



Análise comparativa entre as técnicas construtivas de pavimentação empregadas no sistema *Bus Rapid Transit* (BRT) - Belém - PA versus Fortaleza - CE

**Luzilene Souza Silva¹, Marlos Henrique Pires Nogueira¹, Gleisy Kelly Moreira Lima¹,
Núbia Jane da Silva Batista¹, Franci Rose Nascimento¹**

¹ Programa de Pós Graduação em Engenharia de Materiais - Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA) - Belém - PA- Brasil

eng.luzielene@gmail.com, paulistta2000@yahoo.com.br,
gleisy.fotog@hotmail.com, nubiabatista257@gmail.com,
rosenascimento.fncn@gmail.com

Resumo - O setor de transportes é um elemento fundamental no desenvolvimento socioeconômico de um país. Sua eficiência depende de uma malha urbana bem estruturada, com estradas pavimentadas e em bom estado de conservação. Por isso, o presente trabalho buscou identificar, por meio de uma pesquisa qualitativa, como foram realizadas as etapas construtivas do pavimento rígido do BRT Belém – PA e do pavimento flexível do BRT Fortaleza – CE, a fim de verificar as principais especificidades de cada um. A partir dos dados obtidos, constatou-se que a escolha pelo uso do pavimento de concreto pode ser considerada mais eficiente devido às vantagens que ele apresenta, tais como: baixo custo de manutenção quando comparado ao asfalto, melhor visibilidade por reflexão, maior resistência a intempéries, menor absorção de calor e maior segurança ao usuário.

Palavras-chave: Pavimento rígido. Pavimento flexível. Sistema de transporte BRT.

Abstract - Transportation is a fundamental element in the socioeconomic development of any country. Its efficiency depends upon a well-structured road network, with paved and well-kept roadways. Therefore, this work's goal is to identify, through a qualitative research, how the construction steps have been executed for rigid pavement of the BRT system in Belem, Brazil, and the flexible pavement of the BRT system in Fortaleza, Brazil, in order to verify the main particularities of each project. From the data, it has been demonstrated that the choice for concrete paving could be considered more efficient because of advantages such as maintenance lower costs when compared to asphalt, better visibility due to reflection, greater resistance against weather, less heat absorption and more safety for users.

Keywords: Hard Flooring. Flexible Flooring. BRT Transportation System.



1. Introdução

No Brasil, até o ano de 2009, a extensão de rodovias pavimentadas em concreto não ultrapassava 2 mil quilômetros, sendo a pavimentação asfáltica a mais tradicional, popular e difundida a partir dos anos 1950. Além do custo de implantação, essa preferência se justificava pela ampla gama de apoio técnico e normativo existente em agências de transporte oficiais. No entanto, nos últimos anos, a política de concessão de rodovias tem contribuído para o retorno do pavimento de concreto a nível nacional (CUNHA, 2013).

Segundo o Manual de Pavimentação do DNIT (2006) o pavimento pode ser definido como: uma superestrutura constituída por um sistema de camadas de espessuras finitas, assentados sobre um semi-espaço considerado teoricamente como infinito (infraestrutura ou terreno de fundação) a qual é designada de subleito.

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 armado, pavimento de concreto rolado, pavimento com peças pré-moldadas, pavimento sobre-laje em tabuleiros de obras de arte especiais (BIANCHI, 2008).

Segundo Balbo (2009), a primeira estrada com pavimento de concreto construída no Brasil foi a Rodovia Caminho do Mar, localizada entre Riacho Grande e Cubatão, São Paulo. Sua construção teve início em 1925 e foi concluída em 1926, sendo sua extensão aproximada igual a 8 quilômetros.

Atualmente, no âmbito da engenharia rodoviária, pode-se classificar a estrutura de um pavimento essencialmente em: pavimento de concreto de cimento Portland (concreto ou pavimento rígido) e pavimento de concreto asfáltico (asfáltico ou pavimento flexível). Sob o aspecto estrutural, as principais diferenças entre os dois tipos de pavimento reside na constituição da seção transversal e na forma como as tensões são distribuídas nas camadas subjacentes ao revestimento. Tanto o pavimento rígido quanto o flexível devem atender determinadas exigências no tocante a segurança, ao conforto e a economia para implantação, operação e manutenção (CUNHA, 2013).

Durante a concepção de uma estrutura devem ser avaliadas diversas possibilidades, a fim de determinar a melhor solução para o projeto a ser elaborado. Os principais fatores que influenciam a decisão são: disponibilidade de materiais, de equipamentos e de mão de obra, segurança, durabilidade, economia e tempo. Para que seja possível escolher a melhor opção, são necessários amplos estudos sobre as várias tecnologias existentes. Neste trabalho serão apresentados estudos de pavimentos rígidos, que constituem alternativas viáveis para a execução de pavimentação de BRT's.

Segundo Branco (2013), o denominado sistema *Bus Rapid Transit* (BRT) cresceu em notoriedade face ao seu desenvolvimento e implementação em cidades emergentes da América Latina. A necessidade de solucionar os problemas de mobilidade urbana nestas cidades populosas possibilitou a introdução de inúmeras medidas para aumentar a qualidade e desempenho do serviço de transporte coletivo.

Para que estes sistemas de transporte apresentem bom desempenho é necessário que sejam executados de forma planejada, levando em consideração a importância do projeto e materiais empregados na estrutura, principalmente no que se refere à pavimentação da via.

Diante deste contexto, o presente artigo objetiva comparar as técnicas construtivas empregadas no pavimento rígido do BRT Belém e flexível do BRT Fortaleza. Com isso, espera-se indicar qual tipo de pavimento é o mais viável para esta modalidade de obra.

2. Histórico da pavimentação no Brasil

A ciência da pavimentação teve início quando houve a necessidade de se fazer vias mais apropriadas à passagem dos novos veículos com motores que vieram a substituir as antigas carroças de tração animal. As antigas civilizações já construíam pavimentos em pedra com relativa resistência que suportavam bem a passagem dos veículos de carga da época. Nas cidades brasileiras, até o início da década de 1950 era comum o uso de concreto para a pavimentação, sendo este um material de fácil utilização e custo relativamente barato para a época. O país onde primeiro se utilizou pavimentos rígidos foi à Inglaterra, que iniciou a sua construção no ano de 1865 (SENÇO, 2008).

A história do pavimento rodoviário de concreto de cimento *Portland* data da mesma época do pavimento rodoviário de concreto asfáltico e da invenção do automóvel - século XIX. A princípio, em todo o mundo, as tecnologias de construção foram influenciadas pela escola europeia. No entanto, a escola americana, a partir da execução e divulgação de trabalhos realizados por pesquisadores dedicados e, com o incentivo dos diversos membros das agências oficiais de transporte, foi quem predominou e ditou as regras sobre o tema nos anos seguintes (CUNHA, 2013).

De acordo com os registros históricos, o primeiro pavimento rodoviário de concreto de cimento *Portland* foi construído no ano de 1891, na *Main Street, Bellafontaine, Ohio*, EUA. Tratava-se de uma avenida, sendo a obra concebida e executada por George Bartholomew, farmacêutico e químico, que propôs à municipalidade construir o pavimento às suas expensas e receber o pagamento após o período de teste da qualidade da solução, estipulado em cinco anos. A Figura 1 ilustra o pavimento rodoviário de concreto da *Main Street* no ano da inauguração (1891) e no ano de 2007.

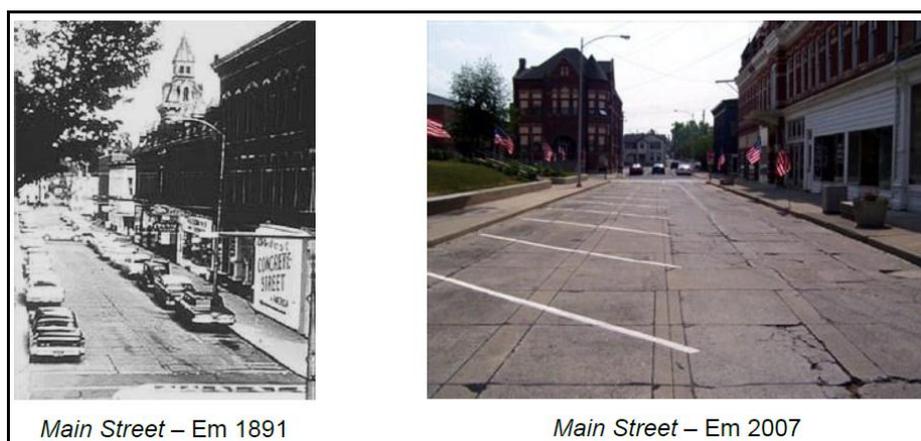


Figura 1. Primeiro pavimento rodoviário de concreto de cimento Portland (Cunha, 2013)

Em diversos países, principalmente Alemanha e Estados Unidos, o pavimento de concreto passou a ter preferência para autoestradas, antes da Segunda Guerra Mundial. Nessa época a Alemanha tinha cerca de 92% de suas autoestradas em concreto. No fim de 1950 os Estados Unidos tinham em torno de 89% das grandes vias urbanas e 79% das vias rurais



pavimentadas com concreto. No Brasil, o primeiro pavimento de concreto foi executado no Caminho do Mar – ligação de São Paulo a Cubatão em 1926. Em seguida foi realizada em 1932, em concreto, a pavimentação da travessia de São Miguel Paulista, da antiga estrada Rio - São Paulo (CARNEIRO, 2014).

