

FACULDADE EVANGÉLICA DE JARAGUÁ

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

**NATÁLIA COSTA TEIXEIRA**

**THAYNARA VALUAR DO NASCIMENTO**

**COMPARATIVO DA APLICAÇÃO DO CONCRETO BETUMINOSO USINADO À  
QUENTE E DO ASFALTO BORRACHA NOS PAVIMENTOS ASFÁLTICOS**

Jaraguá- 2019

**NATÁLIA COSTA TEIXEIRA**  
**THAYNARA VALUAR DO NASCIMENTO**

**COMPARATIVO DA APLICAÇÃO DO CONCRETO BETUMINOSO USINADO À  
QUENTE E DO ASFALTO BORRACHA NOS PAVIMENTOS ASFÁLTICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)  
apresentado à banca examinadora do curso de  
Engenharia Civil da Faculdade Evangélica de  
Jaraguá, como requisito parcial para a obtenção  
do título de Engenheiro Civil.

Orientador:

**Prof.: Esp. Aurélio Caetano Feliciano**

Jaraguá -2019

**NATÁLIA COSTA TEIXEIRA**  
**THAYNARA VALUAR DO NASCIMENTO**

**COMPARATIVO DA APLICAÇÃO DO CONCRETO BETUMINOSO USINADO À  
QUENTE E DO ASFALTO BORRACHA NOS PAVIMENTOS ASFÁLTICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso DEFENDIDO e APROVADO em 25 de junho de 2019, pela  
Banca Examinadora do Curso de Engenharia Civil, constituída pelos membros:

---

Prof. Esp. Aurélio Caetano Feliciano  
- Orientador -

---

Prof. Me. Joaquim Orlando Parada  
- Examinador -

## SUMÁRIO

<b>RESUMO.....</b>	<b>4</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>5</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>6</b>
2.1 COLETA DE DADOS REFERENTE À PAVIMENTAÇÃO DOS REVESTIMENTOS .....	6
2.2 LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA OBRA DE PAVIMENTAÇÃO ANALISADA.	7
2.3 COMPOSIÇÃO DO CBUQ UTILIZADO NO RECAPEAMENTO DA VIA URBANA .....	8
2.4 PERFIL DA CAMADA DE RECAPEAMENTO PAVIMENTADO EM CBUQ .....	9
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>10</b>
3.1 PATOLOGIAS ENCONTRADAS NO PAVIMENTO DEVIDO ÀS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS E AÇÕES DO TRÁFEGO .....	10
3.2 QUANTITATIVO DE CUSTOS REFERENTE À EXECUÇÃO DO RECAPEAMENTO EM CBUQ.....	11
3.3 POSSIBILIDADE DA REDUÇÃO DA CAMADA DE REVESTIMENTO DEVIDO A UTILIZAÇÃO DO ASFALTO BORRACHA .....	13
3.4 QUANTITATIVO DE CUSTOS REFERENTE À EXECUÇÃO DO RECAPEAMENTO COM ASFALTO BORRACHA.....	13
3.5 AVALIAÇÃO DA ECONOMIA FINANCEIRA ENTRE OS REVESTIMENTOS ANALISADOS .....	15
3.6 VANTAGENS DA UTILIZAÇÃO DA BORRACHA NOS REVESTIMENTOS .....	16
3.7 DURABILIDADE DO PAVIMENTO REVESTIDO COM ASFALTO MODIFICADO .....	17
<b>4 A INCORPORAÇÃO DA BORRACHA NA PAVIMENTAÇÃO ATRAVÉS DA UTILIZAÇÃO DE PNEUS INSERVÍVEIS.....</b>	<b>19</b>
<b>5 A FABRICAÇÃO DO ASFALTO AB PELO PROCESSO VIA ÚMIDA .....</b>	<b>20</b>
<b>6 MÉTODOS DE EQUIPAMENTOS EXIGIDOS NA COMPACTAÇÃO DO ASFALTO .....</b>	<b>21</b>
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>23</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>24</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>27</b>

# COMPARATIVO DA APLICAÇÃO DO CONCRETO BETUMINOSO USINADO À QUENTE E DO ASFALTO BORRACHA NOS PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

Natália Costa Teixeira<sup>1</sup>  
Thaynara Valuar do Nascimento<sup>2</sup>  
Aurélio Caetano Feliciano<sup>3</sup>

## RESUMO

Grande parte da malha viária brasileira dispõe de trechos com baixo conforto ao rolamento. Assim o presente trabalho tem como principal objetivo, realizar um estudo comparativo entre a aplicação do concreto asfáltico convencional chamado de Concreto Betuminoso Usinado à Quente (CBUQ) e o Asfalto Borracha (AB) nos revestimentos asfálticos. A pesquisa apresenta o asfalto modificado como uma alternativa, que garante tecnicamente, as mesmas condições de resistência existente no CBUQ. A avaliação da redução da espessura da camada de revestimento é um dos pontos de análise uma vez que as propriedades mecânicas do material são beneficiadas elevando sua capacidade de suporte. No intuito de garantir maior durabilidade da estrutura surgem novos métodos de revestimento com ótima qualidade que se sobressai em relação aos moldes tradicionais. Para a análise dos custos de execução, foram enumerados parâmetros de comparação de acordo com as informações contidas no projeto base, executado em CBUQ na cidade de Rio Verde/GO. Em seguida tem-se o apontamento das vantagens relacionadas em virtude da alteração do betume asfáltico. Mesmo tendo os custos com fabricação e usinagem superior ao do CBUQ, o Asfalto Borracha aponta 32% de economia em relação ao asfalto convencional ao término de suas atividades. Embora, o método esteja no mercado da pavimentação em caráter mundial por mais de 60 anos, ainda é pouco utilizado no país, devido à falta de incentivo das políticas públicas. É evidente a necessidade de investimentos em misturas asfálticas tecnologicamente novas, mais resistentes e duráveis que aumente o tempo de vida útil das rodovias e vias urbanas proporcionando aos usuários maior conforto e qualidade, sem deixar de atender as necessidades da população.

Palavras-chave: Revestimento. Custo-benefício. Durabilidade.

---

<sup>1</sup> Acadêmico do curso de Engenharia Civil – Faculdade Evangélica de Jaraguá. E-mail: natalia\_teixeira2606@hotmail.com

<sup>2</sup> Acadêmico do curso de Engenharia Civil – Faculdade Evangélica de Jaraguá. E-mail: tvaluar@hotmail.com

<sup>3</sup> Professor, especialista, orientador do curso de Engenharia Civil – Faculdade Evangélica de Jaraguá. E-mail: aureliocfeng@gmail.com

## 1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento tecnológico oriundo da segunda guerra mundial trouxe para o Brasil grande avanço em relação às técnicas das atividades da pavimentação asfáltica, pois com o crescimento do setor automobilístico no país, gerou-se a abertura de novas estradas. Com a necessidade de um departamento que consolidasse este crescimento de maneira eficaz e rápida, em 1937 criou-se o Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER), hoje atual Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), sendo inicialmente uma autarquia federal que não possuía recursos próprios e suas atividades eram vinculadas ao sistema rodoviário estadual e municipal.

Bernucci et al., (2006 p. 18) relatam que “através da implantação do Fundo Rodoviário Nacional (FRN), em 1946 e posteriormente a Petrobrás em 1953, a elaboração de pavimentos nas rodovias atingiu escala industrial, surgindo às primeiras empresas construtoras dando maior incentivo para a criação de estradas rodoviárias.” Permitindo a estruturação de um pavimento utilizado até as décadas atuais.

De acordo com Bernucci et al., (2006, p. 9) “pavimento é uma estrutura feita em camadas com espessuras finitas, destinada técnica e economicamente a resistir e distribuir de forma conjunta os esforços do tráfego e do clima, garantindo à segurança, eficiência e comodidade de seus usuários.”

Os modelos de pavimentos atualmente confeccionados são classificados em rígidos e flexíveis. “Pavimento Rígido é aquele em que o revestimento tem uma elevada rigidez em relação às camadas inferiores e, portanto, absorve praticamente todas as tensões provenientes do carregamento aplicado, constituído basicamente por lajes de concreto.” (DNIT, 2006 p. 93). Já o pavimento flexível é “aquele em que todas as camadas sofrem deformação elástica significativa sobre o carregamento aplicado e, portanto, a carga se distribui em parcelas aproximadamente equivalentes entre as camadas.” (DNIT, 2006 p. 93).

Essas camadas flexíveis são conhecidas como subleito, regularização do subleito, reforço do subleito, sub-base, base e revestimento, sendo executadas na ordem descrita respectivamente. Pesquisa realizada pelo Dynatest informa que no Brasil aproximadamente 96% das rodovias são constituídas por pavimento flexível.

O revestimento asfáltico é a camada superior do pavimento que tem por objetivo suportar as cargas de rolamento e esforços abrasivos, impermeabilizando o solo, permitindo um deslocamento suave e seguro. Nele são empregados diversos materiais, que resistam de forma positiva aos esforços solicitados do tráfego. Bernucci et al., (2008, p. 9) diz que “o revestimento asfáltico é a camada superior destinada a resistir diretamente às ações do tráfego e transmitir-las de forma atenuada às camadas inferiores.”

O revestimento mais comum e utilizado atualmente é o Concreto Betuminoso Usinado à Quente (CBUQ), sendo um material composto pela mistura de areia, pó de pedra, brita e cimento asfáltico de petróleo mais conhecido como CAP. O CBUQ é definido pela DNIT 031/2006-ES Pavimentos Flexíveis – Concreto asfáltico – Especificação de serviço (2006, p. 3) como “uma mistura executada, espalhada e compacta a quente, com características específicas, sendo fabricada em usina apropriada e composta de agregado graduado e miúdo, material de enchimento (filer) e cimento asfáltico.”

O CAP é um material utilizado principalmente nas atividades da pavimentação, pois possui a função de agregar os componentes da mistura sendo altamente aglutinante, viscoso e impermeável. A impermeabilidade é fator importante contra a ação da água nas estruturas devido às condições climáticas. “O CAP é um material termossensível, resultante da destilação de tipos específicos de petróleo, na qual as frações leves (gasolina, diesel e querosene) são retiradas no refino.” (DNIT, 2017, p. 63).

