

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL  
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO CIVIL

FELIPE GUSTAVO SANCHES  
FERNANDO HENRIQUE BUENO GRANDINI  
ORLEI BAIERLE JUNIOR

**AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE FINANCEIRA DE PROJETOS COM  
UTILIZAÇÃO DO ASFALTO-BORRACHA EM RELAÇÃO AO  
ASFALTO CONVENCIONAL**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA  
2012

**FELIPE GUSTAVO SANCHES  
FERNANDO HENRIQUE BUENO GRANDINI  
ORLEI BAIERLE JUNIOR**

**AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE FINANCEIRA DE PROJETOS COM  
UTILIZAÇÃO DO ASFALTO-BORRACHA EM RELAÇÃO AO  
ASFALTO CONVENCIONAL**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à Disciplina Projeto Final 2 – CC60H, do Curso Superior de Engenharia de Produção Civil do Departamento Acadêmico de Construção Civil – DACOC – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro.

Orientador: Prof. Dr. Adauto José Miranda de Lima

Co-orientador: Dr. André Nagalli

**CURITIBA  
2012**

## **FOLHA DE APROVAÇÃO**

### ***AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE FINANCEIRA DE PROJETOS COM UTILIZAÇÃO DO ASFALTO-BORRACHA EM RELAÇÃO AO ASFALTO CONVENCIONAL***

Por

**FELIPE GUSTAVO SANCHES, FERNANDO HENRIQUE BUENO  
GRANDINI e ORLEI BAIERLE JUNIOR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, defendido e aprovado em 20 de junho de 2012, pela seguinte banca de avaliação:

---

Prof. Orientador – Aduino José Miranda de Lima, Dr.  
UTFPR

---

Prof. André Nagalli, Dr.  
UTFPR

---

Prof. Wellington Mazer, Dr.  
UTFPR

## **AGRADECIMENTOS**

Às nossas famílias, que têm papel fundamental na nossa formação e educação, fruto de muito esforço e trabalho.

Ao nosso orientador Professor Dr. Aduino José Miranda de Lima e ao co-orientador Professor Dr. André Nagalli, pela orientação, paciência e incentivo na condução deste trabalho.

Aos nossos colegas da UTFPR, que sempre nos deram forças e nos apoiaram nos momentos difíceis e que foram essenciais para a realização deste trabalho.

*“Filósofos limitaram-se a interpretar o mundo de diversas maneiras, mas o que importa é modificá-lo.”*

(Karl Marx – Filósofo e revolucionário alemão)

## RESUMO

SANCHES, F. G.; GRANDINI, F. H. B.; JUNIOR, O. B. **Avaliação da Viabilidade Financeira de Projetos com Utilização do Asfalto-borracha em Relação ao Asfalto Convencional** 2012. 73p. Trabalho de Conclusão de Curso – (Curso Superior em Engenharia de Produção Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR, Curitiba.

O presente trabalho pretende contribuir para uma melhor compreensão do uso do resíduo da borracha de pneus como insumo de pavimentação dentro da engenharia civil, auxiliar para um melhor desempenho de pavimentos asfálticos, além de dar uma destinação ambientalmente adequada aos pneus velhos. A conveniência ecológica de proporcionar uma destinação adequada aos pneus inservíveis e a melhoria técnica que o ligante asfáltico agrega, com sua modificação proporcionada pela borracha, são os grandes motivadores da utilização deste tipo de ligante. Sabe-se que uma mistura asfáltica não deve apresentar quantidade inadequada de ligante, pois a falta ou o excesso de asfalto geralmente são a causa de defeitos que surgem na superfície do pavimento. Essas patologias acabam proporcionando um baixo desempenho do pavimento, que deve sempre fornecer conforto, segurança e economia para os usuários. Alguns problemas podem surgir também em função de materiais de baixa qualidade. Baseado neste contexto, o trabalho pretende analisar as vantagens e desvantagens da utilização deste material e avaliar tecnicamente a viabilidade deste uso. Em um comparativo com projetos realizados com o asfalto convencional, a aplicação do asfalto borracha mostrou-se financeiramente mais viável à longo prazo.

**Palavras-Chave:** Asfalto-borracha, pavimentos rodoviários, pavimentação asfáltica, borracha de pneus.

## **ABSTRACT**

The present work pretends to contribute to a better understanding of the use of residue rubber tires as an input for paving within the civil engineering, to help to a better performance of asphalt pavements, as well as giving an environmentally appropriate destination for old tires. The desirability of providing an ecological adequate disposal to waste tires and improvement technique that combines the asphalt binder, with its modification provided by rubber, are the great motivators of using this type of ligand. It is known that an asphalt mixture should not present inadequate amount of ligand, as a lack or excess asphalt are usually the cause of defects that appear in surface. These defect provide a low-end performance of the pavement, which should always provide comfort, security and cost savings for users. Some problems can also arise because of low quality materials. Based on this context, this works pretends to analyze the advantages and disadvantages of using this material and evaluate the technical viability of this use. In a comparative study with projects carried out with conventional asphalt, application of rubberized asphalt proved to be more financially viable in long term

**Keywords:** Rubber asphalt, road paving, asphalt paving, rubber tires.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - VANTAGEM DO USO DO ASFALTO BORRACHA - APROVEITAMENTO DE PNEUS USADOS.....	27
FIGURA 2 – TRINCA TRANSVERSAL .....	31
FIGURA 3 – TRINCA LONGITUDINAL .....	31
FIGURA 4 - TRINCA "COURO DE JACARÉ" .....	32
FIGURA 5 – TRINCA TIPO BLOCO .....	33
FIGURA 6 – AFUNDAMENTO DE TRILHO DE RODA.....	33
FIGURA 7 – ONDULAÇÃO .....	35
FIGURA 8 – ESCORREGAMENTO .....	36
FIGURA 9 – EXSUDAÇÃO .....	37
FIGURA 10 - DESGASTE .....	38
FIGURA 11 – PANELA OU BURACO .....	38
FIGURA 12- PAVIMENTAÇÃO COM RECAPEAMENTO EM CONCRETO ASFÁLTICO COM LIGANTE DE BORRACHA EM CURITIBA .....	44
FIGURA 13 - PAVIMENTAÇÃO COM RECAPEAMENTO EM CONCRETO ASFÁLTICO COM LIGANTE DE BORRACHA EM CURITIBA .....	45
FIGURA 14 - COMPARAÇÃO DO ASFALTO COMUM COM O RECAPEAMENTO COM LIGANTE DE BORRACHA .....	45
FIGURA 15 - RECAPEAMENTO APÓS PASSAGEM DE DUTOS DE GÁS EM RUA DE CURITIBA .....	46
FIGURA 16 - ESTRUTURA FÍSICA DO ASFALTO COM LIGANTE DE BORRACHA.....	46
FIGURA 17 - TRECHO 1 CAP 50/70: FISSURAS LONGITUDINAIS E TRANSVERSAIS .....	50
FIGURA 18 - TRECHO 1 CAP 50/70: TRINCAS LIGADAS.....	51
FIGURA 19 - TRECHO 1 CAP 50/70: TRINCAS INTERLIGADAS - "COURO DE JACARÉ".....	51
FIGURA 20 - TRECHO 1 AB8: REMENDO DE PANELAS E/OU BURACOS .....	52
FIGURA 21 - TRECHO 1 AB8: TRECHO SEM DEFEITOS .....	52
FIGURA 22 - TRECHO 1 AB8: TRECHO SEM DEFEITOS .....	53
FIGURA 23 - TRECHO 1 AB8: TRINCA LONGITUDINAL ASSOCIADA A TRABALHABILIDADE DO PAVIMENTO.....	53
FIGURA 24 - TRECHO 2 CAP 50/70: TRINCAS INTERLIGADAS E REMENDOS .....	54
FIGURA 25 - TRECHO 2 CAP 50/70: TRINCAS INTERLIGADAS E REMENDOS.....	54
FIGURA 26 - TRECHO 2 CAP 50/70: REMENDOS EM BURACOS E TRINCAS INTERLIGADAS.....	55
FIGURA 27 - TRECHO 2 CAP 50/70: TRINCAMENTO TIPO COURO DE JACARÉ ASSOCIADO COM AFUNDAMENTO.....	55
FIGURA 28 - TRECHO 2 CAP 50/70: TRINCAMENTO LONGITUDINAL E INTERLIGADO .....	56
FIGURA 29 - TRECHO 2 CAP 50/70: VISÃO GERAL.....	56
FIGURA 30 - TRECHO 2 CAP 50/70: DESAGREGAMENTO DE CBUQ.....	57
FIGURA 31 - TRECHO 2 AB8: VISÃO GERAL .....	57
FIGURA 32 - TRECHO 2 AB8: PERFIL DO ASFALTO BORRACHA.....	58
FIGURA 33 - TRECHO AB8: VISÃO GERAL .....	58
FIGURA 34 - TRECHO 2 AB8: AFUNDAMENTO E ONDULAÇÃO POR TRILHO DE RODA DEVIDO A FRENAGEM .....	59

## **LISTA DE SIGLAS**

AB – Asfalto-borracha

ANIP – Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos

ASTM – *American Society of Testing and Materials*

CAP – Cimento Asfáltico de Petróleo

CNT – Confederação Nacional dos Transportes

DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem

## LISTA DE GRÁFICO E TABELAS

GRÁFICO 1 – CUSTO DE EXECUÇÃO.....	61
GRÁFICO 2 – CUSTO DE MANUTENÇÃO.....	62
GRÁFICO 3 – CUSTO DE MANUTENÇÃO + EXECUÇÃO.....	63
TABELA 1 - CODIFICAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE FENDAS.....	41

# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
1.1 JUSTIFICATIVA.....	13
1.2 OBJETIVOS .....	14
1.2.1 Objetivo Geral .....	14
1.2.2 Objetivos Específicos .....	14
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>15</b>
2.1 TRANSPORTE .....	15
2.1.1 A importância dos transportes .....	15
2.1.2 Transporte rodoviário.....	16
2.1.3 Transporte rodoviário brasileiro .....	17
2.2 PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS .....	18
2.2.1 Classificação dos pavimentos .....	18
2.3 ASFALTO-BORRACHA.....	19
2.3.1 Histórico .....	19
2.3.2 Matéria-prima .....	21
2.3.3 Tipos de impregnação .....	22
2.3.4 Parâmetros de desempenho .....	23
2.3.5 Propriedades da mistura.....	25
2.3.6 Aplicações experimentais .....	26
2.4 CIMENTO ASFÁLTICO DE PETRÓLEO.....	27
2.4.1 Histórico .....	28
2.5 PATOLOGIAS DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS.....	29
2.5.1 Tipos de degradação dos pavimentos.....	29
2.5.2 Avaliação da qualidade dos pavimentos .....	39
2.6 COMPARATIVO TÉCNICO ENTRE CAP E AB .....	41
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>44</b>
3.1 PESQUISA PRELIMINAR .....	44
3.2 LOCAL DE ESTUDO .....	47
3.3 MÉTODO DE TRABALHO.....	48
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>50</b>
4.1 RESULTADOS .....	50
4.2 ANÁLISE DE CUSTO x VIDA ÚTIL .....	62
4.3 DISCUSSÕES .....	63
<b>5 CONCLUSÕES</b> .....	<b>64</b>
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>65</b>

# 1 INTRODUÇÃO

A construção civil se caracteriza pela modificação da paisagem, consumo de recursos naturais renováveis e não renováveis, levando à geração de resíduos sólidos e emissões de gases a atmosfera com impactos sobre o meio ambiente, à qualidade de vida da população e à infraestrutura existente. Os materiais utilizados na pavimentação asfáltica vêm sofrendo modificações ao longo dos tempos visando uma melhor adequação as atuais necessidades, tais como: maior durabilidade, resistência, qualidade e redução de custos (DI GIULIO, 2007).

A finalidade de uma rodovia é prover um meio seguro, confortável e econômico para o transporte de pessoas e mercadorias, sendo que a construção de uma estrada abre novos horizontes para o desenvolvimento de uma região e permite a consolidação da economia regional (CNT, 2007).

Num país rodoviarista como o Brasil, que transporta 62% de sua carga e 96% de seus passageiros por estradas, a melhoria do sistema viário é urgente não apenas para quem exerce a atividade do transporte, mas para todos os setores da economia e da sociedade em geral, que dela dependem para alcançar níveis satisfatórios de desenvolvimento. É o Brasil quem perde com a desatenção das autoridades e com a falta de técnicos especializados na área (CNT, 2007).

De forma geral, pode-se verificar que em muitos pavimentos, após um curto período de tempo, os defeitos começam a aparecer na superfície de rolamento, causando desconforto, reduzindo a segurança e aumentando os custos para os usuários. Os principais tipos de defeitos que ocorrem nos pavimentos são as trincas por fadiga e o acúmulo de deformação permanente nas trilhas de rodas. Uma das causas da ocorrência acentuada de deformação permanente nas trilhas de roda é a baixa resistência ao cisalhamento das misturas asfálticas, que depende da susceptibilidade térmica do ligante asfáltico e do esqueleto dos agregados minerais (NEVES FILHO, 2004).

Devido a tal problema, viu-se a possibilidade de melhorar os revestimentos asfálticos com a adição de borracha ao ligante. Há pelo menos dez anos os brasileiros trafegam por trechos de rodovias que utilizam o chamado asfalto-borracha. Estima-se em mais de 2,5 mil km de estradas cobertas pelo produto em

todo o país, uma tecnologia bastante disseminada nos Estados Unidos mas ainda uma novidade por aqui.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

O pavimento é uma estrutura oriunda de múltiplas camadas, tais como revestimento, base, sub-base, subleito e reforço do subleito, que tem a função de suportar o tráfego e prover um meio seguro e econômico para o transporte de pessoas e mercadorias (SAMPAIO, 2005). O desempenho de um pavimento é condicionado por um complexo conjunto de fatores, dentre eles a propriedade física, mecânica e química que o constitui.

As camadas de revestimento incluem componentes de alto custo e que merecem atenção, onde deve ser realizada uma análise do custo/ benefício. Os derivados de petróleo e a redução da disponibilidade de materiais naturais, ligados às exigências da construção, estabelecem uma busca por elementos que possam apresentar bom desempenho e custo baixo (WICKBOLDT, 2005).

Segundo Di Giulio (2007), nos últimos tempos aumentaram-se os estudos sobre a incorporação de fragmentos de como ligantes asfálticos. Os resíduos sólidos são resultantes das atividades humanas e da natureza, os quais podem ser utilizados, gerando proteção ao meio ambiente, à comunidade e economia de recursos naturais. O gerenciamento de resíduos sólidos é uma questão de grande importância quando se fala no acúmulo de pneus inutilizados.

De acordo com Sampaio (2005), apesar da utilização da borracha reciclada de pneumáticos inservíveis em pavimento ser uma solução para diminuir o problema e a deposição desse resíduo, cabe salientar que a inclusão desse material na construção civil é uma melhoria na propriedade dos materiais de pavimentação.

Com os mesmos propósitos este trabalho pretende contribuir para uma melhor compreensão do uso da borracha de pneus inutilizáveis como insumo de pavimentação dentro da engenharia civil contribuindo para um melhor desempenho do asfalto convencional, além de dar uma destinação ambientalmente adequada aos pneus velhos.