Até o início da década de 1950 era intensa no Brasil a utilização do concreto de cimento Portland na pavimentação, tanto em vias urbanas quanto em rodovias, tais como a BR-116/RJ subida da serra de Teresópolis e nas rodovias nos Estados de Pernambuco e Paraíba. Essa prática sofreu, a partir de então, grande retenção devido a vários fatores de natureza política e econômica.

A partir do término da Segunda Guerra Mundial, a produção nacional de cimento foi destinada prioritariamente ao suprimento de necessidades fundamentais da emergente indústria da Construção Civil, o que conduziu os setores de pavimentação a lançar-se em empreendimentos que não dependessem maciçamente desse produto. Na mesma época desenvolveu-se nos EUA (e rapidamente foi absorvida pelos órgãos brasileiros ligados ao ramo) extensa tecnologia de pavimentos flexíveis à base de produtos betuminosos em detrimento dos pavimentos rígidos, pois os preços dos derivados de petróleo eram muito baixos e, por isso, muito convidativos, principalmente, segundo Medina (1997), devido às refinarias de petróleo instaladas no país. Além disso, havia a estratégia do DNER em aplicar a técnica de construção por etapas, devido à escassez de recursos financeiros suficientes e à grande demanda por novas rodovias no país.

Essa situação estimulou o meio técnico de pavimentação a aparelhar-se quase que exclusivamente para emprego de pavimentos asfálticos. Como consequência, houve certa resistência em adotar novamente a alternativa dos pavimentos rígidos para a pavimentação, mesmo havendo sinais efetivos da mudança das circunstâncias técnicas e, principalmente, econômicas (PITTA, 1998).

O pavimento de concreto ressurgiu, nos últimos anos, em países de características tão diversas como o México, a África do Sul, a Espanha e a Índia. Isso ocorreu porque, em primeiro lugar, seu custo inicial tornou-o atraente diante das alterações nos preços dos derivados de petróleo e do crescimento da conscientização de governos e contribuintes, da necessidade vital que é aproveitar ao máximo a aplicação dos recursos públicos, buscando o maior benefício e o menor custo (PITTA, 1998).

A partir do ano de 1998, com a compra de usinas modernas, pela Associação Brasileira de Cimento Portland, o pavimento de concreto vem sendo empregado na execução de pavimentação rodoviária no Brasil. Atualmente, pode-se destacar seu emprego em rodovias nacionais, como na terceira faixa de interligação Anchieta - Imigrantes; na marginal da rodovia Presidente Dutra (SP); na pista descendente da Rodovia dos Imigrantes; na pista sul da Marginal da Rodovia Castelo Branco; no Rodoanel Mário Covas; em avenidas como a Avenida Assis Brasil (RS) e no Nordeste, onde o Exército Brasileiro executa 142,5 km dos 336,0 km de pavimento rígido na Rodovia BR101/NE, nos estados do Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco.

2.2 Estrutura do pavimento

A estrutura do pavimento é compreendida, em seu sentido estrutural, para receber e transmitir os esforços de maneira a aliviar as pressões sobre as camadas inferiores (MARQUES, 2014).

Segundo Bernucci *et al.*, (2007), as estruturas de pavimentos são camadas construídas sobre uma fundação chamada de subleito. O comportamento estrutural de um pavimento

rodoviário depende das espessuras, da interação e da rigidez das camadas que o constituem aliado também à rigidez do subleito.

De uma forma geral os revestimentos de um pavimento rodoviário são sujeitos a esforço de compressão e de tração devido à flexão. As demais camadas ficam submetidas principalmente a esforços de compressão. Em alguns casos, camadas subjacentes ao revestimento têm seus materiais estabilizados quimicamente, proporcionando-lhes coesão, ganho em sua rigidez e, conseqüentemente, resistência a esforços de tração. Apesar de possuírem coesão, as camadas de solos finos apresentam baixa resistência à tração, o que as diferencia de camadas onde os materiais foram estabilizados quimicamente (PACHECO, 2011). Quando o pavimento é solicitado por uma carga de veículo Q , que se desloca com uma velocidade V , recebe uma tensão vertical σ_0 (de compressão) e uma tensão horizontal τ_0 (de cisalhamento), conforme Figura 2 (SANTANA, 1993).

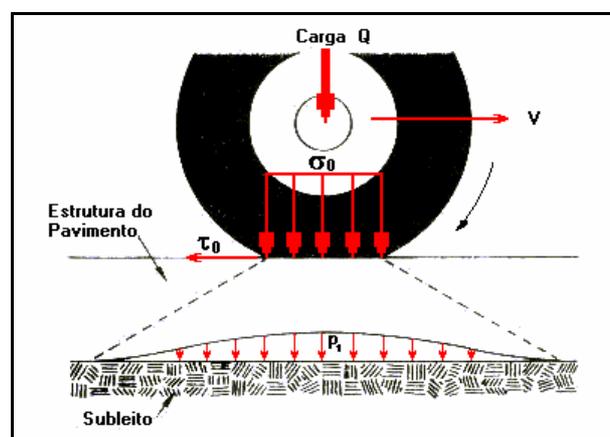


Figura 2. Cargas no pavimento (Santana, 1993)

A variadas camadas componentes da estrutura do pavimento também terão a função de diluir a tensão vertical aplicada na superfície, de tal forma que o subleito receba uma parcela bem menor desta tensão superficial (p_1). A tensão horizontal aplicada na superfície exige que esta tenha uma coesão mínima. A NBR 7207 (2011) assegura que o pavimento é constituído por quatro camadas: subleito, sub-base, base e revestimento, conforme ilustra a Figura 3.



Figura 3. Estrutura do pavimento (Bernucci et al., 2006)

Segundo Senço (2001) a fundação do pavimento é denominada subleito. Com o aprofundamento no maciço, as pressões exercidas pelo tráfego são reduzidas a ponto de



serem consideradas desprezíveis. Analogamente aos bulbos de tensão, construídos com curvas que representam percentuais da pressão de contato, decrescentes com o aumento da profundidade. O subleito é constituído de material natural consolidado e compactado (no caso de corte do corpo da estrada) ou por um material transportado e compactado, que é no caso dos aterros (BALBO, 2011).

A sub-base é a camada complementar à base, deve ser aplicada quando por circunstâncias técnicas e/ou econômicas, não for viável a construção da base sobre a regularização ou reforço do subleito (SENÇO, 2001). Os materiais que podem ser empregados como sub-base são o cascalho, solo-cal e solo-cimento (SILVA, 2008).

A camada de base granular tem como principal função a absorção das tensões transmitidas pelas camadas subjacentes, de forma a salvaguardar a capacidade de suporte das mesmas. É normalmente constituída por uma camada na ordem dos 20 cm de material britado de granulometria extensa (SILVA, 2008).

Segundo Senço (2001), pela própria definição, revestimento é a camada destinada a resistir ao desgaste imposto pela ação do tráfego. É a camada mais nobre do pavimento, devendo sua execução ser procedida de detalhados ensaios de dosagem e acompanhada por rigorosos ensaios de controle. Bernucci *et al.*, (2006) Acrescentam que “[...] essa camada deve ser tanto quanto impermeável e resistente aos esforços de contato pneu-pavimento em movimento, que são variados conforme a carga e a velocidade dos veículos”.

Para a camada de revestimento podem ser usados o Concreto de Cimento Portland (CCP) ou Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) ou Stone Masticue Asphalt (SMA), para tráfego pesado, e o PMQ (pré-misturado a quente), para tráfego leve. Além destes revestimentos “a quente”, pode-se usar o PMF (pré-misturado a frio) e ainda se utiliza em certos casos, o TSD (Tratamento superficial Duplo) por penetração invertida (MARQUES, 2014).