Perante a necessidade de aliar qualidade e benefícios aos custos da infraestrutura, surgem métodos construtivos inovadores tanto no setor financeiro quanto no tecnológico, onde alternativas como a fabricação de revestimentos a partir da adição de borracha, derivadas dos pneus, inseridas na mistura do asfalto fazendo o papel de aditivo ao ligante em sua composição, vem ganhando espaço nas obras rodoviárias. “O asfalto borracha consiste na mistura do CAP com pedaços de borracha de pneu finamente moídos e aquecidos conjuntamente”. (SILVA, P., 2005, p. 79)

A Greca Asfaltos (2009, p. 02) em seu artigo publicado em sobre o asfalto ECOFLEX PAVE (Asfalto Borracha patenteado pela Greca Asfaltos) comenta que a técnica de modificação dos ligantes betuminosos pela adição da borracha traz um excelente desempenho físico para a mistura asfáltica, além de ajudar a resolver problemas ambientais causados em virtude do descarte incontrolável de pneus inservíveis (Pneu usado que apresente danos irreparáveis em sua estrutura não se prestando mais à rodagem ou à reforma).

No intuito de amenizar os impactos causados pelo resíduo o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) implanta a Resolução 258 de 1999 que determina que as empresas fabricantes e as importadoras de pneumáticos são obrigadas a coletar e dar destino ambientalmente adequado aos pneus inservíveis uma vez que estes são passíveis de gerar riscos ao ambiente e a saúde pública.

Mesmo o crescente desenvolvimento das rodovias ao longo dos anos, dados da Confederação Nacional de Transportes (CNT), revela que em 2017 o Brasil contava com 1,720 milhões de quilômetros de estradas, dos quais apenas 12,4% eram pavimentadas, ou seja, somente 213.453 mil quilômetros possuíam algum tipo de revestimento asfáltico. Logo é evidente que grande parte das estradas brasileiras necessita de intervenções que possibilitam o tráfego de veículos de forma adequada. Estudo realizado pela CNT em (2018) mostra o modal rodoviário, com participação de 61% nas atividades de transporte de cargas e pessoas, apresentando assim predominância de logística do setor em grande parte do território nacional, correspondendo cerca de 10% do PIB.

A partir de sua vasta utilização, é visto que os investimentos na pavimentação asfáltica são relevantes, pois proporcionam segurança e conforto aos usuários além de melhorar a situação do tráfego nas pistas de rolamento incidindo no avanço da economia do país, uma vez, que afeta significativamente a sociedade, possuindo um caráter de influência socioeconômica nas cidades, pois promove o desenvolvimento industrial e comercial interligando regiões no transporte de mercadorias e cargas vivas, incide na mobilidade urbana, contribui para a expansão do meio cultural, da educação e da saúde favorecendo o desempenho da comunicação e da locomoção, gerando assim qualidade de vida à população.

Desse modo, este trabalho tem por finalidade propor um comparativo da restauração por recapeamento asfáltico em CBUQ das Avenidas Presidente Vargas e João Belo em Rio Verde no estado de Goiás, correspondente a 17,935 km, com um revestimento asfáltico em borracha e apontar a distinção entre os custos e conseguinte levantar a capacidade de resistência e durabilidade do asfalto borracha nos pavimentos flexíveis.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 COLETA DE DADOS REFERENTE À PAVIMENTAÇÃO DOS REVESTIMENTOS**

Os conceitos abordados são baseados em uma revisão literária em livros, manuais, normas, periódicos de artigos e sites que retratam sobre o tema. O principal objetivo é realizar um comparativo de custos e das propriedades mecânicas entre o CBUQ e o Asfalto Borracha (AB), visando determinar qual deles apresenta melhor custo benefício para o pavimento.

Os dados relacionados ao quantitativo de custos referentes ao CBUQ foram obtidos através de um projeto orçamentário de recapeamento asfáltico cadastrado na Central de



### 2.3 COMPOSIÇÃO DO CBUQ UTILIZADO NO RECAPEAMENTO DA VIA URBANA

O projeto de recapeamento asfáltico encontra-se cadastrado na Central de Projetos da Secretária Municipal de Infraestrutura e Desenvolvimento Urbano de Rio Verde/GO, sob o número 11. Com base no projeto a estrutura tem como capa selante o revestimento asfáltico em CBUQ com uma espessura de 5 centímetros (cm). Os materiais empregados foram: agregado mineral graúdo e miúdo, ligante betuminoso e material de enchimento (filer).

Cada material empregado tem especificações e propriedades distintas fazendo com que suas funções sejam atendidas. Branco et al., (2016, p. 34) dizem que “os materiais que constituem as camadas de pavimento devem ter determinadas propriedades e garantir determinados desempenhos para que o pavimento no seu conjunto ofereça as condições para que foi concebido.”

Os materiais constituintes da massa asfáltica do projeto em análise foram, o ligante betuminoso sendo o cimento asfáltico CAP-50/70, agregado graúdo, agregado miúdo adicional, e material de enchimento filer. A Figura 03 representa uma composição genérica dos materiais empregados na mistura da massa de CBUQ.

**Figura 03** – Ilustração genérica dos materiais que compõem a mistura do CBUQ.



Fonte: UNEMAT Sinop.

Existem vários tipos de betumes utilizados na pavimentação e cada um apresenta especificações de conformidades e propriedades diferentes que devem ser levadas em consideração para o dimensionamento de uma estrutura de pavimentação.

O CAP empregado no projeto de recapeamento é o 50/70 Branco et al., (2016, p. 48), explicam que esta designação baseia-se no valor em milímetros resultante do ensaio de penetração à 25° Celsius (C). A Tabela 01 mostra os valores das conformidades exigidas para o tipo de CAP em estudo.

**Tabela 01** – Conformidades exigidas nas propriedades dos CAPs a 25°C.

Características	Unidade	Limite	Método de ensaio		
		CAP 50/70	ABNT (NBR)	ASTM (D)	DNER (ME)
Penetração (100 g, 5s, 25°C)	0,1mm	50 a 70	6576	5	003/99
	°C	46	6560	36	
Viscosidade Saybolt Furol	s		14950	102	004/94
		a 135 °C, mín	141		
		a 150 °C, mín	50		
		a 177 °C	30 a 150		

OU					
Viscosidade Brookfield	cP		15184	4402	
a 135°C, SP 21, 20 rpm, mín		274			
a 150 °C, SP 21, mín.		112			
a 177 °C, SP 21		57 a 285			
Índice de Susceptibilidade térmica (1)		(1,5) a (+0,7)			
Ponto de fulgor mín	°C	235	11341	92	149/94
Solubilidade em tricloroetileno, mín	% massa	99,5	14855	2042	153/94
Ductilidade a 25° C, mín	cm	60	6293	113	163/98
Efeito do calor e do ar (RTFOT) a 163 °C, 85min				2872	
Varição em massa, máx (2)	% massa	0,5			
Ductilidade a 25° C, mín	cm	20	6293	113	163/98
Aumento do ponto de amolecimento, máx	°C	8	6560	36	
Penetração retida, mín (3)	%	55	6576	5	003/99

Fonte: DNIT 095/2006-EM, adaptada.

#### 2.4 PERFIL DA CAMADA DE RECAPEAMENTO PAVIMENTADO EM CBUQ

A camada de revestimento da reconstrução do pavimento é identificada pela Figura 04 a seguir, que representa na parte inferior a capa asfáltica velha, seguida da camada do banho de ligação com RR-2C e a parte superior sendo a nova capa selante constituída em CBUQ com uma espessura de 5 centímetros.

**Figura 04** – Detalhamento da camada de recapeamento executado.

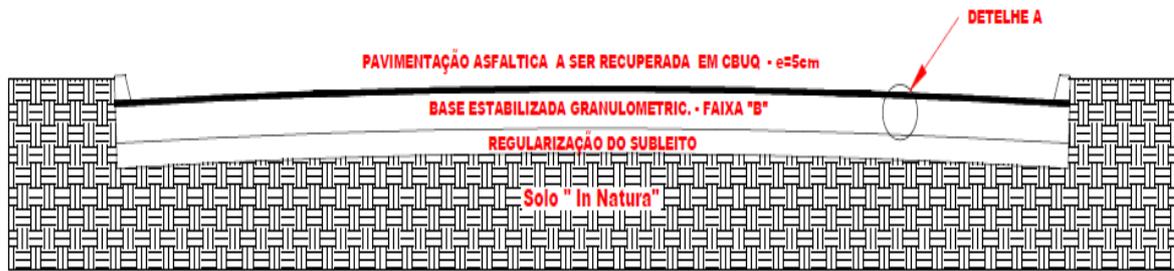


Fonte: Projeto nº11 – Secretaria Infr. e Desenv. Urbano de Rio Verde/GO (2017)

“O pavimento poderá não possuir camada de sub-base ou de reforço; mas a existência de revestimento, nem que seja primário (cascalhamento, agulhamento), e de fundação (subleito) são condições mínimas para que a estrutura seja chamada de pavimento.” (BALBO, 2007, p. 36).

A seção transversal do pavimento é apresentada pela Figura 05 sendo constituída pela camada superior de revestimento em CBUQ, as camadas intermediárias de base estabilizada granulométrica (Faixa B), regularização do subleito e o por ultimo o leito (fundação) sendo o solo.

**Figura 05** – Seção transversal do pavimento recapeado.



Fonte: Projeto nº11 – Secretaria Infr. e Desenv. Urbano de Rio Verde/GO (2017)

A compactação das camadas do pavimento deve ser eficientemente executada, com a menor margem de erros possíveis já que é importante para o equilíbrio da mesma que suas camadas estejam sólidas, impermeáveis e em condições de transmitir para a fundação as forças e ações solicitantes do tráfego. “O volume de vazios de uma mistura asfáltica está relacionada com a durabilidade, a qual é a capacidade desta mistura em resistir aos efeitos nocivos da água, ar, temperatura e tráfego.” (SILVA, P., 2005, p. 86).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 PATOLOGIAS ENCONTRADAS NO PAVIMENTO DEVIDO ÀS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS E AÇÕES DO TRÁFEGO

Inúmeros defeitos podem ser encontrados na superfície de rolamento de um pavimento flexível os quais são conhecidos por patologias. Muitas manifestações patológicas são oriundas das intempéries e das ações do tráfego local. A Figura 06 apresenta em sua superfície ondulações e remendos superficiais variando em determinados pontos o nível do asfalto. Os remendos superficiais são definidos pelo DNIT 005/2003-TER Defeitos nos pavimentos flexíveis (2003, p. 03) como: “Correção, em área localizada, da superfície do revestimento, pela aplicação de uma camada betuminosa.” Já as ondulações são chamadas patologicamente de Escorregamentos de Massa.

