponderação ( $f_p$ )

Ocorrência tipo	Codificação das ocorrências conforme Norma DNIT 005-2003-TER	$f_p$
1	FI, TTC, TTL, TLC, TLL e TRR - fissuras e trincas isoladas	0,2
2	FC2 - trincas com abertura superior a 1,00 mm e sem erosão nas bordas	0,5
3	FC3 - trincas com abertura superior a 1,00 mm e com erosão nas bordas	0,8
4	ALP, ATP, ALC e ATC - afundamentos locais e da trilha	0,9
5	O, P, E - ondulações/corrugações, painelas e escorregamentos	1,0
6	EX- exsudação	0,5
7	D - desgaste	0,3
8	R - remendos superficiais e profundos	0,6

Fonte: DNIT 006/2003-PRO (adaptado pelo autor)

Com todos os IGI calculados, a norma define que o Índice de Gravidade Global é o somatório dos IGI. O IGG deve ser calculado para cada trecho homogêneo. A condição do pavimento da via pode ser obtido através do IGG utilizando-se a Tabela 8.

Tabela 8 – Conceitos de degradação do pavimento, conforme IGG

Conceitos	Limites
Ótimo	$0 < IGG \leq 20$
Bom	$20 < IGG \leq 40$
Regular	$40 < IGG \leq 80$
Ruim	$80 < IGG \leq 160$
Péssimo	$IGG > 160$

Fonte: DNIT 006/2003-PRO

### 2.3.2 Avaliação estrutural de pavimentos

Em praticamente todos os casos, apenas a avaliação funcional de pavimentos não consegue definir as causas de todas as manifestações patológicas presentes em uma via, visto que é impossível concluir sobre a estrutura inferior ao observar apenas o revestimento. Por isto, é necessário que, além da avaliação funcional, seja feita, em conjunto, a avaliação estrutural.

A avaliação estrutural de pavimentos, segundo Balbo (2007), possibilita a análise do comportamento do pavimento e sua capacidade de suporte para o tráfego futuro. Para que isto seja feito, é necessário analisar as deformações no pavimento e conhecer as espessuras de suas camadas. Um projeto de restauração de pavimentos sempre vem acompanhado de estudos funcionais e estruturais. Ainda segundo o autor, o conhecimento das deformações permite a obtenção dos módulos de elasticidade e de resiliência

As avaliações estruturais podem ser definidas como destrutivas e não destrutivas. A avaliação destrutiva, segundo Balbo (2007), é realizada a partir de escavações no pavimento, podendo ser cavas a pá e picareta, trincheiras transversais à pista ou furos à trado. Este procedimento permite que se obtenha todas as características físicas do pavimento, pois evidenciam todos os materiais das camadas existentes, suas espessuras, seu estado de degradação e permite a coleta de amostras para ensaios de laboratório. A Figura 13 apresenta um furo realizado no pavimento, mostrando as camadas de revestimento, base e subleito.



Figura 13 – Abertura de trincheira em pavimento



Fonte: fotografado pelo autor

As avaliações não destrutivas, como o nome sugere, não exigem a abertura de cavas. Os parâmetros obtidos *in loco* são as deflexões (ou deformações verticais) causadas no pavimento, resultantes da aplicação de uma carga conhecida. Os ensaios mais utilizados, no Brasil e no mundo, segundo Balbo (2007), são a viga de Benkelman e o *Falling Weight Deflectometer* (FWD).

O ensaio da viga de Benkelman, segundo Bernucci (2007), necessita de um caminhão com eixo traseiro simples (tipo toco) com carga de 8,2 t no eixo e mais o equipamento padronizado de ensaio. É colocada a ponta do equipamento entre os pneus traseiros do caminhão e, em seguida, é realizada a medição inicial de no relógio comparador (ou extensômetro). Logo após isto, o caminhão desloca-se 10 metros adiante e é realizada outra leitura no relógio. A tendência é que, após algum tempo, o pavimento retorne ao seu estado indeformado (pré carregamento). A deflexão máxima no pavimento é dada pela Equação 2.5. As Figuras 14 e 15 ilustram o ensaio da Viga de Benkelman.

$$d_0 = |L_0 - L_f| \times \frac{a}{b} \quad (2.5)$$

Em que:

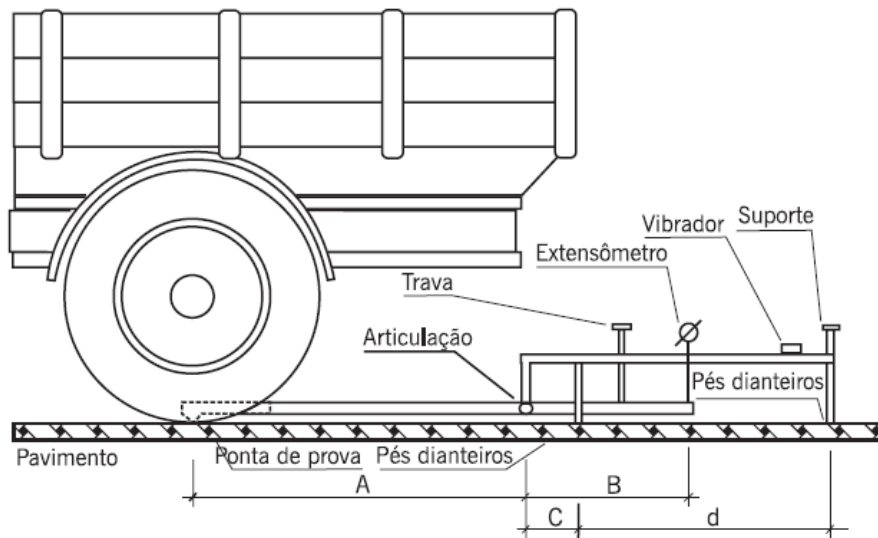
$d_0$  – deflexão máxima sob a roda;

$a/b$  – relação entre o braço maior e o braço menor da viga de Benkelman;

$L_0$  – leitura inicial no relógio comparador;

$L_f$  – leitura final no relógio comparador.

Figura 14 – Esquema da Viga Benkelman (DNER ME 24/94)



Fonte: Bernucci et al (2006)

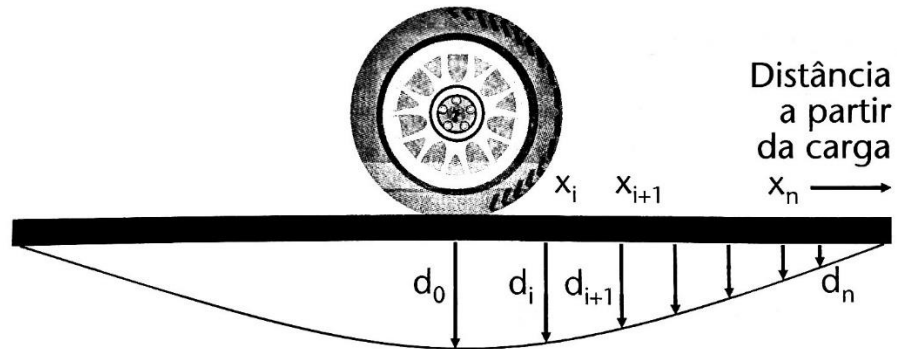
Figura 15 – Ensaio com viga Benkelman



Fonte: Ritter dos Santos (2017)

Segundo Balbo (2007), o ensaio da viga de Benkelman também possibilita a determinação da linha de influência de carga – também chamada de bacia de deflexões – uma vez que, ao serem realizadas várias leituras de deflexões a partir do ponto de aplicação carga, é possível montar o gráfico das deformações em função da distância. O mesmo autor cita que é necessário aguardar um tempo até que o ponteiro do relógio comparador estabilize, antes de analisar o próximo ponto. Por isso, e para aumentar a precisão, sugere-se a utilização de vigas Benkelman digitais (automatizada), para tornar o ensaio, que é estático, em dinâmico. Segundo Bernucci (2006), com a obtenção de várias leituras de deflexão, é possível calcular o raio de curvatura parabólica que passa pelos pontos. A Figura 16 demonstra a curvatura parabólica da bacia de deflexões.

Figura 16 – Bacia de deflexões através da viga de Benkelman



Fonte: Balbo (2007)

A Norma DNER 024/94-ME, estabelece que, quando se realiza apenas uma medição inicial e uma final, deve-se realizar uma medição extra para a determinação do raio de curvatura. Esta medição, segundo a Norma, deve ser feita deslocando-se o eixo do caminhão 25 cm adiante do ponto de prova (aplicação de carga) do pavimento. A Equação 2.6, extraída da Norma, demonstra o cálculo do raio de curvatura.

$$R = \frac{6250}{2 \times (D_0 - D_{25})} \quad (2.6)$$

Em que:

R – raio de curvatura (m);

$D_0$  – deflexão inicial, real ou verdadeira (centésimo de milímetro);

$D_{25}$  – deflexão a 25 cm adiante do ponto de aplicação de carga (centésimo de milímetro).

O método de ensaio *falling weight deflectometer* (FWD) também tem como objetivo a determinação de deformações no pavimento, no entanto, o equipamento utilizado é muito mais tecnológico do que a viga de Benkelman, e realiza um teste dinâmico. Segundo Balbo (2007), o equipamento aplica pulsos de carga sobre uma placa de 300 mm de diâmetro (DNER 273/96 – PRO), a uma frequência de 25 milissegundos a 30 milissegundos, utilizando um martelo com massas que variam de 50 kg a 300 kg. É posicionado um geofone no ponto de aplicação de carga, e geofones intermediários distantes do ponto teste, sendo que o último geofone fica a 2,25 m

adiante. Quando o pulso de carga é aplicado, os geofones captam as ondas geradas pela propagação da deformação do pavimento, e o equipamento calcula as deflexões através da análise das acelerações das ondas.

Tanto Balbo (2007) quanto Bernucci (2006) citam que as deflexões encontradas pelo FWD diferem das encontradas pela viga de Benkelman. Isto é esperado, pois tratam-se de ensaios muito diferentes, uma vez que o primeiro utiliza uma carga dinâmica muito inferior à carga estática de 8,2t utilizada no segundo. Como as Normas utilizam valores de deflexão obtidos pela viga de Benkelman, o ideal, para Balbo (2007), é que seja feita uma calibração do FWD utilizando ambos os equipamentos, visando compatibilizar as suas leituras com as deflexões que seriam obtidas pela viga de Benkelman. Bernucci (2006) frisa, porém, que não há relação universal (formulada) entre os resultados obtidos nos dois equipamentos, sendo necessário, assim, realizar a calibração toda vez que for se ensaiar um novo pavimento.

A Norma 011/79-PRO, do DNER, descreve que, ao longo da sua vida útil, o pavimento possui três fases. A primeira, chamada fase de consolidação, ocorre logo após a abertura da via ao tráfego, e é caracterizada por um decréscimo no valor de deflexão, devido à ocorrência de melhor assentamento e consolidação das camadas do pavimento pelo tráfego. A segunda fase, denominada fase elástica, é o maior período da vida do pavimento, define sua vida útil. É característico desta fase (caso o pavimento tenha sido bem projetado e executado) o crescimento praticamente linear das deflexões. A terceira, e última fase, é a chamada fase de fadiga, que define o período após a vida útil do pavimento (fase pós-elástica). É nesta fase que as deflexões começam a crescer de forma desenfreada e as manifestações patológicas começam a aflorar.

A Norma deixa implícito que nem todos os pavimentos possuem as três fases bem caracterizadas. Em alguns casos, o pavimento pode ser aberto ao tráfego já na fase de fadiga, o que significa que foi subdimensionado em projeto ou que foi construído inadequadamente. Outros fatores que podem acelerar a chegada à terceira fase são deficiências de drenagem e subleitos com baixa capacidade de suporte, visto que, uma vez que o pavimento tenha sido bem dimensionado e bem executado, as deformações serão restringidas ao subleito. Além disso, a Norma cita que, para que o pavimento se mantenha na fase elástica, isto é, sem a ocorrência de manifestações patológicas, é necessário que as deflexões (D) se mantenham abaixo do valor máximo

de deflexões admissíveis ( $D_{adm}$ ), e o raio de curvatura ( $R$ ) seja maior que um determinado valor mínimo.

Para o cálculo da deflexão característica, segundo a Norma 011/79-PRO, do DNER, deve-se calcular a média das deflexões medidas e o desvio padrão, como meio de refinamento estatístico. O cálculo do desvio padrão das deflexões medidas dá-se pela Equação 2.7.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(D_i - D)^2}{n - 1}} \quad (2.7)$$

Em que:

$\sigma$  – desvio padrão;

$D_i$  – deflexão individual;

$D$  – média das deflexões individuais;

$n$  – número de deflexões medidas.

Com o desvio padrão calculado, deve-se prosseguir à eliminação de todas as deflexões que estiverem fora do intervalo dado por  $D \pm z\sigma$ , sendo  $z$  em função de  $n$ , a partir da Tabela 9.

Tabela 9 – Determinação de  $z$  em função de  $n$

$n$	$z$
3	1
4	1,5
5 - 6	2
7 - 19	2,5
$\geq 20$	3

Fonte: adaptado pelo autor (DNER-011/79-PRO)

Deve-se repetir o procedimento de eliminação de deflexões até que se tenha todas as deflexões dentro do intervalo citado. Por fim, calcula-se, novamente, a média das deflexões com os valores remanescentes, o que leva a um novo valor de  $D$ .

A partir de  $D$ , obtém-se a deflexão característica,  $D_c$ , somando  $D$  com  $\sigma$ . A Norma, no entanto, determina que a deflexão de projeto ( $D_p$ ), deve levar em questão

a pior hipótese de condição de umidade no pavimento. Para isto, deve-se aplicar à deflexão característica ( $D_c$ ) um fator de correção sazonal, considerando-se a estação climática no momento das medições de deflexões. A Tabela 10 indica os fatores de correção sazonal.

Tabela 10 – Fator de correção sazonal para deflexão característica

Natureza do subleito	Fator de correção sazonal - $F_s$	
	Estação seca	Estação chuvosa
Arenoso e permeável	1,10 - 1,30	1
Argiloso e sensível à umidade	1,20 - 1,40	1

Fonte: DNER-011/79-PRO

Ao ser determinado o fator de correção sazonal ( $F_s$ ), é obtido a deflexão de projeto pela soma da deflexão característica ( $D_c$ ) ao fator de correção sazonal.

A deflexão admissível ( $D_{adm}$ ), que será comparada com a deflexão de projeto ( $D_p$ ), levará em consideração o valor  $N$  de número de passagens do eixo padrão de 8,2 t no pavimento. A deflexão admissível é determinada pela Equação 2.8.

$$\log D_{adm} = 3,01 - 0,176 \log N \quad (2.8)$$

Em que:

$D_{adm}$  – deflexão admissível (0,01 mm);

$N$  – número de passagens do eixo padrão de 8,2 t.

Caso os resultados indiquem que a deflexão de projeto é menor que a deflexão admissível e o raio de curvatura for maior ou igual a 100 m, pode-se concluir que o pavimento está na fase elástica e ainda não chegou à fase de fadiga. Se a deflexão de projeto for maior que a deflexão admissível, pode-se admitir que o pavimento já atingiu a fase de fadiga e necessita de reforço (ou restauração) ou de reconstrução.

Para concluir que medida de correção tomar, é necessário realizar o levantamento de todos os parâmetros já citados anteriormente, como o Índice de Gravidade Global (I.G.G.), o número  $N$ , a deflexão de projeto ( $D_p$ ), o raio de curvatura da viga de Benkelman e a deflexão admissível ( $D_{adm}$ ). A Tabela 11 demonstra os

intervalos de deflexão de projeto e raios de curvatura correlacionados com às medidas corretivas que devem ser tomadas para a restauração ou reconstrução do pavimento.

Tabela 11 – Critérios para avaliação estrutural

Hipótese	Dados deflectométricos	Qualidade estrutural	Necessidade de estudos complementares	Critério de cálculo de reforço	Medidas corretivas
I	$D_p \leq D_{adm}$ $R \geq 100$ m	Boa	Não	Não necessita de reforço	Correções superficiais
II	$D_p > D_{adm}$ $R \geq 100$ m	$D_p \leq 3 D_{adm}$ Regular	Não	Deflectométrico	Reforço
		$D_p > 3 D_{adm}$ Má	Sim	Deflectométrico e resistência	Reforço ou reconstrução
III	$D_p \leq D_{adm}$ $R < 100$ m	Regular para má	Sim	Deflectométrico e resistência	Reforço ou reconstrução
IV	$D_p > D_{adm}$ $R < 100$ m	Má	Sim	Resistência	Reforço ou reconstrução
V	$IGG > 180$	Má	Sim	Resistência	Reconstrução

Fonte: adaptado pelo autor (DNER-011/79-PRO)

## 2.4 Orçamentação de obras viárias

### 2.4.1 Orçamento

Toda obra, pública ou privada, em que se deseja ter, antes de sua execução, uma previsão do valor que será investido, deverá possuir um orçamento bem elaborado conforme os quantitativos levantados no projeto executivo.

Para Mattos (2006), o orçamento de uma obra é, nada mais, nada menos, do que uma previsão, porém, uma previsão que precisa ser muito bem fundamentada, sem transformá-la em um jogo de adivinhação, pois é esta etapa do empreendimento que determinará se uma empresa ou o setor público terão lucros ou prejuízos. Em



alguns casos, uma grave falha pode levar empresas pequenas ou médias à falência e órgãos públicos a ter sua receita prejudicada.

Ainda segundo Mattos (2006), o ideal é que o orçamentista tenha amplo conhecimento sobre a execução da obra, pois, deste modo, conhecerá como cada etapa será realizada, conhecendo todos os equipamentos, insumos e serviços que serão utilizados.

#### 2.4.2 Conceitos de custos de uma obra

O preço, ou custo total de uma obra, é a soma de duas parcelas distintas, que compreendem todos os custos e bonificações da execução do empreendimento. A maior parcela é o custo direto, que, segundo o DNIT (2017), compreende todos os custos oriundos de serviços necessários (execução da obra) e insumos, que compreende equipamentos, mão de obra direta, transportes (mobilização e desmobilização, deslocamentos de mão de obra ou de materiais).

A segunda parcela, que, segundo a composição da taxa BDI (Benefícios e Despesas Indiretas), segundo Memorando Circular nº 03/2016 do DNIT, gira em torno de 24% a 34% do custo total da obra. Os custos indiretos, segundo Mattos (2006), compreendem impostos, equipes de supervisão e apoio, instalação e manutenção de canteiro de obras e o lucro da empresa contratada.

#### 2.4.3 Mobilização e desmobilização

Para o DNIT, a mobilização e desmobilização da obra corresponde ao deslocamento de equipamentos (ferramentas, veículos, usinas móveis, maquinário) e recursos humanos (trabalhadores) da sede local da empresa contratada ou outro (se o equipamento for locado ou a mão de obra trazida de outra região). O pagamento deste serviço é, geralmente, distribuído igualmente em todos os meses do cronograma físico/financeiro da obra. A forma em que é cobrado é por custo horário, levando em conta o tempo de transporte.

#### 2.4.4 Instalação e manutenção de canteiro de obras

A instalação do canteiro de obras engloba, ainda segundo o DNIT, os serviços de limpeza de terreno – manual ou mecanizada – instalações provisórias de água, esgoto e energia elétrica, contêineres de alojamento, escritório, almoxarifado, refeitório, área de vivência e sanitários, caminhos de acesso, fechamento com tapumes e instalações industriais, quando houver. As composições de custo deste item podem ser bem diversificadas, dependendo do porte da obra. Em alguns casos, as instalações podem ser orçadas pelo seu valor de compra dividido pela duração da obra, em meses, ou orçado o valor de aluguel mensal multiplicado pelo tempo de duração da obra, visando o que for mais econômico para a empresa contratada e para o setor público. Em algumas obras, este item do orçamento contemplará apenas um contêiner de almoxarifado e um banheiro químico, e, em outras obras, poderá contemplar um grande complexo.

#### 2.4.5 Fases de elaboração do orçamento

A primeira etapa, após compreensão do projeto executivo, é, para Mattos (2006), identificar e organizar todos os serviços que deverão ser realizados ao longo de toda a obra. A segunda etapa seria o levantamento de quantitativos, que pode, ou não, ser fornecido detalhadamente pelo projetista. A próxima etapa é a pesquisa de custos unitários para cada insumo ou serviço em publicações especializadas, como o SICRO, do DNIT, o SINAPI, da Caixa Econômica Federal, o TCPO da Editora PINI, entre outros, utilizar composições próprias elaboradas pelo orçamentista, desde que sejam coerentes com a realidade, ou realizar cotações de mercado.

#### 2.4.6 Composição de custos unitários

Mattos (2006) define composição de custos como sendo todos os custos incorridos para a execução de uma atividade. Uma composição de custos é sempre formada por dois ou mais itens, podendo ser mão-de-obra, material e/ou equipamentos. A composição contemplará o custo horário da mão-de-obra com

encargos sociais – quando houver – os custos horários produtivos e improdutivos de equipamentos, como, por exemplo, maquinários pesados – quando houver – e os materiais necessários para a execução desta atividade da obra.

A produtividade, diferentemente dos quantitativos levantados em projeto, nunca será exata, pois não pode ser extraída do desenho. A produtividade, para Mattos (2006), depende de vários fatores imensuráveis, como, por exemplo, motivação, condições de trabalho, supervisão, metodologia da empresa, experiência, entre outros. Os coeficientes de produtividade (horas por unidade de serviço) podem ser levantados através de dados históricos da empresa contratada ou extraído de publicações referenciadas como o SICRO ou SINAPI. Vale ressaltar, no entanto, que, neste caso, os valores referenciados podem ser muito diferentes dos praticados na realidade, pois trata-se de um valor levantado por amostragem de obras de referência, podendo destoar muito da produtividade real de determinadas empresas. No caso de produtividade de equipamentos, a mesma explicação se aplica, pois, por exemplo, duas escavadeiras hidráulicas em duas obras diferentes, executando uma atividade semelhante, dificilmente terão a mesma produtividade. Isto porque, neste caso, fatores externos como número de caminhões basculantes disponíveis, distância média de transporte (DMT) até bota-fora, tipo de revestimento do trajeto de transporte, acesso à obra, condições do solo, entre outros, impactam diretamente a produção destes equipamentos. A Figura 17 mostra um exemplo de composição de custos extraída do SICRO.

Figura 17 – Composição de custos padrão SICRO/DNIT

DNIT

CGCIT

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO		Rio Grande do Sul		Produção da equipe		61,51 m <sup>3</sup>	
Custo Unitário de Referência		Maio/2017				Valores em reais (R\$)	
4011479 Fresagem contínua de revestimento betuminoso							
<b>A - EQUIPAMENTOS</b>							
	Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo Horário Total	
		Operativa	Improdutiva	Operativo	Improdutivo		
E9605	Caminhão tanque com capacidade de 6.000 l - 136 kW	1,00000	0,57	0,43	126,3035	39,0223	88,7726
E9678	Fresadora a frio - 410 kW	1,00000	1,00	0,00	800,3087	295,8868	800,3087
E9697	Mini-carregadeira de pneus com vassoura de 1,8 m - 42 kW	2,00000	0,81	0,19	75,7595	40,7128	138,2013
					Custo horário total de equipamentos		1.027,2826
<b>B - MÃO DE OBRA</b>							
	Quantidade	Unidade		Custo Horário		Custo Horário Total	
P9824	Servente	8,00000	h	16,3209		130,5672	
						Custo horário total de mão de obra	130,5672
						Custo horário total de execução	1.157,8498
						Custo unitário de execução	18,8238
						Custo do FIC	-
						Custo do FIT	-
<b>C - MATERIAL</b>							
	Quantidade	Unidade		Preço Unitário		Custo Unitário	
M1995	Apoio do porta bit para fresadora de 410 kW	0,00065	un	953,6521		0,6199	
M1974	Bit para fresadora de 410 kW	0,26000	un	25,9280		6,7413	
M1975	Porta bits para fresadora de 410 kW	0,00260	un	299,5353		0,7788	
						Custo unitário total de material	8,1400
<b>D - ATIVIDADES AUXILIARES</b>							
	Quantidade	Unidade		Custo Unitário		Custo Unitário	
						Custo total de atividades auxiliares	-
						Subtotal	26,9638
<b>E - TEMPO FIXO</b>							
	Código	Quantidade	Unidade		Custo Unitário	Custo Unitário	
M2093	Material fresado - Caminhão basculante 10 m <sup>3</sup>	5915407	2,40000	t	1,7500	4,2000	
						Custo unitário total de tempo fixo	4,2000
<b>F - MOMENTO DE TRANSPORTE</b>							
	Quantidade	Unidade		DMT		Custo Unitário	
				LN	RP	P	
M2093	Material fresado - Caminhão basculante 10 m <sup>3</sup>	2,40000	tkm	5914359	5914374	5914389	
						Custo unitário total de transporte	
						Custo unitário direto total	31,16

Fonte: SICRO/DNIT – MAIO 2017

Através da composição ilustrada na Figura 17, pode-se explicar os conceitos explicados acima. A composição indica os equipamentos utilizados, a mão de obra necessária, os materiais e o custo com carga e manobra de caminhão basculante (tempo fixo). A exemplo da produtividade, o exemplo indica que a fresadora, em uma única hora de produção, realiza a fresagem de 61,51 m<sup>3</sup> de revestimento betuminoso, a um custo de R\$ 800,3087 / 61,51, ou seja, cerca de R\$ 13,01 por metro cúbico.

#### 2.4.7 Fator de Influência de Chuvas

A chuva é um fator que pode, em determinadas etapas da execução de alguma obra, prejudicar a produtividade das equipes e até mesmo inviabilizar o trabalho, causando atrasos e acréscimos de custo ao final da obra. Por isso, é importante que esta possibilidade seja prevista no orçamento, para que, posteriormente, não haja desembolso não planejado para a empresa contratada ou para o contratante. Foi considerando isto que o DNIT incluiu, no SICRO, o Fator de Influência de Chuva (FIC).

Segundo o DNIT, as obras de infraestrutura que são, na maioria, executadas ao ar livre, sofrem influência das chuvas, que afetam a produtividade dos equipamentos e da mão de obra. O FIC é um custo adicional aplicado às composições de custo unitário de atividades que podem ser influenciadas pela chuva. A Equação 2.9 define como o valor é calculado.

$$FIC = f_a \times f_p \times f_e \times nd \quad (2.9)$$

Em que:

FIC – Fator de Influência de Chuvas;

$f_a$  – fator da natureza da atividade;

$f_p$  – fator de permeabilidade do solo;

$f_e$  – fator de escoamento superficial;

$nd$  – fator de intensidade das chuvas, expressa o percentual de dias sem atividades devido às chuvas.

O DNIT calculou um FIC para cada Estado brasileiro, de maneira generalizada, portanto, o próprio DNIT sugere que o orçamentista verifique se o comportamento hidrológico da microrregião em que se executará a obra é semelhante ao adotado na metodologia aplicada ao SICRO. Caso não seja, sugere-se que o fator seja recalculado utilizando-se dados das três estações pluviométricas mais próximas do local onde se executará a obra.

O fator da natureza da atividade, parcela  $f_a$  da Equação 2.9, conforme DNIT, será maior do que zero em todas as atividades que estejam sujeitas à influência das chuvas. A Tabela 12 identifica algumas das atividades em que se aplica o  $f_a$ .

