

AVALIAÇÃO DAS PLACAS DE CCP DOS CORREDORES DE ÔNIBUS DE ANÁPOLIS EM FUNÇÃO DA SUA EXTENSÃO

**Matheus Silva Oliveira
Claudia Azevedo Pereira
Christiane Rosa de Paiva**

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Goiás – IFG

RESUMO

A lei N° 12.587/12 de mobilidade urbana em vigor, tem por objetivo garantir a melhoria de acessibilidade, e trafegabilidade, bem como integrar os modos de transportes. Assim, as cidades com população superior a 20 mil habitantes, tiveram que se adequar ao plano de mobilidade urbana buscando mitigar problemas operacionais, e funcionais em nível de rede de transporte. Assim, a cidade de Anápolis, em Goiás, elaborou seu plano com a implantação de corredores de ônibus nas principais avenidas do município. Nestes corredores houve a substituição do pavimento flexível por placas de CCP (Concreto de Cimento Portland), nas paradas de embarque e desembarque, em razão dos eventos de frenagem e aceleração. Logo este trabalho visa estudar a distância de parada nesses locais em função da velocidade da via, para avaliar se a extensão destas placas será suficiente ao que se propõe e monitorar o pavimento frente as possíveis patologias que podem ocorrer.

PALAVRAS-CHAVE: Pavimentos, Placas de CCP, Gerência, Corredores.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos com o crescimento acelerado das cidades, atrelado ao constante aumento populacional e o da frota de automóveis no país, pôde-se observar que várias cidades não possuíam um planejamento urbano adequado, assim, o ministério das cidades percebeu a necessidade de uma política que tratasse da mobilidade urbana dentro dos municípios. Com isso em 03 de janeiro de 2012 passou a vigorar a Lei N° 12.587, que trata da Política Nacional de Mobilidade Urbana, e torna-se obrigatório a elaboração de um Plano de Mobilidade, em cidades com mais de 20 mil habitantes, o que antes era exigido apenas para cidades com densidade populacional acima de 500 mil habitantes.

Mediante essa nova determinação do ministério das cidades, o município de Anápolis iniciou o seu plano de mobilidade urbana cujo objetivo seria uma maior fluidez do tráfego de veículos e pessoas na cidade com a modificação de diversos aspectos no cenário urbano, dentre eles a construção de obras de arte e corredores de ônibus.

A cidade de Anápolis está localizada na parte central do Brasil, no entroncamento de diversas rodovias que permitem a ligação entre as regiões do país, desta forma, a cidade é considerada um importante polo logístico. A cidade conta com o 3° maior PIB do estado e está em constante crescimento socioeconômico, com a implantação de diversas obras de infraestrutura tais como o aeroporto de carga para aeronaves de grande porte e a ferrovia Norte-Sul. Assim, a região de Anápolis passa a servir de apoio estratégico do eixo Brasília-Goiânia. Com isto, a cidade vem apresentando um crescimento acelerado acarretando um grave problema, a ausência de mobilidade.

Para o cumprimento da política de mobilidade foi elaborado em 2015 o plano de mobilidade urbana de Anápolis, cujas modificações e alterações de maior impacto seriam a criação de seis corredores de ônibus em vias arteriais e de trânsito rápido, e a construção de duas obras de arte urbana, do tipo viadutos, na principal avenida do município, que liga a cidade de norte a sul dentro do seu perímetro.

Uma vez iniciada as obras de implantação, começaram os questionamentos se as modificações

realizadas e planejadas de fato teriam funcionalidade e atenderiam ao fim que se propunham. Nos corredores de ônibus houve a implantação de placas de CCP nas paradas de embarque e desembarque em função dos problemas que podem ser gerados nos pavimentos devido as solicitações que estes veículos podem ocasionar, principalmente referente a sua aceleração e desaceleração. Contudo, existe o questionamento se estas placas de CCP seriam suficientes para a operação de aceleração e desaceleração, principalmente se forem observados aspectos de que a velocidade da via local e a taxa de frenagem e aceleração que nem sempre são suaves nas operações de parada e saída de ônibus.

Desta forma, busca-se fazer uma análise da extensão dessas placas de CCP, nas paradas de embarque e desembarque, a fim de conhecer as diretrizes de dimensionamento nesses pontos específicos, além de se fazer uma relação entre as possíveis patologias que podem incidir no pavimento flexível em função deste tipo de operação e da possível insuficiência na dimensão das placas.

