

ANÁLISE TÉCNICO E ECONOMICA ENTRE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS E RÍGIDOS E SUA APLICAÇÃO NA INFRAESTRUTURA URBANA EM BAIAS DE ÔNIBUS

TECHNICAL AND ECONOMIC ANALYSIS BETWEEN FLEXIBLE AND RIGID PAVEMENTS AND THEIR APPLICATION IN URBAN INFRASTRUCTURE IN BUS STATIONS

CARLA FERNANDES FUZARI VITTORAZZI*

RONALDO FEU ROSA PACHECCO**

RESUMO

Observa-se nos últimos anos a necessidade cada vez maior de aperfeiçoar os serviços feitos para adequar a infraestrutura urbana nas cidades, com a utilização de materiais cada vez mais fáceis e duráveis. Este trabalho buscou verificar a empregabilidade de implantação de tecnologia ainda pouco difundida, para utilização de camada de material rígido nas baias de ônibus. Ao levar em conta o fator de diminuição do custo de material empregado e a agilidade na execução, buscou-se ainda avaliar as características mecânicas do material. Para tal foram obtidos resultados de ensaios da Obra da Implantação da Rodovia do Contorno do Mestre Álvaro – BR-101, disponibilizados pela Superintendência do Estado do Espírito Santo do Departamento de Nacional de Infraestrutura de Transporte - DNIT. Dito isso, observou-se que a aplicação da técnica em baias de ônibus com base de concreto compactado a rolo e revestimento betuminoso com baias de ônibus com subbase de concreto compactado a rolo e revestimento em placa de concreto. O pavimento rígido possui vantagens relacionados a sua durabilidade, intervenções na manutenção a longo prazo, e custo menor comparado com o pavimento flexível.

Palavras-chave: Pavimentação. Concreto Compactado a Rolo. Cimento

ABSTRACT

In recent years, there has been an increasing need to improve the services made to adapt the urban infrastructure in cities, with the use of increasingly easier and more durable materials. This work sought to verify the employability of implementing technology that is still not widespread, for the use of a layer of rigid material in bus bays. When taking into account the cost reduction factor of the material used and the agility in the execution, it was also sought to evaluate the mechanical characteristics of the material. For this purpose, test results were obtained for the Implementation Work of the Contorno do Mestre Álvaro Highway – BR-101, provided by the Superintendence of the State of Espírito Santo of the Department of National Transport Infrastructure - DNIT. That said, it was observed that the application of the technique in bus bays with roller-compacted concrete base and bituminous coating with bus bays with roller-compacted concrete subbase and concrete slab coating. Rigid pavement has advantages related to its durability, long-term maintenance interventions, and lower cost compared to flexible pavement.

Keywords: *Paving. Roller Compacted Concrete. Cement*

* Graduada em Engenharia Civil e aluna a Pós-Graduação em Infraestrutura Urbana do IFES

** Professor Doutor Orientador do Curso de Pós-Graduação em Infraestrutura Urbana do IFES

INTRODUÇÃO

Com o crescimento populacional nos últimos 10 anos em área urbana, totalizando um total de 160 milhões de pessoas, nessa região, no Brasil em 2022 (IBGE, 2022), surgiram-se necessidade de ampliação e melhoramento cada vez maior da infraestrutura em regiões urbanas. Com o intuito de garantia de maior suporte a essas pessoas, faz-se necessário pensar em implantar condições de estruturas ligadas a sistemas que proporcionam melhor conforto, segurança e acessibilidade, além de buscar maior equilíbrio como o meio ambiente.

Além disso, para conclusão dessas condições são necessários mecanismos ágeis e de fácil execução para contribuir com o mínimo de impacto causado por possíveis intervenções que necessitam serem aplicadas.

Dessa forma esse trabalho proporcionará uma metodologia pouco empregada na construção de pavimentos de rodovias urbanas, para realização de baias de ponto de ônibus, por meio de insumos que proporcionam agilidade na execução, conforto na trafegabilidade e baixo custo com a sua aplicação na implantação de estrutura de pavimentação, como o cimento. Para isso, foram estabelecidos alguns parâmetros retirados de normas, com critérios que compararam a utilização de materiais convencionais com a utilização da metodologia do concreto compactado a rolo – CCR, ao qual será apresentado comparações de características mecânicas, tempo de execução e custos entre pavimentos flexíveis e rígidos, para utilização dessa tecnologia para implantação de baias de pontos de ônibus.