Tabela 12 – Fator da natureza da atividade

Descrição do serviço	Fator da natureza da atividade			
	$f_a = 0,25$	$f_a = 0,50$	$f_a = 1,00$	$f_a = 1,50$
Desmatamento e destocamento	x			
Escavação, carga e transporte de mat. de 1ª categoria				x
Escavação, carga e transporte de mat. de 2ª categoria		x		
Escavação, carga e transporte de mat. de 3ª categoria	x			
Escavação, carga e transporte de solos moles				x
Reaterros				x
Base de macadame hidráulico		x		
Misturas asfálticas	x			
Base de brita graduada		x		
Reforço de subleito				x

Fonte: adaptado pelo autor – DNIT (2017)

Pode-se observar, ao analisar a Tabela 12, que as atividades que mais sofrem influência das chuvas são aquelas em que há serviços em solos. Isto é devido ao fato de o terreno ficar inapropriado à execução de atividades caso esteja molhado. Um bom exemplo de comparação são as categorias de materiais de escavação. Escavações em material de 1ª categoria, mais argiloso, sofrem muito mais influência da chuva do que escavações em material de 3ª categoria, de características mais rochosas.

O fator de permeabilidade do solo, parcela  $f_p$  da Equação 2.9, é relacionado à permeabilidade dos materiais de subleito, de aterro ou de camadas de pavimentação. Segundo o DNIT, quanto menos coesivo for o material, maior a sua permeabilidade e, como consequência, menor o seu fator de permeabilidade ( $f_p$ ). Materiais finos e coesivos, como argilas, detêm menor permeabilidade, portanto, seu fator de permeabilidade é maior. Ainda segundo DNIT, quando não se conhece a granulometria dos materiais de subleito, aterro ou pavimento, sugere-se adotar um

valor intermediário, ou seja, considerar o material como sendo areno-argiloso. A Tabela 13 demonstra os valores de  $f_p$ .

Tabela 13 – Fator de permeabilidade do solo

Classificação dos solos	Fator de permeabilidade - $f_p$
Areia	0,50
Areia siltosa	0,65
Areia argilosa	0,75
Argila arenosa	0,75
Argila siltosa	0,85
Argila	1,00

Fonte: adaptado pelo autor – DNIT 2017

O fator de escoamento superficial ( $f_e$ ) está relacionado, segundo DNIT, à declividade da superfície. Quanto maior for a declividade, menor será a infiltração da água no solo, e, por consequência, maior será o fator de escoamento. Superfícies com menor declividade tendem a ter maior infiltração de água, devido à menor velocidade de escoamento, logo, o fator de escoamento será menor. A declividade média de obras de infraestrutura é, para o DNIT, entre 1% e 5%, porém, a Tabela 14 apresenta outras faixas de declividade para obtenção de  $f_e$ .

Tabela 14 – Fator de escoamento superficial

Declividade transversal (%)	Fator de escoamento superficial - $f_e$
$D \leq 1$	1,00
$1 < D < 5$	0,90
$D \geq 5$	0,80

Fonte: adaptado pelo autor – DNIT 2017.

A última parcela da Equação 2.9, o fator de intensidade das chuvas ( $nd$ ) utiliza dados históricos pluviométricos para sua determinação. Mesmo após o encerramento da precipitação, alguns serviços não podem ser retomados devido ao acúmulo de água no solo. O DNIT define o fator de intensidade das chuvas como sendo o valor médio dos dias paralisados, sem serviço, devido às precipitações intensas. São consideradas, no cálculo, apenas as 8 horas comerciais em que há atividade na obra.

São utilizados dados históricos de postos pluviométricos dos Estados brasileiros para se obter as intensidades de chuvas para cada dia da amostragem. Ainda segundo o DNIT, se a intensidade da chuva, em 8 horas (chuva diária, extraída do histórico pluviométrico, dividido por 3), for menor ou igual a 5 mm, o número de dias paralisados (nd) é zero, ou seja, esta chuva não é suficiente para interromper qualquer atividade. Se a intensidade da chuva, em 8 horas, for maior do que 5 mm e menor do que 20 mm, o número de dias paralisados é igual à intensidade da chuva (mm) dividido por 15 menos 0,333. Por fim, se a intensidade da chuva, em 8 horas, for maior do que 20 mm, o número de dias paralisados é igual a 1. A Tabela 15 mostra um exemplo de determinação do fator de intensidade das chuvas (nd) em um intervalo de duas semanas, em uma região hipotética.

Tabela 15 – Exemplo de determinação do fator de intensidade das chuvas

Dia	Intensidade da chuva (mm/dia)	Dias paralisados
1	0	
2	0,4	
3	0	
4	30	0,3337
5	17	0,0448
6	1,9	
7	8	Domingo
8	47	0,7114
9	12	
10	25	0,2226
11	0	
12	5	
13	0	
14	0	Domingo
Soma de dias paralisados		1,3124
Fator de intensidade das chuvas - nd		0,0937

Fonte: elaborado pelo autor

Os fatores de intensidade das chuvas médio, padrão, para a região Sul do Brasil, calculados pelo DNIT, podem ser observados na Tabela 16.



Tabela 16 – Fatores de intensidade de chuvas médios para a região Sul do Brasil

UF	Posto pluviométrico	Nome do posto pluviométrico	nd	nd médio
Paraná	02352002	Quinta do Sol	0,03011	0,03459
	02549000	São Bento	0,02775	
	02552001	Águas do Vere	0,04590	
Rio Grande do Sul	03050002	Palmares do Sul	0,01998	0,02962
	02953030	Tupancireta	0,03925	
Santa Catarina	02750001	Campo Belo do Sul	0,02811	0,03482
	02651040	Ponte Serrada	0,04152	

Fonte: adaptado pelo autor – DNIT 2017

Obtendo-se todos os dados acima, pode-se proceder à determinação do Fator de Influência de Chuvas (FIC), que será aplicado como adicional ao somatório dos custos de serviços de mão de obra, equipamentos, serviços auxiliares e transporte.

#### 2.4.8 Fator de Influência do Tráfego

Além do Fator de Influência de Chuvas, o SICRO também contempla mais um fator externo que pode prejudicar a produtividade mecânica e da mão de obra. É o chamado Fator de Influência do Tráfego (FIT). O DNIT afirma que a existência de um certo volume de tráfego no perímetro da obra, e, também, a proximidade de centros urbanos, podem levar à necessidade de interdição de vias de trânsito, de realizarem-se medidas preventivas de segurança, além de haver redução de velocidade de transporte de materiais e a probabilidade de haver considerável interferência de redes públicas de água, esgoto, telefonia ou energia.

O SICRO admite uma parcela de, no máximo, 15% dos custos de execução de determinadas atividades como sendo adicional do FIT em função do volume diário médio de tráfego (VMD). Trechos que possuem VMD inferior a 2000 veículos por dia não são passíveis de aplicação de FIT em função do VMD. Trechos com VMD entre 2000 e 11000 veículos por dia podem ter aplicação de FIT igual ao VMD menos 2000 divididos por 600, expresso em porcentagem. Para VMD igual ou maior do que 15000 veículos por dia, o SICRO admite a taxa máxima de 15%.

Obras próximas a centros urbanos também sofrem com redução de produtividade, pois congestionamentos, tráfego de pedestres, restrições de horários,

entre outros, podem prejudicar a eficiência das equipes nas atividades. Para compensar este problema, o DNIT sugere a aplicação de acréscimo sobre o custo de execução das atividades afetadas. O percentual máximo é 5%, se a obra estiver completamente inserida em centro urbano. Caso apenas uma parcela da mesma estiver em meio urbano, deve-se adotar uma taxa proporcional a esta parcela.

#### 2.4.9 Diferenças entre Sicro 2 e o novo SICRO (2017)

O desenvolvimento do novo SICRO iniciou-se devido à necessidade de adaptar o Sicro 2 à realidade do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), que é um órgão multimodal. O início da elaboração do novo sistema, anteriormente chamado de SINCTAN e de Sicro 3, segundo Filho (2017), foi em 2007. Em 2012, a Fundação Getúlio Vargas (FGV), uma renomada instituição de ensino superior, com foco em administração e economia, foi contratada para colaborar no desenvolvimento do sistema. Em 2017 o novo SICRO foi implantado em todo o território nacional.

O SICRO vem acompanhado de uma grande gama de relatórios explicando a metodologia aplicada nas elaborações de composições de custos unitárias, incluindo relatórios de encargos sociais, pesquisas de preços, custos horários de equipamentos, custos dos materiais e produtividades.

O SICRO conta com mais de 6000 composições, ante as 2700 do Sicro 2. As composições de custos horários foram alteradas, sendo considerados apenas os custos horários produtivos dos equipamentos. Os custos improdutivo só serão remunerados em atividades em que o tempo improdutivo seja considerável.

Foi removido o BDI (custos indiretos) das composições unitárias, sendo mantidos apenas os custos diretos. O BDI passa a ser aplicado pelo orçamentista conforme o porte da obra (entende-se que quanto maior o porte da obra, menor é o BDI). Os custos com trabalhadores, como alimentação, transporte, e outros, que, no Sicro 2, eram uma porcentagem do custo da mão de obra, no SICRO foram calculados de forma analítica e embutidos nos encargos complementares.

Foram admitidos custos prováveis por redução de produtividade, como os acréscimos de taxas aplicadas pelo Fator de Influência de Chuvas (FIC) e Fator de Influência de Tráfego (FIT), já explicados anteriormente, que, se ocorrerem

simultaneamente, podem elevar o custo de execução de uma atividade em mais de 20%. Devido à criação do FIT, o novo SICRO eliminou a diferenciação entre as composições de custos unitários de construção e de restauração de pavimentos, pois a única diferença que havia entre elas, no Sicro 2, era a produtividade, que era afetada pelo tráfego e pelos centros urbanos, fatores, estes, que são considerados pelo FIT.

Houve alteração na metodologia de cálculo do custo horário dos equipamentos, que, agora, incluem no custo horário produtivo o custo de oportunidade de capital, e, no custo improdutivo, os custos de propriedade (depreciação, seguros e impostos) dos equipamentos, além de ter ocorrido revisão dos parâmetros de vida útil dos mesmos. Também foi alterada a metodologia para definição dos custos de mão de obra, que passaram a utilizar base de dados do Ministério do Trabalho, e, agora, apresenta todos os custos de mão de obra, como alimentação, transporte, ferramentas, equipamentos de proteção individual, exames médicos, encargos adicionais etc.

Outra adição relacionada às composições de custo unitárias foi a inclusão dos custos de carga, descarga e manobra, que eram inexistentes no Sicro 2, e, no SICRO, consta como custo de tempo fixo. Foram alteradas as velocidades médias de transporte de materiais, sendo incluído, também, trajetos com revestimento primário, inexistente no Sicro 2. Ainda no que diz respeito à transportes, foi eliminada a diferenciação entre transporte local e comercial, sendo adotado um fator de eficiência único (0,83) para o transporte de materiais.

Talvez a maior inovação no novo sistema seja a inclusão de custos para os modais hidroviários e ferroviários, antes inexistentes no Sicro 2. Esta inovação foi necessária pelo fato de o DNIT ser multimodal, não sendo responsável apenas por infraestrutura rodoviária, mas também ferroviária e hidroviária. Foram incluídas composições unitárias de dragagem e molhes – cerca de 893 – e de superestrutura ferroviária – cerca de 352.

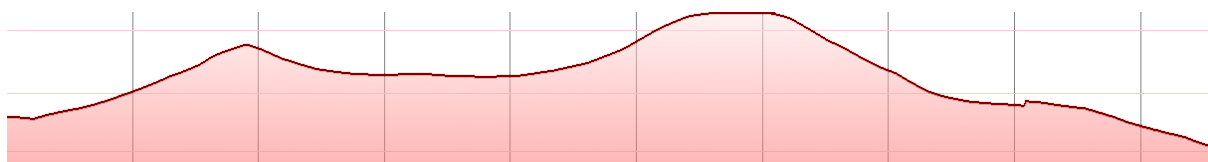
Segundo Filho (2017), os custos de instalação de canteiros de obras, instalações industriais e custos com administração local de obra agora estão vinculados ao porte (pequeno, médio ou grande, conforme extensão de pista) e natureza da obra (construção ou restauração rodoviária, construção ou recuperação de obras de artes especiais).

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Localização e características da via em estudo

A Avenida Unisinos é uma via de pista dupla, com pistas de 10,00 m de largura, canteiro central e passeios em ambos os lados. É uma importante via de acesso da rodovia BR-116 à Avenida Unisinos e ao centro da cidade. Não é uma via plana, pois possui algumas rampas e um ponto baixo, como demonstrado na Figura 18.

Figura 18 – Perfil geométrico da Av. Unisinos



Fonte: Google Earth – acesso em 19/11/2017 – 18h00

Conforme Teixeira dos Santos (2017), a Avenida Unisinos foi construída em várias etapas e por empresas diferentes. O trecho entre a BR-116 e a empresa Ht Micron, no sentido BR-116/Estação Unisinos foi construído em 1998 pela Prefeitura Municipal de São Leopoldo. O trecho seguinte, que se estende até as proximidades do Acesso 04 da Unisinos, foi executado, também, pela Prefeitura Municipal de São Leopoldo, em 1974, porém, em basalto irregular, recebendo, posteriormente, revestimento asfáltico. O trecho seguinte, entre as proximidades do Acesso 04 da Unisinos e a Av. Theodomiro Pôrto da Fonseca, nos dois sentidos, foi executado, em 1999, pela Trensurb, em contrapartida pelas obras do trem.

No outro sentido, Estação Unisinos/BR-116, o trecho entre a Av. Theodomiro Pôrto da Fonseca e a BR-116 foi executado pelo Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem (DAER), em 1980.

O pavimento da avenida está, hoje, em condições muito precárias, sobretudo no trecho que foi executado com basalto irregular. E foi esse o motivo que incentivou a realização dos trabalhos acadêmicos que têm foco na restauração do pavimento da Avenida Unisinos.

Os estudos iniciaram-se no primeiro semestre de 2017, a partir das ideias de Teixeira dos Santos (2017) e Ritter dos Santos (2017), orientados pelo Prof. Dr. Eng.º Rodrigo Malysz, de realizarem avaliações funcionais e estruturais do pavimento

existente em busca de fazerem propostas de restauração que, futuramente, poderiam servir de fundamento para outros estudos e até mesmo para um projeto executivo de engenharia.

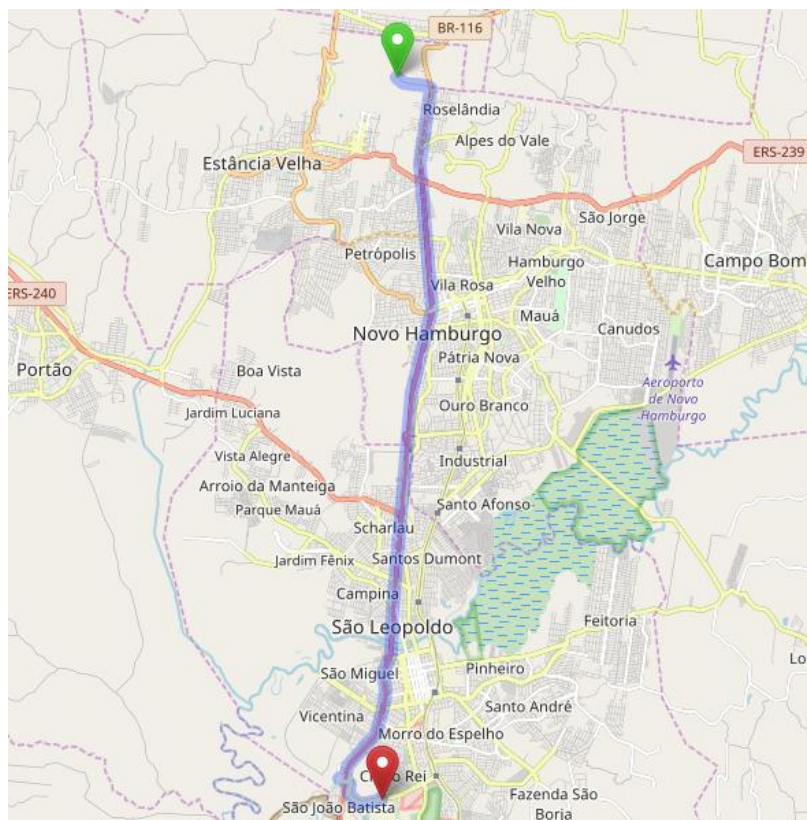
### **3.2 Compatibilização de resultados**

A partir dos resultados de Teixeira dos Santos (2017) e Ritter dos Santos (2017), será feita uma sobreposição de propostas de restauração, em que a solução mais pesada será utilizada para a orçamentação.

### **3.3 Localização de usinas de C.B.U.Q. e pedreiras de projeto**

Na região metropolitana de Porto Alegre e no Vale dos Sinos, existem algumas opções de usinas de asfalto e pedreiras dentro de uma distância de transporte viável. Será adotada como da distância média de transporte (DMT), a distância da usina e pedreira Sultepa (Estância Velha/RS), localizada conforme a Figura 19, devido ao fato de ser o fornecedor licenciado mais próximo da obra.

Figura 19 – Localização da usina e pedreira de projeto



Fonte: Open Street Maps - acesso em 08/11/2017 – 21h00

É importante que o projetista e o orçamentista definam a melhor opção de localização de fornecedores de materiais, procurando jazidas que sejam adequadas para atender as condições técnicas de qualidade dos materiais – no que diz respeito à operação, armazenamento e qualidade do material extraído. Isto é relevante pois muitas jazidas não atingem o nível de qualidade adequado, produzindo britas que são inviáveis para a usinagem de C.B.U.Q.. O ideal, economicamente, é que a jazida esteja a uma distância que o custo com o transporte não seja elevado. Em alguns casos, dependendo da região em que a obra está inserida, o custo de transporte de materiais pode até se igualar ao custo do serviço de execução, devido à falta de fornecedores adequados nas proximidades.

A DMT é utilizada para se obter o momento de transporte, que é uma unidade utilizada para quantificar o custo de transporte dos materiais. A determinação da DMT é dada conforme as Equações 3.1 e 3.2.

$$M_t = DMT \times V_m \quad (3.1)$$

$$M_t = DMT \times m_m \quad (3.2)$$

Em que:

$M_t$  – momento de transporte, em m<sup>3</sup>km ou tkm;

DMT – distância média de transporte, em km;

$V_m$  – volume de material, em m<sup>3</sup>;

$m_m$  – massa do material, em toneladas.

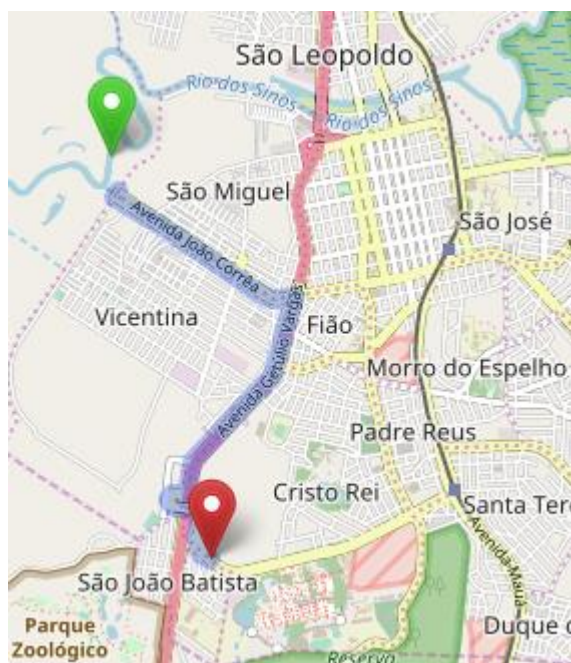
O momento de transporte pode ser dado em função do volume do material, sendo necessário especificar empolamento, ou em função da massa total a ser transportada, sendo necessário conhecer a densidade do material.

A DMT adotada, utilizando a distância de transporte do fornecedor citado até Avenida Unisinos, na estaca 0+000, é 19,90 km.

### **3.4 Localização de areal de projeto**

Será utilizado, como areal de projeto, algum local de extração de areia que já esteja licenciado pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) e em funcionamento. Para isto, será utilizado o sistema SIGMINE, disponibilizado no website do Departamento. O areal licenciado mais próximo localizado está a 5,0 km de distância, conforme Figura 20, e registrado no DNPM sob o código 810462/2009.

Figura 20 – Localização do areial de projeto



Fonte: Open Street Maps - acesso em 18/11/2017 – 00h40

### 3.5 Paradas de ônibus com pavimento rígido

As paradas de ônibus em frente à Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos) serão projetadas com pavimento rígido, utilizando o método da Portland Cement Association (PCA 1984), descrito no Manual de Pavimentos Rígidos do DNIT (IPR-714). Será dimensionado o pavimento rígido com acostamento de concreto e sem barras de transferência, que, segundo Rodrigues (2016), é a alternativa mais econômica, uma vez que o aço é o item mais caro no orçamento.

O início do procedimento de dimensionamento dá-se pela realização de sondagens nos pontos de interesse de projeto. A Unisinos financiou, em 2017, a sondagem de 04 pontos na Avenida, que foi realizada pela empresa GSS Investigações Geotécnicas. Os resultados foram utilizados neste trabalho e também foram utilizados por Ritter dos Santos (2017) e Teixeira dos Santos (2017) em seus trabalhos. Os resultados das sondagens podem ser conferidos no Anexo A e B.

O furo 2 indicado no anexo representa o local da parada de ônibus em frente à Universidade, sendo, esta, a área de maior movimentação de ônibus na Avenida. Como pode ser visto, o Índice de Suporte Califórnia (I.S.C.) obtido no local foi de 6%, e classificado como argila arenosa.



A partir do I.S.C., pode-se obter o coeficiente de recalque do solo através do ábaco do Anexo C. Como os pavimentos rígidos necessitam de sub-base, será utilizada uma camada de brita graduada com 20 cm de espessura, que, a partir do ábaco da Anexo D, eleva o coeficiente de recalque de projeto de 43 MPa/m para 59,50 MPa/m.

O método descrito pelo DNIT sugere que seja adotado um fator de segurança para as cargas (Fsc). A Tabela 17 apresenta os fatores indicados no manual.

Tabela 17 – Fatores de segurança para cargas em pavimentos rígidos

Tipo de pavimento	FSC
Para ruas com tráfego com pequena porcentagem de caminhões e pisos em condições semelhantes de tráfego (estacionamentos, por exemplo)	1,0
Para estradas e vias com moderada frequência de caminhões	1,1
Para altos volumes de caminhões	1,2
Pavimentos que necessitem de um desempenho acima do normal	Até 1,5

Fonte: DNIT

Como a Tabela 17 não cita a presença de ônibus, será adotado, neste caso, o Fsc igual a 1,2, pois o tráfego de ônibus é elevado.

Após determinar o fator de segurança e o coeficiente de recalque de projeto, é necessário adotar uma espessura de placa de concreto e realizar os cálculos, até que se alcance a espessura mais adequada, técnica e economicamente. É utilizado o Anexo E para a determinação da tensão equivalente para eixos simples e tandem duplo, sendo que, no presente caso, os ônibus serão considerados como de eixo simples.

O próximo passo é determinar o fator de erosão causado pelo tráfego. Para tal, é utilizado o Anexo F, que correlaciona a espessura da placa com o coeficiente de recalque ao fator de erosão.

A etapa de cálculo seguinte é a determinação do número admissível de repetições de carga para cada faixa de carga, levando em consideração o fator de erosão e o fator de fadiga, que é a razão entre a tensão equivalente e a resistência característica a tração (ftk) do concreto. Para ônibus de eixo simples, foram adotadas 7 toneladas no eixo dianteiro e 10 toneladas no eixo traseiro. Aplicando-se o fator de

segurança de 1,2, temos 8,4 toneladas no eixo dianteiro e 12 toneladas no eixo traseiro. Os parâmetros citados são lançados nos ábacos dos Anexos G e H.

Por fim, após terem sido obtidos os números admissíveis de repetição, deve-se calcular a razão o número previsto de repetições e o número admissível, obtendo-se o consumo de fadiga. O número previsto de repetições é obtido através da contagem de tráfego, que foi realizada em conjunto pelo autor deste trabalho, por Ritter dos Santos (2017) e Teixeira dos Santos (2017), em 27 de setembro de 2017. A contagem dos ônibus resultou em 539 veículos, que deverão ser expandidos para o período de 20 anos, aplicando uma taxa de crescimento de 3% ao ano, que, conforme o DNIT-IPR 723, é a taxa de crescimento aceitável quando não é possível a obtenção de dados históricos de contagem.

O somatório dos consumos de fadiga na análise de fadiga ou na análise de erosão não pode exceder 100%, pois o pavimento estará subdimensionado. O ideal é que seja dimensionado de modo que o consumo de fadiga seja o mais próximo possível de 100%, atendendo os critérios técnicos e econômicos.

Devido às paradas de ônibus em frente à Universidade possuírem largura pequena e não haver placas adjacentes nas laterais, não foi necessária a adoção de barras de ligação, o que possibilitou uma boa economia.

### **3.6 Método para levantamento de quantitativos**

A grande maioria dos materiais de pavimentação são medidos em metros cúbicos ou em metros quadrados. Materiais fáceis de serem medidos em três dimensões, com base, sub-base, solos e asfalto são sempre medidos em metros cúbicos, pois é possível verificar sua espessura. Materiais que possuem pequena espessura, como gramas e ligantes asfálticos são sempre medidos em metros quadrados.

Em obras exclusivamente de pavimentação, os materiais que se enquadram na faixa A da curva ABC, equivalendo a aproximadamente 50% do total global do orçamento, são os materiais compactados na pista, como C.B.U.Q., base e sub-base, sendo, o primeiro, o de maior valor agregado por unidade de volume. Os demais materiais e serviços enquadram-se nas faixas B e C, que compreendem, juntas, os 50% remanescentes do total global do orçamento.

Foi utilizado o software Spatial Manager™, que possui um banco de várias imagens capturadas por satélite, em escala, georeferenciadas no sistema de coordenadas utilizado na América do Sul, o SIRGAS2000 (UTM). O software permite que as imagens sejam carregadas no programa de desenho computacional Autodesk® AutoCAD™, conforme mostra a Figura 21.

Figura 21 – Vetorização digital dos bordos da Av. Unisinos



Fonte: elaborado pelo autor

Como pode ser visto na Figura 21, foi realizada a vetorização digital dos bordos do pavimento, utilizando polilinhas, adotando como referência os meios-fios existentes. Para verificar a precisão do método, foram medidos três pontos *in loco* e na vetorização, obtendo-se uma diferença média de 13 cm, para mais/menos. Este valor foi considerado aceitável para este trabalho, pois é mais preciso do que utilizar as dimensões oficiais de extensão e largura da avenida, além de que este método também considera as “bocas de rua” e os recuos existentes.

Os softwares utilizados para esta etapa do trabalho são de licença demonstrativa e gratuita por 30 dias.

### 3.7 Planilha orçamentária, composições de preços unitários e composição do B.D.I.

O orçamento da solução de projeto é apresentado em uma planilha, com formato muito semelhante ao comumente utilizando em orçamentos de obras em geral, que possui os quantitativos de materiais ou serviços, separados em etapas de execução de obra, os preços unitários – sem e com BDI – de cada material ou serviço, o percentual de cada serviço com relação ao valor total da obra (curva ABC), e, também, o preço orçado total de cada etapa e global.

