

PAVIMENTO FLEXÍVEL: ANÁLISE ECONÔMICA DA APLICAÇÃO DO ASFALTO BORRACHA NA BR-163

Charles Alexandre Anderson Luciano¹Dayana Beatriz Pauli²Julio Cardinal³

Resumo

O presente trabalho teve como objetivo analisar economicamente a aplicação do Asfalto Borracha (AB) na BR-163, trecho que liga os municípios de Guarujá do Sul e Dionísio Cerqueira, visando o desempenho e a durabilidade do pavimento, visto que, a rodovia tem implicação no escoamento de safra que movimenta a economia do país. No decorrer do artigo buscou-se apontar quais os fatores que minimizam a solicitação do emprego do produto AB nas rodovias de produção atual. Embora o investimento inicial seja superior ao pavimento flexível convencional, o AB apresenta vantagens técnicas e ambientais, basta haver incentivos governamentais que priorizem a geração de mercadorias que prezem pela diminuição de resíduos ambientais.

Palavras-chave: Viabilidade econômica. Asfalto Borracha. BR-163.

Introdução

O principal modal do país, o transporte rodoviário é praticado por intermédio de ruas, estradas e rodovias, pavimentadas ou não. Adequado para curtas e médias distâncias, esse tipo de transporte possui vantagens como acessibilidade¹, baixo custo de implantação inicial, flexibilidade pela grande extensão da malha e integração entre os estados. Em contraponto, o território brasileiro retrata um estado de conservação regular, ou inferior, das rodovias, advindo do alto custo de manutenção, o que provoca o aumento no custo de conservação dos veículos, alto índice no risco de roubo de cargas e aumento em acidentes. Em consonância ao exposto, a velocidade de transporte desse modal é moderada, os custos do produto se tornam praticamente inviáveis em longas distâncias, a capacidade de carga é limitada e, além do mais, é extremamente nocivo ao meio ambiente (FERREIRA, 2009).

No contexto geral, tratando-se de estradas brasileiras, há muito a ser feito. Grandes extensões a serem pavimentadas e outras tantas com necessidade de recapeamento ou até repavimentação. Poucos são os incentivos governamentais, econômicos e financeiros, para o

¹ Docente do curso de Engenharia Civil da Faculdade de Itapiranga - FAI. E-mail: engcharlesluciano@gmail.com

² Acadêmica de Engenharia Civil da Faculdade de Itapiranga - FAI. E-mail: dayyanna_sjo@hotmail.com

³ Docente do curso de Engenharia Civil da Faculdade de Itapiranga - FAI. E-mail: juliocardinal1@gmail.com

desenvolvimento de pesquisas que resultem em novos produtos e técnicas aplicáveis ao setor. A utilização de materiais com maior qualidade, durabilidade e segurança, tornariam o projeto de implantação e restauração das rodovias viável.

O conceito de empregar materiais recicláveis e inservíveis como proposto é considerado um conceito inovador e sustentável, além de melhorar o desempenho do pavimento. Sendo aproximadamente 80% das vias não pavimentadas, o asfalto borracha surge como oportunidade de negócio, principalmente priorizando o bem-estar humano nos quesitos infraestrutura e de gestão ambiental.

Identificação do asfalto borracha (AB)

O aumento do tráfego e de carga exige desenvolvimento repensado da infraestrutura rodoviária. Tanto o dimensionamento, construção e manutenção exigem planejamento focado em proporcionar e certificar segurança por intermédio da sustentação das ações do tráfego e por consequência, dos agentes climáticos os quais a estrutura está exposta (SENÇO, 2007). Na busca por melhores desempenhos surgem os betumes modificados. Em sua fabricação, as propriedades reológicas do ligante base são transformados, incluindo um ou mais agentes modificadores. Os materiais inseridos na solução podem incluir: resinas, borracha, elastômeros, fibras orgânicas, plastômeros e o enxofre (SHELL, 2003 apud BERNUCCI et al, 2008).