Segundo o Manual de Pavimentação (2006, p.95), O pavimento de uma rodovia é a superestrutura constituída por um sistema de camadas de espessuras finitas, assentes sobre um semi-espaço considerado teoricamente como infinito - a infraestrutura ou terreno de fundação, a qual é designada de subleito.

Bianchi (2008), citado por Silva (2018, p.2), os pavimentos são divididos em: rígidos, semirrígidos e flexíveis. Os pavimentos rígidos por sua vez se dividem em 6 classes: pavimento de concreto simples, pavimento tipo whitetopping, pavimento estruturalmente aramado, pavimento de concreto rolado, pavimento com peças pré-moldadas, pavimento sobre laje em tabuleiros de obras de arte especiais.

De acordo com a Norma DNIT 059/2004 – ES (2004, p.2), O concreto do pavimento é um concreto de consistência seca, compactado por meio de rolos compressores (concreto rolado), não armado, que desempenha simultaneamente as funções de base e de revestimento. A sua composição deve ser determinada por método racional, de modo a obter-se com os materiais disponíveis, uma mistura fresca, de trabalhabilidade adequada, para ser compactada com rolo liso vibratório, resultando em produto endurecido com grau de compactação e resistência à compressão exigidos por norma.

O cimento Portland CP III, apresenta características que auxiliam na diminuição do consumo de energia em sua fabricação. O composto é indicado para obras expostas à ação de água corrente e ambientes agressivos, que o torna com maior durabilidade e impermeabilizado, além de apontar elevados índices de resistência mecânica à compressão. (ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland, 2022).

Segundo BORRÉ (2017) O emprego de concreto compactado com rolo (CCR) na pavimentação é uma alternativa viável, sendo que, tem como proposta reduzir o consumo de cimento e o tempo de execução, e ainda tem uma longa vida útil sem a necessidade de manutenção, assim sendo técnica e economicamente atrativa. Outro ponto a seu favor é o fato de serem utilizados os mesmos equipamentos que a pavimentação asfáltica.

Sendo, em 1913, a Rodovia Caminho do Mar que liga a cidade de São Paulo ao Porto de Cubatão, na cidade de Santos, ser a primeira rodovia da América Latina a receber pavimentação

em concreto, ao marcou o início da era do automóvel no Estado de São Paulo (Governo SP, 2004).

Diante da determinação de qual tecnologia empregar para estruturas de pavimento são levados em conta avaliação de fatores correspondentes a melhor disponibilização de material, isso é, devem ser levados em conta condições relacionadas à segurança, durabilidade e custos. Sendo de importância ressaltar em regiões urbanas é de suma importância agilidade na execução de obras e menor frequência de manutenção em um pavimento, para evitar impedimentos no trânsito local.

Sendo assim, para esse projeto, foram comparados ensaios de granulometria, de consistência, de compactação, ISC (Índice de Suporte Califórnia) e de compressão, em amostras de sólidos coletadas disponibilizadas pelo órgão. E a utilização de normas e tabela referências de custos que contribuirá com o trabalho da análise comparativa do estudo.

Sendo o intuito do trabalho a avaliação de características mecânicas dos solos e materiais a serem empregados, estão sendo analisados dados do material dos pavimentos rígidos fornecidas pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT, sobre a superintendência do Espírito Santo da obra da Rodovia do Contorno do Mestre Álvaro – BR-101, ao qual serão comparados essas dados com informações geológicas de solos do Estado do Espírito Santo, disponibilizados do sistema de banco de dados do Instituto Jones dos Santos Neves.

Quanto ao tempo de execução serão comparados métodos construtivos relacionados as normas e instruções existente de implantação a ser considera, levando em quanto produtividade, equipamentos e materiais a serem implantadas entre pavimentos flexíveis e rígidos.

O Custo será outro fator a ter determinado como peso para escolhe de método de aplicação ou não do estudo sugerido, sendo esse o intuito de comparação de preço com base na tabela referencial do Departamento de Edificação e Rodovias do Estado do Espírito Santo – DER, com planilha referencial do órgão de data base de janeiro de 2022.

Os dados primários para tal estudo de viabilidade correspondem a obra da Rodovia do Contorno do Mestre Álvaro – BR-101, via de grande importância para o Estado do Espírito Santo, onde contemplará Rodovia com 19,70 km de extensão, sobre uma variante da BR-101 entre o Entroncamento da BR-101 no km 249 com o Entroncamento da BR-101 no km 275, com o intuito de retirada de grande parte de volume de tráfego da atual Rodovia da BR-101, onde a predominância atualmente é de perímetro urbano.

