

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ
RAFAEL CORRÊA BANDEIRA

**ESTUDO COMPARATIVO DE CUSTOS PARCIAIS DA IMPLANTAÇÃO DE
PAVIMENTOS FLEXÍVEIS E PAVIMENTOS RÍGIDOS EM UMA RODOVIA
COM BAIXO VOLUME DE TRÁFEGO**

CASCADEL - PR
2017

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ

RAFAEL CORRÊA BANDEIRA

**ESTUDO COMPARATIVO DE CUSTOS PARCIAIS DA IMPLANTAÇÃO DE
PAVIMENTOS FLEXÍVEIS E PAVIMENTOS RÍGIDOS EM UMA RODOVIA
COM BAIXO VOLUME DE TRÁFEGO**

Trabalho apresentado na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário FAG, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Engenheiro Civil Esp. Lincoln Salgado

CASCADEL - PR

2017

CENTRO UNIVERSITÁRIO FAG

Rafael Corrêa Bandeira

**ESTUDO COMPARATIVO DE CUSTOS PARCIAIS DA IMPLANTAÇÃO DE
PAVIMENTOS FLEXÍVEIS E PAVIMENTOS RÍGIDOS EM UMA RODOVIA COM
BAIXO VOLUME DE TRÁFEGO**

Trabalho apresentado no Curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, sob orientação do Professor (a) **Especialista Lincoln Salgado**.

BANCA EXAMINADORA



Orientador Professor Especialista **Lincoln Salgado**
Centro Universitário Assis Gurgacz
Engenheiro Civil



Professor Especialista **Ricardo Paganin**
Centro Universitário Assis Gurgacz
Engenheiro Civil



Professor Especialista **Jefferson Teixeira Olea Homrich**
Centro Universitário Assis Gurgacz
Engenheiro Civil

Cascavel, 10 de junho de 2017.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me dar forças para superar todas as dificuldades.

A minha família, principalmente aos meus pais pelo incentivo e apoio incondicional.

A todos os professores que contribuíram com a minha formação, tanto profissional quanto pessoal.

Agradeço ao meu orientador Lincoln Salgado, pelo suporte, conselhos, pelas suas correções e incentivos.

Aos meus amigos por compreenderem meu afastamento durante a vida acadêmica, e por me oportunizar momentos de descontração.

Aos meus colegas de turma pelos bons e maus momentos, pelos trabalhos desenvolvidos, pelo companheirismo da sala.

EPÍGRAFE

“A mente é como um paraquedas. Só funciona se abri-lo.”

Frank Zappa.

RESUMO

Em nosso país, o maior modal utilizado certamente é o rodoviário, e na grande maioria, estas estradas são constituídas de pavimentação flexível. Este tipo de pavimentação é feito de CBUQ. Esta sofre muitos danos devido aos intemperes de clima e a ação das cargas provenientes do tráfego, e deve ser continuamente mantida. Por outro lado, existe um tipo de pavimentação que possui baixa necessidade de manutenção, a pavimentação rígida. Esta é constituída de concreto de Cimento Portland e tem um período de vida útil maior do que a flexível. Neste trabalho, efetuou-se o dimensionamento de uma rodovia, a PR – 486, para pavimento do tipo rígido e do tipo flexível. Para o dimensionamento do pavimento flexível foi utilizado o Método Empírico Mecanístico do DNIT e para o pavimento rígido o PCA 1984. Após o dimensionamento foi feito o levantamento de materiais e serviços utilizados, então o levantamento dos custos de materiais e serviços para cada estrutura. Então foram aplicados custos parciais a cada estrutura, sendo estes custos com sub-base, base e revestimento. Constatou-se que para dimensionar esta rodovia em pavimento flexível se gastaria R\$ 28.376.445,07 e para o pavimento rígido R\$ 42.694.217,70. Com este estudo conclui-se que custa 50,46 % mais caro para pavimentar a rodovia PR - 486 em pavimento de rígido, porém para que se possa ter um resultado mais detalhado em questão a longo prazo é necessário um estudo mais detalhado sobre drenagem, manutenção e restauração.

Palavras-chave: Pavimento rígido; Pavimento flexível; Dimensionamento; Manutenção; Custos de implantação.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Trecho da rodovia analisado	27
Figura 2 – Fator de equivalência de operações	30
Figura 3 – Estrutura dos pavimentos	45
Figura 4 – Gráfico para o pavimento flexível.....	52
Figura 5 - Gráfico para o pavimento rígido.....	53

LISTA TABELAS

Tabela 1 – Coeficiente de valência estrutural para alguns materiais	31
Tabela 2 – Fator de segurança para a carga.	32
Tabela 3 – Tabela de origem e destino pavimento flexível	35
Tabela 4 – Tabela de origem e destino pavimento rígido	36
Tabela 5 – Contagem volumétrica	37
Tabela 6 – Volume Médio Diário	38
Tabela 7 – Taxa de Crescimento do tráfego	38
Tabela 8 – Crescimento do Tráfego.....	38
Tabela 9 – Fator de Veículos	39
Tabela 10 – Fator Regional.....	40
Tabela 11 – Espessuras do pavimento flexível	40
Tabela 12 – Solicitações por eixo	41
Tabela 13 – Solicitações totais por eixo	41
Tabela 14 – Dimensionamento do pavimento rígido	43
Tabela 15 – Dimensionamento do pavimento rígido	44
Tabela 16 – Parâmetros para pavimento flexível	46
Tabela 17 – Parâmetros para pavimento rígido	46
Tabela 18 – Densidade do binder (faixa “B”)	47
Tabela 19 – Densidade da capa (faixa “C”)	47
Tabela 20 – Quantitativos para construção de 1 km de pavimento flexível	48
Tabela 21 – Quantitativos para construção de 1 km de pavimento rígido.....	48
Tabela 22 – Quantidade de material betuminoso p/ Km para pavimento flexível .	49
Tabela 23 – Quantidade de material betuminoso p/ Km para pavimento rígido....	49
Tabela 24 – Custo de materiais betuminosos para o mês de fevereiro	50
Tabela 25 – Preço do frete pavimento flexível	50
Tabela 26 – Preço do frete pavimento rígido para pavimento flexível.....	50
Tabela 27 – Distância da usina ao trecho	51
Tabela 28 – Pavimento flexível	51
Tabela 29 – Pavimento rígido	52
Tabela 30 – Custo total da implantação	53

LISTA EQUAÇÕES

Equação 1 – Coeficiente de contagem horária	28
Equação 2 – Fator de correção (Fc)	28
Equação 3 – Volume médio diário corrigido com a taxa de crescimento	29
Equação 4 – Determinação do número N	29
Equação 5 – Determinação da espessura da base.....	30
Equação 6 – Determinação da espessura da sub-base.....	30
Equação 7 – Determinação da espessura do reforço do subleito	30
Equação 8 – Coeficiente de contagem horária	33

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AASHTO – *American Association of State Highway and Transportation Officials.*

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustível.

ASTM – *American Society for Testing and Materials.*

BGS – Brita Graduada simples.

CAP – Cimento Asfáltico Petróleo.

CBUQ – Concreto Betuminoso Usinado a Quente.

CEPA – Centro De Ensino E Pesquisas Avançadas.

CH – Contagem Horária.

CRB – *Califórnia Bearing Ratio.*

CVH – Coeficiente De Contagem Horária.

DER – Departamento de Estradas de Rodagem

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

DTM – Distancia Média de Transporte.

ES – Eixo Simples.

ESD – Eixo Simples Duplo.

ETD – Eixo Tandem Duplo.

ETT – Eixo Tandem Triplo.

F.R. – Fator Regional ou Climático.

F.V. – Fator De Veículos.

ISC – Índice de Suporte Califórnia.

PCA – *Portland Cement Association.*

SICRO – Sistemas de Custos Rodoviários.

VMD – Volume Médio Diário.

SUMÁRIO

1. CAPÍTULO 1.....	13
1.1. INTRODUÇÃO.....	13
1.2. OBJETIVOS.....	14
1.2.1. Objetivo geral.....	14
1.2.2. Objetivos específicos.....	14
1.3. JUSTIFICATIVA.....	14
1.4. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA.....	15
1.6. DELIMITAÇÃO DA PESQUISA.....	15
2. CAPÍTULO 2.....	16
2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
2.1.1 História das rodovias.....	16
2.1.2 Implantação de rodovias.....	18
2.1.3 Pavimentos.....	20
2.1.3.2 Pavimentos flexíveis.....	20
2.1.3.3 Pavimentos rígidos.....	22
2.1.4 MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS.....	25
2.1.5 Custos rodoviários.....	26
3. CAPÍTULO 3.....	27
3.1 METODOLOGIA.....	27
3.1.1 Tipo de estudo e local da pesquisa.....	27
3.1.2 Caracterização do estudo.....	27
3.1.3 Estudo de tráfego.....	28
3.1.4 Dimensionamento do pavimento.....	29
3.1.4.1 Pavimento flexível - Método empírico mecanístico do DNER.....	29
3.1.4.2 Pavimento rígido - PCA 1984.....	31

3.1.5 Custos	34
3.1.5.1 Implantação.....	34
4. CAPÍTULO 4	37
4.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES	37
4.1.1 ESTUDO DE TRÁFEGO	37
4.1.2 DIMENSIONAMENTO DOS PAVIMENTOS	39
4.1.2.1 Método empírico mecanístico do DNIT	39
4.1.2.2 PCA 1984.....	40
4.1.3 ESTRUTURA DOS PAVIMENTOS	44
4.1.4 SERVIÇOS E MATERIAIS	46
4.1.5 CUSTOS PARA IMPLANTAÇÃO	48
5. CAPÍTULO 5.....	54
5.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	54
6 CAPÍTULO 6.....	55
6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	55
REFERÊNCIAS	56
ANEXOS	59
APÊNDICES	74

1. CAPÍTULO 1

1.1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o quinto maior país do mundo em extensão territorial, e sem dúvida, o transporte rodoviário é o modal mais utilizado. No país, a grande maioria das rodovias possui pavimentação flexível. Todavia, a qualidade da pavimentação tem grande papel na economia, principalmente nos países em desenvolvimento, que dependem desta infraestrutura para escoamento de sua produção.

Para Bernucci *et al* (2008), pavimento é uma estrutura de várias camadas com espessuras finitas, construídas sobre o terreno terraplanado, a fim de resistir aos esforços provenientes do tráfego de veículos.

Basicamente, existem dois tipos de pavimentação: a rígida e a flexível. O pavimento flexível para Senço, “são aqueles em que as deformações, até certo limite, não levam ao rompimento. São dimensionados normalmente a compressão e a tração na flexão [...]” (SENÇO; WLASTERMILER, 1997, pág. 22).

São compostos de diversas camadas de materiais, acomodam a tração na flexão da estrutura dividindo a carga igualmente entre as camadas. Sua estrutura geralmente é composta por: revestimento, sub-base, base, reforço do subleito e subleito.

Pavimentos rígidos, segundo Senço, “são aqueles poucos deformáveis, constituídos principalmente de concreto de cimento. Rompem por tração na flexão quando sujeitos a deformações” (SENÇO; WLASTERMILER, 1997, pág. 22).

Segundo Silva (2008), podem ser dimensionados com placas de concreto simples, com barras de transferência, com armadura contínua ou descontínua, concreto estruturalmente armado e concreto protendido. Esse tipo de pavimentação também funciona como estrutura, redistribuindo as cargas e amenizando a tensão na fundação.

A implantação da pavimentação flexível possui um custo baixo se comparada com a rígida. Contudo seu material ligante é derivado do petróleo e pode sofrer variações de custo. Outro ponto a se considerar é a manutenção. Na pavimentação flexível há grandes necessidades. Por outro lado, no pavimento rígido, que geralmente tem um custo de implantação superior ao flexível, se bem

construído, sua manutenção será inferior ao do pavimento flexível (BIANCHI *et al*, 2008).

Para verificar aspectos técnicos e econômicos dos dois tipos de pavimentos, como a vida útil, custo de implantação, manutenção preventiva e corretiva. Será projetado, de forma experimental, um segmento rodoviário e dimensionado para pavimentação flexível comumente utilizado no Brasil e para pavimentação rígida que é frequentemente utilizado nos Estados Unidos e Canadá.

1.2.OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo geral

Efetuar um estudo comparativo para a implantação de dois tipos de pavimentos, rígido e flexível, para uma rodovia com baixo volume de tráfego.

1.2.2. Objetivos específicos

- Caracterizar a rodovia experimental;
- Dimensionar a pavimentação flexível;
- Dimensionar a pavimentação rígida;
- Verificar os custos parciais aplicados a cada estrutura.

1.3.JUSTIFICATIVA

A pavimentação flexível torna a malha viária muito mais vulnerável, devido às condições de clima e umidade, o aumento do volume de tráfego de veículos de grande porte e a falta de fiscalização desses, adicionados à falta de manutenção, geram grandes problemas nas rodovias.

A pavimentação rígida é muito utilizada em países da América do Norte. Este tipo de pavimentação tem um diferencial por ser muito mais durável e ter pouca necessidade de manutenção, se comparada com a flexível.

Em um país onde existe tanta diversidade, variados tipos de climas, diferentes tipos de solos, regiões tão distintas; as cargas que trafegam pelas estradas são muito diferentes, contudo, não deve haver apenas um único método construtivo, mas sim o mais adequado para cada caso (BIANCHI *et al*, 2008).

Com este trabalho, busca-se fazer uma análise de custos parciais para a implantação de pavimento rígido e flexível, para poder compará-los e identificar qual é o mais viável para aquela situação específica.

Mostrando que a escolha do pavimento apropriado é de suma importância para que se possa ter melhor qualidade e custo benefício.

1.4. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Qual a diferença de custos entre a pavimentação flexível e a pavimentação rígida?

1.5. FORMULAÇÃO DA HIPÓTESE

Os custos para a implantação de diferentes tipos de pavimento dependem da situação analisada.

1.6. DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa foi limitada a comparar dois tipos de pavimento, o rígido e o flexível, em uma rodovia com baixo volume de tráfego, a PR – 486, no trecho de Cascavel a Jotaesse, localizadas no Oeste do Paraná, com uma extensão de 34,3 Km. Limita-se ainda a composição de custos parciais dos dois tipos de pavimentos e analisar os custos parciais para a implantação de ambos. Todos os dados para o dimensionamento da rodovia serão fornecidos pelo DER – PR.

2. CAPÍTULO 2

2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1.1 História das rodovias

2.1.1.1 Origem das estradas

Não se conhece ao certo quando foram construídas, mas pesquisas arqueológicas indicam que as primeiras estradas foram concebidas a partir de trilhas usadas por povos pré-históricos que se localizavam no continente asiático, a fim de melhorar o acesso a áreas mais cultiváveis, com melhores recursos e para expansão de seus territórios. Porém, foram os romanos mais tarde, os primeiros a utilizarem estradas desenvolvidas, instalando pavimentos e drenagem com a função de as tornarem mais resistentes. Estas estradas se tornaram muito importantes para a sociedade romana, que por solicitação da população e do senado, o Senhor de Roma passou a ser responsável pela manutenção destas vias de circulação (ROSTVZEFF, 1960).

As estradas romanas eram construídas para serem duráveis, úteis e bonitas. Geralmente ligava o ponto de partida ao destino pelo caminho mais curto possível, o que explicava muitas delas terem longos trechos em linha reta. Porém, estas estradas tinham que acompanhar os contornos dos terrenos. As estradas pavimentadas eram as que mais chamavam atenção. Seu revestimento era feito com grandes blocos lisos de pedra, geralmente extraídas de rochas da região, e eram colocadas de um modo que facilitava o escoamento da água da chuva. O método construtivo dos romanos contribuiu para durabilidade desses monumentos e possibilitou que algumas estradas permanecessem até os dias de hoje (A SENTINELA, 2006).

A mais famosa delas é a Via Ápia, que ligava Roma ao ponto de Brindisi, sudoeste da Itália, revestida com grandes pedras lisas e achatadas. Cerca de 900 anos após sua construção, o historiador bizantino Procópio escreveu: “Apesar de ter passado muito tempo e da grande quantidade de carruagens que transitam por

elas dia após dia, sua aparência não foi nem um pouco danificada, nem perderam seu acabamento liso” (A SENTINELA, 2006).

2.1.1.2 Rodovias no Brasil

Em 25 de agosto de 1928 foi inaugurada a Rio-Petrópolis, primeira estrada pavimentada do Brasil. Até então, este trajeto era feito por caminhos de terra, que muitas vezes, devido aos temporais, ficava inacessível. Contudo, construir uma estrada na Serra do Mar não foi uma tarefa fácil. Até hoje essa obra provoca admiração devido aos seus túneis escavados em pedra a mais de cem metros de altura. Hoje ela faz parte da BR- 040, que liga o Rio de Janeiro a Belo Horizonte e a Brasília (ACERVO O GLOBO, 2013).

Em 1937 foi criado o DNER (Departamento Nacional de Estradas de Rodagem). Ele é uma autarquia federal e está vinculado ao Ministério dos Transportes. Em 2001, o DNER passou a ser conhecido como DNIT, este é responsável pela construção, manutenção, restauração, fiscalização e elaboração de estudos para qualquer problema ligado ao tráfego nos transportes rodoviários, ferroviários e aquáticos do país (DNIT, 2012).

Segundo CEPA (1999), nas décadas de 40 e 50, a construção de rodovias teve um grande impulso devido a três fatores: a criação do Fundo Rodoviário Nacional em 1946, que estabeleceu imposto sobre combustíveis líquidos e os estados passaram a receber regularmente verbas destinadas à construção, conservação e melhoramentos de estradas; a fundação da Petrobras em 1954, que passou a produzir asfalto em grande quantidade; e a implantação da indústria automobilística nacional, em 1957.

Com a mudança da capital do país do Rio de Janeiro para Brasília, houve a necessidade da criação de uma nova malha viária que ligaria a nova capital a todas as regiões do país. Dentre a criação de várias rodovias, destaca-se a Brasília-Acre e a Belém-Brasília, que possuem juntas uma extensão de 2.070 km (CEPA, 1999).

Ainda segundo CEPA (1999), nos anos 70, as dificuldades econômicas no país causaram uma grande deterioração da malha viária. A construção de novas rodovias foi praticamente paralisada e a manutenção deixou de obedecer às

condições exigidas. Muitas vidas foram perdidas em função de acidentes e houve grandes prejuízos causados a setores essenciais à economia.

Mesmo na atualidade, as rodovias são o principal meio de transporte, mas apenas 12% das estradas são pavimentadas. São pouco mais de 203 mil quilômetros asfaltados. Dos quais 54,4% são de responsabilidade dos estados, 32% são federais e 13% são municipais (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES, 2014).

2.1.2 Implantação de rodovias

Para a implantação de uma rodovia, é necessário a elaboração do projeto e a execução de vários serviços, como: execução de plataforma terraplanada, dispositivos de drenagem, proteção do corpo da estrada, entre outros. Mas para iniciar o projeto e posteriormente a execução dos serviços, são necessários alguns estudos, como estudo de tráfego, topográfico, geotécnicos, entre outros (MANUAL 714 DNIT, 2006).

A contagem volumétrica visa determinar a quantidade, o sentido e os tipos de veículos que trafegam por um ou mais pontos selecionados do sistema viário, em um determinado tempo. Estas informações serão usadas para avaliação de causas de congestionamentos, índices de acidentes e principalmente no dimensionamento do pavimento (MANUAL 723 DNIT, 2006).

Através de um estudo de tráfego se conhece a quantidade de veículos, tipo e capacidade destes, velocidade, entre outras informações, para a determinação da capacidade da via, melhorando as características de projeto. O estudo de tráfego nos disponibiliza também a determinação do número equivalente N, número esse necessário para o dimensionamento do pavimento (MANUAL 723 DNIT, 2006).

O estudo hidrológico estuda o ciclo da água. Em seu ciclo, ela precipita-se sobre o solo, escoa e percola. Os materiais empregados em pavimentação têm seu desempenho seriamente afetado por variações no seu teor de umidade. Deve-se conhecer o quanto a umidade afeta os pavimentos e os subleitos. Para evitar que os materiais construtivos do pavimento sofram grandes variações do teor de umidade, deve-se criar um sistema de drenagem do pavimento (MANUAL 719 DNIT, 2006).

O estudo topográfico fornece dados planimétricos ou altimétricos do terreno da implantação da rodovia, acidentes geográficos e curvas de níveis. Com ele, faz-se a marcação do eixo de referência na borda da pista, nivelamento e contranivelamento do eixo de locação e levantamento das seções transversais (MANUAL 707 DNER, 1999).

Estudo geotécnico é o estudo que, através de sondagens, ensaios de campos e/ou laboratórios, obtêm-se a caracterização das diferentes camadas de solos e rochas, traçando o perfil dos mesmos para utilização dos dados no projeto de pavimento. O estudo também faz a caracterização de materiais de jazidas para utilização de reforço de subleito, sub-base, base e revestimento (MANUAL 719 DNIT, 2006).

Para Senço (1997), os solos, mesmo podendo ser excluídos da composição do pavimento, tem papel fundamental como subleito para a pavimentação.

Através do ensaio de CBR sabe-se qual será a expansão e a perda de resistência de um solo com a saturação. O ensaio fornece a relação entre a pressão para penetrar um pistão em um corpo de prova cilíndrico, e a pressão para produzir a mesma penetração em uma mistura de agregado estabilizada. O valor obtido é em porcentagem (DNIT, 2014).

O projeto geométrico determina aspectos técnicos rodoviários, como a geometria horizontal e vertical, o raio de curva, a largura da pista e sua inclinação (MANUAL 726 DNIT, 2006).

O projeto de terraplenagem é responsável pela determinação dos serviços de preparo do terreno. Avalia as alternativas que se apresentam quanto à movimentação dos volumes, verifica a necessidade de empréstimos ou retiradas e efetua a caracterização dos materiais a serem utilizados e a preservação do meio ambiente (MANUAL 726 DNIT, 2006).