Objeto deste estudo, o betume-borracha consiste na inclusão de grânulos de borracha reciclada no ligante. Para EP (2014) há existência de três tipos de betumes modificados com borracha:

- Betume borracha de baixa percentagem de granulado de borracha (BBB) – Produto fabricado com percentual de borracha igual ou inferior 8% (tolerância $\pm 2\%$) referente ao total da massa do ligante;
- Betume borracha de média percentagem de granulado de borracha (BBM) – Produto fabricado com percentual de borracha entre 10% a 14% (tolerância $\pm 2\%$) referente ao total da massa do ligante;
- Betume borracha de alta percentagem de granulado de borracha (BBA) – Produto fabricado com percentual de borracha entre 18% (tolerância $- 2\%$) referente ao total da massa do ligante;

Ao misturar a borracha com o betume ocorre a alteração das características, formando um novo material. Para assegurar o desempenho satisfatório do pavimento é essencial que haja compatibilidade entre os dois produtos, para isso observa-se o tipo e a quantidade de anéis aromáticos compostos no betume (AMBROZEWICZ, 2012).

Para que a borracha possa ser inserida ao ligante asfalto necessita sofrer algumas alterações de estado físico. Essas modificações podem ocorrer de forma mecânica, onde ocorre um processo de trituração dos pneus, cada trituração passante alcança-se grânulos com diferentes tamanhos. Também pode ocorrer a incorporação pelo processo de criogênio, no qual os fragmentos são movidos a um túnel criogênico onde a temperatura de entrada do nitrogênio líquido é de aproximadamente -198°C e a temperatura de saída da borracha é cerca de -87°C .

Caracterização da rodovia

A rodovia federal denominada de BR-163 integra as regiões Sul, Centro-Oeste e Norte do Brasil, composta por 3.467 km de extensão. Na situação atual liga São Miguel do Oeste, em Santa Catarina, a Santarém, no Pará.

O trecho averiguado para a análise comparativa entre o pavimento flexível convencional com CAP 50/70 e asfalto modificado com borracha localiza-se entre as cidades de Guarujá do Sul e Dionísio Cerqueira, o qual tem extensão de 10 km, com início no km 110+000 prolongando-se até o km 120+000. A pista neste trecho é composta por pista simples com duas faixas de rolamento de 3,60m e acostamento de 1,00m (pavimento tipo), exceto do km 117+700 até o 119+600 onde há inserção de 3ª faixa.

As faixas de acostamento, por serem estruturalmente diferenciadas ao pavimento de rolamento, serão desconsideradas nesse estudo. Assim, a largura total do trecho é de 7,20m, com dimensão de 10.000 m, gerando uma área de 72.000 m² com o acréscimo de 6.840m² resultantes da 3ª faixa, totalizando 78.840m².

Estudo do mercado existente

A rodovia estudada necessita grande mobilidade de tráfego, em razão de sua importância funcional. Classificada como via arterial primária do sistema rodoviário federal, destinada basicamente ao tráfego de longa distância, para cuja operação são necessárias altas

velocidades de percurso e poucas restrições nas operações de ultrapassagem.

Objetivando, de forma hipotética a implantação do asfalto borracha no trecho de estudo devido as exigências de trafegabilidade realizou-se uma análise orçamentária para testar a viabilidade econômica do produto. Para isso necessitou-se um estudo das refinarias e pedreiras da região que pudessem fornecer os materiais formadores do pavimento.

Para a usinagem dos materiais optou-se pela pedra do Britador Oeste, localizada as margens da BR163, cidade de Guaraciaba, com distância até o quilômetro inicial de 22,5km. Para o emprego dos materiais betuminosos, buscou-se a fornecedora A com sede na cidade de Araucária, estado do Paraná.

Assim, foram tabelados no Quadro 4.19, os materiais, bem como os fornecedores e distância até a usina onde serão processados.

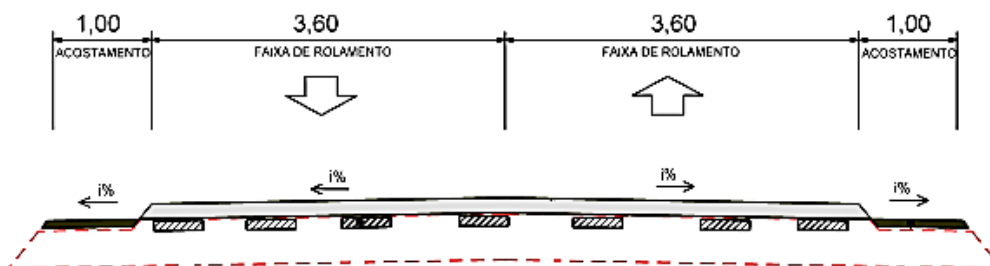
Quadro 1 - Materiais, fornecedores e distância média de transporte

Mater	Fornece	Localização	Distância
Areia Comercial	Fornecedora B	Guaraciaba	4,200km
CAP 50/70	Fornecedora A	Araucária/PR	539,000km
CAP modificado (AB 8	Fornecedora A	Araucária/PR	539,000km
RR-2C	Fornecedora A	Araucária/PR	539,000km
CM-30	Fornecedora A	Araucária/PR	539,000km

Fonte: Autores

Com a identificação da disponibilidade fornecedores, inicia-se o processo de estudo da rodovia e quantificação dos materiais. Primeiramente houve a identificação da seção tipo (Figura 4.13), identificação da inserção de 3ª faixa (km 117+700 a 119+600) e desconsideração do seguimento acostamento.