A importância deste trabalho justifica-se por acreditar que a utilização da borracha de pneu inservível contribui na maior durabilidade do pavimento e

colabora na preservação do meio ambiente. O estudo dos ligantes asfálticos apresenta necessidade de desenvolvimento e viabilização na utilização de novos produtos capazes de tornar o pavimento mais econômico e seguro a população. Assim sendo, compreendendo que a borracha de pneu pode contribuir na diminuição de custos para as empresas de engenharia, a partir do gerenciamento de resíduos sólidos, desta forma, pode-se minimizar os efeitos traumáticos dos resíduos sólidos para o meio ambiente.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

Analisar através da comparação de custos de execução e manutenção a viabilidade da substituição do cimento asfáltico de petróleo (CAP) pelo asfalto-borracha em pavimentos rodoviários.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

Constituem-se objetivos específicos do trabalho:

- a) Especificar as características técnicas e de resistência que o asfalto-borracha possui;
- b) Especificar as características técnicas e de resistência que o cimento asfáltico de petróleo possui;
- c) Comparar as características de execução do asfalto-borracha em relação a técnicas tradicionais de pavimentação;
- d) Comparar as características de manutenção do asfalto-borracha em relação a técnicas tradicionais de pavimentação;
- e) Apresentar propostas de melhoria de divulgação e utilização do material a partir de uma análise sistêmica.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 TRANSPORTE

Para Rodrigues (2005), o transporte é uma variável importante para questões logísticas, e com ela que é possível fazer acontecer todas as atividades planejadas por diversos seguimentos, contribuindo para a economia. Além disso, acarreta grande custo na atividade logística, como custo de frete, custo de manutenção de equipamentos, multas sobre atrasos, e com isso, é necessário que haja um excelente planejamento de toda sua infraestrutura, para que resulte em execução proveitosa e efetiva para diversas partes interessadas na realização das atividades de transporte de um país.

De acordo com Ballou (1993) existem atividades chaves para a logística, que são classificadas como atividades primárias, pois constituem na maior parte do custo total e são fundamentais para as atividades logísticas. São elas: transporte, manutenção de estoque e processamentos de pedidos.

Especificamente, um sistema melhor de transporte contribui para aumentar a competição no mercado, para garantir a economia de escala de produção, e para reduzir os processos das mercadorias (BALLOU, 1993).

#### 2.1.1 A importância dos transportes

O sistema de transporte, segundo Ramalho (2009), é fundamental para a economia de um país, sem o mesmo, um produto dificilmente chegaria ao seu destino final, as indústrias não funcionariam, pois não teriam acesso à matéria-prima, e conseqüentemente, não teriam as condições de escoar sua produção, é o que viabiliza qualquer seguimento.

A situação atual da matriz de transporte do Brasil é totalmente desequilibrada, resultado na perda da competitividade para as empresas nacionais, na qual a ineficiência dos modos de transporte gera um elevado custo ao Brasil. Ainda para Ramalho (2009), a falta de planejamento e de investimentos do setor de

transportes de cargas implica em uma incapacidade de acompanhar a demanda nacional.

### 2.1.2 Transporte rodoviário

Os cinco modais de transporte básico são o ferroviário, rodoviário, aquaviário, dutoviário e o aéreo. A importância de cada modelo pode ser observada pela distância coberta pelo sistema, pelo volume de tráfego, pela receita e pela natureza da composição do tráfego. (BOWERSOX, 2001).

Para Rodrigues (2005), o transporte rodoviário é um dos mais simples e eficientes. Sua única exigência é a existência de rodovias. Porém, este modo apresenta um elevado consumo de combustível (tonelada de óleo diesel por km transportado).

O transporte rodoviário é recomendado para curtas e médias distâncias e de maior valor agregado. Sua grande vantagem segundo Ramalho (2005), é que permite o estabelecimento de rotas flexíveis. Trata-se de um importante modal na realização das atividades porta a porta.

Rodrigues (2005) destaca as vantagens e desvantagens do transporte rodoviário, como descrito abaixo:

#### Vantagens:

- Maior disponibilidade de vias de acesso;
- Rápidos embarques e partidas;
- Favorece o embarque de pequenos lotes;
- Facilidade de substituir o veículo em caso de quebra ou acidente;
- Maior rapidez de entrega.

#### Desvantagens:

- Maior custo operacional e menor capacidade de carga;
- Nas épocas de safras provoca congestionamentos nas estradas;
- Desgasta prematuramente a infraestrutura da malha rodoviária.

### 2.1.3 Transporte rodoviário brasileiro

De acordo com Rodrigues (2005), o transporte rodoviário brasileiro começou com a construção em 1926 da Rodovia Rio - São Paulo, a única pavimentada até a década de 40. Até o início da década de 50, as rodovias existentes no Brasil eram altamente precárias.

De acordo com a CNT (2007), a matriz de transporte, em sua maior parte, é voltada para o modal rodoviário, devido aos fatores culturais e baixo investimento nos outros tipos de modais.

Pela elevada flexibilidade, segundo Rodrigues (2005), este modelo é indicado para a distribuição urbana, na qual o transporte são de pequenas distâncias, além de possibilitar a conexão com outros modos de transporte.

O modelo rodoviário é o que tem maior expressão no Brasil, e atingem praticamente todos os pontos do território nacional. Com a implantação da indústria automobilística na década de 50, e com a pavimentação das principais rodovias, o modo rodoviário se expandiu tanto que hoje é o que domina o país (RAMALHO, 2009).

A realização da distribuição de carga através do modo rodoviário é feita ainda em boa parte no Brasil, durante o dia, congestionando as principais artérias das grandes cidades, aumentando os níveis de poluição, resultando em um desempenho medíocre e aumentando assim o desgaste das frotas. Ao contrário de países desenvolvidos, na qual a distribuição física é realizada durante a noite, melhorando a produtividade, diminuindo o custo com a manutenção e desafogando o fluxo durante o dia (RODRIGUES, 2005).

O desenvolvimento econômico político e social de um país estão ligados ao seu sistema de transportes. Para Ramalho (2009), o modal rodoviário é fundamental para o acesso de produtos e passageiros aos principais pontos de coleta e distribuição, garantindo assim, a integração entre portos, ferrovias, hidrovias e aeroportos.

Em razão das características do território nacional, e da necessidade de solidificação de seu desenvolvimento econômico, é fundamental para o país conservar e ampliar sua malha rodoviária, de modo que garanta o aumento do nível de serviço do transporte à redução de índices de acidentes e, conseqüentemente, reduzir os custos (CNT, 2007).

## 2.2 PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS

O pavimento é estrutura projetada para suportar impactos provocados pelo tráfego de veículos automotores pelas variações climáticas e pelas chuvas, oferecendo, assim condições de conforto e segurança aos usuários (CNT, 2007).

Segundo Pinto *et al* (2002), pavimento rodoviário é uma estrutura constituída por uma ou mais camadas, como características para receber as cargas aplicadas na superfície e distribuídas de modo que as tensões resultantes fiquem abaixo das tensões admissíveis dos materiais que constituem a estrutura.

Para Medina (1997) pavimento flexível é aquele constituído por um revestimento betuminoso sobre a base granular ou de solo estabilizado granulometricamente. Já para Pinto *et al* (2002) é aquele em que todas as camadas sofrem uma deformação elástica significativa sob o carregamento aplicado e, portanto, a carga se distribui em parcelas aproximadamente equivalentes entre as camadas.

A qualidade dos pavimentos é bastante influenciada pelo tipo de revestimento e materiais utilizados. A busca de novas alternativas para a construção civil é imperativa, dada à escassez de materiais naturais e ao aumento de custos dos materiais de construção (LASTRAN, 1998).

### 2.2.1 Classificação dos pavimentos

De acordo com Pinto *et al* (2002) o pavimento está classificado em duas classes sendo eles os flexíveis e os rígidos.

Para o mesmo autor, o pavimento flexível é o pavimento em que todas as camadas sofrem deformação elástica sob o carregamento aplicado, e portanto, a carga se distribui em parcelas aproximadamente equivalente entre as camadas. Os principais materiais constituintes são, material asfáltico, agregado graúdo e agregado miúdo.

Os principais materiais constituintes são o material asfáltico, agregado graúdo, e agregado miúdo (BIANCHI *et al.*, 2008).

O pavimento rígido possui uma elevada rigidez em relação às camadas inferiores, e portanto, absorve praticamente todas as tensões provenientes do

carregamento aplicado. Dentre os materiais constituintes do asfalto rígido, são: Cimento Portland, agregado graúdo, agregado miúdo, água tratada, aditivos químicos, fibras, selante de juntas, material de enchimento de juntas e aço.

Dentre os principais constituintes do asfalto rígido, estão o cimento Portland, agregado graúdo, agregado miúdo, água tratada, aditivos químicos, fibras (plástico ou aço), selante de juntas (moldado), material de enchimento de juntas (fibras ou borracha), e aço (BIANCHI *et al.*, 2008).

## 2.3 ASFALTO-BORRACHA

Para Wickboldt (2005), a incorporação de borracha de pneus inservíveis em revestimentos asfálticos de pavimentos rodoviários e urbanos tem sido empregada há décadas no exterior. Pesquisas e aplicações de numerosas técnicas utilizando asfalto-borracha são uma realidade incontestável em alguns estados americanos.

Oda (2000), descreve que a aplicação do ligante asfalto-borracha tem sido feita em diversos serviços de pavimentação, como selagem de trincas, tratamentos superficiais, camadas intermediárias entre pavimento existente e a camada de reforço e em concreto asfáltico usinado à quente. Apesar da ocorrência de defeitos na superfície de rolamento, de uma maneira geral os resultados são positivos.

### 2.3.1 Histórico

Historicamente o asfalto-borracha começou na década de 40, quando a Companhia de Reciclagem de Borracha, U.S. *Ruber Reclaiming Company*, introduziu no mercado um produto composto de material asfáltico e borracha desvulcanizada reciclada denominada *Ramflex<sup>TM</sup>* (WICKBOLDT, 2005).

Charles H. MacDonald, considerado o pai do Asfalto-borracha nos Estados Unidos, em 1963 desenvolveu um material altamente elástico para ser utilizado na manutenção de pavimentos asfálticos. O produto era composto de ligante asfáltico e 25% de borracha moída de pneu (de 0,6 a 1,2 mm), misturados à

190°C durante 20 minutos, para ser utilizado em remendos conhecidos como “band-aid” (WICKBOLDT, 2005).

Charles McDonald atravessava os Estados Unidos em um trailer para inspecionar rodovias quando utilizou uma mistura de pó de pneu com asfalto para selar trincas no teto do seu veículo. Ele observou que, com o passar do tempo, a mistura emborrachada não oxidava, ao contrário daquelas com asfalto convencional. O engenheiro, então, experimentou a mistura de pó de pneu e asfalto quente para os usuais serviços de tapa-buracos. Em 1963, começaram a ser publicados os primeiros artigos científicos apontando para as qualidades do novo material que surgia. (SPECHELT, 2004).

Segundo a *Rubber Pavement Association-RPA* (2001), a utilização de misturas com asfalto emborrachado tem demonstrado que estas apresentam uma performance muito superior às das misturas convencionais. Deste modo, as especificações da Califórnia chegam a permitir uma redução de 50% na espessura das camadas betuminosas quando este produto é utilizado.

Na Flórida, desde a implantação, em 1994, até 1999, mais de 2,7 milhões de toneladas de misturas asfálticas modificadas com borracha foram empregados na execução de pavimentos (CHOUBANE *et al.* 1999).

No Estado do Arizona, em torno de 90% dos serviços de pavimentação é feita com asfalto-borracha. Na Califórnia, o asfalto-borracha é aplicado em capas selantes, em membranas absorvedoras de tensão e como selante de trincas e juntas (SHATNAWI *et al.* 2000).

Devido à importância ambiental em se encontrar alternativas para o consumo dos pneus usados, em 1991 o ISTEA (*Intermodal Surface Transportation Efficiency Act - EUA*) determinou a utilização de borracha de pneus em pavimentos asfálticos (EPPS, 1994).

A partir do ano de 1999 começam os estudos e pesquisas sobre o asfalto modificado por borracha (AMB) no Brasil. Os primeiros estudos tinham como foco a utilização da borracha como meio de aprimorar e melhorar as qualidades do asfalto comum. Em 2001, após pesquisas, houve a primeira utilização do AMB no Brasil. A primeira aplicação ocorreu em 17 de agosto, no quilômetro 319 da BR 116, rodovia sob concessão da Univas. O trecho escolhido fica entre Guaíba e Camaquã, no Rio Grande do Sul (INFORMATIVO QUADRIMENSTRAL GRECA ASFALTOS, 2011).

De acordo com Di Giulio (2007) no Brasil, o uso da borracha em pavimentação asfáltica foi aprovada em 1999, por Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama nº 258, de agosto de 1999). Entretanto, a Resolução é mais forte no que se refere à instituição da responsabilidade, ao produtor e importador, pelo ciclo total dos pneus, proibindo a sua destinação inadequada e obrigando os fabricantes e importadores a coletarem e darem destino final de forma ambientalmente correta aos produtos que colocam no mercado. Este papel é cumprido, basicamente, pela Associação Nacional das Indústrias de Pneumáticos (Anip) que, desde 2000, tomou para si a responsabilidade pela coleta dos pneus inservíveis (sem condições de rodagem ou de reforma) e criou os chamados ecopontos — são 220 postos para coletas de pneus espalhados em várias cidades por todo o país.

Formada pela dezena das maiores empresas fabricantes de pneus novos instaladas no Brasil, a Anip, além de recolher e destinar os pneus à reciclagem, também acompanha com interesse as pesquisas e projetos voltados à utilização de borracha em pavimentos asfálticos (DI GIULIO, 2007).

Hoje, os custos de investimento para esse tipo de asfalto ainda são altos. Mas considerando a técnica promissora, já que deve proporcionar maior durabilidade, menor ruído e menor manutenção (WICKBOLDT, 2005).

As misturas asfálticas com borracha são, normalmente, produzidas com restos ou resíduos de borracha e são obtidas por meio de várias técnicas, incluindo o processo seco e úmido. Essas misturas podem conter aditivos ou modificadores como diluentes e óleos, entre outros.

No dia 24/12/2008 a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP, regulamentou a utilização dos cimentos asfálticos de petróleo modificados por borracha moídas de pneu, Asfaltos Borracha.

### 2.3.2 Matéria-prima

O desmonte dos pneus, segundo Specht (2004), pode ser feito de várias maneiras, incluindo o cisalhamento (corte em pequenos fragmentos) mecânico da borracha à temperatura ambiente, o congelamento do material e

posterior cisalhamento e o processo de extrusão com o uso de aditivos. Outra maneira de se obter borracha granulada é o reaproveitamento da raspa proveniente da preparação dos pneumáticos para recauchutagem.

Ainda de acordo com o pesquisador, além dos processos seco e úmido, existe um terceiro, denominado processo misto, no qual a mistura é feita de forma semelhante ao da via seca, porém com o uso do ligante modificado com borracha. A melhor interação entre os ligantes modificados e os grânulos de borracha leva a concretos asfálticos de boa qualidade e com um grande consumo de borracha, o que torna o processo misto bastante atrativo do ponto de vista ambiental.

A modificação dos ligantes asfálticos utilizados em pavimentação, com adição de borracha de pneus é considerada uma alternativa atraente para o melhoramento das propriedades dos materiais betuminosos, já que o resultado final é um revestimento com características técnicas superiores às verificadas em misturas asfálticas convencionais (NEVES FILHO, 2004).

Segundo Wickboldt (2005) a borracha constituinte do pneu possui excelentes propriedades físico-químicas para ser incorporada ao ligante convencional, trazendo uma série de melhorias que se refletem diretamente na durabilidade do pavimento, a saber: a incorporação de agentes antioxidantes e inibidores da ação de raios ultravioletas que diminuem, sensivelmente o envelhecimento do Cimento Asfáltico de Petróleo, o aumento da resistência à ação química de óleos e combustíveis, a diminuição da suscetibilidade térmica, o aumento da deformação da tração admissível (melhorando o comportamento à fadiga), aumento da deformação elástica instantânea e a diminuição da deformação permanente (ângulo de defasagem).

### 2.3.3 Tipos de impregnação

De acordo com Wickboldt (2005), as formas mais comuns para adição de borracha de pneus às misturas asfálticas se dão através das seguintes maneiras:

- Via Seca: a borracha é introduzida diretamente no misturador da usina de asfalto. Neste caso a borracha entra como um agregado na mistura. A transferência de propriedades importantes da borracha ao

ligante é prejudicada, embora seja possível agregar melhorias à mistura asfáltica, desde que na sua fabricação seja possível obter uma mistura homogênea. No processo seco, os grânulos da borracha representam de 0,5 a 3,0% da massa do agregado.