A planilha orçamentária global utiliza como referência de preços unitários os valores apresentados nas composições de preços unitários, que podem ser verificadas em forma de apêndices ao final deste trabalho. Foram utilizados, como referências, os sistemas de custos SICRO, do DNIT, e o SINAPI, da Caixa Econômica Federal. As composições possuem coeficientes de mão de obra e quantitativos de materiais inalterados, tendo apenas o acréscimo do transporte como parâmetro modificado, pois cada projeto possui seus fornecedores de materiais específicos.

Os preços unitários apresentados nas composições referenciadas no SICRO e no SINAPI não possuem o acréscimo de benefícios e despesas indiretas (BDI). Este valor pode variar de obra para obra e conforme o tipo de obra. No caso da restauração da Avenida Unisinos, foram adotados os coeficientes definidos no Acórdão nº 2622/2013, do Tribunal de Contas da União (TCU). Foi utilizada, especificamente, a modalidade “construção de rodovias e ferrovias”. A composição do BDI pode ser verificada na Tabela 18.

Tabela 18 – Composição do BDI adotado

Itens		%
AC	Administração geral	4,00%
S+G	Seguros e garantias	0,74%
R	Risco	0,51%
DF	Despesas financeiras	1,21%
L	Lucro	8,69%
I	Impostos	6,65%

Fonte: elaborado pelo autor

O BDI foi calculado utilizando os coeficientes apresentados na Tabela 18, através da Equação 3.4.

$$BDI(\%) = \frac{(1+AC+S+G+R) \times (1+DF) \times (1+L)}{(1-I)} - 1 \quad (3.4)$$

Em que:

BDI: benefícios e despesas indiretas, em %;

AC: custos com administração geral, em %;

R: risco financeiro, em %;

DF: despesas financeiras, em %;

L: lucro, em %;

I: impostos, em %.

Os impostos podem variar conforme o estado e, até mesmo, o município. Foi considerado 0,65% de PIS, 3% de COFINS e 3% de ISSQN.

Adotando os valores apresentados, foi obtido o BDI de 24,03%, que está aplicado na planilha orçamentária global, que pode ser analisada no Apêndice Y.

### **3.8 Explicação de cálculos e descrição dos serviços indicados na planilha orçamentária**

#### **1. Serviços preliminares**

##### **1.1 Placa de obra com o nome do agente financiador (se houver)**

Este item compreende a fabricação e a instalação de placa de obra com o título do projeto/obra, preço total e nome do agente financiador. As medidas das placas variam conforme o agente, porém, as dimensões usuais da Caixa Econômica Federal são 2,00 m x 1,25 m, enquanto o Badesul utiliza placas com dimensões de 2,40 m x 1,20 m.

Para este item, foram utilizadas as dimensões propostas pelo Badesul, totalizando 2,88 m<sup>2</sup>. A composição de custos unitários adotada foi a SINAPI/74209/001, da Caixa Econômica Federal, não tendo nenhum de seus coeficientes alterados, podendo ser verificada no Apêndice A.

## 1.2 Serviços topográficos para pavimentação

A primeira etapa que deve ser realizada antes do início de qualquer serviço de terraplanagem ou de pavimentação é a locação do projeto *in loco*. A empresa contratada deve analisar o projeto e enviar uma equipe de topografia ao trecho para realizar a locação e a implantação das estacas nas coordenadas de projeto. A finalização desta tarefa liberará o trecho para o início dos trabalhos em terra.

A composição considera como parâmetro quantitativo a área total de pavimentação da pista, que, neste caso, é de 46.586,16 m<sup>2</sup>, conforme já citado anteriormente.

Foi adotada a composição de custos unitários SINAPI/78472 para este serviço, sem qualquer alteração em seus coeficientes. Esta composição não contempla os levantamentos topográficos da etapa de projeto. A composição pode ser analisada no Apêndice B.

## 1.3 Mobilização de obra – Patrulha mecânica

O item de mobilização de patrulha mecânica refere-se ao custo de deslocamento de equipamentos pesados e de caminhões até o trecho da obra. O DNIT considera que a distância de mobilização a ser considerada deve ser a partir da capital estadual da unidade federativa em que se encontra a obra, não podendo a distância de mobilização e desmobilização ser inferior a 50 km.

Não existe composição específica para mobilização e desmobilização, por isto, foi necessária a realização de uma composição específica, que pode ser conferida no Apêndice C.

A capital considerada foi Porto Alegre, estando a 30 km de distância de São Leopoldo, portanto, a distância de mobilização e desmobilização foi de 60 km. A velocidade média adotada foi de 50 km/h, o que resultou em 1,20 horas em deslocamento. O tempo de deslocamento deve ser, segundo o DNIT, considerado integralmente produtivo, não devendo ser consideradas parcelas improdutivas na composição.

Foi realizada uma lista com todos os veículos e equipamentos que a obra necessitará, podendo ser verificado na Tabela 19. Veículos que não são permitidos a

trafegar em via pública, como rolos compressores, motoniveladoras e equipamentos com esteiras são transportados por carretas. O total de equipamentos transportados por carretas são oito.

Tabela 19 – Lista de equipamentos e veículos utilizados na execução dos serviços

Nº	Equipamentos utilizados	Transportado por carreta
1	Trator agrícola	Sim
2	Motoniveladora	Sim
3	Rolo compactador de pneus	Sim
4	Rolo compactador pé de carneiro	Sim
5	Rolo compactador liso vibratório	Sim
6	Distribuidor de agregados autopropelido	Sim
7	Retroescavadeira de pneus	Sim
8	Caminhão tanque 10.000 l	Não
9	Caminhão aplicador de material termoplástico	Não
10	Caminhão basculante (06 unidades)	Não

Fonte: elaborado pelo autor

Apesar de nenhuma composição de preços unitários do SICRO considerar caminhões basculantes na execução, a sua utilização é implícita no transporte de materiais importados ou descartados, no entanto, não é considerado qualquer número de caminhões basculantes atrelados à produtividade indicada em cada composição. Foi adotado na composição de mobilização e desmobilização a quantidade racional de 6 caminhões basculantes.

Apesar de as composições de preços unitários referentes à aplicação de emulsões asfálticas indicarem a utilização caminhões tanque distribuidores de asfalto, estes não foram considerados na mobilização e desmobilização, pois o custo de deslocamento já está computado no transporte das emulsões a partir da refinaria. Foi considerado que não haverá estocagem de material asfáltico no trecho, pois não é usual em obras deste porte. O caminhão que transportará o material asfáltico da refinaria à obra será o mesmo que executará os serviços de pintura de ligação ou imprimação.

Equipamentos pequenos, que podem ser carregados em caminhões basculantes, como vassouras mecânicas, grade de discos e outros, não foram considerados na mobilização e desmobilização, pois aproveitam o deslocamento dos caminhões basculantes.

Equipamentos utilizados na mineração e transporte interno nas jazidas, assim como utilizados nas usinas de asfalto, também não foram considerados, pois são considerados estáticos, ou seja, permanecem na jazida ou usina, não se deslocando até o trecho.

#### 1.4 Administração local de obra

A administração local de obra compreende os serviços de engenheiro civil e de encarregado de pavimentação, que não constam em outras composições de serviços, sendo necessário considera-los à parte. O objetivo é que se tenha uma equipe técnica e de liderança no trecho para a resolução de possíveis problemas de produção ou de engenharia.

Apesar de este trabalho não contemplar cronograma físico-financeiro, foi considerado que a obra teria dois meses de duração. Também foi aplicado na composição o aluguel de container com sanitários. O resultado pode ser visto no Apêndice D.

## 2. Pavimentação em trechos de reforço

### 2.1 Fresagem contínua do revestimento existente

O serviço de fresagem do revestimento existente será contínuo, ou seja, cobrirá todo a área de reforço de pavimento obtida na solução de restauração proposta. Nas áreas de reconstrução, não deverá ser feita fresagem, uma vez que todo o material de base deverá ser removido. O volume de material fresado a ser transportado é a área de fresagem multiplicada pela espessura de fresagem para cada trecho, baseando-se nas sondagens realizadas.

O procedimento ambientalmente correto seria transportar o resíduo gerado até alguma empresa que realizasse reciclagem, reaproveitando o material em outras áreas da indústria. No entanto, nenhuma usina de resíduos de construção e demolição (RCD) ou unidade de coprocessamento, da região, aceita descarte de material fresado. Além disto, devido ao processo de reciclagem possuir um custo muito alto, foi descartada a possibilidade de reciclar o asfalto fresado. Foi considerado, portanto,



que o material fresado seria doado para a Prefeitura Municipal de São Leopoldo, e descarregado em algum local autorizado pela mesma, a uma distância máxima de 10 km da Avenida Unisinos.

O SICRO considera que o concreto betuminoso novo ou fresado possuem peso específico de 2,40 t/m<sup>3</sup>, que multiplicado pelo volume de material e pela distância de transporte, geram o momento de transporte. Foi considerado transporte em via pavimentada, utilizando caminhão basculante de 10 m<sup>3</sup>. Os coeficientes da composição SICRO/4011479, visível no Apêndice E, não foram alterados.

## 2.2 Pintura de ligação

A pintura de ligação é, conforme de Senço (2001), uma camada de material asfáltico diluído, de baixa viscosidade, aplicada à superfície inferior ao revestimento. Esta camada tem o objetivo de garantir a aderência entre o revestimento e a base, e, também, auxiliar a imprimação na impermeabilização da camada abaixo do revestimento. Além disso, a pintura de ligação é sempre necessária entre camadas consecutivas de reforço de pavimento, entre a superfície fresada e a nova camada.

A superfície da base deve ser limpa antes do início da aplicação da pintura de ligação, e, por isso, a composição de custos unitários traz consigo o equipamento vassoura mecânica rebocável.

A aplicação da pintura é realizada por um caminhão tanque distribuidor de asfalto, equipado com mecanismo de aspersão de fluídos. Os tipos de emulsões comumente utilizadas são as de ruptura rápida RR-1C e RR-2C, sendo, a primeira, adotada pelo SICRO.

O SICRO não insere em sua composição de código 4011353 o preço de nenhum material asfáltico, devido à volatilidade e ao fato de o preço variar mais rapidamente do que a sua própria atualização. Por isto, ele deixa sob responsabilidade do orçamentista coletar o preço dos materiais asfálticos em tabelas oficiais da Agência Nacional do Petróleo (ANP). O preço da emulsão RR-1C coletado na ANP, para o Estado do Rio Grande do Sul, com base no mês de fevereiro de 2018, foi de R\$ 1,17 por quilograma, resultando em R\$ 1.170,00 por tonelada. Contudo, os preços coletados na ANP não contêm ICMS, que, conforme exemplo mostrado na nota fiscal

do Anexo I, é a alíquota básica de 18%. Desta forma, o preço ajustado é de R\$ 1.380,60 por tonelada de pintura de ligação.

Foi inserido na composição o transporte da emulsão asfáltica comprada na Refinaria Alberto Pasqualini (REFAP), no município de Canoas/RS, e transportada até a Av. Unisinos, a uma distância de 11,30 km, em via pavimentada, utilizando caminhão distribuidor de asfalto com capacidade de 6.000 litros. O resultado da composição pode ser conferido no Apêndice F.

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

Este item na planilha orçamentaria, do Apêndice Y, refere-se ao serviço de execução das camadas de C.B.U.Q. dos trechos de reforço. Para se chegar ao preço final da tonelada executada de C.B.U.Q., o SICRO trabalha com duas composições, uma de execução do serviço na pista e, outra, de usinagem da mistura. A composição de custos unitários SICRO/4011463, que pode ser analisada no Apêndice G, refere-se à execução do revestimento na pista e não indica o tipo de concreto asfáltico a ser utilizado e nem a origem dos agregados, se comerciais ou produzidos. Em todo este trabalho, foi considerado que todos os agregados seriam comprados de fornecedores – jazidas, areiais, refinarias etc – ou seja, nada seria produzido.

A composição de custos unitários auxiliar SICRO/6416078, presente no Apêndice H, refere-se à usinagem da mistura asfáltica, considerando todos os materiais adquiridos comercialmente, e não produzidos. O preço do cimento asfáltico de petróleo (CAP 50/70) foi coletado de tabela oficial da Agência Nacional de Petróleo (ANP), que, no mês de fevereiro de 2018, estava custando R\$ 1,55/kg, custando R\$ 1,829/kg, com o acréscimo do ICMS. Os demais materiais e coeficientes foram mantidos conforme a composição original.

Na composição de usinagem, teve de ser calculado o transporte de alguns materiais do fornecedor até a usina. No caso da brita 0 e do pedrisco, o custo de transporte foi zero, pois a usina fica junto à praça de britagem. No caso destes dois materiais, foi considerado apenas o custo fixo de carga, manobra e descarga. As distâncias de transporte dos demais materiais podem ser conferidas na Tabela 20.

Tabela 20 – Distâncias de transporte de 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: elaborado pelo autor.

Foram considerados caminhões basculantes de 10 m<sup>3</sup> de capacidade, trafegando em via pavimentada, para transportar areia. Para o transporte da cal hidratada, foram adotados caminhões carroceria, e, para o transporte do CAP, foi considerado caminhão tanque distribuidor.

O transporte do C.B.U.Q. pronto para ser lançado na pista, foi calculado utilizando caminhões basculantes de 10 m<sup>3</sup>, em via pavimentada, a uma distância de 19,90 km.

### 3. Pavimentação em trechos de reconstrução

#### 3.1 Remoção mecanizada de revestimento betuminoso

Este item contempla a remoção do revestimento betuminoso, serviço que possibilita que o mesmo seja carregado e transportado separadamente das camadas inferiores do pavimento.

A composição de custos unitários SICRO/4915667 considera que o material é removido com motoniveladora e transportado por caminhões basculantes de 6 m<sup>3</sup> em via pavimentada. A composição também considera que o peso específico do material removido é 2,4 t/m<sup>3</sup>.

O volume de material a ser removido foi calculado utilizando como subsídio as sondagens geotécnicas realizadas nas pistas. A área A, que fica em frente à Unisinos, com 11.969,18 m<sup>2</sup>, no sentido BR-116/Estação Trensurb, segundo o furo de sondagem nº 2, do Anexo B, possui 4 cm de revestimento betuminoso, o que gera um volume de 478,77 m<sup>3</sup>. A área F, também de reconstrução, possui 6.592,72 m<sup>2</sup>, no sentido Estação Trensurb/BR-116, e, conforme o furo nº 4 da sondagem, possui 9 cm de revestimento, o que resulta em um volume de 593,34 m<sup>3</sup>. O volume total removido e a ser transportado é de 1.072,11 m<sup>3</sup>.

Da mesma forma que o material fresado, o asfalto removido nesta etapa não é aceito em usinas RCD e nem em unidades de coprocessamento, portanto, será transportado e descarregado em local autorizado pela Prefeitura Municipal, a uma distância máxima de 10 km da Avenida Unisinos. A composição de preços unitários pode ser verificada no Apêndice I.

### 3.2 Remoção de paralelepípedo

A composição SICRO/1600441, visualizada no Apêndice J, corresponde à remoção de paralelepípedos, ou seja, basalto irregular. Esta composição foi adotada pois o material necessita ser transportado separado ao local de destinação. É considerado que o material é removido manualmente por pedreiro e servente, com auxílio de carrinho de mão. O transporte é realizado por caminhões basculantes de 10 m<sup>3</sup>, trafegando em via pavimentada.

A área total de paralelepípedo a ser removido compreende a região entre as estacas 0+388,00 e 1+097,00, no trecho em frente à Unisinos, sentido BR-116/Estação Trensurb. Nas sondagens do Anexo B, consta que somente o local do furo nº 2 possui paralelepípedo, sendo assim, o restante do trecho de reconstrução não foi computado neste cálculo. Para não haver equívocos na determinação da área, foi feita uma inspeção *in loco*, com o objetivo de verificar, através das painéis no pavimento, qual o material subsequente ao revestimento, e, assim, determinar uma possível região a ser considerada na planilha orçamentária. Foi verificado que o trecho em frente à empresa Ht Micron não foi executado com pedra irregular, como pode ser visto na Figura 22, portanto, foi considerado que o início do trecho com paralelepípedo inicia-se no Acesso 01 da Unisinos, e termina no retorno entre os Acessos 03 e 04, em frente ao estacionamento ao Centro C da Universidade.

Figura 22 – Identificação de trecho existente com sub-base de brita graduada



Fonte: fotografado pelo autor

O resultado observado foi o trecho entre as estacas citadas anteriormente, o que resultou em uma área de 9.090,39 m<sup>2</sup>.

O material será transportado para a usina de britagem de resíduos da construção civil (RCC) do Consórcio Pró-Sinos, no bairro Arroio da Manteiga, no município de São Leopoldo, a uma distância de 11,60 km. O motivo da opção por esta destinação se deu pelo fato de o basalto ser potencialmente reciclável, sendo, assim, a reutilização como agregado em obras de construção civil a melhor alternativa.

### 3.3 Remoção mecanizada de camada granular do pavimento

Este item representa a remoção das camadas granulares inferiores ao revestimento, tais como a base e/ou sub-base. O item quantificou apenas as áreas de reconstrução do pavimento, onde será feita nova estrutura.

As sondagens realizadas, podendo ser conferidas no Anexo B, demonstram que os furos nº 1 e 2, que estão na área A de reconstrução, representando o trecho que inicia na estaca 0+000 m e termina em frente à Unisinos, na estaca 1+030 m no sentido BR-116/Estação Trensurb, possuem 10 cm de base de brita graduada e 7 cm de base de brita zero, respectivamente.

A área de 11.969,18 m<sup>2</sup>, conforme Tabela 27, foi multiplicada por uma espessura média entre 10 cm e 7 cm, ou seja, 8,5 cm, devido ao fato de não poder se definir com maior precisão os limites dos trechos com apenas dois furos de sondagem.

O furo nº 4, que representa a outra pista de rolamento, no sentido Estação Trensurb/BR-116, demonstra 13 cm de base de brita graduada, que foi multiplicada pela área F, com 6.592,72 m<sup>2</sup>, no trecho entre as estacas 1+550 m e 2+234,67 m. O volume total de material removido foi 1.874,43 m<sup>3</sup>.

Diferente do item anterior, a composição SICRO/4915669 considera a remoção mecanizada, utilizando motoniveladora, e quatro serventes para prestar apoio. Assim como no item anterior, este material granular será encaminhado para a usina de britagem de resíduos da construção civil (RCC) do Consórcio Pró-Sinos, em São Leopoldo, a uma distância de 11,60 km da Avenida Unisinos. O transporte foi considerado utilizando caminhões basculantes de 6 m<sup>3</sup>, trafegando em via pavimentada. A composição montada pode ser vista no Apêndice K.

#### 3.4 Regularização de subleito

A regularização de subleito é, segundo de Senço (2001), a adequação das falhas da superfície terraplenada, corrigindo irregularidades como sulcos, buracos e trilhos em desnível. A regularização é executada, geralmente, por motoniveladora, que corta os segmentos altos e aterra os baixos ao espalhar o solo com a lâmina. Quando a superfície do subleito terraplenado for muito irregular, pode ser necessário cortar ou aterrar além do greide de projeto, porém, conforme Norma DNIT 137/2010-ES, a diferença de cota não pode ser superior a 3 cm.

A etapa seguinte é a compactação do subleito com a umidade ótima, que deve ser determinada por ensaio de laboratório antes do início da compactação, para cada 100 m de pista. A compactação é realizada por rolos compressores, devendo atingir 100% de compactação em relação ao Proctor Modificado.

A composição SICRO/4011209, conforme Apêndice L, utiliza como unidade a área da pista a ser regularizada. Neste caso, a área de regularização é o somatório das áreas de reconstrução (A e F), resultando em 18.561,90 m<sup>2</sup>.

### 3.5 Reforço de subleito

Tomou-se como referência para o cálculo do volume de reforço de subleito a espessura recomendada por Ritter dos Santos (2017) e a o trecho de reconstrução obtido na compatibilização de propostas de restauração. Tendo a área de reconstrução 18.561,90 m<sup>2</sup> e espessura de camada de reforço de subleito 0,20 m, foi obtido o volume de 3.712,38 m<sup>3</sup> de material importado.

O material a ser importado deverá atender os critérios estabelecidos pelo DNIT-IPR-719, que indica que o Índice de Suporte California (I.S.C.) deve ser superior ao do subleito removido e expansão inferior a 1%. Dito isto, o material a ser importado deverá possuir I.S.C. superior a 6%, pois este é o I.S.C. do subleito coletado no furo de sondagem nº 2, conforme Anexo A.

Foi adotado como material de reforço de subleito a argila, que, geralmente, atende a um I.S.C. superior ao aqui necessário. Foi entrado em contato com jazidas de argila próximas à Av. Unisinos, e a empresa Construsinos retornou com os laudos de sondagem geotécnica solicitados, que mostra que o material extraído do local pode ser utilizado para o reforço de subleito. Os laudos podem ser conferidos no Anexo J.

Para fins orçamentários, foi considerada, portanto, como jazida de argila de projeto, a Construsinos, localizada no bairro Scharlau, no município de São Leopoldo, a uma distância de 11,90 km da Av. Unisinos, sendo transportado em via pavimentada, por meio de caminhões basculantes de 10 m<sup>3</sup> de capacidade.

A composição de custos unitários SICRO/4011211 não possui, em sua forma original, o material a ser utilizado como reforço de subleito, e nem a distância de transporte. O preço do insumo argila foi coletado na referência SINAPI/06079, devido à inexistência deste material no sistema do DNIT.

Como pode ser visto, na composição do Apêndice M, o SICRO considera todos os materiais classificados como solo com um peso específico de 2,06 t/m<sup>3</sup>, valor considerando o material compactado. Os demais equipamentos, mão de obra e coeficientes da composição foram mantidos originais.

### 3.6 Execução de camada de sub-base de macadame seco

Apesar de Ritter dos Santos (2017) ter recomendado a utilização de sub-base de brita graduada, foi feita uma alteração do material para o macadame seco, pois as camadas de sub-bases não necessitam de estabilização granulométrica, ou seja, podem ser executadas com materiais extraídos da natureza sem ter a necessidade de beneficiamento com a mistura de outros agregados.

O macadame, assim como o rachão, é um material de granulometria aberta, isto é, sem a mistura de finos e de outros agregados em seu modo natural, e tem, conforme a Norma DNIT 152/2010-ES, diâmetro variando entre 12,70 mm e 88,90 mm. O método executivo consiste-se no espalhamento do material na espessura especificada no projeto, seguido da adição de um material fino, geralmente pó de brita, sobre a camada espalhada de agregado. O pó de brita tem como objetivo preencher os vazios e promover o travamento ou enrijecimento das partículas das camadas superiores da sub-base. Em seguida, é feita a compactação do macadame (com os finos) utilizando rolo compactador liso, que acomodará os agregados de forma adequada.

Foram inseridos, na composição SICRO/4011279, presente no Apêndice N, os transportes de brita nº4, pedrisco e pó de pedra, sendo transportados da jazida à Avenida Unisinos, à distância de 19,90 km, em via pavimentada, através de caminhões basculantes de 10 m<sup>3</sup>.

### 3.7 Execução de camada de base de brita graduada

A base de brita graduada é a camada de agregados que se encontra, neste caso, acima do macadame (sub-base) e abaixo do revestimento (C.B.U.Q.). O material consiste de uma mistura, previamente dosada em usina, de agregados de britagem e finos, que fecham a sua granulometria e o torna uma base estabilizada.

O procedimento de execução da base de brita graduada é muito semelhante ao das sub-bases em geral. Após finalizada a camada de macadame seco, o trecho está liberado para a execução da base. Deve-se corrigir, porém, todas os sulcos, trilhos ou falhas que forem identificadas na superfície da sub-base, para que, posteriormente, não surjam desníveis na superfície acabada da camada. Em seguida,



a base é espalhada na pista e deve ser previamente umedecida antes da compactação. A etapa seguinte é a compactação, que deve ser realizada por rolos compressores. Conforme de Senço (2001), a compactação deve ser realizada até que a camada atinja a massa específica aparente de projeto. Após finalizada a compactação, parte-se para a etapa de acabamento, em que as imperfeições da superfície serão corrigidas e niveladas por motoniveladora.

A composição SICRO/4011276, indicada no Apêndice O, quantifica todos os equipamentos e mão de obra necessários para a execução do serviço. A referência indica o serviço de usinagem de brita graduada, utilizando brita comercial (não produzido), que pode ser verificada na composição auxiliar SICRO/6416040.

No serviço de usinagem, foram considerados apenas os custos com carga e descarga de materiais (tempo fixo), não sendo quantificados os custos com transporte, tendo em vista que a usina misturadora se encontra na própria jazida. Já no serviço de execução da base na pista, foi considerado o transporte do material a partir da jazida até a Avenida Unisinos, a uma distância de 19,90 km, através de caminhões basculantes de 10 m<sup>3</sup>, em via pavimentada.

O volume total de base de brita graduada calculado foi 2.784,29 m<sup>2</sup>, resultado da multiplicação da área total de reconstrução (18.561,90 m<sup>2</sup>) pela espessura da camada de base adotada (15 cm).

### 3.8 Imprimação com asfalto diluído CM-30

A imprimação é o serviço realizado após a finalização dos serviços de compactação e acabamento da base. A Norma DNIT 144/2014-ES descreve como objetivos da imprimação da base a impermeabilização da camada, a promoção de aderência entre ela e o revestimento e o aumento de coesão na superfície da base, através da percolação da emulsão nos vazios da camada.

De Senço (2001) sugere que a superfície da base deve ser varrida antes de aplicação da imprimação, de modo que sejam removidas todas as partículas soltas que possam prejudicar a aderência da emulsão na base. Em seguida, pode-se iniciar a aspersão da emulsão, de modo que toda a superfície fique uniformemente imprimada. Por isto, recomenda-se a utilização de aspersores mecânicos acoplados

em caminhões distribuidores, pois a aspersão manual depende muito da experiência do trabalhador.

Após terminada a imprimação, não é recomendado liberar o trecho ao tráfego, pois a carga e movimentação dos veículos podem causar danos à superfície e remover/desgastar a emulsão. Além disso, deve ser realizado o planejamento adequado destas etapas da obra, pois, além de não ser recomendado o tráfego sobre a superfície imprimada, também não é recomendada a sua exposição à chuva. Por isto, é necessária a verificação das condições climáticas para a semana, e elaborar o cronograma de curto prazo com base na expectativa de aplicação do revestimento e nas probabilidades de ocorrerem chuvas.

Assim como todos os materiais asfálticos, o SICRO não contempla o preço do insumo em suas composições. O preço do insumo “asfalto diluído CM-30”, indicado na composição SICRO/4011351, conforme Apêndice Q, foi coletado em tabela oficial da ANP, que, em fevereiro de 2018, indicava o preço de R\$ 2,52/kg, que, com o acréscimo do ICMS (18%), passa a R\$ 2,974/kg.

O transporte calculado considerou a origem do insumo como sendo a Refinaria Alberto Pasqualini (REFAP), a uma distância de 11,30 km da Avenida Unisinos, que é o ponto de aplicação do material. O transporte foi considerado como sendo realizado através de caminhões tanques distribuidores com capacidade de 6.000 litros, em via pavimentada.

A imprimação é quantificada por área de aplicação, portanto, o valor indicado na planilha orçamentária foi igual à área total de reconstrução de pavimento, ou seja, 18.561,90 m<sup>2</sup>.