É necessária a criação de um projeto de drenagem, utilizando o estudo hidrológico. O projeto de drenagem nada mais é do que um conjunto de dispositivos superficiais, profundos e de bueiros, construídos para eliminar a influência da ação da água, desviando-a da plataforma da rodovia (MANUAL 719 DNIT, 2006).

A drenagem superficial capta e intercepta as águas que se precipitam sobre a superfície da pista para conduzi-las para um local onde não comprometa

a estrutura do pavimento, e não cause erosões próximas. O sistema de bueiros tem a função de capturar a água que escoar pelo terreno e pela plataforma da pista. O sistema de drenagem profunda deve fazer o rebaixo do lençol d'água, para impedir a deterioração progressiva das camadas do pavimento (MANUAL 719 DNIT, 2006).

2.1.3 Pavimentos

Para Senço (1997), pavimento é uma estrutura construída sobre uma superfície previamente regularizada, a fim de resistir aos esforços oriundos do tráfego e distribuí-los; proporcionando aos usuários, melhores condições de conforto, economia e segurança. Tem a função de resistir aos desgastes do tráfego e clima, tornando mais durável a superfície de rolamento. É um sistema composto de múltiplas camadas de espessuras variáveis, que se estrutura sobre o subleito exercendo uma função de fundação.

A pavimentação rodoviária classifica-se corriqueiramente em dois tipos: rígidos e flexíveis. O rígido também conhecido como Cimento Portland e o flexível como pavimento asfáltico (BERNUCCI *et al*, 2008).

2.1.3.2 Pavimentos flexíveis

Segundo o DNIT (2006), pavimento flexível é um tipo de pavimento que sofre uma deformação elástica considerável através de um esforço aplicado pelo tráfego. Este tem a função de resistir e distribuir a carga equivalente entre as camadas. Essas camadas são: revestimento, base, sub-base e reforço do subleito.

Pavimento flexível é aquele constituído basicamente de agregados e ligantes asfálticos, suas principais camadas são: revestimento, base, sub-base e reforço do subleito (BERNUCCI *et al*, 2008).

O uso do asfalto em pavimentação é intensamente utilizado devido a alguns fatores: promove forte união dos agregados, age com ligante flexível, é

impermeabilizante, resiste a maioria dos ácidos, pode ser utilizado aquecido ou emulsionado, entre outros fatores (BERNUCCI *et al*, 2008).

Para Bernucci (2008), o asfalto empregado em pavimentação trata-se de um ligante betuminoso provido da destilação do petróleo. Sua propriedade é a de adesivo flexível e impermeável à água. Trata-se também de um material pouco reativo, mas não evita que este possa sofrer um processo de envelhecimento por oxidação lento pelo contato com a água e o ar.

Ainda para Bernucci (2008), o asfalto no Brasil é denominado CAP (Cimento Asfáltico Petróleo), torna-se um produto líquido quando submetido a temperaturas elevadas, se torna flexível em temperaturas ambientes e semissólido quando exposto a baixas temperaturas.

Denomina-se CBUQ (Concreto Betuminoso Usinado a Quente) a mistura executada em usina apropriada, com características e especificações aprovadas pelo DNIT dos seguintes materiais: agregado graúdo, agregado miúdo, material de enchimento *filler* e ligante asfáltico (DNIT, 2004).

A regularização do subleito é utilizada sobre o leito, a fim de ajustar transversal e longitudinalmente, porém não faz parte das camadas de pavimento. Pode ter espessuras variáveis ao longo do trecho (MANUAL 719 DNIT, 2006).

O reforço do subleito é uma camada com espessura invariável, utilizada para melhoria deste quando possui baixa capacidade de resistir aos esforços. Esse material deve possuir características geotécnicas melhores do que os materiais da camada superior, porém, com qualidade superior ao do subleito (MANUAL 719 DNIT, 2006).

Sub-base é uma camada que deve complementar a base quando por motivo técnico-econômico não for aconselhável executar somente a base sobre o reforço do subleito. Tem a função de reduzir a espessura da base, resistir a cargas transmitidas pela base, entre outras (MANUAL 719 DNIT, 2006).

A base é uma camada destinada a resistir e distribuir os esforços provocados pela ação do tráfego. É a camada mais importante da estrutura, onde sua resistência e rigidez dependem de cada material usado em sua execução. É a camada onde se constrói o revestimento (MANUAL 719 DNIT, 2006).

A imprimação é a aplicação de uma fina camada de material betuminoso sobre a base ou sub-base do pavimento, com a função de impermeabilizar a

camada inferior. Os materiais utilizados devem possuir baixa viscosidade na temperatura de aplicação e cura demorada (Infraestrutura Urbana, 2013).

Pintura de ligação é a aplicação de um ligante betuminoso antes das camadas betuminosas do pavimento, com o objetivo de promover a aderência entre as mesmas (DNER – ES 307/97).

O revestimento é a camada que proporciona o conforto, segurança e resistência ao desgaste, visto que é esta camada que recebe a ação do rolamento dos veículos, logo, deve sempre que possível, ser impermeável. Ela é composta por combinação de agregados e material betuminoso (MANUAL 719 DNIT, 2006).

Dos diversos tipos de revestimentos flexíveis betuminosos, o que mais se utiliza é o revestimento por mistura, no qual o agregado é pré-envolvido com material betuminoso, antes da compressão. Podem ser misturados de duas maneiras: pré-misturado a frio, no qual os agregados e ligantes utilizados permitem que o espalhamento seja feito a temperatura ambiente. E a pré-mistura a quente, quando o ligante e o agregado são misturados e posteriormente espalhados, ainda quente (MANUAL 719, DNIT, 2006).

2.1.3.3 Pavimentos rígidos

O pavimento rígido é uma estrutura de concreto, pouco deformável, sujeita a ações mecânicas, exigindo elevada resistência à tração na flexão e à compressão simples. Esse tipo de pavimento funciona como estrutura e redistribui as cargas, reduzindo a tensão na fundação (PITTA, 1998).

Para o DNIT (2006), pavimento rígido é o revestimento que tem uma alta rigidez, absorvendo praticamente todas as tensões de carregamentos aplicados, devido à rigidez de suas camadas inferiores. Esta estrutura é composta basicamente por concreto, rica em Cimento Portland, areia, agregado graúdo e água, devidamente adensado em uma camada, que tem a função de base e revestimento.

A durabilidade e resistência são os seus maiores diferenciais no pavimento rígido. São projetados para durar cerca de trinta anos e os flexíveis geralmente são projetados para durar dez anos. Essa alta duração com o mínimo de

manutenções necessárias em sua vida útil, diluem o seu alto investimento para implantação com o passar do tempo (LOTURCO, 2005).

Ainda segundo Loturco (2005), outro diferencial é que, ao contrário do pavimento flexível no qual as cargas são transmitidas verticalmente e concentradas em um único ponto, no rígido as placas de concreto funcionam como uma ponte sobre o subleito, assim o solo recebe as cargas distribuídas em uma maior área.

O cimento utilizado para o pavimento rígido é o Cimento Portland, ele é composto de *clinker* e adições. Estas adições são adicionadas ao *clinker* em fase de moagem, variando de um cimento para outro, assim produz diversos tipos de cimentos. Para a execução dos pavimentos rígidos opta-se pelos cimentos que apresentam maior eficiência no concreto, cujo processo de endurecimento é mais lento pela menor probabilidade de fissuração e com maior resistência para um consumo menor (MANUAL 714 DNIT, 2005).

Além disso, o pavimento de concreto tem proporção entre área e volume muito grande e condições peculiares de concretagem, o que requer geralmente um tipo de concreto *duro*, de consistência *seca*, mas com certa trabalhabilidade mínima que lhe permita, em função do tipo de equipamento empregado, resultar homogêneo, denso e de grande impermeabilidade. Por essas condicionantes, o concreto empregado em pavimentos deve ser dosado exclusivamente por método *experimental*, sempre considerando como básicos os requisitos:

- Alta resistência mecânica;
- Baixa relação água/cimento;
- Consumo mínimo unitário de cimento;
- Limitação da dimensão máxima característica do agregado;
- Consistência seca;
- Trabalhabilidade.

(PITTA, 1998, p.10).

Segundo o DNIT (2006), para os projetos de pavimentação rígida deve-se tomar cuidado com a eventualidade de mudanças repentinas nas características do subleito, principalmente com a presença de solos expansivos e camadas de argila mole. Estas informações devem ser obtidas durante os estudos geotécnicos, antes da elaboração do projeto.

Ainda segundo o DNIT (2006), utiliza-se o Módulo de Reação ou Módulo de Westergaard, para o dimensionamento da espessura do pavimento rígido, através do coeficiente de recalque. Este parâmetro segue a norma DNIT 055/2004-ME,

que se baseia na ASTM-D 1196 (1977), na qual se determina uma prova de carga estática, que são correlacionadas às pressões verticais transmitidas ao subleito por meio de uma placa rígida, com um diâmetro de pelo menos 76 cm, e os deslocamentos verticais.

Para a especificação do coeficiente de recalque, além de tomar as precauções necessárias e considerar a experiência regional, deve-se utilizar uma relação entre o coeficiente de recalque do subleito e os valores do CBR (MANUAL 714 DNIT, 2005).

Os projetos atuais de pavimento rígido se constituem basicamente da placa de concreto, sub-base e subleito. A sub-base é uma camada fina com a função de uniformizar a faixa do pavimento e conter efeitos de mudanças bruscas do volume do solo (MANUAL 714 DNIT, 2005).

Existem diversos tipos de pavimento rígido, os mais comuns são: pavimento de concreto simples, pavimento tipo Whitetopping, com barras de transferência e o estruturalmente armado.

O pavimento de concreto simples é o pavimento no qual as tensões solicitantes são absorvidas pelo próprio concreto. Não possui nenhum tipo de armadura distribuída, barra de transferência ou armadura de retração (MANUAL 714 DNIT, 2005).

O pavimento tipo Whitetopping é o recapeamento de um pavimento flexível utilizando um pavimento de concreto simples. Esse pavimento tem a função de ampliar a vida útil de qualquer tipo de pavimento asfáltico (MANUAL 714 DNIT, 2005).

O pavimento com barras de transferência tem a função de transmitir as cargas verticais de uma placa para outra. Estas cargas são transferidas através de barras de transferência em todas as juntas das placas. Elas permitem que os movimentos horizontais provocados pela variação de temperatura (Manetoni, 2017).

No pavimento estruturalmente armado, a diferença está na colocação de armaduras, que devem ser perfeitamente posicionadas. Estas armaduras servem para o aumento da resistência à fadiga e diminuir a espessura do pavimento (MANUAL 714 DNIT, 2005).

A drenagem para o pavimento rígido, assim como na pavimentação flexível, é constituída da drenagem superficial, por bueiros e a drenagem profunda (MANUAL 714 DNIT, 2005).

Sem dúvida, o maior motivo para que o concreto tenha voltado a ser considerado em licitações para construção e recuperação de rodovias, é o grande aumento no número de rodovias no domínio de concessionárias. Como geralmente a concessão é válida por vinte anos, as empresas responsáveis pelas rodovias adotam o pavimento rígido, a fim de evitar muitas manutenções durante o período de concessão (LOTURCO, 2005).

2.1.4 MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS

2.1.4.2 Dimensionamento de pavimento flexível - Método empírico DNIT

Segundo o DNIT (1996), o método empírico roteiriza o dimensionamento de pavimentos em função dos seguintes fatores:

- Capacidade do subleito (CRB) e índice de grupo IG;
- Número equivalente de operações do eixo padrão (N);
- Espessura total do pavimento durante um período de projeto.

Com base no número N, determina-se a espessura mínima do revestimento betuminoso, e a partir de então, com base na espessura total, determina-se as espessuras das camadas que irão constituir o pavimento, multiplicando-se as espessuras obtidas para o material pelos coeficientes estruturais parciais correspondentes a cada tipo de material encontradas.

2.1.4.3 Dimensionamento de pavimento rígido - *Portland Cement Association* - PCA 1984

Para o DNIT (2006), o PCA 1984 traz novos conceitos do dimensionamento de pavimentos rígidos e segue basicamente esses passos:

- Definir parâmetros de dimensionamento;

- Adoção de uma espessura-tentativa;
- Determinar a tensão equivalente para os tipos de eixo;
- Determinação dos fatores de erosão;
- Cálculo dos fatores de fadiga, dividindo as tensões equivalentes pela resistência de projeto;
- Determinação das repetições admissíveis;
- Determinação da porcentagem de resistência à fadiga e dano por erosão;
- Verificação das espessuras estimadas.

2.1.5 Custos rodoviários

O DNIT utiliza a SICRO como um referencial para insumos e serviços que são considerados no orçamento de obras licitadas. Por meio deste sistema, o governo contrata obras de qualidade por preços mais competitivos (DNIT, 2011).

Sendo assim, o SICRO não é uma simples tabela de preços, mas um conjunto de variáveis, já que esse levantamento promove uma metodologia de formação de preços, a qual considera a variação regional e temporal, de acordo com as disponibilidades de insumos e das distâncias dos centros de produção e a demanda gerada pelo nível de investimento em obras da região (DNIT, 2011).

Neste trabalho será realizado os custos parciais para a implantação da estrutura do pavimento, considerando custos com materiais e serviços para sub-base, base e revestimento. Não serão considerados custos com drenagem, sinalização, conservação e restauração dos pavimentos.

3. CAPÍTULO 3

3.1 METODOLOGIA

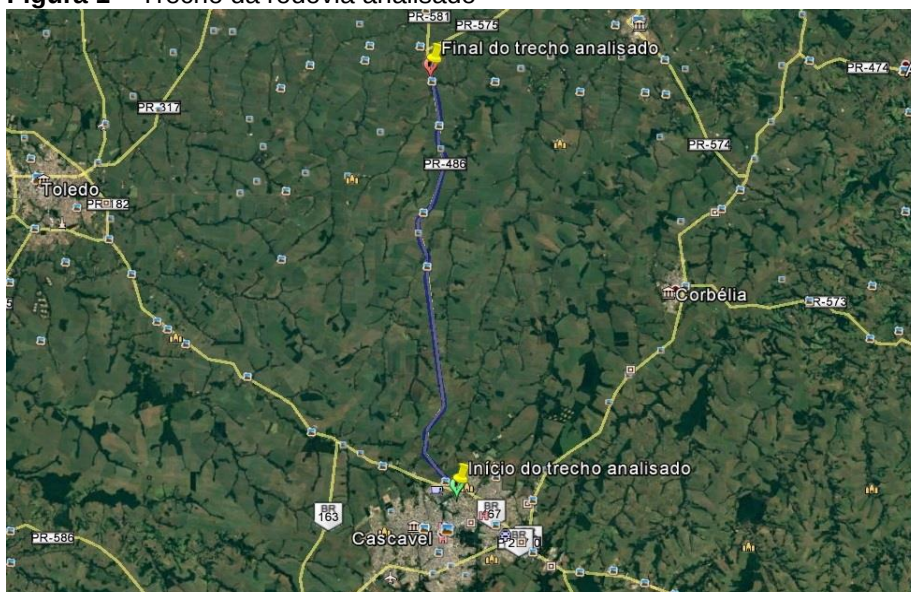
3.1.1 Tipo de estudo e local da pesquisa

Tratou-se de um estudo técnico-econômico para implantação de dois tipos de pavimentação rodoviária: a pavimentação rígida e a pavimentação flexível. O estudo será realizado com base em uma rodovia já existente, a PR-486. A rodovia PR-486 pertencente ao Governo do Paraná e liga a BR-467, no município de Cascavel à PR-323, nas proximidades do município de Perobal. Esta é uma rodovia com pista simples, com baixo volume de tráfego e possui uma extensão de 116,45 Km executada em pavimento flexível.

3.1.2 Caracterização do estudo

O trecho utilizado para a realização deste estudo foi o trecho que liga o município de Cascavel à Jotaesse, e possui uma extensão de 34,3 Km, mostrado na Figura 1.

Figura 1 – Trecho da rodovia analisado



Fonte: Google Earth (2016)

O trecho possui pista simples, como o nome diz, são aquelas em que há somente uma faixa de rodagem e é utilizada pelos veículos nos dois sentidos de circulação.

Possui cada faixa de rolamento com 3,3 m. cada uma e acostamento com 0,70 m com uma largura total de 8,0 m.

Para esta análise, foi necessário dimensionar dois tipos de pavimentos, como se a rodovia ainda não fosse executada. Esse dimensionamento foi efetuado com dados fornecidos pelo DER-PR. O período de projeto será de dez anos.

3.1.3 Estudo de tráfego

Para o dimensionamento de uma rodovia, é necessário realizar alguns estudos básicos, como o estudo de tráfego. Como a Superintendência Regional Oeste do DER-PR não possuía o estudo de tráfego, foi efetuado um estudo de tráfego volumétrico.

O objetivo da contagem volumétrica é a determinação da quantidade, direção, sentido e quais tipos de veículos trafegam em um determinado ponto de uma via, em um determinado tempo.

Após a obtenção dos valores da contagem de veículos utilizou-se a Equação 1 para se encontrar o coeficiente de contagem horária:

$$CVH = \frac{CH}{\sum CH} \quad (1)$$

CVH: Coeficiente de contagem horária;

CH: Contagem horária;

$\sum CH$: Somatório da contagem horária.

Depois, por meio da Equação 2 encontra-se o fator de correção (Fc):

$$Fc = \frac{1}{CVH} \quad (2)$$

Quando se obtém o volume médio diário, é preciso descobrir a quantidade de veículos que irá trafegar na rodovia no período de projeto. Este período foi estipulado em dez anos. Utiliza-se a Equação 3:

$$VMD = VMD_0 \times (1 + g)^P \quad (3)$$

VMD: Volume médio diário corrigido com a taxa de crescimento;

VMD₀: Volume médio diário inicial;

g: Taxa de crescimento de tráfego;

P: Período de projeto.

3.1.4 Dimensionamento do pavimento

3.1.4.1 Pavimento flexível - Método empírico mecanístico do DNER

Segundo DNER (1979), o método empírico roteiriza o dimensionamento de pavimentos em função dos seguintes fatores:

1) Capacidade do subleito:

Para encontrar a capacidade do subleito é necessário fazer o ensaio de CBR, de acordo com a norma DNER-ME 049/94 – Determinação do índice de Suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas – Método de Ensaio.

2) Número N:

O número N é o número equivalente de operações do eixo simples padrão durante o período do projeto, ele é obtido por meio da Equação 4:

$$N = 365 \times VDM \times P \times F.V. \times F.R \quad (4)$$

Onde:

VDM = Volume diário médio;

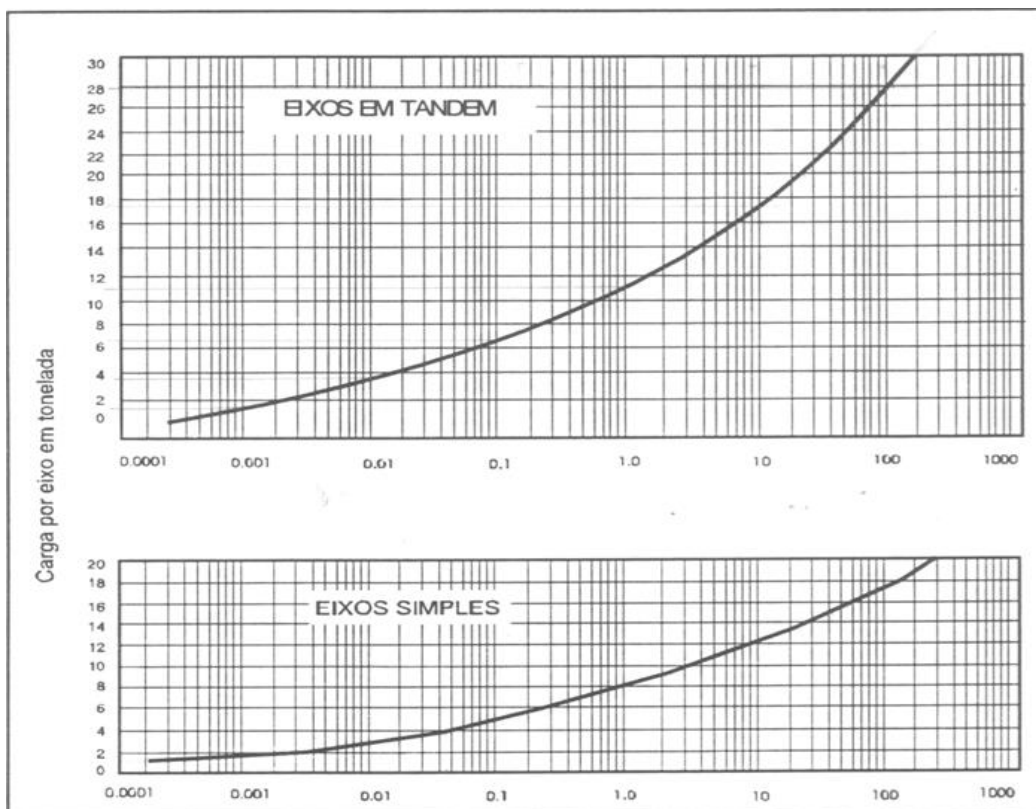
P = Período do projeto;

F.V. = Fator de veículos;

F.R. = Fator regional ou climático.

O fator de veículos é calculado a partir da pesagem de eixo simples e tandem, por categoria de veículo e sua frequência. Para o cálculo do FV, os valores dos pesos de cada eixo devem ser convertidos com um ábaco da figura 2, em valores de eixo equivalente.