- Via Úmida: a borracha é previamente misturada ao ligante, modificando-o permanentemente. Nesta modalidade ocorre a transferência mais efetiva das características de elasticidade e resistência ao envelhecimento para o ligante asfáltico original. No processo úmido o pó de pneu representa aproximadamente 15% da massa do ligante ou menos que 1,5% da massa da mistura.

O problema de compatibilidade entre o tipo de polímero modificador, inclusive a borracha moída de pneu e o ligante tradicional, deve ser mencionado. Segundo Wickboldt (2005) normalmente em nosso país, o ligante tradicional precisa ser compatibilizado para receber a borracha moída de pneu. A característica ou estabilidade de um ligante modificado requer que, o asfalto base utilizado como matéria-prima possua uma relação asfaltenos/aromáticos dentro de uma determinada faixa. Se o ligante base não possuir esta compatibilidade com a borracha moída de pneu, ele deve ser preparado por meio de adição de insumos especiais, para somente depois receber a borracha moída de pneu.

#### 2.3.4 Parâmetros de desempenho

Specht (2004) cita fatores que influenciam no desempenho de cada camada asfáltica:

- Característica dos materiais utilizados;
- Dosagem
- Condições de compactação;
- Processo construtivo;
- Plano de manutenção e restauração;

Segundo Rodrigues (2005), o ligante modificado por borracha granulada de pneus ou simplesmente asfalto-borracha, apresenta as seguintes características:

- Redução da suscetibilidade térmica: misturas com ligantes AB são mais resistentes às variações de temperatura, ou seja, o seu desempenho tanto a altas como a baixas temperaturas é melhor quando comparado com pavimentos construídos com ligante convencional;
- Aumento de flexibilidade, devido a maior concentração de elastômeros na borracha de pneus;
- Melhor adesividade aos agregados;
- Aumento da vida útil do pavimento;
- Maior resistência ao envelhecimento: a presença de antioxidantes e carbono na borracha de pneus auxiliam na redução do envelhecimento por oxidação;
- Maior resistência à propagação de trincas e a formação de trilhas de roda;
- Permite a redução de espessura do pavimento;
- Proporciona melhor aderência pneu-pavimento;
- Redução do ruído provocado pelo tráfego entre 65 e 85%.

O processo úmido é o que dá origem ao ligante denominado asfalto-borracha, definido pela Norma Americana ASTM D 6114-97 como uma mistura de cimento asfáltico, borracha de pneu reciclada e certos aditivos, dos quais o percentual de borracha deve ser pelo menos 15% em peso do total da mistura e sofrer reação com ligante asfáltico aquecido da forma a causar um inchamento das partículas de borracha.

Segundo Oda (2000), quando comparado com ligante convencional, pode verificar-se que a quantidade de AB necessária para uma determinada mistura é maior, o que justifica o problema de exsudação, mas ao mesmo tempo proporciona uma maior durabilidade à mistura asfáltica. Sem dúvida esta é uma excelente alternativa para a redução do grave problema ambiental, mas ainda

existem obstáculos ao emprego dessa tecnologia, principalmente de origem econômica, pois a trituração de pneus representa um custo relativamente alto.

### 2.3.5 Propriedades da mistura

Epps (1994) revisou o estado-da-prática da utilização de resíduos de pneus na engenharia rodoviária e da aplicação do pó em misturas asfálticas traçando as seguintes considerações a respeito das propriedades da mistura:

- Estabilidade e fluência: com relação ao projeto da mistura seguindo a metodologia Marshall, os valores de estabilidade podem ser reduzido e de fluência aumentados;
- Módulo de resiliência e resistência à tração: os valores de módulo de resiliência e a resistência à tração podem aumentar ou diminuir, dependendo das condições particulares da mistura (granulometria dos agregados, % borracha, entre outros);
- Deformação permanente: não há consenso a respeito do efeito da borracha na deformação permanente, há experiência positivas;
- Fadiga: a vida de fadiga é melhorada quando o farelo de borracha é adicionado às misturas asfálticas;
- Trincamento térmico: há um aumento na resistência ao trincamento térmico. As características da mistura tem papel importante neste aspecto do comportamento em serviço;
- Abrasão superficial: no estado da Califórnia é reportado melhoramento nas características de resistência à abrasão superficial;
- Susceptibilidade à água: a susceptibilidade à água pode ser um problema quando a borracha é adicionada à mistura;
- Atrito: em geral a presença de borracha reduz o atrito.

Para Specht (2004), a adição de 12 a 18% de borracha no ligante, leva a produção de misturas com maior resistência a fratura, a deformação permanentes e maior durabilidade.

### 2.3.6 Aplicações experimentais

Segundo Di Giulio (2007) a concessionária Colinas, empresa que implantou a restauração com esse tipo de asfalto, em regime experimental, em dois trechos das rodovias que administra, optou por estudar essa tecnologia visando agregar as vantagens do AB ao seu sistema rodoviário. Para isso, conta com parcerias com a Universidade de São Paulo (USP), e as empresas Falcão Bauer, Petrobras e Greca Asfaltos. O primeiro trecho a receber o novo pavimento, em setembro de 2002, foi a rodovia SP 075, entre os quilômetros 18 e 19 (pista sul) — a chamada Rodovia do Açúcar.

A escolha se deveu ao grande volume de veículos que passam pelo local diariamente. Além disso, a rodovia tem uma vocação de tráfego pesado, o que confere uma solicitação de considerável desempenho e performance ao pavimento. O outro trecho que recebeu a aplicação em agosto de 2005 foi a SP 127, entre os quilômetros 101 e 105 — na Rodovia Antonio Romano Schincariol.

Segundo Di Giulio (2007) a idéia da concessionária é analisar as curvas de desempenho dessas misturas com asfalto-borracha — com análises dos trechos experimentais e estudos em laboratório — para que a equação desempenho x custo torne viável a adoção desse tipo de asfalto. Os resultados obtidos pela concessionária têm sido positivos. O desempenho e a aceitação por parte dos usuários têm sido excelentes para os dois trechos.

Ainda segundo Di Giulio (2007) a boa receptividade tem sido comprovada também pela empresa Greca Distribuidora de Asfaltos Ltda. Como uma das primeiras a usar o asfalto-borracha em rodovias brasileiras, a empresa já aplicou a técnica em quase 2 mil km de pavimentação, com resultados animadores.

Dentre as produtoras, a Greca Distribuidora de Asfaltos Ltda. e a CBB Asfaltos, ambas de Curitiba, fazem o asfalto-borracha pelo sistema úmido, conhecido como terminal blend. Nesse processo, o ligante é produzido em uma fábrica própria para tal e depois o asfalto é distribuído para várias empreiteiras, que realizam a pavimentação.

O asfalto produzido pela empresa já está presente em rodovias localizadas nos estados do Rio Grande do Sul, Paraná, Rio de Janeiro, Minas Gerais e São Paulo. Neste último, aliás, está a maior obra brasileira com esse tipo de pavimentação. Trata-se do Sistema Anchieta-Imigrantes, administrado pela

concessionária Ecovias. Nela, o asfalto-borracha é aplicado com uma faixa de agregados diferenciados (técnica baseada em normas vigentes no estado da Califórnia), que tornam o pavimento mais rugoso. A rugosidade melhora a estabilidade da pista em situações de velocidade e também impede a hidroplanagem causada por excesso de água na pista.

Desde 1998 a empresa pesquisa a tecnologia, desenvolvendo produtos levando em conta as características desse tipo de asfalto e do tipo de borracha existente no Brasil. Também levam em conta a condição climática e as características das rodovias. A liga asfáltica é feita com tecnologia totalmente brasileira. A empresa mantém convênio de cooperação técnica com a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e realiza ensaios de ligantes e de misturas asfálticas nos laboratórios da USP e do Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-graduação e Pesquisa de Engenharia (Coppe), no Rio de Janeiro.



**FIGURA 1 - VANTAGEM DO USO DO ASFALTO BORRACHA - APROVEITAMENTO DE PNEUS USADOS**

**FONTE: GRECA ASFALTOS (2011)**

## 2.4 CIMENTO ASFÁLTICO DE PETRÓLEO

O cimento asfáltico é especificamente obtido para apresentar características adequadas à pavimentação, podendo ser obtido por destilação do petróleo em refinarias ou do asfalto natural encontrado em jazidas. O cimento asfáltico oriundo petróleo recebe o símbolo CAP enquanto o natural identificado por CAN (IME, 2011).

Segundo Brulé (1974), quimicamente o CAP é definido como um sistema coloidal constituído por micelas de asfaltenos dispersadas em um meio intermicelar oleoso, formado pela mistura de óleos aromáticos e saturados, chamados maltenos. Os métodos de separação do CAP em frações têm um ponto comum que é a separação da parte sólida do CAP (os asfaltenos) pela adição de um solvente que dissolva os maltenos e não dissolva os asfaltenos. Utilizam-se de uma propriedade fundamental dos sistemas coloidais, que é a destruição de sua estabilidade pela eliminação da camada de proteção das micelas, que faz com que elas se associem e precipitem pela ação da gravidade. A estabilidade de uma micela é dada por uma camada de agente peptizante ou por camadas de solvatação, bastando eliminar a proteção, para que a micela sedimente. Tal procedimento é feito através da adição de um solvente que seja afim ao meio de dispersão e a camada de proteção, e que não tenha nenhuma afinidade por micela. As micelas constituídas fundamentalmente por aromáticos, devido a sua alta relação C/H. Sua separação se dá pela adição de alcanos leves. Uma vez separada a fase micelar (asfaltenos), a fase intermicelar (maltenos) fica solúvel no solvente usado e pode então ser dividida em subgrupos (TOMÉ *et al.* 2005)

O Cimento Asfáltico de Petróleo – CAP – Asfalto Convencional, será utilizado para comparação neste trabalho. Dentro das especificações da ANP, Regulamento Técnico 03/2005, tem-se 4 tipos de CAP: CAP-30/45, CAP-50/70, CAP-85/100 e CAP-150/200. Novamente o mais utilizado no mercado será o fruto deste estudo: CAP-50/70. A nomenclatura de cada tipo de asfalto deve-se à profundidade de penetração de uma agulha de 100g, a 25°C em um intervalo de 5 segundos.

#### 2.4.1 Histórico

De acordo com Battagin (2009) a palavra cimento é originada do latim *caementu*, que designava na velha Roma espécie de pedra natural de rochedos e não esquadrejada. A origem do cimento remonta há cerca de 4.500 anos. Os imponentes monumentos do Egito antigo já utilizavam uma liga constituída por uma mistura de gesso calcinado. As grandes obras gregas e romanas, como o Panteão e o Coliseu, foram construídas com o uso de solos de origem vulcânica da ilha grega

de Santorino ou das proximidades da cidade italiana de Pozzuoli, que possuíam propriedades de endurecimento sob a ação da água.

Segundo Castro (2010) acredita-se que a palavra asfalto seja uma derivação do antigo Acádico “Asphaltic” adotado pelos gregos na época de Homero com o significado de “tornar firme ou estável”. Desde o início de sua utilização até hoje, o asfalto é empregado como cimento para aglutinar, revestir e impermeabilizar objetos. Estes objetos vão desde reservatórios de água e trabalhos em alvenarias à indústria naval. Ainda segundo o autor, o asfalto é um dos produtos mais versáteis da natureza.

Ainda segundo Castro (2010) os primeiros asfaltos ocorriam na natureza e eram encontrados em camadas geológicas, ora como argamassas moles e prontamente utilizáveis, ora como veios negros duros e friáveis de formação rochosas. Estes passaram a ser conhecidos como asfaltos naturais e foram amplamente utilizados até o início do século 20.

## 2.5 PATOLOGIAS DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

### 2.5.1 Tipos de degradação dos pavimentos

Segundo Fontes (2009), durante a vida dos pavimentos flexíveis o aparecimento de degradações contribuem para a perda de sua qualidade. Assim, a velocidade de deterioração de um pavimento varia sobretudo em função dos seguintes fatores:

- Condições ambientais;
- Capacidade de suporte do pavimento e do subleito;
- Qualidade dos materiais utilizados e do processo construtivo;
- Volume de tráfego;
- Carga por eixo do caminhão.

No Brasil, o documento que define os termos técnicos relativos à classificação das degradações que ocorrem nos pavimentos flexíveis e que é utilizado também para padronizar a linguagem adotada na elaboração das normas, manuais, projetos e textos relativos aos pavimentos flexíveis, é a Norma DNIT – TER 005 (2003), Defeitos nos Pavimentos Flexíveis e Semi-Rígidos – Terminologia. Esta

Norma possui anexos, com o quadro resumo das degradações, sua codificação e classificação, a representação das degradações e ilustrações fotográficas das mesmas.

Atualmente, as principais patologias que ocorrem nos pavimentos brasileiros são o fendilhamento por fadiga e afundamentos plásticos (DNIT, 2006). Abaixo serão citadas as patologias de acordo com a Norma DNIT – TER 005 (2003).

#### 2.5.1.1 Fendas

A fenda se traduz como qualquer descontinuidade na superfície do pavimento, que conduza a aberturas de menor ou maior porte, apresentando-se sob as formas de fissura ou de trinca (DNIT,2003).

##### a) Fissura

A fissura é classificada como a fenda de largura capilar existente no revestimento, posicionada longitudinal, transversal ou obliquamente ao eixo da via, somente perceptível à vista desarmada de uma distância inferior a 1,50 m (DNIT,2003).

##### b) Trinca

Fenda existente no revestimento, facilmente visível a vista desarmada, com abertura superior à da fissura, podendo apresentar-se sob a forma de trinca isolada ou trinca interligada (DNIT,2003).

##### c) Trinca isolada

c.1) Trinca transversal: trinca isolada que apresenta direção predominantemente ortogonal ao eixo da via. Quando apresentar extensão de até 100 cm é denominada trinca transversal curta. Quando a extensão for superior a 100 cm denomina-se trinca transversal longa.



**FIGURA 2 – TRINCA TRANSVERSAL**

**FONTE: DNIT (2003)**

c.2) Trinca longitudinal: trinca isolada que apresenta direção predominantemente paralela ao eixo da via. Quando apresentar extensão de até 100 cm é denominada trinca longitudinal curta. Quando a extensão for superior a 100 cm denomina-se trinca longitudinal longa.



**FIGURA 3 – TRINCA LONGITUDINAL**

**FONTE: DNIT (2003)**

c.3) Trinca de retração: Trinca isolada não atribuída aos fenômenos de fadiga e sim aos fenômenos de retração térmica ou do material do revestimento ou do material de base rígida ou semi-rígida subjacentes ao revestimento trincado.

d) Trinca interligada

d.1) Trinca tipo “Couro de Jacaré”: Conjunto de trincas interligadas sem direções preferenciais, assemelhando-se ao aspecto de couro de jacaré. Essas trincas podem apresentar, ou não, erosão acentuada nas bordas.



**Figura 4 - Trinca "couro de jacaré"**

**FONTE: DNIT (2003)**

d.2) Trinca tipo “Bloco”: Conjunto de trincas interligadas caracterizadas pela configuração de blocos formados por lados bem definidos, podendo, ou não, apresentar erosão acentuada nas bordas.



**FIGURA 5 – TRINCA TIPO BLOCO**

**FONTE: DNIT (2003)**

#### 2.5.1.2 Afundamento

Trata-se da deformação permanente caracterizada por depressão da superfície do pavimento, acompanhada, ou não, de levantamento, podendo apresentar-se sob a forma de afundamento plástico ou de consolidação.



