

DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTO ARMADO COM TRÁFEGO DE VEÍCULOS PESADOS: KM 57 DA RODOVIA AM-010

MATEUS FERREIRA DE OLIVEIRA^{1*}; JÉSSICKA PAMELA DA SILVA GOMES²;
ANDREZA DE SOUZA FONTES³; MARIA JULIANA DE MELO MONTE⁴

¹Acadêmico de Engenharia Civil, UEA, Manaus - AM, mfo.eng@uea.edu.br;

²Acadêmica de Engenharia Civil, UEA, Manaus - AM, jpdsg.eng@uea.edu.br;

³Engenheira Civil, UEA, Manaus - AM, andrezaafontes@gmail.com;

⁴Engenheira Civil, UEA, Manaus - AM, juliana.monte@outlook.com

Apresentado no

Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2018
21 a 24 de agosto de 2018 – Maceió-AL, Brasil

RESUMO: O pavimento rígido apresenta características vantajosas em relação ao pavimento flexível devido à sua maior durabilidade e pequena necessidade de manutenção. Este artigo objetiva realizar o dimensionamento do pavimento de concreto armado para tráfego de veículos pesados no trecho localizado no km 57 da rodovia Deputado Vital de Mendonça. A caracterização do solo foi efetuada por meio dos ensaios de Limites de Atterberg, Granulometria e Índice de Suporte Califórnia (ISC). A análise estrutural foi realizada considerando o método analítico de placas apoiadas em fundação contínua proposto por Westergaard (1927, 1939) a fim de obter valores de tensão e deformação na borda e centro da placa rígida. Com os valores obtidos foi possível dimensionar as armaduras longitudinal e transversal da placa de estruturalmente concreto armada. Dessa forma, obteve-se um dimensionamento adequado às necessidades do local em estudo, proporcionando maior durabilidade e redução nos custos de manutenção.

PALAVRAS-CHAVE: Pavimento, concreto armado, dimensionamento.

DIMENSIONING OF CONCRETE PAVEMENT ARMED WITH HEAVY VEHICLE TRAFFIC: SECTION LOCATED ATE KM 53 OF DEPUTADO VITAL DE MENDONÇA ROAD, COUNTY OF MANAUS

ABSTRACT: The rigid flooring features advantageous features in relation to the flexible pavement due to its greater durability and small maintenance need. This article aims to carry out the sizing of the reinforced concrete pavement for heavy vehicle traffic in the stretch located at km 57 of Deputado Vital de Mendonça Road. The characterization of the soil was carried out through the trials of Atterberg, particle size and the California Support Index (ISC). The structural analysis was conducted considering the analytical method of boards supported in continuous foundation proposed by Westergaard (1927, 1939) in order to obtain voltage and deformation values at the edge and center of the rigid board. With the values obtained it was possible to scale the longitudinal and transverse armor of the plate of structurally armed concrete. In this way, adequate scaling was achieved to the needs of the study site, providing greater durability and reduction in maintenance costs.

KEYWORDS: Pavement, reinforced concrete, sizing.

INTRODUÇÃO

Os pavimentos de concreto remontam ao mesmo período dos asfálticos, início do século XIX, imediato à invenção do automóvel (Balbo, 2009). No Brasil, este tipo de pavimento encontra-se em autoestradas, postos de gasolina, áreas de estacionamento de aeronaves de grande parte dos aeroportos de médio e grande porte, quadras esportivas e indústrias.

Quando bem projetados e executados, estes pavimentos, sob diferentes atuações de cargas e condições de locação, oferecem excelente funcionamento em longo prazo. Os pavimentos de concreto, compostos por estruturas de concreto simples, em sua grande maioria, possuem limitações quanto ao tamanho das placas e controle da fissuração. Relativamente aos pavimentos asfálticos, seus elementos construtivos e de projeto, como espessura da placa e juntas transversal e longitudinal, apresentam vantagens. Segundo Xerez Neto (2013) podem suportar quaisquer quantidades de repetições e ultrapassam os pavimentos flexíveis pela ausência de afundamentos em trilhas de roda e pela possibilidade de projeção para suportar quaisquer quantidades de repetições de eixos pesados.