À baixa estabilidade da mistura asfáltica, quando sujeita ao tráfego e ao intemperismo. A massa asfáltica é expulsa pelo tráfego para fora da trilha de roda. A baixa estabilidade pode ser devido ao excesso de asfalto, excesso de agregado fino, graduação inadequada, agregados de textura lisa e arredondados. (SILVA, P., 2005, p. 32)

**Figura 06** – Remendos na Avenida Presidente Vargas em Rio Verde/GO.



Fonte: Memorial Fotográfico – Secretaria Infr. e Desenv. Urbano de Rio Verde (2017)

As trincas observadas nas Figuras 07 e 08 são denominadas como Trincas Couro de Jacaré que representam um estágio avançado de fadiga sofrido pela estrutura do pavimento. A fadiga está diretamente relacionada com a recorrência da passagem de veículos comerciais devido à concentração de cargas diariamente sobre a superfície.

**Figura 07** – Trincas no asfalto da Avenida Presidente Vargas em Rio Verde/GO.



Fonte: Memorial Fotográfico – Secretaria Infr. e Desenv. Urbano de Rio Verde (2017)

**Figura 08** – Trincas no asfalto da Avenida João Belo em Rio Verde/GO.



Fonte: Memorial Fotográfico – Secretaria Infr. e Desenv. Urbano de Rio Verde (2017)

“A função essencial de um pavimento rodoviário é assegurar uma superfície de rolamento que permita a circulação dos veículos com comodidade e segurança, durante um determinado período sob a ação do tráfego, e nas condições climáticas que ocorram.” (BRANCO et al., 2016 p. 09).

### 3.2 QUANTITATIVO DE CUSTOS REFERENTE À EXECUÇÃO DO RECAPEAMENTO EM CBUQ

Os dados descritos na Tabela 02 foram obtidos através do projeto orçamentário de recuperação asfáltica das Avenidas Presidente Vargas e João Belo em Rio Verde/GO, cadastrado no Central de Projetos da Secretária Municipal de Infraestrutura e Desenvolvimento Urbano, registrado sob nº 11 pela Prefeitura Municipal de Rio Verde.

Os custos da pavimentação são divididos em diretos e indiretos. Silva, M., (2006), explica que os custos diretos são aqueles relacionados à atividade da própria construção, ou

seja, que ocorrem por causa da execução do serviço do objeto do orçamento em análise como a mão de obra, materiais e equipamentos. Já os custos indiretos se referem a serviços necessários para se viabilizar a execução da obra como as instalação e manutenção do canteiro de obras, escritório administrativo da empresa, despesas financeiras, risco da obra, segurança do trabalho, transporte de cargas etc.

O Sienge Platform (2019) explica que para elaborar o orçamento completo e chegar ao preço final de venda, é preciso acrescentar ao orçamento os custos indiretos através do Benefício e Custos Indiretos (BDI) o que ajuda as empresas a garantir um bom custo global e a cobrir as despesas necessárias. O orçamento de recapeamento em análise é composto com uma porcentagem de BDI de 28,55%.

A Tabela 02 descreve os quantitativos do consumo de materiais necessários para pavimentar a área em recuperação do revestimento asfáltico.

**Tabela 02** – Descrição dos quantitativos de consumo do projeto para CBUQ.

Medidas e Consumo de material		Quantitativos
A	Área total pavimentada (m <sup>2</sup> )	150.485,35
B	Comprimento total pavimentado (m)	17.935,00
C	Espessura da camada de revestimento (m)	0,05
D	Peso específico (Densidade) do CAP (t/m <sup>3</sup> )	2,4
E	Teor de CAP 50/70 (t/t)	0,055
F	Distância da Usina de asfalto (km)	5,50
G	Consumo de RR-2C (t/m <sup>2</sup> )	0,0004
H	Volume de RR-2C (t)	60,19

Fonte: Planilha Orçamentária – Prefeitura Munic. de Rio Verde (2017).

Já a Tabela 03 expõe os valores de custos referentes à execução dos serviços de pavimentação e fornecimento de materiais gerando o valor final da obra. Ambas são referentes ao processo utilizando o CBUQ.

**Tabela 03** – Custos de execução do recapeamento em CBUQ com 5 cm de espessura.

Parâmetros para o CBUQ	Método de Cálculo	Unidade	Valores
I	Massa asfáltica em CBUQ.	(A x C)	m <sup>3</sup> 7.524,27
J	Custo da usinagem de CBUQ aplicado.		R\$/t 285,42*
K	Quantidade de massa x Custo de usinagem/aplicação.	I x J	R\$ 2.147.577,14
L	Teor de asfalto	E x 100	% 5,5
M	Custo com Pintura de Ligação	A x 0,32*	R\$ 48.155,31
N	Fornecimento de RR-2C	H x 2059,08*	R\$ 123.936,03
O	Fornecimento de CAP 50/70	A x C x D x E x 2.355,29*	R\$ 2.339.274,03
P	Transporte Local de RR-2C	A x G x F x 2,76*	R\$ 913,75
Q	Transporte Local de Massa Asfáltica	A x C x D x F x 1,25*	R\$ 124.150,41
R	Custo Administração Local	ANEXO C**	R\$ 174.941,45
S	Custo com canteiro de obra	ANEXO C**	R\$ 12.956,51
T	Custo Total do CBUQ	K + M + N + O + P + Q + R + S	R\$ <b>4.971.904,63</b>

Fonte: Planilha Orçamentária – Prefeitura Munic. de Rio Verde (2017).

\*Valor unitário referente aos componentes do CBUQ conforme descrito em projeto.

\*\*Anexo C: Detalhamento da composição da administração e canteiro de obras.

A fim de obter um valor final sem a incidência dos custos indiretos com BDI, sendo utilizado como objeto de comparação apenas os custos para produzir os serviços da execução do recapeamento asfáltico, será aferido o custo direto conforme a Equação 1 abaixo, descrita no MANUAL DE BDI, conforme apresenta Silva, M., (2006 p. 07).

$$PV = CDc buq \left( 1 + \frac{BDI (\%)}{100} \right) \quad (1)$$

PV : Preço de Venda

CD: Custo Direto

BDI: Taxa de BDI em %

$$4.971.904,63 = CDc buq \left( 1 + \frac{28,55}{100} \right) \quad (2)$$

$$CDc buq = 3.867.681,55 \quad (3)$$

### 3.3 POSSIBILIDADE DA REDUÇÃO DA CAMADA DE REVESTIMENTO DEVIDO A UTILIZAÇÃO DO ASFALTO BORRACHA

Em virtude do avanço das pesquisas envolvendo asfaltos modificados, surgiu-se a oportunidade da redução de espessura da camada de revestimento do pavimento flexível em relação ao asfalto convencional. A análise da durabilidade, as condições de deformação, as ações climáticas da região, o tipo e fluxo do tráfego da rodovia e a composição da mistura asfáltica a ser utilizada no pavimento é o que determina a viabilidade dessa redução.

Segundo a Greca Asfalto (2009, p. 7), essa redução pode variar em cerca de 20 a 30% em relação à espessura do revestimento com CBUQ. A mesma ainda relata que após estudos com o ECOFLEX cerca de 80% dos casos de pavimentação asfáltica no Brasil, foram realizados com uma redução da camada, sendo esta, inferior em relação ao projeto de origem.

Diversas propriedades do ligante betuminoso são beneficiadas através da adição da borracha na mistura asfáltica o que melhora as condições da camada de revestimento tornando o pavimento mais resistente à solicitação das cargas e ao desgaste oriundo do tráfego o que possibilita a redução da espessura da camada sem interferir nas funções a qual são exigidas.

Para Branco et al., (2016, p. 57), a adição da borracha na mistura asfáltica garante ao pavimento: “[...] maior resistência ao envelhecimento durante sua utilização, maior eficácia de comportamento de algumas misturas betuminosas concebidas para resolver alguns problemas funcionais como melhoria das características de drenabilidade superficial e menor impacto provocado pelo rolamento.”

### 3.4 QUANTITATIVO DE CUSTOS REFERENTE À EXECUÇÃO DO RECAPEAMENTO COM ASFALTO BORRACHA

A Tabela 04 descreve os quantitativos do consumo de materiais de comparação necessários para pavimentar a área de recapeamento. Já a Tabela 05 expõe os valores de custos referentes à execução dos serviços de pavimentação e fornecimento de materiais compostos por asfalto borracha, gerando um novo valor final para posterior comparação.

Para realização dos cálculos todos os dados referentes a medidas como área, comprimento, distância da usina, densidade, teor de CAP, consumo de emulsão (RR-2C), foram considerados iguais, no intuito de aferir valores de custos com proporções equivalentes para ambos os métodos. A camada de revestimento foi reduzida possuindo uma espessura de 3,5 cm. Os valores dos preços unitários para o “Custo de usinagem de AB aplicado” e “Fornecimento de CAP 50/70” são de R\$ 265,00 e R\$ 1.550,00 respectivamente. Os mesmos

foram obtidos através dos valores fixados pelo grupo Greca Asfaltos na fabricação e execução de revestimentos utilizando o Ecoflex (Asfalto Borracha).

**Tabela 04** – Descrição dos quantitativos de consumo para o AB.

Medidas e Consumo de material		Quantitativos
A	Área total pavimentada (m <sup>2</sup> )	150.485,35
B	Comprimento total pavimentado (m)	17.935,00
C	Espessura da camada de revestimento (m)	0,035
D	Peso específico (Densidade) do CAP (t/m <sup>3</sup> )	2,4
E	Teor de CAP 50/70 (t/t)	0,055
F	Distância da Usina de asfalto (km)	5,50
G	Consumo de RR-2C (t/m <sup>2</sup> )	0,0004
H	Volume de RR-2C (t)	60,19

Fonte: Planilha Orçamentária – Prefeitura Munic. de Rio Verde (2017).