**FIGURA 6 – AFUNDAMENTO DE TRILHO DE RODA**

**FONTE: DNIT (2003)**

a) Afundamento plástico

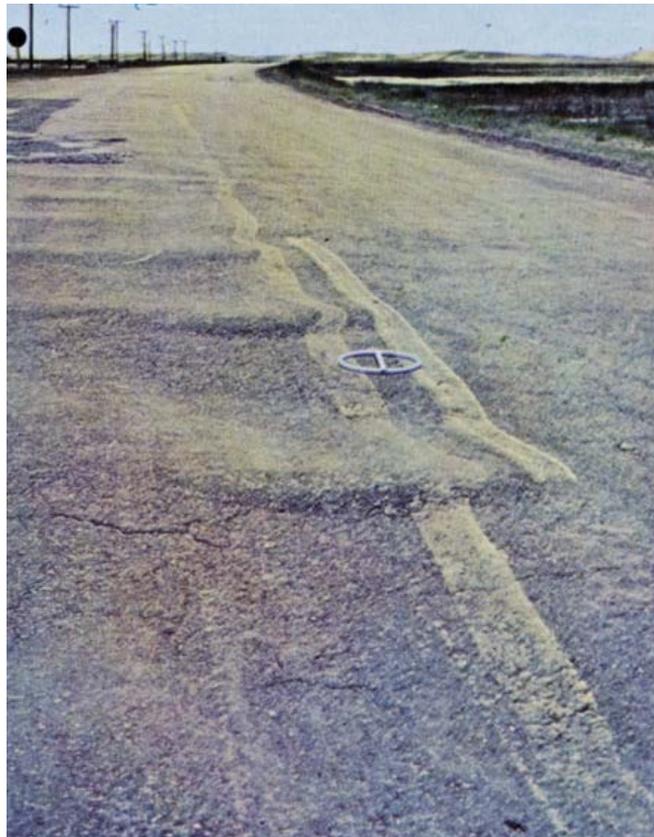
Afundamento causado pela fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito, acompanhado de levantamento. Quando ocorre em extensão de até 6m é denominado afundamento plástico local; quando a extensão for superior a 6m e estiver localizado ao longo da trilha de roda é denominado afundamento plástico da trilha de roda (DNIT, 2006).

b) Afundamento de consolidação

Afundamento de consolidação é causado pela consolidação diferencial de uma ou mais camadas do pavimento ou subleito sem estar acompanhado de levantamento. Quando ocorre em extensão de até 6 m é denominado afundamento de consolidação local; quando a extensão for superior a 6m e estiver localizado ao longo da trilha de roda é denominado afundamento de consolidação da trilha de roda (DNIT, 2003).

### 2.5.1.3 Ondulação ou Corrugação

Deformação caracterizada por ondulações ou corrugações transversais na superfície do pavimento (DNIT, 2003).

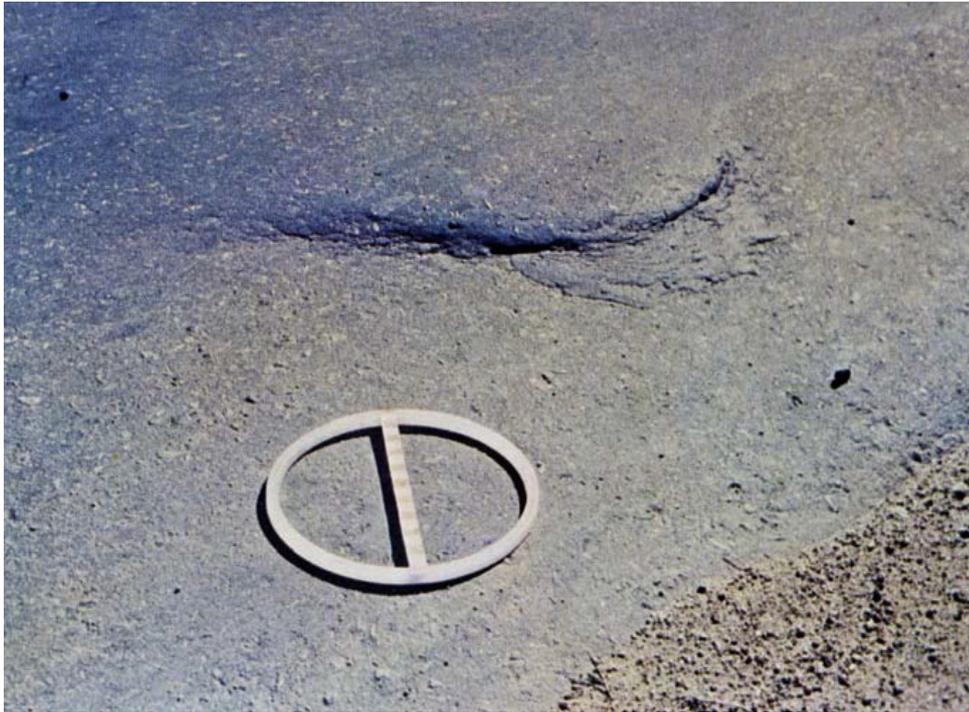


**FIGURA 7 – ONDULAÇÃO**

**FONTE: DNIT (2003)**

#### 2.5.1.4 Escorregamento

Deslocamento do revestimento em relação à camada subjacente do pavimento, com aparecimento de fendas em forma de meia-lua (DNIT, 2003).



**FIGURA 8 – ESCORREGAMENTO**

**FONTE: DNIT (2003)**

### 2.5.1.5 Exsudação

Excesso de ligante betuminoso na superfície do pavimento, causado pela migração do ligante através do revestimento (DNIT, 2003).



**FIGURA 9 – EXSUDAÇÃO**

**FONTE: DNIT (2003)**

### 2.5.1.6 Desgaste

Efeito do arrancamento progressivo do agregado do pavimento, caracterizado por aspereza superficial do revestimento e provocado por esforços tangenciais causados pelo tráfego (DNIT, 2003).



**FIGURA 10 - DESGASTE**

**FONTE: DNIT (2003)**

#### 2.5.1.7 Panela ou buraco

Cavidade que se forma no revestimento por diversas causas (inclusive por falta de aderência entre camadas superpostas, causando o deslocamento das camadas), podendo alcançar as camadas inferiores do pavimento, provocando a desagregação dessas camadas (DNIT, 2003).



**FIGURA 11 – PANELA OU BURACO**

**FONTE: DNIT (2003)**

#### 2.5.1.8 Remendo

Panela preenchida com uma ou mais camadas de pavimento na operação denominada de “tapa-buraco” (DNIT, 2003).

##### a) Remendo profundo

Aquele em que há substituição do revestimento e, eventualmente, de uma ou mais camadas inferiores do pavimento. Usualmente, apresenta forma retangular (DNIT, 2003).

##### b) Remendo superficial

Correção, em área localizada, da superfície do revestimento, pela aplicação de uma betuminosa (DNIT, 2003).

#### 2.5.2 Avaliação da qualidade dos pavimentos

A avaliação da qualidade dos pavimentos rodoviários compreende um conjunto de atividades com o objetivo de conhecer o estado do pavimento e baseia-se na definição de critérios objetivos quanto à análise da interação entre o estado do pavimento e a respectiva capacidade estrutural da estrada. Esta avaliação é realizada mediante procedimentos padronizados (normas técnicas, catálogos ou manuais) de medidas e observações, de modo a quantificar o estado funcional e estrutural do pavimento (FONTES, 2009).

A avaliação do estado (nível de degradação) do pavimento é possível através do conhecimento de parâmetros como fendilhamento, deformações permanentes, irregularidade longitudinal, deflexão, solicitação de tráfego e aderência entre o pneu e o pavimento (FONTES, 2009).

FENDAS				CODIFICAÇÃO	CLASSE DAS FENDAS		
Fissuras				FI	-	-	-
Trincas no revestimento geradas por deformação permanente excessiva e/ou decorrentes do fenômeno de fadiga	Trincas Isoladas	Transversais	Curtas	TTC	FC-1	FC-2	FC-3
			Longas	TTL	FC-1	FC-2	FC-3
		Longitudinais	Curtas	TLC	FC-1	FC-2	FC-3
			Longas	TLL	FC-1	FC-2	FC-3
	Trincas Interligadas	"Jacaré"	Sem erosão acentuada nas bordas das trincas	J	-	FC-2	-
			Com erosão acentuada nas bordas das trincas	JE	-	-	FC-3
Trincas no revestimento não atribuídas ao fenômeno de fadiga	Trincas Isoladas	Devido à retração térmica ou dissecação da base (solo-cimento) ou do revestimento		TRR	FC-1	FC-2	FC-3
	Trincas Interligadas	"Bloco"	Sem erosão acentuada nas bordas das trincas	TB	-	FC-2	-
			Com erosão acentuada nas bordas das trincas	TBE	-	-	FC-3

**TABELA 1 – CODIFICAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE FENDAS**

**FONTE: DNIT (2003)**

As trincas isoladas apresentam direções ortogonais ou transversais ao eixo da via e possuem a seguinte classificação:

- FC-1: são trincas com abertura superior a das fissuras e menores que 1,0 mm;
- FC-2: são trincas com abertura superior a 1,0 mm e sem erosão nos bordos;
- FC-3: são trincas com abertura superior a 1,0 mm e com erosão nos bordos.

O fendilhamento devido aos fenômenos de fadiga resulta dos efeitos cumulativos do carregamento sucessivo, que em sua fase final é caracterizado pelas trincas "couro de jacaré". A trinca tipo "couro de jacaré" é o conjunto de trincas interligadas sem direções preferenciais, assemelhando-se ao aspecto de couro de jacaré. Essas trincas podem apresentar, ou não, erosão acentuada nos bordos (FONTES, 2009)

## 2.6 COMPARATIVO TÉCNICO ENTRE CAP E AB

No que diz respeito às características do asfalto convencional e do asfalto borracha, um dos aspectos relevantes é a formação de trincas e fissuras nos pavimentos. Segundo Bernucci, et. al, (2007) os pavimentos com asfalto borracha têm maior resistência ao trincamento e as deformações permanentes (trilhos de rodas). Isso é possível uma vez que a mistura asfáltica adquire uma parte da capacidade elástica da borracha, e dessa forma, é capaz de deformar na passagem dos veículos e voltar a sua posição inicial, diminuindo assim as deformações indesejáveis (BERNUCCI et al., 2007).

Outro fator importante é que o asfalto borracha devido a algumas substâncias da borracha como o negro de fumo (*black carbon*) protege o asfalto contra o desgaste químico decorrente da exposição do pavimento aos raios infravermelho e ultravioleta que são muito intensos no País, dessa forma, evitando o envelhecimento precoce do asfalto (BERNUCCI et al., 2007).

Outro fator favorável à utilização de asfalto borracha é que permite a construção de pavimentos rugosos, porosos e auto-drenantes, o que diminui o efeito de aquaplanagem causado pelo acúmulo de águas na rodovia (RODOVIAS e VIAS, 2010).

Segundo estudos feitos na UFRGS, pavimentos com asfalto borracha resistem aproximadamente 6 vezes mais à propagação de trincas se comparados a pavimentos convencionais. Neste estudo, o pavimento convencional fadigou devido a trincas após 90 mil ciclos do Simulador de Tráfego DAER/UFRGS, enquanto que o pavimento de asfalto borracha sofreu trincamento com 500 mil ciclos. Isso ocorre devido à capacidade de deformação dos materiais. Enquanto o asfalto convencional não apresenta elasticidade e estabilidade sob condições adversas, o asfalto borracha possui elasticidade e ponto de amolecimento superior, o que permite a construção de pavimentos com melhor desempenho e conseqüentemente maior vida útil (RODOVIAS e VIAS, 2010).

Ainda há outros fatores em que o asfalto borracha é melhor do que o asfalto convencional. O asfalto borracha proporciona uma melhor aderência pneu/pavimento, reduz o ruído em até 85%, reduz o envelhecimento e suscetibilidade térmica, e aumenta a resistência à fadiga e a formação de trilhos de roda, além de proporcionar uma destinação final apropriada aos pneus inservíveis,

ajudando assim o meio ambiente. Embora o ligante com asfalto borracha seja mais caro, esse custo é compensado devido aos baixos custos de manutenção ao longo dos anos (GRECA ASFALTOS, 2003).

Outra característica importante é o envelhecimento do ligante asfáltico que é ocasionado na usinagem da massa asfáltica, que provoca uma redução da ductilidade e da recuperação elástica do ligante. O pavimento constituído por asfalto borracha consegue reduzir o envelhecimento e contribui assim para o enrijecimento do revestimento que, em função da deformabilidade da estrutura subjacente, pode ter sua vida útil reduzida (GRECA ASFALTOS, 2003).

Segundo Zanzotto e Svec (1996) e *Asphalt Rubber Pavement Association* (Apud GRECA ASFALTOS, 2003) o ligante modificado por borracha granulada de pneus ou simplesmente asfalto borracha, apresenta as seguintes características:

- Redução da suscetibilidade térmica: misturas com ligante asfalto borracha são mais resistentes às variações de temperatura, quer dizer, o seu desempenho tanto a altas como a baixas temperaturas é melhor quando comparado com pavimentos construídos com ligante convencional;
- Aumento da flexibilidade, devido á maior concentração de elastômeros na borracha de pneus;
- Melhor adesividade aos agregados;
- Aumento da vida útil do pavimento;
- Maior resistência ao envelhecimento: a presença de antioxidantes e negro de fumo na borracha de pneus auxiliam na redução do envelhecimento por oxidação;
- Maior resistência à propagação de trincas e á formação de trilhas de roda;
- Permite a redução da espessura do pavimento;
- Proporciona melhor aderência pneu-pavimento;
- Redução do ruído provocado pelo tráfego entre 65 e 85%.

Outro aspecto obtido com o acréscimo de borracha ao ligante é a redução da susceptibilidade térmica, uma vez que o asfalto borracha resulta em um ligante mais resistente ás variações de temperatura. Ele é melhor que os pavimentos

convencionais tanto nas altas temperaturas como em baixas temperaturas (CAMBUIM, 2004).

Segundo Bernucci (2007), como desvantagem construtiva, altos teores de borracha levam a altas viscosidades, que comprometem a trabalhabilidade da mistura asfáltica. Além disso, pode-se destacar que as temperaturas de usinagem são pouco maiores em relação ao asfalto convencional. (Greca Asfaltos, 2005).

Outro fator, importante a ser destacado, são os custos de execução, que serão vistos a seguir, que são relativamente maiores se comparados com o asfalto convencional, visto que é uma tecnologia ainda em evolução

Os desempenhos do asfalto borracha e do asfalto convencional podem ser avaliados por meio de diversos ensaios de laboratório como por exemplo: Ponto de Amolecimento; Ductilidade; Adesividade; Viscosidade; Penetração, dentre outros (BERNUCCI et al., 2007).

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

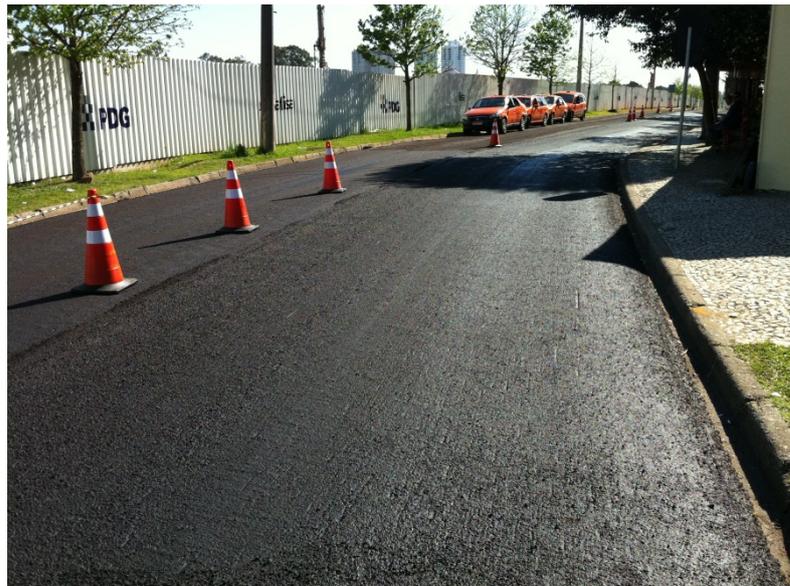
Para realizar o estudo comparativo entre os diferentes tipos de pavimentos rodoviários, além da leitura, estudo e opinião sobre os temas supracitados na revisão bibliográfica, foram estabelecidas as seguintes etapas:

#### 3.1 PESQUISA PRELIMINAR

Para pesquisa preliminar, foi visitada uma obra de recapeamento em concreto asfáltico com ligante em borracha. A obra em questão faz parte da revitalização das ruas de Curitiba e está sendo efetuada pela prefeitura municipal da cidade. A revitalização citada está situada na rua Deputado Heitor Alencar Furtado ao lado do Terminal Campo Comprido.