### 3.9 Pintura de ligação

Os procedimentos da pintura de ligação e explicação da composição já foram explicados, anteriormente, na descrição do item 2.2 da planilha orçamentária. No entanto, aqui cabe um adendo. Em situações ideais, onde a pista imprimada não é liberada para o tráfego e não sofre danos pela chuva, não é necessária a pintura de ligação, sendo possível manter apenas a superfície com imprimação. A especificação de serviço DEINFRA-SC-ES-P-04/15 sugere que sempre que o tráfego for permitido sobre a superfície imprimada, é necessário que se aplique uma camada de pintura de

ligação sobre a mesma. Portanto, neste caso específico, em que o tráfego não poderá ser bloqueado devido à importância da via e dos acessos à Unisinos, é prevista a aplicação de pintura de ligação sobre a superfície imprimada, visando garantir a adequada aderência entre o posterior revestimento e a camada de base.

O serviço de pintura de ligação é quantificado em área de aplicação, portanto, foi considerada toda a área de reconstrução do pavimento, ou seja, 18.561,90 m<sup>2</sup>.

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

O serviço de aplicação de revestimento já foi citado e explicado anteriormente na descrição do item 2.4 da planilha orçamentária.

O quantitativo apresentado na planilha orçamentária foi obtido através do somatório dos volumes gerados pela multiplicação das áreas A e F, da Tabela 27, por suas respectivas espessuras, totalizando 1.856,19 m<sup>3</sup> de revestimento. Foi descontada, porém, a área de pavimento rígido nas paradas de ônibus, que é 131,25 m<sup>2</sup>, resultando em um volume final de 1.724,94 m<sup>3</sup>. Como o peso específico do C.B.U.Q. é 2,4 t/m<sup>3</sup>, foi obtida a massa de 4.139,86 toneladas.

## 4. Pavimento rígido em paradas de ônibus

### 4.1 Execução de camada de base de brita graduada

Este item da planilha orçamentária é referente à execução da base de brita graduada sob o pavimento rígido das paradas de ônibus. A descrição do serviço e a explicação sobre coeficientes da composição de preços unitários são as mesmas já citadas anteriormente.

Foi realizada uma medição, *in situ*, da largura das paradas de ônibus em frente à Unisinos, e os comprimentos foram medidos através de imagens de satélite, a partir do software Google Earth™.

As áreas em que foram quantificados o pavimento rígido são as paradas em frente à Unisinos – por terem maior demanda – em ambos os sentidos, sendo que a de maiores dimensões fica no sentido BR-116/Estação Trensurb, tendo 375 metros

de comprimento e 3,50 metros de largura. A parada de ônibus no sentido oposto possui 55 metros de comprimento e 3,50 metros de largura. As áreas obtidas foram multiplicadas pela espessura da camada de base, que é 20 centímetros, conforme dimensionado anteriormente.

A área da parada de ônibus no sentido BR-116/Estação Trensurb é 1.312,50 m<sup>2</sup>, enquanto a área da parada no sentido oposto é 192,50 m<sup>2</sup>, o que resulta em uma área total de 1.505,00 m<sup>2</sup> de pavimento rígido, com 301,00 m<sup>3</sup> de base de brita graduada, que será transportada da jazida de projeto.

#### 4.2 Pavimento de concreto com equipamento forma-trilho

Este serviço compreende a execução do pavimento rígido de concreto não armado nas paradas de ônibus em frente à Unisinos. A execução inicia-se pelo preparo do subleito (após a decapagem e nivelamento conforme espessura determinada) e, de acordo com a Norma DNIT 048/2004-ES, devem ser realizados ensaios de determinação do coeficiente de recalque (k) a cada 100 metros. O “k” poderá ser determinado através de correlação com o I.S.C., por meio da curva indicada no Anexo C.

A etapa seguinte é a execução da sub-base, que seguirá os mesmos procedimentos executivos citados na descrição do item 3.7 da planilha orçamentária.

Em seguida, inicia-se o procedimento de montagem das formas, que, ainda conforme a Norma, deverão estar fixadas de modo que suportem as cargas geradas pelo trabalho sem que ocorra movimentação. As formas deverão estar assentadas e niveladas, garantindo que a espessura de projeto seja atingida, com uma margem de erro de apenas 3 mm.

Após as devidas verificações e ajustes nas formas, é iniciado o lançamento do concreto, que, em hipótese alguma, poderá ser produzido *in situ*, manualmente, com betoneiras. A Norma especifica que o concreto deverá ser produzido em usina gravimétrica, sendo exigidos diversos controles de produção para que se atinja o traço e desempenho adequado do produto final. O tempo de transporte e aplicação do concreto não pode exceder 90 minutos, utilizando caminhão betoneira, sendo necessário, assim, uma usina próxima ao trecho.

Ao fim da distribuição adequada do concreto, é realizada a vibração de todo o concreto com vibradores de imersão, inclusive nas regiões próximas às formas. Em seguida, é feita a vibração com vibro-acabadora, que garantirá o adensamento da superfície e a compactação final. A vibro-acabadora deverá passar, ininterruptamente, por um trecho de, pelo menos, duas placas consecutivas. O acabamento final da superfície é feito com a passagem de régua de 3 metros de comprimento. Após o tempo mínimo de 12 horas, poderá ser feita a remoção das formas.

Assim como todo elemento de concreto de cimento Portland, deverão ser tomados alguns cuidados após o término do serviço de concretagem. Deverá ser realizada a cura química das placas, por, no mínimo, 7 dias após a concretagem, não devendo ser permitido, neste período, nenhuma espécie de tráfego sobre o pavimento. Além disto, as placas devem ser cobertas com lençol plástico ou papel betumado durante o período de cura, com o objetivo de proteger os elementos da exposição às intempéries como radiação solar e chuvas.

As áreas obtidas foram multiplicadas pela espessura do pavimento de concreto, que é 28 centímetros, conforme dimensionado anteriormente.

A área da parada de ônibus no sentido BR-116/Estação Trensurb é 1.312,50 m<sup>2</sup>, enquanto a área da parada no sentido oposto é 192,50 m<sup>2</sup>, o que resulta em uma área total de 1.505,00 m<sup>2</sup> de pavimento rígido, com 421,40 m<sup>3</sup> de concreto.

A composição SICRO/4011535, conforme Apêndice R, não calcula diretamente o custo da execução do pavimento rígido, pois, ela necessita de uma composição auxiliar de usinagem, que é a SICRO/6416090, apresentada no Apêndice S. A composição de usinagem de pavimento de concreto com formas deslizantes contempla diversos materiais como agregados, aditivos e cimento, e cada um destes materiais tem uma origem diferente, tendo diversas distâncias de transporte incluídas.

Como a usina de concreto de cimento Portland necessita ser próxima à Avenida Unisinos, de modo que seja possível realizar a entrega e a aplicação do concreto em até 90 minutos, foi selecionada a usina da empresa Conpasul, que está localizada no bairro Campina, no município de São Leopoldo, na beira da rodovia BR-116, a uma distância de 7,0 km da avenida. O transporte foi considerado utilizando caminhões para concreto com capacidade de 6 m<sup>3</sup>, transitando em via asfaltada.

O fornecedor indicado para os aditivos de cura do concreto foi a empresa Vedacit, que possui o material indicado pelo DNIT. A empresa é situada no bairro Navegantes, na capital Porto Alegre, a uma distância de 27,60 km da Avenida

Unisinos. O transporte foi considerado utilizando caminhões carroceria com capacidade para 15 toneladas, trafegando em via pavimentada.

No que diz respeito aos insumos para usinagem do concreto, os agregados, como brita e areia têm como origem a jazida/pedreira e areial de projeto já citados. A distância da jazida de basalto até a usina de concreto é 13,20 km, enquanto a distância do areial até a Conpasul é 5,20 km. O transporte foi considerado utilizando caminhões basculantes de 10 m<sup>3</sup> de capacidade, em via pavimentada.

O aditivo plastificante e retardador de pega também tem origem na Vedacit, que fica a uma distância de 32,70 km da usina, e é transportado por caminhões carroceria. O cimento Portland necessário para a usinagem tem como referência de origem a Votorantim, que está localizada no bairro São Sabastião, no município de Esteio, e possui acesso direto para a rodovia BR-116. A distância entre o fornecedor e a usina é 11,50 km de vias pavimentadas. Foi considerado o transporte através de caminhões silo com capacidade de 30 m<sup>3</sup>.

## 5. Recomposição da sinalização viária horizontal

### 5.1 Limpeza da superfície do pavimento com jato a ar

O serviço compreende a limpeza da superfície do pavimento acabado, com o objetivo de eliminar qualquer partícula solta que possa prejudicar a aderência do material de sinalização na pista. Para este serviço, foi adotada a composição SINAPI/73806/001.

O serviço é quantificado em área de aplicação de sinalização, portanto, a área orçada é igual à área de sinalização termoplástica do item 5.2 da planilha orçamentária, quantificada na Tabela 22, ou seja, 806,18 m<sup>2</sup>.

### 5.2 Pintura de setas e zebrados – termoplástico por extrusão – espessura de 3 mm

Este item contempla a recomposição da sinalização viária horizontal, que foi removida devido à remoção do revestimento existente. A Tabela 21, presente na

Norma DNIT 100/2017-ES apresenta a expectativa de vida útil dos tipos de materiais para sinalização viária horizontal comumente utilizados.

Tabela 21 – Expectativa de vida útil de sinalização horizontal

Volume de tráfego	Provável vida útil de sinalização	Material
≤2000	1 ano	Estireno/Acrilato ou Estireno Butadieno
2000-3000	2 anos	Acrílica
3000-5000	3 anos	Termoplástico Tipo “spray”
>5000	5 anos	Termoplástico Tipo Extrudado

Fonte: DNIT

A adoção do termoplástico se deu devido a sua durabilidade superior e ao seu melhor custo x benefício no longo prazo, pois a sinalização termoplástica pode custar até três vezes mais do que as pinturas comuns de estireno ou acrílica, porém, a sua durabilidade é de cerca de três a cinco vezes maior. A expectativa de vida útil de uma sinalização horizontal comum, mantendo sua adequada refletância noturna, é de 12 a 24 meses, dependendo do tráfego. A expectativa de vida da sinalização termoplástica, para volumes médios diários superiores a 5.000 veículos, caso da Avenida Unisinos, é superior a 60 meses.

A execução do serviço de pintura só pode ser iniciada após a limpeza da superfície e a pré-marcação das áreas de sinalização terem sido realizadas. A especificação de serviço DER/PR-ES-OC-04/05 sugere que a sinalização seja executada após passados 30 dias da execução do revestimento, de modo que a ação do tráfego já tenha eliminado possíveis fragmentos soltos da superfície do asfalto, evitando, assim, a possível soltura da sinalização.

De acordo com a Norma DNIT 100/2017-ES, a temperatura ambiente para aplicação de sinalização termoplástica não deve ser inferior a 10°C e nem superar os 40°C, além disso, o revestimento deve estar sem umidade aparente. Ainda de acordo com a Norma, o material termoplástico deve estar aquecido a uma temperatura entre 180°C e 200°C em usina móvel no trecho.

A composição SICRO/5213409, vista no Apêndice T, indica os materiais a serem utilizados no serviço, porém sem considerar seus respectivos transportes. Foi adotado, como fornecedor de materiais de sinalização mais próximo, a empresa Sinaltran, sediada no bairro Costa do Ipiranga, em Gravataí/RS, a uma distância de 18,50 km da Avenida Unisinos. Pode ser observado, na composição, que apenas a massa termoplástica e as microesferas de vidro possuem custo de transporte, enquanto a tinta de pré-marcação está zerada. Isto se deu devido à pequena massa de material transportado, de apenas 0,00005 toneladas. O cálculo considerou transporte através de caminhões carroceria com capacidade de carga de 4 toneladas, trafegando em via pavimentada.

Para o cálculo do quantitativo, foram medidas as extensões das linhas de sinalização através de imagem de satélites do Google®. Para verificação das larguras de faixa, foram realizadas medições *in loco* para determinação das áreas. Foram medidas as larguras das linhas de tráfego tracejadas com 12 cm, das faixas de travessia de pedestres com 40 cm – estando afastadas 65 cm umas das outras – e das faixas de retenção com 90 cm. A Tabela 22 demonstra o quadro resumo contendo os quantitativos de áreas de sinalização horizontal.

Tabela 22 – Quadro resumo de quantitativos de recomposição de sinalização horizontal

Tipo de linha	Espessura (m) ou área unitária (m <sup>2</sup> )	Quantidade ou comprimento (m)	Área (m <sup>2</sup> )
Linha traçada cadência 1:1	0,12	2599	311,88
Linha de eixo contínua	0,12	320	38,40
Canalização (acesso Ht Micron)	0,30	53	15,90
Retenção (não faixa de ped.)	0,90	100	90,00
Faixas de pedestres (incl. Retenção)	25	14	350,00
			Total = 806,18 m <sup>2</sup>

Fonte: elaborado pelo autor



## 6. Controle tecnológico

### 6.1 Ensaio Marshall

Foi contemplado na planilha orçamentária o Ensaio Marshall da mistura asfáltica, afim de se obter informações de estabilidade, fluência e densidade do material que será aplicado na pista. Os ensaios estão normatizados pela Norma DNER-ME 043/95.

A Norma DNIT 031/2006-ES exige que sejam realizados três ensaios para cada expediente de oito horas, portanto, como a composição de execução de concreto betuminoso usinado a quente, SICRO/4011463, Apêndice G, indica uma produtividade de 83 toneladas por hora, foi possível determinar a quantidade de ensaios multiplicando a produção horária por 8 horas e dividindo o resultado por 3, resultando em 221,33 toneladas, que é a quantidade equivalente de toneladas para cada ensaio. Dividindo-se esta massa pelo quantitativo total de C.B.U.Q. da planilha orçamentária, que é 8.277,12 toneladas, foi obtido o número total de ensaios, ou seja, 38 unidades de corpos de prova.

### 6.3 Ensaio de porcentagem de betume

Este item da planilha orçamentária define-se pelo ensaio de porcentagem de betume, que tem como objetivo verificar o teor de betume nas misturas asfálticas. Os ensaios estão normatizados na Norma DNER-ME 053/94.

A Norma DNIT 031/2006-ES especifica que devem ser feitas extrações de amostras logo após à passagem da vibroacabadora e exige que seja realizado ao menos um ensaio para cada 700 m<sup>2</sup> de pista de rolamento. Desta forma, o quantitativo exposto na planilha orçamentária (67 unidades) foi resultado da divisão da área total de pista (46.586,16 m<sup>2</sup>) por 700 m<sup>2</sup>.

## 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

### 4.1 Determinação de solução de projeto

Os estudos para a elaboração de um projeto de restauração compreendem, segundo Bernucci (2006), avaliações funcionais, que verificam a condição superficial do pavimento – conforto, aspecto e segurança – e avaliações estruturais, que verificam a capacidade residual de carga do pavimento, através da análise de deflexões medidas.

Foram analisados dois estudos sobre as condições funcionais e estruturais especificamente do pavimento da Avenida Unisinos. Foi feita análise das conclusões sobre segmentos homogêneos caracterizados nestes trabalhos.

Ritter dos Santos (2017) realizou, em seu trabalho, a avaliação estrutural do pavimento da Avenida Unisinos, através do ensaio da Viga de Benkelman, realizado em outubro de 2017. O ensaio foi realizado em ambas as pistas, no trecho entre a Rua Aconcagua (estaca 0+000 m), próxima a BR-116, e a Avenida Mauá (Estaca 2+200 km). Foram realizadas as análises dos resultados das deflexões obtidas no ensaio, chegando a conclusões sobre a qualidade estrutural da pista em cada segmento homogêneo. O autor conclui que a Avenida Unisinos possui, de forma geral, um pavimento deficiente para o tráfego atual, sendo necessárias intervenções em todos os segmentos homogêneos.

Teixeira dos Santos (2017) realizou, no mesmo período, a avaliação funcional da Avenida Unisinos, em outubro de 2017. As duas pistas foram inventariadas e avaliadas, no mesmo trecho entre a Rua Aconcagua e a Avenida Mauá. Teixeira dos Santos (2017) utilizou como fator de avaliação o I.G.G. Os resultados do autor indicam que, no trecho com sentido BR-116 / Av. Mauá, 37% da pista encontra-se em estado regular, ante 27% em estado ruim e 36% em estado péssimo. O trecho com sentido Av. Mauá / BR-116 apresenta resultados melhores, sendo 78% da pista considerada regular ante 22% considerada ruim. Os resultados ecoam com as conclusões de Ritter dos Santos (2017), citadas anteriormente. As recomendações feitas por Ritter dos Santos (2017) e Teixeira dos Santos (2017) podem ser verificadas nas Tabela 23 e 24.

Tabela 23 – Recomendações de restauração a partir das avaliação estrutural e funcional em trechos de reforço

<b>Sentido Estação Unisinos - BR-116</b>					
<b>Solução estrutural</b>			<b>Solução funcional</b>		
Trecho		Reforço de C.B.U.Q. (cm)	Trecho		Reforço de C.B.U.Q. (cm)
0+00 m	0+750 m	TS	0+00 m	0+1.580 m	MR (1,5 cm x 2)
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	0+1.580 m	0+2.000 m	FRES+REC
<b>Sentido BR-116 - Estação Unisinos</b>					
<b>Solução estrutural</b>			<b>Solução funcional</b>		
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+300 m	RL + FRES+REC
0+580 m	0+2.000 m	7	0+300 m	0+1.020 m	RECONSTRUÇÃO
			0+1.020 m	0+1.260 m	RL + FRES+REC
			0+1.260 m	0+2.000 m	MR (1,5 cm x 2)

Fonte: Elaborado pelo autor, com resultados de Ritter dos Santos (2017) e Teixeira dos Santos (2017)

Em que:

TS – tratamento superficial

C.B.U.Q. – concreto betuminoso usinado a quente

Reforço SL – reforço de subleito

MR – micro revestimento

RL – reparos localizados

FRES – fresagem

REC – recomposição do revestimento em C.B.U.Q.

Tabela 24 – Recomendações de restauração a partir das avaliação estrutural e funcional em trechos de reconstrução

<b>Sentido Estação Unisinos - BR-116</b>					
<b>Solução estrutural</b>					
Trecho		C.B.U.Q. (cm)	Base (cm)	Sub-base (cm)	Reforço SL (cm)
0+1.550 m	0+2.000 m	10	15	15	20
<b>Solução funcional</b>					
Trecho		C.B.U.Q. (cm)	Base (cm)	Sub-base (cm)	Reforço SL (cm)
-	-	-	-	-	-
<b>Sentido BR-116 - Estação Unisinos</b>					
<b>Solução estrutural</b>					
Trecho		C.B.U.Q. (cm)	Base (cm)	Sub-base (cm)	Reforço SL (cm)
0+00 m	0+580 m	10	15	15	20
<b>Solução funcional</b>					
Trecho		C.B.U.Q. (cm)	Base (cm)	Sub-base (cm)	Reforço SL (cm)
0+300 m	0+1.020 m	7,5	-	-	-

Fonte: Elaborado pelo autor, com resultados de Ritter dos Santos (2017) e Teixeira dos Santos (2017)

A partir da análise das recomendações de restauração feitas por Ritter dos Santos (2017) e Teixeira dos Santos (2017), foram compatibilizadas as duas propostas, adotando como critério, isto é, como situação de projeto, a hipótese mais desfavorável, ou seja, aquela em que foi constatada necessidade de intervenção mais severa. O resultado da compatibilização pode ser visto nas Tabela 25 e 26.

Tabela 25 – Compatibilização de propostas estruturais e funcionais para restauração da Avenida Unisinos

<b>Sentido Estação Unisinos - BR-116</b>			<b>Sentido BR-116 - Estação Unisinos</b>		
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+750 m	0+1.150 m	10
0+1.020 m	0+2.000 m	7	0+1.150 m	0+1.550 m	6
			0+1.550 m	0+2.000 m	RECONSTRUÇÃO

Fonte: elaborado pelo autor

Em que:

MR – micro revestimento

C.B.U.Q. – concreto betuminoso usinado a quente

Reforço SL – reforço de subleito

Tabela 26 - Compatibilização de propostas estruturais e funcionais para restauração da Avenida Unisinos em trechos de reconstrução

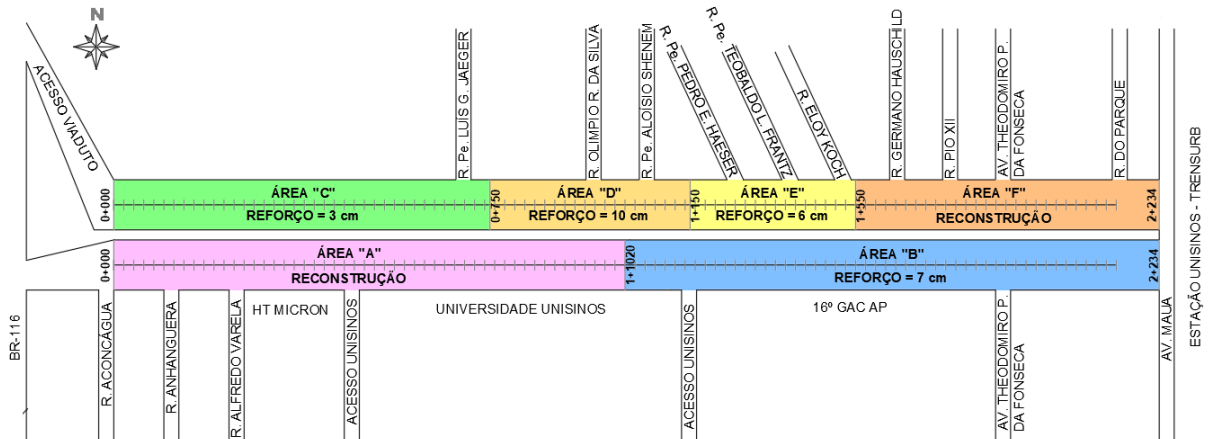
<b>Sentido BR-116 - Estação Unisinos</b>					
Trecho		C.B.U.Q. (cm)	Base (cm)	Sub-base (cm)	Reforço SL (cm)
0+00 m	0+1.020 m	10	15	15	20
<b>Sentido Estação Unisinos - BR-116</b>					
Trecho		C.B.U.Q. (cm)	Base (cm)	Sub-base (cm)	Reforço SL (cm)
0+1.550 m	0+2.000 m	10	15	15	20

Fonte: elaborado pelo autor

Como pode ser observado na Tabela 25, na grande maioria dos casos, foi adotada como solução de projeto a recomendação feita a partir da avaliação estrutural. Isto se dá pelo fato de a avaliação funcional ser mais objetiva e visual, tendo como maior objetivo analisar as condições do pavimento à segurança e ao conforto de rodagem. A avaliação estrutural, por sua vez, é um procedimento mais preciso, mais físico, analisando o comportamento do pavimento ao carregamento dinâmico, e, por este motivo, as recomendações de restauração foram mais severas.

O mapa com a solução compatibilizada, com proporções em escala, pode ser visto no Anexo Z. Para facilitar o entendimento e a leitura do trabalho, a Figura 23 ilustra a solução compatibilizada de forma linearizada.

Figura 23 – Mapa da proposta de restauração compatibilizada



Fonte: elaborado pelo autor

## 4.2. Quantitativos principais de restauração de pavimento

A partir do método citado, utilizando desenho assistido por computador, foi possível obter as áreas/regiões de intervenção, e, a partir delas, extrair os quantitativos principais.

A área total de pavimento existente encontrada na Avenida Unisinos, da estaca 0+000 m à estaca 2+234,67 m foi 46.586,16 m<sup>2</sup>.

Unindo a proposta de restauração das Tabelas 26 e 27 às áreas do pavimento respectivas a cada segmento, foi possível encontrar os principais quantitativos (faixa A) de materiais de pavimentação da obra, como pode ser verificado nas tabelas 27 e 28.

Tabela 27 – Quadro resumo de áreas de pavimentação

<b>Tipo</b>	<b>Espessura (m)</b>	<b>Área A (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Área B (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Área C (m<sup>2</sup>)</b>
CBUQ	0,10	11.969,18	-	-
	0,07	-	12.376,99	-
	0,06	-	-	-
	0,03	-	-	6.693,15
BASE	0,15	11.969,18	-	-
SUB-BASE	0,15	11.969,18	-	-
REF. SUBL.	0,20	11.969,18	-	-
<b>Tipo</b>	<b>Espessura (m)</b>	<b>Área D (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Área E (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Área F (m<sup>2</sup>)</b>
CBUQ	0,10	4.724,26	-	6.592,72
	0,07	-	-	-
	0,06	-	4.229,86	-
	0,03	-	-	-
BASE	0,15	-	-	6.592,72
SUB-BASE	0,15	-	-	6.592,72
REF. SUBL.	0,20	-	-	6.592,72

Fonte: elaborado pelo autor

Em que:

Área A – área entre as estacas 0+000 m e 1+030 m, pista com fluxo sentido BR-116-Estação Trensurb;

Área B – área entre as estacas 1+030 m e 2+234 m, pista com fluxo sentido BR-116-Estação Trensurb;

Área C – área entre as estacas 0+000 m e 0+750 m, pista com fluxo sentido Estação Trensurb-BR-116;

Área D – área entre as estacas 0+750 m e 1+150 m, pista com fluxo sentido Estação Trensurb-BR-116;

Área E – área entre as estacas 1+150 m e 1+550 m, pista com fluxo sentido Estação Trensurb-BR-116;

Área F – área entre as estacas 1+150 m e 2+234 m, pista com fluxo sentido Estação Trensurb-BR-116;

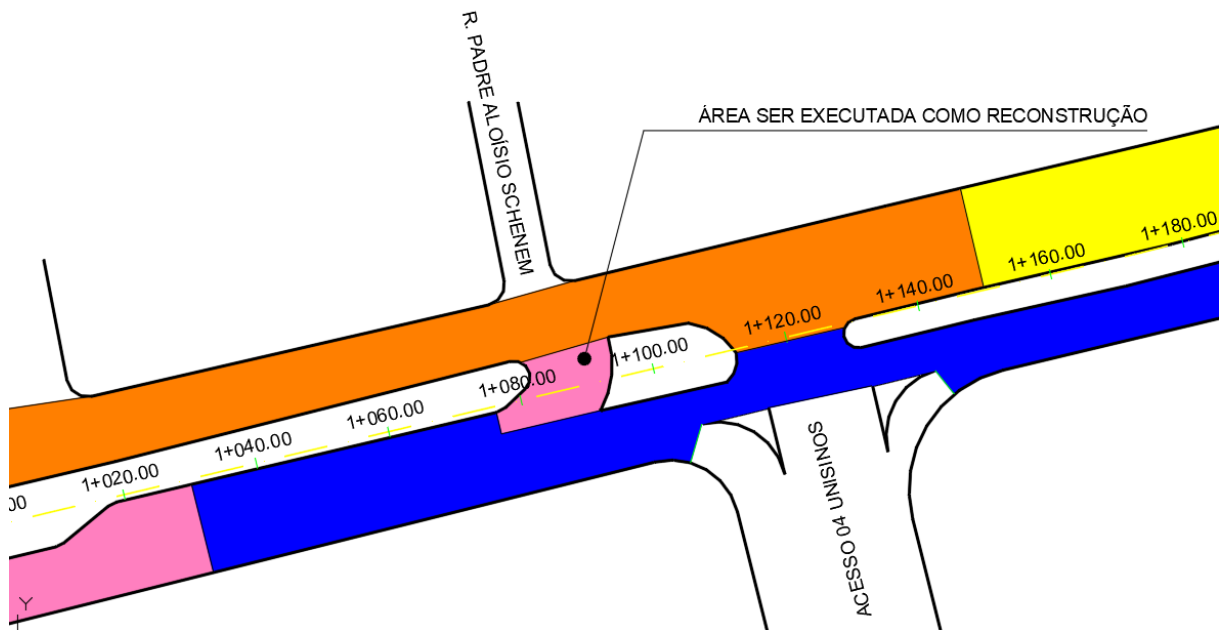
C.B.U.Q. – concreto betuminoso usinado a quente;

REF. SUBL. – reforço de subleito;

Como especificado acima, haverá duas áreas de intervenção com seções tipo diferentes no sentido BR-116-Estação Trensurb, e quatro áreas de intervenção com seções tipos diferentes no sentido Estação Trensurb-BR-116.