**Tabela 05** – Custos para execução do asfalto borracha com 3,5 cm de espessura.

Parâmetros para o AB		Cálculo	Unidade	Valores
I	Massa asfáltica com adição de borracha.	(A x C)	m <sup>3</sup>	5.266,99
J	Custo da usinagem do asfalto AB.		R\$/t	265,00***
K	Quantidade de massa x Custo de usinagem.	I x J	R\$	1.196.358,40
L	Teor de asfalto	E x 100	%	5,5
M	Custo com Pintura de Ligação	A x 0,32****	R\$	48.155,31
N	Fornecimento de RR-2C	H x 2059,08****	R\$	123.936,03
O	Fornecimento de CAP 50/70	A x C x D x E x 1.550,00****	R\$	1.077.625,6
P	Transporte Local de RR-2C	A x G x F x 2,76****	R\$	913,75
Q	Transporte Local de Massa Asfáltica	A x C x D x F x 1,25****	R\$	86.905,29
R	Custo Administração Local	ANEXO C*****	R\$	174.941,45
S	Custo com canteiro de obra	ANEXO C*****	R\$	12.956,51
T	Custo Total do Asfalto Borracha	K + M + N + O + P + Q + R + S	R\$	<b>2.721.792,34</b>

Fonte: GRECA Asfaltos - ECOFLEX (2019)

\*\*\*Valor unitário referente aos componentes do asfalto borracha.

\*\*\*\* Anexo C: Detalhamento da composição da administração e canteiro de obras.

Apenas os custos com usinagem (K) e fornecimento de CAP 50/70 (O) na Tabela 05 estão sem o acréscimo de BDI, assim os demais valores que constam na mesma serão somados e novamente calculado o valor do custo direto que eles representam para o asfalto AB, como representa as Equações 4 e 5.

$$PV \Sigma(M + N + P + Q + R + S) = (R\$) 447.808,34 \quad (4)$$

$$PVE\Sigma = CDE\Sigma \left(1 + \frac{BDI (\%)}{100}\right) \quad (5)$$

$$447.808,34 = CDE\Sigma \left(1 + \frac{28,55}{100}\right) \quad (6)$$

$$CDE\Sigma = 348.353,44 \quad (7)$$

O custo final da obra para o asfalto borracha ( $CDfAB$ ) é a somatória dos custos de usinagem (K) e fornecimento de CAP 50/70 (O) da Tabela 05 com o valor encontrado na Equação 7.

$$CDfAB = CD \text{ (Equação 7)} + K + O \quad (8)$$

$$CDfAB = 348.353,44 + 1.196.358,40 + 1.077.625,60 \quad (9)$$

$$\mathbf{CDfAB = 2.622.337,44} \quad (10)$$

### 3.5 AVALIAÇÃO DA ECONOMIA FINANCEIRA ENTRE OS REVESTIMENTOS ANALISADOS

$$\begin{aligned} \text{Custo Direto Final CBUQ (} CDc buq \text{)} &= 3.867.681,55 \\ \text{Custo Direto Final Asfalto Borracha (} CDfAB \text{)} &= 2.622.337,44 \end{aligned}$$

O custo direto da usinagem do CBUQ aplicado sem incidência de BDI é de R\$ 222,03 (Equação 13) enquanto para o asfalto AB o custo é de R\$ 265,00 (J – Tabela 05).

$$PV = CDc buq \text{ usinagem} \left(1 + \frac{BDI (\%)}{100}\right) \quad (11)$$

$$285,42 = CDc buq \text{ usinagem} \left(1 + \frac{28,55}{100}\right) \quad (12)$$

$$CDc buq \text{ usinagem} = 222,03 \quad (13)$$

O custo por tonelada da usinagem do asfalto borracha aplicado no pavimento é cerca de 20% (Equação 16) mais caro em relação à usinagem do CBUQ convencional, devido os métodos de fabricação e do controle tecnológico serem mais rigorosos requerendo maior segurança nos processos desenvolvidos para obtenção da qualidade da massa asfáltica. O valor da Porcentagem de Acréscimo do Custo da mistura Usinada (%ACU) mesurado está representado na Equação 16.

$$\%ACU = \frac{(CDc buq \text{ usinagem} - CD \text{ usinagem AB})}{CDc buq \text{ usinagem}} \times 100 \quad (14)$$

$$\%ACU = \frac{(265,00 - 222,03)}{222,03} \times 100 \quad (15)$$

$$\%ACU = 19,35 \text{ aproximadamente } 20\% \quad (16)$$

Embora o custo com usinagem do asfalto borracha seja mais caro, o mesmo tem o custo direto final inferior em relação ao CBUQ, apresentando 32,19% (Equação 22) de economia correspondente a um valor de R\$ 1.245.344,11 (Equação 19).

$$\text{Valor da redução do custo (R\$)} = CDc buq - CDfAB \quad (17)$$

$$\text{Valor da redução do custo (R\$)} = 3.867.681,55 - 2.622.337,44 \quad (18)$$

$$\text{Valor da redução do custo (R\$)} = 1.245.344,11 \quad (19)$$

$$\%Redução\ do\ custo\ total = \frac{CD_{cbuq} - CD_{fAB}}{CD_{cbuq}} \times 100 \quad (20)$$

$$\%Redução\ do\ custo\ total = \frac{3.867.681,55 - 2.622.337,44}{3.867.681,55} \times 100 \quad (21)$$

$$\%Redução\ do\ custo\ total = \mathbf{32,19} \quad (22)$$

### 3.6 VANTAGENS DA UTILIZAÇÃO DA BORRACHA NOS REVESTIMENTOS

A incorporação da borracha nos pavimentos rodoviários trazem benefícios e melhorias para as propriedades físicas e mecânicas do ligante asfáltico e envolve os aspectos econômicos relacionados à diminuição de custos com manutenções e reparos nas vias rodoviárias.

A Greca Asfaltos (2009, p. 06), apresenta o perfil do asfalto ECOFLEX executado em pavimento flexível como um material com: maior viscosidade, maior elasticidade e trabalhabilidade, maior capacidade de impermeabilização, menos sensibilidade a variações de temperaturas, mais resistente a intempéries, ótima aderência reduzindo os riscos de aquaplanagem, redução do ruído de atrito, viabiliza a redução da espessura do pavimento e apresenta menos deformação por trincas e fadigas.

Em resumo quando se modifica o CAP, o que se busca é uma troca de favores entre ele e a borracha. Assim teremos como vantagens a diminuição à sensibilidade térmica, aumenta a longevidade da mistura, aumenta a temperatura de trabalho, aumenta a aderência, reduz o ruído e maior flexibilidade. (SILVA, P., 2005, p. 79)

As técnicas de alteração dos betumes estão presentes na área da pavimentação há cerca de 50 anos, como relata Brûlé (1996 apud Balbo 2007, p. 124) que “[...] desde o início dos anos 1970, os polímeros macromoleculares termoplásticos (elastômeros) começaram a ser aplicados na modificação dos asfaltos.” Os principais objetivos da época eram: elevar a coesão do material, reduzir a suscetibilidade térmica do CAP, ter um CAP com baixa fluência, elevada resistência à deformação plástica, à fissuração e à fadiga, garantir uma boa adesividade e maior resistência ao envelhecimento.

Quando o asfalto entra no estado líquido tem-se a indicação da temperatura do Ponto de Amolecimento. Estando na forma líquida o mesmo começa a perder volatilidade devido à evaporação da reação física fazendo com que a capa do revestimento tenha um envelhecimento acelerado. Diferentemente do CBUQ, o ligante quando alterado tem seu envelhecimento retardado, pois a adição da borracha na mistura asfáltica faz com que seu ponto de amolecimento aumente. “O uso da borracha granulada ou moída em conjunto com o CAP, aumenta o Ponto de Amolecimento e com isso se tem menos perdas de voláteis e consequentemente um envelhecimento mais lento.” (SILVA, P., 2005, p. 79)

Branco et al., (2016, p. 57), afirma que “A utilização de betumes modificados constitui ainda uma boa solução para reduzir a frequência da manutenção em zonas de mais rápida degradação do pavimento.” As melhorias apontadas faz com que o tempo necessário para fazer a obra também seja reduzido, economizando também no combustível durante a usinagem, transporte da massa asfáltica e na demanda da mão de obra humana.

A Greca Asfaltos (2009) elenca três pontos visíveis de eficiência econômica como a diminuição dos custos de conservação, pois o ligante envelhece menos, menos intervalos de interrupção de pistas para reparos de conservação e restauração e a mitigação da utilização de recursos naturais, no caso dos agregados. O Quadro 01 abaixo enumera as vantagens e

desvantagens associadas ao CBUQ e ao Asfalto Borracha, segundo os relatos dos autores mencionados.

**Quadro 01** – Comparação das propriedades entre o CBUQ e o AB.

<b>Concreto Betuminoso Usinado a Quente</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
	Facilidade de trabalhabilidade	Revestimento mais espesso
	Facilidade de execução	Betume menos elástico e aderente
	Temperaturas de aplicação mais baixas	Maiores deformações por trincas
	Baixo custo com usinagem	Manutenções frequentes
	Mão de obra qualificada	
<b>Asfalto Borracha</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
	Maior viscosidade e elasticidade	Exige altas temperaturas
	Maior impermeabilização	Custo com usinagem mais elevado
	Ótima resistência a intempéries	Rigorous controle de qualidade
	Melhor aderência ao pavimento	Mão de obra qualificada
	Redução do ruído de atrito	
	Redução da espessura da camada	
	Menos deformações por trincas	
Menos manutenções		

Fonte: SILVA, Paulo (2005), Balbo (2007) e GRECA Asfaltos – ECOFLEX (2009).

### 3.7 DURABILIDADE DO PAVIMENTO REVESTIDO COM ASFALTO MODIFICADO

Como aborda Leão (2014) por volta do ano de 1960 o norte americano Charles McDonald, apresentava um modelo de revestimento fabricado por borracha de pneus. Na época se concretizava uma tecnologia inovadora trazendo inúmeros benefícios e melhorias para os pavimentos, se tornando mais tarde uma alternativa muito utilizada na pavimentação em diversos países, inclusive no Brasil.

Ainda que o mesmo tenha sido criado na década de 60, os relatos da sua utilização no Brasil se deram por volta do ano de 2000, quando a patente do material expirou, e as empresas brasileiras puderam então começar a fabricação e posterior uso deste. A pioneira na utilização do asfalto borracha foi a GRECA Asfaltos, que junto à Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e a Concessionária Univias, promoveram um estudo com a aplicação de um trecho experimental para melhor detectar as vantagens na utilização dessa técnica.

A Greca Asfaltos relata no EcoflexPave (2006, p. 05) que diante do estudo realizado, o asfalto borracha, apresentou uma estrutura de durabilidade superior ao do asfalto convencional, podendo ter uma interface de resistência de 5 a 6 vezes maior ao surgimento de trincas no pavimento. O asfalto modificado apresenta um comportamento mais dúctil em relação ao asfalto tradicional, ou seja, ele é menos rígido fazendo com que as características elásticas do ligante se sobressaiam tornando a mistura mais resistente a trincas e fissuras, além de que as deformações devido à fadiga se tornem menos expressivas.