Com base em atender a necessidade de implantação de baias de ônibus em perímetro urbano, com processo de utilização de materiais e executivo rápido, tem como esse trabalho apresentar dados para a viabilidade da possível implantação dessa metodologia.

OBJETIVO

Analisar as características mecânicas da camada de base por concreto em placas e subbase de concreto compactado com rolo sobre um subleito de ISC de 8%, em substituição de camadas de asfalto, com garantia de rápida execução e baixo custo para implantação de baias de ônibus, com o intuito de demonstrar presença de insumos próximos, diminuição de espessuras de estruturas de camadas de pavimento, garantindo assim diminuição de tempo de execução e custo.

REVISÃO BIBLIOGRAFICA

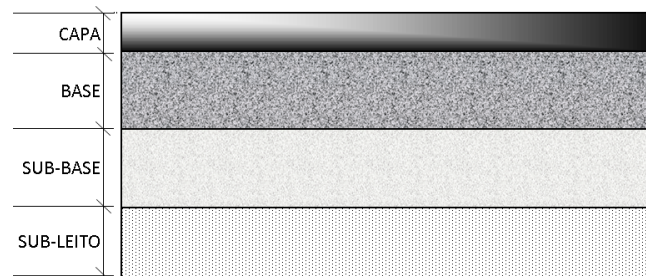
A revisão bibliográfica compreende a consulta de material técnico na área de mecânica dos solos e estradas, utilização de manuais e normas do DNIT.

De acordo com Andrade (2010) pavimento consiste na estrutura de múltiplas camadas construída sobre a terraplenagem e destinada, técnica e economicamente, a resistir aos esforços oriundos do tráfego e a melhorar as condições de rolamento.

De acordo com o Manual de Pavimentação do DNIT (2006), pavimento flexível é aquele em que todas as camadas que sofrem deformação elástica significativa sob o carregamento aplicado e, portanto, a carga se distribui em parcelas constituído por uma base de brita ou por uma base de solo pedregulhoso, revestida por uma camada asfáltica. E se tratando de pavimento semirrígido leva-se em conta a caracterização de uma base cimentada composta por um aglutinante com propriedades cimentícias revestida por uma camada asfáltica.

Considerando que essas múltiplas camadas são geralmente constituídas pelo subleito, pela sub-base, pela base e pelo revestimento asfáltico, como apresentado na figura 01.

Figura 01 – Estrutura de um pavimento flexível



Fonte: Arquivos do Autor

Segundo BALBO (2009), o pavimento pode ser classificado em função do tipo de bases e sub-base, divididas em granulares e estabilizada. Considerando as granulares, aquelas que utilizam as pedras britadas. E as estabilizadas aquelas compostas por aditivos.

A base analisada tecnicamente consiste em uma camada de pavimento destinada a resistir aos esforços verticais oriundos dos veículos, distribuindo-os adequadamente à camada subjacente, executada sobre a sub-base, subleito ou reforço do subleito devidamente regularizado e compactado. (NORMA DNIT 141/2010-ES)

Os pavimentos rígidos podem possuir também a nomenclatura de concreto de cimento Portland ou simplesmente concreto-cimento, devido a sua composição ser constituída por placas de concreto de cimento Portland (PCS). Sua formação é gerada através de uma mistura de agregados, areia, cimento e água, que é capaz de ser armada com barras metálicas. Esse tipo de pavimento, pode se romper sob os esforços de tração e flexão quando estão sujeitos a deformações (BERNUCCI, 2010).

Essas placas de concreto são estruturadas acima do solo da fundação, ou até mesmo acima de uma sub-base, promovendo os cargos de revestimento e de base, e possuindo ou não, propriedades de armações com aço (BALBO, 2009).

Para Araújo (2016), esse tipo de pavimento possui melhor duração e resistências para as ações climáticas, sem a necessidade de manutenções constantes. O subleito pode ser devidamente tratado para fins de sustentabilidade, mas com relação aos aspectos de estabilidade, faz com que esse reforço possa não existir devido a sub-base sustentar tais necessidades. Então, apenas

um bom serviço de terraplenagem e de compactação, apresentam bons desempenhos na composição desse pavimento de concreto.