Figura 2 – Fator de equivalência de operações



Fonte: Manual 723 – DNIT (2003)

3) Espessura total do pavimento:

As espessuras das camadas dependem de coeficientes de equivalência estrutural, que por sua vez dependem do tipo de material utilizado no pavimento. Utilizam-se as Equações 5, 6 e 7 e os coeficientes da Tabela 1:

$$K_r \times R + K_b \times B \geq H_{20} \quad (5)$$

$$K_r \times R + K_b \times B + K_s \times h_{20} \geq H_n \quad (6)$$

$$K_r \times R + K_b \times B + K_s \times h_{20} + K_{ref} \times h_n \geq H_m \quad (7)$$

Onde:

Kr: Coeficiente de valência estrutural do revestimento;

R: Espessura do revestimento;

Kb: Coeficiente de valência estrutural da base;

B: Espessura da base;

Ks: Coeficiente de valência estrutural da sub-base;

H20: Espessura da sub-base;

K ref: Coeficiente de valência estrutural do reforço do subleito;

Hn: Espessura do subleito;

Hm: Espessura total da estrutura.

Tabela 1 – Coeficiente de valência estrutural para alguns materiais

Componentes dos pavimentos	Coeficiente de equivalência estrutural (K)
Base ou revestimento de concreto betuminoso	2,00
Base ou revestimento pré-misturado a quente, de graduação densa	1,70
Base ou revestimento pré-misturado a frio, de graduação densa	1,40
Base ou revestimento por penetração	1,20
Base granular	1,00
Sub-base granular	0,77(1,00)
Reforço do subleito	0,71 (1,00)
Solo-cimento com resistência à compressão a 7 dias, superior a 45 Kg/cm ²	1,70
Solo-cimento com resistência à compressão a 7 dias, entre 45 Kg/cm ² e 28 Kg/cm ²	1,40
Solo-cimento com resistência à compressão a 7 dias, entre 28 Kg/cm ² e 21 Kg/cm ²	1,20
Bases de Solo-Cal	1,20

Fonte: Manual 719 - DNIT (2006)

3.1.4.2 Pavimento rígido - PCA 1984

O PCA 1984, segundo o DNIT (2005), introduz progressos obtidos décadas posterior ao primeiro método, o PCA 1966, em áreas de cálculo de tensões, projetos e construção, somando novas perspectivas e modificando intensamente o método mais antigo.

Para o dimensionamento da placa de concreto simples, deve-se seguir os seguintes passos:

1) Parâmetros para o dimensionamento:

- **Tipo de acostamento e adoção ou não de barra de transferência:**

Foi adotado acostamento, tendo em vista que existe no projeto inicial, não foi adotado o uso de barras de transferência.

- **Resistência à tração na flexão aos vinte e oito dias:**

A resistência do concreto aos vinte e oito dias deverá ser de 4,5 Mpa.

- **Coefficiente de recalque (K):**

O coeficiente é encontrado com o uso de um ábaco em função do CBR do subleito, utilizando o ábaco do ANEXO B:

- **Fator de segurança:**

Existem fatores de segurança para o dimensionamento da espessura das placas de concreto. São considerados na Tabela 2:

Tabela 2 – Fator de segurança para a carga.

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: Manual 714 – DNIT (2005)

- **O tráfego esperado para cada eixo para o período de projeto:**

Deve-se calcular o número de vezes que cada classe de carga irá atuar no pavimento durante o período previsto de projeto, neste caso, dez anos.

2) Adoção da espessura tentativa.

Deve-se adotar uma espessura tentativa para a placa de concreto para a determinação da tensão equivalente e fator de erosão.

3) Determinação da tensão equivalente.

- **Coefficiente de Recalque K:**

Com a adoção de uma espessura de camada de base encontra-se um novo valor para o coeficiente de recalque, utiliza-se o ábaco do ANEXO C para encontrarmos o novo coeficiente K.

- **Tensão equivalente:**

Com a espessura e o coeficiente K, encontra-se a tensão equivalente com o uso das tabelas do ANEXO D e E.

4) Fator de fadiga.

O fator de fadiga é obtido através da Equação 8:

$$\text{Fator de fadiga} = \frac{\text{Tensão equivalente}}{\text{Fck do concreto}} \quad (8)$$

5) Fator de erosão.

Com a espessura e o coeficiente K, pode-se encontrar o fator de erosão com o uso das tabelas dos ANEXOS F e G fornecidas pelo Manual 714 do DNIT.

6) Número de repetições admissíveis, por análise de fadiga.

Com valor do fator de fadiga e a carga por eixo, encontra-se o número de repetições admissíveis para cada tipo de eixo utilizando o ábaco do ANEXO H.

7) Número de repetições admissíveis, por análise de erosão.

Com o valor da erosão e a carga por eixo, utilizando o ábaco do ANEXO I, encontra-se o número de repetições admissíveis.

8) Somatório dos danos por erosão e por fadiga.

De posse de todos estes dados, é possível calcular se a estrutura do pavimento irá suportar todos os esforços exigidos. Para que o pavimento suporte os esforços solicitados, este deve atender a alguns requisitos: Deve-se dividir as solicitações totais de cada tipo de eixo pelo número de repetições admissíveis, tanto para o fator de erosão quanto para o fator de fadiga, e a soma de todos os tipos de eixo não deve passar de 100%.

3.1.5 Custos

3.1.5.1 Implantação

Depois de efetuado o dimensionamento da rodovia para ambos os tipos de pavimentos, foi necessário quantificar os serviços e materiais que serão empregados para a construção dos dois pavimentos.

Neste, aos serviços de terraplenagem serão atribuídos os pesos e valores (1), tendo em vista que não serão elaborados projetos topográficos, assim, a geometria e topografia da via serão idênticas, o que resume a abordagem e a composição dos custos para execução das camadas estruturais projetadas.

De posse das espessuras das camadas que constituirão o pavimento, são definidos os serviços que serão utilizados para a construção da rodovia.

Para o pavimento flexível serão necessários os seguintes serviços:

- Compactação e regularização da sub-base;
- Compactação e regularização da base;
- Imprimação;
- Pintura de ligação;

- Pavimentação da camada de ligação - Binder;
- Pavimentação da capa de rolamento.

Para o rígido, os serviços necessários serão:

- Compactação e regularização da base;
- Imprimação;
- Pintura de ligação;
- Pavimentação da pista de rolamento em concreto.

Algumas composições apresentam o custo do frete do material, o qual é calculado através de uma distância média de transporte (DMT), que é a distância do fornecedor até a usina ou a distância da usina ao local de aplicação do material.

A usina, tanto de concreto quanto de asfalto, será localizada nas proximidades de Santa Tereza do Oeste na BR – 163, no Km 15, no mesmo local de seu fornecedor de material pétreo. Por isso, o custo de transporte de material até a usinagem é zero.

A Tabela 3 mostra a origem e destino de materiais para o pavimento flexível.

Tabela 3 – Tabela de origem e destino pavimento flexível

Frete de componentes para pavimento flexível			
Item	Fornecedor	Origem	Destino
CAP 50/70	Petrobras	Araucária-PR	Usina CBUQ - Sta Tereza
RR-1C	Compasa	Curitiba-PR	Usina CBUQ - Sta Tereza
CM-30	Compasa	Curitiba-PR	Usina CBUQ - Sta Tereza
Filler	Cap- logística	Salto-SP	Usina CBUQ - Sta Tereza
Pedra britada	Pedreira Trevo	Sta Tereza-PR	Usina CBUQ - Sta Tereza
Areia	Pedreira Trevo	Sta Tereza-PR	Usina CBUQ - Sta Tereza
Imprimação	Usina CBUQ - Sta Tereza	Sta Tereza-PR	PR - 486
Pint. Ligação	Usina CBUQ - Sta Tereza	Sta Tereza-PR	PR - 486
Pedra britada	Pedreira Trevo	Sta Tereza-PR	PR - 486
Britada graduada	Pedreira Trevo	Sta Tereza-PR	PR - 486
CBUQ – Binder	Usina CBUQ - Sta Tereza	Sta Tereza-PR	PR - 486
CBUQ – Capa	Usina CBUQ - Sta Tereza	Sta Tereza-PR	PR - 486

Fonte: Autor (2017)

A Tabela 4 mostra a origem e destino de materiais para a construção do pavimento rígido.

Tabela 4 – Tabela de origem e destino pavimento rígido

Frete de componentes para pavimento rígido			
Item	Fornecedor	Origem	Destino
Cimento Portland	Votorantim	Curitiba-PR	Usina Concreto - Sta Tereza
Aditivo Plastiment BV-40	Sika	Osasco-SP	Usina Concreto - Sta Tereza
RR-1C	Compasa	Curitiba-PR	Usina CBUQ - Sta Tereza
CM-30	Compasa	Curitiba-PR	Usina Concreto - Sta Tereza
Pedra britada	Pedreira Trevo	Sta Tereza-PR	Usina Concreto - Sta Tereza
Areia	Pedreira Trevo	Sta Tereza-PR	Usina Concreto - Sta Tereza
Imprimação	Usina CBUQ - Sta Tereza	Sta Tereza-PR	PR - 486
Pint. Ligação	Usina Concreto - Sta Tereza	Sta Tereza-PR	PR - 486
Pedra britada (base)	Pedreira Trevo	Sta Tereza-PR	PR - 486
Concreto usinado	Usina Concreto - Sta Tereza	Sta Tereza-PR	PR - 486

Fonte: Autor (2017)

Para o cálculo de fretes, foi utilizada a tabela do ANEXO M, fornecida pelo DER-PR.

3.1.1 Análise de dados

Após a obtenção de todos os custos parciais de implantação para cada tipo de pavimentação, foram utilizadas planilhas para a comparação dos custos com sub-base, base, imprimação, pintura de ligação e revestimento e por fim foi proposta a melhor pavimentação para aquela situação.

4. CAPÍTULO 4

4.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados apresentados são apenas para a implantação parcial dos pavimentos. Os custos calculados são de exclusiva aplicação à Rodovia PR-487, uma rodovia de classe III. Os dados não se destinam a outras rodovias.

4.1.1 ESTUDO DE TRÁFEGO

Neste estudo foi efetuada uma contagem volumétrica no Km 1 da Rodovia PR-486. Em três dias da semana a contagem teve uma duração de uma (1) hora em cada dia e anotado em uma planilha no APÊNDICE A. O levantamento resultou nos dados da Tabela 5:

Tabela 5 – Contagem volumétrica

Volume Diário Médio			
Veículos	20/02/2017	21/02/2017	22/02/2017
Autos	10	14	16
Motos	6	8	9
Caminhonetes	5	7	5
Ônibus - 3C	1	1	2
Caminhão 2C	3	5	2
Caminhão 3C	4	3	5
Caminhão 4C	2	0	0
Caminhão 2S2	5	7	8
Caminhão 3S2	0	0	1
Caminhão 2C2	2	1	2
Caminhão 2C3	2	0	1
Caminhão 3C2	1	2	1

Fonte: Autor (2017)

Após a obtenção dos valores da contagem de veículos, utilizou-se o fator de correção. Então se encontra o F_c e faz-se a multiplicação dele pela contagem de cada dia, obtendo-se assim uma média, como mostra a Tabela 6.

Tabela 6 – Volume médio diário

Correção do volume médio diário								
Veículos	20/02/17	FC	21/02/17	FC	22/02/17	FC	VMH corrigido	Volume Médio Diário
Autos	10	1,33	14	0,95	16	0,83	13,33	320
Motos	6	1,28	8	0,96	9	0,85	7,67	184
Caminhonetes	5	1,13	7	0,81	5	1,13	5,67	136
Ônibus - 3C	1	1,33	1	1,33	2	0,67	1,33	32
Caminhão 2C	3	1,11	5	0,67	2	1,67	3,33	80
Caminhão 3C	4	1,00	3	1,33	5	0,80	4,00	96
Caminhão 4C	2	0,33	0	0,00	0	0,00	0,22	5
Caminhão 2S2	5	1,33	7	0,95	8	0,83	6,67	160
Caminhão 3S2	0	0,00	0	0,00	1	0,33	0,11	3
Caminhão 2C2	2	0,83	1	1,67	2	0,83	1,67	40
Caminhão 2C3	2	0,50	0	0,00	1	1,00	0,67	16
Caminhão 3C2	1	1,33	2	0,67	1	1,33	1,33	32
Total de veículos							1104	

Fonte: Autor (2017)

Para a taxa de crescimento de tráfego foi utilizada a tabela fornecida pelo DNIT, Tabela 7 conforme o Manual 723.

Tabela 7 – Taxa de crescimento do tráfego

Período	Ônibus	Veículo de Carga
2001-2010	2,6	3,0
2010-2020	2,0	2,5

Fonte - Manual 723, DNIT (2006)

Através da fórmula do crescimento, obteve-se os dados da Tabela 8.

Tabela 8 – Crescimento do tráfego

CRESCIMENTO			
Veículos	Volume Médio Diário	Taxa de Crescimento %	VMD em 2026
Ônibus - 3C	32	2,0	39
Caminhão 2C	80	2,5	102
Caminhão 3C	96	2,5	123
Caminhão 4C	5	2,5	7
Caminhão 2S2	160	2,5	205
Caminhão 3S2	3	2,5	3
Caminhão 2C2	40	2,5	51
Caminhão 2C3	16	2,5	20
Caminhão 3C2	32	2,5	41
Total de veículos			592

Fonte: Autor (2017)

Para o cálculo do crescimento, é considerado apenas os veículos de grande porte, pois estes que influenciarão no dimensionamento da rodovia.

4.1.2 DIMENSIONAMENTO DOS PAVIMENTOS

4.1.2.1 Método empírico mecanístico do DNIT

1) Capacidade do subleito:

O subleito estradal é constituído quase que integralmente por argila vermelha, que apresenta um ISC (Índice de Suporte Califórnia) de 15,32% no ANEXO A (DER-PR, 1982).

2) Número N:

Após encontrar as equivalências de carga, montou-se uma tabela com o tipo de veículo, tipos de eixos e quantidade de veículos, obtêm-se o F.V. de 9,56 como mostra a Tabela 9.

Tabela 9 – Fator de veículos

Fator de veículos							
Veículos	ESRS	ESRD	ETD	ETT	Contagem	%	% Equivalente
Ônibus - 3C	0,25	0	8,5	0	39	6,59	0,58
Caminhão 2C	0,25	3	0	0	102	17,30	0,56
Caminhão 3C	0,25	0	8,5	0	123	20,76	1,82
Caminhão 4C	0,25	0	0	9	7	1,15	0,11
Caminhão 2S2	0,25	3	8,5	0	205	34,60	4,07
Caminhão 3S2	0,25	0	17	0	3	0,58	0,10
Caminhão 2C2	0,25	9	0	0	51	8,65	0,80
Caminhão 2C3	0,25	6	8,5	0	20	3,46	0,51
Caminhão 3C2	0,25	6	8,5	0	41	6,92	1,02
TOTAL					592	100,00	9,56

Fonte: Autor (2017)

O fator regional na Tabela 10 é utilizado para considerar a umidade que os materiais constituintes do pavimento estão sujeitos a sofrer durante a sua vida.

Tabela 10 – Fator Regional

Índice Pluviométrico Anual (mm)	Fator Climático Regional (FR)
Até 800	0,7
De 800 a 1.500	1,4
Mais que 1.500	1,8

Fonte: Cálculo do número “N”- USACE (2013)

Segundo o site Climate-Date, a cidade de Cascavel-PR possui uma precipitação média anual de 1822 mm, então o F.R. utilizado é 1,8.

Com todos os itens encontrados, pode-se calcular o número “N”:

$$N = 365 \times 592 \times 10 \times 9,56 \times 1,8$$

$$N = 3,71 \times 10^7$$

3) Espessura total do pavimento:

Para o dimensionamento do pavimento flexível foi utilizada uma planilha de cálculo. A planilha de dimensionamento se encontra nos APÊNDICES B e C.

A Tabela 11 mostra as espessuras da camada do pavimento calculadas e as espessuras adotadas.

Tabela 11 – Espessuras do pavimento flexível

	Calculado	Adotado
Revestimento (R) = -----		10 cm
Base (B) = 16 cm	16 cm	16 cm
Sub-base (h_{20}) = 15,9 cm	15,9 cm	16 cm
Reforço (h_{Ref}) = -17 cm	-17 cm	0 cm

Fonte: Autor (2017)

4.1.2.2 PCA 1984

O dimensionamento do pavimento rígido com placa de concreto simples:

- 1) Parâmetros para o dimensionamento.
 - Com acostamento;

- Sem barra de transferência;
- Resistência do concreto é 4,5 MPa;
- O coeficiente K encontrado no ábaco do ANEXO B, com o CBR do subleito de 15,32% é de 63 MPa/M;
- O fator de segurança utilizado é 1,1 para estradas e vias com moderada frequência de caminhões;
- As Tabelas 12 e 13 mostram a previsão de solicitações por eixo em todo o período de projeto.

Tabela 12 – Solicitações por eixo

SOLICITAÇÕES POR EIXO DE VEÍCULO (10 ANOS)										
Veículos	VMD	Volume total	Parâmetros veicular				Quantidade eixo			
			ESRS	ESRD	ETD	ETT	ESRS	EDRD	ETD	ETT
Ônibus - 3C	39	142.379	1	0	1	0	142.379	0	142.379	0
Caminhão 2C	102	373.785	1	1	0	0	373.785	373.785	0	0
Caminhão 3C	123	448.542	1	0	1	0	448.542	0	448.542	0
Caminhão 4C	7	24.919	1	0	0	1	24.919	0	0	24.919
Caminhão 2S2	205	747.569	1	1	1	0	747.569	747.569	747.569	0
Caminhão 3S2	3	12.459	1	0	2	0	12.459	0	24.919	0
Caminhão 2C2	51	186.892	1	3	0	0	186.892	560.677	0	0
Caminhão 2C3	20	74.757	1	2	1	0	74.757	149.514	74.757	0
Caminhão 3C2	41	149.514	1	2	1	0	149.514	299.028	149.514	0

Fonte: Autor (2017)

Tabela 13 – Solicitações totais por eixo

TOTAL POR EIXO		
ESRS	EIXO SIMPLES	2.160.816
EDRD	EIXO DUPLO	2.130.573
ETD	EIXO TANDEM DUPLO	1.587.679
ETT	EIXO TANDEM TRIPLO	24.919

Fonte: Autor (2017)

2) Adoção da espessura tentativa.

Deve-se adotar uma espessura tentativa para a placa de concreto.

Adotou-se 21 cm.

3) Determinação da tensão equivalente.

- Com a adoção de uma espessura de camada de base de 18 cm de BGS (Brita Graduada Simples), encontra-se no ábaco do ANEXO C um coeficiente K de 80 MPa/M;

- Utilizando os ANEXOS D e E, encontram-se os seguintes valores para ES (Eixo Simples), ETD (Eixo Tandem Duplo) e ETT (Eixo Tandem Triplo) de tensão equivalente:

ES: 1,26;

ETD: 1,06;

ETT: 0,81.

4) Com o cálculo do fator de fadiga, encontram-se os seguintes valores:

ES: 0,280;

ETD: 0,236;

ETT: 0,180.

5) Determinação do fator de erosão:

Utilizando o coeficiente K, no ANEXO F e G encontram-se os seguintes fatores de erosão:

ES: 2,52;

ETD: 2,60;

ETT: 2,60.

6) O número de repetições, utilizando a tabela do ANEXO H foi:

ES: Ilimitado;

ESD: Ilimitado;

ETD: Ilimitado;

ETT: Ilimitado;

7) O número de repetições encontradas no ANEXO I foi de:

ES: Ilimitado;

ESD: 3.000.000;

ETD: 7.900.000;

ETT: 470.000

8) Somatório dos danos por erosão e por fadiga.

A Tabela 14 mostra o somatório o do consumo de fadiga inferior a 100%.

Tabela 14 – Dimensionamento do pavimento rígido

Dimensionamento do Pavimento Rígido						
PCA 84						
Espessura da placa de concreto:		21 cm		Material usado na base:		BGS
CBR do subleito:		15,3 %		Espessura base:		18 cm
K do subleito:		63 MPa/M		Acostamento:		Sim
Aumento do K devido a base granular:		80 MPa/M		Juntas:		Sim
Resistência do concreto:		4,5 MPa		Fsc:		1,1
CÁLCULO DE EIXOS TOTAIS POR CLASSE DE CARGA (10 ANOS)						
Cargas por eixo (tf)	Cargas por eixo x FSC	Nº de repetições previstas	Nº de repetições admissíveis	Consumo de fadiga (%)	Nº de repetições admissíveis	Consumo de fadiga (%)
Eixos Simples e Eixo Simples Duplo		Tensão Equivalente: 1,26		Fator de erosão: 2,52		
		Fator da fadiga: 0,280				
6	6,6	2.160.816	Ilimitado	0,00	Ilimitado	0,000
10	11	2.130.573	Ilimitado	0,00	3.000.000	71,02
Eixos Tandem Duplos		Tensão Equivalente: 1,06		Fator de erosão: 2,60		
		Fator da fadiga: 0,236				
17	18,7	1.587.679	Ilimitado	0,00	8.500.000	18,68
Eixos Tandem Triplos		Tensão Equivalente: 0,81		Fator de erosão: 2,60		
		Fator da fadiga: 0,180				
25,5	28,05	24.919	Ilimitado	0,00	250.000	9,97
			TOTAL (%)	0,00	TOTAL (%)	99,67

Fonte: Autor (2017)

Esta espessura de 21 cm não foi a primeira tentativa, de início foi utilizado 20 cm. Logo, os resultados apresentados estão na Tabela 15.