Há, no trecho, um local em que é necessário um reparo profundo, com execução de sub-base, base, compactação e revestimento, ou seja, de total reconstrução, que ficou enquadrado em trecho de reforço. Esta área, de 142,19 m<sup>2</sup>, situa-se no retorno entre os Acessos 03 e 04 da Unisinos, no local demonstrado nas Figuras 23 e 24. O trecho foi computado como trecho de reconstrução, entrando nos valores da área A.

Figura 24 – Área de retorno a ser executada como reconstrução



Fonte: elaborado pelo autor

Figura 25 – Fotografia da área de retorno a ser executada como reconstrução



Fonte: fotografado pelo autor



A partir destes volumes, é possível quantificar o volume total de cada um destes materiais, como demonstrado na Tabela 21. O mapa resumo das áreas de intervenção pode ser conferido no Apêndice Z.

Tabela 28 – Volumes totais de materiais de pavimentação

Tipo	Espessura (m)	Volume por espessura (m <sup>3</sup> )	Volume total (m <sup>3</sup> )
CBUQ	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: elaborado pelo autor

### 4.3 Resultado do dimensionamento dos pavimentos rígidos das paradas de ônibus

Através do dimensionamento do pavimento rígido utilizando a metodologia do DNIT apresentada neste trabalho, foi possível adotar as dimensões do pavimento e da sub-base.

Aplicando-se o fator de segurança de 1,2, temos 8,4 toneladas no eixo dianteiro e 12 toneladas no eixo traseiro.

Na análise de fadiga, foi obtida, para uma placa de 29 cm, a tensão equivalente encontrada é 1,02 MPa, enquanto que, na análise de erosão, foi encontrado um fator de erosão de 2,58 MPa. É interessante observar que o coeficiente de recalque tem pouquíssima influência neste último fator, e que a espessura da placa é a variável determinante. Isto significa que o subleito e a sub-base pouco afetam a erosão causada ao pavimento, o que já era esperado.

O resultado do número de repetições admissíveis de eixos são 8.030.351,64 de repetições, que foi obtido através da Equação 4.1.

$$Nr = V \times f_e \times 365 \times 20 \times 1,03^{20} \quad (4.1)$$

Em que:

$N_r$  = número de repetições admissíveis;

$f_e$  = fator de expansão do tráfego;

A Tabela 29 demonstra o quadro resumo com todos os parâmetros utilizados no dimensionamento do pavimento rígido de concreto da parada de ônibus em frente à Unisinos.

Tabela 29 – Quadro resumo de dimensionamento de pavimento rígido

Cargas por eixo (tf)	Cargas por eixo x $F_s$ (tf)	Nº de repetições previstas	
6-7	8,4	8.030.351,64	
9-10	12	8.030.351,64	
Análise de fadiga		Análise de erosão	
Nº de repetições admissíveis	Consumo de fadiga (%)	Nº de repetições admissíveis	Consumo de fadiga (%)
ilimitadas	0,00%	ilimitadas	0,00%
ilimitadas	0,00%	10.000.000,00	80,30%
Total (%)	0,00%		80,30%
Eixo simples	Espessura da placa = 29 cm $K_{sb} = 59,50$ MPa/m Tensão equivalente = 1,02 MPa Fator de erosão = 2,58 MPa	$f_{tk} = 4,80$ MPa Fator de segurança = 1,20 Fator de fadiga = 0,213	

Fonte: elaborado pelo autor

Pode-se observar, pelo resultado exposto, que placas com 29 cm de espessura resultam em um consumo de fadiga de 80,30%, o que significa que o pavimento atende os critérios de resistência e durabilidade estabelecidos.

É interessante notar que o grande fator influenciador no dimensionamento do pavimento rígido foi o fator de erosão, o que era esperado, pois a erosão é muito maior em eixos simples, pois a carga é menos distribuída. Também é possível notar que o consumo de fadiga na análise de fadiga foi nulo, algo que, à primeira vista, poderia ser pensado como superdimensionado. Porém, para o consumo de fadiga, neste caso, não ser nulo, seria necessário um fator de fadiga superior a 0,32 e uma tensão equivalente maior do que 1,54 MPa, que é obtido com a adoção de uma placa com 21 cm de espessura ou inferior. Uma placa com esta dimensão, no entanto, não atenderia

o critério da análise de erosão, sendo, portanto, subdimensionada para a vida útil de 20 anos.

#### **4.4 Quantitativos de fresagem**

O serviço de fresagem será realizado em toda a área em que será executado reforço de pavimento, ou seja, não foi considerada a área de reconstrução, como citado anteriormente. Foi multiplicada a área de reforço (28.024,26 m<sup>2</sup>) pela espessura de 4 cm, resultando em um volume de 1.120,97 m<sup>3</sup> de material. Conforme o boletim de sondagem, presente no Anexo B, o único ponto que contém revestimento de espessura de 4 cm foi o furo PS-02, que se encontra no trecho de reconstrução. Todos os demais trechos possuem espessura maior ou igual a 6 cm de revestimento, o que viabiliza a fresagem de 4 cm.

#### **4.5 Quantitativos de concreto betuminoso usinado a quente, em trechos de reforço**

O quantitativo de concreto betuminoso usinado a quente (C.B.U.Q.) apresentado na planilha orçamentária foi obtido através do somatório dos volumes gerados pela multiplicação das áreas B, C, D e E, da Tabela 27, por suas respectivas espessuras, totalizando 1.793,40 m<sup>3</sup> de revestimento. Foi descontada, porém, a área de pavimento rígido no sentido Trensurb/BR-116, que possui 55 m<sup>2</sup>, resultando em um volume final de 1.787,62 m<sup>3</sup>. Como o peso específico do C.B.U.Q. é 2,4 t/m<sup>3</sup>, foi obtida a massa de 4.290,29 toneladas.

#### **4.6 Resultado do orçamento**

Foi elaborada a planilha orçamentária global, utilizando os quantitativos de pavimentação e de serviços gerais, conforme quantitativos apresentados anteriormente. O resultado pode ser visto no Apêndice Y.

O resultado representa os custos unitários e globais para a proposta de restauração adotada, que envolve a fresagem de revestimento em trechos de reforço de pavimento – que receberão camada adicional de C.B.U.Q. – reconstrução de pavimento em locais mais deteriorados, onde serão necessárias as execuções de camadas de base e de sub-base, além do revestimento, execução de pavimento rígido em paradas de ônibus, com utilização de sub-base granular e, por fim, serviços complementares, como a recomposição da sinalização horizontal.

Os serviços preliminares, que incluem placa de obra, administração local de obra, serviços de topografia e mobilização e desmobilização de patrulha mecânica custaram, ao todo, R\$ 108.831,08, ou seja, apenas 2,54% do valor total da obra.

É possível notar, ao observar os resultados do orçamento, que os serviços que mais pesam no custo de uma obra de restauração como esta, são a reconstrução e o reforço do pavimento, sendo responsáveis por cerca de 91% do total do custo. O reforço do pavimento existente custou, ao total, R\$ 1.314.886,94, enquanto a reconstrução dos trechos mais degradados custou R\$ 2.609.867,18.

Quando são analisados os preços de reconstrução e de reforço, é possível fazer uma comparação através da razão entre o preço total do serviço e a área de execução deste. O reforço de pavimentos custou R\$ 46,92/m<sup>2</sup>, enquanto a reconstrução custou R\$ 140,60/m<sup>2</sup>.

O pavimento rígido executado nas paradas de ônibus custou, ao total, R\$ 164.353,65, custando cerca de R\$ 109,21/m<sup>2</sup>, ou seja, 3,83% do valor orçado.

A recomposição da sinalização horizontal, utilizando pintura termoplástica teve um custo de R\$ 74.112,21, sendo apenas 1,73% do valor global.

O item que menos pesa no orçamento da restauração da Avenida Unisinos é o controle tecnológico dos serviços de execução de pavimentação asfáltica, tendo sido obtido o valor final de R\$ 16.714,06, cerca de 0,39% do total geral do orçamento da obra.

O preço final da obra, incluindo o BDI de 24,03%, é R\$ 4.288.502,49, resultando em um preço de R\$ 92,06/m<sup>2</sup>.

## 5 CONCLUSÃO

A metodologia adotada possibilitou a realização do orçamento de restauração do pavimento da Avenida Unisinos através da compatibilização das propostas de restauração de Ritter dos Santos (2017) e Teixeira dos Santos (2017), e, também, através da quantificação dos materiais e da definição das origens e destinos dos insumos utilizados para a obra.

Entre as duas propostas de restauração analisadas, a que teve maior influência na proposta final foi a realizada por Ritter dos Santos (2017), que teve como método a avaliação estrutural do pavimento, por ser um método dinâmico com uma precisão muito superior à avaliação funcional.

O resultado final da compatibilização, que gerou a proposta final de restauração, levou a uma área de 18.561,90 m<sup>2</sup> de reconstrução e 28.024,26 m<sup>2</sup> de reforço.

Através da metodologia de quantificação adotada, que envolveu a utilização de *softwares* de desenho assistido, imagens de satélite e medições *in loco*, foi possível se chegar aos volumes de 3.649,59 m<sup>3</sup> de C.B.U.Q. e 2.789,29 m<sup>3</sup> de base e de sub-base, que são valores coerentes para a extensão e largura da avenida.

Através da análise dos resultados, foi possível verificar que o custo de reconstrução foi de cerca de R\$ 140,60/m<sup>2</sup>, enquanto o custo de reforço foi de apenas R\$ 46,92/m<sup>2</sup>, ou seja, aproximadamente três vezes menos.

Com este resultado, fica comprovado o que é exposto na Figura 11, que indica que o custo de restauração de uma via cresce exponencialmente quando se chega ao limite a partir do qual o reforço já não é mais suficiente, levando à necessidade de reconstrução. O valor total da obra foi de R\$ 4.288.502,49. Partindo de hipótese de que fosse possível executar o trecho de reconstrução como reforço, o custo da obra poderia ser reduzido para R\$ 2.549.552,15, cerca de 40% a menos.

Devido ao fato de o pavimento rígido não ter a presença de aço, como barras de transferência e barras de ligação, é interessante notar que o seu custo final foi de, aproximadamente R\$ 109, 21/m<sup>2</sup>, cerca de 22% a menos do que o custo unitário por área (m<sup>2</sup>) dos trechos de reconstrução. Além da ausência do aço, o elevado preço vigente do cimento asfáltico de petróleo (CAP) também contribuiu para o pavimento rígido ter custo menor do que o flexível. Isto significa que o pavimento de concreto simples custa R\$ 5,46/m<sup>2</sup>/ano, levando em consideração a vida útil de 20 anos,

enquanto o pavimento de concreto betuminoso, em trechos de reconstrução, nas condições de preços atuais, e levando em consideração uma vida útil de 10 anos, custa em torno de R\$ 14,06/m<sup>2</sup>/ano. No longo prazo, é possível perceber uma vantagem ao adotar o pavimento rígido sem barras de transferência.

### **5.1 Sugestões para trabalhos futuros**

Como sugestões para trabalhos futuros, seguindo o mesmo enfoque deste trabalho, sugere-se:

- Criar uma nova proposta de restauração utilizando pavimentos rígidos em toda a Avenida Unisinos e realizar um estudo de viabilidade econômica;

- Devido ao perfil longitudinal da via possuir ponto baixo, realizar estudos de drenagem da Avenida Unisinos e lançar a proposta de utilização de drenos de pavimentos;

- Como foi verificado, neste trabalho, que a falta de manutenção pode levar à triplicação dos custos de restauração, devido à necessidade de reconstrução do trecho, realizar um plano de manutenções preventivas de rotina na Avenida Unisinos, levando em considerações os custos mensais que se teriam com as operações;

- Com base nas contagens de tráfego realizadas pelo autor deste trabalho, em conjunto com Ritter dos Santos (2017) e Teixeira dos Santos (2017), realizar um estudo de tráfego em horários de maior demanda e verificar a necessidade de criação de faixas de trânsito adicionais para melhorar a fluidez na Avenida Unisinos.

## REFERÊNCIAS

Anuário CNT do transporte. Estatísticas consolidadas 2017. Brasília: CNT, 2017.

BALBO, José Tadeu. Pavimentação asfáltica: materiais, projeto e restauração. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

BERNUCCI, Liedi Bariani. et al. Pavimentação Asfáltica: Formação Básica para Engenheiros. Rio de Janeiro: Editora Petrobras e Abeda, 2007.

Confederação Nacional do Transporte. Transporte rodoviário: por que os pavimentos das rodovias do Brasil não duram? Brasília: CNT, 2017.

Custos logísticos no Brasil. ILOS. Disponível em:

<<http://www.ilos.com.br/web/custos-logisticos-no-brasil>>. Acesso em: 31 de agosto de 2017.

DE SENÇO, Wlastermiler. Manual de técnicas de pavimentação. São Paulo: Editora Pini, 2001

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM (DER/PR). DER/PR-ES-OC-04/05: Obras complementares: sinalização horizontal com material termoplástico aplicado pelo processo de extrusão, retrorrefletivo - Especificação de Serviço. Curitiba, 2005.

DEPARTAMENTO DE TRANSPORTES (UFPR). Curso de tecnologia de pavimentos de concreto: Módulo 2 - Projeto e dimensionamento dos pavimentos. Notas de aula. Curitiba: Universidade Federal do Paraná.

DEPARTAMENTO ESTADUAL DE INFRAESTRUTURA (DEINFRA). DEINFRA-SC-ES-P-04/15: Pinturas Asfálticas - Especificação de Serviço. Florianópolis, 2015.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM (DNER). DNER 011/79-PRO: Avaliação estrutural dos pavimentos flexíveis - Procedimento "B". 1979.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM (DNER). DNER 273/96-PRO: Determinação das deflexões utilizando o deflectômetro de impacto tipo "falling weight deflectometer - FWD". 1996.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT).  
DNIT 009/2003-PRO: Avaliação subjetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos. Rio de Janeiro, 2003.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT).  
DNIT 005/2003-TER: Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos. Rio de Janeiro, 2003.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT).  
DNIT 006/2003-PRO: Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos. Rio de Janeiro, 2003.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT).  
IPR-719: Manual de pavimentação. 3ª ed. Rio de Janeiro, 2006.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT).  
Manual de custos de infraestrutura de transportes: Metodologia e conceitos (volume 01). Brasília, 2017.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT).  
Manual de custos de infraestrutura de transportes: Fator de influência das chuvas (volume 06). Brasília, 2017.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT).  
Manual de custos de infraestrutura de transportes: Volume 09: Mobilização e Desmobilização. Brasília, 2017.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT).  
Sistema de Custos Referenciais de Obras (SICRO). Maio de 2017.

FILHO, Luiz Heleno Albuquerque. Novo Sistema de Custos Referenciais de Obras - SICRO: Principais inovações e alterações metodológicas. DNIT, 2017.

First American Macadam Road. U.S. Department of Transportation. Disponível em: <<https://www.fhwa.dot.gov/rakeman/1823.htm>>. Acesso em: 28 de agosto de 2017.

FRANZ, C. M.; SEBERINO, J.R.V. A história do trânsito e sua evolução. Joinville: Facel, 2002.



INSTITUTO DE PESQUISAS RODOVIÁRIAS (IPR). DNIT 031/2006-ES: Pavimentos Flexíveis – Concreto Asfáltico - Especificação de Serviço. Rio de Janeiro, 2006.

INSTITUTO DE PESQUISAS RODOVIÁRIAS (IPR). DNIT 100/2017-ES: Obras complementares - Segurança no tráfego rodoviário – Sinalização horizontal - Especificação de Serviço. Rio de Janeiro, 2017.

INSTITUTO DE PESQUISAS RODOVIÁRIAS (IPR). DNIT 137/2010-ES: Regularização do subleito - Especificação de Serviço. Rio de Janeiro, 2010.

INSTITUTO DE PESQUISAS RODOVIÁRIAS (IPR). DNIT 144/2014-ES: Pavimentação asfáltica – Imprimação com ligante asfáltico convencional - Especificação de Serviço. Rio de Janeiro, 2010.

INSTITUTO DE PESQUISAS RODOVIÁRIAS (IPR). DNIT 152/2010-ES: Macadame hidráulico - Especificação de Serviço. Rio de Janeiro, 2010.

INSTITUTO DE PESQUISAS RODOVIÁRIAS (IPR). IPR-714: Manual de pavimentos rígidos. Rio de Janeiro, 2005.

KEEDI, S.; MENDONÇA, P.C.C. Transportes e seguros no comércio exterior. 2ª ed. São Paulo: Aduaneiras, 2000.

KEEDI, Samir. Logística de Transporte Internacional: veículo prático de competitividade. 2º ed. São Paulo: Aduaneiras, 2004.

MARÉ, Florbela Lima. História das infra-estruturas rodoviárias. Porto: Universidade de Porto, 2011.

MATTOS, Aldo Dórea. Como preparar orçamentos de obras: dicas para orçamentistas, estudos de caso, exemplos. São Paulo: Editora Pini, 2006.

RAVACHE, Gerusa. Uma análise das tendências de evolução do tráfego de caminhões e sua relação com as políticas brasileiras de investimentos em transporte. Rio de Janeiro: COPPE, 2014.

Recuperação e reforço de pavimentos. Infraestrutura Urbana (PINI). Disponível em: <<http://infraestruturaurbana17.pini.com.br/solucoes-tecnicas/37/artigo308746-3.aspx>>. Acesso em: 18 de setembro de 2017.

RIBEIRO. P. C. C.; FERREIRA. K. A. Logística e Transportes: Uma Discussão Sobre os Modais de Transporte e o Panorama Brasileiro. XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGP). Curitiba, 2002.

RITTER DOS SANTOS, Douglas. Avaliação estrutural para restauração da Avenida Unisinos. Trabalho de conclusão do curso de Engenharia Civil. São Leopoldo: Universidade do Vale do Rio dos Sinos, 2017.

RODRIGUES, Renato. Estudo de custos para pavimentos rígidos. Trabalho de conclusão de curso de Engenharia Civil. São Leopoldo: Universidade do Vale do Rio dos Sinos, 2016.

Sistema de Informações Geográficas da Mineração (SIGMINE). Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM). Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/assuntos/ao-minerador/sigmine>>. Acesso em 17 de novembro de 2017.

TEIXEIRA DOS SANTOS, Felipe. Avaliação funcional para restauração da Av. Unisinos. Trabalho de conclusão do curso de Engenharia Civil. São Leopoldo: Universidade do Vale do Rio dos Sinos, 2017.

TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO (TCU). Acórdão nº 2622/2013. Brasília, 2013.

## APÊNDICE A – PLACA DE OBRA EM CHAPA DE AÇO GALVANIZADO

COMPOSIÇÃO DE CUSTO UNITÁRIA						
Referência: SINAPI	74209/1	Data base: Janeiro/2018	Valores em: R\$	Unidade: m <sup>2</sup>		
<b>Placa de obra em chapa de aço galvanizado</b> 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	
<b>Custo horário total dos equipamentos (A) = 00,00</b>						
B - MÃO DE OBRA	Quantidade	Unidade	Custo horário c/encargos	Custo horário total		
88316 - Servente	2	h	15,27	30,54		
88262 - Carpinteiro de formas	1	h	18,42	18,42		
<b>Custo horário total da mão de obra (B) = 48,96</b>						
<b>Custo horário total de execução (A+B) = 48,96</b>						
<b>Custo do FIT = 0,00</b>		<b>Custo do FIC = 0,00</b>		<b>Custo unitário de execução c/ acréscimo = 48,96</b>		
C - MATERIAL	Quantidade	Unidade	Custo unitário	Custo total		
4417 - Sarrafo de madeira *2,5 x 7* cm, macaranduba, angelim ou equivalente	1,00000	m	3,24	3,24		
4491 - Peça de madeira nativa / regional 7,5 x 7,5cm (3x3) nao aparelhada (p/forma)	4,00000	m	2,95	11,80		
4813 - Placa de obra (para construcao civil) em chapa galvanizada *n. 22*, de *2,0 x 1,125* m	1,00000	m <sup>2</sup>	155,00	155,00		
5075 - Pregos de aço polido com cabeça 18 x 30 (2 3/4 x 10)	0,11000	kg	9,00	0,99		
94962 - Concreto magro para lastro, traço 1:4,5:4,5 (cimento/ areia média/ brita 1) - preparo mecânico com betoneira 400 l	0,01000	m <sup>3</sup>	251,12	2,51		
<b>Custo total de materiais (C) = 173,54</b>						
D - ATIVIDADES COMPLEMENTARES (COMPOSIÇÕES)	Quantidade	Unidade	Custo unitário	Custo total		
				0,00		
<b>Custo total com atividades complementares (D) = 0,00</b>						
E - CUSTO FIXO	Código	Quantidade	Unidade	Custo unitário	Custo unitário equivalente	
<b>Custo unitário total de tempo fixo (E) = 0,00</b>						
F - MOMENTO DE TRANSPORTE	Quantidade	Unidade	DMT			Custo unitário
			LN	RP	P	
<b>Custo unitário total de transporte (F) = 0,00</b>						
<b>Custo unitário direto total (A+B+C+D+E+F) = 222,50</b>						

**APÊNDICE B – SERVIÇOS TOPOGRÁFICOS PARA PAVIMENTAÇÃO,  
INCLUSIVE NOTAS DE SERVIÇO, ACOMPANHAMENTO E GREIDE**

COMPOSIÇÃO DE CUSTO UNITÁRIA						
Referência: SINAPI	Código: 78472	Data base: Janeiro/2018	Valores em: R\$	Unidade: m <sup>2</sup>		
<b>Serviços topográficos para pavimentação, inclusive notas de serviço, acompanhamento e greide</b>						
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	
92145 - Caminhonete cabine simples com motor 1.6	0,001	100%	0%	90,63	-	0,09
<b>Custo horário total dos equipamentos (A) = 00,09</b>						
B - MÃO DE OBRA	Quantidade	Unidade	Custo horário c/ encargos	Custo horário total		
88316 - Servente	0,0075	h	15,27	0,114525		
88253 - Auxiliar de topógrafo	0,0025	h	27,12	0,0678		
88288 - Nivelador	0,0025	h	29,03	0,072575		
88597 - Desenhista detalhista	0,0020	h	24,88	0,04976		
<b>Custo horário total da mão de obra (B) = 0,30</b>						
<b>Custo horário total de execução (A+B) = 00,40</b>						
Custo do FIT = 0,00		Custo do FIC = 0,00		Custo unitário de execução c/ acréscimo = 00,40		
C - MATERIAL	Quantidade	Unidade	Custo unitário	Custo total		
6204 - Sarrafo de madeira *2,5 x 15* cm, macaranduba, angelim ou equivalente	0,00289	m	8,87	0,03		
<b>Custo total de materiais (C) = 0,03</b>						
D - ATIVIDADES COMPLEMENTARES (COMPOSIÇÕES)	Quantidade	Unidade	Custo unitário	Custo total		
				0,00		
<b>Custo total com atividades complementares (D) = 0,00</b>						
E - CUSTO FIXO	Código	Quantidade	Unidade	Custo unitário	Custo unitário equivalente	
<b>Custo unitário total de tempo fixo (E) = 0,00</b>						
F - MOMENTO DE TRANSPORTE	Quantidade	Unidade	DMT			Custo unitário
			LN	RP	P	
<b>Custo unitário total de transporte (F) = 0,00</b>						
<b>Custo unitário direto total (A+B+C+D+E+F) = 0,42</b>						

## APÊNDICE C – MOBILIZAÇÃO E DESMOBILIZAÇÃO DE PATRULHA MECÂNICA

COMPOSIÇÃO DE PREÇO UNITÁRIO DE MOBILIZAÇÃO DE EQUIPAMENTOS								
CÓDIGO	SERVIÇO:							UNIDADE:
CPU - 001	MOBILIZAÇÃO E DESMOBILIZAÇÃO DE PATRULHA MECÂNICA							%
CÓDIGO	EQUIPAMENTOS	QUANTIDADE	UND.	TEMPO DE VIAGEM	QTD. VIAGENS	CUSTO OPERACIONAL		CUSTO UNITÁRIO
						PRODUTIVO	IMPRODUTIVO	
SICRO/E9665	DESLOCAMENTO COM CAVALO MECÂNICO + REBOQUE (capacidade 35 t)	7,00	viagens	1,20	7,00	176,45	-	1.482,18
TOTAL = (A)								1.482,18
CÓDIGO	DESLOCAMENTO DE VEÍCULOS	QUANTIDADE	UND.	TEMPO DE VIAGEM	QTD. VIAGENS	CUSTO OPERACIONAL		CUSTO UNITÁRIO
						PRODUTIVO	IMPRODUTIVO	
SICRO/E9645	CAMINHÃO APLICADOR DE MATERIAL TERMOPLÁSTICO	1,00	Unid.	1,20	1,00	172,14	-	206,57
SICRO/E9571	CAMINHÃO TANQUE 10.000 l	1,00	Unid.	1,20	1,00	158,71	-	190,46
SICRO/E9579	CAMINHÃO BASCULANTE 10,00 m <sup>3</sup>	6,00	Unid.	1,20	1,00	177,25	-	1.276,20
TOTAL = (B)								1.673,23
PRODUÇÃO DE EQUIPE (D)			UND.	1,00	CUSTO UNITÁRIO TOTAL ( A + B ) = (C)			3.155,41
CUSTO TOTAL POR MOBILIZAÇÃO					{ ( A ) + ( B ) } / ( C ) = (D)			3.155,41
CÓDIGO	DISTÂNCIAS DE TRANSPORTE	UND.	DISTÂNCIA PERCORRIDA	VELOCIDADE MÉDIA (km/h)	TEMPO DE VIAGEM MÉDIO			
001	PORTO ALEGRE	km	60,00	50	1,20			
CUSTO DIRETO TOTAL { ( A ) + ( B ) } / ( C ) = (D)								R\$ 3.155,41
CUSTO UNITÁRIO TOTAL								R\$ 3.155,41