Os tipos de pavimentos rígidos podem ser compostos por diferentes tipos de concreto, sendo eles: simples, simples possuindo barras de transferência, armado, protendido, com armadura contínua e descontínua sem distribuição estrutural. (DNIT, 2016).

Considerando que o pavimento de concreto é geralmente constituído pelo subleito, pela sub-base e pela placa de concreto, como apresentado na figura 02.

Figura 02 – Estrutura de um pavimento Rígido



Fonte: Bernucci, 2010

Segundo a ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PAVIMENTAÇÃO (2010), o pavimento rígido é ideal para vias que apresentam como características tráfego intenso, pesado e repetitivo, caso dos corredores de ônibus.

Para a utilização de pavimento rígido – pavimento de concreto de cimento Portland, compactado com rolo são necessários apresentar condições específicas e parâmetros, que atendam a Norma DNIT 059/2004-ES, tendo a norma o intuito de fixar condições e métodos construtivos para execução de pavimento de concreto de cimento Portland compactado com rolo (CCR), aplicados em estradas de rodagem.

Segundo a Norma DNIT 059-2004-ES, O Concreto rolado para pavimento é considerado um concreto simples para emprego em pavimento, como revestimento e base, de consistência bastante seca ("no"slump), permitindo a compactação com rolos compressores ou equipamento similar.

Sendo o concreto aplicado ao pavimento de consistência seca, compactado por meio de rolos compressores (concreto rolado), não armado, que desempenha simultaneamente as funções de base e de revestimento. A sua composição deve ser determinada por método racional, de modo a obter-se com os materiais disponíveis, uma mistura fresca, de trabalhabilidade adequada, para

ser compactada com rolo liso vibratório, resultando em produto endurecido com grau de compactação e resistência à compressão exigidos por esta Norma.

Para o serviço de pavimentação em concreto rolado, são necessários materiais como:

- Cimento Portland poderá ser de qualquer tipo, desde que satisfaça as exigências específicas da DNER-EM 036, para o cimento a ser empregado.
- Os agregados miúdo e graúdo deverão atender respectivamente às exigências das DNER-EM 037 e DNER-EM 038.
- Especial atenção deverá ser dada aos finos nos agregados (material passando na peneira nº 200), cujo teor deverá estar dentro dos limites estabelecidos na granulometria da mistura de agregados indicada na tabela 1, apresentada a seguir retirada da Norma DNIT 059-2004-ES, na alínea (e) do item 5.1.9. Para tanto será conveniente neste concreto o emprego de areia artificial (pó-de-pedra).

Tabela 01 – Estrutura de um pavimento Rígido

Abertura da peneira (mm)	Porcentagem que passa (%)
38	100
25	92 – 82
19	84 – 74
12,5	74 – 64
9,5	68 – 58
6,3	60 – 50
4,8	55 – 45
2,4	45 – 35
1,2	37 – 27
0,6	30 – 20
0,3	25 – 15
0,15	21 – 11
0,075	18 – 8

Fonte: Norma 059-2004-ES

- A água deverá estar isenta de matéria orgânica ou outras substâncias prejudiciais a hidratação do cimento.
- Como película isolante e impermeabilizante entre o pavimento e a base serão para a comparação utilizada pintura betuminosa, executada com emulsões asfálticas catiônicas de ruptura média, com taxa de aplicação entre os limites de 0,8l/m² e 1,6l/m².

Quanto a execução, sendo norma de parâmetros do DNIT 059/2004-ES são necessários possuir os seguintes equipamentos:

- Central de mistura para dosagem, umidificação e homogeneização do material, que poderá ser contínua ou intermitente;
- Equipamento mecânico para espalhamento do concreto; podendo ser empregado trator do tipo D4 ou motoniveladora, em cuja lâmina deverão ser colocadas aletas laterais, para evitar a segregação do concreto durante o espalhamento;
- Rolos compressores autopropulsionados do tipo liso vibratório;
- Placa vibratória ou sapo mecânico;
- Caminhão-basculante;
- Chapas de aço ou fôrmas para a execução das juntas transversais e longitudinais de construção

- Dispositivos (chapas metálicas) para a execução de juntas transversais de contração do tipo induzidas
- Pequenas ferramentas complementares como pás, enxadas, régua;
- Marteleto pneumático para eventual execução de juntas transversais longitudinais de construção
- Máquina de serrar juntas com disco diamantado, com diâmetro e espessura apropriados, que possibilitem fazer a ranhura e o reservatório do selante com as dimensões especificadas em projeto;

A execução do Pavimento deve ser executada conforme procedimentos de execução definidos em norma, sendo o concreto produzido em betoneiras ou centrais dosadoras.