A Figura 09 abaixo mostra duas pistas do simulador de tráfego da UFRGS, as quais foram submetidas a ensaios para testar sua capacidade de resistência e deformação. “A pista a esquerda com Asfalto Borracha apresenta apenas uma trinca após 123.356 ciclos de um eixo de 10 tf (toneladas força), enquanto que a pista da direita com asfalto convencional em CP-20 se apresenta totalmente trincada após 90.303 ciclos com a mesma força de eixo.” (GRECA ASFALTOS, 2009, p. 06)

**Figura 09** – Simulador de Tráfego da UFRGS.



Fonte: GRECA Asfaltos (2009).

A borracha fornece agentes antioxidantes e carbono à mistura, fazendo com que haja um retardamento no envelhecimento do revestimento, além de reduzir a suscetibilidade térmica, conseguindo trabalhar em diferentes temperaturas sem que haja perda no seu desempenho. “Os betumes modificados surgem devido à necessidade de conferir às misturas betuminosas menor susceptibilidade térmica e uma maior flexibilidade, ou seja, responde mais eficazmente a maiores solicitações do pavimento.” (BRANCO et al., 2016, p. 56)

Além das melhorias quanto às trincas, o asfalto AB também possui uma camada de rolamento mais suave proporcionando assim um melhor conforto e segurança aos seus usuários.

Devido a tantos benefícios com relação a sua estrutura, o asfalto borracha possui uma durabilidade que pode chegar a 40% a mais, relacionado ao asfalto convencional, e torna-se evidente que o recapeamento com asfalto modificado por borracha conferiu ao pavimento uma notável sobrevida em termos de fadiga, se comparada com a estrutura com recapeamento em asfalto convencional. (GRECA ASFALTOS, 2006).

Outros estudos de tráfego foram desenvolvidos pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, onde duas placas foram submetidas a ensaios, como mostra a Figura 10. Observa-se que “[...] a placa da direita com Asfalto Borracha apresentou deformação de 5% após 30.000 ciclos de simulação e a placa da esquerda em ligante convencional deformou-se 13% após apenas 10.000 ciclos.” (GRECA ASFALTOS, 2009, p. 06).

A adição da borracha no betume traz inúmeras melhorias às propriedades físicas e mecânicas do asfalto, além de contribuir para a redução dos impactos ambientais causados pelo descarte incorreto dos pneus ineficientes para locomoção de veículos, na natureza.

É possível e viável a execução de pavimentos com camadas reduzidas compactadas por misturas em asfalto borracha, garantindo maior resistência e a durabilidade necessária para o tráfego de veículos quando comparadas ao CBUQ. Quando se executa pavimentos com revestimentos inferiores aos convencionais que normalmente possuem espessuras de 5 cm, conseqüentemente a quantidade de massa asfáltica utilizada também é menor, o que acarreta menos utilização de recursos naturais como agregados que a compõem.

Através da análise da comparação dos custos envolvidos na execução dos revestimentos asfálticos percebe-se que os custos de usinagem do asfalto AB são mais elevados em relação ao concreto betuminoso usinado a quente, pois requer um controle tecnológico maior e opera em altas temperaturas. Porém o custo final é inferior quando comparado ao asfalto convencional devido à redução significativa do tamanho da camada de massa asfáltica.

Com a análise dos custos baseado no Projeto de Recapeamento Asfáltico de Rio Verde/GO e os dados fixados pela Greca Asfaltos, o uso do asfalto borracha propicia uma economia financeira de 32% correspondendo a um valor de R\$ 1.245.344,11 em relação ao valor do custo obtido para CBUQ. Os métodos de execução, aplicação e equipamentos são bem semelhantes tendo uma maior diferenciação apenas na usinagem e compactação da mistura asfáltica devido à moagem da borracha e a necessidade de trabalhar em altas temperaturas. Ao associar os valores financeiros à qualidade, o asfalto AB apresenta um melhor custo-benefício quando aplicado nos pavimentos flexíveis.

**Figura 10** – Simulador de Tráfego da Escola P. da Univ. de São Paulo.



Fonte: GRECA Asfaltos (2009).

#### **4 A INCORPORAÇÃO DA BORRACHA NA PAVIMENTAÇÃO ATRAVÉS DA UTILIZAÇÃO DE PNEUS INSERVÍVEIS**

Milhares de pneus são descartados erroneamente todos os anos no Brasil, o que contribui para a proliferação de agentes causadores de doenças como o mosquito *Aedes Aegypti* transmissores de dengue, zika e chikungunya afetando a saúde pública.

No intuito de conscientizar e amenizar os problemas oriundos do descarte de pneus inutilizados no meio ambiente o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), criou a Resolução nº258 de 1999 que define a responsabilidade aos fabricantes e importadores de pneus, à coleta e destinação ambientalmente sustentáveis dessas unidades descartadas.

O Serviço Nacional de Aprendizagem de Transportes (SENAT) alerta que no Brasil, cerca de 450 mil toneladas de pneus, são descartadas por ano no país e quase sempre de forma errada se tornando um problema ao meio ambiente.

Segundo o site Compromisso Empresarial para Reciclagem (CEMPRE), empresa especializada em reciclagem, informa que a RECICLANIP, entidade ligada à Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos (ANIP), coletou e destinou de forma correta mais de 183 mil toneladas de pneus inservíveis em 2014. Dados do último relatório de pneumáticos do

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) relata que em 2015 um total de 518.924,36 toneladas de pneus foi entregue em pontos específicos de coletas em todo o país para uma destinação final adequada.

Os pneus inservíveis utilizados na pavimentação asfáltica passam por um processo cuja borracha moída é separada do aço e do náilon e são incorporadas ao betume na composição da massa asfáltica.

## **5 A FABRICAÇÃO DO ASFALTO AB PELO PROCESSO VIA ÚMIDA**

As normas visam à padronização dos métodos e parâmetros de execução dos serviços da construção civil de forma que todas as atividades apresentem o maior grau de segurança possível. O DNIT 111/2009 – EM Pavimentação Flexível – Cimento asfáltico modificado por borracha de pneus inservíveis pelo processo via úmida do tipo “Terminal Blending” – Especificação de material apresenta os métodos para obtenção do asfalto estocável.

A borracha pode ser empregada nos materiais betuminosos através dos processos por via seca ou via úmida. O método aplicado na via úmida garante maior rendimento e aproveitamento das propriedades mecânicas do asfalto.

É importante selecionar o tipo do pneu, pois as propriedades poderão variar em função dos mesmos. O uso de borracha como agregado (processo via Seca) não tem trazido vantagens significativas ao CAP. Em resumo, quando se modifica o CAP, o que se busca é uma troca de favores entre ele e a borracha. (SILVA, P., 2005, p. 79)

O DNIT 111/2009-EM diz que a borracha do pneu deve ser totalmente moída até se consolidar em pó de borracha e em seguida adicionada ao CAP aquecido, representando geralmente de 15 a 20% da massa do betume asfáltico. Diferentemente do processo por via seca onde a borracha é considerada como um agregado sendo triturada e adicionada aos demais compostos antes da adição ao asfalto, correspondente a cerca de 0,5 a 3% da mistura.

O mesmo pode ser estocável ou não, isso vai depender das necessidades e circunstâncias encontradas na usinagem e no canteiro de obra para o desenvolvimento da aplicação da massa asfáltica no pavimento. O DNIT 111/2009 – EM define o processo de obtenção do asfalto estocável homogêneo em um procedimento em que todos os componentes da mistura são conjuntamente adicionados em um terminal especial, com altas temperaturas e por agitação com alto cisalhamento.

A mesma norma designa as condições que deve conter um asfalto borracha de pneus inservíveis:

- O asfalto quando aquecido a 175 ° C (graus Celsius) não deve conter água, nem espumar,
- Toda carga de mistura que adentrar ao canteiro de obra deve estar com os dados dos resultados dos ensaios das conformidades exigidas na data de fabricação ou no dia do ato de carregamento, como mostra a Tabela 06,
- O tempo e a situação do armazenamento estocável do asfalto borracha devem ser estabelecidos pelo fabricante.

A água é uma grande inimiga do pavimento, portanto, tem-se de evitar que ela penetre no interior do mesmo, quer seja pela infiltração, pelas fissuras ou por capilaridade. A água, se penetrar no pavimento, pode amolecer as camadas do pavimento, diminuindo sua capacidade de resistir aos esforços gerados pelo tráfego. (SILVA, P., 2005, p. 14).

**Tabela 06** – Conformidades exigidas nas propriedades dos CAPs a 25°C.

Características	Unidade	Asfalto Borracha		Métodos de ensaio	
		Tipo AB 8	Tipo AB 22	NBR	DNER ME
Penetração, 100g, 5s, 25°C	0,1mm	30-70	30-70		003/99
Ponto de Amolecimento, min, °C	°C	55	57		247/94
Viscosidade Brookfield, 175°C, 20rpm, Spindle 3	cP	800-2000	2200-4000	15529	
Ponto de Fulgor, min	°C	235	235		148/94
Recuperação Elástica Ductilômetro, 25°C, 10 cm, min	%	50	55	15086	
Estabilidade à estocagem, máx	°C	9	9		384/99
Efeito do calor e do ar (RTFOT) a 163°C:					
– Variação em massa, máx.	%	1	1	15235	
– Variação do Ponto de Amolecimento, máx	°C	10	10		247/94
– Porcentagem de Penetração Original, mín.	%	55	55		003/99
– Porcentagem da Recuperação Elástica Original, 25°C 10cm, mín.	%	100	100	15086	

Fonte: DNIT 111/2009-EM (2009) adaptada.

## 6 MÉTODOS DE EQUIPAMENTOS EXIGIDOS NA COMPACTAÇÃO DO ASFALTO

A técnica empregada na produção de misturas asfálticas para a execução de revestimento com CBUQ e Asfalto Borracha é estabelecida pelas DNITs 031/2006 – ES – Pavimentos Flexíveis – Concreto asfáltico – Especificação de serviço e 112/2009 – ES – Pavimentação Flexível – Cimento asfáltico modificado por borracha de pneus inservíveis pelo processo via úmida do tipo “Terminal Blending” – Especificação de serviço, respectivamente.