A rodovia Deputado Vital de Mendonça, situada no km 57, município de Manaus, executada com pavimento flexível apresenta manifestações patológicas. Sua recuperação, em geral, ocorre por meio de técnicas de custo reduzido, não observando a umidade do solo local e sem remover a camada asfáltica existente.

O presente trabalho objetiva dimensionar pavimento rígido para tráfego de veículos pesados para o trecho localizado no km 57, caracterizando o solo da região e utilizando o método proposto por Westergaard (1927, 1939), considerando carregamentos internos e na borda.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização do pavimento

O trecho analisado da rodovia tem 8 km de extensão e área de aproximadamente 56 km² e está localizado no km 57 da Rodovia Deputado Vital de Mendonça, município de Manaus (Figura 1).

Figura 1. Vista do pavimento analisado



O pavimento existente na rodovia apresenta patologias em função da falta de manutenção periódica. Ao longo dos anos, foram realizados alguns reparos, todavia de forma pontual e de caráter corretivo. Atualmente esse trecho está passando por um nível de deterioração excessivo e com tráfego intenso de veículos pesados, a pista de rolamento tem sido prejudicada, reduzindo de forma acelerada a qualidade do nível de serviço oferecido aos usuários.

Caracterização do solo

Para o estudo de implantação de um novo pavimento é necessário que se conheça a caracterização do solo, suas propriedades físicas e seu comportamento, o que se dá através dos seguintes ensaios de caracterização:

- Granulometria;
- Índices de Atterberg;
- Compactação; e
- Índice de Suporte Califórnia (CBR).

Placa sobre meio elástico

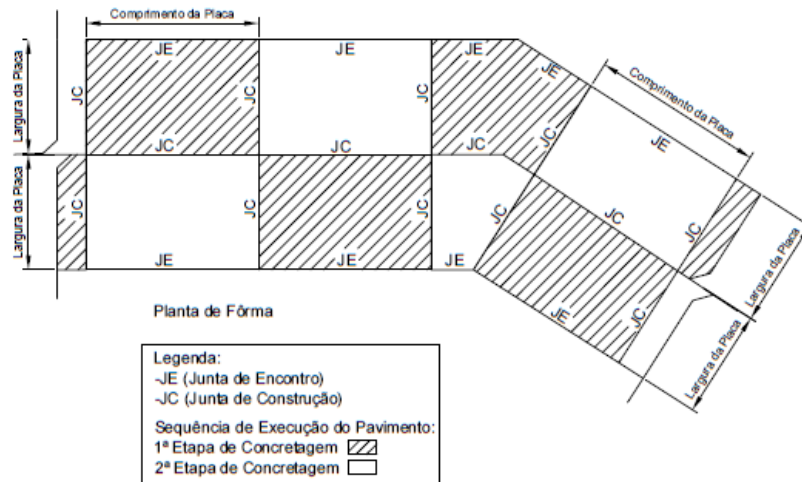
O tráfego no pavimento é de caminhões trator trucado mais semi-reboque com as seguintes características: eixo simples com carga máxima de 6 toneladas, conjunto de eixo em tandem duplo com carga máxima de 13,5 toneladas e conjunto de eixo em tandem triplo com carga máxima de 25,5 toneladas.

Os ensaios das amostras de solo permitiram obter o valor do CBR, tensão admissível e módulo de reação do subleito, através da equação $k = 20,67 \ln \text{CBR} + 1,26$ (PCA, 1996).

Para o concreto, adotou-se classe de agressividade ambiental III, conduzindo conforme ABNT NBR 6118:2014, aos seguintes parâmetros: resistência à compressão de 30 MPa, resistência média à tração de 2,90 MPa, módulo de elasticidade secante de 26,98 GPa e coeficiente de Poisson de 0,20.

A placa analisada possui comprimento de 6,00m, largura de 4,00m e espessura de 0,20m, obedecendo a relação comprimento/largura entre 1,40 e 1,60, conforme a Figura 2.