No local foi conversado com o representante da empresa, responsável pela máquina que aplica o composto asfáltico, que conta com 8 anos de experiência neste serviço. Foi passado que a aplicação do asfalto borracha é mais utilizada em obras de recapeamento do que em obras de pavimentação em si. Além disso, a vida útil com esse tipo de solução é aumentada para aproximadamente 10 anos.

Abaixo seguem as fotos tiradas no local:



**FIGURA 12- PAVIMENTAÇÃO COM RECAPEAMENTO EM CONCRETO ASFÁLTICO COM LIGANTE DE BORRACHA EM CURITIBA**

**FONTE: AUTOR (2011)**



**FIGURA 13 - PAVIMENTAÇÃO COM RECAPEAMENTO EM CONCRETO ASFÁLTICO COM LIGANTE DE BORRACHA EM CURITIBA**

**FONTE: AUTOR (2011)**



**FIGURA 14 - COMPARAÇÃO DO ASFALTO COMUM COM O RECAPEAMENTO COM LIGANTE DE BORRACHA**

**FONTE: AUTOR (2011)**



**FIGURA 15 - RECAPEAMENTO APÓS PASSAGEM DE DUTOS DE GÁS EM RUA DE CURITIBA**  
**FONTE: AUTOR (2011)**



**FIGURA 16 - ESTRUTURA FÍSICA DO ASFALTO COM LIGANTE DE BORRACHA**  
**FONTE: AUTOR (2011)**

### 3.2 LOCAL DE ESTUDO

Para que tenha-se os mesmos parâmetros de análise, se faz necessário que os materiais envolvidos no estudo estejam sob um mesmo cenário. Sendo isto verdadeiro, será analisado um trecho de via que sofreu o mesmo tráfego ao longo de 7 anos.

A via em questão é a Rua Ângelo Domingos Durigan, situada em Curitiba.

Previamente, nesta rua, havia somente um anti-pó do tipo TSB (Tratamento Superficial Betuminoso) que não oferecia resistência alguma. No ano de 2005 toda via foi recuperada. Sendo 2/3 dela em CAP-50/70 e o restante com asfalto-borracha AB8.

Para os dois pavimentos a base foi mantida a mesma. O tráfego sobre as vias também é o mesmo. A única alteração é na camada de recape. Logo, será obedecido ao que foi descrito previamente, ou seja, ter-se-á o mesmo cenário para os 2 materiais estudados.

A camada recomposta nos 2 trechos foi de 30cm. Sendo 20cm com Brita 4A e o restante com Brita Graduada. Os trechos foram imprimados com emulsão asfáltica RM-1C-PM e a brita espalhada com máquina vibro acabadora.

A emulsão asfáltica RM-1C-PM é utilizada em serviços de pavimentação com o emprego de massas asfálticas à frio dos tipos pré-misturados à frio (PMF) de graduações granulométricas: aberta/ drenante, semi-densa e em misturas de areia asfalto à frio (AAF), podendo ainda ser utilizada em serviços de pavimentação por espargimento do ligante asfáltico: capa selante, tratamento anti-pó e pinturas diluídas (banho final e pintura de ligação).

Após a recomposição da base, imprimação e espalhamento das britas, a única alteração de fato foi realizada nos 5cm finais da camada. Ou seja na camada de recape do pavimento. Sendo uma utilizando CAP-50/70 e a outra asfalto-borracha AB8.

Em 2012, após 7 anos de utilização da via, serão comparadas as principais patologias ocorridas, diagnosticar qual uso ocasionou cada alteração e quantificar o custo para recuperação de cada trecho.

Como o tipo de uso das vias é o mesmo e o tempo de utilização também, será utilizado como base os preços praticados no ano de 2012, data corrente do estudo.

Para este estudo comparativo será utilizado o asfalto borracha Ecoflex, produzido pela Greca Asfaltos. O Ecoflex incorpora ao ligante o pó de borracha, resultado final do processamento dos pneus. A utilização deste material confere ao asfalto-borracha as características de flexibilidade e durabilidade oriundas da borracha.

Para tal, em visita a Rua Ângelo Domingos Durigan, foram selecionados 2 trechos de 100 metros para cada tipo de pavimento a ser analisado. Ao total serão estudados 400 metros da via. Foram selecionados os 200 metros que dividem os dois tipos de pavimento a fim de ter o tráfego mais semelhante possível um do outro. Por fim, o outro trecho de 100m foi escolhido aleatoriamente para os dois modelos de pavimentação

### 3.3 MÉTODO DE TRABALHO

Este trabalho compara dois métodos de pavimentação diferentes, então é evidente que os custos dos projetos não serão os mesmos. Para método de comparação serão avaliados os valores investidos e também os custos de manutenção.

Ambas as vias foram executadas no ano de 2005, após 7 anos, na data corrente do estudo, serão analisados os custos de execução e de recuperação da rua. Para estes valores serão utilizadas as tabelas da Prefeitura Municipal de Curitiba, que foi o órgão responsável pela execução da obra em 2005. Como a via é municipal, seria também este órgão responsável pela manutenção.

Os cálculos comparativos serão realizados com base nas estimativas de qual porcentagem de cada trecho, asfalto-borracha e asfalto convencional, deveria ser recuperado após sete anos de uso.

Além disso, para projeção futura de manutenção e execução de novo pavimento os custos fornecidos pela Prefeitura Municipal de Curitiba serão projetados através da taxa referencial de juros (TR) acumulada do ano de 2011, última taxa anual anterior ao período de estudo.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 RESULTADOS

Como previamente citado a via em análise é a rua Ângelo Domingos Durigan. As figuras 17 a 34 mostram o estado de conservação da mesma para cada modelo de pavimentação.



**FIGURA 17 - TRECHO 1 CAP 50/70: FISSURAS LONGITUDINAIS E TRANSVERSAIS**

**FONTE: AUTOR (2012)**



**FIGURA 18 - TRECHO 1 CAP 50/70: TRINCAS LIGADAS**

**FONTE: AUTOR (2012)**



**FIGURA 19 - TRECHO 1 CAP 50/70: TRINCAS INTERLIGADAS - "COURO DE JACARÉ"**

**FONTE: AUTOR (2012)**



**FIGURA 20 - TRECHO 1 AB8: REMENDO DE PANELAS E/OU BURACOS**  
**FONTE: AUTOR (2012)**



**FIGURA 21 - TRECHO 1 AB8: TRECHO SEM DEFEITOS**  
**FONTE: AUTOR (2012)**



**FIGURA 22 - TRECHO 1 AB8: TRECHO SEM DEFEITOS**

**FONTE: AUTOR (2012)**



**FIGURA 23 - TRECHO 1 AB8: TRINCA LONGITUDINAL ASSOCIADA A TRABALHABILIDADE DO PAVIMENTO**

**FONTE: AUTOR (2012)**



**FIGURA 24 - TRECHO 2 CAP 50/70: TRINCAS INTERLIGADAS E REMENDOS**

**FONTE: AUTOR (2012)**



**FIGURA 25 - TRECHO 2 CAP 50/70: TRINCAS INTERLIGADAS E REMENDOS**

**FONTE: AUTOR (2012)**



**FIGURA 26 - TRECHO 2 CAP 50/70: REMENDOS EM BURACOS E TRINCAS INTERLIGADAS**  
**FONTE: AUTOR (2012)**



**FIGURA 27 - TRECHO 2 CAP 50/70: TRINCAMENTO TIPO COURO DE JACARÉ ASSOCIADO COM AFUNDAMENTO**  
**FONTE: AUTOR (2012)**



**FIGURA 28 - TRECHO 2 CAP 50/70: TRINCAMENTO LONGITUDINAL E INTERLIGADO**  
**FONTE: AUTOR (2012)**



**FIGURA 29 - TRECHO 2 CAP 50/70: VISÃO GERAL**  
**FONTE: AUTOR (2012)**



**FIGURA 30 - TRECHO 2 CAP 50/70: DESAGREGAMENTO DE CBUQ**

**FONTE: AUTOR (2012)**



**FIGURA 31 - TRECHO 2 AB8: VISÃO GERAL**

**FONTE: AUTOR (2012)**



**FIGURA 32 - TRECHO 2 AB8: PERFIL DO ASFALTO BORRACHA**

**FONTE: AUTOR (2012)**



**FIGURA 33 - TRECHO AB8: VISÃO GERAL**

**FONTE: AUTOR (2012)**



**FIGURA 34 - TRECHO 2 AB8: AFUNDAMENTO E ONDULAÇÃO POR TRILHO DE RODA DEVIDO A FRENAGEM**

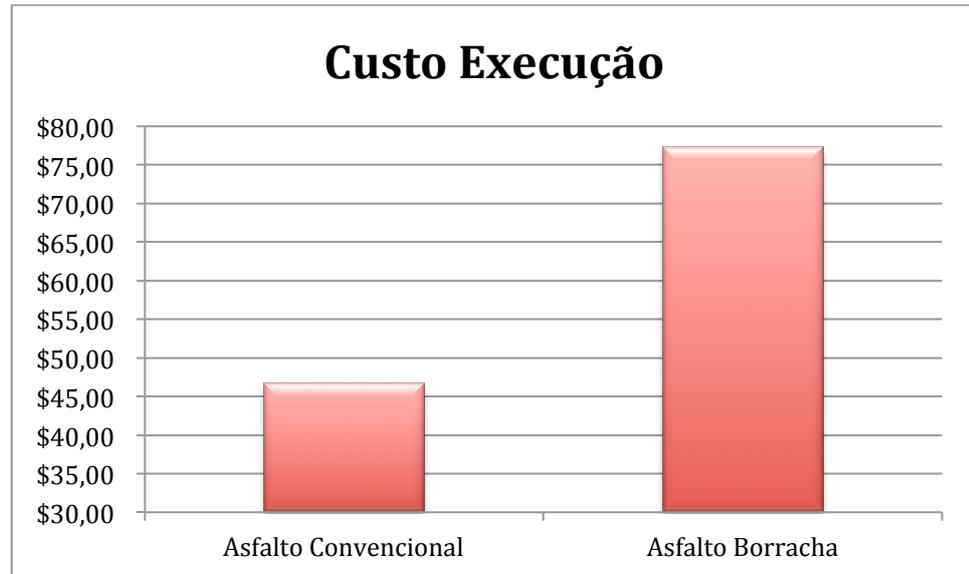
**FONTE: AUTOR (2012)**

Analisando os dois trechos de cada tipo de pavimento é possível verificar o maior desgaste por parte do asfalto convencional. Como os dois modelos estiveram sob ação das mesmas intempéries, pode-se associar os defeitos somente ao tipo de material utilizado.

Após 7 anos de utilização da via em estudo, fez-se uma análise visual e chegou-se a conclusão que aproximadamente 70% do trecho com CAP-50/70 sofreu algum tipo de manutenção, enquanto o asfalto-borracha precisou somente de 10% de reparo.

Para comparação de custos foram consultadas as tabelas da Prefeitura de Curitiba em exercício no ano de 2012 – ANEXO A. Vale ressaltar que o custo de manutenção é o mesmo para o asfalto convencional e o os asfalto borracha, uma vez que a manutenção se dá da mesma forma para ambas as formas de pavimentação. Os custos de execução e manutenção seguem abaixo:

- 1) Execução de pavimento em asfalto convencional com preparo de base: R\$ 46,66/m<sup>2</sup>
- 2) Execução de pavimento em asfalto-borracha com preparo de base: R\$ 77,22/m<sup>2</sup>
- 3) Manutenção em asfalto convencional:  
R\$ 67,30/m<sup>2</sup>



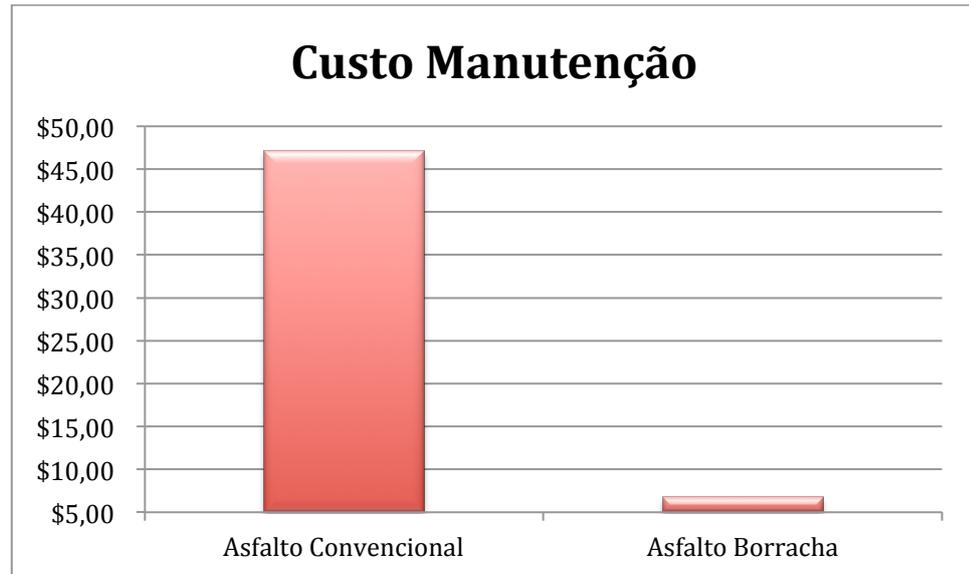
**GRÁFICO 1 – CUSTO DE EXECUÇÃO**

**FONTE: AUTOR (2012)**

Analisando os dados, fica evidente que o custo de execução do asfalto borracha é maior. Percentualmente, um valor 65,49% maior.