2.3 Tipos de pavimento

Os pavimentos rodoviários são classificados em três tipos, em função da deformabilidade e dos materiais constituintes: pavimentos flexíveis, pavimentos rígidos e pavimentos semirrígidos. A escolha de cada um destes tipos de pavimentos dependerá da intensidade do tráfego, da qualidade de resistência do solo de fundação, assim como, da qualidade dos materiais disponíveis (DNIT, 2006).

Pavimento flexível é aquele em que todas as camadas sofrem deformação elástica significativa sob o carregamento aplicado e, portanto, a carga é distribuída em partes aproximadamente equivalentes entre as camadas (BALBO, 2011). De acordo com Medina (1997) “são constituídos por um revestimento betuminoso sobre uma base granular ou de solo estabilizado”. A NBR 7207 (2011) inclui nesta classe os calçamentos com paralelepípedos de cimento, de pedra, de cerâmica, betuminosos, de borracha e blocos de concreto e alvenarias poliédricas (calçamento com pedras irregulares).

Para Pinto e Preussler (2002) pavimento semirrígido é aquele onde a rigidez da base é aumentada devido à adição de elementos quimicamente reativos como, por exemplo, o cimento. Pavimentos com base de solo cimento e revestimento asfáltico são exemplos de pavimentos semirrígidos.

Pavimento Rígido é aquele onde o revestimento resiste à maior parte das tensões que atuam no pavimento, pois sua rigidez é muito maior do que a das camadas sobre as quais ele



foi construído. Pavimentos feitos com lajes de concreto de cimento Portland é o tipo mais comum de pavimentos rígidos (PINTO e PREUSSLER, 2002).

Segundo Senço (2001) pavimentos rígidos são estruturas pouco deformáveis, constituídas principalmente de concreto de cimento Portland. Tendem a romper por tração na flexão, quando sujeitos a deformações.

2. 4 Características gerais do *Sistemas Bus Rapid Transit (BRT)*

Devido aos problemas com engarrafamentos e trânsito caótico enfrentado por grandes centros urbanos, um transporte público eficiente é vital para o desenvolvimento das cidades. Significativa parte da população tem no transporte público a única maneira para acessar o emprego, educação e serviços públicos. Segundo pesquisa da ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES URBANOS (2013), apenas 0,11% do sistema viário recebe qualquer tipo de tratamento no sentido de priorizar o transporte público por ônibus, fato este que pode explicar em parte os grandes congestionamentos nas médias e grandes cidades.

O primeiro BRT completo no mundo foi o sistema de Curitiba, que teve origem com corredores de ônibus segregados (1974), e após instalação de sistema de pré-pagamento de tarifas e adoção de ônibus articulados, se tornou um sistema completo em 1992, servindo de modelo a várias outras cidades no mundo (WRIGHT e HOOK, 2008).

A adoção e o funcionamento de Sistemas BRT têm vindo a expandir-se pelo mundo. Atualmente, de acordo com o banco de dados da organização mundial BRT www.BRTdata (2016), os corredores exclusivos para veículos de transporte coletivo transportam aproximadamente 25 milhões de passageiros por dia, em 147 cidades, e muitos outros projetos continuam a ser implementados. Este reconhecimento do sistema como uma solução viável para oferecer serviço de transporte público de alta qualidade e a custos moderados é enfatizado pelo sucesso de implantações pioneiras, como é o caso de Curitiba (Brasil) e Bogotá (Colômbia).

A literatura que mais se destaca a nível nacional em relação ao planejamento do transporte coletivo é o Manual do BRT, publicado em língua portuguesa em uma parceria entre Secretaria Nacional de Transporte e da Mobilidade Urbana e o *Institute for Transport and Development Policy (ITDP)*. O material serve como um guia de planejamento para sistemas eficientes de ônibus; os BRT's, de forma a detalhar os passos para planejamento e realização de um sistema bem-sucedido. Essas áreas de planejamento incluem a elaboração do projeto, projeto operacional, projeto físico, integração, plano de implementação, avaliação e implementação.

É importante ressaltar as diferenças entre os sistemas que dão certo nível de prioridade aos ônibus, onde se destacam os corredores de ônibus e os BRT's (Bus Rapid Transit). Corredores de ônibus são faixas destinadas à circulação exclusiva e em período integral, incluindo desde as localizadas no centro da pista até as paralelas ao meio fio delimitadas por pintura (LINDAU *et al.*, 2013). O BRT é um sistema de transporte de massa por meio do ônibus que proporciona mobilidade e conforto com um custo eficiente, aliando a qualidade do transporte ferroviário, devido ao número elevado de passageiros, com a flexibilidade do sistema de ônibus, onde os corredores se encontram na parte central da via, separados das vias destinadas ao tráfego comum (WRIGHT e HOOK, 2008).

Os corredores de ônibus muitas vezes são precedentes dos BRT's. O BRT conta com velocidades mais altas, sistemas de pré-pagamento de tarifas, faixas que permitam ultrapassagem e corredores na parte central da via, garantindo mobilidade ao sistema.

3. Materiais e métodos

O presente trabalho tem finalidade de pesquisa descritiva bibliográfica, pois está voltado à aquisição de conhecimentos com aplicação para uma situação específica, ou seja, busca-se identificar, por meio de uma análise de memoriais descritivos, quais as características construtivas do pavimento rígido utilizado no BRT Belém, e flexível, utilizado no BRT Fortaleza.

Também possui abordagem qualitativa, tendo em vista que, abordagem qualitativa é entendida como aquela que permite a compreensão de um fenômeno segundo a análise das variáveis que estão envolvidas no contexto em que ele ocorre.

Na primeira fase do desenvolvimento deste trabalho foi feita uma pesquisa bibliográfica, onde foram lidos e analisados vastos referenciais teóricos acerca do tema proposto.

Em um segundo momento foram analisados os memoriais descritivos das duas obras, fazendo-se um comparativo das técnicas construtivas empregadas na pavimentação das vias expressas do BRT Belém e BRT Fortaleza. Foram feitas visitas às duas obras para gerar um relatório fotográfico das etapas construtivas do pavimento das vias, bem como, identificação da fase atual em que se encontram.

As Figuras 4 e 5 demonstram as áreas de estudo na Região Metropolitana de Belém e Capital Fortaleza, caracterizando a abrangência desta pesquisa.



Figura 4. Localização da Região Metropolitana de Belém (RMB) (Silva, 2010)

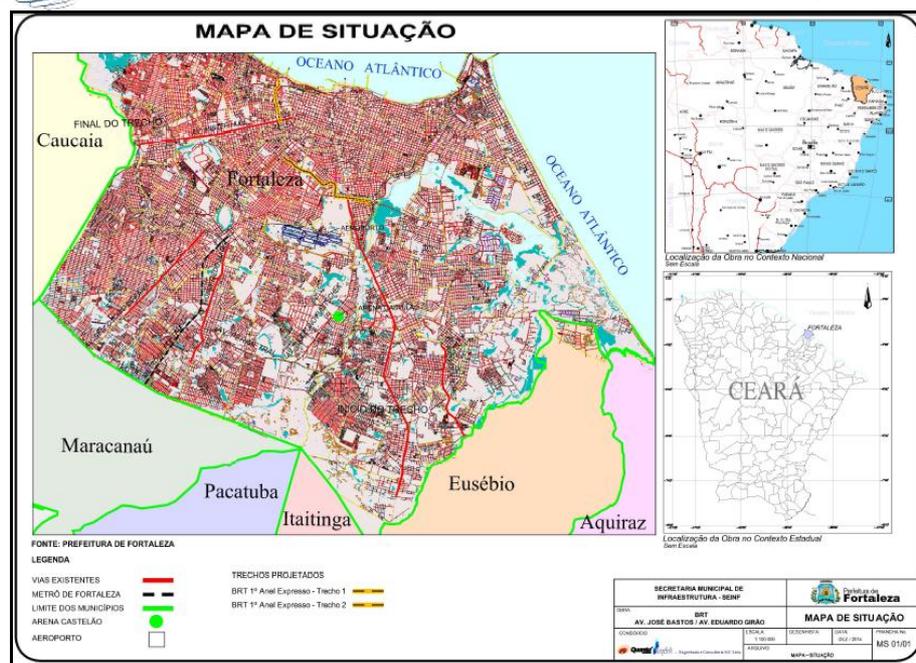


Figura 5. Localização da capital Fortaleza do estado Ceará (Quanta, 2014)

4. Análise dos resultados

4.1 Características do BRT na cidade de Fortaleza – CE

Segundo Almeida (2014), a concepção do projeto do BRT Fortaleza tomou como base o Plano Diretor de Transporte Público da Cidade de Fortaleza (PDTU), que além de oferecer um diagnóstico geral da Capital do Ceará e da Região Metropolitana, identificou as principais demandas, os tipos de transportes e as soluções para a melhoria da mobilidade urbana no município.