Na etapa de espalhamento do material faz-se necessário a execução realizada manualmente ou mecanicamente, empregando-se neste último, distribuidores comuns de agregados ou tratores de lâmina ou moto niveladora que permitam obter melhor nivelamento e acabamento superficial da camada. A espessura da camada solta deverá ser tal que, após a sua compactação, seja atingida a espessura definida no projeto do pavimento.

Antes do espalhamento, a superfície da base deverá ser coberta com a película isolante e impermeável.

A compactação deverá ser feita preferencialmente por meio de rolos lisos vibratório, sendo utilizadas placas vibratórias na compactação de cantos e bordas. O tempo decorrido entre a adição de água à mistura e o término da compactação deverá ser, no máximo, de duas horas.

A compactação será iniciada nas bordas do pavimento, devendo as passagens seguintes do rolo recobrirem, pelo menos, 25% da largura da faixa anteriormente compactada.

A espessura da camada compactada nunca deverá ser inferior a três vezes a dimensão máxima do agregado no concreto, podendo ser admitida a espessura de até 30 cm desde que, os ensaios de densidade demonstrem a homogeneidade de toda a profundidade da camada.

A umidade do CCR, deverá ser tal que se obtenha o índice de 25 ± 5 s no ensaio Determinação a consistência do concreto pelo consistômetro VeBe – Método de ensaio - DNIT 064/2004 - ME. O grau de compactação do concreto, medido na pista conforme o método DNER-ME-092, deverá ser igual ou superior a 98% da densidade máxima teórica do CCR.

METODOLOGIA DE PESQUISA

A revisão bibliográfica baseou-se em dados fornecidos pela superintendência regional do Espírito Santo para a implantação da Rodovia do Contorno de Mestre Álvaro, além de informações básicas, retiradas das informações convencionais de dados utilizados na elaboração de projetos de pavimentação para realizações de comparações de utilização de possíveis substituições de camadas de estrutura a virem tornarem menos espessas.

Para tal pesquisa serão levados em conta a relação existente na tipologia do Pavimento Rígido, sendo elas:

- ✓ Maior vida útil (mínimo de 20 anos);
- ✓ Maior resistência mecânica e à abrasão (a resistência aumenta com a idade);
- ✓ Pequena necessidade de manutenção e conservação, o que mantém o fluxo de veículos sem interrupção;
- ✓ Maior segurança à derrapagem em função da textura dada à superfície;
- ✓ Maior distância de visibilidade horizontal, proporcionando maior segurança;
- ✓ Melhor distribuição de pressões à fundação;

- ✓ Melhores características de drenagem superficial (é praticamente impermeável, escoamento melhor a água superficial);
- ✓ Integridade da camada de rolamento, não sendo afetado pelas intempéries;
- ✓ Considerado ISC de Subleito de 8%.

Para o dimensionamento do pavimento de concreto será utilizado o método da Portland Cement Association (PCA) de 1984, sendo proposta a execução de concreto simples.

O dimensionamento de um pavimento de concreto está baseado na análise de três dados, a saber:

- ✓ **Concreto:** as propriedades do concreto, onde são firmadas as exigências quanto ao módulo de ruptura à tração na flexão, a idade do concreto a ser considerado na avaliação do módulo de ruptura, o método de ensaio, o princípio da ruptura do concreto por fadiga e a relação entre o número de solicitações de cargas e a relação de tensões. Onde será adotado para o concreto de pavimentos em rodovias com tráfego de veículos pesados, adota-se a resistência característica de ruptura à tração na flexão de 4,5 MPa aos 28 dias.
- ✓ **Tráfego:** o tráfego, englobando o estudo das tensões causadas pelas cargas, da posição mais desfavorável destas em relação à placa de concreto, dos fatores de segurança, do período de projeto e da projeção da vida útil do tráfego. Os estudos de tráfego têm por objetivo fornecer uma estimativa de tráfego pesado que solicitará o pavimento de concreto ao longo do seu período de vida útil de 20 anos. Para essa pesquisa foi levada em conta tipo de veículo ônibus, 2C, eixo simples de roda dupla.