Entretanto, como foi citado anteriormente, após 7 anos de uso foi observado diferentes níveis de desgaste nas vias. Sendo assim, aplicando percentualmente a quantidade de manutenção necessária em cada trecho, ter-se-á novos valores para o custo de manutenção a ser aplicado na rua Ângelo Domingos Durigan:

- 1) Manutenção do asfalto-borracha:  $R\$ 67,30/m^2 \times 0,10 = R\$ 6,73/m^2$
- 2) Manutenção do asfalto convencional:  $R\$ 67,30/m^2 \times 0,70 = R\$ 47,11/m^2$

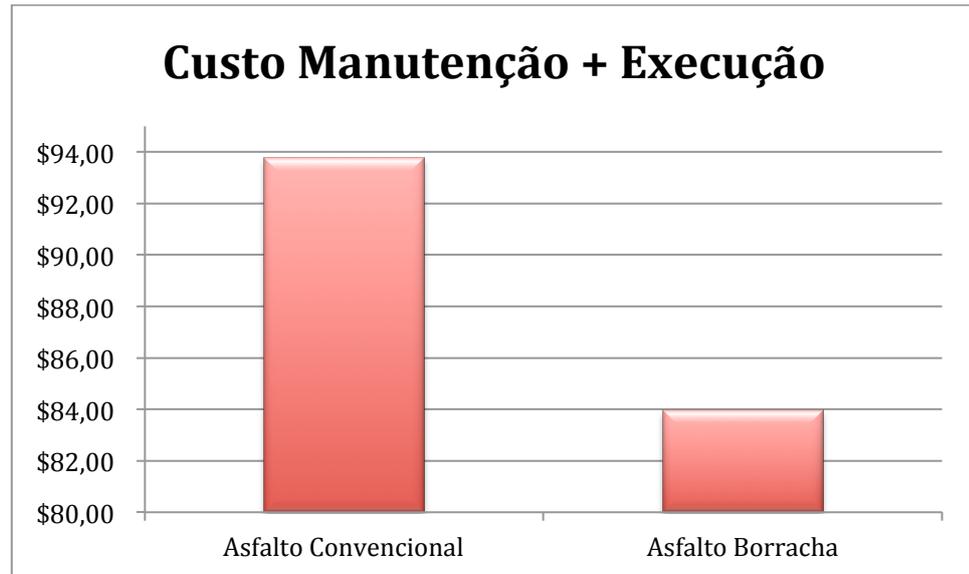


**GRÁFICO 2 – CUSTO DE MANUTENÇÃO**

**FONTE: AUTOR (2012)**

Comparando somente os valores de manutenção, fica clara a diferença entre o reparo do CAP-50/70 e o AB8. Contudo, para se ter um valor confiável de comparação é necessário somar os dois custos, de manutenção e execução. Sendo assim:

- 1) Manutenção+Execução AB8:  $R\$6,73/m^2 + R\$77,22/m^2 = R\$83,95/m^2$
- 2) Manutenção+Execução CAP-50/70:  $R\$47,11/m^2 + R\$46,66/m^2 = R\$93,77/m^2$



**GRÁFICO 3 – CUSTO DE MANUTENÇÃO + EXECUÇÃO**

**FONTE: AUTOR (2012)**

Somando-se a execução e a manutenção tem-se um custo 11,69% maior para o asfalto convencional neste período de 7 anos.

Apesar de a execução ter ocorrido em 2005, todos os valores comparativos são de 2012, logo não se faz necessária a correção monetária deste valor.

#### 4.2 ANÁLISE DE CUSTO X VIDA ÚTIL

De acordo com Bertollo (2000) o asfalto tem uma vida útil determinada. Uma estrada não é construída para durar 50 anos. Ela é feita para durar cerca de 10 anos, porque existe o processo natural de envelhecimento do ligante asfáltico, que é um produto perecível. Mas quando se funde a borracha com o asfalto, sua vida útil passa a ser de 25 a 30 anos.

Dentro destes valores, considerando uma situação ideal, o valor superior do investimento em asfalto-borracha é superado pela sua longa vida. Para fins de cálculo será utilizada a taxa referencial (TR) anual do ano de 2011, taxa esta igual a 1,20791%. Valor fornecido pelo Banco Central do Brasil.

1) Execução de pavimento em asfalto-borracha com preparo de base:

R\$ 77,22/m<sup>2</sup>

2) Execução de pavimento em asfalto convencional com preparo de base: R\$ 46,66/m<sup>2</sup>

2.1) Manutenção corrigida em asfalto convencional após 10 anos:

$$\text{R\$ } 67,30 \times (1+0,0120791)^{10} = 75,89/\text{m}^2$$

2.2) Manutenção corrigida em asfalto convencional após 20 anos:

$$\text{R\$ } 67,30 \times (1+0,0120791)^{20} = 85,57/\text{m}^2$$

Considerando uma situação teórica ideal, onde o asfalto borracha seria utilizado até o final de sua vida útil de 30 anos, seriam necessárias duas manutenções completas do asfalto convencional. Como a vida útil do asfalto comum é de 10 anos, o valor por m<sup>2</sup> é projetado para 10 e 20 anos.

#### 4.3 DISCUSSÕES

Com o objetivo de complementar os benefícios do uso de misturas com asfalto borracha em relação a uma mistura convencional foi realizada uma análise simplificada de custo/benefício considerando-se a taxa de manutenção e execução. Com base na solução obtida no trabalho, a utilização de uma mistura com asfalto borracha em relação a uma mistura convencional conduziu à uma economia de 9%.

Segundo a Greca Asfaltos (2005), suas pesquisas mostram que uma obra com AB é 14,0% mais viável que uma obra de CAP 50/70, tendo em vista a recuperação elástica que possui o Asfalto Modificado por Borracha (AMB), ele suporta uma deformabilidade maior que o CAP 50/70 evitando o trincamento da capa de pavimento. Além disso, se mais obras forem executadas com AB, mais pneus serão retirados do meio ambiente, assim diminuindo o grande impacto ambiental que esse resíduo ocasiona no meio. Ainda segundo a Greca Asfaltos (2005) a cada km de rodovia com 7,2m de largura e 4cm compactado são retirados 1000 pneus da natureza.

## 5 CONCLUSÕES

Segundo o estudo caso realizado nesse trabalho, mostram que a execução e manutenção com AB é 11,69% mais viável que uma obra de CAP 50/70, considerando o últimos sete anos. Ou seja, esse percentual tende a aumentar com o passar dos anos, devido a vida útil do AB ser cerca de 30% maior.

Mesmo tendo seu custo inicial 65,49% maior que o CAP 50/70, fazendo uma análise da vida útil desse trecho, ao longo do tempo seu investimento inicial será recompensado pela sua menor manutenção.

Com a tecnologia do asfalto borracha, é possível unir duas situações que viabilizam a economia, tais como a qualidade nos transportes e aspectos ambientais.

Observa-se que o asfalto borracha é bastante satisfatório nos resultados de aplicação, aumentando os níveis de qualidade do pavimento, maior vida útil, influenciando diretamente nos custos de transporte nacional, resultando na diminuição das despesas com manutenção.

Sendo de fundamental importância em um país que é dependente do modal rodoviário sem possuir perspectivas de mudança desta cultura, as aplicações tecnológicas que realcem o desenvolvimento, não se esquecendo do meio ambiente, torna-se um grande diferencial econômico, político e social. Mas as expectativas futuras são ótimas, pois universidades e concessionárias estão investindo em pesquisas e na produção deste tipo de asfalto, assim basta apenas o incentivo governamental para que a produção possa crescer de vez, pois com certeza será vantajoso para todos.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Standard specification for asphalt-rubber binder**. D 6114-97. In: ASTM – Annual Book of ASTM Standards, Philadelphia, v.4.03, p.659-661, 1997.

BALOU, R. H. **Logística empresarial: transportes, administração de materiais e distribuição física**. São Paulo, Atlas. 1993.

BERNUCCI, L.B. MOTTA, L.M.G., CERATTI, J.A.P., SOARES, J.B., **Pavimentação Asfáltica Petrobrás**, Rio de Janeiro, 2007.

BERTOLLO, S.A.M; JÚNIOR, J.K.F; VILLAVERDE, R.B; FILHO, D.M. **Pavimentação asfáltica: uma alternativa para a reutilização de pneus usados**. Revista Limpeza Pública n.54. Associação Brasileira de Limpeza Pública. ABPL, 2000.

BIANCHI, F. R., BRITO, I. R., CASTRO V. A. **Estudo comparativo entre pavimento rígido e flexível**. IBRACON 50º CBC, Associação de Ensino Superior Unificado do Centro Leste, 2008.

BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J. **O processo de integração da cadeia de suprimentos**. São Paulo, Atlas. 2001.

CAMBUIM, K.B. **Estudo Sistemático da Utilização da Borracha e de seus Resíduos para Modificação Oriundos de Petróleo Brasileiro**. Dissertação de Pós Graduação, UFPB, Campina Grande, 2004.

CASTRO B. A. C. – **Construção de estradas e vias urbanas**. Dissertação de mestrado, UFMG 2010.

CHOUBANE, B.; SHOLAR, G. A.; MUSSELMAN, J. A.; PAGE, G. C. – **Ten-year performance evaluation of asphalt-rubber surfaces mixes** – Transportation Research Record, n. 0177. 1999.

CNT – Confederação Nacional dos Transportes. **Pesquisa Rodoviária**, 2007.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. DNERTER-01/78. **Terminologia, Defeito nos Pavimentos Flexíveis e Semi-Rígidos**. 1978.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. DNER – IPR. Pavimento – **Manual de reabilitação de pavimentos asfálticos**. 1998.

DI GIULIO, G. **Vantagens ambientais e econômicas no uso de borracha em asfalto** – Inovação Uniemp v.3 n.3 – Campinas, 2007.

DNIT, 2003. **TER 005 (Defeitos nos Pavimentos Flexíveis e Semi-rígidos – Terminologia)**. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes (DNIT), Rio de Janeiro, Brasil. Disponível em: [http://www1.dnit.gov.br/ipr\\_new/](http://www1.dnit.gov.br/ipr_new/), acessado em 20 de maio de 2012.

DNIT, 2006. **Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos**, 2ª Edição. Ministério dos Transportes – Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes (DNIT), Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Publicação IPR 720. Rio de Janeiro, Brasil. Disponível em: [http://www1.dnit.gov.br/ipr\\_new/](http://www1.dnit.gov.br/ipr_new/), acessado em 18 de maio de 2012.

EPPS, J. A. **Uses of recycled rubber tires in highways**. National Cooperative Highway research Program. Synthesis of Highway Practice, Transportation Research Board, Washington, 161p. 1994.

FONTES, L. P. T. L. **Optimização do Desempenho de Misturas Betuminosas com Betume Modificado com Borracha para Reabilitação de Pavimentos**, Doutorado em Engenharia Civil. Universidade do Minho, 2009.

GRECA ASFALTOS. **Estudo comparativo do desempenho de um recapeamento utilizando asfalto-borracha**. 1º Edição – 2006. Disponível em: [www.grecaasfaltos.com.br](http://www.grecaasfaltos.com.br), acessado em 12 de novembro de 2011.

GRECA ASFALTOS . **Informativo Asfalto Borracha ECOFLEX**. Informativo trimestral. Agosto de 2003.

GRECA ASFALTOS. **Fatos Asfaltos**, informativo trimestral, ano 2, número 5 de Outubro, 2005.

GRECA ASFALTOS - **Linha ECOFLEXPAVE.** Disponível em: [http://www.flexpave.com.br/leiamais\\_ecoflex/13\\_estudo\\_ecoflex\\_2009.pdf](http://www.flexpave.com.br/leiamais_ecoflex/13_estudo_ecoflex_2009.pdf) , acessado em 25 de maio de 2012.

IME – Instituto Militar de Engenharia. **Cimento Asfáltico**, disponível em [http://transportes.ime.eb.br/MATERIAL%20DE%20PESQUISA/LABOTATORIO/LAB%20LIGANTES/03\\_Cimento\\_Asfaltico.htm](http://transportes.ime.eb.br/MATERIAL%20DE%20PESQUISA/LABOTATORIO/LAB%20LIGANTES/03_Cimento_Asfaltico.htm), acessado em 04 de maio de 2012.

ISABEL A., MOREIRA J., PINHO C., COUTO J., **Decisões de Investimento - Análise financeira de projetos.** Edições Silabo, Ida, 2008.

LASTRAN, C. **Concessão de Rodovias no Rio Grande do Sul.** Relatório Interno, UFRGS – RS. 1998.

MACHADO, R. T. M. **Estratégia e competitividade em organizações agroindustriais.** Lavras: UFLA/FAEPE, 2005.

MEDINA, J. **Mecânica dos Pavimentos.** Rio de Janeiro, Editora UFRJ, 380p. 1997.

NEVES FILHO, C. L. D. **Avaliação laboratorial de misturas asfálticas SMA produzidas com ligante asfalto-borracha.** Dissertação de Mestrado – Escola de Engenharia de São Carlos, USP – São Carlos-SP, 2004.

ODA, S. **Análise da viabilidade técnica da utilização do ligante asfalto-borracha em obras de pavimentos.** São Carlos. Tese de Doutorado em Engenharia – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Carlos, 251p. 2000.

PINTO, S. PREUSSLER, E. **Pavimentação Rodoviária – Conceitos** Fundamentais sobre Pavimentos Flexíveis. Rio de Janeiro, 2ª ed. 269p. 2002.

PORTER, M E. A nova estratégia. In: JÚLIO, Carlos A.; SALIBI NETO, José. (Orgs.). **Estratégia e Planejamento.** 1. ed. São Paulo: Publifolha, 2002.

RAMALHO, A. V. F. **Uma análise dos benefícios com a utilização do asfalto-borracha nas rodovias do Brasil.** São Paulo, SP, 2009.

REVISTA RODOVIAS E VIAS. **Tecnologia Asfalto**. Edição 36. Disponível em: <http://www2.rodoviasevias.com.br/revista/materias.php?id=268&edicao=Edicao36>; acessado em 28 de maio de 2012.

REVISTA TÉCNICA. **Asfalto borracha**. Disponível em: <http://www.revistatechne.com.br/engenhariacivil/126/imprime62005.asp>, acessado em 28 de maio de 2012..

RODRIGUES, R. M. **Estudo do trincamento dos pavimentos**. Rio de Janeiro. Tese de Doutorado em Engenharia – COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 208p. 2005.

RUBBER PAVEMENT ASSOCIATION – RPA. **Asphalt-rubber / Rubberized asphalt** – there is the difference, 2001.

SAMPAIO, E. A. N. **Análise da viabilidade técnica do uso de borracha de pneus inservíveis como modificadores de asfaltos produzidos por refinarias do Nordeste** – Unifacs, Salvador (2005).

SHATNAWI, S.; LONG, B. **Performance of asphalt rubber as thin overlays. Proceeding of the asphalt rubber**. Portugal, 2000.

SOARES, R. A.; ASSIS, E. M. **O uso da borracha de pneus na pavimentação como uma alternativa ecologicamente viável**. Engenharia Civil da Universidade Católica de Salvador, 2008.

SPECHT, L. P. **Avaliação de misturas asfálticas com incorporação de borracha reciclada de pneus**. Porto Alegre, Tese de Doutorado. Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 278p. 2004.

TIGHE, S.; HASS, R.; PONNIAH, J. **Life Cycle Cost Analysis of Mitigating Pavement Rehabilitation Reflection Cracking**. 82<sup>nd</sup> Annual Meeting, Transportation Research Board, Washington, D. C., CD-ROM, 2003.

TOMÉ L. G. A., SOARES J. B., LIMA C. S. **Estudo do cimento asfáltico de petróleo modificado pelo terpolímero de etileno-butilacrilato-glicidilmetacrilato**. 3º Congresso Brasileiro de Petróleo e Gás – IPB. Salvador, 2005.

YODER, E. R., WITCZAK, K. M. **Principles of Pavement Design**. New York: John Wiley, 2º Ed. 711p. 1975.

WICKBOLDT, V. S. **Ensaio Acelerados de Pavimentos para Avaliação de Desempenho de Recapeamentos Asfálticos** – Dissertação de Mestrado – PPGEC/UFRGS. 134p. 2005.

BRULÉ B. LAVAL C. – **Etude Experimentale de la Compatibilité de Resin Epoxydes avec lê Bitume**, Rapport de Recherche nº 40, Paris, LCPC 1974.