Segundo a Secretaria de Infraestrutura de Fortaleza - SEINF, o Plano de Transporte Urbano da cidade prevê a implantação, ao longo de 20 anos, de 9 corredores de transportes, adequação e ampliação de 6 terminais de integração, construção de 2 estações de transferência e aquisição de equipamentos de operação de transporte, administrados por empresas privadas. Dentre eles, o objeto do deste estudo, o Corredor BRT - 1º Anel Expresso.

O projeto consiste na implantação de um corredor expresso de transporte público coletivo em faixa segregada junto ao canteiro central pelo lado esquerdo da via, com sinalização e fiscalização pertinentes. Ao todo, a via projetada/readequada tem uma extensão de 14 km.

O corredor foi dividido em dois trechos, o primeiro inicia-se na Avenida Raul Barbosa seguindo paralelo ao canal do Bairro Aerolândia ao longo das Avenidas Borges de Melo, Aguanambi e Eduardo Girão, chegando a Avenida. João Pessoa, perfazendo uma extensão de 4,8 km.

O segundo trecho inicia-se no cruzamento da Avenida Bezerra de Menezes com a Avenida José Bastos e desenvolve-se por esta até o cruzamento com a Avenida Pres. Castelo Branco, perfazendo 2,0 km de extensão. Ao final do trecho projetado o corredor será integrado a Avenida Raul Barbosa que, por sua vez, se integra a Avenida Almirante Henrique



Saboa que segue em direção ao norte até a Avenida Abolição, completando o 1º Anel Expresso.

4.2 Características do BRT na cidade de Belém – PA

A área de localização do BRT Belém está situada na região Norte do Brasil, no nordeste do Estado do Pará, dentro da Região Metropolitana considerado neste município de Belém (RMB), especificamente a área do *Bus Rapid Transit* - BRT Belém, uma obra de responsabilidade da Prefeitura Municipal local, cujo projeto prevê a construção de 20 quilômetros de corredores exclusivos, ligando a Avenida Almirante Barroso ao Distrito de Icoaracy, com acesso através do corredor da Rodovia Augusto Montenegro e para servir à população da Região Metropolitana de Belém (RMB).

As obras do Terminal de Integração Mangueirão, parte integrante do BRT Belém, iniciaram no dia 08 de junho de 2015. O trabalho começou com a escavação de parte do antigo estacionamento da área do estádio Mangueirão. As obras estão na fase de acabamento final.

Segundo o titular da Secretaria Municipal de Urbanismo (SEURB), a obra do BRT não é somente de trânsito, mas toda uma revitalização urbanística da Avenida Augusto Montenegro:

"Estaremos concluindo além da canaleta por onde passarão os ônibus biarticulados, estações e terminais; implementando na Avenida Augusto Montenegro ciclovia; calçada totalmente nova; drenagem nova do entroncamento até Icoaracy, evitando os pontos de alagamentos que se formam; iluminação pública totalmente revitalizada e paisagismo, ou seja, uma avenida nova, bonita e digna para o belenense."

Na Tabela 1 é possível observar as características gerais das duas obras.

Tabela 1. Características gerais dos BRT's

CARACTERÍSTICAS DOS BRT's		
	Fortaleza - CE	Belém - PA
Extensão da via (Km)	14	20
Largura das vias (m)	4	14
Nº de Terminais	6	3
Nº de estações	28	23

4.3 Estações e terminais dos BRTS

- **BRT Fortaleza**

Estão previstas 28 estações para o corredor do BRT Fortaleza, a serem implantadas ao longo dos dois trechos. O projeto prevê áreas de climatização nas estações, conforme a (Figura 6) e sistema GPS informando o tempo que o próximo ônibus demorará a chegar. Os passageiros comprarão o bilhete antes de entrar no coletivo, evitando filas e atrasos. Além disso, o embarque será feito em nível, ou seja, os veículos e as plataformas estarão na mesma altura, sem uso de degraus, garantindo praticidade e acessibilidade do usuário.

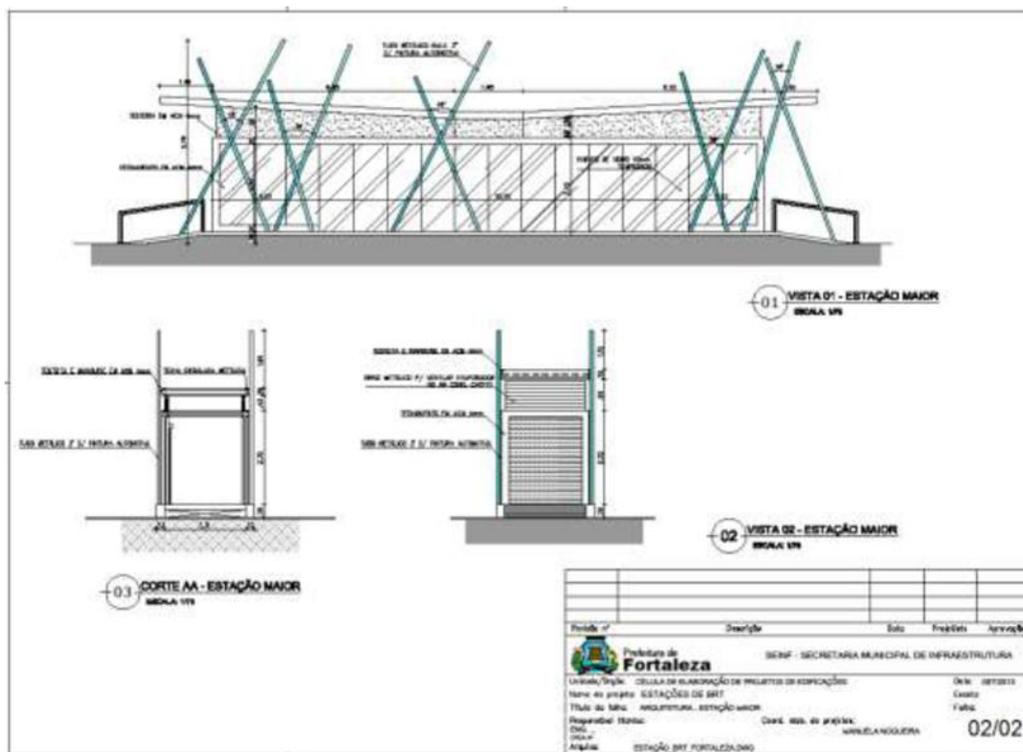


Figura 6. Projeto da estação BRT do corredor 1º anel expresso (Quanta, 2014)

A segurança viária teve grande destaque nesse projeto, dando orientação para que os usuários do sistema evitassem atravessar as vias em nível nos locais das paradas. Foram projetadas passarelas com elevador para atender aos portadores de necessidades especiais (PNE), conforme ilustrado na Figura 7, isso contribuirá para diminuição de acidentes com pedestres no corredor. O Governo precisa de uma política de conscientização da população para que sejam usadas as passarelas e as faixas de pedestres ao longo do trecho, haja vista que será um corredor livre e com velocidade média de 60 a 80 Km/h, o que é uma velocidade bastante considerável para vias urbanas.



Figura 7. Perspectiva da passarela (Quanta, 2014)

- **BRT Belém**

O BRT Belém é um modelo de transporte coletivo de média capacidade. Constitui-se de veículos articulados ou biarticulados que trafegam em canaletas exclusivas e utilizam Estações de Parada adaptadas para o rápido acesso dos passageiros ao veículo. O projeto do Estado do Pará é resultado de anos de estudo em parceria com o governo do Japão através da

JICA - *Japan International Cooperation Agency*. Inicialmente deve beneficiar mais de 600 mil pessoas, prevendo-se uma redução de 70% no tempo de viagem entre o Distrito de Icoaracy e o centro da cidade.