2. OBJETIVO

O objetivo dessa pesquisa é realizar um estudo da dimensão das placas de CCP nos pontos de embarque e desembarque de seis corredores de ônibus, em função da taxa de frenagem onde estão sendo feitas alterações, buscando-se então analisar a distância de frenagem percorrida pelos ônibus em função da velocidade incidente na via, de modo a avaliar se os comprimentos dessas placas serão realmente suficientes para o que se destina.

Portanto, pretende-se calcular a distância de parada nessas estruturas, adotando-se a situação mais crítica, ou seja, quando o pavimento está molhado e se tem o menor atrito e aderência pneu pavimento, onde irá automaticamente ocasionar uma distância de frenagem maior, e assim monitorar o pavimento e prever quais as possíveis patologias que podem incidir nessas estruturas e, principalmente, no pavimento flexível devido a movimentação das placas e funcionalidade da estrutura rígida.

3. MÉTODO

O método escolhido neste trabalho será a adoção de conhecimentos da física cinética aplicada ao projeto de vias, na constatação das distâncias de visibilidade e parada; assim, busca-se fazer um estudo da literatura a respeito destes cálculos e aplicá-los na situação real dos corredores de ônibus de Anápolis.

Deste modo, em função da velocidade permitida da via nos seis corredores de ônibus, pretende-se determinar, se uma vez iniciado o procedimento de frenagem, as extensões das placas serão suficientes para que o veículo consiga parar sem que exerça esforço pontual no pavimento flexível, de modo a utilizar potencialmente as placas de CCP. Também serão analisadas as possíveis patologias que podem surgir no pavimento, em função da insuficiência na extensão destas placas, ao longo da sua vida útil.

3.1. DESIGNAÇÃO DO PROJETO E EIXO DE ESTUDO

Corredores

O plano de Mobilidade da cidade de Anápolis contempla a implantação de seis corredores de ônibus, com abrangência nas vias de maior fluxo e de acesso aos principais pontos da cidade de Anápolis, sendo as avenidas Brasil Norte, Brasil Sul - DAIA, Universitária, São Francisco - JK, Fernando Costa - Presidente Kennedy e Pedro Ludovico, conforme figura 1.



Figura 1- Mapa com delimitação dos corredores de ônibus de Anápolis-GO. Fonte: Prefeitura Municipal de Anápolis- ACIA 2015.

Logo, serão abordados como estudo de caso os seis corredores, visto que estes operam em faixas duplas cujas velocidades nas diversas vias diferem de acordo com sua classificação, sendo:

- Avenida Brasil Sul- DAIA com operação em 60km/h;
- Avenida Brasil Norte com operação em 60km/h;
- Avenida Pedro Ludovico com operação em 60km/h;
- Avenida São Francisco-JK com operação em 40 km/h;
- Avenida Fernando Costa- Presidente Kennedy com operação em 40km/h;
- E, avenida Universitária com operação em 40 km/h.

Estes corredores estão em constante operação recebendo um grande número de linhas de transporte coletivo no decorrer do dia.

3.2. Dimensionamento das placas de CCP

Para a execução das placas de CCP retira-se o pavimento flexível, ou seja, as camadas de revestimento, base e sub-base do pavimento ali existente, de modo a alocar nas paradas de embarque e desembarque uma estrutura rígida, com finalidade de trabalhar melhor frente às maiores solicitações de aceleração e desaceleração nestes pontos.

Para a construção das placas de CCP foram feitas análises do tipo de densidade *in situ* com emprego do frasco de areia normalizado pela NBR 7185-1986, a fim de calcular a massa específica aparente seca e, conseqüentemente, o grau de compactação do solo do subleito, em todas as paradas de embarque e desembarque dos corredores, bem como também análise de obtenção do CBR destes trechos.

Após todas as análises e de posse dos dados, houve a definição de uma metodologia de cálculo e dimensionamento das placas de CCP, baseado na método do PCA, cuja estratificação do perfil considerado mais adequado ao cenário destes corredores, era composta pela compactação do subleito, posteriormente um reforço do subleito com material granular depois uma camada de

base com BGTC com reforço de geotêxtil, e então a confecção das lajes armadas de concreto de 32 MPa, estando as camadas da estrutura com espessura de 47 cm de profundidade, conforme figura 2.