## APÊNDICE D – ADMINISTRAÇÃO LOCAL DE OBRA

COMPOSIÇÃO DE PREÇO UNITÁRIO DE ADMINISTRAÇÃO LOCAL DE OBRA							
CÓDIGO	SERVIÇO:						UNIDADE:
CPU - 002	ADMINISTRAÇÃO LOCAL DE OBRA						%
CÓDIGO	EQUIPAMENTOS	QUANTIDADE	UTILIZAÇÃO		CUSTO OPERACIONAL		CUSTO UNITÁRIO
			PRODUTIVO	IMPRODUTIVO	PRODUTIVO	IMPRODUTIVO	
TOTAL = (A)							-
CÓDIGO	MÃO-DE-OBRA SUPLEMENTAR	UND.	QUANTIDADE	SALÁRIO BASE C/ ENC. SOC.	CUSTO UNITÁRIO		
SICRO/P9812	ENGENHEIRO CIVIL	MÊS	2,00	23.025,44			
SICRO/P9893	ENCARREGADO DE PAVIMENTAÇÃO	MÊS	2,00	8.539,67			
TOTAL = (B)							63.130,22
PRODUÇÃO DE EQUIPE (D)		UND.	MÊS	2,00	CUSTO UNITÁRIO TOTAL ( A + B ) = (C)		63.130,22
CUSTO DE ADMINISTRAÇÃO DE EQUIPE POR MÊS (D)					{ ( A ) + ( B ) + ( C ) } / ( D ) = (E)		31.565,11
CÓDIGO	MATERIAIS / SERVIÇOS	UND.	CONSUMO	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL		
SINAPI/10778	ALUGUEL CONTAINER/SANIT C/4 VASOS/1 LAVAT/1 MIC/4 CHUV LARG = 2,20M COMPR=6,20M ALT=2,50M CHAPAS ACO C/NERV TRAPEZ FORRO C/ ISOL TERMO -ACUST CHASSIS REFORC PISO COMPENS NAVAL INCL INST RA ELETR/HIDRO -SANIT EXCL TRANSP/CARGA/DESCARGA	mês	2,00	500,00	1.000,00		
TOTAL = (F)							1.000,00
CUSTO DIRETO TOTAL ( E ) + ( F )							( G ) = R\$ 64.130,22
<b>CUSTO UNITÁRIO TOTAL</b>							<b>R\$ 64.130,22</b>

## APÊNDICE E – FRESAGEM CONTÍNUA DE REVESTIMENTO BETUMINOSO

COMPOSIÇÃO DE CUSTO UNITÁRIA						
Referência: SICRO	Código: 4011479	Data base: setembro/2017	Valores em: R\$	Unidade: m <sup>3</sup>		
<b>Fresagem contínua de revestimento betuminoso</b>						
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
<b>Custo horário total dos equipamentos (A) = 1.083,59</b>						
B - MÃO DE OBRA	Quantidade	Unidade	Custo horário c/ encargos	Custo horário total		
P9824 - Servente	8	h	17,2971	138,3768		
<b>Custo horário total da mão de obra (B) = 138,38</b>						
<b>Custo horário total de execução (A+B) = 1.221,97</b>						
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		
<b>Custo total de materiais (C) = 8,27</b>						
D - ATIVIDADES COMPLEMENTARES (COMPOSIÇÕES)	Quantidade	Unidade	Custo unitário	Custo total		
				0,00		
<b>Custo total com atividades complementares (D) = 0,00</b>						
E - CUSTO FIXO	Código	Quantidade	Unidade	Custo unitário	Custo unitário equivalente	
M2093 - Material fresado - Caminhão basculante 10m <sup>3</sup>	5915407	2,40000	t	1,72	4,13	
<b>Custo unitário total de tempo fixo (E) = 4,13</b>						
F - MOMENTO DE TRANSPORTE	Quantidade	Unidade	DMT			Custo unitário
			LN	RP	P	
M2093 - Material fresado - Caminhão basculante 10m <sup>3</sup>	2,40000	tkm			0,47	5,64
<b>Custo unitário total de transporte (F) = 5,64</b>						
<b>Custo unitário direto total (A+B+C+D+E+F) = 37,91</b>						

## APÊNDICE F – PINTURA DE LIGAÇÃO

COMPOSIÇÃO DE CUSTO UNITÁRIA						
Referência: SICRO	Código: 4011353	Data base: setembro/2017	Valores em: R\$	Unidade: m <sup>2</sup>		
<b>Pintura de ligação</b> 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
<b>Custo horário total dos equipamentos (A) = 238,73</b>						
B - MÃO DE OBRA	Quantidade	Unidade	Custo horário c/encargos	Custo horário total		
P9824 - Servente	2	h	17,2971	34,59		
<b>Custo horário total da mão de obra (B) = 34,59</b>						
<b>Custo horário total de execução (A+B) = 273,33</b>						
Custo do FIT = 0,00		Custo do FIC = 0,00		<b>Custo unitário de execução c/ acréscimo = 0,18</b>		
C - MATERIAL	Quantidade	Unidade	Custo unitário	Custo total		
M1946 - Emulsão asfáltica RR-1C	0,00045	t	1170,00	0,53		
<b>Custo total de materiais (C) = 0,53</b>						
D - ATIVIDADES COMPLEMENTARES (COMPOSIÇÕES)	Quantidade	Unidade	Custo unitário	Custo total		
				0,00		
<b>Custo total com atividades complementares (D) = 0,00</b>						
E - CUSTO FIXO	Código	Quantidade	Unidade	Custo unitário	Custo unitário equivalente	
					0,00	
<b>Custo unitário total de tempo fixo (E) = 0,00</b>						
F - MOMENTO DE TRANSPORTE	Quantidade	Unidade	DMT			Custo unitário
			LN	RP	P	
M1946 - Emulsão asfáltica - Caminhão distribuidor	0,00045	tkm			0,91	0,0046
<b>Custo unitário total de transporte (F) = 0,0046</b>						
<b>Custo unitário direto total (A+B+C+D+E+F) = 0,71</b>						



## APÊNDICE G – 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		
<b>Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais</b>						
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
<b>Custo horário total dos equipamentos (A) = 364,61</b>						
B - MÃO DE OBRA	Quantidade	Unidade	Custo horário c/encargos	Custo horário total		
P9824 - Servente	8	h	17,2971	138,38		
<b>Custo horário total da mão de obra (B) = 138,38</b>						
<b>Custo horário total de execução (A+B) = 502,99</b>						
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		
<b>Custo total de materiais (C) = 0,00</b>						
D - ATIVIDADES COMPLEMENTARES (COMPOSIÇÕES)	Quantidade	Unidade	Custo unitário	Custo total		
6416078 - Usinagem de concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais	1,02	t	187,40	191,15		
<b>Custo total com atividades complementares (D) = 191,15</b>						
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 m <sup>3</sup>	5914649	1,02000	t	7,41	7,56	
<b>Custo unitário total de tempo fixo (E) = 7,56</b>						
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 m <sup>3</sup>	1,02000	tkm			0,47	9,54006
<b>Custo unitário total de transporte (F) = 9,54</b>						
<b>Custo unitário direto total (A+B+C+D+E+F) = 214,34</b>						

## APÊNDICE H – USINAGEM DE CONCRETO ASFÁLTICO – FAIXA C - AREIA

COMPOSIÇÃO DE CUSTO UNITÁRIA						
Referência: SICRO	Código: 6416078	Data base: setembro/2017	Valores em: R\$	Unidade: t		
<b>Usinagem de concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais</b>						
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
<b>Custo horário total dos equipamentos (A) = 1.129,34</b>						
B - MÃO DE OBRA	Quantidade	Unidade	Custo horário c/encargos	Custo horário total		
P9824 - Servente	8	h	17,2971	138,38		
<b>Custo horário total da mão de obra (B) = 138,38</b>						
<b>Custo horário total de execução (A+B) = 1.267,72</b>						
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	1550,00	87,73		
M1103 - Pedrisco	0,13836	m³	61,61	8,52		
M1941 - Óleo combustível 1A	8,00000	l	1,82	14,55		
<b>Custo total de materiais (C) = 162,13</b>						
D - ATIVIDADES COMPLEMENTARES (COMPOSIÇÕES)	Quantidade	Unidade	Custo unitário	Custo total		
				0,00		
<b>Custo total com atividades complementares (D) = 0,00</b>						
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	
<b>Custo unitário total de tempo fixo (E) = 2,12</b>						
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
<b>Custo unitário total de transporte (F) = 7,88</b>						
<b>Custo unitário direto total (A+B+C+D+E+F) = 187,40</b>						

## APÊNDICE I – REMOÇÃO MECANIZADA DE REVESTIMENTO BETUMINOSO

COMPOSIÇÃO DE CUSTO UNITÁRIA						
Referência: SICRO	Código: 4915667	Data base: setembro/2017	Valores em: R\$	Unidade: m <sup>3</sup>		
<b>Remoção mecanizada de revestimento betuminoso</b> Fator de influência do tráfego (FIT) = 0,00      Fator de influência do clima (FIC) = 0,00527      Produção da equipe = 56,53						
A - EQUIPAMENTOS	Quantidade	Utilização		Custo horário		Custo horário total
		Produtiva	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	
E9524 - Motoniveladora	1	80%	20%	171,60	78,2543	152,93
<b>Custo horário total dos equipamentos (A) = 152,93</b>						
B - MÃO DE OBRA	Quantidade	Unidade	Custo horário c/encargos	Custo horário total		
P9824 - Servente	4	h	17,2971	69,19		
<b>Custo horário total da mão de obra (B) = 69,19</b>						
<b>Custo horário total de execução (A+B) = 222,12</b>						
Custo do FIT = 0,00		Custo do FIC = 1,17		<b>Custo unitário de execução c/ acréscimo = 3,95</b>		
C - MATERIAL	Quantidade	Unidade	Custo unitário	Custo total		
M3507 - Material retirado da pista - revestimento asfáltico	1,00000	m <sup>3</sup>	0,00	0,00		
<b>Custo total de materiais (C) = 0,00</b>						
D - ATIVIDADES COMPLEMENTARES (COMPOSIÇÕES)	Quantidade	Unidade	Custo unitário	Custo total		
				0,00		
<b>Custo total com atividades complementares (D) = 0,00</b>						
E - CUSTO FIXO	Código	Quantidade	Unidade	Custo unitário	Custo unitário equivalente	
M3507 - Material retirado da pista - revestimento asfáltico - Caminhão basculante 6 m <sup>3</sup>	5914675	2,40000	t	2,62	6,29	
<b>Custo unitário total de tempo fixo (E) = 6,29</b>						
F - MOMENTO DE TRANSPORTE	Quantidade	Unidade	DMT			Custo unitário
			LN	RP	P	
M3507 - Material retirado da pista - revestimento asfáltico - Caminhão basculante 6 m <sup>3</sup>	2,40000	tkm			0,58	6,96
<b>Custo unitário total de transporte (F) = 6,96</b>						
<b>Custo unitário direto total (A+B+C+D+E+F) = 17,20</b>						

## APÊNDICE J – REMOÇÃO DE PARALELEPÍEDOS

COMPOSIÇÃO DE CUSTO UNITÁRIA						
Referência: SICRO	Código: 1600441	Data base: setembro/2017	Valores em: R\$	Unidade: m <sup>2</sup>		
<b>Remoção de paralelepipedos</b> Fator de influência do tráfego (FIT) = 0,00      Fator de influência do clima (FIC) = 0,00000      Produção da equipe = 1,50						
A - EQUIPAMENTOS	Quantidade	Utilização		Custo horário		Custo horário total
		Produtiva	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	
E9071 - Transportador manual carrinho de mão 80 l	1	20%	80%	0,25	0,1672	0,18
<b>Custo horário total dos equipamentos (A) = 00,18</b>						
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		
<b>Custo horário total da mão de obra (B) = 19,47</b>						
<b>Custo horário total de execução (A+B) = 19,65</b>						
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		
			0,00	0,00		
<b>Custo total de materiais (C) = 0,00</b>						
D - ATIVIDADES COMPLEMENTARES (COMPOSIÇÕES)	Quantidade	Unidade	Custo unitário	Custo total		
				0,00		
<b>Custo total com atividades complementares (D) = 0,00</b>						
E - CUSTO FIXO	Código	Quantidade	Unidade	Custo unitário	Custo unitário equivalente	
M1097 - Pedra de mão - Caminhão basculante 10 m <sup>3</sup>	5915407	2,10000	t	1,72	3,61	
<b>Custo unitário total de tempo fixo (E) = 3,61</b>						
F - MOMENTO DE TRANSPORTE	Quantidade	Unidade	DMT			Custo unitário
			LN	RP	P	
M1097 - Pedra de mão - Caminhão basculante 10 m <sup>3</sup>	2,10000	tkm			0,47	11,4492
<b>Custo unitário total de transporte (F) = 11,45</b>						
<b>Custo unitário direto total (A+B+C+D+E+F) = 28,16</b>						

## APÊNDICE K – REMOÇÃO MECANIZADA DE CAMADA GRANULAR DO PAVIMENTO

COMPOSIÇÃO DE CUSTO UNITÁRIA						
Referência: SICRO	Código: 4915669	Data base: setembro/2017	Valores em: R\$		Unidade: m <sup>3</sup>	
<b>Remoção mecanizada de camada granular do pavimento</b>						
Fator de influência do tráfego (FIT) = 0,00		Fator de influência do clima (FIC) = 0,03164		Produção da equipe = 67,84		
A - EQUIPAMENTOS	Quantidade	Utilização		Custo horário		Custo horário total
		Produtiva	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	
E9524 - Motoniveladora	1	100%	0%	171,60	78,2543	171,60
<b>Custo horário total dos equipamentos (A) = 171,60</b>						
B - MÃO DE OBRA	Quantidade	Unidade	Custo horário c/encargos	Custo horário total		
P9824 - Servente	4	h	17,2971	69,19		
<b>Custo horário total da mão de obra (B) = 69,19</b>						
<b>Custo horário total de execução (A+B) = 240,79</b>						
Custo do FIT = 0,00		Custo do FIC = 7,62		Custo unitário de execução c/ acréscimo = 3,66		
C - MATERIAL	Quantidade	Unidade	Custo unitário	Custo total		
M3508 - Material retirado da pista - camada granular (base)	1,00000	m <sup>3</sup>	0,00	0,00		
<b>Custo total de materiais (C) = 0,00</b>						
D - ATIVIDADES COMPLEMENTARES (COMPOSIÇÕES)	Quantidade	Unidade	Custo unitário	Custo total		
				0,00		
<b>Custo total com atividades complementares (D) = 0,00</b>						
E - CUSTO FIXO	Código	Quantidade	Unidade	Custo unitário	Custo unitário equivalente	
M3508 - Material retirado da pista - camada granular (base) - Caminhão basculante 6 m <sup>3</sup>	5914675	2,06300	t	2,62	5,41	
<b>Custo unitário total de tempo fixo (E) = 5,41</b>						
F - MOMENTO DE TRANSPORTE	Quantidade	Unidade	DMT			Custo unitário
			LN	RP	P	
M3508 - Material retirado da pista - camada granular (base) - Caminhão basculante 6 m <sup>3</sup>	2,06300	tkm			0,58	5,9827
<b>Custo unitário total de transporte (F) = 5,98</b>						
<b>Custo unitário direto total (A+B+C+D+E+F) = 15,05</b>						

## APÊNDICE L – REGULARIZAÇÃO DO SUBLEITO

COMPOSIÇÃO DE CUSTO UNITÁRIA						
Referência: SICRO	Código: 4011209	Data base: setembro/2017	Valores em: R\$	Unidade: m <sup>2</sup>		
<b>Regularização do subleito</b> 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
<b>Custo horário total dos equipamentos (A) = 549,74</b>						
B - MÃO DE OBRA	Quantidade	Unidade	Custo horário c/encargos	Custo horário total		
P9824 - Servente	1	h	17,2971	17,30		
<b>Custo horário total da mão de obra (B) = 17,30</b>						
<b>Custo horário total de execução (A+B) = 567,04</b>						
Custo do FIT = 0,00	Custo do FIC = 17,94		<b>Custo unitário de execução c/ acréscimo = 0,70</b>			
C - MATERIAL	Quantidade	Unidade	Custo unitário	Custo total		
<b>Custo total de materiais (C) = 0,00</b>						
D - ATIVIDADES COMPLEMENTARES (COMPOSIÇÕES)	Quantidade	Unidade	Custo unitário	Custo total		
<b>Custo total com atividades complementares (D) = 0,00</b>						
E - CUSTO FIXO	Código	Quantidade	Unidade	Custo unitário	Custo unitário equivalente	
<b>Custo unitário total de tempo fixo (E) = 0,00</b>						
F - MOMENTO DE TRANSPORTE	Quantidade	Unidade	DMT			Custo unitário
			LN	RP	P	
<b>Custo unitário total de transporte (F) = 0,00</b>						
<b>Custo unitário direto total (A+B+C+D+E+F) = 0,70</b>						

## APÊNDICE N – 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 <sup>3</sup>		
<b>Base ou sub-base de macadame seco com brita comercial</b>						
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
<b>Custo horário total dos equipamentos (A) = 296,80</b>						
B - MÃO DE OBRA	Quantidade	Unidade	Custo horário c/encargos	Custo horário total		
P9824 - Servente	2	h	17,2971	34,59		
<b>Custo horário total da mão de obra (B) = 34,59</b>						
<b>Custo horário total de execução (A+B) = 331,39</b>						
<b>Custo do FIT = 0,00</b>		<b>Custo do FIC = 3,49</b>		<b>Custo unitário de execução c/ acréscimo = 2,47</b>		
C - MATERIAL	Quantidade	Unidade	Custo unitário	Custo total		
M0808 - Brita 4 (rachinha)	1,10000	m <sup>3</sup>	55,78	61,36		
M1103 - Pedrisco	0,15000	m <sup>3</sup>	61,61	9,24		
M1135 - Pó de pedra	0,15000	m <sup>3</sup>	54,69	8,20		
<b>Custo total de materiais (C) = 78,81</b>						
D - ATIVIDADES COMPLEMENTARES (COMPOSIÇÕES)	Quantidade	Unidade	Custo unitário	Custo total		
<b>Custo total com atividades complementares (D) = 0,00</b>						
E - CUSTO FIXO	Código	Quantidade	Unidade	Custo unitário	Custo unitário equivalente	
M0808 - Brita 4 - Caminhão basculante 10 m <sup>3</sup>	5914651	1,65000	t	1,49	2,46	
M1103 Pedrisco - Caminhão basculante 10 m <sup>3</sup>	5914651	0,22500	t	1,49	0,34	
M1135 Pó de pedra - Caminhão basculante 10 m <sup>3</sup>	5914651	0,22500	t	1,49	0,34	
<b>Custo unitário total de tempo fixo (E) = 3,13</b>						
F - MOMENTO DE TRANSPORTE	Quantidade	Unidade	DMT			Custo unitário
			LN	RP	P	
M0808 - Brita 4 - Caminhão basculante 10 m <sup>3</sup>	1,65000	tkm			0,47	15,43245
M1103 Pedrisco - Caminhão basculante 10 m <sup>3</sup>	0,22500	tkm			0,47	2,104425
M1135 Pó de pedra - Caminhão basculante 10 m <sup>3</sup>	0,22500	tkm			0,47	2,104425
<b>Custo unitário total de transporte (F) = 19,64</b>						
<b>Custo unitário direto total (A+B+C+D+E+F) = 104,04</b>						

## APÊNDICE O – 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 <sup>3</sup>		
<b>Base ou sub-base de brita graduada com brita comercial</b>						
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
<b>Custo horário total dos equipamentos (A) = 590,33</b>						
B - MÃO DE OBRA	Quantidade	Unidade	Custo horário c/encargos	Custo horário total		
P9824 - Servente	1	h	17,2971	17,30		
<b>Custo horário total da mão de obra (B) = 17,30</b>						
<b>Custo horário total de execução (A+B) = 607,63</b>						
<b>Custo do FIT = 0,00</b>		<b>Custo do FIC = 6,40</b>		<b>Custo unitário de execução c/ acréscimo = 5,43</b>		
C - MATERIAL	Quantidade	Unidade	Custo unitário	Custo total		
<b>Custo total de materiais (C) = 0,00</b>						
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 <sup>3</sup>	95,73	95,73		
<b>Custo total com atividades complementares (D) = 95,73</b>						
E - CUSTO FIXO	Código	Quantidade	Unidade	Custo unitário	Custo unitário equivalente	
6416040 - Usinagem de brita graduada com brita comercial - Caminhão basculante 10 m <sup>3</sup>	5914652	2,10000	t	1,99	4,18	
<b>Custo unitário total de tempo fixo (E) = 4,18</b>						
F - MOMENTO DE TRANSPORTE	Quantidade	Unidade	DMT			Custo unitário
			LN	RP	P	
6416040 - Usinagem de brita graduada com brita comercial - Caminhão basculante 10 m <sup>3</sup>	2,10000	tkm			0,47	19,6413
<b>Custo unitário total de transporte (F) = 19,64</b>						
<b>Custo unitário direto total (A+B+C+D+E+F) = 124,98</b>						



## APÊNDICE P – 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 <sup>3</sup>		
<b>Usinagem de brita graduada com brita comercial em usina de 300 t/h</b>						
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 <sup>3</sup>	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
<b>Custo horário total dos equipamentos (A) = 445,35</b>						
B - MÃO DE OBRA	Quantidade	Unidade	Custo horário c/encargos	Custo horário total		
P9824 - Servente	5	h	17,2971	86,49		
<b>Custo horário total da mão de obra (B) = 86,49</b>						
<b>Custo horário total de execução (A+B) = 531,83</b>						
<b>Custo do FIT = 0,00</b>		<b>Custo do FIC = 0,00</b>		<b>Custo unitário de execução c/ acréscimo = 4,70</b>		
C - MATERIAL	Quantidade	Unidade	Custo unitário	Custo total		
M0005 - Brita 0	0,44070	m <sup>3</sup>	63,29	27,89		
M0191 - Brita 1	0,51300	m <sup>3</sup>	60,64	31,11		
M0192 - Brita 2	0,51300	m <sup>3</sup>	58,02	29,77		
<b>Custo total de materiais (C) = 88,76</b>						
D - ATIVIDADES COMPLEMENTARES (COMPOSIÇÕES)	Quantidade	Unidade	Custo unitário	Custo total		
				0,00		
<b>Custo total com atividades complementares (D) = 0,00</b>						
E - CUSTO FIXO	Código	Quantidade	Unidade	Custo unitário	Custo unitário equivalente	
M0005 - Brita 0 - Caminhão basculante 10 m <sup>3</sup>	5914647	0,66105	t	1,03	0,68	
M0191 - Brita 1 - Caminhão basculante 10 m <sup>3</sup>	5914647	0,76950	t	1,03	0,79	
M0192 - Brita 2 - Caminhão basculante 10 m <sup>3</sup>	5914647	0,76950	t	1,03	0,79	
<b>Custo unitário total de tempo fixo (E) = 2,27</b>						
F - MOMENTO DE TRANSPORTE	Quantidade	Unidade	DMT			Custo unitário
			LN	RP	P	
M0005 - Brita 0 - Caminhão basculante 10 m <sup>3</sup>	0,66105	tkm			0,47	0,00
M0191 - Brita 1 - Caminhão basculante 10 m <sup>3</sup>	0,76950	tkm			0,47	0,00
M0192 - Brita 2 - Caminhão basculante 10 m <sup>3</sup>	0,76950	tkm			0,47	0,00
<b>Custo unitário total de transporte (F) = 0,00</b>						
<b>Custo unitário direto total (A+B+C+D+E+F) = 95,73</b>						

## APÊNDICE Q – IMPRIMAÇÃO COM ASFALTO DILUÍDO

COMPOSIÇÃO DE CUSTO UNITÁRIA						
Referência: SICRO	Código: 4011351	Data base: setembro/2017	Valores em: R\$	Unidade: m <sup>2</sup>		
<b>Imprimação com asfalto diluído</b> 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
<b>Custo horário total dos equipamentos (A) = 210,54</b>						
B - MÃO DE OBRA	Quantidade	Unidade	Custo horário c/encargos	Custo horário total		
P9824 - Servente	2	h	17,2971	34,59		
<b>Custo horário total da mão de obra (B) = 34,59</b>						
<b>Custo horário total de execução (A+B) = 245,14</b>						
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	2520,00	3,02		
<b>Custo total de materiais (C) = 3,02</b>						
D - ATIVIDADES COMPLEMENTARES (COMPOSIÇÕES)	Quantidade	Unidade	Custo unitário	Custo total		
				0,00		
<b>Custo total com atividades complementares (D) = 0,00</b>						
E - CUSTO FIXO	Código	Quantidade	Unidade	Custo unitário	Custo unitário equivalente	
					0,00	
<b>Custo unitário total de tempo fixo (E) = 0,00</b>						
F - MOMENTO DE TRANSPORTE	Quantidade	Unidade	DMT			Custo unitário
			LN	RP	P	
M0104 - Asfalto diluído CM 30	0,00120	tkm			0,91	0,01
<b>Custo unitário total de transporte (F) = 0,01</b>						
<b>Custo unitário direto total (A+B+C+D+E+F) = 3,26</b>						

## APÊNDICE R – PAVIMENTO DE CONCRETO COM EQUIPAMENTO FORMA-TRILHO – AREIA E BRITA COMERCIAIS

COMPOSIÇÃO DE CUSTO UNITÁRIA						
Referência: SICRO	Código: 4011535	Data base: setembro/2017	Valores em: R\$		Unidade: m <sup>3</sup>	
<b>Pavimento de concreto com equipamento forma-trilho - areia e brita comerciais</b>						
Fator de influência do tráfego (FIT) = 0,00		Fator de influência do clima (FIC) = 0,01054		Produção da equipe = 124,50		
A - EQUIPAMENTOS	Quantidade	Utilização		Custo horário		Custo horário total
		Produtiva	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	
E9054 - Equipamento forma-trilho	1	100%	0%	34,81	24,18	34,81
E9526 - Retroscavadeira de pneus	1	74%	26%	88,74	46,07	77,64
<b>Custo horário total dos equipamentos (A) = 112,45</b>						
B - MÃO DE OBRA	Quantidade	Unidade	Custo horário c/encargos		Custo horário total	
P9821 - Pedreiro	6	h	21,7228		130,34	
P9824 - Servente	14	h	17,2971		242,16	
<b>Custo horário total da mão de obra (B) = 372,50</b>						
<b>Custo horário total de execução (A+B) = 484,95</b>						
<b>Custo do FIT = 0,00</b>		<b>Custo do FIC = 5,11</b>		<b>Custo unitário de execução c/ acréscimo = 3,94</b>		
C - MATERIAL	Quantidade	Unidade	Custo unitário		Custo total	
M2152 - Aditivo de cura para concreto	1,00000	kg	6,51		6,51	
<b>Custo total de materiais (C) = 6,51</b>						
D - ATIVIDADES COMPLEMENTARES (COMPOSIÇÕES)	Quantidade	Unidade	Custo unitário		Custo total	
6416090 - Usinagem para pavimento de concreto com formas deslizantes - areia e brita comerciais	1,00	m <sup>3</sup>	199,18		199,18	
<b>Custo total com atividades complementares (D) = 199,18</b>						
E - CUSTO FIXO	Código	Quantidade	Unidade	Custo unitário		Custo unitário equivalente
M2152 - Aditivo de cura para concreto - Caminhão carroceria 15 t	5914655	0,00100	t	21,33		0,02
6416090 - Usinagem para pavimento de concreto com formas deslizantes - Caminhão para concreto 6 m <sup>3</sup>	5919540	2,40000	t	3,18		7,63
<b>Custo unitário total de tempo fixo (E) = 7,65</b>						
F - MOMENTO DE TRANSPORTE	Quantidade	Unidade	DMT			Custo unitário
			LN	RP	P	
M2152 - Aditivo de cura para concreto - Caminhão carroceria 15 t	0,00100	tkm			0,40	0,011
6416090 - Usinagem para pavimento de concreto com formas deslizantes - Caminhão para concreto 6 m <sup>3</sup>	2,40000	tkm			0,47	7,896
<b>Custo unitário total de transporte (F) = 7,91</b>						
<b>Custo unitário direto total (A+B+C+D+E+F) = 225,19</b>						