Este projeto tem extensão de 20 quilômetros e prevê a implantação de 23 paradas ao longo do percurso que se inicia no distrito de Icoaracy e vai até o bairro de São Brás, onde um terminal de integração fará a distribuição dos passageiros para os vários bairros da capital. Atualmente o projeto encontra-se em sua 2ª fase, com a construção do canteiro central na Avenida Augusto Montenegro. A 1ª fase, da Avenida Almirante Barroso, já foi concluída, assim como o Complexo Viário do Entroncamento. As estações de parada foram previstas para oferecerem conforto ao usuário durante a espera do veículo de locomoção. As mesmas estão ilustradas nas Figuras 8 e 9.



Figura 8. Projeto da estação do BRT Belém (Silva et al., 2018)



Figura 9. Terminal de integração mangueirão (Silva et al., 2018)

4.4 Estudos do tráfego

- **BRT Fortaleza**

Os Estudos de Tráfego do BRT Fortaleza foram desenvolvidos de acordo com as *Instruções de Serviço para Estudos de Tráfego de Rodovias (IS-01)* do Manual de Serviços para Estudos e Projetos Rodoviários do DER/CE. Como a obra refere-se a 02 (dois) segmentos viários urbanos existentes em Fortaleza, formado pelas Avenidas José Bastos e Eduardo Girão, foi utilizada como parâmetro, uma pesquisa volumétrica classificatória de tráfego realizada pela projetista em um posto móvel instalado no cruzamento formado pelas Avenidas Raul Barbosa e Murilo Borges, com o objetivo único de realizar a contagem de veículos de passageiros e de carga; caminhões, cujos valores são empregados para dimensionamento do pavimento.

Para o cálculo do Volume Médio Diário (VMD), foram utilizadas as taxas de expansão de tráfego do Trecho: **CE-187 / Tianguá – Ubajara**, determinadas pela publicação “Estudo de Tráfego e Cálculo do Número N”, elaborada pela CSL – Consultoria de Engenharia e Economia Ltda., de 2008, e que embora não possua tanta semelhança com as características do trecho projetado, apresenta um alto percentual de expansão para o fluxo de caminhões, que é o fator preponderante para o estudo. O cálculo do VMD Anual e os Fatores de Expansão utilizados são apresentados a seguir na Tabela 2:

Tabela 2. Fatores de expansão utilizados

Auto	Ônibus	Caminhão		
		Simples	Duplo	Reboque e Semi
1,058	0,938	0,946	0,928	0,973

O VMD calculado para o trecho foi o seguinte, apresentado na tabela 3:

Tabela 3. VMD 2013 – ônibus e caminhões

Obra	Ano	Auto		Ônibus		CM CS		CM CD	CM SR	Total
		P/M	Grande	2C	3C	Leve	Médio	Pesado	nSi	
Cruzamento Av. Raul Barbosa - Av. Murilo Borges	2013	-	-	666	-	-	396	799	917	2778

Conforme análise da pesquisa volumétrica de campo observa-se que o tráfego resultante apresenta um alto índice de veículos pesados (666 ônibus e 2.112 caminhões), que influem diretamente no cálculo do Número “N”.

Como o tráfego obtido apresentou um valor superior ao observado no trecho projetado, foi utilizado somente um valor percentual deste fluxo. O Número de Repetições do Eixo Simples Padrão “N” foi calculado utilizando a Equação 1:

$$N = 365 \cdot k \cdot \sum (V_{m_i} \cdot FV_i) \quad (1)$$

Onde:

- k → fator de carregamento para a faixa de projeto
- pista simples → 0,5 = 50 % do tráfego em cada faixa
- pista dupla → 0,4 = 80 % de 0,5 em cada faixa
- Vmi → volume médio diário de cada tipo de veículo
- FVi → fator de veículo de cada tipo de veículo

A estimativa do volume médio diário foi feita para um período de 10 anos, como pode ser observado na Tabela 4, revelando um volume final de 3.153 veículos por dia.

Tabela 4. Cálculo do volume médio diário

Tipo de Veículo	Auto		Ônibus		MC CS		CM CD	CM CR	Total
	P/M	Grande	2C	3C	Leve	Médio	Pesado	nSi	
VMD p/ P=10 anos	-	-	756	-	-	449	907	1.041	3.153

- **BRT Belém**

O Terminal de Integração Mangueirão receberá linhas troncais que fazem a interligação com o centro de Belém e outros terminais e linhas alimentadoras, que interligam o terminal aos bairros próximos. As linhas troncais acessarão o terminal pela Avenida Augusto Monte Negro enquanto que as linhas alimentadoras farão o acesso por uma entrada a ser construída do lado oposto conforme Figura 10.

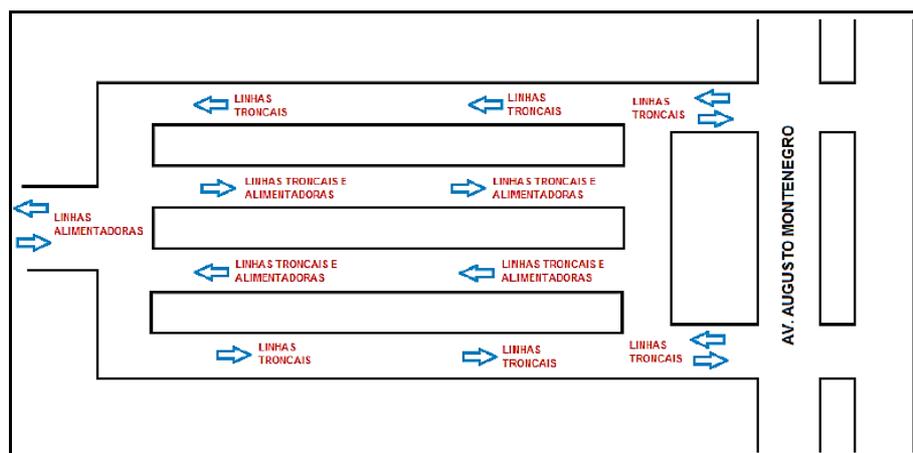


Figura 10. Esquema de circulação interna do terminal (SEURB, 2015)

Observa-se que as baias centrais recebem tanto linhas troncais como alimentadoras, porém elas não dividem a mesma faixa, já que a largura dessas vias é de 14,0 m, ou seja, amplamente largas para que as diferentes linhas trafeguem em faixas diferentes. As regiões mais críticas são as vias perpendiculares às baias, especialmente próximo das entradas, onde o fluxo de troncais e alimentadoras pode dividir o mesmo espaço. A região próxima das



entradas também tem o agravante de ser um local em que os ônibus realizam manobras de conversão, de acelerações e frenagens, o que acarreta um dano maior ao pavimento.

O fluxo do tráfego característico total foi calculado da seguinte forma:

Linhas Alimentadoras = 1.191 viagens/dia

Linhas Troncais e Integradas = 1.259 viagens /dia

Fluxo Total = $1191 + 0,7 * 1259 = 2.072$ veículos/dia.

A maioria das linhas que operam no terminal é atendida por ônibus convencionais tipo padrão de 12 metros. Apenas as linhas com destino ao centro operam com ônibus articulados. A partir destes dados foi estimado que a frota que circulará no terminal é composta por 70% de ônibus convencionais e 30% de ônibus articulados, sendo a distribuição dos eixos por tipo de veículo visto na Tabela 5.

Tabela 5. Distribuição de veículos por eixo

Tipo de veículo	Distribuição	Eixo dianteiro	Eixo traseiro		2º Eixo traseiro	
			Simples	Duplo	Simples	Duplo
Simples	70%	100%	70%	30%	-	-
Articulados	30%	100%	100%	-	70%	30%

* ERS - Eixo Simples rodas Simples, ESRD - Eixo Simples Roda Dupla, ETS - Eixo Tandem Duplo.

O tráfego total de eixos simples, duplos e triplos trafegando no terminal durante todo o período de projeto usou uma taxa de crescimento linear de 2% ao ano e teve como parâmetro o fluxo inicial de 2.072 veículos/dia no ano de abertura. Na Tabela 6 pode verificar a comparação do volume diário de tráfego das duas obras.

Tabela 6. Tabela com comparativo dos estudos de tráfego

ESTUDO DO TRÁFEGO	
Fortaleza - CE	Belém - PA
Volume médio diário	
3153 Veículos.	2072 Veículos.

Como pode ser observado na Tabela 6, o volume de tráfego do BRT de Fortaleza apresenta um percentual de (34,28%) mais elevado que o BRT da cidade de Belém – PA.

4.5 Pavimentação

- **BRT Fortaleza**

Na execução dos serviços de pavimentação do BRT Fortaleza foram atendidas as especificações adotadas pelo DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes e DERCE – Departamento de Edificações, Transporte do Ceará, relacionadas a seguir:



- ✓ DNIT – ES - P - 299 - (1997) - Regularização do subleito.
- ✓ DNIT – ES - P - 301 - (1997) - Base estabilizada granulometricamente.