## ANEXO A



PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA  
SECRETARIA DO GOVERNO MUNICIPAL  
DISTRITO DE MANUTENÇÃO URBANA DE SANTA FELICIDADE

SERVIÇO: RECUPERAÇÃO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO COM SUBSTITUIÇÃO DE BASE	DATA: 28/05/12
LOCAL: RUA ÂNGELO DOMINGOS DURIGAN	
TRECHO: AV. MANOEL RIBAS/ RUA JOSÉ VALLE	
BAIRRO : CASCATINHA	QUADRÍCULA: H/G - 08
EXTENSÃO DO SERVIÇO(m): 1,00	CAIXA(m) : 1,00      ÁREA (m²) : 1,00

ITEM	DISCRIMINAÇÃO DOS SERVIÇOS	UD.	QUANT.	CUSTO UNITÁRIO R\$	CUSTO TOTAL R\$
1.0	INSTALAÇÃO, SINALIZAÇÃO, LOCAÇÃO E LIMPEZA DA OBRA	gl	1,00	1,72	1,72
2.0	<b>GALERIA DE ÁGUAS PLUVIAIS</b>			<b>SUB-TOTAL</b>	<b>-</b>
2.1	ESCAVAÇÃO MECÂNICA DE VALAS	m³		8,65	
2.2	REATERRO MECÂNICO DE VALAS C/APILOAMENTO	m³		5,77	
2.3	REATERRO DE VALAS COM BRITA 4-A COMPACTADA	m³		96,30	
2.4	CARGA MECÂNICA DE MATERIAL EM CAMINHÃO	m³		1,36	
2.5	TRANSP. DE MATERIAIS DMT 5,001 a 10,000m	m³		7,36	
2.6	LASTRO DE PEDRA AMARROADA	m²		98,98	
2.7	LASTRO DE BRITA	m³		100,13	
2.8	FORNEC/ASSENT. TUBO DE CONCRETO Ø 0,40 M SIMPLES P.S.	m		39,64	
2.9	FORNEC/ASSENT. TUBO DE CONCRETO Ø 0,40 M ARMADO P.A-1	m		60,78	
2.10	FORNEC/ASSENT. TUBO DE CONCRETO Ø 0,60M SIMPLES P.S.	m		71,60	
2.11	FORNEC/ASSENT. TUBO DE CONCRETO Ø 0,60M P.A-1	m		111,83	
2.12	FORNEC/ASSENT. TUBO DE CONCRETO Ø 0,80M P.A-1	m		170,64	
2.13	FORNEC/ASSENT. TUBO DE CONCRETO Ø 0,80M P.A-2	m		199,40	
2.14	FORNEC/ASSENT. TUBO DE CONCRETO Ø 1,00M P.A-1	m		262,67	
2.15	FORNEC/ASSENT. TUBO DE CONCRETO Ø 1,00M P.A-2	m		310,93	
2.16	FORNEC/ASSENT. TUBO DE CONCRETO Ø 1,20M P.A-1	m		383,98	
2.17	FORNEC/ASSENT. TUBO DE CONCRETO Ø 1,20M P.A-2	m		454,82	
2.18	FORNEC/ASSENT. TUBO DE CONCRETO Ø 1,50M P.A-1	m		553,28	
2.19	FORNEC/ASSENT. TUBO DE CONCRETO Ø 1,50M P.A-2	m		675,02	
2.20	FORNEC/ASSENT. TUBO DE CONCRETO Ø 1,80M P.A-2	m		1.523,26	
2.21	FORNEC/ASSENT. TUBO DE CONCRETO Ø 2,00M P.A-2	m		1.951,61	
2.22	FORNEC/ASSENT. TUBO DE CONCRETO Ø 2,20M P.A-2	m		2.433,34	
2.23	ARRANCAMENTO DE TUBO DE CONCRETO Ø 0,40M	m		5,90	
2.24	ARRANCAMENTO DE TUBO DE CONCRETO Ø 0,60M	m		7,89	
2.25	ARRANCAMENTO DE TUBO DE CONCRETO Ø 1,00M	m		11,43	
2.26	CAIXA DE LIGAÇÃO P/ TUBO DE Ø 0,40M	ud		848,57	
2.27	CAIXA DE LIGAÇÃO P/ TUBO DE Ø 0,60M	ud		1.031,59	
2.28	CAIXA DE LIGAÇÃO P/ TUBO DE Ø 0,80M	ud		1.432,82	
2.29	CAIXA DE CAPTAÇÃO COM GRELHA DE FERRO FUNDIDO	ud		720,61	
2.30	CAIXA DE CAPTAÇÃO DUPLA C/GRELHA DE FERRO FUNDIDO	ud		1.143,57	
2.31	POÇO DE VISITA P TUBOS DE ATÉ 0,60M C TAMPÃO DE FF	ud		1.687,28	
2.32	POÇO DE VISITA P TUBOS DE ATÉ 0,80M C TAMPÃO DE FF	m		1.862,29	
3.0	<b>TERRAPLENAGEM</b>			<b>SUB-TOTAL</b>	<b>8,67</b>
3.1	ESCAVAÇÃO E CARGA EM MAT. DE BAIXA RESISTÊNCIA (Correção de	m³	0,30	6,08	1,82
3.2	ESCAVAÇÃO E CARGA EM MAT. DE BAIXA RESISTÊNCIA (Correção de	m³		6,08	
3.3	TRANSP. MAT. C/ CAMINHÃO BASC. DMT 15.001 a 20.000 M	m³	0,39	13,67	5,33
3.4	REGULARIZAÇÃO DO SUB-LEITO	m²	1,00	0,91	0,91
3.5	COMPACTAÇÃO DO SUB-LEITO	m²	1,00	0,61	0,61
4.0	<b>PAVIMENTAÇÃO</b>			<b>SUB-TOTAL</b>	<b>77,22</b>
4.2	CORTE DE PAV. ASFÁLTICO COM DISCO DIAMANTADO ATÉ E = 5 CM	m	4,00	4,86	19,44
4.3	EXECUÇÃO DE BASE DE BRITA 4A COMPACTADO	m³	0,20	96,30	19,25
4.4	EXECUÇÃO DE BASE DE BRITA GRADUADA	m³	0,10	113,16	11,31
4.5	IMPRIMAÇÃO C/ EMULSÃO RM -1C	m²	1,00	2,56	2,56
4.6	REPERFILAMENTO COM CBUQ FAIXA C	m²		493,37	
4.7	PINTURA DE LIGAÇÃO	m²		2,56	
4.8	REVESTIMENTO COM CBUQ FAIXA C	m³	0,05	493,37	24,66
4.9	FORNEC/ASSENT. DE MEIO FIO DE CONCRETO PRÉ MOLD.C/SARJET	m		40,06	
4.10	ATERRO COMPACTADO C/ MATERIAL DE EMPRÉSTIMO (Confinamento	m³		11,92	
4.11	FORNEC/PLANTIO DE GRAMA EM LEIVAS COM TERRA PRETA	m²		9,41	
<b>TOTAL GERAL</b>					<b>87,61</b>

## ESTRUTURA DO PAVIMENTO

ESPESSURAS : Base = 0,30 m sendo Brita 4A = 0,20 m / Brita Graduada : 0,10 m	Revest: 0,05 m
LARGURA : Regularização / Compactação / Base = 1,00 m	Imprimação = 1,00 m
CORREÇÕES : Escavação/ Substituição da Base/ Recomposição	Caixa = 0,00 m³

## OBSERVAÇÕES:

- \* Os quantitativos foram estipulados pelo Distrito de Manutenção Urbana de Santa Felicidade;
- \* Foi utilizada a GAP pré-existente;
- \* As quantidades são estimadas e deverão ser conferidas durante a execução da obra / serviço;
- \* A pavimentação será executada sobre a pista existente;
- \* Os custos unitários utilizados tem como referência a Tabela de Preços da SMOP 2011 e BDI de 20,31%;
- \* Para projeto e custos de Sinalização deverá ser consultada a SETRAN.

RESPONSÁVEL :	VISTO DO DIRETOR :
---------------	--------------------



**PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA**  
**SECRETARIA DO GOVERNO MUNICIPAL**  
**DISTRITO DE MANUTENÇÃO URBANA DE SANTA FELICIDADE**

<b>SERVIÇO: RECUPERAÇÃO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO COM SUBSTITUIÇÃO DE BASE</b>	<b>DATA: 28/05/12</b>
<b>LOCAL: RUA ÂNGELO DOMINGOS DURIGAN</b>	
<b>TRECHO: AV. MANOEL RIBAS/ RUA JOSÉ VALLE</b>	
<b>BAIRRO : CASCATINHA</b>	<b>QUADRÍCULA: H/G - 08</b>
<b>EXTENSÃO DO SERVIÇO(m): 1,00</b>	<b>CAIXA(m) : 1,00      ÁREA (m²) : 1,00</b>

ITEM	DISCRIMINAÇÃO DOS SERVIÇOS	UD.	QUANT.	CUSTO UNITÁRIO R\$	CUSTO TOTAL R\$
1.0	<b>INSTALAÇÃO, SINALIZAÇÃO, LOCAÇÃO E LIMPEZA DA OBRA</b>	gl	1,00	0,98	<b>0,98</b>
2.0	<b>GALERIA DE ÁGUAS PLUVIAIS</b>			<b>SUB-TOTAL</b>	<b>-</b>
2.1	ESCAVAÇÃO MECÂNICA DE VALAS	m³		8,65	
2.2	REATERRO MECÂNICO DE VALAS C/APILOAMENTO	m³		5,77	
2.3	REATERRO DE VALAS COM BRITA 4-A COMPACTADA	m³		96,30	
2.4	CARGA MECÂNICA DE MATERIAL EM CAMINHÃO	m³		1,36	
2.5	TRANSP. DE MATERIAIS DMT 5.001 a 10.000m	m³		7,36	
2.6	LASTRO DE PEDRA AMARROADA	m³		98,98	
2.7	LASTRO DE BRITA	m³		100,13	
2.8	FORNEC/ASSENT. TUBO DE CONCRETO Ø 0,40 M SIMPLES P.S.	m		39,64	
2.9	FORNEC/ASSENT. TUBO DE CONCRETO Ø 0,40 M ARMADO P.A-1	m		60,78	
2.10	FORNEC/ASSENT. TUBO DE CONCRETO Ø 0,60M SIMPLES P.S.	m		71,60	
2.11	FORNEC/ASSENT. TUBO DE CONCRETO Ø 0,60M P.A-1	m		111,83	
2.12	FORNEC/ASSENT. TUBO DE CONCRETO Ø 0,80M P.A-1	m		170,64	
2.13	FORNEC/ASSENT. TUBO DE CONCRETO Ø 0,80M P.A-2	m		199,40	
2.14	FORNEC/ASSENT. TUBO DE CONCRETO Ø 1,00M P.A-1	m		262,67	
2.15	FORNEC/ASSENT. TUBO DE CONCRETO Ø 1,00M P.A-2	m		310,93	
2.16	FORNEC/ASSENT. TUBO DE CONCRETO Ø 1,20M P.A-1	m		383,98	
2.17	FORNEC/ASSENT. TUBO DE CONCRETO Ø 1,20M P.A-2	m		454,82	
2.18	FORNEC/ASSENT. TUBO DE CONCRETO Ø 1,50M P.A-1	m		553,28	
2.19	FORNEC/ASSENT. TUBO DE CONCRETO Ø 1,50M P.A-2	m		675,02	
2.20	FORNEC/ASSENT. TUBO DE CONCRETO Ø 1,80M P.A-2	m		1.523,26	
2.21	FORNEC/ASSENT. TUBO DE CONCRETO Ø 2,00M P.A-2	m		1.951,61	
2.22	FORNEC/ASSENT. TUBO DE CONCRETO Ø 2,20M P.A-2	m		2.433,34	
2.23	ARRANCAMENTO DE TUBO DE CONCRETO Ø 0,40M	m		5,90	
2.24	ARRANCAMENTO DE TUBO DE CONCRETO Ø 0,60M	m		7,89	
2.25	ARRANCAMENTO DE TUBO DE CONCRETO Ø 1,00M	m		11,43	
2.26	CAIXA DE LIGAÇÃO P/ TUBO DE Ø 0,40M	ud		848,57	
2.27	CAIXA DE LIGAÇÃO P/ TUBO DE Ø 0,60M	ud		1.031,59	
2.28	CAIXA DE LIGAÇÃO P/ TUBO DE Ø 0,80M	ud		1.432,82	
2.29	CAIXA DE CAPTAÇÃO COM GRELHA DE FERRO FUNDIDO	ud		720,61	
2.30	CAIXA DE CAPTAÇÃO DUPLA C/GRELHA DE FERRO FUNDIDO	ud		1.143,57	
2.31	POÇO DE VISITA P TUBOS DE ATÉ 0,60M C TAMPÃO DE FF	ud		1.687,28	
2.32	POÇO DE VISITA P TUBOS DE ATÉ 0,80M C TAMPÃO DE FF	m		1.862,29	
3.0	<b>TERRAPLENAGEM</b>			<b>SUB-TOTAL</b>	<b>2,20</b>
3.1	ESCAVAÇÃO E CARGA EM MAT. DE BAIXA RESISTÊNCIA (Correção de	m³		6,08	
3.2	ESCAVAÇÃO E CARGA EM MAT. DE BAIXA RESISTÊNCIA (Correção de	m³		6,08	
3.3	TRANSP. MAT. C/ CAMINHÃO BASC. DMT 15.001 a 20.000 M	m³	0,05	13,67	0,68
3.4	REGULARIZAÇÃO DO SUB-LEITO	m²	1,00	0,91	0,91
3.5	COMPACTAÇÃO DO SUB-LEITO	m²	1,00	0,61	0,61
4.0	<b>PAVIMENTAÇÃO</b>			<b>SUB-TOTAL</b>	<b>46,66</b>
4.2	CORTE DE PAV. ASFÁLTICO COM DISCO DIAMANTADO ATÉ E = 5 CM	m	4,00	4,86	19,44
4.3	EXECUÇÃO DE BASE DE BRITA 4A COMPACTADO	m³		96,30	
4.4	EXECUÇÃO DE BASE DE BRITA GRADUADA	m³		113,16	
4.5	IMPRIMAÇÃO C/ EMULSÃO RM -1C	m²	1,00	2,56	2,56
4.6	REPERFILAMENTO COM CBUQ FAIXA C	m³		493,37	
4.7	PINTURA DE LIGAÇÃO	m²		2,56	
4.8	REVESTIMENTO COM CBUQ FAIXA C	m³	0,05	493,37	24,66
4.9	FORNEC/ASSENT. DE MEIO FIO DE CONCRETO PRÉ MOLD.C/SARJET	m		40,06	
4.10	ATERRO COMPACTADO C/ MATERIAL DE EMPRÉSTIMO (Confinamento	m³		11,92	
4.11	FORNEC/PLANTIO DE GRAMA EM LEIVAS COM TERRA PRETA	m²		9,41	
<b>TOTAL GERAL</b>					<b>49,84</b>

**ESTRUTURA DO PAVIMENTO**

<b>ESPESSURAS :</b> Base = 0,30 m sendo Brita 4A = 0,20 m / Brita Graduada : 0,10 m	Revest: 0,05 m
<b>LARGURA :</b> Regularização / Compactação / Base = 1,00 m	Imprimação = 1,00 m
<b>CORREÇÕES :</b> Corte/ Retirada do CBUQ Deteriorado/ Recomposição	Caixa = 0,00 m²

**OBSERVAÇÕES:**

- \* Os quantitativos foram estipulados pelo Distrito de Manutenção Urbana de Santa Felicidade;
- \* Foi utilizada a GAP pré-existente;
- \* As quantidades são estimadas e deverão ser conferidas durante a execução da obra / serviço;
- \* A pavimentação será executada sobre a pista existente;
- \* Os custos unitários utilizados tem como referência a Tabela de Preços da SMOP 2011 e BDI de 20,31%;
- \* Para projeto e custos de Sinalização deverá ser consultada a SETRAN.