Figura 2- Confecção das placas de CCP. Fonte: Autor 2018.

A geometria das placas dimensionadas, compõe-se de uma configuração cuja finalidade é de receber as solicitações impostas pela ação do tráfego corriqueiramente, e ser capaz de suportar os esforços que são gerados no pavimento, devido a aceleração e desaceleração, de modo que a estrutura seja capaz de resistir a esses esforços com a menor deformação possível.

Os corredores foram padronizados e a geometria dessas placas apresentam uma extensão total de 35 metros e largura de 3,20 metros, estando cada placa cerrada a 5 metros lineares para corredores com velocidade permitida de 40km/h, e para os que operam a 60km/h tem se a estrutura com extensão total de 55 metros, e largura de 3,20, estando cada junta de dilatação a 5 metros lineares, conforme mostra figura 3.



Figura 3- Geometria e extensão das placas de CCP. Fonte: Autor 2018.

3.3. Distância de Visibilidade de Parada

Pontes Filho (1998) define a distância de visibilidade de parada como sendo a distância que

determinado veículo percorre, desde a percepção de um obstáculo, até a completa parada deste veículo. Tomados uma parcela de tempo de percepção e reação, como sendo o percurso percorrido pelo motorista no momento em que ele vê o obstáculo, e o instante em que o mesmo inicia a frenagem, e outra parcela atribuída a distância percorrida pelo veículo durante a frenagem, conforme figura 4.

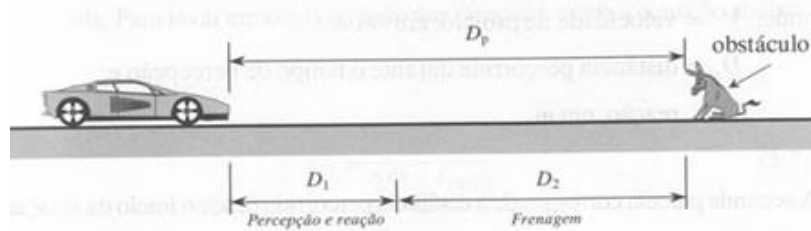


Figura 4- Esquematização da distância de parada. Fonte: PONTES FILHO 1998.

De acordo com Pontes Filho (1998), a AASHTO recomenda que deve se atribuir um tempo de percepção e reação, que são, o equivalente a 1,5 segundos para percepção de um obstáculo e 1,0 segundo para a reação e procedimento de frenagem, resultando em um tempo total de percepção e reação em 2,5 segundos. Sendo essa parcela calculada pela seguinte equação 1:

$$D1 = v \left(\frac{m}{s} \right) \cdot t$$

$$D1 = v \left(\frac{m}{s} \right) \cdot 2,5 \tag{1}$$

v= velocidade em m/s;

D1= distância percorrida entre o tempo de reação e percepção, em metros.

Logo tem se que a operação dos veículos em vias urbanas é regulamentada por fiscalização perante aferição em km/h, sendo necessário a conversão, conforme equação 2:

$$D1 = v \left(\frac{m}{s} \right) \cdot 2,5 = V \frac{km}{h} \cdot 2,5 = 0,7 \cdot V \tag{2}$$

V= velocidade de projeto em km/h;

D1= distância percorrida entre o tempo de reação e percepção, em metros.

Para a o cálculo da parcela percorrida pelo veículo durante a frenagem utiliza se princípios da física, a priori de energia cinética do veículo (Ec) durante a frenagem, onde essa energia é anulada pela força de atrito ao longo da distância de frenagem (τFa), resultando na equação 3:

$$\Delta Ec = \tau Fa \qquad \frac{m \cdot v^2}{2} = P \cdot f \cdot D2 = m \cdot g \cdot f \cdot D2$$

$$D2 = \frac{v^2}{2 \cdot g \cdot f} = D2 = \frac{\left(\frac{V}{3,6} \right)^2}{2 \cdot 9,8 \cdot f}$$

$$D2 = \frac{V^2}{255 \cdot (f+i)} \tag{3}$$

f= coeficiente de atrito longitudinal pneu/pavimento;

i= greide em m/m (ascendente +, descendente -).