Alguns aspectos devem ser levados em consideração tendo um maior rigor para que a qualidade dos compostos betuminosos não seja alterada entre sua fabricação e aplicação nos pavimentos incidindo diretamente na degradação da capa asfáltica. Os quadros abaixo comparam os métodos empregados em ambos os métodos conforme estabelece as normas citadas acima. O Quadro 02 define as condições gerais de aplicação da massa asfáltica, o Quadro 03 identifica os equipamentos mínimos necessários para a realização dos serviços e o Quadro 04 descreve as partes que devem ser seguidas no processo de execução.

**Quadro 02** – Condições gerais de aplicação da massa asfáltica.

CBUQ	Asfalto Borracha
É vedada a aplicação da massa em dia chuvoso.	É vedada a aplicação da massa em dia chuvoso.
A massa tem que ser fabricada, transportada e aplicada em temperaturas acima de 10 °C.	A massa tem que ser fabricada, transportada e aplicada em temperaturas acima de 10 °C.
Toda carga que adentrar a obra tem que conter resultados dos ensaios exigidos na DNIT 031/2006.	Toda carga que adentrar a obra tem que conter resultados dos ensaios exigidos na DNIT 112/2009.

Fonte: DNIT 031/2006-ES (2006) e DNIT 112/2009-ES (2009)

**Quadro 03** – Equipamentos mínimos necessários.

<b>Equipamentos</b>	<b>CBUQ</b>	<b>Asfalto Borracha</b>
<b>Depósito para ligante asfáltico</b>	Capacidade suficiente para três dias de trabalho mantendo a temperatura exigida na execução.	Capacidade suficiente para três dias de trabalho mantendo a temperatura exigida na execução. E possuir agitadores mecânicos para agitação constante
<b>Silos para agregados</b>	Capacidade total de três vezes maior em relação ao misturador.	Capacidade total de três vezes maior em relação ao misturador.
<b>Usina para mistura asfáltica</b>	Possuir termômetros no dosador de ligante de 90 a 210 °C e produzir mistura homogênea.	Usina gravimétrica com misturador para uma massa uniforme, termômetros no dosador de ligante 90 a 210 °C e minimizar os impactos ambientais devido à coleta do pó da borracha.
<b>Caminhões Basculantes</b>	As caçambas devem ser metálicas e robustas. Sendo lisas, limpas e lubrificadas com água e sabão.	As caçambas devem ser metálicas e robustas. Sendo lisas, limpas e lubrificadas com água e sabão.
<b>Equipamentos de espalhamento e acabamento</b>	Pavimentadoras automotrizes, capaz de uniformizar a mistura no alinhamento.	Pavimentadoras automotrizes, capaz de uniformizar a mistura no alinhamento.
<b>Equipamentos para compactação</b>	Rolo pneumático, Rolo metálico liso ou Rolo vibratório.	Rolo pneumático, Rolo metálico liso ou Rolo vibratório.
<b>Rolos Pneumáticos e autopropulsionados</b>	Conter dispositivos de calibragem de variação da pressão dos pneus de 2,5 a 8,4 kgf/cm <sup>2</sup> .	Conter dispositivos de calibragem de variação da pressão dos pneus de 2,5 a 9,8 kgf/cm <sup>2</sup> .

Fonte: DNIT 031/2006-ES (2006) e DNIT 112/2009-ES (2009)

Todas as exigências constantes nas normas de Especificação de Serviço (ES), citadas acima, devem ser atendidas no intuito de obter um asfalto durável e resistente às intempéries e às cargas solicitantes do tráfego para o qual foi projetado.

**Quadro 04** – Condições no processo de execução da massa asfáltica.

<b>Condições</b>	<b>CBUQ</b>	<b>Asfalto Borracha</b>
<b>Pintura de Ligação</b>	Após sete dias entre a execução da imprimação e a do revestimento.	Após sete dias entre a execução da imprimação e a do revestimento.
<b>Temperatura do ligante</b>	Manter entre 107 a 177 °C.	Manter entre 170 a 180 °C.
<b>Aquecimento dos agregados</b>	Aquecidos entre as temperaturas de 10 a 15 °C acima do ligante, sem exceder 177 °C.	Aquecidos entre as temperaturas de 10 a 15 °C acima do ligante, sem exceder 180 °C.
<b>Produção do concreto asfáltico</b>	Realizada nas usinas descrita no Quadro 03 para CBUQ.	Realizada nas usinas descrita no Quadro 03 para Asfalto Borracha. A usinagem deve ser realizada entre 165 a 180 °C.

<b>Transporte da mistura</b>	Deve ser feito por veículos adequados. Sendo levada da usina até o local da aplicação mantendo a temperatura estabelecida.	Sendo levada da usina até o local da aplicação mantendo a temperatura necessária e evitar segregação da mistura na caçamba.
<b>Distribuição e Compactação da mistura</b>	Realizada pelos equipamentos descritos no Quadro 03 para CBUQ. Falhas devem ser corrigidas com concreto asfáltico manualmente e espalhada por meio de ancinhos e rodos metálicos. Rolos de pneus, com pressão variável, inicia-se a rolagem com baixa pressão, aumentando à medida que a mistura seja compactada.	Realizada pelos equipamentos descritos no Quadro 03 para Asfalto Borracha. Falhas devem ser corrigidas com concreto asfáltico manualmente e espalhada por meio de ancinhos e rodos metálicos. A temperatura mínima para a compactação da mistura é de 145 °C.

Fonte: DNIT 031/2006-ES (2006) e DNIT 112/2009-ES (2009)

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Perante a necessidade de aliar qualidade e benefícios aos custos da infraestrutura, surgem métodos construtivos inovadores e viáveis tanto no setor financeiro quanto no tecnológico, onde alternativas como a fabricação de massa asfáltica a partir do pó da borracha, derivada dos pneus se tornam essenciais.

Em relação ao que foi exposto, é possível concluir que a utilização de asfaltos modificados na pavimentação de rodovias e vias urbanas, se torna mais vantajosa em relação ao uso do Concreto Betuminoso Usinado à Quente, já que suas propriedades físicas e mecânicas de desempenho são beneficiadas e apresentam um aumento significativo na durabilidade e na vida útil da estrutura.

Os pavimentos flexíveis constituídos por asfalto borracha tendem a apresentar um custo-benefício melhor, pois possui o custo final de execução mais acessível, necessita de menos manutenções e garante aos usuários conforto e segurança na trafegabilidade. Vias de tráfego que apresentam melhores condições de rolamento tem uma conseqüente redução dos custos operacionais e de manutenção dos veículos, tendo em vista que estes custos estão diretamente relacionados às condições do pavimento.

Mesmo estando presente na pavimentação intercontinental a cerca de 60 anos, no Brasil o método tem aproximadamente 20 anos de utilização para os mesmos parâmetros. Assim é evidente a necessidade de investimentos e incentivos de políticas públicas que fomentem o uso do asfalto borracha em construções nacionais.

As condições das superfícies de rolamento afetam significativamente a sociedade, pois o modal rodoviário possui caráter de influência direta no setor econômico das cidades promovendo o desenvolvimento industrial e comercial das regiões brasileiras dando qualidade de vida à população.

## REFERÊNCIAS

BALBO, José Tadeu. **PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA: materiais, projeto e restauração**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

BERNUCCI, Liedi Bariani et al. **Pavimentação Asfáltica: Formação Básica para Engenheiros**. 3. ed. Rio de Janeiro: Gráfica Imprinta, 2008.

BETUNEL TECNOLOGIA EM ASFALTOS. **Emulsões Convencionais**. Disponível em: [https://www.betunel.com.br/emulsoes\\_convencionais.html](https://www.betunel.com.br/emulsoes_convencionais.html). Acesso em: 10 mar. 2019.

BRANCO, Fernando; PEREIRA, Paulo; SANTOS, Luís Picado. **PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS**. Coimbra: Edições Almedina S.a., 2016. 388 p.

BRASIL. CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTE. **BOLETIM ESTATÍSTICO - CNT - AGOSTO 2018**. 2018. Disponível em: <http://cms.cnt.org.br/images%20cnt/boletim%20estat%20c3%8dstico/boletim%20estat%20c3%8dstico%202018/boletim%20estat%20c3%8dstico%20-%202008%20-%202018.pdf>. Acesso em: 04 jan. 2019.

BRASÍLIA. EDUARDO RODRIGUES. **Apenas 12,4% das estradas são pavimentadas no País, diz CNT**. 2018. Disponível em: <https://economia.uol.com.br/noticias/estadao/2018/08/13/apenas-124-das-estradas-sao-pavimentadas-no-pais-dizcnt.htm>. Acesso em: 15 jan. 2019.

CARMO, Samanta (Brasília). Radioagência Nacional. **Pesquisa da CNT revela que asfalto das estradas dura em média sete meses**. 2017. Disponível em: <http://radioagencianacional.ebc.com.br/geral/audio/2017-08/pesquisa-da-cnt-revela-que-asfalto-das-estradas-dura-em-media-sete-meses>. Acesso em: 03 jan. 2019.

CAROLINA BENEVIDES. O Globo Brasil. **No Brasil, 80% das estradas não contam com pavimentação**. 2014. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/brasil/no-brasil-80-das-estradas-nao-contam-com-pavimentacao-13710994>. Acesso em: 05 jan. 2019.

COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM - CEMPRE (São Paulo). **Pneus - O mercado para reciclagem**. Disponível em: <http://cempre.org.br/artigo-publicacao/ficha-tecnica/id/7/pneus>. Acesso em: 10 mai. 2019.

CONAMA. Resolução nº 258, de 26 de agosto de 1999. **Resolução Conama Nº 258, de 26 de Agosto de 1999**. DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO, 02 dez. 1999. Disponível em: <https://direitosp.fgv.br/sites/direitosp.fgv.br/files/ap7.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2019.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **005: Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos Terminologia**. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Rodoviárias, 2003. 12 p. Disponível em: [http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/terminologia-ter/dnit005\\_2003\\_ter.pdf](http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/terminologia-ter/dnit005_2003_ter.pdf). Acesso em: 05 mar. 2019.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **031: Pavimentos Flexíveis - Concreto asfáltico - Especificação de serviço**. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Rodoviárias, 2006. 14 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **095: Cimentos asfálticos de petróleo - Especificação de material**. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Rodoviárias, 2006. 06 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **111: Pavimentação flexível – Cimento asfáltico modificado por borracha de pneus inservíveis pelo processo via úmida, do tipo “Terminal Blending” – especificação de material.** Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Rodoviárias, 2009. 06 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **112: Pavimentos flexíveis – Concreto asfáltico com asfalto-borracha, via úmida, do tipo “Terminal Blending” – especificação de serviço.** Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Rodoviárias, 2009. 13 p.