O método de dimensionamento da PCA/84 considera a incidência de cada eixo dos veículos pesados que irão trafegar no período de vida útil do pavimento. No Manual de Tráfego do DNIT, retira-se a caracterização dos veículos.

- ✓ **Fundação:** o levantamento da condição estrutural do subleito fornece informações valiosas quanto a sua adequação estrutural, o grau de deterioração e permite a seleção e dimensionamento da mais adequada alternativa de pavimentação.

O intuito da pesquisa é acrescentar possíveis vantagens proporcionadas com o aproveitamento de materiais mais propensos e assim podemos destacar a redução do tempo de execução por se tratar de um material mais acessível, acarretando o baixo custo, além de diminuir danos ao meio ambiente.

A título de mensurar o custo básico da realização de uma obra com os materiais propostos, os valores e quantidades pertinentes à elaboração de um projeto viária foram quantificados. Para tal, tomou-se como fonte de dados o referencial de preços e serviços do DNIT (SICRO janeiro/2022).

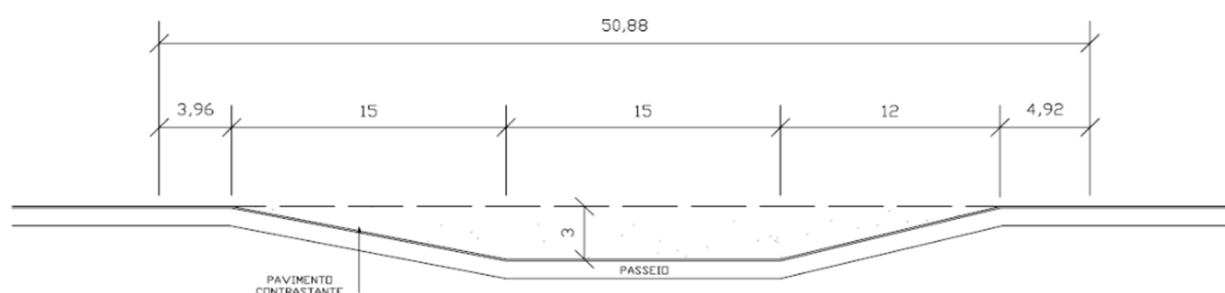
RESULTADOS

Com base na norma do DNIT 059/2004-ES, nos procedimentos endossados nas normas vigentes do DNIT, e em comparações de dados de resultados fornecidos, para demonstrar a viabilidade técnica da utilização da metodologia de concreto compactado a rolo substituindo as camadas de base e subbase, expondo as características entorno de base e subbase de materiais utilizadas para implantação de baias de ônibus com maior agilidade de execução e baixo custo, garantindo parâmetros exigidos na norma para pavimento compactado a rolo, considerados pavimentos rígidos.

Observa-se que essas características que envolvem parâmetros técnicos de resistências a serem acrescentados como critérios para a aplicação, como no caso de serem primordiais a utilização de mistura compreendido por agregados (gráudo e Miúdo), cimento, areia e pouca água, sendo apresentada resistência à tração na flexão de 4,5 Mpa e resistência à compressão axial de 30 Mpa, com uma quantidade de consumo médio de cimento em torno de 80 a 120 kg/m³.

Além disso, considerando para esse estudo baía de ônibus de meia quadra, retirada do Manual de Travessias Urbanas do DNIT, 2010 como esquemático típico para comparações técnicas e econômicas na sua implantação, ao qual encontra-se ilustrado na figura 03.

Figura 03 – Esquemático Típico Baía de Ônibus – Meia Quadra



Fonte: Manual de Travessias Urbanas, DNIT, 2010

A verificação das características geotécnicas em comparação para a utilização do CCR em baias de ônibus foi promovida através de confrontação de dados obtidos do estudo de caso juntamente de dados de parâmetros usuais de um material. Sendo assim obteve-se valores conforme descrito na tabela abaixo, onde podemos observar a diferença de características como a densidade do CCR, sendo de alta resistência ao quando podemos averiguar relacionado com o grau de compactação encontrado na amostra, sendo superior a 100%, assim a umidade encontrada na amostra demonstra também menor número de vazios, considerando que seu teor de umidade ótima é inferior a quase a metade de uma camada de solo compactado ao um fator apropriado que garante um grau de compactação de 100%.