A sequência executiva do serviço de pavimentação, constante no memorial descritivo da obra do BRT fortaleza, é descrita a seguir:

- **Regularização e compactação do subleito:** Os cortes e aterros, além de 20 cm máximos serão executados de acordo com as especificações de terraplenagem. Não será permitida a execução dos serviços destas Especificações em dias de chuva, os materiais empregados na regularização do subleito, serão os do próprio leito. Será controlado o valor mínimo para os valores de ISC (Índice de Suporte Califórnia) e grau de compactação (GC)100%.
- **Sub-Base:** Camada de pavimentação em solo estabilizado ou natural, executada sobre o subleito devidamente compactado e regularizado, com CBR mínimo de 20% (vinte). A execução da sub-base compreende as operações de mistura e pulverização, umedecimento ou secagem dos materiais, em usina ou na pista, seguidas de espalhamento, compactação e acabamento, realizadas na pista devidamente preparada, na largura desejada, nas quantidades que permitam, após a compactação, atingir a espessura projetada. Será controlado o valor mínimo para os valores de ISC do projeto e Grau de Compactação, GC 100%. A base será medida em metros cúbicos (m³) de material compactado na pista, conforme a seção transversal do projeto.
- **Base (brita graduada):** Para base está sendo indicado brita graduada simples (BGS) com CBR \geq 80% e atender as especificações DNIT DNER 301 (1997) - Base Estabilizada Granulometricamente). A comprovação da qualidade dos materiais deverá ser feita através dos seguintes ensaios: granulometria por peneiramento; limites de liquidez, limites de plasticidade; compactação – proctor modificado; ISC (Índice de Suporte Califórnia).
- **Imprimação:** Na execução de imprimação deverão ser observadas as recomendações constantes da especificação DNER-ES 306 (1997) (imprimação). A execução da imprimação consiste no fornecimento e aplicação de uma camada de material betuminoso sobre a superfície de uma base concluída, antes da execução de um revestimento betuminoso qualquer. Essa camada visa conferir coesão superficial, impermeabilizar e permitir condições de aderência entre a base e o revestimento a ser executado. Não será permitida a execução desse serviço em dias chuvosos. O material betuminoso empregado na imprimação será um asfalto diluído do tipo CM-30, o qual deverá atender à especificação DNER-EM 363 (1997) (asfalto diluído tipo cura média).
- **Revestimento CBUQ:** Na execução de concreto betuminoso usinado a quente deverão ser observadas as recomendações constantes da especificação DNER-ES 313 (1997) (concreto betuminoso). A execução de concreto betuminoso usinado a quente compreende o fornecimento, carga, transporte, descarga, espalhamento e compressão a quente de uma mistura executada a quente, em usina apropriada, de agregado mineral graduado, material de enchimento (filler) e cimento asfáltico. Essa mistura é utilizada como revestimento do pavimento. Não é permitida a execução desse serviço em dias chuvosos. Os materiais constituintes das misturas de concreto betuminoso classificam-se em: agregado graúdo, agregado miúdo, material de enchimento e ligante betuminoso. O agregado graúdo, constituído por pedra britada, deve apresentar as seguintes características: fragmentos são, duráveis, livres de torrões de argila, matérias orgânicas ou outras substâncias prejudiciais. Desgaste, medido pelo ensaio

Los Angeles, inferior a 50% (cinquenta por cento). Perda inferior a 12% (doze por cento), quando submetido a ensaio de durabilidade DNER ME 089 (1994). Índice de forma superior a 0,5 DNER ME 086 (1994). O agregado miúdo pode ser constituído de areia, pó de pedra ou mistura de ambos. Suas partículas individuais deverão ser resistentes, apresentar moderada angulosidade e estarem isentas de torrões de argila e outras substâncias nocivas.

A Figura 11 (a) demonstra como é feita a regularização e compactação do subleito, a 11 (b) mostra como é executada a sub-base no solo estabilizado, a 11 (c) indica a preparação da base em brita graduada, enquanto a 11 (d) demonstra a como é feita a imprimação e a 11 (e) apresenta a execução do pavimento CBUQ.



Figura 11. Sequência executiva da pavimentação do BRT Fortaleza (Silva et al., 2018).

- **BRT Belém**

O BRT Belém utilizou o pavimento rígido de concreto. Na Figura 12 são apresentadas as fases de execução do pavimento rígido da obra, passando pelo serviço de compactação da camada granular (Figura 12a), compactação da camada de sub-base (Figura 12b), imprimação (Figura 12c) e instalação das telas de retração e barras de transferência (Figura 12d), posteriormente foi realizada a concretagem do pavimento como pode ser observado na Figura 13.

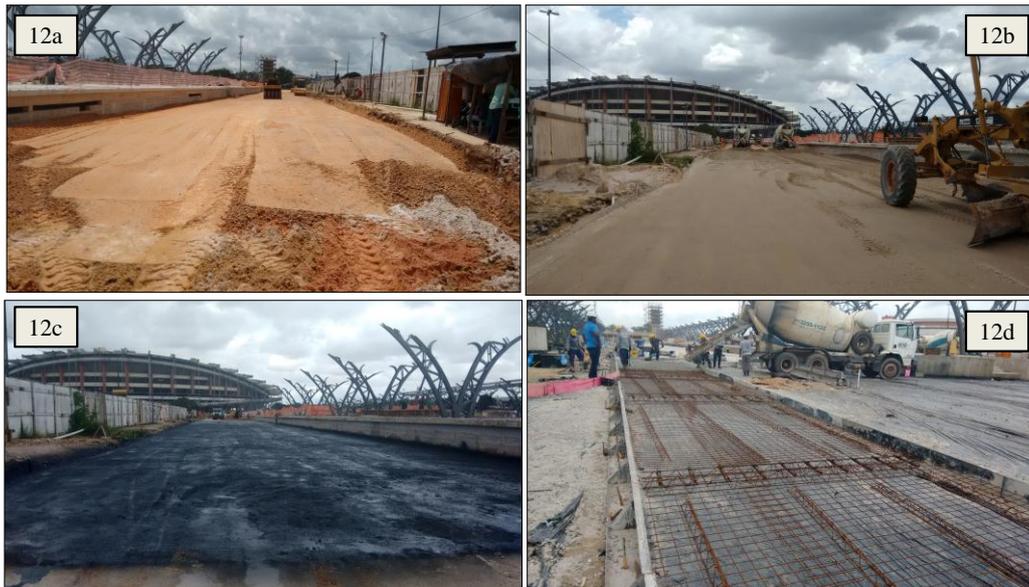


Figura 12. Etapas de execução do pavimento rígido do Terminal Mangueirão (Silva et al., 2018)



Figura 13. Concretagem do pavimento (Silva et al., 2018)



Figura 14. Etapas de execução do pavimento rígido (Silva et al., 2018)

Na Figura 14 são apresentadas as fases de execução da cura úmida (Figura 14 a) do pavimento rígido e confecção das juntas de dilatação (Figura 14 b) deste pavimento. Na Tabela 7 é feita a análise comparativa entre a seqüência executiva dos serviços de pavimentação das duas obras (BRT Belém e BRT Fortaleza).

Tabela 7. Sequência executiva

SEQUÊNCIA EXECUTIVA	
Fortaleza - CE	Belém - PA
1 - Terraplanagem;	1- Terraplanagem;
2 - Execução de Sub-Base;	2 - Execução de Sub-Base;
3 - Execução da Base em solo brita;	3 - Compactação da camada granular;
4 - Imprimação;	4 - Compactação da camada de sub-base;
5 - Camada intermediária tipo Binder em pré-misturado a quente;	5 - Imprimação;
6 - Pintura de ligação;	6 - Colocação das telas de retração e barras de transferência;
7 - Revestimento da pista e faixas de segurança em CBUQ.	7 - Concretagem;
-	8 - Execução da cura úmida;
-	9 - Confecção das juntas de dilatação.

Como é possível verificar na Tabela 7, o pavimento rígido do BRT Belém apresenta certa desvantagem em relação ao pavimento flexível do BRT Fortaleza, por apresentar um maior número de fases de execução.

4.5.1 Estrutura final dos pavimentos

Na Figura 15 estão representadas as espessuras das camadas finais do pavimento rígido do BRT Belém e flexível do BRT Fortaleza.

