

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO ESTRUTURAL DE BARREIRAS PRÉ-FABRICADAS DE CONCRETO ARMADO

Paulo César de O. Queiroz¹, Vladimir Guilherme Haach², Ana Lúcia Homce de Cresce El Debs³

Resumo

As barreiras de concreto são dispositivos utilizados como componentes de segurança em rodovias, que visam absorver o choque lateral de veículos desgovernados e propiciar sua recondução à faixa de tráfego. Neste trabalho é analisado o desempenho de barreiras de concreto pré-fabricadas através de modelos experimentais e numéricos baseados nas recomendações das normas brasileiras. As geometrias e os parâmetros utilizados para a modelagem das barreiras foram baseados nas especificações de projeto do Departamento de Estradas de Rodagem (DER) do Estado de São Paulo. O estudo consiste em analisar a eficiência estática e dinâmica dessas barreiras através de ensaios experimentais e de simulações numéricas, adotando-se os padrões mínimos de projeto da norma brasileira NBR 14885:2004. A análise contempla o estudo de distribuição de tensões na barreira, quando submetida a carregamento estático, considerando diferentes condições de vinculação da base, bem como a atuação da geometria e da rigidez da barreira no processo de absorção de energia de impacto de veículos. Sempre que possível, será realizada uma correlação com a literatura e as normas internacionais sobre o tema.

Palavras-chave: Pré-moldado. Barreiras de concreto. Segurança em rodovias.

EVALUATION ON THE PERFORMANCE STRUCTURAL OF PRECAST CONCRETE BARRIERS

Abstract

Concrete barriers are rigid devices used as a component in road safety, designed to absorb the shock side of unguided vehicles and providing its realignment to the traffic lane. In this paper barriers are analyzed through experimental and numerical models based on the recommendations of Brazilian Standards. The geometries and parameters used for modeling the barriers were based on the design specifications of the Department of Roads (DER) of the State of São Paulo. The study consists in analyzing the static and dynamic efficiency of these barriers through experimental tests and numerical simulations, adopting the minimum standards of design Brazilian standard NBR 14885:2004. The analysis includes the study of stress distribution in the barrier, when subjected to static load, considering different boundary conditions on the base, as well as the performance of the geometry and stiffness of the barrier in the process of impact energy absorption of vehicles. Whenever possible, a correlation with the literature and international standards is provided.

Keywords: Precast. Concrete barriers. Road safety.

Linha de Pesquisa: Estruturas de Concreto e de Alvenaria.

¹ Doutorando em Engenharia de Estruturas - EESC-USP, queiroz@sc.usp.br

² Professor do Departamento de Engenharia de Estruturas da EESC-USP, vghaach@sc.usp.br

³ Professor do Departamento de Engenharia de Estruturas da EESC-USP, analucia@sc.usp.br



1 INTRODUÇÃO

Barreiras de segurança são dispositivos utilizados basicamente com o objetivo de proteger os ocupantes de veículos de impactos com obstáculos próximos às vias de tráfego. São também utilizadas para evitar choque de veículos com estruturas civis, bem como proteger pedestres e ciclistas. Existem ainda barreiras de uso temporário em obras rodoviárias para proteção dos operários ou em desvios de tráfego.

O desempenho desses elementos é avaliado em termos do risco de ferimentos aos ocupantes dos veículos, adequação estrutural e comportamento pós-impacto. Nos EUA esses critérios de segurança para as barreiras são definidos no “*Manual for Assessing Safety Hardware – MASH*” (AASHTO, 2009, na Europa pela a *EN1317 – “Sistemas de Segurança Rodoviária”*, a qual se divide em seis partes e no Brasil através da NBR 14486:2007 – “Segurança no tráfego — Dispositivo de contenção viária — Diretrizes”, sendo essa última uma adaptação da EN1317 e do MASH..

2 METODOLOGIA

Métodos experimentais de análise estática e dinâmica deverão ser empregados, com o intuito de caracterizar o desempenho da barreira tanto nas solicitações estáticas quanto nas dinâmicas. Métodos teóricos como o da Mecânica do Impacto e a aplicação do Método dos Elementos Finitos deverão fazer parte da metodologia.