	CCR	SOLO
Densidade (kg/m ³)	2.278	1.930
Umidade (%)	7,00	15,50
Grau de Compactação (%)	101,80	95 a 100

Realiza-se partir de planilhas orçamentárias de custo de baias de ônibus com subbase de concreto compactado a rolo e revestimento betuminoso com baias de ônibus com subbase de

concreto compactado a rolo e revestimento em placa de concreto. Na tabela 2, apresenta-se discriminados serviços necessários para a submissão da base e revestimento 'de concreto sobre uma camada de subbase de concreto compactado a rolo. Na tabela 3 apresenta-se a materiais utilizados na aplicação de baias de ônibus de subbase e em concreto compactado a rolo e,base de brita graduada e revestimento betuminoso .

Para a elaboração das tabelas estimada com custo referente a implantação de baias de ônibus, foram utilizados tabela referencial DER-ES e Sicro, com data base de janeiro de 2022.

Tabela 02 – Orçamento Estimado – Pavimento Rígido

PLANILHA ORÇAMENTÁRIA ESTIMADA 1 - PAVIMENTO RÍGIDO							
ITEM	FONTE	CÓDIGO	SERVIÇO	UNIDADE	CONTRATUAL		
					PREÇO UNIT.	QUANT.	TOTAL
01			PAVIMENTAÇÃO				10.928,36
1.1	DER-ES	40.754	Regularização e compactação do sub-leito (100% P.L.) H = 0,20 m	M2	1,82	85,500	155,61
1.2	SICRO	4.011.214	Sub-base de concreto compactado com rolo - brita comercial	m³	235,49	17,100	4.026,87
1.3	SICRO	4.011.538	Cura com pintura asfáltica para pavimento de concreto compactado com rolo	m²	0,18	85,500	15,39
1.4	DER-ES	40.974	Emulsão RM-1C, fornecimento	t	3.795,19	0,090	341,56
1.5	SICRO	4.011.533	Pavimento de concreto com fôrmas desluzantes - areia e brita comerciais	m²	370,57	17,100	6.336,74
1.6	DER-ES	40.972	Bonificação de 15,28% sobre Materiais Betuminosos	%	0,1528	341,560	52,19

Fonte: Arquivos do Autor

Tabela 03 – Orçamento Estimado – Pavimento Flexível

PLANILHA ORÇAMENTÁRIA ESTIMADA 2 - PAVIMENTO FLEXÍVEL							
ITEM	FONTE	CÓDIGO	SERVIÇO	UNIDADE	CONTRATUAL		
					PREÇO UNIT.	QUANT.	TOTAL
01			PAVIMENTAÇÃO				11.878,62
1.1	DER-ES	40.754	Regularização e compactação do sub-leito (100% P.L.) H = 0,20 m	M2	1,82	85,500	155,61
1.2	DER-ES	40.786	Sub-base de brita graduada, inclusive fornecimento e transporte da brita	M3	144,42	17,100	2.469,58
1.3	DER-ES	40.787	Base de brita graduada, inclusive fornecimento e transporte da brita	M3	144,42	17,100	2.469,58
1.4	DER-ES	40.817	Imprimação inclusive fornecimento e transporte comercial do material betuminoso	M2	10,75	85,500	919,12
1.5	DER-ES	40.968	CM-30, fornecimento	t	6.488,84	0,100	648,88
1.6	DER-ES	40.819	Pintura de ligação inclusive fornecimento e transporte comercial do material betuminoso	M2	3,44	85,500	294,12
1.7	DER-ES	40.975	Emulsão RFR-1C, fornecimento	t	3.359,15	0,050	167,95
1.8	DER-ES	40.841	CBUQ (camada pronta - binder) exclusive fornecimento e transportes do CAP e massa, inclusive fornecimento e transporte da brita e pó de pedra	t	164,41	9,400	1.545,45
1.9	DER-ES	41.360	CAP-50/70, fornecimento	t	4.776,46	0,560	2.674,81
1.10	DER-ES	40.972	Bonificação de 15,28% sobre Materiais Betuminosos	%	0,1528	3.491,640	533,52

Fonte: Arquivos do Autor

O resultado encontrado, apresentados acima, chegou-se a um valor de redução em torno de 8% mais barato a aplicação de pavimento rígido, com a utilização de subbase em concreto compactado a rolo em uma baía de ônibus, sendo comparados com pavimento flexível.