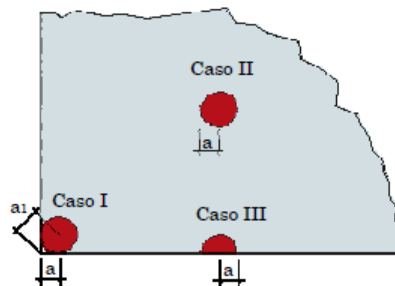
Figura 2. Vista do pavimento analisado.



Análise através do método de Westergaard

Através das análises das dimensões adotadas para as placas e da carga do caminhão, foram calculadas através das equações de Westergaard (1939) a tensão e deflexão dos carregamentos conforme Figura 3. As equações 1 e 2 representam aplicação de carregamento na parte interna da placa e 3 e 4 na borda.

Figura 3. Posições de carregamento na placa analisadas por Westergaard.



$$\omega = \frac{P}{8 \cdot k \cdot \ell^2} \cdot \left\{ 1 + \left[0,3665 \cdot \log\left(\frac{a}{\ell}\right) - 0,2174 \right] \cdot \left(\frac{a}{\ell}\right)^2 \right\} \quad (\text{Equação 1})$$

$$\sigma = \frac{3 \cdot P \cdot (1 + \nu)}{2 \cdot \pi \cdot h^2} \cdot \left[\ln\left(\frac{2\ell}{a}\right) + \frac{1}{2} - \gamma \right] + \frac{3 \cdot P \cdot (1 + \nu)}{64 \cdot h^2} \cdot \left(\frac{a}{\ell}\right)^2 \quad (\text{Equação 2})$$

$$\omega = \frac{P\sqrt{2+1,2\cdot\nu}}{\sqrt{E\cdot h^3\cdot k}} \cdot \left[1 - (0,76 + 0,4\cdot\nu) \cdot \left(\frac{a}{\ell} \right) \right] \quad (\text{Equação 3})$$

$$\sigma = \frac{3\cdot P\cdot(1+\nu)}{\pi\cdot(3+\nu)\cdot h^2} \cdot \left[\ln\left(\frac{E\cdot h^3}{100\cdot k\cdot a^4} \right) + 1,84 - \frac{4\cdot\nu}{3} + \frac{(1-\nu)}{2} + 1,18\cdot(1+2\cdot\nu) \cdot \left(\frac{a}{\ell} \right) \right] \quad (\text{Equação 4})$$

Onde: P - Carga concentrada; ν - Coeficiente de Poisson do concreto; E - Módulo de elasticidade do concreto; h - Espessura do pavimento; k - Módulo de reação do subleito; ℓ - Raio de rigidez; σ - Tensão; ω - Deflexão; a - Raio da área circular carregada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização do solo

Os resultados dos ensaios de caracterização do solo constantes na tabela 1 indicam que o solo pertence ao grupo A-1, subgrupo A-1-b (classificação conforme *Transportation Research Board*). Esse tipo de solo é menos suscetível ao fenômeno de *pumping*, que é a expulsão de finos plásticos através das juntas do pavimento de concreto, na presença de água, quando as cargas no pavimento são elevadas. O fenômeno contribui para a perda de resistência do solo.

Tabela 1. Caracterização do solo

ENSAIOS		RESULTADOS
Granulometria	Areia Fina	35,62%
	Areia Média	64,38%
Limite de Liquidez		29,63%
Limite de Plasticidade		22,58%
Ensaio de Compactação	Energia de Compactação	Normal
	Umidade Ótima	14%
	Massa Específica	1,933 g/cm ³
Índice de Suporte Califórnia (CBR)		31,13%
Expansão		0,03%
Módulo de Reação do Subleito		72,32 MPa
Classificação do Solo TRB		A-1-b

O CBR do solo, conforme a classificação de Xerez Neto (2013) indica um solo de baixo grau de resiliência, apresentando bom comportamento em função de subleito e reforço de subleito, com possibilidade de utilização na camada de sub-base.