## APÊNDICE S – USINAGEM PARA PAVIMENTO DE CONCRETO COM FORMAS DESLIZANTES – AREIA E BRITA COMERCIAIS

COMPOSIÇÃO DE CUSTO UNITÁRIA							
Referência: SICRO	Código: 6416090	Data base: setembro/2017	Valores em: R\$	Unidade: m <sup>3</sup>			
<b>Usinagem para pavimento de concreto com formas deslizantes - areia e brita comerciais</b>							
Fator de influência do tráfego (FIT) = 0,00		Fator de influência do clima (FIC) = 0,00000		Produção da equipe = 124,50			
A - EQUIPAMENTOS	Quantidade	Utilização		Custo horário		Custo horário total	
		Produtiva	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo		
E9511 - Carregadeira de pneus cap. 3,3 m <sup>3</sup>	1	100%	0%	304,58	124,7207	304,58	
E9044 - Central de concreto com cap. de 150 m <sup>3</sup> /h	1	100%	0%	309,38	198,4816	309,38	
E9778 - Grupo gerador	1	100%	0%	139,44	9,3181	139,44	
<b>Custo horário total dos equipamentos (A) = 753,40</b>							
B - MÃO DE OBRA		Quantidade	Unidade	Custo horário c/encargos	Custo horário total		
P9824 - Servente		2	h	17,2971	34,59		
<b>Custo horário total da mão de obra (B) = 34,59</b>							
<b>Custo horário total de execução (A+B) = 787,99</b>							
Custo do FIT = 0,00		Custo do FIC = 0,00		<b>Custo unitário de execução c/ acréscimo = 6,33</b>			
C - MATERIAL		Quantidade	Unidade	Custo unitário	Custo total		
M0615 - Aditivo incorporador de ar tipo Cemix-Air ou similar		0,09000	kg	3,74	0,34		
M0030 - Aditivo plastificante e retardador tipo Plastiment ou similar		1,20000	kg	3,67	4,41		
M0028 - Areia média		0,46700	m <sup>3</sup>	56,84	26,55		
M0191 - Brita 1		0,37200	m <sup>3</sup>	60,64	22,56		
M0192 - Brita 2		0,37200	m <sup>3</sup>	58,02	21,59		
M1954 - Cimento Portland CP II - 32 a granel		380,00000	kg	0,27	103,74		
<b>Custo total de materiais (C) = 179,17</b>							
D - ATIVIDADES COMPLEMENTARES (COMPOSIÇÕES)		Quantidade	Unidade	Custo unitário	Custo total		
					0,00		
<b>Custo total com atividades complementares (D) = 0,00</b>							
E - CUSTO FIXO		Código	Quantidade	Unidade	Custo unitário	Custo unitário equivalente	
M0030 - Aditivo plastificante e retardador tipo Plastiment ou similar - Caminhão carroceria 15 t		5914655	0,00120	t	21,33	0,03	
M0028 - Areia média - Caminhão basculante 10 m <sup>3</sup>		5914647	0,70050	t	1,03	0,72	
M0191 - Brita 1 - Caminhão basculante 10 m <sup>3</sup>		5914647	0,55800	t	1,03	0,57	
M0192 - Brita 2 - Caminhão basculante 10 m <sup>3</sup>		5914647	0,55800	t	1,03	0,57	
M1954 - Cimento Portland CP II - 32 a granel - Caminhão silo 30 m <sup>3</sup>		5914363	0,38000	t	5,94	2,26	
<b>Custo unitário total de tempo fixo (E) = 4,15</b>							
F - MOMENTO DE TRANSPORTE		Quantidade	Unidade	DMT			Custo unitário
				LN	RP	P	
M0030 - Aditivo plastificante e retardador - Caminhão carroceria 15 t		0,00120	tkm			0,40	0,02
M0028 - Areia média - Caminhão basculante 10 m <sup>3</sup>		0,70050	tkm			0,47	1,71
M0191 - Brita 1 - Caminhão basculante 10 m <sup>3</sup>		0,55800	tkm			0,47	3,46
M0192 - Brita 2 - Caminhão basculante 10 m <sup>3</sup>		0,55800	tkm			0,47	3,46
M1954 - Cimento Portland CP II - 32 a granel - Caminhão silo 30 m <sup>3</sup>		0,38000	tkm			0,2	0,87
<b>Custo unitário total de transporte (F) = 9,53</b>							
<b>Custo unitário direto total (A+B+C+D+E+F) = 199,18</b>							

## APÊNDICE T – PINTURA DE SETAS E ZEBRADOS – TERMOPLÁSTICO POR EXTRUSÃO – ESPESSURA DE 3,0 MM

COMPOSIÇÃO DE CUSTO UNITÁRIA						
Referência: SICRO	Código: 5213409	Data base: setembro/2017	Valores em: R\$	Unidade: m <sup>2</sup>		
<b>Pintura de setas e zebrados - termoplástico por extrusão - espessura de 3,0 mm</b>						
Fator de influência do tráfego (FIT) = 0,00		Fator de influência do clima (FIC) = 0,00000		Produção da equipe = 39,52		
A - EQUIPAMENTOS	Quantidade	Utilização		Custo horário		Custo horário total
		Produtiva	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	
E9645 - Caminhão aplicador de material termoplástico	1	100%	0%	172,14	41,8248	172,14
E9687 - Caminhão carroceria com capacidade de 4 t	1	50%	50%	101,07	34,6085	67,84
<b>Custo horário total dos equipamentos (A) = 239,98</b>						
B - MÃO DE OBRA	Quantidade	Unidade	Custo horário c/encargos	Custo horário total		
P9853 Pré-marcador	1	h	20,0162	20,02		
P9824 Servente	7	h	17,2971	121,08		
<b>Custo horário total da mão de obra (B) = 141,10</b>						
<b>Custo horário total de execução (A+B) = 381,07</b>						
<b>Custo do FIT = 0,00</b>		<b>Custo do FIC = 0,00</b>		<b>Custo unitário de execução c/ acréscimo = 9,64</b>		
C - MATERIAL	Quantidade	Unidade	Custo unitário	Custo total		
M2039 - Massa termoplástica para extrusão	6,00000	kg	9,98	59,88		
M2038 - Microesferas de vidro refletiva tipo II-A	0,40000	kg	5,37	2,15		
M2044 - Tinta para pré-marcação	0,03000	l	20,35	0,61		
<b>Custo total de materiais (C) = 62,64</b>						
D - ATIVIDADES COMPLEMENTARES (COMPOSIÇÕES)	Quantidade	Unidade	Custo unitário	Custo total		
<b>Custo total com atividades complementares (D) = 0,00</b>						
E - CUSTO FIXO	Código	Quantidade	Unidade	Custo unitário	Custo unitário equivalente	
M2039 - Massa termoplástica - caminhão carroceria	5915474	0,00600	t	22,79	0,14	
M2038 - Microesferas de vidro - caminhão carroceria	5915474	0,00040	t	22,79	0,01	
M2044 - Pré-marcação - caminhão carroceria	5915474	0,00005	t	22,79	0,00	
<b>Custo unitário total de tempo fixo (E) = 0,15</b>						
F - MOMENTO DE TRANSPORTE	Quantidade	Unidade	DMT			Custo unitário
			LN	RP	P	
M2039 - Massa termoplástica - caminhão carroceria	0,00600	tkm			1,01	0,11
M2038 - Microesferas de vidro - caminhão carroceria	0,00040	tkm			1,01	0,01
M2044 - Pré-marcação - caminhão carroceria	0,00005	tkm			1,01	0,00
<b>Custo unitário total de transporte (F) = 0,12</b>						
<b>Custo unitário direto total (A+B+C+D+E+F) = 72,55</b>						

## APÊNDICE U – LIMPEZA DE SUPERFÍCIES COM JATO DE ALTA PRESSÃO DE AR E ÁGUA

COMPOSIÇÃO DE CUSTO UNITÁRIA						
Referência: SINAPI	73806/001	Data base: janeiro/2018	Valores em: R\$	Unidade: m <sup>2</sup>		
<b>Limpeza de superfícies com jato de alta pressão de ar e água</b>						
Fator de influência do tráfego (FIT) = 0,00		Fator de influência do clima (FIC) = 0,00000		Produção da equipe = 10,00		
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	1	h	15,27	15,27		
Custo horário total da mão de obra (B) = 15,27						
Custo horário total de execução (A+B) = 15,27						
Custo do FIT = 0,00		Custo do FIC = 0,00		Custo unitário de execução c/ acréscimo = 1,53		
C - MATERIAL	Quantidade	Unidade	Custo unitário	Custo total		
746 - Lava jato de alta pressão	0,00003	Unidade	1677,00	0,04		
Custo total de materiais (C) = 0,04						
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) = 1,57						

## APÊNDICE V – ENSAIO MARSHALL MISTURA BETUMINOSA A QUENTE


COMPOSIÇÃO DE CUSTO UNITÁRIA							
Referência: SINAPI	74022/40	Data base: janeiro/2018	Valores em: R\$	Unidade: unidade			
<b>Ensaio Marshall - mistura betuminosa a quente</b> Fator de influência do tráfego (FIT) = 0,00      Fator de influência do clima (FIC) = 0,00000      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		
88249 - Auxiliar de laboratório		7	h	14,46	101,22		
88321 - Técnico de laboratório		3,5	h	27,94	97,79		
Custo horário total da mão de obra (B) = 199,01							
Custo horário total de execução (A+B) = 199,01							
Custo do FIT = 0,00		Custo do FIC = 0,00		Custo unitário de execução c/ acréscimo = 199,01			
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) = 199,01							

## APÊNDICE X – ENSAIO DE PERCENTAGEM DE BETUME – MISTURAS BETUMINOSAS

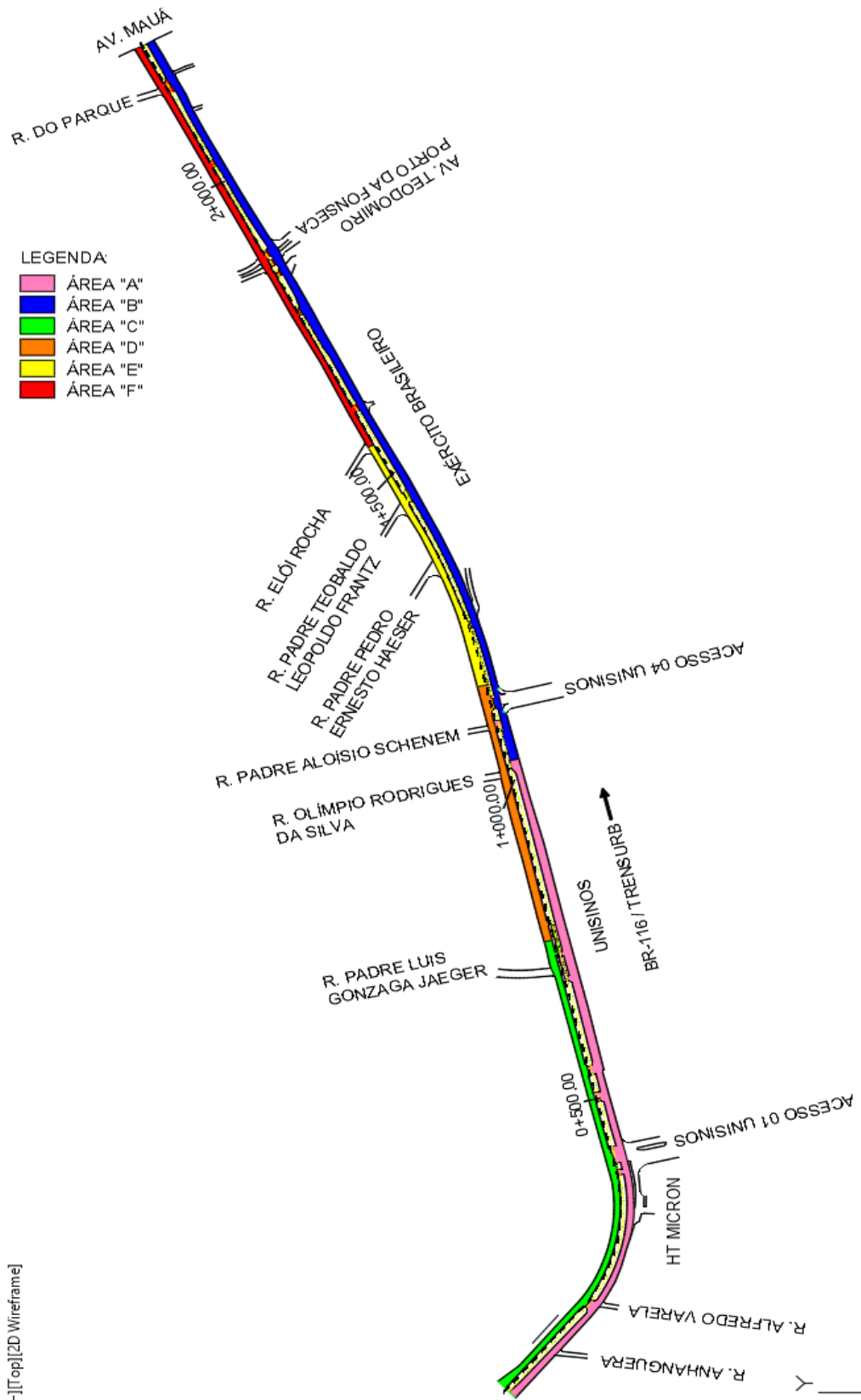
COMPOSIÇÃO DE CUSTO UNITÁRIA							
Referência: SINAPI	74022/35	Data base: janeiro/2018	Valores em: R\$	Unidade: unidade			
<b>Ensaio de percentagem de betume - misturas betuminosas</b>							
Fator de influência do tráfego (FIT) = 0,00		Fator de influência do clima (FIC) = 0,00000		Produção da equipe = 1,00			
A - EQUIPAMENTOS	Quantidade	Utilização		Custo horário		Custo horário total	
		Produtiva	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo		
<b>Custo horário total dos equipamentos (A) = 00,00</b>							
B - MÃO DE OBRA		Quantidade	Unidade	Custo horário c/encargos	Custo horário total		
88249 - Auxiliar de laboratório		3	h	14,46	43,38		
88321 - Técnico de laboratório		1,5	h	27,94	41,91		
<b>Custo horário total da mão de obra (B) = 85,29</b>							
<b>Custo horário total de execução (A+B) = 85,29</b>							
Custo do FIT = 0,00		Custo do FIC = 0,00		Custo unitário de execução c/ acréscimo = 85,29			
C - MATERIAL		Quantidade	Unidade	Custo unitário	Custo total		
<b>Custo total de materiais (C) = 0,00</b>							
D - ATIVIDADES COMPLEMENTARES (COMPOSIÇÕES)		Quantidade	Unidade	Custo unitário	Custo total		
<b>Custo total com atividades complementares (D) = 0,00</b>							
E - CUSTO FIXO		Código	Quantidade	Unidade	Custo unitário	Custo unitário equivalente	
<b>Custo unitário total de tempo fixo (E) = 0,00</b>							
F - MOMENTO DE TRANSPORTE		Quantidade	Unidade	DMT			Custo unitário
				LN	RP	P	
<b>Custo unitário total de transporte (F) = 0,00</b>							
<b>Custo unitário direto total (A+B+C+D+E+F) = 85,29</b>							



## APÊNDICE Y – PLANILHA ORÇAMENTÁRIA GLOBAL

 <div style="text-align: center;"> <b>PLANILHA ORÇAMENTÁRIA GLOBAL</b>                      Orçamentação de solução de restauração para a Av. Unisinos                 </div>								
<b>1</b>	<b>Serviços preliminares</b>							
Item	Código	Descrição	Unidade	Quantidade	Custo unitário sem B.D.I	Custo unitário com B.D.I (24,03%)	Custo total	Curva ABC
1.1	SINAPI/74209/001	Placa de obra com nome do agente financiador (se houver)	m <sup>2</sup>	2,88	R\$ 222,50	R\$ 275,97	R\$ 794,79	0,02%
1.2	SINAPI/78472	Serviços topográficos para pavimentação	m <sup>2</sup>	46.586,16	R\$ 0,42	R\$ 0,52	R\$ 24.319,30	0,57%
1.3	CPU-001	Mobilização e desmobilização de patrulha mecânica	%	100%	R\$ 3.155,41	R\$ 3.913,66	R\$ 3.913,66	0,09%
1.4	CPU-002	Administração local de obra	%	100%	R\$ 64.130,22	R\$ 79.540,71	R\$ 79.540,71	1,85%
<b>Total do item 1 - Serviços preliminares</b>							<b>R\$ 108.568,45</b>	<b>2,53%</b>
<b>2</b>	<b>Pavimentação - trechos de reforço</b>							
Item	Código	Descrição	Unidade	Quantidade	Custo unitário sem B.D.I	Custo unitário com B.D.I (24,03%)	Custo total	Curva ABC
2.1	SICRO/4011479	Fresagem contínua de revestimento existente	m <sup>3</sup>	1.120,97	R\$ 43,55	R\$ 54,01	R\$ 60.543,65	1,41%
2.2	SICRO/4011353	Pintura de ligação	m <sup>2</sup>	28.024,26	R\$ 0,81	R\$ 1,00	R\$ 28.088,91	0,65%
2.3	SICRO/4011463	Concreto betuminoso usinado a quente (C.B.U.Q.)	t	4.290,29	R\$ 230,44	R\$ 285,82	R\$ 1.226.254,38	28,59%
<b>Total do item 2 - Pavimentação - trecho de reforço</b>							<b>R\$ 1.314.886,94</b>	<b>30,66%</b>
<b>3</b>	<b>Pavimentação - trechos de reconstrução</b>							
Item	Código	Descrição	Unidade	Quantidade	Custo unitário sem B.D.I	Custo unitário com B.D.I (24,03%)	Custo total	Curva ABC
3.1	SICRO/4915667	Remoção mecanizada de revestimento betuminoso	m <sup>3</sup>	1.072,11	R\$ 24,16	R\$ 29,96	R\$ 32.123,78	0,75%
3.2	SICRO/1600441	Remoção de paralelepípedos	m <sup>2</sup>	9.090,39	R\$ 28,16	R\$ 34,93	R\$ 317.529,79	7,40%
3.3	SICRO/4915669	Remoção mecanizada de camada granular do pavimento	m <sup>3</sup>	1.874,43	R\$ 15,05	R\$ 18,67	R\$ 34.987,78	0,82%
3.4	SICRO/4011209	Regularização de subleito	m <sup>2</sup>	18.561,90	R\$ 0,70	R\$ 0,86	R\$ 16.013,74	0,37%
3.5	SICRO/4011211	Reforço de subleito	m <sup>3</sup>	3.712,38	R\$ 28,01	R\$ 34,75	R\$ 128.992,74	3,01%
3.6	SICRO/4011279	Execução de camada de sub-base de macadame seco	m <sup>3</sup>	2.784,29	R\$ 104,04	R\$ 129,04	R\$ 359.295,61	8,38%
3.7	SICRO/4011276	Execução de camada de base de brita graduada	m <sup>3</sup>	2.784,29	R\$ 124,98	R\$ 155,01	R\$ 431.583,83	10,06%
3.8	SICRO/4011351	Imprimação com asfalto diluído CM-30	m <sup>2</sup>	18.561,90	R\$ 3,80	R\$ 4,71	R\$ 87.478,10	2,04%
3.9	SICRO/4011353	Pintura de ligação com RR-2C	m <sup>2</sup>	18.561,90	R\$ 0,81	R\$ 1,00	R\$ 18.604,72	0,43%
3.10	SICRO/4011463	Concreto betuminoso usinado a quente (C.B.U.Q.)	t	4.139,86	R\$ 230,44	R\$ 285,82	R\$ 1.183.257,10	27,59%
<b>Total do item 3 - Pavimentação - trecho de reconstrução</b>							<b>R\$ 2.609.867,18</b>	<b>60,86%</b>
<b>4</b>	<b>Pavimentação - pavimento rígido em paradas de ônibus</b>							
Item	Código	Descrição	Unidade	Quantidade	Custo unitário sem B.D.I	Custo unitário com B.D.I (24,03%)	Custo total	Curva ABC
4.1	SICRO/4011276	Execução de camada de base de brita graduada	m <sup>3</sup>	301,00	R\$ 124,98	R\$ 155,01	R\$ 46.657,04	1,09%
4.2	SICRO/4011535	Pavimento de concreto com equipamento forma-trilho	m <sup>3</sup>	421,40	R\$ 225,19	R\$ 279,30	R\$ 117.696,60	2,74%
<b>Total do item 4 - Pavimentação com concreto em paradas de ônibus</b>							<b>R\$ 164.353,65</b>	<b>3,83%</b>
<b>5</b>	<b>Recomposição da sinalização viária horizontal</b>							
Item	Código	Descrição	Unidade	Quantidade	Custo unitário sem B.D.I	Custo unitário com B.D.I (24,03%)	Custo total	Curva ABC
5.1	SINAPI/73806/001	Limpeza da superfície do pavimento com jato de ar	m <sup>2</sup>	806,18	R\$ 1,57	R\$ 1,95	R\$ 1.568,78	0,04%
5.2	SICRO/5213409	Sinalização horizontal com pintura termoplástica - espessura relevo = 3,0mm	m <sup>2</sup>	806,18	R\$ 72,55	R\$ 89,98	R\$ 72.543,43	1,69%
<b>Total do item 5 - Recomposição da sinalização viária horizontal</b>							<b>R\$ 74.112,21</b>	<b>1,73%</b>
<b>6</b>	<b>Controle tecnológico</b>							
Item	Código	Descrição	Unidade	Quantidade	Custo unitário sem B.D.I	Custo unitário com B.D.I (24,03%)	Custo total	Curva ABC
6.1	SINAPI/74022/040	Ensaio Marshall	und.	39,00	R\$ 199,01	R\$ 246,83	R\$ 9.626,45	0,22%
6.2	SINAPI/74022/035	Ensaio de porcentagem de betume	und.	67,00	R\$ 85,29	R\$ 105,79	R\$ 7.087,61	0,17%
<b>Total do item 6 - Controle tecnológico</b>						<b>R\$ 352,62</b>	<b>R\$ 16.714,06</b>	<b>0,39%</b>
<b>Total do orçamento global</b>							<b>R\$ 4.288.502,49</b>	<b>100,00%</b>

### APÊNDICE Z – MAPA RESUMO DAS ÁREAS DE INTERVENÇÃO



## ANEXO A – QUADRO RESUMO DAS SONDAGENS

LOCAL DA SONDAGEM		REGISTRO		ANÁLISE GRANULOMÉTRICA % que passa na peneira												ENSAIOS FÍSICOS		CLASSIFIC.		COMPACT. AASHO			ISC			TIPO DE SOLO	
Furo	Pos.	Prof.	EA	2"	1"	3/4"	3/8"	4	10	20	40	60	200	LL	IP	IG	HRB	D <sub>max</sub>	H <sub>ol</sub>	D <sub>ens</sub>	Exp	ISC	Classificação AASHO	Classificação Visual			
1		020-100		100	100	100	100	99	98	97	90	84	79	50,1	12,7	11	A7-5	1440	28,9	28,4	1408	0,28	8	ARGILA ARENOSA	ARGILA VERMELHA		
2		037-100		100	100	100	100	99	98	97	98	90	81	31,2	10,9	4	A6	1697	18,0	18,5	1665	0,19	6	ARGILA ARENOSA	ARGILA POUCA ARENOSA SILTOSA V...		
3		022-100		100	100	100	100	100	100	100	99	97	92	26,0	7,6	3	A4	1788	14,6	14,4	1768	0,41	6	SILTE ARENOSO	ARGILA SILTOSA VERMELHA		
4		022-100		100	100	100	100	100	99	98	94	86	53	35,7	10,5	5	A6	1667	18,8	18,0	1657	0,35	15	ARGILA ARENOSA	ARGILA SILTOSA VARIEGADA		



DADOS DO PROJETO

PROJETO : AVENIDA UNISINOS  
 TRECHO : BR-116 ATE AVENIDA MAUÁ  
 SUBTRECHO : ESTACA 0+000 ATE ESTACA 2+000  
 LOCAL : SÃO LEOPOLDO/RS

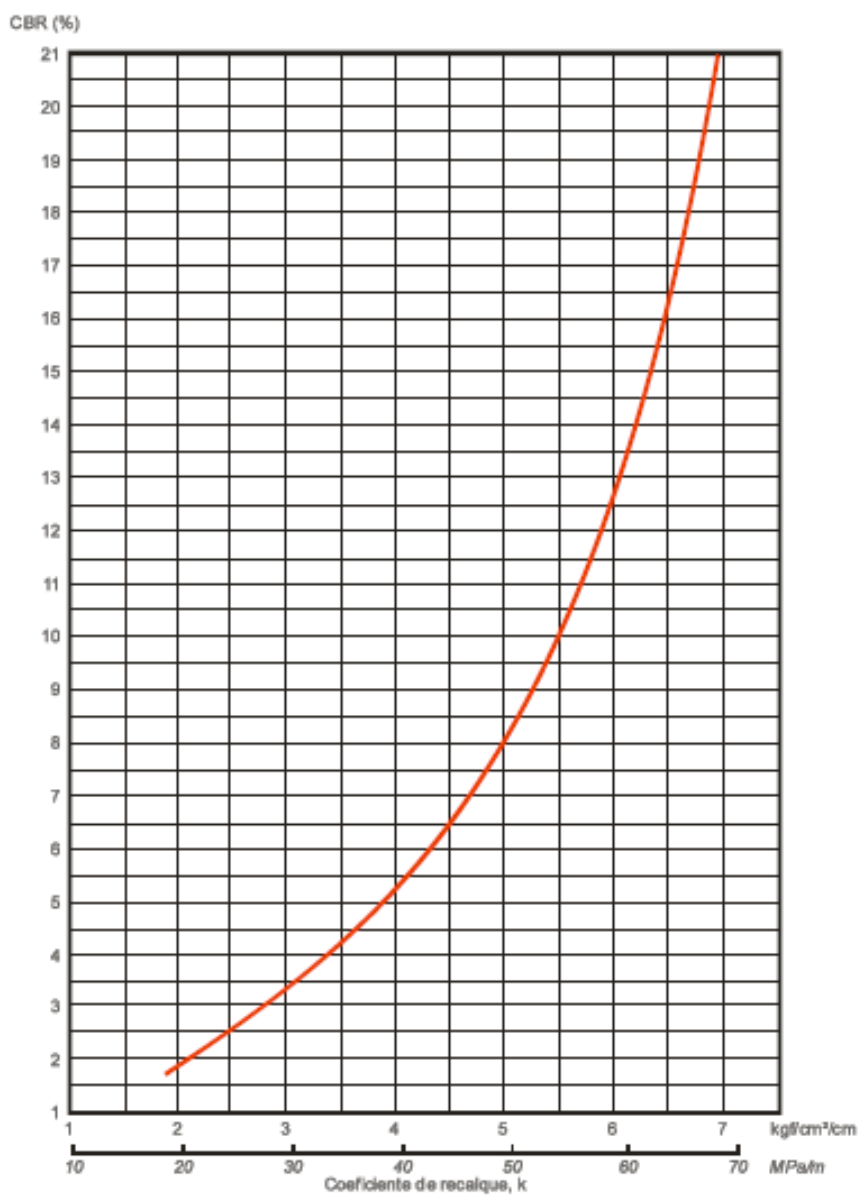
Fonte: GSS Investigações Geotécnicas

## ANEXO B – BOLETIM DE SONDAGENS

FURO		ESTACA	POSICÃO	HORIZONTE	CAMADA (cm)		IDENTIFICAÇÃO DE MATERIAL	CONSISTÊNCIA	LENÇOL FREÁTICO (cm)	OBSERVAÇÕES
					DE	A				
PS-01		0+200	LD	-	0	10	CAMADA DE C.B.U.Q.	-		
				1	10	20	BASE DE BRITA GRADUADA	R		
				2	20	100	ARGILA VERMELHA	M	SECO	
PS-02		0+740	LD	-	0	4	CAMADA DE C.B.U.Q.	-		
				-	4	30	CALÇAMENTO, PEDRA IRREGULAR	-		
				1	30	37	CAMADA DE BRITA ZERO	R		
				2	37	100	ARGILA POUCO ARENOSA SILTOSA VERMELHA	M	SECO	
PS-03		1+560	LD	-	0	6	CAMADA DE C.B.U.Q.	-		
				1	6	22	BASE DE BRITA GRADUADA	R		
				2	22	100	ARGILA SILTOSA VERMELHA	M	SECO	
PS-04		0+660	LD	-	0	9	CAMADA DE C.B.U.Q.	-		
				1	9	22	BASE DE BRITA GRADUADA	R		
				2	22	100	ARGILA SILTOSA VARIEGADA	M	SECO	
CONVENÇÕES: E - EIXO R - RIJA LD - LADO DIREITO M - MÉDIA LE - LADO ESQUERDO CL - MOLE										
PROJETO: AVENIDA UNISINOS TRECHO: BR-116 ATÉ AVENIDA MAUÁ LOCAL: SÃO LEOPOLDO/RS										
TEMPO: BOM DATA: 23/10/2017 SONDADOR: JORGE MARCOS										