Figura 01: Seção tipo –km 110+00 a km 120+00



Fonte: DNIT, 2012

Após definidas as espessuras no dimensionamento, são fixados outros parâmetros para o orçamento como pode ser visto no Quadro 4.20. Como a intenção é somente a comparação dos pavimentos, os serviços de retirada da estrutura existente foram desconsiderados. Dessa maneira supõe-se que os trabalhos iniciaram após a regularização final da terraplanagem.

Quadro 2. Parâmetros para definição dos quantitativos

GEOMÉTRICO	
Descriç	Unidades
Extensão	10.000m
Largura (Estaca 110+000 a 117+700) – (Estaca	7,20m
Largura (Estaca 117+700 a 119+600)	10,80m
Camada de rolamento – CBUQ e AB	0,10m
Camada de base	0,20m
Camada de sub-base	0,20m
DENSIDADES (ADOTADO ENSAIOS TEOR 5%)	
Concreto Betuminoso Usinado a Quente	2,500
Asfalto borracha (AB 8 e AB 22)	2,557
CONSUMO DE MATERIAL	
CAP 50/70	0,0500 t/m ³
RR-2C	0,0004 t/m ³
CM-30	0,0012 t/m ³

Fonte: Elaborado pelos Autores

Os preços do transporte de líquidos asfálticos são previstos na Instrução de Serviço nº 02 de janeiro de 2011, determinados pelo DNIT. Dessa maneira, por meio das equações tarifárias e distância dos fornecedores pode-se definir os preços do transporte do revestimento asfáltico a quente e a frio. O Quadro 4.21 demonstra essas equações.

Quadro 3. Equações tarifárias para o preço inicial de transporte de líquidos asfálticos

Revestimento	Modalidade	Equações tarifárias
Rodovia com revestimento asfáltico	A quente	$(24,715 + 0,247xD)$ por
	A frio	$(22,244 + 0,223xD)$ por
Rodovia com revestimento primário	A quente	$(24,715 + 0,335xD)$ por
	A frio	$(22,244 + 0,301xD)$ por
Rodovia em leito natural	A quente	$(24,715 + 0,354xD)$ por
	A frio	$(22,244 + 0,318xD)$ por

Legenda: D = Distância entre o fornecedor e a usina.

Fonte: DNIT, 2011

Os valores calculados seguiram as composições inseridas da tabela Sicro2 e também a Agência Nacional do Petróleo (ANP) no caso dos preços dos produtos betuminosos. Na Tabela 1 estão exibidos os valores finais do custo de cada pavimento.

Tabela 1: Custo total para construção dos pavimentos

Tipo de pavimento	Custo
Pavimento convencional	R\$ 7.039.561,13
Pavimento modificado AB 22	R\$ 7.820.393,14
Pavimento modificado AB 8	R\$ 8.163.041,15

Fonte: do autor

Como pode ser analisado, o pavimento convencional, quando analisado por si só, apresenta valores inferiores aos pavimentos modificados estudados. O produto AB 8 tem acréscimo de 16% no valor em relação ao convencional, enquanto que o AB 22 possui adição de 11% no valor total sobre o CBUQ convencional.

Embora o asfalto com incorporação de borracha apresente valores superiores, que são apenas resultantes da camada de rolamento já que é a única camada modificada, seu desempenho, conforme os ensaios laboratoriais, também aumenta significativamente. Conforme Mazzonetto (2011) o ligante asfáltico com incorporação de borracha de pneus inservíveis aumenta a durabilidade do pavimento em até 40%, já Lopes (2015) descreve que a durabilidade fecha a ser 60% superior ao convencional, o que tornaria o execução do asfalto borracha viável.