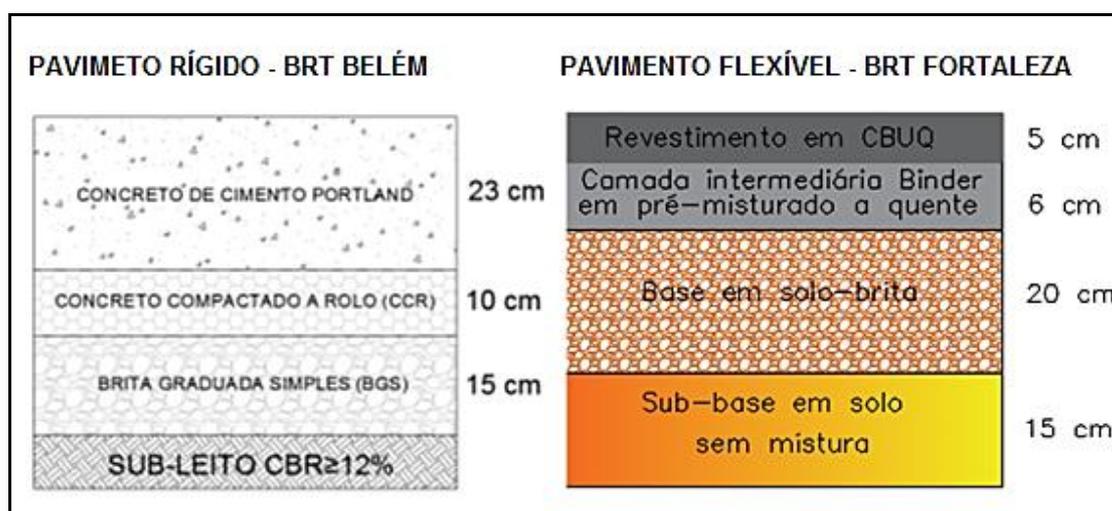


Figura 15. Estrutura esquemática do pavimento rígido e flexível (Silva et al., 2018).



A Tabela 8 apresenta as características da estrutura final dos pavimentos utilizados nas obras. O pavimento flexível do BRT Fortaleza apresenta uma estrutura final com espessura de 46 cm, enquanto que o pavimento rígido do BRT Belém apresenta uma estrutura final com 56 cm.

Tabela 8. Estrutura final dos pavimentos

ESTRUTURA FINAL DOS PAVIMENTOS	
Fortaleza - CE	Belém - PA
Revestimento em CBUQ = 5,0 cm;	Concreto de cimento Portland = 23 cm;
Camada intermediária tipo Binder em pré-misturado a quente = 6,0 cm;	Concreto Compactado a Rolo (CCR) = 10 cm;
Base em solo-brita com 50 % de brita ¾" corrida = 20 cm;	Brita Graduada Simples (BGS) = 15 cm;
Sub-base em solo sem mistura = 15 cm.	Subleito CBR ≥ 12%

4.6 Análise comparativa entre o pavimento flexível e pavimento rígido

A partir dos dados levantados e das referências estudadas sobre pavimentos rígidos e flexíveis, foi possível realizar uma análise comparativa entre os dois tipos de pavimentos através das particularidades de cada um deles.

➤ Quanto à estrutura

Segundo Neto (2011) devido à maior interação entre as camadas do pavimento, a estrutura necessária para a construção de um pavimento flexível se mostra mais complexa do que a estrutura do pavimento de concreto. No entanto, a metodologia construtiva do pavimento de concreto se mostra mais complexa do que a do pavimento flexível.

É válido ressaltar que a camada de maior importância para ambos os tipos de pavimento é o subleito, que suportará as cargas de solicitação do tráfego. Os pavimentos rígidos dispersam estas solicitações de forma mais ampla, exigindo menos de sua camada de fundação, o que propicia à dispensa do uso da camada de reforço de subleito, utilizada nos pavimentos flexíveis. Dessa forma, os pavimentos flexíveis seriam mais indicados para solos com maior resistência, que não necessitem de reforço nas camadas de subleito, tornando-o mais simples sua execução (NETO, 2011).

➤ Quanto aos materiais

O aglomerante betuminoso é o diferencial para o pavimento flexível, sendo o responsável por fazer a ligação entre os agregados, trata-se de um material derivado do petróleo que possui reservas finitas na natureza. O cimento Portland, apesar de ser utilizado também como aglomerante hidráulico em pavimentos flexíveis é o principal componente do pavimento de concreto, dentre os materiais que se diferenciam dos utilizados no pavimento flexível estão os selantes de juntas, aços e a própria água que é adicionada a sua mistura, o maior número de materiais torna mais complexo o controle de qualidade do pavimento de concreto (NETO, 2011).



➤ Quanto ao dimensionamento

Independentemente do tipo de pavimento adotado, o dimensionamento busca o mesmo resultado, sendo que, ambos utilizam os mesmos aspectos solicitantes, como a carga de tráfego e a resistência do solo local e somente com base nestes dados é que serão calculadas as espessuras das camadas do pavimento, seja ele flexível ou rígido (NETO, 2011). Neste estudo em questão foi verificado que a espessura final do pavimento flexível do BRT Fortaleza apresentou uma estrutura final com uma redução da espessura de 10 cm em relação ao pavimento rígido do BRT Belém.

➤ Quanto ao desempenho

O pavimento de concreto é tido como mais durável e seguro, além de proporcionar maior economia de combustível e iluminação pública, seus benefícios proporcionam um menor custo operacional para os veículos, além de um menor índice de acidentes, quando comparado ao pavimento flexível. Percebe-se que o pavimento asfáltico tem menor custo de construção nas situações de menor tráfego comercial, e que à medida que os volumes de tráfego aumentam essa situação se inverte e o pavimento de concreto torna-se então a melhor alternativa. Os pavimentos de concreto têm grande durabilidade e exigem menos manutenção, sendo indicados como solução ideal para vias públicas e rodovias submetidas ao tráfego intenso. É um pavimento mais resistente a intempéries, que não oxida, não sofre deformação plástica, não forma trilhos de rodas, nem buracos, patologias geralmente encontradas em pavimentos flexíveis (CARVALHO, 2007). Na Tabela 9 são apresentadas as principais características dos pavimentos rígidos e flexíveis.

Tabela 9. Comparativo entre pavimento rígido e flexível

PAVIMENTOS RÍGIDOS	PAVIMENTOS FLEXÍVEIS
Estruturas mais delgada de pavimento;	Espessuras mais espessas (requer maior escavação e movimentação de terra) e camadas múltiplas;
Resistentes a ataques químicos;	É fortemente afetado por produtos químicos;
Maior distancia de visibilidade horizontal;	A visibilidade é bastante reduzida durante a noite
Pequena necessidade de manutenção e conservação;	Maior necessidade de manutenções e conservações;
Falta de aderência das demarcações viárias devido a porosidade;	Melhor aderência das demarcações viárias;
Vida útil mínima de 20 anos;	Vida útil máxima de 10 anos;
Maior segurança à derrapagem.	A superfície é muito escorregadia quando molhada.
De coloração clara, tem melhor difusão da luz. Permite até 30% de economia nas despesas de iluminação da via;	De cor escura, tem baixa reflexão de luz. Maiores gastos com iluminação;
O concreto é feito com materiais locais, a mistura é feita a frio e a energia consumida é a elétrica;	O asfalto é derivado do petróleo importado, misturado normalmente a quente, consome óleo combustível;
Melhores características de drenagem superficial: escoamento melhor a água superficial;	Absorve a umidade com rapidez e, por sua textura superficial, retém a água, o que requer maiores caimentos;
Mantêm íntegra a camada de rolamento, não sendo afetada por intempéries.	Altas temperaturas ou chuvas abundantes produzem degradação.

➤ **Quanto à visibilidade e absorção de calor**

A (Figura 16 a) mostra a visibilidade por reflexão de motorista em um pavimento de concreto, enquanto que a (Figura 16 b) representa a visibilidade em um pavimento flexível. É possível verificar que o pavimento rígido apresenta uma melhor visibilidade quando comparado ao pavimento asfáltico.