Além disso, pode-se ressaltar alguma vantagem na utilização do CCR para a aplicação no pavimento em baía de ônibus, sendo seu tempo de durabilidade de 20 anos, suas intervenções de manutenção realizadas a longo prazo, a questão de aderência a superfície do pavimento principalmente em situações de chuvas, o controle de execução rigoroso e seu custo de implantação menor, sendo essas comparações realizadas entre um pavimento flexível.

Para possíveis trabalhos futuros recomenda-se o estudo de mistura com outros agregados, para a utilização e reciclagem de materiais a vir ser proposta com essa técnica. Como por exemplo, o emprego de agregado siderúrgico.

E assim, como BORRÉ (2017) O emprego de concreto compactado com rolo (CCR) na pavimentação é uma alternativa viável, sendo que, tem como proposta reduzir o consumo de cimento e o tempo de execução, e ainda tem uma longa vida útil sem a necessidade de manutenção, assim sendo técnica e economicamente atrativa. Outro ponto a seu favor é o fato de serem utilizados os mesmos equipamentos que a pavimentação asfáltica.

REFERÊNCIAS

BORRÉ, G. **Estudo de Resistência Mecânica do Concreto Compactado com Rolo em Emprego de Material Fresado Asfáltico para Base de Pavimentos**. Dissertação (Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Área de Concentração em Construção Civil e Preservação Ambiental) – Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), 2017. Disponível em:

<https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/14246/DIS_PPGECC_2017_BORRE_GRACIELI.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acesso em: 09 mai. 2022.

ABCP - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. Disponível em: <<https://abcp.org.br/perguntas-frequentes/>>. Acesso em: 23 mai. 2022.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRURA DE TRANSPORTES. **Manual de Pavimentação - 719**. 3. Ed. Rio de Janeiro, 2006.

BALBO, J.T. **Pavimentação asfáltica – Materiais, projeto e restauração**. 1ª. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRURA DE TRANSPORTES. **Pavimentação - Base estabilizada granulometricamente**. DNIT 59. Rio de Janeiro, 2004.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRURA DE TRANSPORTES. **Pavimentação - Base estabilizada granulometricamente**. DNIT 141. Rio de Janeiro, 2010.

GOVERNO ESTADO DE SÃO PAULO. Disponível em: <Caminhos do Mar: a história da Estrada Velha de Santos | Governo do Estado de São Paulo (saopaulo.sp.gov.br)> Acesso em: 23 mai. 2022.

ANDRADE, M. H. F et al. **Introdução a pavimentação**. Paraná: UFPR, 2010.

BERNUCCI, L. B et al. **Pavimentação asfáltica - Formação básica para engenheiros**, – Rio de Janeiro: PETROBRAS: ABEDA, 2008.

MESQUITA, J. C. **Pavimento rígido como alternativa econômica para pavimentação rodoviária – Estudo de caso: Rodovia BR-262, Miranda – Morro do Azeite–MS**. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

ALMEIDA, D. P. **Solução do Projeto de Pavimento Rígido, Estudo de Caso: corredor de ônibus do binário das Ruas DR. João Colin e Blumenau – Joinville - SC**. Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, 2015.

SILVA, A.L. **Estudo Comparativo entre Pavimento Rígido e Pavimento Flexível**. Centro de Ciências Exatas Tecnológicas e Agrárias, Maringá, 2019.

ARAÚJO, Marcelo Almeida [1], SANTOS, Martha Jussara Paixão dos [2], PINHEIRO, Heunbner Pereira [3], CRUZ, Zoraide Vieira [4] ARAÚJO, Marcelo Almeida; et. al. Análise Comparativa de Métodos de Pavimentação – Pavimento Rígido (concreto) x Flexível (asfalto). **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo Do Conhecimento**. Ano 01, Edição 11, Vol. 10, pp. 187-196, Novembro de 2016. ISSN: 2448-0959. Disponível em <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/metodos-de-pavimentacao>. Acesso em 05 de out. 2019.

CARLA FERNANDES FUZARI VITTORAZZI

**ANÁLISE TÉCNICA E ECONÔMICA ENTRE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS E RÍGIDOS
E SUA APLICAÇÃO NA INFRAESTRUTURA URBANA EM BAIAS DE ÔNIBUS**

Projeto Multidisciplinar apresentado ao Curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Engenharia de Infraestrutura Urbana, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Engenharia de Infraestrutura Urbana.

Aprovado em 16 de março de 2023

AVALIADOR



Doutor Ronaldo Feu Rosa Pacheco
Instituto Federal do Espírito Santo - Ifes
Orientador