Quadro 4. Projeção de custos

Tipo	Custo projeto (10 anos)	Custo projeto (15 anos)	Diferença	%*
Convencional	R\$ 7.039.561,13	R\$ 7.882.781,42	R\$ 843.220,29	
AB 22	R\$ 7.820.393,14	R\$ 8.862.164,03	R\$ 1.128.899,71	26%
AB 8	R\$ 8.163.041,15	R\$ 9.291.940,86	R\$ 1.041.770,90	32%

* Esse percentual é considerado entre o AB projetado com durabilidade de 15 anos em relação ao pavimento convencional em 10 anos.

Fonte: do autor

Considerando a ponderação dos autores acima mencionados, no Quadro 4 projetou-se um pavimento com tempo de durabilidade 50% maior para o AB, alcançando camadas de revestimento com 12,5cm, base e sub-base com 20cm cada. Assim pode ser observado que houve um acréscimo de somente 26% (AB 22) e 32% (AB 8), o que enfatiza a viabilidade econômica do emprego do AB nas rodovias brasileiras (Ver Apêndice A e B).

Conclusão

Tanto como usuário, quanto estudioso do pavimento flexível, fica evidenciado a importância da gestão multidisciplinar das rodovias e da sua periódica e necessária manutenção e conservação. A situação da via traduz segurança aos usuários. Reconhecendo que o modal rodoviário de transporte é o mais utilizado em nosso país, consequentemente movimenta a nossa economia, necessita-se uma boa aplicação do recurso público implantando pavimentos que prezem cada vez mais ao bem-estar principalmente de quem dela sobrevive. Aplicar produtos alternativos que aumentem o desempenho e/ou a durabilidade, acrescentando em benefícios ambientais, engrandeceriam todo o contexto e processo produtivo das rodovias.

Assim, analisando de forma econômica a inserção da borracha na massa asfáltica, constatou-se que, embora a estrutura do pavimento flexível seja a mesma, o asfalto borracha

ainda apresenta custo superior inicialmente, principalmente devido a logística de transporte do material. Outro ponto que possivelmente eleva o custo é o método de obtenção, trituração e controle tecnológico da borracha, já que há adição de mais processos o que desprende de maior mão de obra e arrecadação de insumos. Com a incorporação da borracha, o produto formado possui alta viscosidade, característica que acaba por comprometer a trabalhabilidade da mistura, necessitando então, aumento de temperatura, o que resulta em gastos elevados com energia.

Portanto, o AB é uma opção de produção da malha viária, rica em benefícios técnicos e ambientais. Entretanto, por ter custo inicial maior, a sua aplicação deixa de ser vantajosa aos olhos governamentais. Contudo é necessário que haja uma análise mais aprofundada em relação a qualidade das vias atuais e o que elas podem se tornar, comparado ao custo-benefício que o AB provocaria caso empregado de forma mais incisiva.

Referências

- AMBROZEWICZ, Paulo Henrique Laporte. **Materiais de construção: normas, especificações, aplicação e ensaios de laboratório**. 1ed. 2012.
- BERNUCCI, Liedi Bariani et al. **Pavimentação asfáltica - Formação Básica para Engenheiros**. Rio de Janeiro: Petrobás, Abeda, 2006. 504p.
- Estradas de Portugal S.A. **Pavimentação: Características dos materiais**. Caderno de Encargos Tipo Obra: Vol. 03. Portugal: Setembro, 2014.
- FERREIRA, Antônio Marcos. **Tipos de modais**. Artigo Científico, IETEC, 2009.
- LOPES, Veronica. **Técnica do asfalto-borracha se expande em obras no estado**. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <<http://www.rj.gov.br/>>. Acessado em: 25 out 2016.
- MAZZONETTO, Caroline. Transporte: **Asfalto-borracha**. Pini: 2011. Disponível em: <<http://infraestruturaurbana.pini.com.br/>>. Acesso em 26 abr 2016.
- SENÇO, Wlastermiller de. **Manual de técnicas de pavimentação**. Vol. 1, 2ª ed. ampl. São Paulo: PINI, 2007.