Tabela 15 – Dimensionamento do pavimento rígido

Dimensionamento do Pavimento Rígido						
PCA 84						
Espessura da placa de concreto:		20 cm		Material usado na base:		BGS
CBR do subleito:		15,3 %		Espessura base:		18 cm
K do subleito:		63 MPa/M		Acostamento:		Sim
Aumento do K devido a base granular:		80 MPa/M		Juntas:		Sim
Resistência do concreto:		4,5 MPa		Fsc:		1,1
CÁLCULO DE EIXOS TOTAIS POR CLASSE DE CARGA (10 ANOS)						
Cargas por eixo (tf)	Cargas por eixo x FSC	Nº de repetições previstas	Nº de repetições admissíveis	Consumo de fadiga (%)	Nº de repetições admissíveis	Consumo de fadiga (%)
Eixos Simples e Eixo Simples Duplo		Tensão Equivalente: 1,34		Fator de erosão: 2,58		
		Fator da fadiga: 0,298				
6	6,6	2.160.816	Ilimitado	0,00	Ilimitado	0,000
10	11	2.130.573	Ilimitado	0,00	2.000.000	106,53
Eixos Tandem Duplos		Tensão Equivalente: 1,13		Fator de erosão: 2,64		
		Fator da fadiga: 0,251				
17	18,7	1.587.679	Ilimitado	0,00	3.500.000	45,36
Eixos Tandem Triplos		Tensão Equivalente: 0,87		Fator de erosão: 2,64		
		Fator da fadiga: 0,193				
25,5	28,05	24.919	Ilimitado	0,00	200.000	12,46
			TOTAL (%)	0,00	TOTAL (%)	164,35

Fonte: Autor (2017)

Como a somatória do consumo de fadiga é maior do que 100%, então essa espessura não pode ser adotada, logo foi feito o cálculo usando 21 cm.

4.1.3 ESTRUTURA DOS PAVIMENTOS

A sub-base do pavimento flexível será construída de macadame hidráulico com 16 cm de espessura.

O macadame hidráulico é constituído de agregado graúdo e agregado miúdo, que serve para travamento do graúdo. O agregado graúdo utilizado será a

pedra rachão e o miúdo de brita graduada simples, materiais de fácil fornecimento na região da construção da rodovia.

A base será construída de 16 cm de BGS (Brita Graduada Simples). A BGS é a mistura de diferentes faixas granulométricas de produtos oriundos da britagem de rocha e resulta em um produto com excelente solidez.

O revestimento será constituído de duas camadas: o binder, que é uma camada de ligação, tem melhor desempenho estrutural por ser constituído de material com graduação mais aberta, porém não dá boas condições para rolamento. Esta possuirá cinco (5) cm de espessura. A capa, por outro lado, possui funções estruturais inferiores à do binder, mas tem um melhor desempenho para rolamento, essa camada assim como binder possuirá cinco (5) cm de espessura.

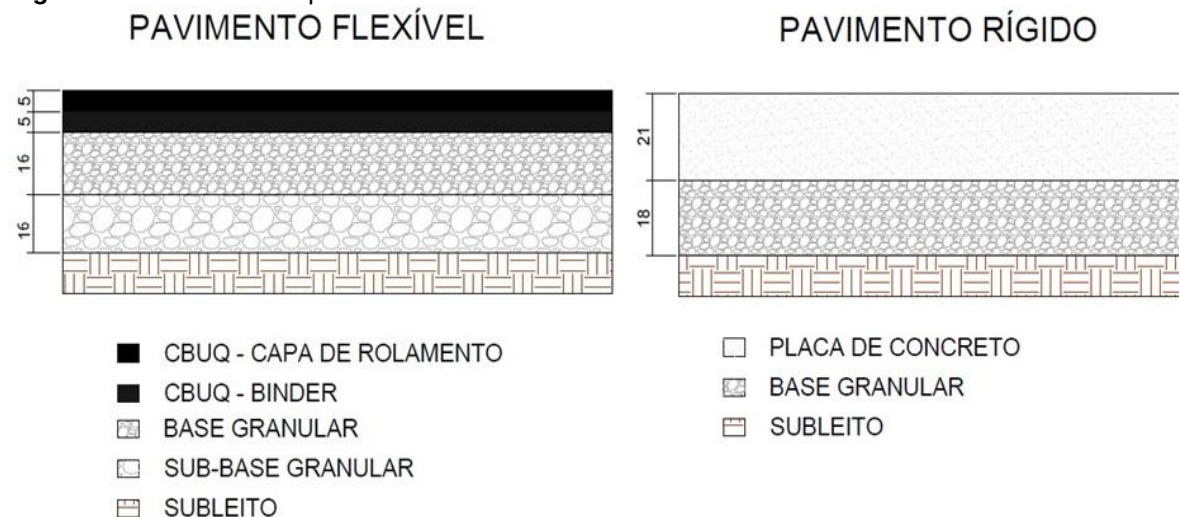
Para o pavimento flexível na imprimação da base, será utilizado asfalto diluído CM-30, e para a pintura de ligação, emulsão RR-1, para a ligação da base com o binder e do binder com a capa.

A estrutura do pavimento rígido teve a seguinte distribuição: 18 cm de brita graduada simples, usada como base, e 21 cm de concreto simples. Este tipo de pavimento não dispõe de nenhum tipo de aço.

No pavimento rígido na imprimação da base será utilizado asfalto diluído CM-30 e para a pintura de ligação emulsão RR-1C, para a ligação da base com a placa de concreto.

A Figura 3 mostra a distribuição dos dois tipos de pavimentos.

Figura 3 – Estrutura dos pavimentos



Fonte: Autor (2017)

4.1.4 SERVIÇOS E MATERIAIS

Após o levantamento dos serviços a serem executados, foram criados parâmetros para efetuar o quantitativo de serviços para cada tipo de pavimento, como extensão, largura da pista, densidade de materiais e consumo de materiais, como mostram as Tabelas 16 e 17.

Tabela 16 – Parâmetros para pavimento flexível

Pavimento flexível		
Dimensões		Unid.
Extensão	1.000,00	m
Largura sem acostamento	6,60	m
Largura	8,00	m
Camada de sub-base	0,16	m
Camada de base	0,16	m
Camada CBUQ – Binder	0,05	M
Camada CBUQ – Capa	0,05	M
Densidades		Unid.
CBUQ – Binder	2,588	ton/m ³
CBUQ – Capa	2,590	ton/m ³
Consumo de material		Unid.
CAP 50/70 - Binder	0,0500	ton/ton
CAP 50/70 - Capa	0,0550	ton/ton
Emulsão RR-1C (Pintura de ligação)	0,0004	ton/m ²
Asfalto diluído CM-30 (Imprimação)	0,0012	ton/m ²

Fonte: Autor (2017)

Tabela 17 – Parâmetros para pavimento rígido

Pavimento rígido		
Dimensões		Unid.
Extensão	1.000,00	M
Largura	8,00	M
Camada de base	0,18	M
Camada concreto pavimento rígido	0,21	M
Consumo de material		Unid.
Asfalto diluído CM-30 (Imprimação)	0,0012	ton/m ²
Emulsão RR-1C (Pintura de ligação)	0,0004	ton/m ²

Fonte: Autor (2017)

A densidade para o CBUQ nas Tabelas 18 e 19, para capa e binder, foi fornecida do ensaio *Marshall* realizado por uma empresa privada. Estes ensaios encontram-se nos ANEXOS N e O.

Tabela 18 – Densidade do binder (faixa “B”)

CONSÓRCIO DALBA-SULCATARINENSE

PROJETO : CBUQ				DATA: 04/05/2015	
CLIENTE: Consórcio DALBA/Sul Catarinense		ESPECIFICAÇÃO:		DNIT 031/2006 ES	
OBRA: DIVERSAS			FAIXA: 'B'		
Ensaio Marshall (DNER - ME 043/95)					
Teor de Asfalto	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5
Densidade Aparente - Kg/Cm ³	2,576	2,584	2,587	2,588	2,587
Estabilidade - Kgf	1055	1126	1223	1203	1096
Vol. Vazios - %	7,6	6,4	5,5	4,6	3,97
Tração à Compressão Diametral	1,01	1,08	1,11	1,13	1,14
Vol. Agregado Mineral / %	16,4	16,6	44,6	13,5	11,6
R.B.V - %	53,9	61,2	45,1	56,1	23,27

Fonte: Consórcio Dalba – Sulcatarinense (2015)

Tabela 19 – Densidade da capa (faixa “C”)

PROJETO : CBUQ			DATA: 15/05/2015		
CLIENTE: Consórcio DALBA/Sul Catarinense		ESPECIFICAÇÃO: DNIT ES 031/2006			
OBRA: CREMA 2ª ETAPA - CT: 205/2013			FAIXA: 'C'		
Ensaio Marshall (DNIT - ME 043/95)					
Teor de Asfalto	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
Densidade Aparente - Kg/Cm³	2,564	2,577	2,591	2,590	2,586
Estabilidade - Kgf	1497	1385	1252	1144	1071
Vol. Vazios - %	7,2	5,9	4,5	3,7	2,9
Tração à Compressão Diametral	1,0	1,1	1,1	1,1	1,0
Vol. Agregado Mineral / %	17,4	17,4	17,4	17,8	18,4
R.B.V - %	58,7	66,4	74,1	79,4	84,0

Fonte: Consórcio Dalba – Sulcatarinense (2015)

O consumo de materiais foi retirado do referencial de custos rodoviários do DNIT a SICRO 2.

Após a obtenção dos dados, foi calculado o quantitativo de serviços necessários para a execução de cada serviço e definido quais tipos de materiais serão empregados para a construção da estrutura.

A Tabela 20 mostra quais serviços serão executados e a quantidade para 1,0 Km de construção de rodovia para o pavimento flexível.

Tabela 20 – Quantitativos para construção de 1,0 km de pavimento flexível

IMPLANTAÇÃO DO PAVIMENTO FLEXÍVEL				
1	Pista de rolamento			
Item	Código	Descrição do Serviço/Atividade	Unid.	Quantidade por km
1.1	5 S 02 231 00	Sub-base	m³	1.280
1.2	2 S 02 230 00	Base	m³	1.280
1.3	5 S 02 300 00	Imprimação	m²	8.000
1.4	3 S 02 400 00	Pintura de ligação	m²	14.600
1.5	2 S 02 540 52	CBUQ – Binder	t	1.035
1.6	2 S 02 540 51	CBUQ – Capa	t	855

Fonte: Autor (2017)

Na Tabela 21, apresenta-se o quantitativo para 1,0 km de construção de rodovia para o pavimento rígido.

Tabela 21 – Quantitativos para construção de 1,0 km de pavimento rígido

IMPLANTAÇÃO DE PAVIMENTO RÍGIDO				
1	Pista de Rolamento			
Item	Código	Descrição do Serviço/Atividade	Unid.	Quantidade por km
1.1	5 S 02 231 00	Base	m³	1.440
1.2	5 S 02 300 00	Imprimação	m²	8.000
1.3	3 S 02 400 00	Pintura de ligação	m²	8.000
1.4	2 S 02 606 50	Concreto de cimento Portland AC/BC	m³	1.680

Fonte: Autor (2017)

4.1.5 CUSTOS PARA IMPLANTAÇÃO

Depois de definidos os serviços e materiais, foi realizado o levantamento dos custos parciais para a implantação de cada uma das rodovias. Esses custos foram definidos com a utilização do manual SICRO (Sistemas de Custos Rodoviários) do DNIT, com os custos do mês de julho de 2016.

Para a composição, foram montadas tabelas com os serviços utilizados. São compostos pelo tipo de serviço, equipamentos, materiais, mão de obra, entre outras composições.

Os APÊNDICES F, G, H, I, J, K, L, M, N Q e R mostram as composições de custos para cada serviço que será realizado.

Os serviços de usinagem de CBUQ não consideram o custo de aquisição do CAP, tendo em vista que esse produto é derivado do petróleo e tem uma grande oscilação de preço. O mesmo ocorre para a emulsão usada na pintura de ligação e o asfalto diluído utilizado na imprimação. Então, calcula-se a aquisição desses materiais separadamente.

O cálculo é feito da seguinte forma: o DNIT fornece o consumo de CAP para usinagem de CBUQ – Binder e CBUQ – Capa. Com estes valores, multiplica-se pela quantidade de toneladas para pavimentar 1,0 Km de rodovia, então se obtém o consumo de CAP por Km.

Para a pintura de ligação e imprimação, multiplica-se o consumo do material por m² pela área de aplicação. Os resultados obtidos estão nas tabelas 22 e 23.

Tabela 22 – Quantidade de material betuminoso por km para pavimento flexível

2	Aquisição de material betuminoso para pavimento flexível			
Item	Código	Descrição do Serviço/Atividade	Unid.	Quantidade por km
2.1	M101	CAP 50/70	t	98,77
2.3	M104	Emulsão RR-1C (Pintura de ligação)	t	5,84
2.4	M103	Asfalto diluído CM-30 (Imprimação)	t	9,60

Fonte: Autor (2017)

Tabela 23 – Quantidade de material betuminoso por km para pavimento rígido

2	Aquisição de material betuminoso para pavimento rígido			
Item	Código	Descrição do Serviço/Atividade	Unid.	Quantidade por km
2.1	M103	Asfalto diluído CM-30 (Imprimação)	t	9,60
2.2	M104	Emulsão RR-1C (Pintura de ligação)	t	3,20

Fonte: Autor (2017)

O controle do preço desse produto é feito pela Agência Nacional do Petróleo (ANP). As tabelas fornecidas pela ANP estão nos ANEXOS J, K e L.

Este custo fornecido pela ANP é o custo de aquisição do material sem o ICMS e BDI. O ICMS do Paraná para esse tipo de produto é de 12% e o BDI adotado de acordo com a SICRO 2 é de 26,7%. Calculando obtêm-se os valores da Tabela 24.

Tabela 24 – Custo de materiais betuminosos para o mês de fevereiro

Produto	Preço tonelada ANP	ICMS %	BDI %	Preço Total
CAP 50/70	R\$ 1.504,48	12,00	26,70	R\$ 2.134,92
CM - 30	R\$ 2.388,26	12,00	26,70	R\$ 3.389,04
RR-1C	R\$ 1.195,47	12,00	26,70	R\$ 1.696,42

Fonte: Autor (2017)

As Tabelas 25 e 26 mostram o custo do frete por material para pavimento flexível e rígido.

Tabela 25 – Preço do frete pavimento flexível

Custo do frete para pavimento flexível				
Item	DMT (Km)	Tipo de frete	Tipo de transporte	VI. Por ton.
CAP 50/70	518,00	Comercial	Material asfáltico a quente	R\$ 265,35
RR-1C	525,00	Comercial	Material asfáltico a frio	R\$ 229,70
CM-30	525,00	Comercial	Material asfáltico a frio	R\$ 229,70
Filler	889,00	Comercial	Caminhão carroceria	R\$ 293,37
Pedra britada	0,00	Comercial	Caminhão basculante	R\$ 0,00
Areia	0,00	Comercial	Caminhão basculante	R\$ 0,00
Imprimação	58,15	Local	Material asfáltico a quente	R\$ 49,22
Pint. Ligação	58,15	Local	Material asfáltico a quente	R\$ 49,22
Pedra britada (Sub-base)	58,15	Local	Caminhão basculante	R\$ 30,23
Britada graduada (base)	58,15	Local	Caminhão basculante	R\$ 30,23
CBUQ - Binder	58,15	Local	Caminhão basculante	R\$ 31,90
CBUQ - Capa	58,15	Local	Caminhão basculante	R\$ 31,90

Fonte: Autor (2017)

Tabela 26 – Preço do frete pavimento rígido

Custo do frete para pavimento rígido				
Item	DTM (Km)	Tipo de frete	Tipo de transporte	VI. por ton.
Cimento Portland	525,00	Comercial	Caminhão carroceria	R\$ 173,25
Aditivo plastiment BV-40	931,00	Comercial	Caminhão carroceria	R\$ 307,23
RR-1C	525,00	Comercial	Material asfáltico a frio	R\$ 229,70
CM-30	525,00	Comercial	Material asfáltico a frio	R\$ 229,70
Pedra britada	0,00	Comercial	Caminhão basculante	R\$ 0,00
Areia	0,00	Comercial	Caminhão basculante	R\$ 0,00
Imprimação	58,15	Local	Material asfáltico a quente	R\$ 49,22
Pint. Ligação	58,15	Local	Material asfáltico a quente	R\$ 49,22
Pedra britada (base)	58,15	Local	Caminhão basculante	R\$ 30,23
Concreto usinado	58,15	Local	Caminhão basculante	R\$ 30,23

Fonte: Autor (2017)

Nos APÊNDICES O e S encontram-se as tabelas completas.

A Tabela 27 mostra a distância média da usina até o local de aplicação.

Tabela 27 – Distância da usina ao trecho

Local usina: Santa Tereza do Oeste - BR 163, Km 15	
Distância da usina ao trecho	
Trecho pavimentado	41,00 Km
Trecho não pavimentado	17,15 Km

Fonte: Autor (2017)

Depois do fazer o levantamento de custo de serviços, materiais utilizados e aquisição de material betuminoso, obteve-se o custo de implantação para os dois tipos de pavimento.

A Tabela 28 mostra os custos e serviços para implantação de 1,0 km de pavimento flexível.

Tabela 28 – Pavimento flexível

PAVIMENTO FLEXÍVEL						
IMPLANTAÇÃO DO PAVIMENTO FLEXÍVEL					DATA BASE:	jul./16
1	Pista de Rolamento					
Item	Código	Serviço/Atividade	Unid	Quantidade por km	Preço Unitário	Total
1.1	5 S 02 231 00	Sub-base	m³	1.280	R\$ 159,75	R\$ 204.480,98
1.2	2 S 02 230 00	Base	m³	1.280	R\$ 175,65	R\$ 224.832,61
1.3	5 S 02 300 00	Imprimação	m²	8.000	R\$ 0,76	R\$ 6.043,38
1.4	3 S 02 400 00	Pintura de ligação	m²	14.600	R\$ 0,38	R\$ 5.502,89
1.5	2 S 02 540 52	CBUQ - Binder	t	1.035	R\$ 144,03	R\$ 149.097,04
1.6	2 S 02 540 51	CBUQ - Capa	t	855	R\$ 155,77	R\$ 133.137,33
2	Aquisição de Material Betuminoso					
Item	Código	Serviço/Atividade	Unid	Quantidade por km	Preço Unitário	Total
2.1	M101	CAP 50/70	t	98,77	R\$ 2.134,92	R\$ 210.862,58
2.3	M104	Emulsão RR-1C	t	5,84	R\$ 1.696,42	R\$ 9.907,09
2.4	M103	Asfalto diluído CM-30	t	9,60	R\$ 3.389,04	R\$ 32.534,75
TOTAL					R\$ 827.301,61	

Fonte: Autor (2017)

Na Tabela 29 pode-se ver os custos de serviços para implantação de 1,0 km de pavimento rígido.

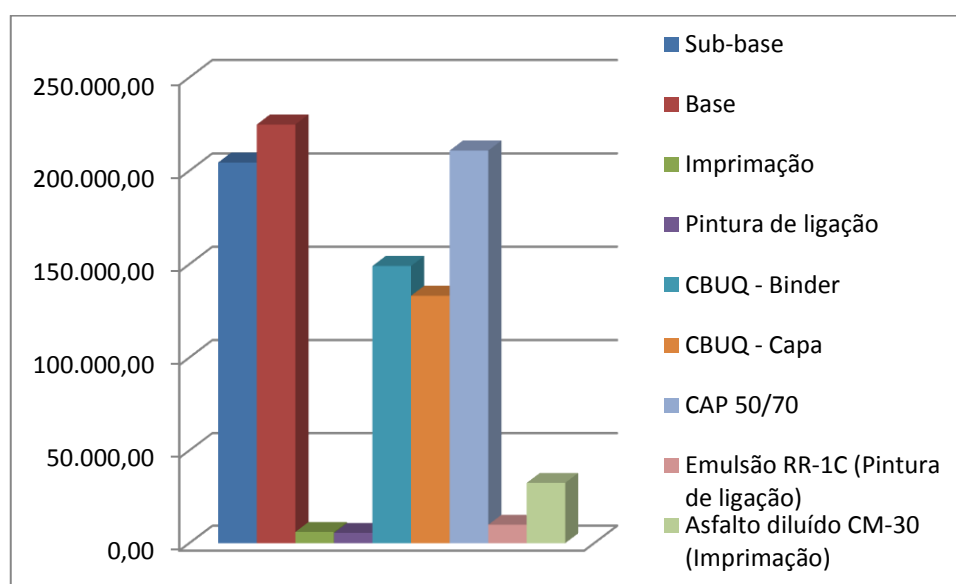
Tabela 29 – Pavimento rígido

PAVIMENTO RÍGIDO						
IMPLANTAÇÃO DE PAVIMENTO RÍGIDO					DATA BASE: jul./16	
1	Pista de Rolamento					
Ite m	Código	Serviço/Atividade	Unid	Quantidade por km	Preço Unitário	Total
1.1	5 S 02 231 00	Base	m³	1.440	R\$ 175,65	R\$ 252.936,68
1.2	5 S 02 300 00	Imprimação	m²	8.000	R\$ 0,76	R\$ 6.043,38
1.3	3 S 02 400 00	Pintura de ligação	m²	8.000	R\$ 0,38	R\$ 3.015,28
1.4	2 S 02 606 50	Concr. portl. AC/BC	m³	1.680	R\$ 562,36	R\$ 944.770,75
2	Aquisição de material betuminoso					
Ite m	Código	Serviço/Atividade	Unid	Quantidade por km	Preço Unitário	Total
2.1	M103	Asfalto diluído CM-30	t	9,60	R\$ 3.389,04	R\$ 32.534,75
2.2	M104	Emulsão RR-1C	t	3,20	R\$ 1.696,42	R\$ 5.428,54
TOTAL					R\$ 1.244.729,38	

Fonte: Autor (2017)

Os valores para a construção dos pavimentos foram calculados através do referencial de custos do DNIT, a SICRO 2. Pode-se observar a grande diferença de valores para a implantação dos dois tipos de pavimentos. O pavimento rígido custa 50,46% a mais do que o flexível.