Logo tem se que a distância de visibilidade de parada é determinada pela equação 4:

$$Dp = 0,7.V + \frac{v^2}{255.(f+i)} \quad (4)$$

Deve se atentar quanto ao coeficiente de atrito longitudinal, uma vez que este exprime a eficiência do processo de frenagem, eficiência essa que é sazonal quando tem se a superfície do pavimento na condição molhada e seca, como mostra tabela 1.

Tabela 1- Tabela dos coeficientes de atrito longitudinal. Fonte: Fonte: MT/DNER/ IPR (Adaptações do autor 2018).

Velocidade (km/h)	Coeficiente de atrito longitudinal	
	Pavimento seco	Pavimento molhado
40	0,64	0,38
50	0,62	0,36
60	0,60	0,34
70	0,59	0,32
80	0,58	0,31
90	0,57	0,31
100	0,56	0,30
110	0,55	0,30
120	0,54	0,29
130	0,53	0,28

4. RESULTADOS

4.1. CÁLCULO DAS DISTÂNCIAS NOS CORREDORES

Para a estimativa de cálculo buscou-se analisar as duas condições de atrito, tanto quando o pavimento está seco, como também, quando este está em sua pior condição, ou seja, com a superfície do pavimento molhada, sendo calculado a distância para os 6 corredores uma vez que estes operam com VMD e velocidade permitida da via, diferentes.

Realizados os cálculos chegou-se nas seguintes distâncias, explicitadas na tabela 2.

Tabela 2- Tabela das distâncias de parada dos corredores. Fonte: Autor 2018.

Corredor	Velocidade permitida	Distância de parada	
		Pavimento seco (m)	Pavimento molhado (m)
Brasil Sul- DAIA	60	65,53	83,52
Brasil Norte	60	65,53	83,52
Pedro Ludovico	60	65,53	83,52
São Francisco	40	37,65	44,51
Fernando Costa	40	37,65	44,51
Universitária	40	37,65	44,51

Após os cálculos tem-se que as distâncias de paradas para os corredores que operam com velocidade da via em 60 km/h é o equivalente a aproximadamente 66 metros de extensão e já

aqueles que operam com velocidade em 40 km/h, a extensão é de 38 metros, situação essa quando o pavimento estiver seco.

Entretanto quando se projeta, é analisado a situação mais desfavorável, logo as distâncias necessárias para frenagem nos corredores em 60km/h totalizam cerca de 84 metros e os de 40km/h 45 metros de extensão, tomados aspectos do pavimento molhado, o que requer uma extensão maior devido eventos de derrapagem.

4.2. PATOLOGIAS INCIDENTES

A utilização das placas de CCP em substituição ao pavimento flexível nos corredores de ônibus foram pensadas para evitar a aparição de problemas no pavimento flexível, tais como corrugações, formação de trilha de rodas, solevamento da camada asfáltica, dentre outros.

Ao monitorar as placas que já foram feitas e as vias onde o trânsito foi liberado, percebe-se que nas junções entre as placas de CCP e pavimento flexível, as juntas que até então executadas com material flexível, já apresentam danos como o esborcinamento na parte do pavimento de concreto, acompanhadas do escorregamento de material flexível do pavimento. O que causa a formação de ondulações nas extremidades destas placas.

Pode se também notar que começam a surgir outras aparições patológicas nos pavimentos flexíveis, bem como corrugações e solevamento da camada asfáltica, provenientes da movimentação das placas de CCP que se movimentam devido os eventos de frenagem e aceleração dos ônibus, além de grandes trincamentos devido a fadiga do material em função das cargas repetidas do tráfego, podendo-se avançar futuramente e gerar as trincas de bordas que tangenciam a placa de CCP.

Logo observa-se que devido a movimentação das placas de CCP e comprometimento do pavimento flexível, a estrutura rígida também passa a estar sujeita a patologias bem como a aparição de trincas longitudinal e transversal das placas de CCP, problema esse, em função da movimentação térmica ou induzida por umidade da laje de concreto.

5. CONCLUSÃO

Em função dos carregamentos existentes nos corredores de ônibus devido a frenagem e aceleração pontual optou-se por utilizar placas de CCP, contudo, em função de restrições orçamentárias para substituição total do pavimento nos corredores de ônibus foi adotada a solução de substituir o pavimento flexível somente nos pontos de parada dos ônibus. Entretanto, pode-se verificar que a extensão destas placas de CCP deveriam ser melhor analisadas para não se colocar a funcionalidade da estrutura em dúvida.