2.1 Análise experimental

Para a análise experimental, estão sendo construídos protótipos de barreiras pré-fabricadas em parceria com a Centrovias, com altura de 81,00 cm em módulos de 1,50m, a serem solidarizadas uma a outra através de pinos. Os pinos, além da função de solidarizar as barreiras, servem para dar flexibilidade às mesmas, função essencial para a dissipação da energia de impacto. As geometrias e os parâmetros utilizados para a modelagem das barreiras foram baseados nas especificações de projeto do Departamento de Estradas de Rodagem (DER) do Estado de São Paulo, observando os padrões mínimos de projeto da norma brasileira NBR 14885:2004. Detalhes do projeto estrutural da barreira são mostrados na Figura 1.

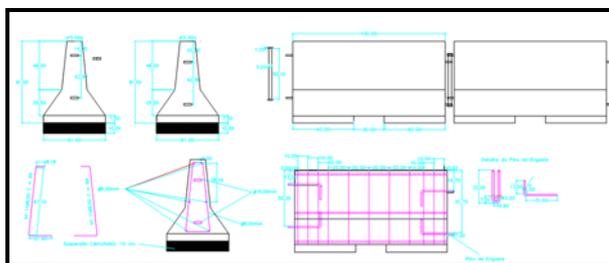
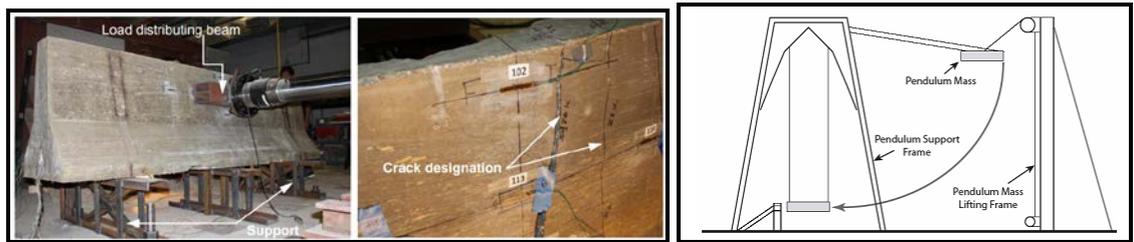


Figura 1 – Detalhes do projeto do modelo de barreira dupla a ser ensaiada em laboratório.

A análise experimental deverá contemplar ensaios estáticos e dinâmicos, o primeiro com o intuito de mapear a distribuição de tensões na barreira (Figura 2(a)) considerando diferentes condições de vinculação da base; e no segundo, será idealizado um sistema de pêndulo de impacto semelhante ao mostrado na Figura 2(b) com o objetivo de simular o impacto de um veículo onde será medida a dissipação de energia na barreira através da desaceleração do pêndulo e a estabilidade do conjunto de barreiras no momento do impacto. Posteriormente uma correlação entre a análise estática e dinâmica deverá ser realizada.



(a) Ensaio estático

(b) ensaio dinâmico com pêndulo

Figura 2 – Configurações de ensaios simplificados para barreiras.

2.2 Análise numérica

Em conjunto com a análise experimental serão realizadas análises numéricas com o uso de softwares de elementos finitos, na análise estática apenas o modelo da barreira ensaiada será analisado uma vez que terá parâmetro comparativo com os testes físicos.

Para a análise dinâmica serão analisadas diferentes modelos de barreiras, com diferentes cenários de impactos e diferentes modelos de veículos, ângulos e velocidades, de acordo com as prescrições do MESH e a EN-1317. Na Figura 3 é mostrado um desses cenários.

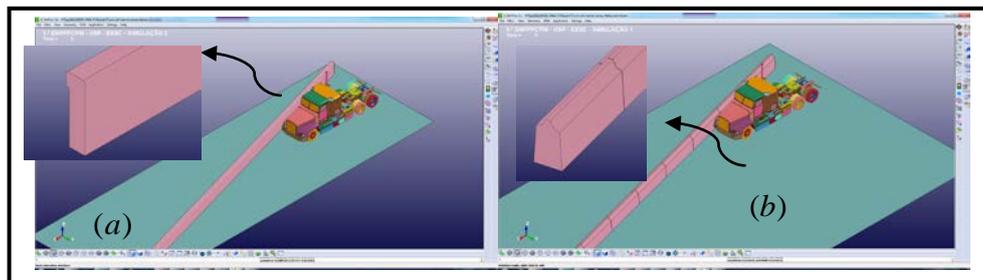


Figura 3 – Ambiente de simulação numérico: (a) com barreira plana e (b) com barreira F-Sharp modificada.