APÊNDICE A – COMPOSIÇÃO DE CUSTOS PARA EXECUÇÃO DO PAVIMENTO (10 ANOS)

CD	CÓD. SICRO	DESCRIÇÃO DO SERVIÇO	UNIDADE	QUANTIDADE	CUSTO UN.	CUSTO TOTAL
1	PAVIMENTO FLEXÍVEL					
1.1.1	2 S 02 230 50	Base de brita graduada BC	m³	34164,00	101,86	R\$ 3.480.000,93
1.1.2	5 S 02 300 00	Imprimação	m²	85410,00	0,26	R\$ 21.936,79
1.1.3	5 S 02 400 00	Pintura de ligação	m²	81030,00	0,18	R\$ 14.803,42
1.1.5	2 S 02 540 51	CBUQ - capa de rolamento AC/BC	t	19983,75	87,47	R\$ 1.747.992,87
1.2	FORNECIMENTO DE MATERIAL BETUMINOSO					
1.2.1	PN 21	CAP 50/70	t	899,27	1478,98	R\$ 1.330.002,25
1.2.3	PN 23	RR-2C	t	32,41	1261,17	R\$ 40.877,08
1.2.5	PN 25	CM-30	t	102,49	2371,27	R\$ 243.036,36
1.3	TRANSPORTE DO MATERIAL BETUMINOSO					
1.3.1	PN 26	Transporte de asfalto a quente	t	899,27	157,60	R\$ 141.725,65
1.3.2	PN 27	Transporte de asfalto a frio	t	134,90	142,22	R\$ 19.185,78
TOTAL DA ESTRUTURA						R\$ 7.039.561,13
2	PAVIMENTO FLEXÍVEL COM ACRÉSCIMO DE BORRACHA					
2.1		CBUQ modificado com polímero	t	20439,38	90,86	R\$ 1.857.055,67
2.2		CAP Modificado - AB 8		1226,36	1911,69	R\$ 2.344.419,47
TOTAL DA ESTRUTURA						R\$ 8.163.041,15
ESTRUTURA COM CAP 50/70 - AB 8						R\$ 1.123.480,02
2.3		CBUQ modificado com polímero	t	20439,38	90,86	R\$ 1.857.055,67
2.4		CAP Modificado - AB 22		1226,36	1632,28	R\$ 2.001.771,46
TOTAL DA ESTRUTURA						R\$ 7.820.393,14
ESTRUTURA COM CAP 50/70 - AB 22						R\$ 780.832,00

Fonte: do autor

APÊNDICE B – COMPOSIÇÃO DE CUSTOS PARA EXECUÇÃO DO PAVIMENTO (15 ANOS)

CD	CÓD. SICRO	DESCRIÇÃO DO SERVIÇO	UNIDADE	QUANTIDADE	CUSTO UN.	CUSTO TOTAL
1	PAVIMENTO FLEXÍVEL					
1.1.1	2 S 02 230 50	Base de brita graduada BC	m³	34383,00	101,86	R\$ 3.502.308,62
1.1.2	5 S 02 300 00	Imprimação	m²	85957,50	0,26	R\$ 22.077,41
1.1.3	5 S 02 400 00	Pintura de ligação	m²	81577,50	0,18	R\$ 14.903,45
1.1.5	2 S 02 540 51	CBUQ - capa de rolamento AC/BC	t	25065,23	87,47	R\$ 2.192.473,94
1.2	FORNECIMENTO DE MATERIAL BETUMINOSO					
1.2.1	PN 21	CAP 50/70	t	1127,94	1478,98	R\$ 1.668.196,31
1.2.3	PN 23	RR-2C	t	32,63	1261,17	R\$ 41.153,28
1.2.5	PN 25	CM-30	t	103,15	2371,27	R\$ 244.594,28
1.3	TRANSPORTE DO MATERIAL BETUMINOSO					
1.3.1	PN 26	Transporte de asfalto a quente	t	1127,94	157,60	R\$ 177.763,77
1.3.2	PN 27	Transporte de asfalto a frio	t	135,78	142,22	R\$ 19.310,36
TOTAL DA ESTRUTURA						R\$ 7.882.781,42
2	PAVIMENTO FLEXÍVEL COM ACRÉSCIMO DE BORRACHA					
2.1		CBUQ modificado com polímero	t	25636,72	90,86	R\$ 2.329.269,31
2.2		CAP Modificado - AB 8		1538,20	1911,69	R\$ 2.940.560,38
TOTAL DA ESTRUTURA						R\$ 9.291.940,86
ESTRUTURA COM CAP 50/70 - AB 8						R\$ 1.409.159,44
2.3		CBUQ modificado com polímero	t	25636,72	90,86	R\$ 2.329.269,31
2.4		CAP Modificado - AB 22		1538,20	1632,28	R\$ 2.510.783,55
TOTAL DA ESTRUTURA						R\$ 8.862.164,03
ESTRUTURA COM CAP 50/70 - AB 22						R\$ 979.382,61

Fonte: do autor