RESPONSÁVEL :

VISTO DO DIRETOR :



**PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA**  
**SECRETARIA DO GOVERNO MUNICIPAL**  
**DISTRITO DE MANUTENÇÃO URBANA DE SANTA FELICIDADE**

<b>OBRA / SERVIÇO: PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA - REVITALIZAÇÃO</b>		<b>DATA: 28/05/12</b>
<b>LOCAL: RUA ÂNGELO DOMINGOS DURIGAN</b>		
<b>TRECHO: AV. MANOEL RIBAS/ RUA LEOCÁDIO J. DE ASSUMÇÃO</b>		
<b>BAIRRO : CASCATINHA</b>	<b>QUADRÍCULA: H/G - 08</b>	
<b>EXTENSÃO (m): 500,00</b>	<b>CAIXA(m) : 8,00</b>	<b>ÁREA (m²) : 4.000,00</b>

ITEM	DISCRIMINAÇÃO DOS SERVIÇOS	UD.	QUANT.	CUSTO UNITÁRIO R\$	CUSTO TOTAL R\$
1.0	<b>INSTALAÇÃO, SINALIZAÇÃO, LOCAÇÃO E LIMPEZA DA OBRA</b>	gl	1,00	5.580,58	5.580,58
2.0	<b>GALERIA DE ÁGUAS PLUVIAIS</b>			<b>SUB-TOTAL</b>	-
2.1	ESCAVAÇÃO MECÂNICA DE VALAS	m³		8,65	
2.2	REATERRO MECÂNICO DE VALAS C/APILOAMENTO	m³		5,77	
2.3	REATERRO DE VALAS COM BRITA 4-A COMPACTADA	m³		96,30	
2.4	CARGA MECÂNICA DE MATERIAL EM CAMINHÃO	m³		1,36	
2.5	TRANSP. DE MATERIAIS DMT 5.001 a 10.000m	m³		7,36	
2.6	LASTRO DE PEDRA AMARROADA	m³		98,98	
2.7	LASTRO DE BRITA	m³		100,13	
2.8	FORNEC/ASSENT. TUBO DE CONCRETO Ø 0,40 M SIMPLES P.S.	m		39,64	
2.9	FORNEC/ASSENT. TUBO DE CONCRETO Ø 0,40 M ARMADO P.A-1	m		60,78	
2.10	FORNEC/ASSENT. TUBO DE CONCRETO Ø 0,60M SIMPLES P.S.	m		71,60	
2.11	FORNEC/ASSENT. TUBO DE CONCRETO Ø 0,60M P.A-1	m		111,83	
2.12	FORNEC/ASSENT. TUBO DE CONCRETO Ø 0,80M P.A-1	m		170,64	
2.13	FORNEC/ASSENT. TUBO DE CONCRETO Ø 0,80M P.A-2	m		199,40	
2.14	FORNEC/ASSENT. TUBO DE CONCRETO Ø 1,00M P.A-1	m		262,67	
2.15	FORNEC/ASSENT. TUBO DE CONCRETO Ø 1,00M P.A-2	m		310,93	
2.16	FORNEC/ASSENT. TUBO DE CONCRETO Ø 1,20M P.A-1	m		383,98	
2.17	FORNEC/ASSENT. TUBO DE CONCRETO Ø 1,20M P.A-2	m		454,82	
2.18	FORNEC/ASSENT. TUBO DE CONCRETO Ø 1,50M P.A-1	m		553,28	
2.19	FORNEC/ASSENT. TUBO DE CONCRETO Ø 1,50M P.A-2	m		675,02	
2.20	FORNEC/ASSENT. TUBO DE CONCRETO Ø 1,80M P.A-2	m		1.523,26	
2.21	FORNEC/ASSENT. TUBO DE CONCRETO Ø 2,00M P.A-2	m		1.951,61	
2.22	FORNEC/ASSENT. TUBO DE CONCRETO Ø 2,20M P.A-2	m		2.433,34	
2.23	ARRANCAMENTO DE TUBO DE CONCRETO Ø 0,40M	m		5,90	
2.24	ARRANCAMENTO DE TUBO DE CONCRETO Ø 0,60M	m		7,89	
2.25	ARRANCAMENTO DE TUBO DE CONCRETO Ø 1,00M	m		11,43	
2.26	CAIXA DE LIGAÇÃO P/ TUBO DE Ø 0,40M	ud		848,57	
2.27	CAIXA DE LIGAÇÃO P/ TUBO DE Ø 0,60M	ud		1.031,59	
2.28	CAIXA DE LIGAÇÃO P/ TUBO DE Ø 0,80M	ud		1.432,82	
2.29	CAIXA DE CAPTAÇÃO COM GRELHA DE FERRO FUNDIDO	ud		720,61	
2.30	CAIXA DE CAPTAÇÃO DUPLA C/GRELHA DE FERRO FUNDIDO	ud		1.143,57	
2.31	POÇO DE VISITA P TUBOS DE ATÉ 0,60M C TAMPÃO DE FF	ud		1.687,28	
2.32	POÇO DE VISITA P TUBOS DE ATÉ 0,80M C TAMPÃO DE FF	m		1.862,29	
3.0	<b>TERRAPLENAGEM</b>			<b>SUB-TOTAL</b>	<b>9.812,84</b>
3.1	ESCAVAÇÃO E CARGA EM MAT. DE BAIXA RESISTÊNCIA (Correção de	m³	332,50	6,08	2.020,15
3.2	ESCAVAÇÃO E CARGA EM MAT. DE BAIXA RESISTÊNCIA (Correção de	m³		6,08	
3.3	TRANSP. MAT. C/ CAMINHÃO BASC. DMT 15.001 a 20.000 M	m³	419,25	13,67	5.729,98
3.4	REGULARIZAÇÃO DO SUB-LEITO	m²	1.350,00	0,91	1.234,38
3.5	COMPACTAÇÃO DO SUB-LEITO	m²	1.350,00	0,61	828,33
4.0	<b>PAVIMENTAÇÃO</b>			<b>SUB-TOTAL</b>	<b>269.216,37</b>
4.1	EXECUÇÃO DE SUB BASE DE SAIBRO COMPACTADO	m³		68,94	
4.2	EXECUÇÃO DE SUB BASE DE MOLEDO COMPACTADO	m³		72,27	
4.3	EXECUÇÃO DE BASE DE BRITA 4A COMPACTADO	m³	160,00	96,30	15.407,37
4.4	EXECUÇÃO DE BASE DE BRITA GRADUADA	m³	162,50	113,16	18.389,08
4.5	IMPRIMAÇÃO C/ EMULSÃO RM -1C	m²	4.000,00	2,56	10.250,41
4.6	REPERFILAMENTO COM CBUQ FAIXA C	m³	120,00	493,37	59.204,06
4.7	PINTURA DE LIGAÇÃO	m²	4.000,00	2,56	10.250,41
4.8	REVESTIMENTO COM CBUQ FAIXA C	m³	200,00	493,37	98.673,44
4.9	FORNEC/ASSENT. DE MEIO FIO DE CONCRETO PRÉ MOLD.C/SARJET	m	1.100,00	40,06	44.069,55
4.10	ATERRO COMPACTADO C/ MATERIAL DE EMPRÉSTIMO (Confinamento	m³	220,00	11,92	2.622,99
4.11	FORNEC/PLANTIO DE GRAMA EM LEIVAS COM TERRA PRETA	m²	1.100,00	9,41	10.349,06
<b>TOTAL GERAL</b>					<b>284.609,79</b>

**ESTRUTURA DO PAVIMENTO**

<b>ESPESSURAS :</b> Base = 0,30 m sendo Brita 4A = 0,20 m / Brita Graduada : 0,10 m	Reperf. 0,03 m/ Revest: 0,05 m
<b>LARGURA :</b> Regularização / Compactação / Base = 8,30 m	Imprimação = 8,00 m
<b>CORREÇÕES :</b> Escavação e Substituição Parcial da Base em 20% da Via	Caixa = 0,00 m³

**OBSERVAÇÕES:**

- \* Os quantitativos foram estipulados pelo Distrito de Manutenção Urbana de Santa Felicidade;
- \* Foi utilizada a GAP pré-existente;
- \* As quantidades são estimadas e deverão ser conferidas durante a execução da obra / serviço;
- \* A pavimentação será executada sobre a pista existente;
- \* Os custos unitários utilizados tem como referência a Tabela de Preços da SMOP 2011 e BDI de 20,31%;
- \* Para projeto e custos de Sinalização deverá ser consultada a SETRAN.

RESPONSÁVEL :

VISTO DO DIRETOR :



**PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA**  
**SECRETARIA DO GOVERNO MUNICIPAL**  
**DISTRITO DE MANUTENÇÃO URBANA DE SANTA FELICIDADE**

<b>OBRA / SERVIÇO: PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA - REVITALIZAÇÃO</b>	<b>DATA: 28/05/12</b>
<b>LOCAL: RUA ÂNGELO DOMINGOS DURIGAN</b>	
<b>TRECHO: RUA LEOCÁDIO J. DE ASSUMPÇÃO/ RUA JOSÉ VALLE</b>	
<b>BAIRRO : CASCATINHA</b>	<b>QUADRÍCULA: H/G - 08</b>
<b>EXTENSÃO (m): 1.000,00</b>	<b>CAIXA(m) : 8,00      ÁREA (m²) : 8.000,00</b>

ITEM	DISCRIMINAÇÃO DOS SERVIÇOS	UD.	QUANT.	CUSTO UNITÁRIO R\$	CUSTO TOTAL R\$
1.0	<b>INSTALAÇÃO, SINALIZAÇÃO, LOCAÇÃO E LIMPEZA DA OBRA</b>	gl	1,00	11.141,93	11.141,93
2.0	<b>GALERIA DE ÁGUAS PLUVIAIS</b>			<b>SUB-TOTAL</b>	<b>-</b>
2.1	ESCAVAÇÃO MECÂNICA DE VALAS	m³		8,65	
2.2	REATERRO MECÂNICO DE VALAS C/APILOAMENTO	m³		5,77	
2.3	REATERRO DE VALAS COM BRITA 4-A COMPACTADA	m³		96,30	
2.4	CARGA MECÂNICA DE MATERIAL EM CAMINHÃO	m³		1,36	
2.5	TRANSP. DE MATERIAIS DMT 5.001 a 10.000m	m³		7,36	
2.6	LASTRO DE PEDRA AMARROADA	m³		98,98	
2.7	LASTRO DE BRITA	m³		100,13	
2.8	FORNEC/ASSENT. TUBO DE CONCRETO Ø 0,40 M SIMPLES P.S.	m		39,64	
2.9	FORNEC/ASSENT. TUBO DE CONCRETO Ø 0,40 M ARMADO P.A-1	m		60,78	
2.10	FORNEC/ASSENT. TUBO DE CONCRETO Ø 0,60M SIMPLES P.S.	m		71,60	
2.11	FORNEC/ASSENT. TUBO DE CONCRETO Ø 0,60M P.A-1	m		111,83	
2.12	FORNEC/ASSENT. TUBO DE CONCRETO Ø 0,80M P.A-1	m		170,64	
2.13	FORNEC/ASSENT. TUBO DE CONCRETO Ø 0,80M P.A-2	m		199,40	
2.14	FORNEC/ASSENT. TUBO DE CONCRETO Ø 1,00M P.A-1	m		262,67	
2.15	FORNEC/ASSENT. TUBO DE CONCRETO Ø 1,00M P.A-2	m		310,93	
2.16	FORNEC/ASSENT. TUBO DE CONCRETO Ø 1,20M P.A-1	m		383,98	
2.17	FORNEC/ASSENT. TUBO DE CONCRETO Ø 1,20M P.A-2	m		454,82	
2.18	FORNEC/ASSENT. TUBO DE CONCRETO Ø 1,50M P.A-1	m		553,28	
2.19	FORNEC/ASSENT. TUBO DE CONCRETO Ø 1,50M P.A-2	m		675,02	
2.20	FORNEC/ASSENT. TUBO DE CONCRETO Ø 1,80M P.A-2	m		1.523,26	
2.21	FORNEC/ASSENT. TUBO DE CONCRETO Ø 2,00M P.A-2	m		1.951,61	
2.22	FORNEC/ASSENT. TUBO DE CONCRETO Ø 2,20M P.A-2	m		2.433,34	
2.23	ARRANCAMENTO DE TUBO DE CONCRETO Ø 0,40M	m		5,90	
2.24	ARRANCAMENTO DE TUBO DE CONCRETO Ø 0,60M	m		7,89	
2.25	ARRANCAMENTO DE TUBO DE CONCRETO Ø 1,00M	m		11,43	
2.26	CAIXA DE LIGAÇÃO P/ TUBO DE Ø 0,40M	ud		848,57	
2.27	CAIXA DE LIGAÇÃO P/ TUBO DE Ø 0,60M	ud		1.031,59	
2.28	CAIXA DE LIGAÇÃO P/ TUBO DE Ø 0,80M	ud		1.432,82	
2.29	CAIXA DE CAPTAÇÃO COM GRELHA DE FERRO FUNDIDO	ud		720,61	
2.30	CAIXA DE CAPTAÇÃO DUPLA C/GRELHA DE FERRO FUNDIDO	ud		1.143,57	
2.31	POÇO DE VISITA P TUBOS DE ATÉ 0,60M C TAMPÃO DE FF	ud		1.687,28	
2.32	POÇO DE VISITA P TUBOS DE ATÉ 0,80M C TAMPÃO DE FF	m		1.862,29	
3.0	<b>TERRAPLENAGEM</b>			<b>SUB-TOTAL</b>	<b>18.663,80</b>
3.1	ESCAVAÇÃO E CARGA EM MAT. DE BAIXA RESISTÊNCIA (Correção de	m³	645,00	6,08	3.918,79
3.2	ESCAVAÇÃO E CARGA EM MAT. DE BAIXA RESISTÊNCIA (Correção de	m³		6,08	
3.3	TRANSP. MAT. C/ CAMINHÃO BASC. DMT 15.001 a 20.000 M	m³	838,50	13,67	11.459,96
3.4	REGULARIZAÇÃO DO SUB-LEITO	m²	2.150,00	0,91	1.965,86
3.5	COMPACTAÇÃO DO SUB-LEITO	m²	2.150,00	0,61	1.319,19
4.0	<b>PAVIMENTAÇÃO</b>			<b>SUB-TOTAL</b>	<b>538.432,79</b>
4.1	EXECUÇÃO DE SUB BASE DE SAIBRO COMPACTADO	m³		68,94	
4.2	EXECUÇÃO DE SUB BASE DE MOLEDO COMPACTADO	m³		72,27	
4.3	EXECUÇÃO DE BASE DE BRITA 4A COMPACTADO	m³	320,00	96,30	30.814,75
4.4	EXECUÇÃO DE BASE DE BRITA GRADUADA	m³	325,00	113,16	36.778,16
4.5	IMPRIMAÇÃO C/ EMULSÃO RM -1C	m²	8.000,00	2,56	20.500,82
4.6	REPERFILAMENTO COM CBUQ FAIXA C	m³	240,00	493,37	118.408,13
4.7	PINTURA DE LIGAÇÃO	m²	8.000,00	2,56	20.500,82
4.8	REVESTIMENTO COM CBUQ FAIXA C	m³	400,00	493,37	197.346,89
4.9	FORNEC/ASSENT. DE MEIO FIO DE CONCRETO PRÉ MOLD.C/SARJET	m	2.200,00	40,06	88.139,10
4.10	ATERRO COMPACTADO C/ MATERIAL DE EMPRÉSTIMO (Confinamento	m³	440,00	11,92	5.245,99
4.11	FORNEC/PLANTIO DE GRAMA EM LEIVAS COM TERRA PRETA	m²	2.200,00	9,41	20.698,13
<b>TOTAL GERAL</b>					<b>568.238,52</b>

**ESTRUTURA DO PAVIMENTO**

<b>ESPESSURAS</b> : Base = 0,30 m sendo Brita 4A = 0,20 m / Brita Graduada : 0,10 m      Reperf: 0,03 m/ Revest: 0,05 m
<b>LARGURA</b> : Regularização / Compactação / Base = 8,30 m      Imprimação = 8,00 m
<b>CORREÇÕES</b> : Escavação e Substituição Parcial da Base em 20% da Via      Caixa = 0,00 m²

**OBSERVAÇÕES:**

- \* Os quantitativos foram estipulados pelo Distrito de Manutenção Urbana de Santa Felicidade;
- \* Foi utilizada a GAP pré-existente;
- \* As quantidades são estimadas e deverão ser conferidas durante a execução da obra / serviço;
- \* A pavimentação será executada sobre a pista existente;
- \* Os custos unitários utilizados tem como referência a Tabela de Preços da SMOP 2011 e BDI de 20,31%;
- \* Para projeto e custos de Sinalização deverá ser consultada a SETRAN.

RESPONSÁVEL :

VISTO DO DIRETOR :