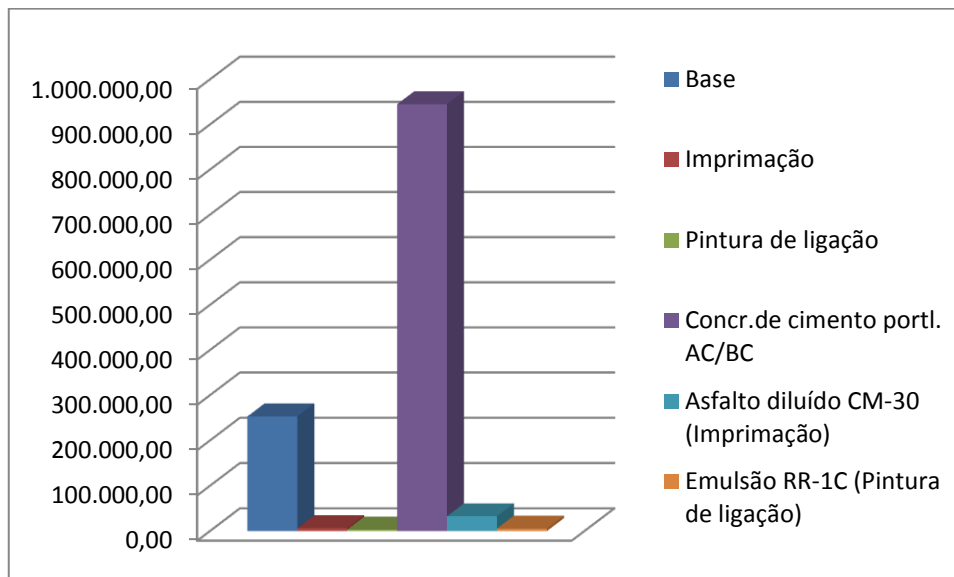
A figura 4 mostra o gráfico para a implantação de 1 Km de pavimento flexível.

Figura 4 – Gráfico para o pavimento flexível

Fonte: Autor (2017)

A figura 5 mostra o gráfico para a implantação de 1 Km de pavimento rígido.

Figura 5 - Gráfico para o pavimento rígido



Fonte: Autor (2017)

A Tabela 30 mostra o valor total para pavimentar os 34,3 km para cada tipo de pavimento.

Tabela 30 – Custo total da implantação

PAVIMENTO	CUSTO PARA IMPLANTAÇÃO
FLEXÍVEL	R\$ 28.376.445,07
RÍGIDO	R\$ 42.694.217,70

Fonte: Autor (2017)

5. CAPÍTULO 5

5.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pavimentação é o que garante aos motoristas melhores condições de tráfego, porém pode-se notar que em nosso país a grande maioria das rodovias encontram-se em péssimas condições.

Por isso, no setor de infraestrutura, sempre se deve garantir esses benefícios, reduzindo os custos para implantação e manutenção, mas sem perder a qualidade.

Os resultados obtidos através dos métodos utilizados mostram que custa R\$ 28.376.445,07 para a implantação do pavimento flexível e R\$ 42.694.217,70 para a implantação do pavimento rígido custa 50,42 % mais caro.

Pode-se notar que para o pavimento flexível seus maiores custos são tanto da base e sub-base quanto do revestimento. O rígido, por outro lado, possui um custo muito mais elevado no revestimento.

No Brasil não é costumeiro a utilização do pavimento rígido. A falta de equipamentos e pessoal capacitado contribuem para a utilização do pavimento flexível em larga escala.

Contudo, para que se possa ter um resultado mais preciso, deve-se efetuar um estudo de implantação de drenagem, manutenção e conservação da rodovia. Tendo em vista que uma rodovia com pavimento rígido tem uma manutenção inferior a rodovias com pavimento flexível.

6 CAPÍTULO 6

6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Estudo de custos para implantação de drenagem para pavimento rígido e flexível;
- Estudo de custos para a manutenção necessária para pavimentos rígidos e flexíveis;
- Estudo de custos para a restauração e recuperação de pavimentos rígidos e flexíveis;
- Estudo comparativo para a implantação de pavimentos rígidos e flexíveis em outras classes de rodovias.

REFERÊNCIAS

Acervo O Globo - **Washington Luís inaugura a primeira rodovia asfaltada do Brasil**, 2013. Disponível em <<http://acervo.oglobo.globo.com/rio-de-historias/washington-luis-inaugura-primeira-rodovia-asfaltada-do-brasil-8849272#ixzz4PeQMEVym>> acesso em: 02 set. 2016.

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustível. **Preços de Produtos Asfálticos**. Disponível em <<http://www.anp.gov.br/wwwanp/>> acesso em 10 mar. 2017.

BERNUCCI, L. B.; MOTTA, L. M. G.; CERATTI, J. A. P.; SOARES, J. B. **Pavimentação Asfáltica: Formação Básica para Engenheiros**. Rio de Janeiro, Brasil, 2008.

BERTTEGA, W. P. **Cálculo do Número “N”**. USACE, 2013.

BIANCHI, F. R.; BRITO, I. R.; CASTRO, V. A. B. **Estudo comparativo entre pavimento rígido e flexível**. Brasil, 2008.

Biblioteca On-line, **Estradas romanas: Monumentos à antiga engenharia**, 2006. Disponível em <<http://wol.jw.org/pt/wol/d/r5/lp-t/2006764>> acesso em: 12 set. 2016.

Centro de Ensino e Pesquisa Aplicada – **Rodovias**. 1999. Disponível em <www.cepa.if.usp.br/energia/energia1999/Grupo4A/rodovias.htm> acesso em: 13 set. 2016.

Climate-Date – **Clima: Cascavel**. Disponível em <<https://pt.climate-data.org/location/5965/>> acesso em: 20 jan. 2017.

CORSINI, R. **Infraestrutura Urbana – Soluções Técnicas**. 2013. Disponível em <<http://infraestruturaurbana.pini.com.br/solucoes-tecnicas/31/artigo296608-1.aspx>> acesso em: 10 out. 2016.

Consórcio Dalba – Sulcatarinense. **Volume 01 – Relatório e Memória Justificativa**, 2015.

DNER. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, Manual 697 – **Manual de Pavimentação**. Instituto de pesquisas Rodoviárias, Rio de Janeiro, 1996.

DNER. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, Manual 707 – **Diretrizes Básicas Para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários**. Instituto de pesquisas Rodoviárias, Rio de Janeiro, 1999.

DNER. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, Norma DNER 049/94 – ME – Solos – **Determinação do índice de Suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas**. Instituto de pesquisas Rodoviárias, Rio de Janeiro, 1994.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, Manual 710 – **Manual de Conservação Rodoviária**. Instituto de Pesquisas Rodoviárias, Rio de Janeiro, 2005.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, Manual 714 – **Manual de Pavimentos Rígidos**. Instituto de Pesquisas Rodoviárias, Rio de Janeiro, 2006.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, Manual 719 – **Manual de Pavimentação**. Instituto de Pesquisas Rodoviárias, Rio de Janeiro, 2005.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, Manual 723 – **Manual de Estudos de Tráfego**. Instituto de Pesquisas Rodoviárias, Rio de Janeiro, 2006.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, Manual 726 – **Diretrizes Básicas Para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários**. Instituto de Pesquisas Rodoviárias, Rio de Janeiro, 2006.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, Norma DNIT 307/97 – ES – **Pavimentos flexíveis: Pintura de Ligação**. Instituto de Pesquisas Rodoviárias, Rio de Janeiro, 1997.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, Norma DNIT 307/2004 – ES – **Pavimentos flexíveis**. Instituto de Pesquisas Rodoviárias, Rio de Janeiro, 2004.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, **Nota de esclarecimento sobre o SICRO**. 2011. Disponível em <<http://www.dnit.gov.br/noticias/nota-de-esclarecimento-sobre-o-sistema-de-custos-rodoviaros-sicro>> acesso em: 27 out. 2016.

Loturco, B. **Techne: Pavimentos rígidos**. Disponível em <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/102/artigo286026-1.aspx>> acesso em: 30 out. 2016.

Manetoni Soluções em Aço. **Barras de Transferência**. Disponível em <<http://www.manetoni.com.br/produto-barra-de-transferencia.html>> acesso em: 20 fev. 2017.

PITTA, M. R. **Construção de pavimentos de concreto simples**. Associação Brasileira de Cimento Portland, São Paulo, 1998.

SENÇO, W. **Manual de Técnicas de pavimentação, Volume 1**, São Paulo, Brasil, 1997.

SENÇO, W. **Manual de Técnicas de pavimentação, Volume 2**, São Paulo, Brasil, 1997.

SILVA, C. E. P. **Pavimento de Concreto Simples: Dimensionamento, Execução e Controle Tecnológico**, 2008. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

ANEXOS

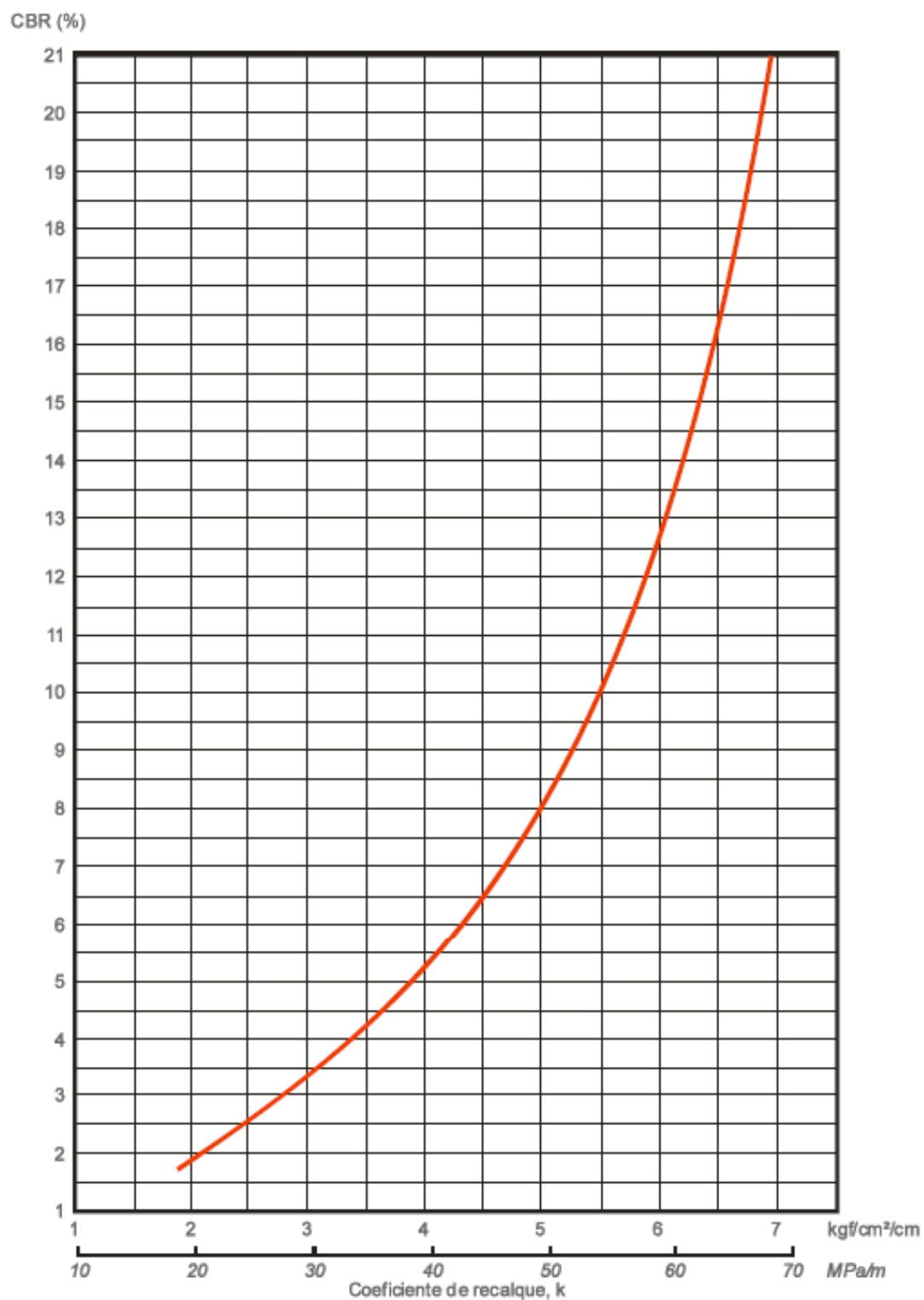
ANEXO A – CBR do subleito

Os Estudos Geomecânicos seguiram as Normas para Procedimento de Estudos Geomecânicos do DER/PR e obtiveram os seguintes resultados:

- O subleito estradal é constituído quase que integralmente por argila vermelha (Latosolos oriundos dos Basaltos da Formação Serra Geral), que apresentaram um ISC estatístico de 15,32;
- Pequenas extensões de solos hidromórficos foram detectados na altura das estacas 461 e 954 a 961, que submetidos a ensaios de "Vane Shear Test" e, em função da pequena altura dos aterros, não foi recomendada sua remoção;
- A pedreira indicada situa-se a 2.200 m LE, da estaca 665 (Espigão Azul), por acesso em revestimento primário e leito natural, tratando-se de rocha basáltica equigranular, pouco fraturada. Suas características são:

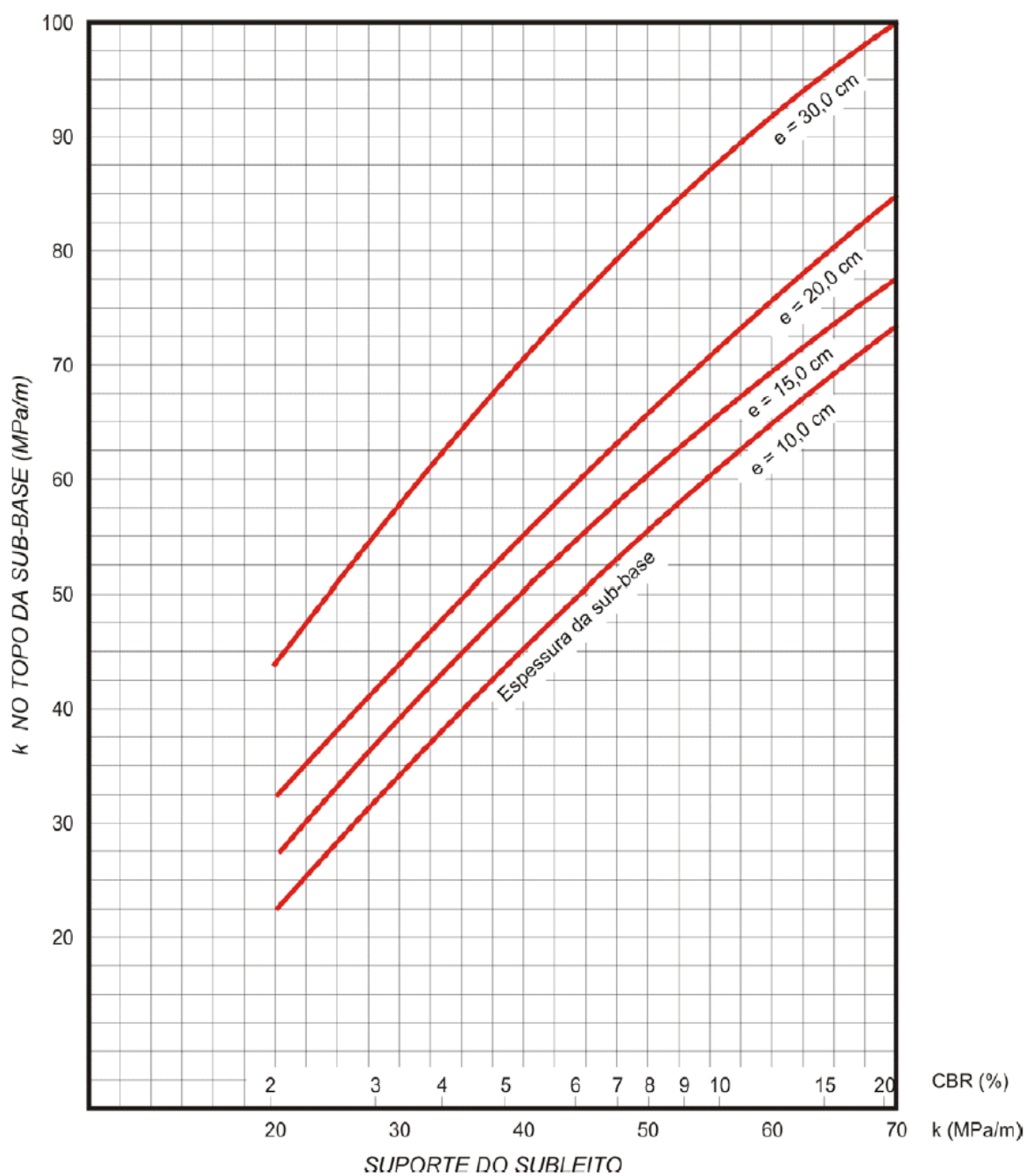
Volume Útil: 134.400 - Volume Estéril: 22.300
Abrasão Los Angeles: Faixa "A" - 17% de desgaste
Durabilidade c/ $N_{a2}SO_4$: 6,12% de desgaste - 5 ciclos
Adesividade c/ RM-1C : Satisfatória
Cota de Exploração: 600.000
Proprietário : Arlindo Dal Pissol (Cascavel)
- Indicou-se o Areal em exploração comercial existente em Guaíra com distância de 162 km do O=PP do trecho em estrada pavimentada.

ANEXO B – Coeficiente de Recalque K



Fonte: Manual 714 – DNIT (2005)

ANEXO C – Aumento do K em função da sub-base granular



Fonte: Manual 714 – DNIT (2005)

ANEXO D – Tensão Equivalente para Eixo Simples e Tandem Duplos (pavimento com acostamento de concreto).

Espessura da Placa (cm)	k - Coeficiente de recalque (MPa/m)											
	20			40			60			80		
	ES	ETD	ES	ETD	ES	ETD	ES	ETD	ES	ETD	ES	ETD
12	3,36	2,82	2,95	2,46	2,74	2,31	2,60	2,22	2,49	2,16	2,31	2,08
13	3,02	2,56	2,66	2,22	2,47	2,08	2,34	1,99	2,25	1,94	2,09	1,86
14	2,74	2,34	2,41	2,02	2,24	1,89	2,13	1,80	2,05	1,75	1,91	1,67
15	2,50	2,15	2,20	1,85	2,05	1,72	1,95	1,64	1,88	1,59	1,75	1,51
16	2,29	1,99	2,02	1,71	1,88	1,58	1,80	1,51	1,73	1,46	1,61	1,38
17	2,11	1,85	1,86	1,58	1,74	1,46	1,66	1,39	1,60	1,34	1,49	1,26
18	1,96	1,72	1,73	1,47	1,61	1,35	1,54	1,29	1,48	1,24	1,39	1,16
19	1,82	1,62	1,61	1,38	1,50	1,27	1,43	1,20	1,38	1,16	1,29	1,08
20	1,70	1,52	1,50	1,29	1,40	1,19	1,34	1,13	1,29	1,08	1,21	1,01
21	1,59	1,44	1,40	1,22	1,31	1,12	1,26	1,06	1,21	1,02	1,13	0,95
22	1,49	1,36	1,32	1,15	1,23	1,06	1,18	1,00	1,14	0,96	1,07	0,89
23	1,40	1,29	1,24	1,09	1,16	1,00	1,11	0,95	1,07	0,91	1,01	0,84
24	1,32	1,23	1,17	1,04	1,10	0,95	1,05	0,90	1,01	0,86	0,95	0,80
25	1,25	1,18	1,11	0,99	1,04	0,91	0,99	0,85	0,96	0,82	0,90	0,76
26	1,19	1,12	1,05	0,95	0,98	0,87	0,94	0,81	0,91	0,78	0,86	0,72
27	1,13	1,08	1,00	0,91	0,93	0,83	0,89	0,78	0,86	0,84	0,81	0,69
28	1,07	1,03	0,95	0,87	0,89	0,79	0,85	0,74	0,82	0,71	0,78	0,66
29	1,02	0,99	0,91	0,84	0,85	0,76	0,81	0,71	0,78	0,68	0,74	0,63
30	0,98	0,95	0,87	0,81	0,81	0,73	0,77	0,69	0,75	0,66	0,71	0,60
31	0,93	0,92	0,83	0,78	0,77	0,71	0,74	0,66	0,72	0,63	0,68	0,58
32	0,90	0,89	0,79	0,75	0,74	68,00	0,71	0,64	0,69	0,61	0,65	0,55
33	0,86	0,86	0,76	0,92	0,71	0,66	0,68	0,61	0,66	0,59	0,62	0,53
34	0,83	0,83	0,73	0,70	0,69	0,63	0,66	0,59	0,63	0,57	0,60	0,51

ES: Eixos Simples

ETD: Eixos Tandem Duplos

Fonte: Manual 714 – DNIT (2005)

ANEXO E – Tensão Equivalente para Eixos Tandem Triplos (pavimento com acostamento de concreto).