DYNATEST. **PAVIMENTO FLEXÍVEL: DIVERSIDADE E TRADIÇÃO NO BRASIL.** 2018. Disponível em: <http://dynatest.com.br/pavimento-flexivel-diversidade-e-tradicao-no-brasil-2/>. Acesso em: 21 mar. 2019.

FAVERO, Marina. **A utilização de borracha na produção de asfalto.** 2015. Disponível em: <https://jornalismoperiodo3.wordpress.com/>. Acesso em: 06 jan. 2019.

FERRARA, Renata D'avello. **ESTUDO COMPARATIVO DO CUSTO X BENEFÍCIO ENTRE O ASFALTO CONVENCIONAL E ASFALTO MODIFICADO PELA ADIÇÃO DE BORRACHA MOÍDA DE PNEU.** 2006. 96 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2006. Disponível em: <https://docplayer.com.br/5376555-Estudo-comparativo-do-custo-x-beneficio-entre-o-asfalto-convencional-e-asfalto-modificado-pela-adicao-de-borracha-moida-de-pneu.html>. Acesso em: 11 jan. 2019.

GEWEHR, Juliano. **Asfalto de Qualidade.** 2015. Disponível em: <http://asfaltodequalidade.blogspot.com/2015/12/asfalto-borracha.html>. Acesso em: 16 fev. 2019.

GOOGLE MAPS (Brasil). **Avenida Presidente Vargas em Rio Verde/GO.** 2019. Disponível em: <https://www.google.com/maps/place/Av.+Pres.+Vargas,+Rio+Verde++GO/@-17.7911993,-50.9260059,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x9361dc789bda6d7b:0x2ada5a4b8c67ec65!8m2!3d-17.7911993!4d-50.9238172>. Acesso em: 12 mai. 2019.

GOOGLE MAPS (Brasil). **Avenida João Belo em Rio Verde/GO.** 2019. Disponível em: <https://www.google.com/maps/place/Av.+Jo%C3%A3o+Belo,+Rio+Verde++GO/data=!4m2!3m1!1s0x9361db428c566dbd:0x37d7d57edf2fb66f?sa=X&ved=2ahUKEwjhmJrpi-PiAhVYLLkGHdCVDF0Q8gEwAHoECAoQAQ>. Acesso em: 12 mai. 2019.

GRECA ASFALTOS. **ECOFLEX.** Disponível em: <http://www.asfaltoborracha.com.br/>. Acesso em: 21 mar. 2019.

GRECA ASFALTOS. **Linha ECOFLEX PAVE.** 2009. 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). Acesso em: 09 fev. 2019

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (Brasília). Ministério do Meio Ambiente. **Relatório pneumáticos: Resolução Conama nº 416/09: 2016 (ano-base 2015).** Brasília: Ibama, 2016. 78 p.

LEÃO, Luís Felipe Carneiro (São Paulo). Sinicesp. **Do Pneu à Estrada: Benefícios da utilização de borracha granulada em obras públicas.** 2013. Disponível em: <http://www.sinicesp.org.br/materias/2013/bt08a.htm>. Acesso em: 05 mar. 2019.

OLIVEIRA, Tyroné Cesar Furquim (Goias). Secretária Municipal de Infraestrutura e Desenvolvimento Urbano de Rio Verde/GO. **CONTRATAÇÃO DE EMPREITADA GLOBAL PARA EXECUÇÃO DO RECAPEAMENTO DO PAVIMENTO ASFÁLTICO EM CBUQ, NA AV. PRESIDENTE VARGAS E NA AV. JOÃO BELO, EM RIO VERDE/GO.** Rio Verde: Prefeitura Municipal de Rio Verde, 2017. 20 p.

RIBEIRO, Ana Carolina et al. **CBUQ E ASFALTO BORRACHA.** Sinop: Universidade do Estado do Mato Grosso, 2017. 57 slides, color. Disponível em: [http://sinop.unemat.br/site\\_antigo/prof/foto\\_p\\_downloads/fot\\_15457ap\\_g7\\_pdf\\_Ap\\_G7.pdf](http://sinop.unemat.br/site_antigo/prof/foto_p_downloads/fot_15457ap_g7_pdf_Ap_G7.pdf). Acesso em: 25 fev. 2019.

RIO DE JANEIRO. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Ministério do Transporte. **Manual de Pavimentação.** 3. ed. Rio de Janeiro: Ipr-719, 2006. 274 p.

ROCHA, Cristine Fursel. **O TRANSPORTE DE CARGAS NO BRASIL E SUA IMPORTÂNCIA PARA A ECONOMIA.** 2015. 71 f. Monografia (Especialização) - Curso de Curso de Ciências Econômicas, Departamento de Ciências Administrativas, Contábeis, Econômicas e da Comunicação., Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2015. Disponível em: <http://bibliodigital.unijui.edu.br:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/3003/O%20Transporte%20de%20Cargas%20no%20Brasil%20e%20sua%20Import%C3%A2ncia%20para%20a%20Economia.pdf?sequence=1>. Acesso em: 05 jan. 2019.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM DE TRANSPORTES. **Cerca de 450 mil toneladas de pneus são descartadas por ano no Brasil.** 2019. Disponível em: <https://www.sestsenat.org.br/imprensa/noticia/cerca-de-450-mil-toneladas-de-pneus-sao-descartados-por-ano-no-brasil>. Acesso em: 21 mar. 2019.

SILVA, Mozart Bezerra. **MANUAL DE BDI.** São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 2006. 200 p.

SILVA, Paulo Fernando A. **Manual de Pavimentação e Manutenção de Pavimentos.** São Paulo: Pini Ltda, 2005. 114 p.

TOMÁS LIMA. Sienge Platform. **O QUE É A ENGENHARIA DE CUSTOS E COMO ELA INFLUENCIA O SUCESSO DA OBRA?** 2019. Disponível em: <https://www.sienge.com.br/blog/o-que-e-engenharia-de-custos/>. Acesso em: 08 abr. 2019.

## ANEXOS

Anexo A – Comunicação do Protocolo de Licenciamento do recapeamento em CBUQ.



**Secretaria Municipal de Infraestrutura e  
Desenvolvimento Urbano**

### COMUNICAÇÃO INTERNA

Rio Verde, 13 de Junho de 2017

Informamos que a obra COM O PROTOCOLO 27570 PARA O REGISTRO DE PREÇO PARA FUTURA CONTRATAÇÃO DE EMPREITADA GLOBAL PARA EXECUÇÃO DO RECAPEAMENTO DO PAVIMENTO ASFÁLTICO EM CBUQ, NA AV. PRESIDENTE VARGAS E NA AV. JOÃO BELO, EM RIO VERDE/GO. encontra-se cadastrado na Central de Projetos da Secretaria Municipal de infraestrutura e Desenvolvimento Urbano com o número 11 - PREFEITURA MUNICIPAL DE RIO VERDE



ESTADO DE GOIÁS  
PREFEITURA MUNICIPAL DE RIO VERDE  
Capa do Processo



Número do Processo: 0027570/2017	Data/Hora: 13/06/17 15:48	Número Único: <b>2U9.258.L9M-34</b>
Requerente: 357692 - PREFEITURA MUNICIPAL DE RIO VERDE GOIAS CPF / CNPJ: 02.056.729/0001-05		
Endereço: Avenida AV.PRESIDENTE VARGAS Nº 3215 - CEP: 75901-970		
Município: Rio Verde - GO	Bairro: VL.MARIA	
Prot. Origem:		
Beneficiário:	CPF / CNPJ:	
Valor:		
Solicitação: LICITAÇÃO		
<p><b>Súmula:</b> Registro de preço para futura contratação de empreitada global para execução do recapeamento do pavimento asfáltico em CBUQ, na Av. Presidente Vargas e na Av. João Belo, em Rio Verde/Go.</p>		

Usuário : cleudilei

Local de Protocolização: Secretaria Infraestrutura e Desenvolvimento Urbano

Fonte: Cadastro de Obra – Secretaria Infr. e Desenv. Urbano de Rio Verde/GO (2017)

## Anexo B – Registro de preço para empreitada do recapeamento asfáltico.

Valores com BDI		28,55%		
Relação de Ruas constantes do Projeto Básico de Recap. e Em CBUQ				
LOGRADOURO	Bairro ou referência	COMPR. (m)	LARG (m)	ÁREA (m²)
Av. Presid. Vargas (Trecho-1)	Colégio Militar até Cristo Redentor	5.053,00	7,15	36.128,95
Rotatória-1	Cristo Redentor	177,00	10,00	1.770,00
Av. Presid. Vargas (Trecho-2)	Cristo Redentor até Camelódromo	7.579,00	9,70	73.516,30
Av. Presid. Vargas (Trecho-3)	Camelódromo até Trevo BR-060 Goiânia	1.826,00	9,60	17.529,60
Rotatória-2	Camelódromo	57,00	9,00	513,00
Trechos intermediários (cruzamentos)	Av. Presid. Vargas	639,00	3,50	2.236,50
Avenida João Belo	Jardim Goiás	1.460,00	8,50	12.410,00
Estacionamento Lateral (faixa=5,25mx87mx6x2)	Jardim Goiás	1.044,00	5,25	5.481,00
Trechos intermed.(compr=20,00mx5)	Jardim Goiás	100,00	9,00	900,00
<b>Total</b>		<b>17.935,00</b>		<b>150.485,35</b>

Área de Pavimentação	=	150.485,35 m²
DT Massa asfáltica e material betuminoso	=	5,50 km
Espessura da massa	=	0,05 m
Consumo de CAP	=	0,055 t/m²
Consumo de RR-2C (Pintura de Ligação)	=	0,0004 t/m²
Densidade da massa compactada	=	2,40 t/m³