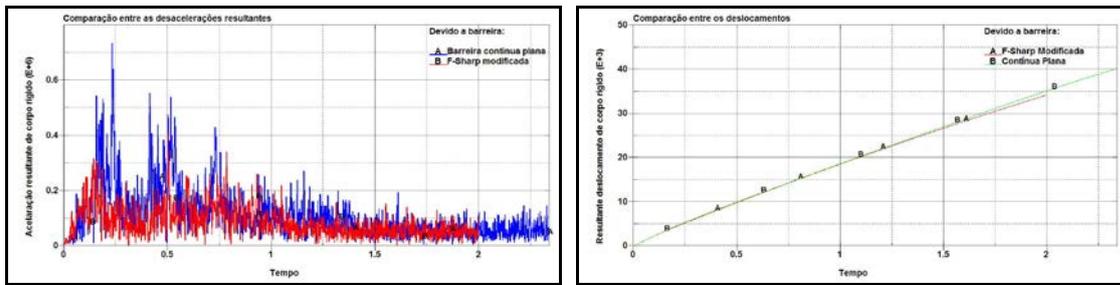
3 DESENVOLVIMENTO

Como os ensaios experimentais ainda estão em fase de planejamento, para esse trabalho apenas um resultado numérico será apresentado.

Através do pacote de elementos finito LS-DYNA foi criado dois ambientes de simulação com dois tipos de barreiras: um modelo de barreira contínua plana e um modelo F-Sharp modificado. Para ambas as simulações o veículo foi direcionado para a barreira com um ângulo de 25° a uma velocidade de 50 km/h, conforme é mostrado na Figura 3. O veículo tipo caminhão truck foi desenvolvido e otimizado pela National Transportation Research Center Incorporated – NTRCI, para ser utilizado em simulações com o LS-DYNA e está disponível para download em <http://thyme.ornl.gov>.

4 RESULTADOS OBTIDOS OU ESPERADOS

Os resultados da simulação numérica são ilustrados na Figura 4. Evidenciando que tanto na desaceleração resultante do veículo como no tempo de deslocamento após o impacto a barreira tipo F-Sharp modificada conseguiu obter melhor desempenho.



(a) Desaceleração resultante

(b) Deslocamento

Figura 4 – Resultados da simulação numérica dos veículos após impacto.

5 CONCLUSÕES PARCIAIS

Como conclusões parciais, verifica-se que a geometria da barreira é fundamental para o seu desempenho tanto na desaceleração do veículo quanto no seu redirecionamento. Entretanto, muito ainda precisa ser estudado, pois a dinâmica do impacto com a barreira é muito complexa e a sua eficiência está intrinsecamente ligada ao tipo de veículo, ao tipo de tração do veículo, ângulo de impacto e velocidade.

6 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pelo apoio financeiro, à Centrovias e à Delta Bloc pela cooperação para essa pesquisa.

7 REFERÊNCIAS

- AMERICAN ASSOCIATION OF STATE AND HIGHWAY TRANSPORTATION OFFICIALS (AASHTO). **Manual for Assessing Safety Hardware**, 1st ed. Publication 1-56051-416-9; 2009.
- AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS. **Roadside Design Guide**. 4ª ed. Washington, 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14885. Obras complementares – Segurança no tráfego rodoviário - Projeto de barreiras de concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14486. Segurança no tráfego - Dispositivo de contenção viária - Diretrizes**. Rio de Janeiro, 2007.
- EUROPEAN STANDARD. **EN 1317-1, Road restraint systems - Part 1: Terminology and general criteria for test methods**, 1998.
- EUROPEAN STANDARD. **EN 1317-2, Road restraint systems - Part 2: Performance classes, impact test acceptance criteria and test methods for safety barriers**, 1998.
- EUROPEAN STANDARD. **EN 1317-3, Road restraint systems - Part 3: Crash cushions: Performance classes, impact test acceptance criteria and test methods for crash cushions**, 2000.
- EUROPEAN STANDARD. **EN 1317-4, Road restraint systems - Part 4: Impact tests acceptance criteria and test methods for terminals and transitions of safety barriers**, 2001.
- QUEIROZ, P. C. O.; V. G. HAACH; EL DEBS, A. L. H. C. (2013). Avaliação do desempenho estrutural de barreiras de segurança pré-fabricadas de concreto armado para uso em rodovias. In 3º ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA-PROJETO-PRODUÇÃO EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO. São Paulo, 2013. **Anais...** São Paulo: EPUSP. p.20.