Espessura da Placa (cm)	k - Coeficiente de recalque (Mpa/m)					
	20	40	60	80	140	180
	ETT	ETT	ETT	ETT	ETT	ETT
12	2,60	2,00	1,93	1,89	1,85	1,85
13	1,97	1,78	1,70	1,66	1,61	1,61
14	1,78	1,59	1,52	1,48	1,43	1,42
15	1,62	1,44	1,37	1,30	1,27	1,26
16	1,49	1,32	1,24	1,20	1,15	1,13
17	1,38	1,21	1,14	1,10	1,15	1,03
18	1,28	1,12	1,05	1,01	1,04	0,94
19	1,19	1,04	0,98	0,94	0,96	0,86
20	1,12	0,98	0,91	0,87	0,88	0,80
21	1,05	0,92	0,85	0,81	0,82	0,74
22	0,99	0,86	0,80	0,76	0,76	0,69
23	0,93	0,81	0,76	0,72	0,71	0,65
24	0,88	0,77	0,71	0,68	0,67	0,61
25	0,84	0,73	0,68	0,64	0,63	0,57
26	0,79	0,70	0,64	0,61	0,59	0,54
27	0,75	0,66	0,61	0,58	0,56	0,52
28	0,72	0,63	0,59	0,56	0,53	0,49
29	0,68	0,60	0,56	0,53	0,51	0,47
30	0,65	0,58	0,54	0,51	0,49	0,45
31	0,62	0,55	0,51	0,49	0,46	0,43
32	0,59	0,53	0,49	0,47	0,44	0,41
33	0,57	0,51	0,47	0,45	0,41	0,39
34	0,54	0,49	0,46	0,43	0,39	0,38

ETT: Eixos Tandem Triplos

Fonte: Manual 714 – DNIT (2005)

ANEXO F – Fator de Erosão para Eixos Tandem Triplos (pavimento com 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
12	3,25	3,29	3,20	3,19	3,18	3,13	3,17	3,11	3,16	3,09	3,13	3,04	3,11	3,03
13	3,16	3,23	3,11	3,12	3,09	3,06	3,08	3,04	3,06	3,02	3,03	2,97	3,01	2,95
14	3,08	3,17	3,03	3,06	3,00	2,99	2,99	2,97	2,98	2,95	2,95	2,90	2,93	2,87
15	3,00	3,11	2,95	3,00	2,92	2,93	2,91	2,91	2,90	2,88	2,87	2,83	2,85	2,80
16	2,93	3,06	2,88	2,94	2,85	2,88	2,84	2,85	2,82	2,82	2,79	2,77	2,77	2,74
17	2,87	3,01	2,81	2,89	2,78	2,82	2,77	2,79	2,75	2,77	2,72	2,71	2,70	2,68
18	2,80	2,97	2,74	2,84	2,71	2,77	2,70	2,74	2,69	2,71	2,66	2,65	2,64	2,62
19	2,74	2,92	2,68	2,80	2,65	2,72	2,64	2,69	2,62	2,66	2,59	2,60	2,57	2,57
20	2,69	2,88	2,62	2,76	2,59	2,68	2,58	2,64	2,56	2,62	2,53	2,55	2,51	2,51
21	2,63	2,84	2,57	2,71	2,53	2,64	2,52	2,60	2,51	2,57	2,48	2,50	2,46	2,47
22	2,58	2,80	2,51	2,68	2,48	2,59	2,47	2,56	2,45	2,53	2,42	2,46	2,40	2,42
23	2,53	2,77	2,46	2,64	2,43	2,55	2,42	2,51	2,40	2,48	2,37	2,41	2,35	2,37
24	2,48	2,74	2,42	2,60	2,38	2,52	2,37	2,48	2,36	2,45	2,33	2,31	2,31	2,33
25	2,44	2,71	2,37	2,57	2,34	2,49	2,33	2,45	2,31	2,42	2,28	2,34	2,26	2,29
26	2,40	2,68	2,33	2,54	2,30	2,46	2,28	2,41	2,27	2,38	2,24	2,31	2,22	2,25
27	2,36	2,65	2,29	2,51	2,26	2,43	2,24	2,38	2,22	2,35	2,20	2,27	2,17	2,21
28	2,33	2,62	2,25	2,49	2,22	2,40	2,20	2,35	2,18	2,32	2,16	2,24	2,13	2,18
29	2,29	2,60	2,22	2,46	2,18	2,37	2,16	2,33	2,14	2,30	2,12	2,21	2,09	2,14
30	2,26	2,57	2,18	2,43	2,15	2,53	2,12	2,30	2,11	2,27	2,08	2,18	2,06	2,11
31	2,22	2,55	2,15	2,41	2,11	2,32	2,09	2,27	2,07	2,24	2,04	2,15	2,02	2,07
32	2,19	2,52	2,11	2,38	2,08	2,29	2,05	2,25	2,03	2,22	2,01	2,13	1,98	2,04
33	2,16	2,50	2,08	2,36	2,04	2,27	2,02	2,22	2,00	2,19	1,99	2,10	1,95	2,01
34	2,13	2,48	2,05	2,34	2,01	2,25	1,98	2,20	1,97	2,17	1,94	2,07	1,92	1,98

ES: Eixos Simples

ETD: Eixos Tandem Duplos

Fonte: Manual 714 – DNIT (2005)

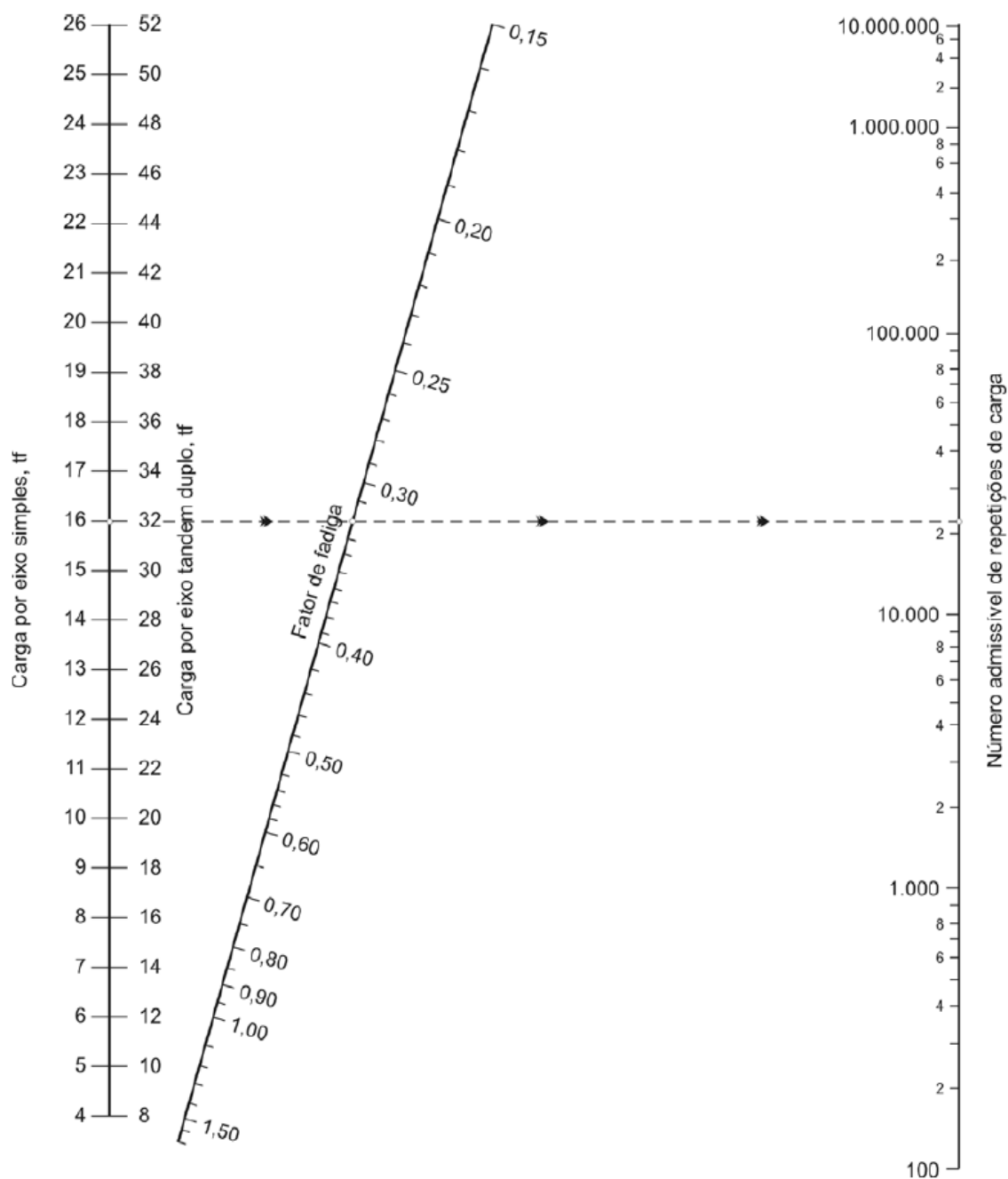
ANEXO G – Fator de Erosão para Eixos Simples e Tandem Duplos (pavimento com acostamento de concreto).

Espessura da Placa (cm)	k - Coeficiente de recalque (Mpa/m)					
	20	40	60	80	140	180
12	ETT	ETT	ETT	ETT	ETT	ETT
13	3,29	3,18	3,12	3,09	3,02	2,99
14	3,23	3,11	3,05	30,10	2,94	2,91
15	3,17	3,04	2,98	2,94	2,87	2,83
16	3,12	2,99	2,92	2,88	2,80	2,77
17	3,08	2,94	2,87	2,82	2,74	2,70
18	3,03	2,89	2,82	2,77	2,69	2,65
19	2,99	2,85	2,77	2,72	2,60	2,60
20	2,96	2,81	2,73	2,68	2,59	2,55
21	2,93	2,77	2,69	2,64	2,54	2,50
22	2,89	2,74	2,65	2,60	2,50	2,46
23	2,87	2,71	2,62	2,56	2,47	2,42
24	2,84	2,68	2,59	2,53	2,43	2,38
25	2,81	2,65	2,56	2,50	2,40	2,35
26	2,79	2,62	2,53	2,47	2,37	2,29
27	2,77	2,60	2,50	2,44	2,34	2,26
28	2,74	2,57	2,48	2,39	2,31	2,23
29	2,72	2,55	2,46	2,37	2,28	2,20
30	2,70	2,53	2,43	2,35	2,26	2,20
31	2,68	2,51	2,41	2,33	2,23	2,18
32	2,67	2,49	2,39	2,31	2,21	2,16
33	2,65	2,47	2,37	2,29	2,19	2,13
34	2,63	2,45	2,35	2,27	2,17	2,11
34	2,61	2,43	2,33	2,27	2,15	2,09

ETT: Eixos Tandem Tripos

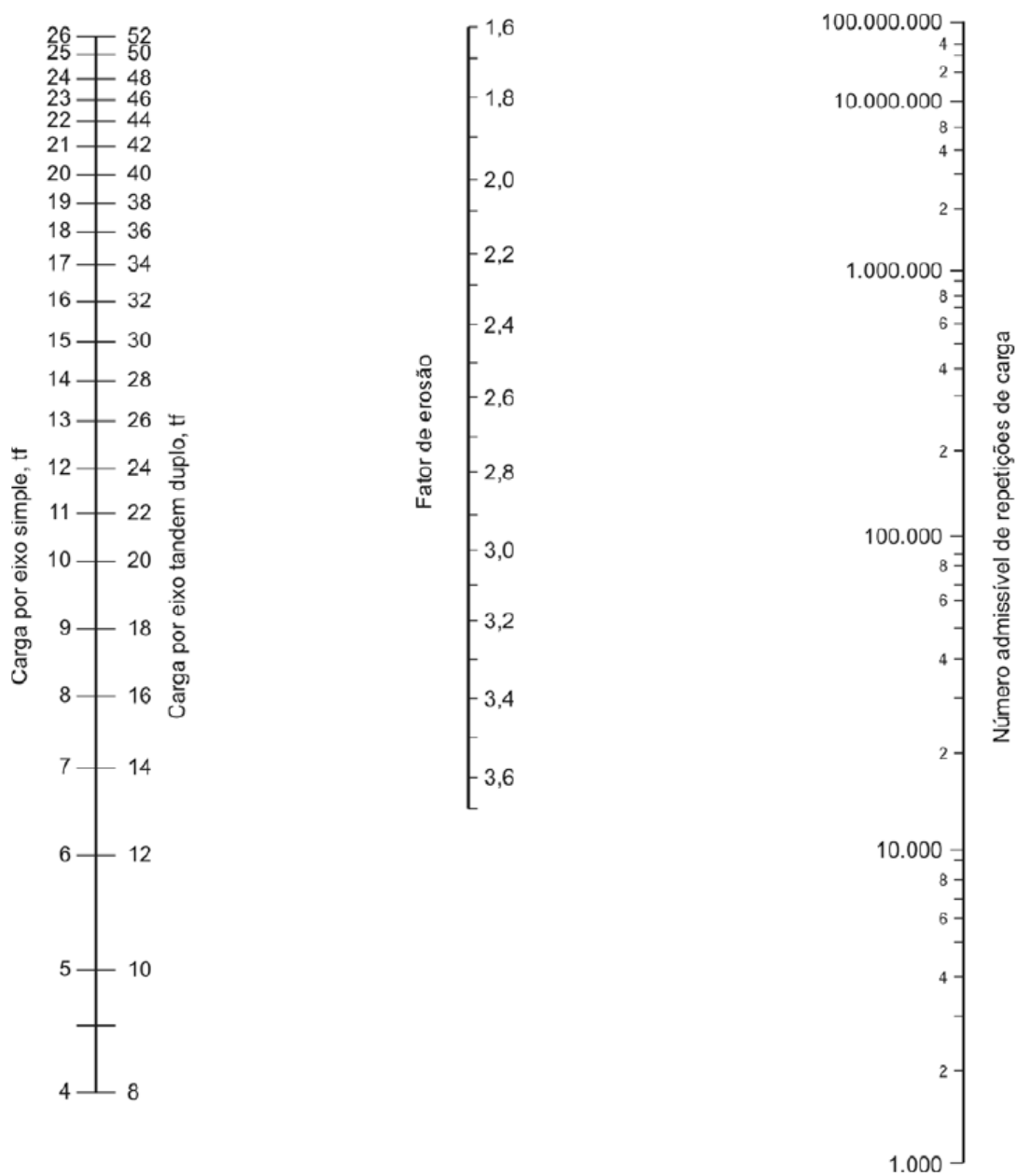
Fonte: Manual 714 – DNIT (2005)

ANEXO H – Análise de fadiga – número de repetições admissíveis em função do fator de fadiga (com ou sem acostamento de concreto).



Fonte: Manual 714 – DNIT (2005)

ANEXO I – Análise de erosão – número de repetições admissíveis em função do fator de erosão (com acostamento de concreto).



Fonte: Manual 714 – DNIT (2005)

ANEXO J – Preço dos produtos asfálticos – CAP 50/70

**Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis CDC-
Cordenadoria de Defesa da Concorrência**

Produto: CAP 50 70 Ano: 2017



Unidade - R\$/kg

UF	jan/17	fev/17	mar/17	abr/17	mai/17	jun/17	jul/17	ago/17	set/17	out/17	nov/17	dez/17
Acre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Alagoas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Amapá	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Amazonas	1,32615	1,32786	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bahia	1,48983	1,43896	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ceará	1,41082	1,45342	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Distrito Federal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Espírito Santo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Goiás	1,70737	1,84901	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Maranhão	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mato Grosso	1,80790	1,80068	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mato Grosso do Sul	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Minas Gerais	1,43074	1,44402	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pará	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Paraíba	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Paraná	1,52920	1,50448	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pernambuco	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Piauí	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rio de Janeiro	1,39536	1,37349	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rio Grande do Norte	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rio Grande do Sul	1,38084	1,39057	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rondônia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Roraima	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Santa Catarina	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
São Paulo	1,47744	1,48819	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sergipe	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tocantins	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Notas:

- 1 - As informações são baseadas em dados preliminares, fechados em 17/03/2017 e sujeitos a reprocessamento por parte dos informantes nos moldes da Resolução ANP nº 17/2004.
- 2 - Quando houver declaração de venda do produto selecionado por menos de 03 (três) distribuidoras, a tabela indicará campo vazio.
- 3 - Quando não houver declaração de venda do produto selecionado, a tabela indicará campo vazio.

Fonte: ANAP (2017)

ANEXO K – Preço dos produtos asfálticos – CM-30

Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis CDC-
Cordenadoria de Defesa da Concorrência



Unidade - R\$/kg

Produto: CM 30 Ano: 2017

UF	jan/17	fev/17	mar/17	abr/17	mai/17	jun/17	jul/17	ago/17	set/17	out/17	nov/17	dez/17
Acre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Alagoas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Amapá	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Amazonas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bahia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ceará	2,18981	2,23394	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Distrito Federal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Espírito Santo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Goiás	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Maranhão	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mato Grosso	2,83953	2,77311	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mato Grosso do Sul	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Minas Gerais	2,51923	2,58193	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pará	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Paraná	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Paraná	2,43428	2,38826	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pernambuco	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Piauí	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rio de Janeiro	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rio Grande do Norte	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rio Grande do Sul	2,34387	2,26069	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rondônia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Roraima	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Santa Catarina	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
São Paulo	2,61077	2,55419	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sergipe	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tocantins	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Notas:

1 - As informações são baseadas em dados preliminares, fechados em 17/03/2017 e sujeitos a reprocessamento por parte dos informantes nos moldes da Resolução ANP nº 17/2004.

2 - Quando houver declaração de venda do produto selecionado por menos de 03 (três) distribuidoras, a tabela indicará campo vazio.

3 - Quando não houver declaração de venda do produto selecionado, a tabela indicará campo vazio.

Fonte: ANAP (2017)

ANEXO L – Preço dos produtos asfálticos – RR-1C

**Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis CDC-
Cordenadoria de Defesa da Concorrência**



Produto: RR 1C Ano: 2017

Unidade - R\$/kg

UF	jan/17	fev/17	mar/17	abr/17	mai/17	jun/17	jul/17	ago/17	set/17	out/17	nov/17	dez/17
Acre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Alagoas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Amapá	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Amazonas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bahia	1,11024	0,97330	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ceará	1,00057	0,83554	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Distrito Federal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Espírito Santo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Goiás	1,32954	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Maranhão	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mato Grosso	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mato Grosso do Sul	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Minas Gerais	1,12105	1,12334	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pará	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Paraná	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Paraná	1,16251	1,19547	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pernambuco	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Piauí	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rio de Janeiro	-	1,08716	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rio Grande do Norte	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rio Grande do Sul	0,89662	1,01621	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rondônia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Roraima	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Santa Catarina	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
São Paulo	1,13495	1,10664	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sergipe	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tocantins	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Notas:

1 - As informações são baseadas em dados preliminares, fechados em 17/03/2017 e sujeitos a reprocessamento por parte dos informantes nos moldes da Resolução ANP nº 17/2004.

2 - Quando houver declaração de venda do produto selecionado por menos de 03 (três) distribuidoras, a tabela indicará campo vazio.

3 - Quando não houver declaração de venda do produto selecionado, a tabela indicará campo vazio.

Fonte: ANAP (2017)

ANEXO M – Cálculo de transporte de material



DERPR - Departamento de Estradas de Rodagem do Paraná
 Diretoria Técnica - Coordenadoria de Custo e Orçamento
 Custo Referencial de Serviços de Transporte (sem Bonificação)

20/12/2016 - 09:40

Página: 1 de 1

Data Base: 20/10/2016 (Sem desoneração)

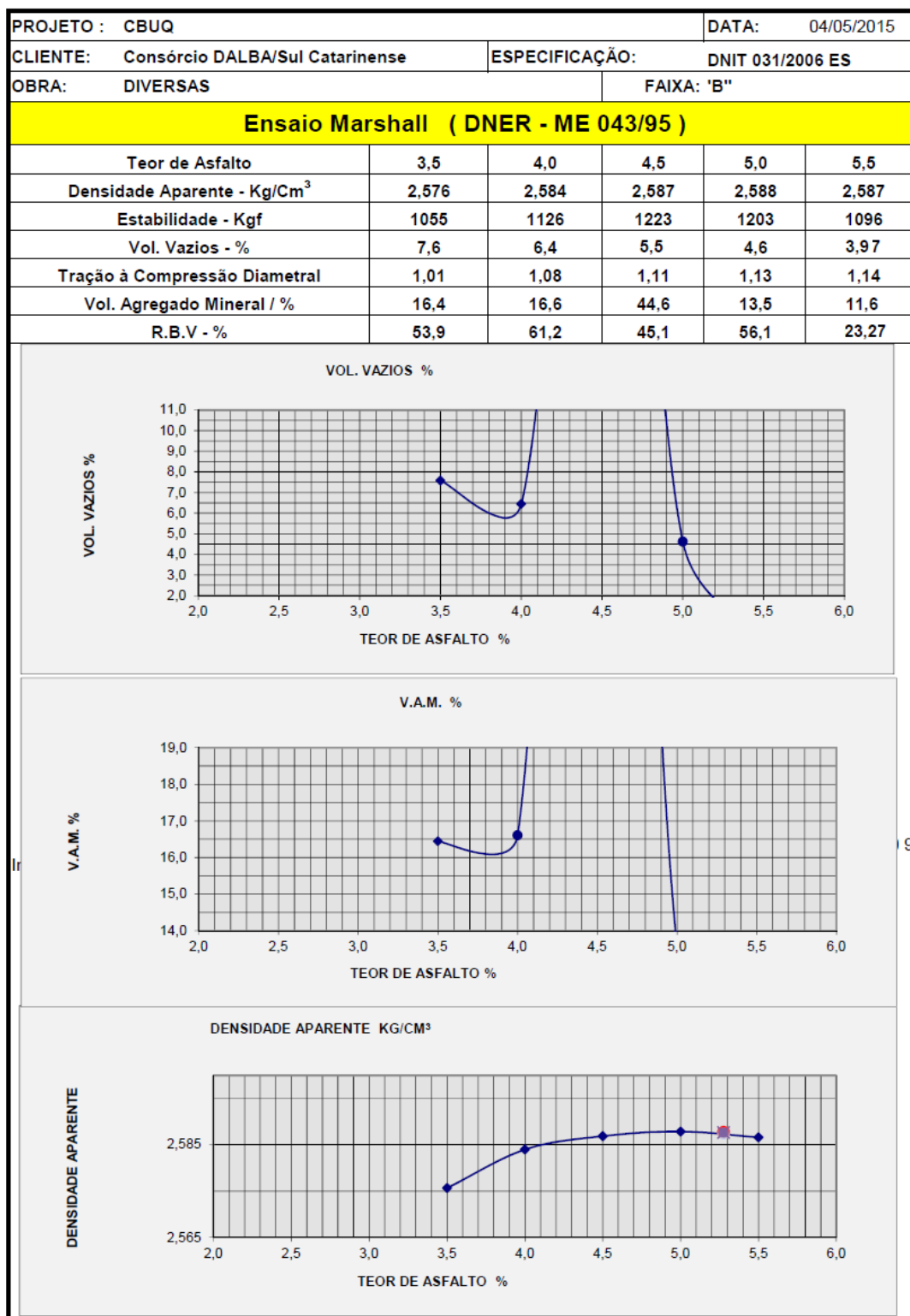
Valores expressos em Reais (R\$)

x = DMT em Km x1 = DMT em Km (rodovia pavimentada) x2 = DMT em Km (rodovia não pavimentada)