Serviço	Memorial de cálculo	Quantidade	Preço Unitário	Preço Total
PINTURA DE LIGAÇÃO (PAV.URB.)	150.485,35 m²	150.485,35 m²	R\$ 0,32	R\$ 48.156,31
CONCRETO BETUM.USINADO À QUENTE-CBUQ (AC/BC) (PAV.URB.)	150.485,35 m² x 0,05 m	7.524,27 m³	R\$ 285,42	R\$ 2.147.577,14
TRANSPORTE LOCAL DE MATERIAL BETUMINOSO (PAV.URB.)	( ( 150.485,35 m² x 0,0004 t/m² ) ) x 5,50 km	331,07 t x km	R\$ 2,76	R\$ 913,75
TRANSPORTE LOCAL DE MASSA ASFÁLTICA (PAV.URB.)	150.485,35 m² x 0,05 m x 2,40 t/m³ x 5,50 km	99.320,33 t x km	R\$ 1,25	R\$ 124.150,41
				<b>R\$ 2.320.796,61</b>
FORNECIMENTO DE EMULSÃO RR-2C	150.485,35 m² x 0,0004 t/m²	60,19 t	R\$ 2.059,08	R\$ 123.936,03
FORNECIMENTO DE CAP-50/70	150.485,35 m² x 0,05 m x 2,40 t/m³ x 0,055 t	993,20 t	R\$ 2.355,29	R\$ 2.339.274,03
				<b>R\$ 2.463.210,06</b>
CANTEIRO DE OBRA - TIPO A1		1,00 un	R\$ 12.956,51	R\$ 12.956,51
ADMINISTRAÇÃO LOCAL		1,00 un	R\$ 174.941,45	R\$ 174.941,45
				<b>R\$ 187.897,96</b>
				<b>R\$ 4.971.904,63</b>

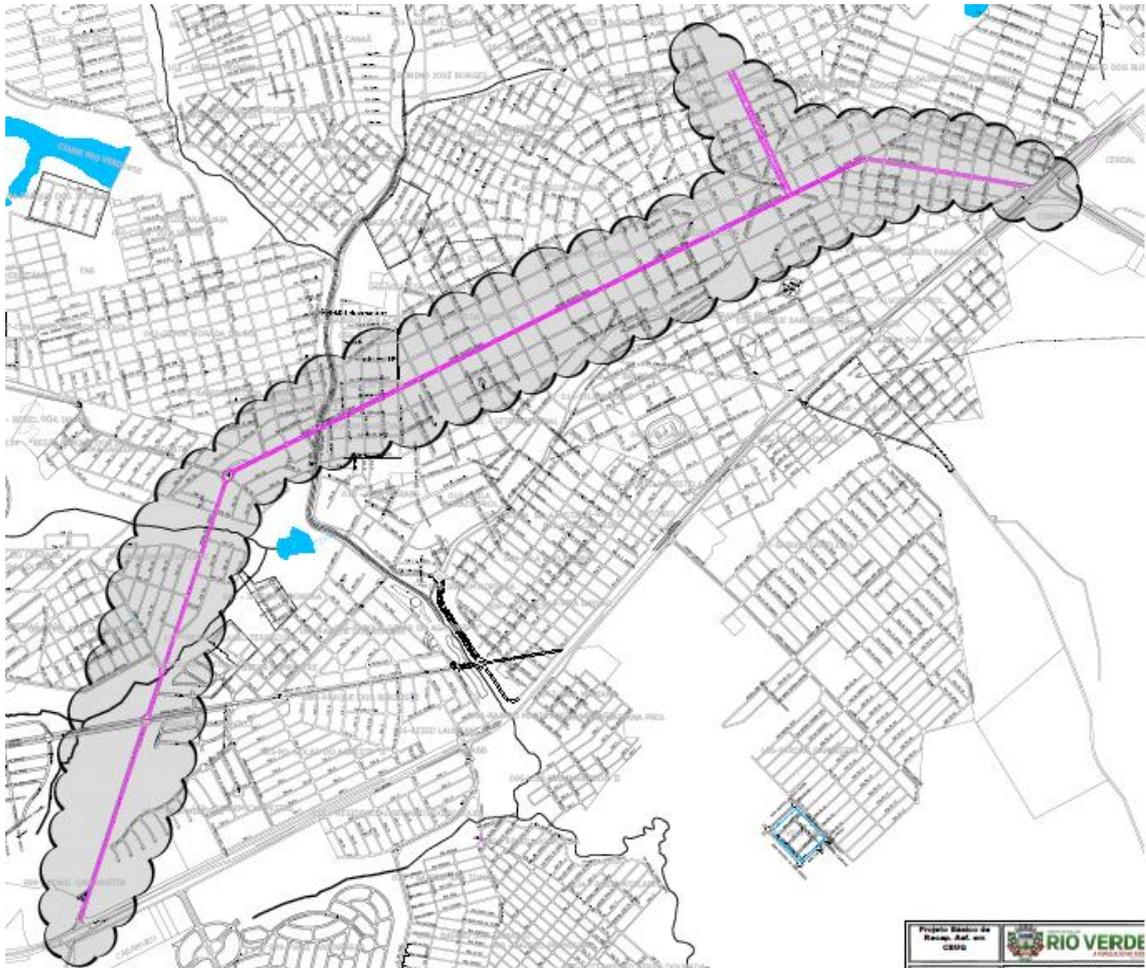
Fonte: Planilha Orçamentária – Secretaria Infr. e Desenv. Urbano de Rio Verde/GO (2017)

## Anexo C – Planilha de composição e custo da Administração Local e Canteiro de Obra.

Período de execução da obra				
3				
ADMINISTRAÇÃO LOCAL				
DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	CUSTO UNITÁRIO	FAIXA A2 (RESTAURAÇÃO)	
			QUANTIDADE	CUSTO TOTAL
Engenheiro de Produção/ Civil	3,00 mês	R\$ 12.365,46	1	R\$ 37.096,38
Topógrafo	3,00 mês	R\$ 5.021,99	1	R\$ 15.065,97
Auxiliar de Topografia	3,00 mês	R\$ 3.010,66	2	R\$ 18.063,96
Vigia	3,00 mês	R\$ 2.403,09	2,66	R\$ 19.176,66
Veículos Leves (incluso combustível)	3,00 mês	R\$ 2.939,50	2	R\$ 17.637,00
Instrumental de Topografia	3,00 mês	R\$ 1.624,26	1	R\$ 4.872,78
Caminhão Comboio	3,00 mês	R\$ 12.000,00	1	R\$ 36.000,00
Caminhão prancha 30 T	1,00 mês	R\$ 26.814,70	1	R\$ 26.814,70
Anotação de Responsabilidade Técnica	1,00 un	R\$ 214,00	1	R\$ 214,00
<b>Total</b>				<b>R\$ 174.941,45</b>
INSTALAÇÃO DO CANTEIRO DE OBRA				
DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	CUSTO UNITÁRIO	FAIXA A2 (RESTAURAÇÃO)	
			QUANTIDADE	CUSTO TOTAL
Banheiros Químicos (com lavatório)	3,00 mês	R\$ 650,00	2	R\$ 3.900,00
Tenda 6x6 m (REFEITÓRIO)	3,00 mês	R\$ 700,00	2	R\$ 4.200,00
Mesa com 4 cadeiras (refeitório – tendas)	3,00 cj	R\$ 190,00	6	R\$ 3.420,00
Guaritas	2,25 m <sup>2</sup>	R\$ 157,08	2	R\$ 706,86
Placa de Obra	2,50 m <sup>2</sup>	R\$ 145,93	2	R\$ 729,65
<b>Total</b>				<b>R\$ 12.956,51</b>

Fonte: Planilha Orçamentária – Secretaria Infr. e Desenv. Urbano de Rio Verde/GO (2017)

Anexo D – Trecho de repcapeamento nas Av. Presidente Vargas e João Belo Rio, Verde/GO.



Fonte: Projeto – Secretaria Infra. e Desenv. Urbano de Rio Verde/GO (2017)

## Anexo E – Memorial descritivo de materiais e atividades desenvolvidas.

### CONCRETO BETUMINOSO USINADO A QUENTE - (RECAPEAMENTO)

#### Banho de ligação

A superfície tem que estar totalmente limpa com vassoura mecânica e isolada antes da aplicação do produto, **RR-2C** para o Banho de ligação.

#### Equipamentos

Serão utilizados os seguintes equipamentos:

- Vassoura mecânica, para uma boa varredura da superfície da base;
- Caminhão espargidor, munido de barra de distribuição, bomba reguladora de pressão, tacômetro, maçaricos e termômetros.
- Vibro-acabadoura
- Rolo liso auto propelido Tipo Tandem
- Rolo Pneumático
- Caminhão Pipa.

#### O RECAPEAMENTO EM CBUQ TERÁ ESPESSURA DE 5CM.

Os materiais constituintes do concreto betuminoso usinado a quente em usina são: agregado mineral adicional, ligante betuminoso, material de enchimento (filer), os quais devem satisfazer estas Especificações, item 2 - Referências e as especificações aprovadas pelo DNER.

O ligante betuminoso será o **CAP 50/70**.

#### Agregados

- Agregado graúdo adicional

O agregado graúdo pode ser pedra, seixo, britado ou outro material indicado nas especificações complementares. O agregado graúdo deve ser constituído por fragmentos duráveis, livres de torrões de argila e de substâncias nocivas e apresentar as características seguintes:

- a) desgaste Los Angeles igual ou inferior a 40% (DNER-ME 035), admitindo-se agregados com valores maiores, no caso de terem apresentado desempenho satisfatório em utilização anterior;
- b) índice de forma superior a 0,5 (DNER-ME 086);
- c) durabilidade, perda inferior a 12% (DNER-ME 89);
- d) granulometria dos agregados (DNER-ME 083), obedecendo às faixas especificadas no quadro do item 3.2.1. - Composição da Mistura.

- Agregado miúdo adicional

O agregado miúdo pode ser areia, pó de pedra ou mistura de ambos. Suas partículas individuais deverão ser resistentes e, apresentar moderada angulosidade, livres de torrões de argila e de substâncias nocivas. Deverá apresentar:

- equivalente de areia igual ou superior a 55% (DNER-ME 054)

#### Melhorador de adesividade

Os agregados graúdo e miúdo adicionais devem apresentar boa adesividade ao ligante betuminoso quando submetidos aos ensaios (DNER-ME 078 e DNER-ME

#### Material de enchimento (filer)

Deve ser constituído por materiais finamente divididos, tais como, cimento "Portland", cal extinta, pós calcários, etc., que atendam a seguinte granulometria (DNER-ME 083):

Peneira Nº 40	% mínima, passando 100
------------------	---------------------------

Fonte: Memorial Descritivo – Secretaria Infra. e Desenv. Urbano de Rio Verde (2017)