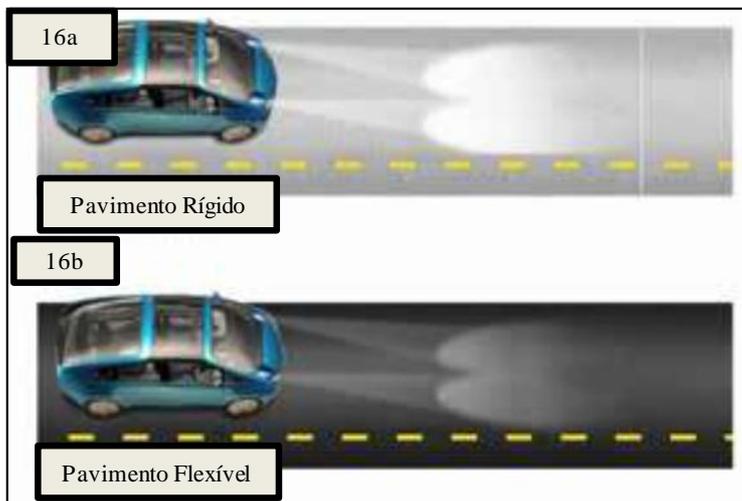


Figura 16. Comparativo do nível de visibilidade (Moschetti, 2015)



Figura 17. Comparativo da economia de energia elétrica (Moschetti, 2015)

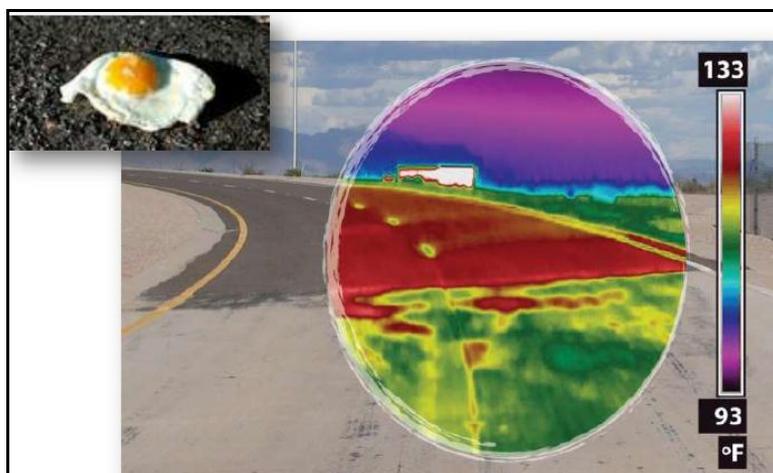


Figura 18. Comparativo da absorção de calor (Moschetti, 2015)



A (Figura 17 a) apresenta o nível de iluminação necessário para pavimentos de concreto, que é bem inferior ao necessário para o pavimento flexível em (Figura 17 b). A Figura 18 apresenta um comparativo da absorção de calor entre o pavimento rígido e um pavimento asfáltico, como é possível observar a absorção de calor é bem maior no pavimento asfáltico.

5. Conclusões

Um sistema de transporte possui grande relevância para o desenvolvimento socioeconômico de um país, por isso é cada vez mais importante ter sistemas integrados e articulados que venham realizar de forma eficiente o transporte da grande demanda de passageiros que existe atualmente. Neste contexto, surgiram os sistemas de transportes coletivos integrados chamados BRT.

No entanto, para que este modal funcione de maneira eficiente é necessário que existam vias com pavimentação adequada para garantir conforto e segurança aos usuários e motoristas durante a locomoção do veículo. Por isso, o presente trabalho buscou identificar como foram realizadas as etapas construtivas do pavimento rígido do BRT Belém – PA e flexível do BRT Fortaleza- CE, a fim de verificar as principais especificidades de cada um.

A partir dos dados obtidos foi possível comparar as principais características do pavimento utilizado nos dois BRTS's. Em relação à questão estrutural, o pavimento flexível do BRT fortaleza apresenta uma maior demanda de estrutura física para sua construção, no entanto, a metodologia construtiva do pavimento de concreto do BRT Belém se mostra mais complexa. No que diz respeito aos materiais, a principal diferença se dá pelo emprego do aglomerante betuminoso para o pavimento flexível, enquanto que no rígido é utilizado a cimento Portland. Observou-se que a espessura final do pavimento flexível do BRT Fortaleza apresentou uma estrutura final com uma redução de espessura de 10 cm em relação ao pavimento rígido do BRT Belém.

Verificou-se que o pavimento de concreto demanda um maior custo de implantação, no entanto, pode ser considerado mais seguro e durável, demandando um menor custo para sua manutenção e operação, por outro lado, o pavimento flexível possui um menor custo para construção. O pavimento rígido geralmente costuma apresentar maior resistência à ação de agentes agressivos, mantendo assim sua integridade por mais tempo, sendo que o pavimento flexível é mais propenso ao aparecimento de patologias.

Conclui-se desta forma, que a escolha pelo pavimento de concreto executado no BRT em Belém é mais viável, dependendo do tipo de via em que será empregado, no caso de um sistema BRT, que demanda grande circulação de veículos, este tipo de pavimento pode apresentar um melhor custo benefício quando comparado ao flexível.

6. Referências

Almeida, C. F. R. de. (2014) "Infraestrutura Viária: *Bus Rapid Transit* 1º Anel Expresso no Município de Fortaleza – CE", Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Fortaleza, Fortaleza - CE.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7207 (2011) "Terminologia e Classificação de Pavimentação", Rio de Janeiro.



Balbo, J. T. (2009) "Pavimentos de Concreto", São Paulo: Oficina de Textos.

Balbo, T. J. (2011) "Pavimentação Asfáltica", 2ª ed., Oficina de Textos.

Bernucci, et al., (2007) "Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros", Rio de Janeiro: Petrobras: Abeda.

Bianchi, F. R. (2008) "Estudo Comparativo Entre Pavimento Rígido e Flexível", Dissertação de Mestrado - Associação de Ensino Superior Unificado do Centro Leste, São Paulo.

Branco, S. P. V. M. (2013) "Estudo e aplicação de sistemas BRT- *Bus Rapid Transit*", Dissertação de Mestrado - Universidade do Porto- Portugal.

BRTdata. (2017) "Observatório Centro de Excelência BRT", www.brtdata.org, Outubro.

Carneiro, L. A. V. (2014) "Pavimentos de Concreto: Histórico, Tipos e Modelos de Fadiga", Artigo Científico In: Seção de Engenharia de Fortificação e Construção, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro.

Carvalho, M. D. (2007) "Pavimento de Concreto: reduzindo o custo social", http://www.abcp.org.br/sala_de_imprensa/arquivos_arquivos_pdf/pav_artigo2007.pdf. Outubro.

Cunha, P. F. da. (2013) "Dimensionamento e análise numérica de pisos industriais de concreto", Dissertação de Mestrado - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTES – DNIT – DNER EM IP-DE-POO/003 (2006) "Avaliação funcional e estrutural do pavimento", Rio de Janeiro.

Lindau, et al., (2013) "Curitiba, the cradle of Bus Rapid Transit", In: Built Environment, Oxfordshire, v. 36, n. 3, p. 274-283.

Marques, G. B. (2014) "Análise de pavimento flexível: estudo de um trecho crítico na rodovia ERS-421", Trabalho de Conclusão de Curso – UNIVATES, Lajeado.

Medina, J. (1997) "Mecânica dos pavimentos", Editora UFRJ, Rio de Janeiro.

Neto, G. L. G. (2011) "Estudo Comparativo Entre a Pavimentação Flexível e Rígida", Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade da Amazônia, Belém - PA.

Pacheco, H. M. (2011) "Avaliação de patologias em pavimentos rodoviários e suas soluções corretivas", Projeto Final, Publicação ENC. PF-140/2011, Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Goiás, Anápolis - GO, 2011.

Pinto, S. e Preussler, E. (2002) "Pavimentação Rodoviária: conceitos fundamentais sobre pavimentos flexíveis", 2ª ed., Rio de Janeiro - RJ.



Pitta, M. R. (1998) "Projeto de sub-bases para pavimentos de concreto – ET 29", Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), São Paulo.

Santana, H. (1993) "Manual de pré-misturado a frio. IBP", Rio de Janeiro: Comissão de Asfalto.

Senço, W. de. (2001) "Manual de Técnicas de Pavimentação", Editora PINI, 1ª ed., v.2, São Paulo.

Senço, W. (2008) "Manual de Técnicas de Pavimentação", Editora PINI, 2ª ed., São Paulo.

Silva, P. F. (2008) "Manual de Patologia e Manutenção de Pavimentos", Editora PINI, 2ª ed., v1, São Paulo.

Wright, L. e Hook W. (2007) "Bus Rapid Transit Planning Guide", 3ª ed., Institute for Transport and Development Policy, New York.

Manual de BRT (2008) "Guia de Planejamento", Ministério das Cidades, Brasília, Brasil.