Código	Descrição do Serviço	Unidade	Fórmula de transporte (R\$/T)
972000	Comercial - caminhão basculante	t	$0,47x1 + 0,57x2$
972200	Comercial - caminhão carroceria	t	$0,33x1 + 0,40x2$
972100	Local - caminhão basculante	t	$0,47x1 + 0,57x2 + 1,18$
972300	Local - caminhão carroceria	t	$0,33x1 + 0,40x2 + 3,35$
973100	Local - massa a frio - caminhão basculante	t	$0,47x1 + 0,57x2 + 2,37$
973000	Local - massa a quente - caminhão basculante	t	$0,47x1 + 0,57x2 + 2,85$
974100	Material asfáltico a frio	t	$0,40x + 19,70$
974000	Material asfáltico a quente	t	$0,45x + 21,89$

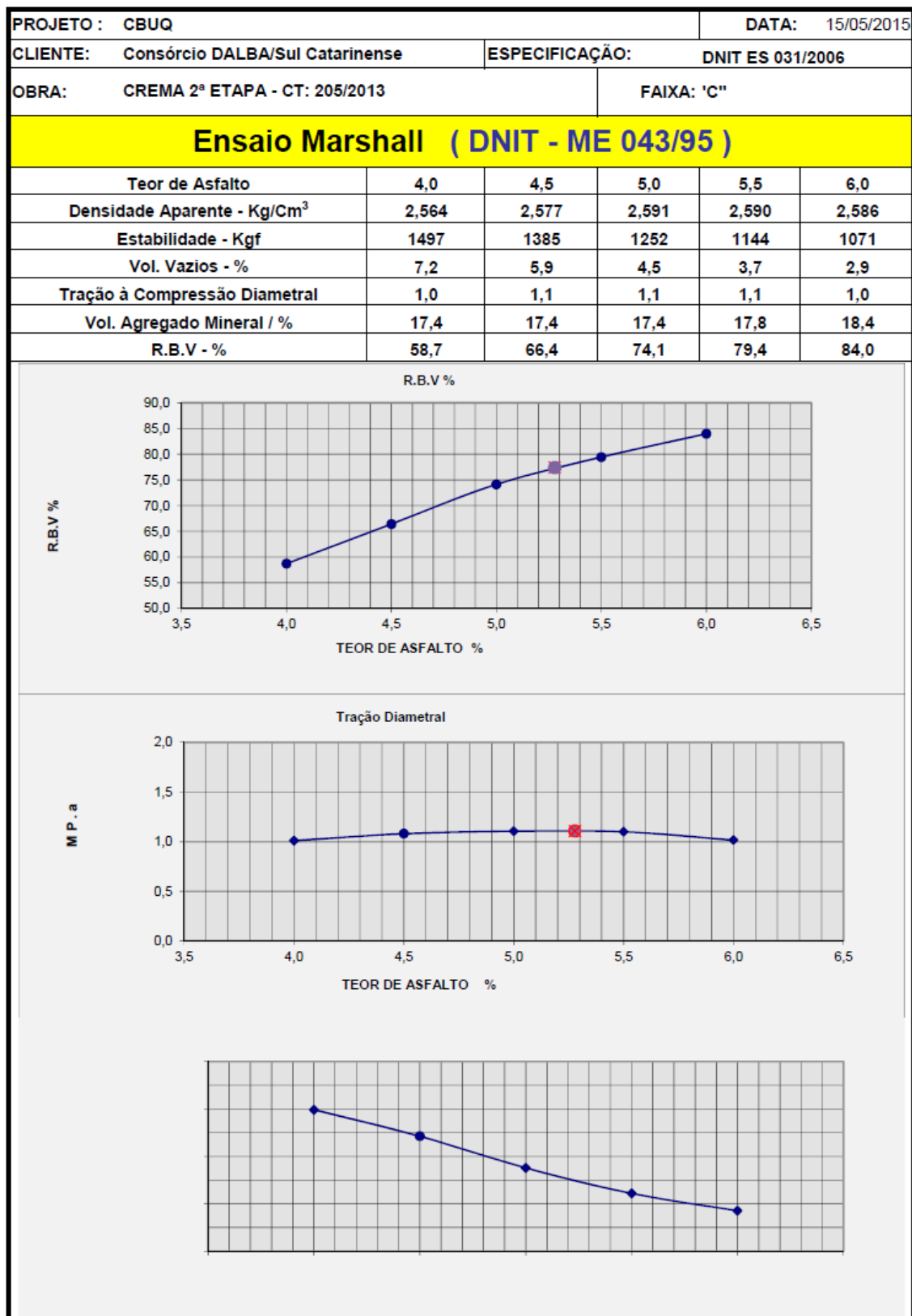
ANEXO N – Ensaio Marshall para o binder

CONSÓRCIO DALBA-SULCATARINENSE



Fonte: Consórcio Dalba – Sulcatarinense (2015)

ANEXO O – Ensaio Marshall para a capa



Fonte: Consórcio Dalba – Sulcaterinense (2015)

APÊNDICES

APÊNDICE A – Contagem volumétrica

Manual de Estudos de Tráfego

104

Figura 26 - Ficha de contagem volumétrica I

CONTAGEM VOLUMÉTRICA

ESTADO: PR RODOVIA: PR 486 Cód. PINV: TRECHO: A CASCAVEL JOTAESSE B

POSTO: DER LOCAL DA CONTAGEM: MARCO QUILOMÉTRICO: 150 SENTIDO: A → B HORÁRIO INÍCIO: HORÁRIO TÉRMINO:

DATA DA CONTAGEM:

CONTADOR: Rafael Carlos Bonplian

OBSERVAÇÕES:

PERÍODO (h)	VEÍCULOS LEVES			ÔNIBUS			CAMINHÕES								OUTROS			TOTAL
	Autos	Camionetas	2C	3C	2C	3C	4C	2S1	2S2	2S3	3S2	3S3	2C2	2C3	3C2	3C3	18 e mais	
22/02/17 08:30-09:30	02	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	
22/02/17 09:30-10:30	10	05	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	
22/02/17 10:30-11:30	14	07	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	
22/02/17 11:30-12:30	16	05	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	

MT/DNIT/DPP/IPR

APÊNDICE B – Dimensionamento do pavimento flexível – Parte I

DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTO FLEXÍVEL MÉTODO DO DNIT 1979/81

DADOS DE ENTRADA:

Tráfego: $N = 4E+07$ (8,2 t)
CBR (subleito) = 15,32 %

DIMENSIONAMENTO:

FATOR CLIMÁTICO

Consideração quanto as variações de umidade dos materiais do pavimento durante as diversas estações do ano (que se traduz em variações de capacidade de suporte dos materiais)

FR = 1,8 (0,2 a 5,0)

ESPESSURA MÍNIMA DE REVESTIMENTO

N (número equivalente de operações do eixo-padrão)	Espessura Mínima
$N \leq 10^6$	Tratamentos superficiais betuminosos
$10^6 < N \leq 5 \times 10^6$	Revestimentos betuminosos com 5,0 cm de espessura
$5 \times 10^6 < N \leq 10^7$	Concreto betuminoso com 7,5 cm de espessura
$10^7 < N \leq 5 \times 10^7$	Concreto betuminoso com 10,0 cm de espessura
$N > 5 \times 10^7$	Concreto betuminoso com 12,5 cm de espessura

COEFICIENTE DE EQUIVALÊNCIA ESTRUTURAL

Componentes do pavimento	Coefficiente K
Base ou revestimento de concreto betuminoso	2,00
Base ou revestimento pré-misturado a quente, de graduação densa	1,70
Base ou revestimento pré-misturado a frio, de graduação densa	1,40
Base ou revestimento betuminoso por penetração	1,20
Camadas granulares	1,00
Solo cimento com resistência a compressão a 7 dias, superior a 45 kg/cm ²	1,70
Solo cimento com resistência a compressão a 7 dias, entre 45 kg/cm ² e 28 kg/cm ²	1,40
Solo cimento com resistência a compressão a 7 dias, entre 28 kg/cm ² e 21 kg/cm ²	1,20

DETERMINAÇÃO DAS ESPESSURAS DO PAVIMENTO

$$H = 77,67 \times N^{0,0482} \times CBR^{0,598}$$

revestimento	$K_R = 2$	30,00 cm	$H_{20} = 36,00 \text{ cm } (^{\circ})$ $H_{Ref} = 51,89 \text{ cm}$ $=$ $H_T = 35,18 \text{ cm}$
base	$K_B = 1$ CBR = 80		
sub-base	$K_S = 1$ CBR = 20 (1)		
reforço	$K_{Ref} = 1$ CBR = 8		
subleito	CBR = 15		

Fonte: Autor (2017)

APÊNDICE C – Dimensionamento do pavimento flexível – Parte II

CONSIDERAÇÕES:

- A espessura mínima camadas granulares = 10,00 cm, espessura total mínima é de 15,00 cm e espessura máxima de compactação = 20,00 cm.

¹ - O CBR para este cálculo é 20 exceto para materiais com valores menores que este.

² - Quando o CBR da sub-base for maior ou igual a 40 e para $N \leq 10^6$, admite-se substituir na inequação (1), H_{20} por $0,8 \times H_{20}$. Para $N > 10^7$, recomenda-se substituir na inequação (1), H_{20} por $1,2 \times H_{20}$.

INEQUAÇÕES:

$$(1) R K_R + B K_B \geq H_{20}$$

$$(2) R K_R + B K_B + h_{20} K_S \geq H_{Ref}$$

$$(3) R K_R + B K_B + h_{20} K_S + h_{Ref} K_{Ref} \geq H_T$$

	Calculado	Adotado
Revestimento (R) =	-----	10 cm
Base (B) =	16 cm	16 cm
Sub-base (h_{20}) =	15,9 cm	16 cm
Reforço (h_{Ref}) =	-17 cm	0 cm

MATERIAIS EMPREGADOS NO PAVIMENTO

REFORÇO DO SUBLEITO

CBR maior que o do subleito

Expansão $\leq 1\%$ (medida com sobrecarga de 10 lb)

SUB-BASE

CBR $\geq 20\%$

I.G. = 0

Expansão $\leq 1\%$ (medida com sobrecarga de 10 lb)

BASE

CBR $\geq 80\%$

Expansão $\leq 0,5\%$ (medida com sobrecarga de 10 lb)

Limite de liquidez $\leq 25\%$

Índice de plasticidade $\leq 6\%$

* Caso o limite de liquidez seja superior a 25% e/ou o índice de plasticidade seja superior a 6, o material pode ser aplicado em base (satisfeita as demais condições), desde que o equivalente de areia seja superior a 30:

Fonte: Autor (2017)

Dimensionamento Pavimento Rígido						
PCA 84						
Espessura da placa de concreto:	21 cm				Material usando na base:	Brita Graduada
CBR do subleito:	15,32 %				Espessura Base:	18 cm
K do subleito:	63 MPa/M				Acostamento:	Sim
Aumento do K devido a Base Granular:	80 Mpa/M				Juntas:	Sim
Resistência do Concreto:	4,5 Mpa				Fsc:	1,1
CÁLCULO DE EIXOS TOTAIS POR CLASSE DE CARGA (10 ANOS)						
Cargas por eixo (tf)	Cargas por eixo x FSC	Nº de repetições previstas	Nº de repetições admissíveis	Consumo de fadiga (%)	Nº de repetições admissíveis	Consumo de fadiga (%)
Eixos Simples e Eixo Simples Duplo		Tensão Equivalente: Fator da fadiga:		1,26 0,280	Fator de erosão: 2,52	
6	6,6	2.160.816	Ilimitado	0,00	Ilimitado	0,000
10	11	2.130.573	Ilimitado	0,00	3.000.000	71,02
Eixos Tandem Duplos		Tensão Equivalente: Fator da fadiga:		1,06 0,236	Fator de erosão: 2,60	
17	18,7	1.587.679	Ilimitado	0,00	8.500.000	18,68
Eixos Tandem Triplos		Tensão Equivalente: Fator da fadiga:		0,81 0,180	Fator de erosão: 2,60	
25,5	28,05	24.919	Ilimitado	0,00	250.000	9,97
TOTAL (%)				0,00	TOTAL (%)	
					99,67	

APÊNDICE E – Custos para implantação do pavimento flexível

PAVIMENTO FLEXÍVEL						
IMPLANTAÇÃO DO PAVIMENTO FLEXÍVEL					DATA BASE:	
1		Pista de Rolamento			jul/16	
Item	Código	Descrição do Serviço/Atividade	Unid.	Quantidade p/ Km	Preço Unitário	Total
1.1	5 S 02 231 00	Sub-base	m³	1.280	159,75	204.480,98
1.2	2 S 02 230 00	Base	m³	1.280	175,65	224.832,61
1.3	5 S 02 300 00	Imprimação	m²	8.000	0,76	6.043,38
1.4	3 S 02 400 00	Pintura de ligação	m²	14.600	0,38	5.502,89
1.5	2 S 02 540 52	CBUQ - Binder	t	1.035	144,03	149.097,04
1.6	2 S 02 540 51	CBUQ - Capa	t	855	155,77	133.137,33
2		Aquisição de Material Betuminoso				
Item	Código	Descrição do Serviço/Atividade	Unid.	Quantidade p/ Km	Preço Unitário	Total
2.1	M101	CAP 50/70	t	98,77	2.134,92	210.862,58
2.3	M104	Emulsão RR-1C (Pintura de ligação)	t	5,84	1.696,42	9.907,09
2.4	M103	Asfalto diluído CM-30 (Imprimação)	t	9,60	3.389,04	32.534,75
TOTAL						827.301,61

Fonte: Autor (2017)

APÊNDICE F – Composição de custos para sub-base

Sub-base										
Data Base: jul/2016			Unidade: m³							
Serviço: 5 S 02 231 00 - Base de macadame hidráulico										
(A) Equipamento	Código	Quantidade	Ut. Pr	Ut. Impr	Vi. Hr. Prod	Vi. Hr. Imp	Custo Horário			
Rolo compactador - Tandem vibrat. Autoprop. 10,2 t	E102	1,00	0,82	0,18	118,41	16,29	100,03			
Rolo compactador - de pneus autoprop. 25 t	E105	1,00	0,79	0,21	141,11	16,29	114,90			
Distribuidor de agregados - autopropelido	E109	1,00	1,00	0,00	165,40	19,69	165,40			
Caminhão basculante - 10 m³ - 15 t	E404	3,68	1,00	0,00	147,52	14,90	542,87			
Caminhão tanque - 10.000 l	E407	1,00	0,79	0,21	149,16	14,90	120,97			
(A) TOTAL							1044,17			
(B) Mão-de-Obra	Código	Valor mensal	Encargo\$	Sal/Hora	Consumo	Custo Horário				
Encarregado de pavimentação	T511	3.845,60	4533,96	38,08	1,00	38,08				
Servente	T707	1.337,60	1577,03	13,24	3,00	39,72				
(B) TOTAL							77,80			
(C) Itens de Incidência		%	M.O.	Equip.	Mat	Custo				
Ferramentas manuais		15,51	X			12,07				
(C) TOTAL							12,07			
Custo Horário da Execução (A)+(B)+(C)							1134,03			
(D) Produção da Equipe							136,00			
(E) Custo da Execução [(A)+(B)+(C)]/(D)							8,34			
(F) Materiais	Código	Unid.	Custo Unitário	Consumo	(F) Total:	Custo Horário				
(F) Total:							0,00			
(G) Serviços	Código	Unid.	Custo Unitário	Consumo	Custo Unitário	Custo Unitário <th>Custo Unitário</th> <td colspan="3"></td>	Custo Unitário			
Brita produzida em central de britagem	1 A 200 01	m³	33,16	1,5	49,74	49,74	49,74			
(G) Total:							49,74			
(H) Itens de Transporte	Código	Unid.	Custo	Consumo	Custo Unitário	Custo Unitário <th>Custo Unitário<td colspan="3"></td></th>	Custo Unitário <td colspan="3"></td>			
Brita produzida em central de britagem	1 A 200 01	t	30,23	2,25	68,007375	68,01	68,01			
(H) Total:							68,01			
Custo Direto Total (E)+(F)+(G)+(H)							126,09			
BDI: 26,70%							33,66			
Preço Unitário Total							159,75			

Fonte: Autor (2017)

APÊNDICE G – Composição de custos para base

Base										
Data Base: jul/2016				Unidade: m³						
Serviço: 2 S 02 230 00 - Base de brita graduada										
(A) Equipamento	Código	Quantidade	Ut. Pr	Ut. Impr	Vi. Hr. Prod	Vi. Hr. Imp	Custo Horário			
Rolo compactador - Tandem vibrat. Autoprop. 10,2 t	E102	1,00	0,73	0,27	118,41	16,29	90,84			
Rolo compactador - de pneus autoprop. 25 t	E105	1,00	0,75	0,25	141,11	16,29	109,91			
Distribuidor de agregados - autopropelido	E109	1,00	0,89	0,11	165,40	19,69	149,37			
Caminhão basculante - 10 m³ - 15 t	E404	3,56	1,00	0,00	147,52	14,90	525,17			
Caminhão tanque - 10.000 l	E407	1,00	0,70	0,30	149,16	14,90	108,88			
(A) TOTAL							984,17			
(B) Mão-de-Obra	Código	Valor mensal	EncargoS	Sal/Hora	Consumo	Custo Horário				
Encarregado de pavimentação	T511	3.845,60	4533,96	38,08	1,00	38,08				
Servente	T707	1.337,60	1577,03	13,24	3,00	39,72				
(B) TOTAL							77,80			
(C) Itens de Incidência		%	M.O.	Equip.	Mat	Custo				
Ferramentas manuais		15,51	X			12,07				
(C) TOTAL							12,07			
Custo Horário da Execução (A)+(B)+(C)							1074,03			
(D) Produção da Equipe							121,00			
(E) Custo da Execução [(A)+(B)+(C)]/(D)							8,88			
(F) Materiais	Código	Unid.	Custo Unitário	Consumo	Custo Horário					
(F) Total:							0,00			
(G) Serviços	Código	Unid.	Custo Unitário	Consumo	Custo Unitário	Custo Horário				
Usinagem de brita graduada	1 A 01 395 01	m³	57,22	1	57,22	57,22				
(G) Total:							57,22			
(H) Itens de Transporte	Código	Unid.	Custo	Consumo	Custo Unitário	Custo Horário				
Brita graduada (trecho)	19480	t	30,23	2,4	72,54	72,54				
(H) Total:							72,54			
Custo Direto Total (E)+(F)+(G)+(H)							138,63			
BDI: 26,70%							37,02			
Preço Unitário Total							175,65			

Fonte: Autor (2017)

APÊNDICE H – Composição de custos para imprimação

Imprimação										
Data Base: jul/2016				Unidade: m²						
Serviço: 5 S 02 300 00 - Imprimação										
(A) Equipamento	Código	Quantidade	Ut. Pr	Ut. Impr	Vi. Hr. Prod	Vi. Hr. Imp	Custo Horário			
Trator agrícola	E007	1,00	0,37	0,63	73,89	16,29	37,60			
Vassoura mecânica - rebocável	E107	1,00	0,37	0,63	4,53	0,00	1,68			
Tanque depósito asfalto frio 30000 l	E110	2,00	1,00	0,00	19,67	0,00	39,34			
Equip. Distrib. de asfalto - montado em caminhão	E111	1,00	1,00	0,00	125,73	14,90	125,73			
(A) TOTAL							204,35			
(B) Mão-de-Obra	Código	Valor mensal	Encargos	Sal/Hora	Consumo	Custo Horário				
Encarregado de pavimentação	T511	3.845,60	4533,96	38,08	1,00	38,08				
Servente	T707	1.337,60	1577,03	13,24	3,00	39,72				
(B) TOTAL							77,80			
(C) Itens de Incidência	%	M.O.	Equip.	Mat	Custo					
Ferramentas manuais	15,51	X			12,07					
(C) TOTAL							12,07			
Custo Horário da Execução (A)+(B)+(C)							294,21			
(D) Produção da Equipe							1125,00			
(E) Custo da Execução [(A)+(B)+(C)/(D)]							0,26			
(F) Materiais	Código	Unid.	Custo Unitário	Consumo	Custo Horário					
Asfalto diluído CM-30	M103	t	0,00	0,0012	0,00					
(F) Total:							0,00			
(G) Serviços	Código	Unid.	Custo Unitário	Consumo	Custo Unitário					
					0,00					
(G) Total:							0,00			
(H) Itens de Transporte	Código	Unid.	Custo	Consumo	Custo Unitário					
Asfalto diluído CM-30 (Para usina)	19480	t	229,70	0,0012	0,28					
Asfalto diluído CM-30 (Trecho)	19480	t	49,22	0,0012	0,06					
(H) Total:							0,33			
Custo Direto Total (E)+(F)+(G)+(H)							0,60			
BDI: 26,70%							0,16			
Preço Unitário Total							0,76			

Fonte: Autor (2017)