Análise pelo Método de Westergaard

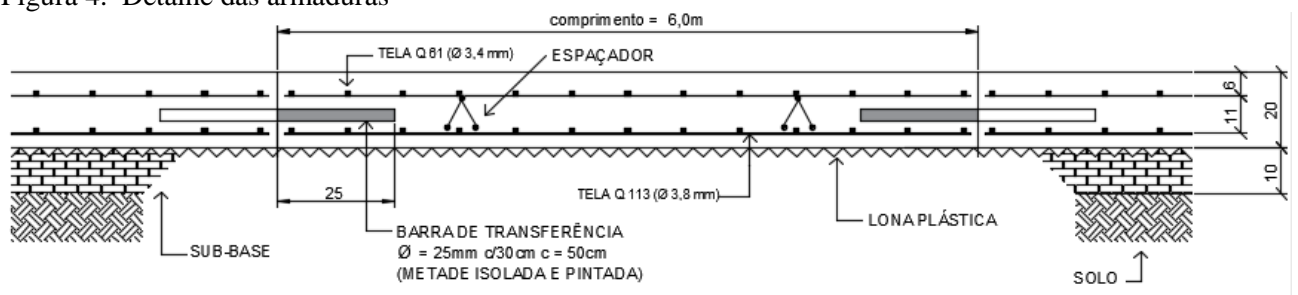
As tensões e deflexões na placa de concreto, para carregamento de 255 kN aplicado no centro e na borda externa, obtidas através das equações 1, 2, 3 e 4, são mostrados na Tabela 2.

Tabela 2. Valores de deflexão e tensão máximas pelo Método de Westergaard.

Carregamento	Deflexão (ω) (cm)	Tensão (σ) (kN/cm ²)	Local
Centro da placa	0,0116	0,1153	Tensão de tração na flexão Máxima no fundo da placa
Borda externa	0,0342	0,2099	Tensão de tração na flexão Máxima no fundo da placa

Os esforços no pavimento de concreto fornecidos permitiram determinar as armaduras longitudinal e transversal, considerando a classe de agressividade ambiental III. As armaduras e os detalhes construtivos são mostrados na Figura 4.

Figura 4. Detalhe das armaduras



CONCLUSÃO

Através do estudo aprofundado do solo e dos automóveis que trafegam na rodovia, pode-se dimensionar um pavimento rígido que atenderá com eficiência a carga e os esforços que são solicitados.

Ao caracterizar o solo, percebeu-se que este solo era compatível com a construção de um pavimento rígido. Partindo para a análise da placa do pavimento, pelo método de Westergaard, que através das avaliações de tensão de tração em flexão na placa, encontra as tensões máximas que vieram permitir o cálculo estrutural do pavimento de concreto armado.

Portanto, o presente estudo apresentou um dimensionamento que serve como solução a longo prazo para a melhoria do funcionamento da rodovia Deputado Vital de Mendonça, pois prevê um pavimento que apresenta uma maior resistência aos esforços solicitados na rodovia, sem a necessidade de reparos pontuais e corretivos.

Como este dimensionamento apresentado foi realizado em apenas uma placa, que representa apenas uma pequena parte da rodovia, há a sugestão de investir num estudo que caracterize a pista inteira ou na sua parte mais crítica, para evitar a rápida deterioração da mesma e aumentar sua vida útil.

REFERÊNCIAS

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.
- Balbo, J. T. Pavimentos de concreto. São Paulo: oficina de textos, 2009.
- PCA. Portland Cement Association. Thickness design for concrete pavements. Skokie, 1966.
- Westergaard, Harold Malcon: Theory of Concrete Pavement Design. In: Proceedings Highway Research Board, Usa, 1927.
- Westergaard, Harold Malcon: New Formulas for Stresses in Concrete Runway Airports. In: Proceedings Highway Research Board, Usa, 1939.
- Xerez Neto, Jary de. Pavimentos de Concreto para Tráfego de Máquinas Ultrapesadas. São Paulo: Pini, 2013.