Pode se então concluir que a extensão das placas de CCP para os corredores das avenidas Brasil sul, Brasil Norte e Pedro Ludovico de certa forma são insuficientes ao fim que se destina, uma vez que estas contam com extensão de 55 metros e largura das placas de CCP de 3,20 metros, onde de acordo com os cálculos de distância de parada, seria necessário o equivalente a aproximadamente 84 metros de extensão, considerando uma velocidade do ônibus em 60 km/h, e coeficiente de atrito para pavimento molhado, estando essa estrutura com eficiência em 65% de sua capacidade.

Já nas avenidas Fernando Costa, Universitária e São Francisco, percebe-se que levando em consideração o cálculo do coeficiente de atrito entre pneu pavimento para o pavimento seco, o percentual obtido encontra-se próximo ao da situação desejada, de acordo com os cálculos para

o pavimento seco seria necessária uma distância de 38 metros e foi adotada uma extensão de 35 metros, por 3,20 de largura, o que pode se julgar satisfatório.

Porém deve-se salientar que a placa deve ser capaz de possibilitar eventos de frenagem e aceleração, de modo que a distância de frenagem (D2) não exceda toda a extensão da placa, mas que complete sua operação no percentual de até 80% do seu comprimento útil. Vale ressaltar que se considerado coeficiente de atrito para pavimento molhado, tem se como eficiência dessa placa em torno de 77 %, o que necessitaria de um acréscimo de 10 metros lineares.

Logo pode-se afirmar que nos corredores cuja velocidade de operação é de 60km/h, a extensão das placas de CCP serão insuficientes, uma vez que excederá em uma distância de frenagem em 29 metros sobre o pavimento flexível.

Assim, tem-se a preocupação com as possibilidades de aparecimento de patologias que comprometam a vida útil do pavimento nesses corredores em função das placas estarem com comprimento inferior ao requerido de acordo com os cálculos, os índices de transferência de carga das placas de CCP para o pavimento flexível, passa a ser mais incidente, o que pode gerar o corrugações no pavimento flexível, bem como a formação de ondulações entre as placas de CCP e o pavimento flexível.

Desta forma, como as placas não terão comprimento suficiente para a operação nas paradas de ônibus, é importante que se faça o monitoramento dessas estruturas a fim de corrigir as possíveis patologias em estágio inicial, de modo a fazer manutenções preventivas e corriqueiras, tendo assim um prolongamento na vida útil do pavimento.

REFERÊNCIAS

- ANÁPOLIS: Prefeitura anuncia cronograma de execução de obras dos corredores de ônibus do transporte coletivo: Pense Mobilidade. 2017. Disponível em: <<http://www.pensemobilidade.com.br/2017/08/anapolis-prefeitura-anuncia-cronograma.html>>. Acesso em: 22 abr. 2018.
- ANÁPOLIS NA ERA DOS CORREDORES DE ÔNIBUS: Modernidade e Sustentabilidade- ACIA. 2017. Disponível em: <<http://anapolisglobal.com.br/solucao-inteligente-justa-economica-e-ecologica/>>. Acesso em: 22 abr. 2018.
- Definição, Diretriz, Objetivo, Política Nacional, Integração, Meios De Transporte, Transporte Coletivo Urbano, Desenvolvimento Sustentavel, Pessoas, Carga.. LEI Nº 12.587, DE 3 DE JANEIRO DE 2012. n. 12587, de 03 de jan. de 2012. LEI Nº 12.587, DE 3 DE JANEIRO DE 2012. A POLÍTICA NACIONAL DE MOBILIDADE URBANA . DILMA ROUSSEFF. Brasília- DF, p. 01-11, jan. 2012. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2012/lei-12587-3-janeiro-2012-612248-normaatualizada-pl.pdf>>. Acesso em: 19 mar. 2018.
- IBGE- População de Anápolis-Goiás: Censo Demográfico de 2018. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/go/anapolis/panorama>>. Acesso em: 14 mar. 2018.
- PONTES FILHO, GLAUCO. ESTRADAS DE RODAGEM PROJETO GEOMÉTRICO: Distância de Visibilidade De Parada. Glauco Pontes Filho. ed. São Carlos: Copyright, 1998. 432 p.
- Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais do DNIT. Ministério dos transportes- Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. DNER 706, Rio de Janeiro 1999.