APÊNDICE I – Composição de custos para pintura de ligação

Pintura de ligação										
Data Base: jul/2016										
Serviço: 3 S 02 400 00 - Pintura de ligação										
Unidade: m²										
(A) Equipamento	Código	Quantidade	Ut. Pr	Ut. Impr	Vi. Hr. Prod	Vi. Hr. Imp	Custo Horário			
Trator agrícola	E007	1,00	0,62	0,38	73,89	16,29	52,00			
Vassoura mecânica - rebocável	E107	1,00	0,62	0,38	4,53	0,00	2,81			
Tanque depósito asfalto frio 30000 l	E110	2,00	1,00	0,00	19,67	0,00	39,34			
Equipo. Distrib. de asfalto - montado em caminhão	E111	1,00	1,00	0,00	125,73	14,90	125,73			
(A) TOTAL							219,88			
(B) Mão-de-Obra	Código	Valor mensal	Encargo\$	Sal/Hora	Consumo	Custo Horário				
Encarregado de pavimentação	T511	3.845,60	4533,96	38,08	1,00	38,08				
Servente	T707	1.337,60	1577,03	13,24	3,00	39,72				
(B) TOTAL							77,80			
(C) Itens de Incidência		%	M.O.	Equip.	Mat	Custo				
Ferramentas manuais		20,51	X			15,96				
(C) TOTAL							15,96			
Custo Horário da Execução (A)+(B)+(C)							313,64			
(D) Produção da Equipe							1687,00			
(E) Custo da Execução [(A)+(B)+(C)]/(D)							0,19			
(F) Materiais	Código	Unid.	Custo Unitário	Consumo	Custo Horário					
Emulsão RR-1C	M104	t	0	0,0004	0,00	0,00				
(F) Total:							0,00			
(G) Serviços	Código	Unid.	Custo Unitário	Consumo	Custo Unitário					
						0,00				
(G) Total:							0,00			
(H) Itens de Transporte	Código	Unid.	Custo	Consumo	Custo unitário					
Emulsão RR-1C (Para usina)	M104	t	229,70	0,0004	0,09	0,09				
Emulsão RR-1C (Trecho)	M104	t	49,22	0,0004	0,02	0,02				
(H) Total:							0,11			
Custo Direto Total (E)+(F)+(G)+(H)							0,30			
BDI: 26,70%							0,08			
Preço Unitário Total							0,38			

Fonte: Autor (2017)

APÊNDICE J – Composição de custos para aplicação de binder

CBUQ - Binder										
Data Base: jul/2016										Unidade: t
Serviço: 2 S 02 540 52 - CBUQ - "binder" AC/BC										
(A) Equipamento	Código	Quantidade	Ut. Pr	Ut. Impr	Vi. Hr. Prod	Vi. Hr. Imp	Custo Horário			
Trator agrícola	E007	1,00	0,24	0,76	73,89	16,29	30,11			
Rolo compactador - Tandem vibrat. autoprop. 10,2 t	E102	1,00	0,56	0,44	118,41	16,29	73,48			
Rolo compactador - de pneus autoprop. 25 t	E105	1,00	0,58	0,42	141,11	16,29	88,69			
Vassoura mecânica - rebocável	E107	1,00	0,24	0,76	4,53	0,00	1,09			
Vibro-acabadora de asfalto - sobre esteiras	E149	1,00	0,81	0,19	150,74	19,69	125,84			
Caminhão basculante - 10 m³ - 15 t	E404	1,53	1,00	0,00	147,52	14,90	225,71			
(A) TOTAL							544,91			
(B) Mão-de-Obra	Código	Valor mensal	Encargo\$	Sal/Hora	Consumo	Custo Horário				
Encarregado de pavimentação	T511	3.845,60	4.533,96	38,08	1,00	38,08	38,08			
Servente	T707	1.337,60	1.577,03	13,24	8,00	105,92	105,92			
(B) TOTAL							144,00			
(C) Itens de Incidência		%	M.O.	Equip.	Mat	Custo				
Ferramentas manuais		15,51	X			22,33	22,33			
(C) TOTAL							22,33			
Custo Horário da Execução (A)+(B)+(C)							711,24			
(D) Produção da Equipe							75,00			
(E) Custo da Execução [(A)+(B)+(C)]/(D)							9,48			
(F) Materiais	Código	Unid.	Custo Unitário	Consumo	Custo Horário					
(F) Total:							0,00			
(G) Serviços	Código	Unid.	Custo Unitário	Consumo	Custo Unitário	Custo Unitário <td colspan="4"></td>				
Usinagem de CBUQ (binder) AC/BC	1 A 01 390 53	t	72,30	1,00	72,30	72,30	72,30			
(G) Total:							72,30			
(H) Itens de Transporte	Código	Unid.	Custo	Consumo	Custo Unitário	Custo Unitário <td colspan="4"></td>				
CBUQ-binder (trecho)	19490	t	31,90	1,000	31,90	31,90	31,90			
(H) Total:							31,90			
Custo Direto Total (E)+(F)+(G)+(H)							113,68			
BDI: 26,70%							30,35			
Preço Unitário Total							144,03			

Fonte: Autor (2017)

APÊNDICE K – Composição de custos para aplicação da capa

CBUQ - Capa											
Data Base: jul/2016						Unidade: t					
Serviço: 2 S 02 540 51 - CBUQ - capa rolamento AC/BC											
(A) Equipamento	Código	Quantidade	Ut. Pr	Ut. Impr	Vi. Hr. Prod	Vi. Hr. Imp	Custo Horário				
Trator agrícola	E007	1,00	0,24	0,76	73,89	16,29	30,11				
Rolo compactador - Tandem vibrat. autoprop. 10,2 t	E102	1,00	0,56	0,44	118,41	16,29	73,48				
Rolo compactador - de pneus autoprop. 25 t	E105	2,00	0,29	0,71	141,11	16,29	104,98				
Vassoura mecânica - rebocável	E107	1,00	0,24	0,76	4,53	0,00	1,09				
Vibro-acabadora de asfalto - sobre esteiras	E149	1,00	0,81	0,19	150,74	19,69	125,84				
Caminhão basculante - 10 m³ - 15 t	E404	1,53	1,00	0,00	147,52	14,90	225,71				
(A) TOTAL							561,20				
(B) Mão-de-Obra	Código	Valor mensal	Encargo\$	Sal/Hora	Consumo	Custo Horário					
Encarregado de pavimentação	T511	3845,60	4533,96	38,08	1,00	38,08					
Servente	T707	1337,60	1577,03	13,24	8,00	105,92					
					(B) TOTAL	144,00					
(C) Itens de Incidência		%	M.O.	Equip.	Mat	Custo					
Ferramentas manuais		15,51	X			22,33					
					(C) TOTAL	22,33					
Custo Horário da Execução (A)+(B)+(C)							727,53				
(D) Produção da Equipe							75,00				
(E) Custo da Execução [(A)+(B)+(C)]/(D)							9,70				
(F) Materiais	Código	Unid.	Custo Unitário	Consumo	Custo Horário						
					(F) Total:	0,00					
(G) Serviços	Código	Unid.	Custo Unitário	Consumo	Custo Unitário						
Usinagem de CBUQ (capa de rolamento) AC/BC	1 A 01 390 52	t	81,35	1,00	81,35						
					(G) Total:	81,35					
(H) Itens de Transporte	Código	Unid.	Custo	Consumo	Custo unitário						
CBUQ-capa (trecho)	19490	t	31,90	1,000	31,90						
					(H) Total:	31,90					
Custo Direto Total (E)+(F)+(G)+(H)							122,94				
BDI: 26,70%							32,83				
Preço Unitário Total							155,77				

Fonte: Autor (2017)

APÊNDICE L – Composição de custos para usinagem de brita graduada

Usinagem brita graduada										
Data Base: Jul/2016				Unidade: m³						
Serviço: 1 A 01 395 01 - Usinagem de brita graduada										
(A)Equipamento	Código	Quantidade	Ut. Pr	Ut. Impr	Vl. Hr. Prod	Vl. Hr. Imp	Custo Horário			
Carregadeira de Pneus - 3,3 m³	E010	1,00	0,98	0,02	220,80	19,69	216,78			
Usina misturadora - de solos 300 t/h	E106	1,00	1,00	0,00	106,64	19,69	106,64			
Grupo gerador - 164/180 KVA	E503	1,00	1,00	0,00	95,40	0,00	95,40			
(A) TOTAL							418,82			
(B)Mão-de-Obra	Código	Eq. Salarial	Encargos(%)	Sal/Hora	Consumo	Custo Horário				
Encarregado de turma	T501	2.789,60	3.288,93	27,6297	1,00	27,63				
Servente	T701	1.337,60	1.577,03	13,2483	5,00	66,24				
(B) TOTAL							93,87			
(C) Itens de Incidência	%	M.O.	Equip.	Mat	Custo					
Ferramentas manuais	15,51	X			14,56					
(C) TOTAL							14,56			
Custo Horário da Execução (A)+(B)+(C)							527,25			
(D) Produção da Equipe							121,00			
(E) Custo da Execução [(A)+(B)+(C)]/(D)							4,36			
(F) Materiais	Código	Unid.	Custo Unitário	Consumo	Custo Horário					
Brita comercial	1 A 00717 00	m³	52,86	1,00	52,86					
(F) Total:							52,86			
(G) Serviços	Código	Unid.	Custo Unitário	Consumo	Custo Unitário					
(G) Total:							0,00			
(H) Itens de Transporte	Código	Unid.	Custo	Consumo	Custo unitário					
Brita comercial (usina)	1 A 00717 00	m³	0,00	1,000	0,00					
(H) Total:							0,00			
Custo Direto Total (E)+(F)+(G)+(H)							57,22			
BDI: 26,70%							15,28			
Preço Unitário Total							72,49			

Fonte: Autor (2017)

APÊNDICE M – Composição de custos para usinagem de binder

Usinagem CBUQ- Binder										
Data Base: Jul/16				Unidade: t						
Serviço: 1 A 01 390 53 - Usinagem de CBUQ (binder) AC/BC										
(A) Equipamento		Código	Quantidade	Ut. Pr	Ut. Impr	VI. Hr. Prod	VI. Hr. Imp	Custo Horário		
Carregadeira de Pneus - 3,3 m³		E010	1,00	0,27	0,73	220,80	19,69	73,99		
Tanque de Estocagem de Asfalto - 30.000 l		E110	2,00	1,00	0,00	19,67	0,00	39,34		
Aquecedor de fluido Térmico (12 KW)		E112	1,00	1,00	0,00	105,55	0,00	105,55		
Usina de Asfalto a Quente - 90/120 t/h c/ fil. Manga		E147	1,00	1,00	0,00	201,54	19,69	201,54		
Grupo Gerador - 36/40 KVA (32 KW)		E501	1,00	1,00	0,00	23,35	0,00	23,35		
Grupo Gerador - 164/180 KVA (144 KW)		E503	1,00	1,00	0,00	95,40	0,00	95,40		
(A) TOTAL							539,17			
(B) Mão-de-Obra		Código	Valor mensal	Encargos	Sal/Hora	Consumo		Custo Horário		
Encarregado de turma		T501	2.789,60	3.288,93	27,6297	1,00		27,63		
Servente		T701	1.337,60	1.577,03	13,2483	8,00		105,99		
(B) TOTAL							133,62			
(C) Itens de Incidência			%	M.O.	Equip.	Mat	Custo			
Ferramentas manuais			15,51	X			20,72			
(C) TOTAL							20,72			
Custo Horário da Execução (A)+(B)+(C)										
693,51										
(D) Produção da Equipe		75,00								
(E) Custo da Execução [(A)+(B)+(C)]/(D)		9,25								
(F) Materiais		Código	Unid.	Custo Unitário	Consumo	Custo Horário				
Óleo combustível 1A		M003	l	1,89	8,0000	15,12				
CAP 50/70		M101	t	0,00	0,0500	0,00				
Areia comercial		1 A 00 716 00	m³	60,00	0,1610	9,66				
Brita comercial		1 A 00717 00	m³	52,86	0,4730	25,00				
(F) Total:							49,78			
(G) Serviços		Código	Unid.	Custo Unitário	Consumo	Custo Unitário				
(G) Total:										
(H) Itens de Transporte		Código	Unid.	Custo	Consumo	Custo unitário				
Areia (usina)		M704	t	0,00	0,161	0,00				
CAP - 50/70		M101	t	265,35	0,050	13,27				
Pedra britada (usina)		1 A 01 200 01	t	0,00	0,473	0,00				
(H) Total:							13,27			
Custo Direto Total (E)+(F)+(G)+(H)										
72,30										
BDI: 26,70%										
19,30										
Preço Unitário Total										
91,60										

Fonte: Autor (2017)

APÊNDICE N – Composição de custos para usinagem de capa

Usinagem CBUQ- capa										
Data Base: Jul/16										
Serviço: 1 A 01 390 52 - Usinagem de CBUQ (capa de rolamento) AC/BC										
(A) Equipamento		Código	Quantidade	Ut. Pr.	Ut. Impr.	Vi. Hr. Prod.	Vi. Hr. Imp.	Custo Horário	Unidade: t	
Carregadeira de Pneus - 3,3 m³		E010	1,00	0,26	0,74	220,80	19,69	71,98		
Tanque de Estocagem de Asfalto - 30.000 l		E110	2,00	1,00	0,00	19,67	0,00	39,34		
Aquecedor de fluido Térmico (12 KW)		E112	1,00	1,00	0,00	105,55	0,00	105,55		
Usina de Asfalto a Quente - 90/120 t/h c/ fil. Manga		E147	1,00	1,00	0,00	201,54	19,69	201,54		
Grupo Gerador - 36/40 KVA (32 KW)		E501	1,00	1,00	0,00	23,35	0,00	23,35		
Grupo Gerador - 164/180 KVA (144 KW)		E503	1,00	1,00	0,00	95,40	0,00	95,40		
(A) TOTAL								537,16		
(B) Mão-de-Obra		Código	Valor mensal	Encargos	Sal/Hora	Consumo	Custo Horário			
Encarregado de turma		T501	2.789,60	3.288,93	27,6297	1,00	27,63			
Servente		T701	1.337,60	1.577,03	13,2483	8,00	105,99			
(B) TOTAL								133,62		
(C) Itens de Incidência		%		M.O.	Equip.	Mat	Custo			
Ferramentas manuais		15,51		X			20,72			
(C) TOTAL								20,72		
Custo Horário da Execução (A)+(B)+(C)										
691,50										
(D) Produção da Equipe		75,00								
(E) Custo da Execução [(A)+(B)+(C)]/(D)		9,22								
(F) Materiais		Código	Unid.	Custo Unitário	Consumo	Custo Horário				
Óleo combustível 1A		M003	l	1,89	8,0000	15,12				
CAP 50/70		M101	t	0,00	0,0550	0,00				
Filler		M905	kg	0,19	28,0000	5,32				
Areia comercial		1 A 00 716 00	m³	60,00	0,0533	3,20				
Brita comercial		1 A 00 717 00	m³	52,86	0,5580	29,50				
(F) Total:					53,13					
(G) Serviços		Código	Unid.	Custo Unitário	Consumo	Custo Unitário				
(G) Total:										
(H) Itens de Transporte		Código	Unid.	Custo	Consumo	Custo unitário				
Areia (usina)		M704	t	0,00	0,100	0,00				
Filler		M905	t	293,37	0,015	4,40				
CAP - 50/70		M101	t	265,35	0,055	14,59				
Pedra britada (usina)		1 A 01 200 01	t	0,00	0,826	0,00				
(H) Total:					18,99					
Custo Direto Total (E)+(F)+(G)+(H)										
81,35										
BDI: 26,70%										
21,72										
Preço Unitário Total										
103,07										

Fonte: Autor (2017)

APÊNDICE P – Custo para implantação do pavimento rígido

PAVIMENTO RÍGIDO						
IMPLANTAÇÃO DE PAVIMENTO RÍGIDO					DATA BASE:	jul/16
1	Pista de Rolamento					
Item	Código	Descrição do Serviço/Atividade	Unid.	Quantidade p/ Km	Preço Unitário	Total
1.1	5 S 02 231 00	Base	m³	1.440	175,65	252.936,68
1.2	5 S 02 300 00	Imprimação	m²	8.000	0,76	6.043,38
1.3	3 S 02 400 00	Pintura de ligação	m²	8.000	0,38	3.015,28
1.4	2 S 02 606 50	Concr.de cimento portl. AC/BC	m³	1.680	562,36	944.770,75
2	Aquisição de Material Betuminoso					
Item	Código	Descrição do Serviço/Atividade	Unid.	Quantidade p/ Km	Preço Unitário	Total
2.1	M103	Asfalto diluído CM-30 (Imprimação)	t	9,60	3.389,04	32.534,75
2.2	M104	Emulsão RR-1C (Pintura de ligação)	t	3,20	1.696,42	5.428,54
TOTAL						1.244.729,38

Fonte: Autor (2017)

APÊNDICE Q – Composição de custos para aplicação de concreto

Fornecimento Concreto para pavimento rígido											
Data Base: jul/2016		Unidade: m³									
Serviço: 2 S 02 606 50 - Concr.de cimento portl.com fôrma deslizante AC/BC											
(A) Equipamento	Código	Quantidade	Ut. Pr	Ut. Impr	Vi. Hr. Prod	Vi. Hr. Imp	Custo Horário				
Espalhadora de concreto	E330	1,00	0,58	0,42	370,07	19,69	222,91				
Acabadora de concreto - com forma deslizante	E331	1,00	0,58	0,42	529,69	19,69	315,49				
Texturizadora e lançadora - para concreto	E332	1,00	0,21	0,79	144,29	16,29	43,17				
Serra de disco diamantado -para concreto	E333	2,00	0,72	0,28	30,36	13,68	51,38				
Caminhão basculante - 10 m³ - 15 t	E404	2,71	1,00	0,00	147,52	14,90	399,78				
Caminhão tanque - 8.000 l	E422	1,00	0,50	0,50	98,79	14,90	56,85				
(A) TOTAL							1089,57				
(B) Mão-de-Obra	Código	Eq. Salarial	Encargos	Sal/Hora	Consumo	Custo Horário					
Encarregado de pavimentação	T511	3.845,60	4533,96	38,08	1,00	38,08					
Pedreiro	T604	1821,60	2147,66	18,04	4,00	72,16					
Servente	T701	1.337,60	1.577,03	13,25	14,00	185,48					
(B) TOTAL							295,72				
(C) Itens de Incidência		%	M.O.	Equip.	Mat	Custo					
Ferramentas manuais		15,51	X			45,87					
(C) TOTAL							45,87				
Custo Horário da Execução (A)+(B)+(C)							1431,16				
(D) Produção da Equipe							149,00				
(E) Custo da Execução [(A)+(B)+(C)]/(D)							9,61				
(F) Materiais	Código	Unid.	Custo Unitário	Consumo	Custo Horário						
Protetor de cura do concreto	M620	kg	7,61	0,750	5,7075						
Disco diamantado serra asfalto SD8-034	M949	Unid.	351,06	0,001	0,35106						
(F) Total:					6,06						
(G) Serviços	Código	Unid.	Custo Unitário	Consumo	Custo Unitário						
Usinagem de conc. c/ cim. Port. p/ pav. Rígido AC/DC	1 A 01 656 51	m³	352,12	1,00	352,12						
Limpeza e enchim. Junta pav. Concr. (const e rest)	1 A 02 702 00	m	3,53	0,83	2,93						
(G) Total:					355,05						
(H) Itens de Transporte	Código	Unid.	Custo	Consumo	Custo Unitário						
Concreto usinado pav. Rígido	1 A 01 656 51	t	30,23	2,420	73,15						
(H) Total:					73,15						
Custo Direto Total (E)+(F)+(G)+(H)							443,85				
BDI: 26,70%							118,51				
Preço Unitário Total							562,36				

Fonte: Autor (2017)

APÊNDICE R – Composição de custos de usinagem de concreto

Usinagem Concreto										
Data Base: jul/16				Unidade: m³						
Serviço: 1 A 01 656 51 - Usinagem de conc. c/ cim. port.p/ pav.rígido AC/BC										
(A) Equipamento		Código	Quantidade	Ut. Pr.	Ut. Impr.	VI. Hr. Prod.	VI. Hr. Imp.	Custo Horário		
Carregadeira de pneus - 3,3 m³		E010	2,00	0,53	0,47	220,80	19,69	252,56		
Central de concreto - 180m³/h - dosadora e misturadora (149 kW)		E335	1,00	1,00	0,00	451,32	19,69	451,32		
Grupo gerador - 288 KVA		E504	1,00	1,00	0,00	143,11	0,00	143,11		
(A) TOTAL							846,99			
(B) Mão-de-Obra		Código	Eq. Salarial	Encargos(%)	Sal/Hora	Consumo	Custo Horário			
Encarregado de turma		T501	2.789,60	3.288,93	27.6297	1,00	27,63			
Servente		T701	1.337,60	1.577,03	13,2483	6,00	79,49			
(B) TOTAL							107,12			
(C) Intens de Incidência			%	M.O.	Equip.	Mat	Custo			
Ferramentas manuais			20,51	X			21,97			
(C) TOTAL							21,97			
Custo Horário da Execução (A)+(B)+(C)							976,08			
(D) Produção da Equipe							149,00			
(E) Custo da Execução [(A)+(B)+(C)]/(D)							6,55			
(F) Materiais		Código	Unid.	Custo Unitário	Consumo	Custo Horário				
Cimento portland CP II-32 (a granel)		M201	Kg	0,410	458,000	187,78				
Aditivo plastiment BV-40		M604	kg	5,210	0,916	4,77				
Areia comercial		1 A 00 716 00	m3	60,000	0,594	35,64				
Brita comercial		1 A 00 717 00	m³	52,860	0,714	37,74				
(F) Total:							265,93			
(G) Serviços		Código	Unid.	Custo Unitário	Consumo	Custo Unitário				
(G) Total:							0,00			
(H) Itens de Transporte		Código	Unid.	Custo	Consumo	Custo unitário				
Cimento portland CP II-32 (usina)		M704	t	173,25	0,458	79,35				
Aditivo plastiment BV-40 (usina)		M905	t	307,23	0,001	0,28				
Areia comercial		M101	t	0,00	0,594	0,00				
Brita comercial		1 A 01 200 01	t	0,00	0,714	0,00				
(H) Total:							79,63			
Custo Direto Total (E)+(F)+(G)+(H)							352,12			
BDI: 26,70%							94,01			
Preço Unitário Total							446,13			

Fonte: Autor (2017)