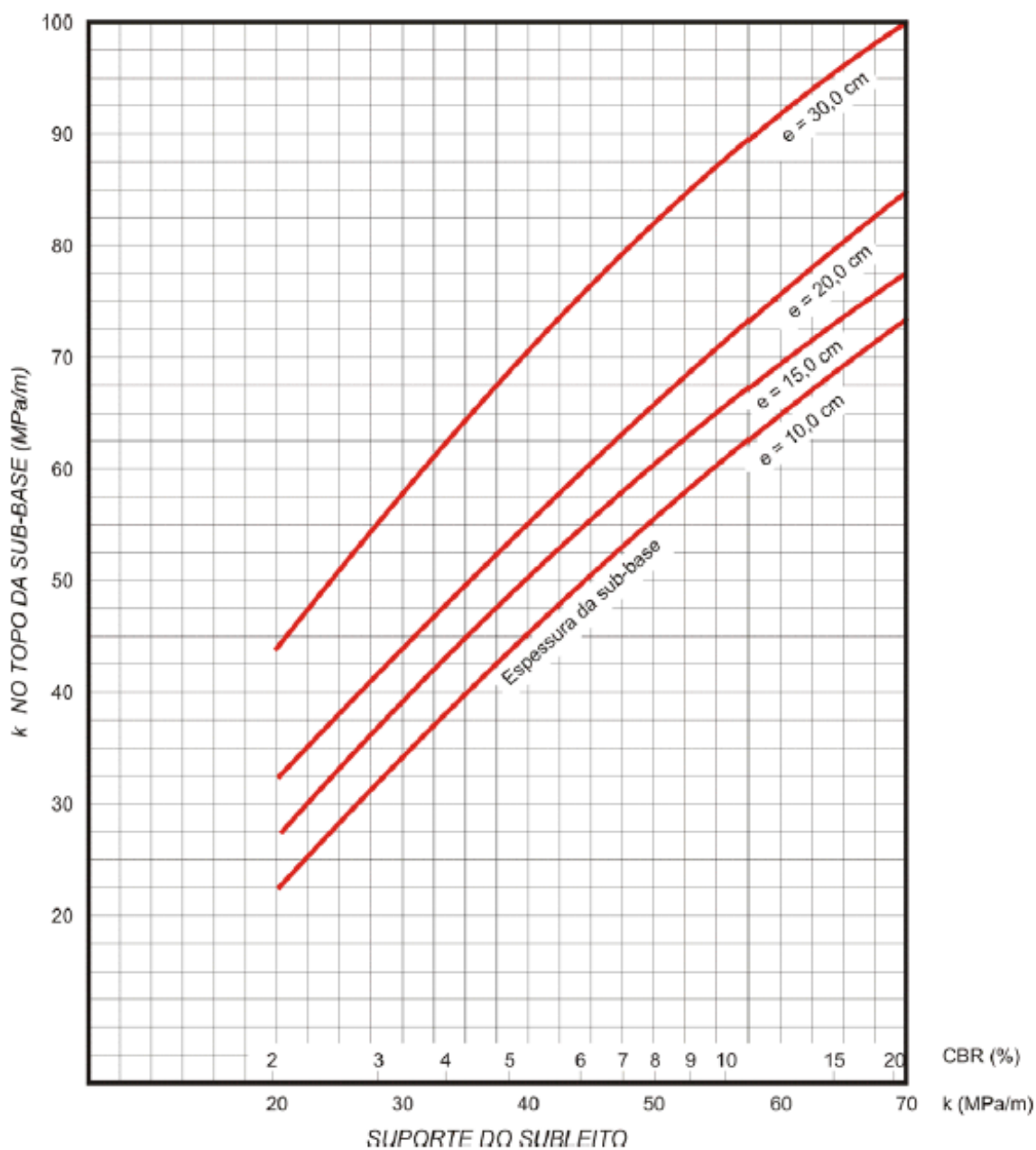
FONTE: GSS Investigações Geotécnicas

## ANEXO C – ÁBACO DE CORRELAÇÃO DE I.S.C. DO SOLO COM COEFICIENTE DE RECALQUE (K)



Fonte: DNIT

**ANEXO D – ÁBACO DE CORRELAÇÃO DO I.S.C. DO SOLO COM O  
COEFICIENTE DE RECALQUE (K) ADMITINDO A PRESENÇA DE SUB-BASE  
GRANULAR**



Fonte: DNIT

**ANEXO E – TENSÃO EQUIVALENTE PARA EIXOS SIMPLES E TANDEM DUPLO  
(MPa) CONSIDERANDO PAVIMENTO SEM ACOSTAMENTO DE CONCRETO**

Espessura da Placa (cm)	k - Coeficiente de recalque (MPa/m)																				
	20			40			60			80			100			150			180		
	ES	ETD	ES	ETD	ES	ETD	ES	ETD	ES	ETD	ES	ETD	ES	ETD	ES	ETD	ES	ETD			
12	4,30	3,56	3,78	3,01	3,51	2,81	3,31	2,68	3,17	2,57	2,91	2,43	2,74	2,35							
13	3,84	2,33	3,38	2,73	3,14	2,53	2,97	2,40	2,84	2,30	2,61	2,16	2,46	2,08							
14	3,46	2,96	3,05	2,49	2,83	2,29	2,68	2,16	2,56	2,08	2,37	1,94	2,23	1,85							
15	3,14	2,72	2,27	2,29	2,57	2,09	2,44	1,97	2,33	1,88	2,16	1,75	2,04	1,67							
16	2,87	2,52	2,53	2,12	2,35	1,93	2,23	1,81	2,13	1,73	1,97	1,60	1,87	1,52							
17	2,63	2,35	2,33	1,97	2,16	1,79	2,05	1,67	1,96	1,60	1,81	1,47	1,72	1,39							
18	2,43	2,20	2,15	1,84	1,99	1,66	1,89	1,55	1,81	1,48	1,68	1,36	1,59	1,28							
19	2,25	2,07	1,99	1,72	1,85	1,56	1,75	1,45	1,68	1,38	1,56	1,26	1,48	1,19							
20	2,10	1,95	1,85	1,62	1,72	1,46	1,64	1,36	1,56	1,29	1,45	1,18	1,38	1,11							
21	1,96	1,85	1,73	1,53	1,61	1,38	1,52	1,29	1,46	1,22	1,36	1,11	1,28	1,04							
22	1,83	1,75	1,62	1,45	1,50	1,31	1,42	1,22	1,37	1,15	1,28	1,05	1,20	0,98							
23	1,72	1,67	1,52	1,38	1,41	1,24	1,33	1,15	1,28	1,09	1,20	0,99	1,13	0,92							
24	1,62	1,59	1,43	1,31	1,33	1,18	1,25	1,10	1,21	1,04	1,13	0,94	1,07	0,88							
25	1,53	1,52	1,35	1,25	1,26	1,12	1,19	1,05	1,14	0,99	1,07	0,89	1,01	0,83							
26	1,45	1,45	1,28	1,20	1,19	1,07	1,13	1,00	1,08	0,94	1,01	0,85	0,96	0,80							
27	1,83	1,39	1,21	1,15	1,13	1,03	1,07	0,95	1,03	0,90	0,95	0,81	0,90	0,76							
28	1,31	1,34	1,15	1,10	1,07	0,99	1,02	0,91	0,98	0,86	0,90	0,78	0,86	0,73							
29	1,25	1,29	1,10	1,06	1,02	0,95	0,97	0,88	0,93	0,83	0,86	0,75	0,82	0,69							
30	1,19	1,24	1,05	1,02	0,97	0,91	0,92	0,85	0,89	0,80	0,82	0,72	0,78	0,66							
31	1,13	1,20	1,00	0,99	0,93	0,88	0,88	0,81	0,84	0,77	0,78	0,69	0,74	0,64							
32	1,09	1,16	0,96	0,95	0,89	0,85	0,84	0,78	0,80	0,74	0,75	0,67	0,71	0,62							
33	1,04	1,12	0,92	0,92	0,85	0,82	0,80	0,76	0,77	0,71	0,72	0,64	0,68	0,60							
34	1,00	1,08	0,88	0,89	0,81	0,79	0,77	0,73	0,73	0,69	0,69	0,62	0,66	0,58							

ES: Eixos Simples

ETD: Eixos Tandem Duplos

Fonte: DNIT

**ANEXO F – FATOR DE EROÇÃO PARA EIXOS SIMPLES E TANDEM DUPLOS  
CONSIDERANDO JUNTAS SEM BARRA DE TRANSFERÊNCIA E PAVIMENTO  
SEM ACOSTAMENTO DE CONCRETO**

Espessura da Placa (cm)	k - Coeficiente de recalque (MPa/m)																				
	20			40			60			80			100			150			200		
	ES	ETD	ES	ETD	ES	ETD	ES	ETD	ES	ETD	ES	ETD	ES	ETD	ES	ETD	ES	ETD			
12	2,72	3,82	3,69	3,74	3,67	3,69	3,65	3,67	3,64	3,65	3,63	3,61	3,59	3,58							
13	3,62	3,75	3,59	3,66	3,57	3,61	3,55	3,59	3,54	3,57	3,52	3,52	3,49	3,49							
14	3,53	3,68	3,50	3,59	3,48	3,53	3,46	3,51	3,45	3,49	3,43	3,44	3,40	3,41							
15	3,45	3,61	3,41	3,52	3,39	3,46	3,37	3,44	3,36	3,42	3,34	3,37	3,31	3,34							
16	3,37	3,55	3,33	3,46	3,31	3,40	3,29	3,37	3,28	3,35	3,26	3,30	3,23	3,26							
17	3,30	3,50	3,26	3,40	3,23	3,34	3,21	3,31	3,20	3,29	3,18	3,23	3,16	3,20							
18	3,23	3,44	3,18	3,34	3,16	3,28	3,14	3,25	3,13	3,23	3,11	3,17	3,09	3,13							
19	3,17	3,39	3,12	3,29	3,09	3,23	3,07	3,19	3,06	3,17	3,04	3,11	3,02	3,07							
20	3,11	3,35	3,05	3,24	3,03	3,17	3,01	3,14	3,00	3,12	2,98	3,05	2,96	3,02							
21	3,05	3,30	2,99	3,19	2,97	3,13	2,95	3,09	2,94	3,07	2,92	3,00	2,90	2,96							
22	3,00	3,26	2,94	3,15	2,91	3,08	2,89	3,04	2,88	3,02	2,86	2,85	2,84	2,91							
23	2,94	3,22	2,88	3,11	2,85	3,03	2,83	2,99	2,82	2,97	2,80	2,90	2,78	2,86							
24	2,90	3,18	2,84	3,07	2,80	2,99	2,78	2,95	2,77	2,93	2,75	2,86	2,73	2,82							
25	2,86	3,14	2,78	3,03	2,76	2,96	2,73	2,91	2,72	2,89	2,70	2,82	2,68	2,78							
26	2,81	3,11	2,75	2,99	2,71	2,92	2,69	2,88	2,68	2,86	2,65	2,71	2,63	2,74							
27	2,77	3,08	2,70	2,96	2,67	2,89	2,64	2,84	2,63	2,82	2,61	2,75	2,59	2,71							
28	2,73	3,05	2,66	2,93	2,62	2,85	2,60	2,81	2,59	2,79	2,56	2,71	2,54	2,67							
29	2,70	3,02	2,62	2,90	2,58	2,82	2,56	2,78	2,55	2,75	2,52	2,68	2,50	2,64							
30	2,66	2,99	2,59	2,86	2,54	2,79	2,51	2,75	2,50	2,72	2,48	2,64	2,46	2,60							
31	2,63	2,96	2,55	2,83	2,50	2,76	2,48	2,72	2,47	2,69	2,44	2,61	2,42	2,57							
32	2,59	2,93	2,51	2,81	2,47	2,73	2,44	2,69	2,43	2,66	2,40	2,59	2,38	2,54							
33	2,56	2,90	2,48	2,78	2,43	2,70	2,40	2,66	2,39	2,63	2,36	2,55	2,34	2,51							
34	2,53	2,88	2,45	2,75	2,40	2,67	2,37	2,63	2,36	2,60	2,32	2,52	2,30	2,48							

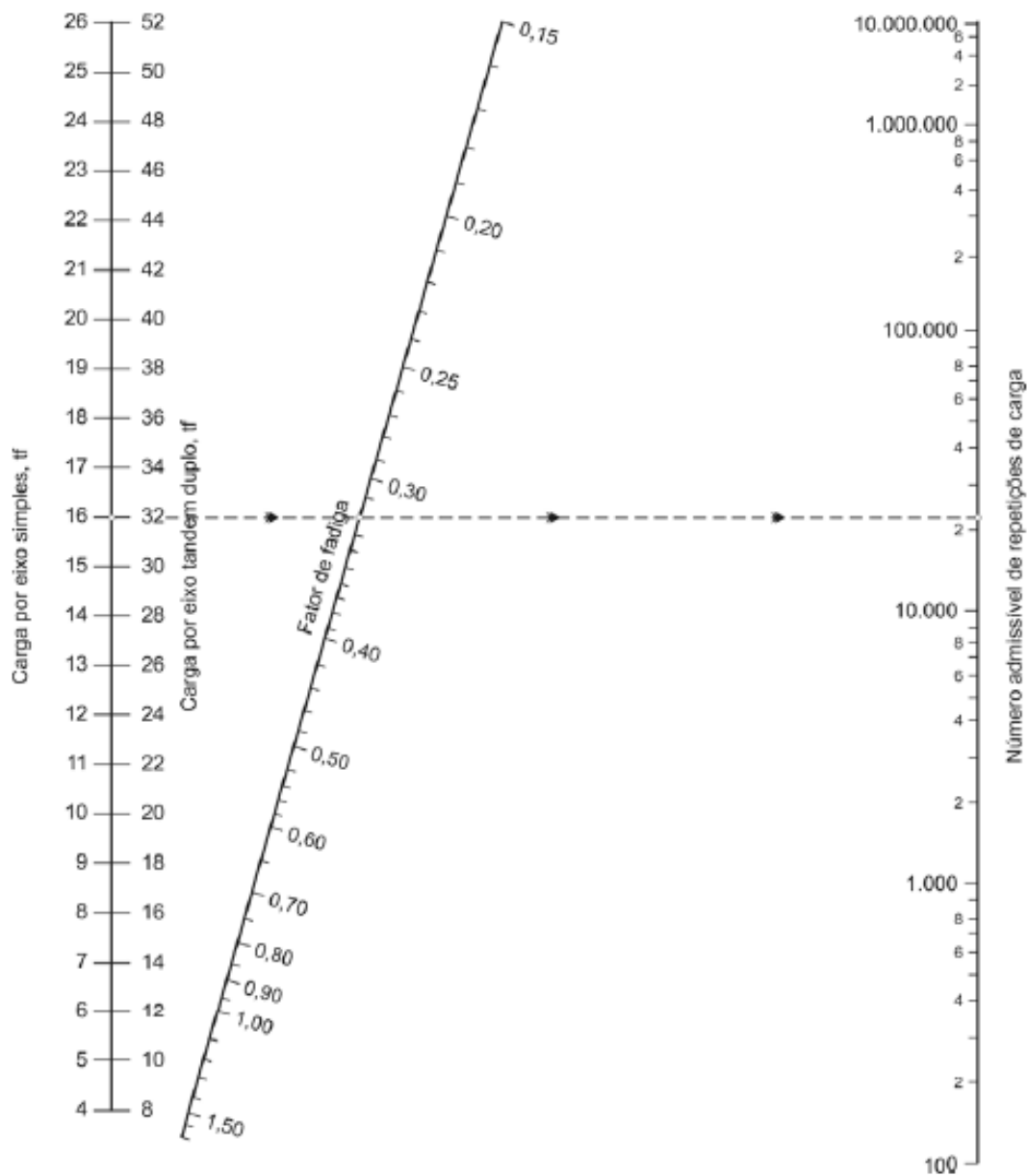
ES: Eixos Simples

ETD: Eixos Tandem Duplos

Fonte: DNIT

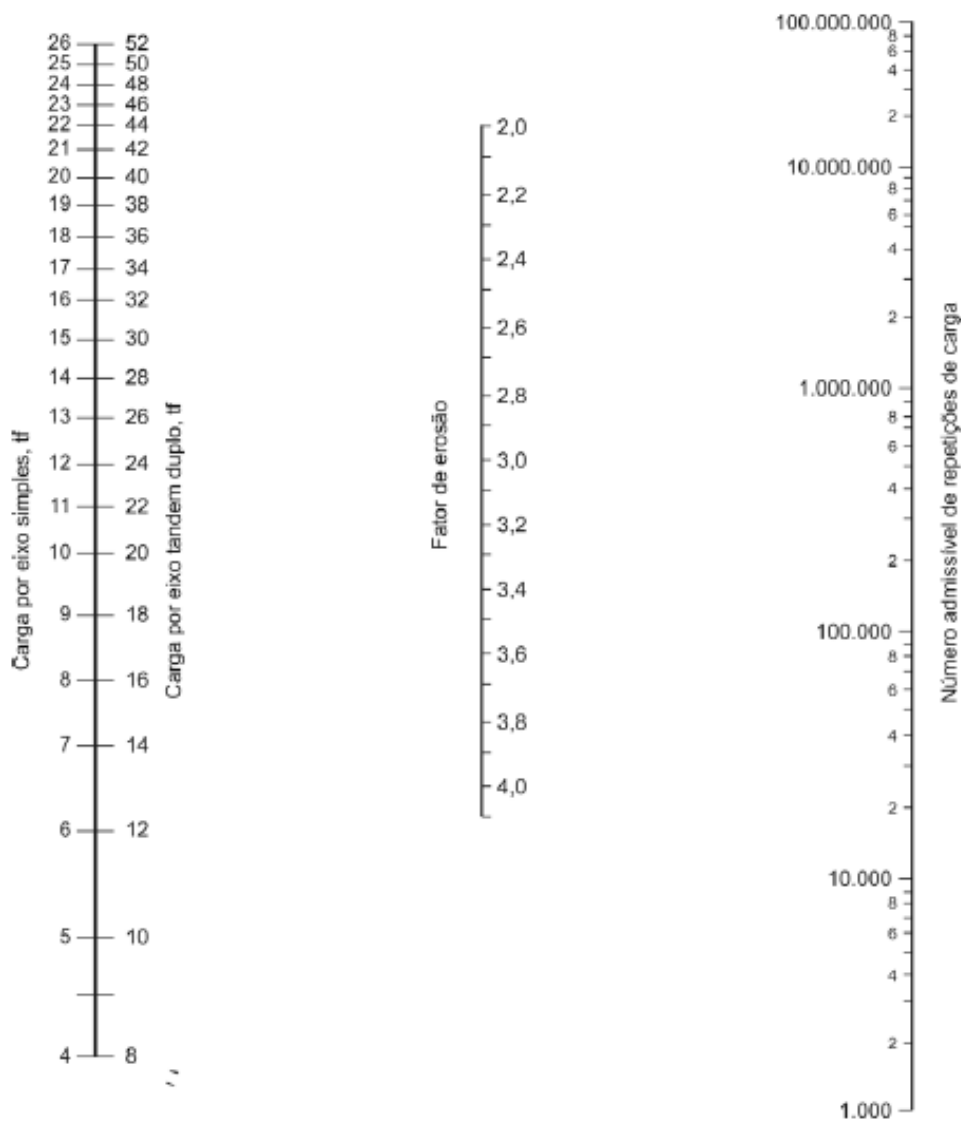


## ANEXO G – ANÁLISE DE FADIGA – NÚMERO DE REPETIÇÕES ADMISSÍVEIS EM FUNÇÃO DO FATOR DE FADIGA





Fonte: DNIT

## ANEXO H – ANÁLISE DE EROÇÃO – NÚMERO ADMISSÍVEL DE REPETIÇÕES DE CARGA COM BASE NO FATOR DE EROÇÃO



Fonte: DNIT

## ANEXO I – EXEMPLO DE NOTA FISCAL DE AQUISIÇÃO DE MATERIAL ASFÁLTICO

 <b>Betunel</b> Industria e Comercio S.A <small>Tecnologia em Asfaltos</small>		<b>DANFE</b> Documento Auxiliar da Nota Fiscal Eletrônica											
RODOVIA - BR 386 - 1600 - KM 445 E - 1600 BAIRRO - SAO LUIS - KM 445 ESPA Canoas - RS (80)0202-0202 - 92.420.-040		1 - SAÍDA 0 - ENTRADA <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">1</span> Nº 13306 FL- 1/1 SÉRIE 2		CHAVE DE ACESSO 4318 0460 5468 0100 2807 5500 2000 0133 0618 8831 4411  Consulta de autenticidade no portal nacional da NF-E <a href="http://www.nfe.fazenda.gov.br/portal">www.nfe.fazenda.gov.br/portal</a> ou no site da Sefaz Autorizadora									
NATUREZA DA OPERAÇÃO REVENDA DE MERCADORIA - IC 18% - IPI 0		INSCRIÇÃO ESTADUAL 0240203550		INSC. ESTADUAL DO SUBST. TRIBUTÁRIO CNPJ 60.546.801/0028-07									
DESTINATÁRIO/REMETENTE NOME/RAZÃO SOCIAL OCX CONSTRUTORA E PROJETOS LTDA EPP CNPJ 90.314.675/0001-06 DATA DA EMISSÃO 06/04/2018													
ENDEREÇO RUA - MIRANDA 825 MUNICÍPIO Novo Hamburgo		BAIRRO / DISTRITO BAIRRO - LIBERDADE UF RS		CEP 93.330.-390 INSCRIÇÃO ESTADUAL 0860503429 DATA DA ENTRADA / SAÍDA 06/04/2018 HORA DA ENTRADA / SAÍDA 16:04									
CALCULO DO IMPOSTO													
BASE DE CALCULO DO ICMS 52.359,04		VALOR DO ICMS 9.424,63		BASE DE CALCULO DO ICMS SUBSTITUIÇÃO 0,00									
VALOR DO ICMS SUBSTITUIÇÃO 0,00		VALOR TOTAL DOS PRODUTOS 52.359,04		VALOR DO FRETE 0,00									
VALOR DO SEGURO 0,00		DESCONTO 0,00		OUTRAS DESPESAS ACESSORIAS 0,00									
VALOR DO IPI 0,00		VALOR TOTAL DA NOTA 52.359,04											
TRANSPORTADOR / VOLUMES TRANSPORTADOS													
RAZÃO SOCIAL AGAE TRANSPORTES E COMERCIO SA		FRETE POR CONTA 1 - DESTINATÁRIO/REM		CÓDIGO ANTT 00362950									
ENDEREÇO ROD RS 124 EST MONT 4200 PARTE GERM HENKE		ETENTE MUNICÍPIO Montenegro		PLACA DO VEICULO CUD4269 UF SP CNPJ / CPF 43.998.509/0025-55									
QUANTIDADE 1		ESPECIE A GRANEL		MARCA S/M									
PESO BRUTO 28,5600		PESO LÍQUIDO 14,7200											
FATURA													
Duplicata 01330601		Vencimento 06/05/2018		Valor 52.359,04									
DADOS DO PRODUTO/SERVIÇO													
COD. PROD.	DESCRIÇÃO DO PRODUTO / SERVIÇOS	NCM / SH	CST	CFOP	UNID	QUANTIDADE	V. UNITÁRIO	V. TOTAL	BC ICMS	V. ICMS	ALQ. ICMS	V. IPI	ALQ. IPI
02.007.003	CM-30 (CIMENTO ASFALTICO DILUIDO CM-30)	27150000	000	5102	T	14,7200	3.557,0000000000	52.359,04	52.359,04	9.424,63	18,00	0,00	0,00
Trib aprox RS: 5131,19 Federal e 6283,08 Estadual e 0,00 Municipal Fonte: IBPT W7m9E1.													
DADOS DO ISSQN													
INSCRIÇÃO MUNICIPAL 40379		VALOR TOTAL DOS SERVIÇOS 0,00		BASE DE CALCULO DO ISSQN 0,00		VALOR DO ISSQN 0,00							

Fonte: OCX Construtora

**ANEXO J – LAUDO DE SONDAGENS DE JAZIDA DE ARGILA**

LOCAL DA SONDAAGEM		escorrido	ANÁLISE GRANULOMÉTRICA										EA	ENSAIOS FÍSICOS			CLASSIFIC. CLASSIFIC.	COMPACT. AADHO		ISC			TIPO DE SOLO	
Furo	Prof.		2"	1"	3/4"	2/8"	4	15	20	40	60	200		LL	IP	IS		ISB	D <sub>max</sub>	Ind	h	D <sub>max</sub>	Esp	ISC
1		AM-471	100	100	100	100	100	100	97	77	49	20	43,3	15,7	0	A2-7	1625	17,9	17,4	1807	0,03	13	ARGILA ARGILOSA	ARGILA AMENSOA VERMELHA E AMM.
2		AM-02	100	100	100	100	100	100	98	84	66	26	44,4	15,7	1	A2-6	1740	19,8	19,4	1720	0,11	10	ARGILA AMENSOA	ARGILA VERMELHA

<b>EGET - ESTUDIOS GEOTECNICOS</b>	
JOSE DAVIDO NAIBERT Laboratorio - Técnico Edificação CREA: 90.351.1/D	

<b>EGET</b>	
ESTUDIOS GEOTECNICOS E SONDAJES	

<b>DADOS DO PROJETO</b>	
CLIENTE :	CONSTRUSINOS IND E COM DE ART. DE CIMENTO LTDA
TRECHO :	JAZIDA
LOCAL :	SAULOPOLDO/RS

Fonte: Construsinos