

ESTUDO DOS SISTEMAS PARA PROTEÇÃO DE PILARES CONTRA COLISÃO DE EMBARCAÇÕES

Monique Francis Martins de Paiva¹

Thaiz da Silva Fontanezi¹

Waldir Neme Felipe Filho²

RESUMO

Os sistemas de proteção contra colisões de embarcações em pilares de pontes possuem expressiva importância, visto que essas estruturas requerem um grande investimento inicial e uma colisão pode acarretar na perda de todo o investimento feito na construção da ponte, além de colocar em risco vidas humanas. As principais opções para proteção de pilares contra colisão de navios são: Colocar os pilares fora do alcance em terra; defletir o navio por ilhas artificiais ou estruturas guia e estruturas suficientemente resistentes para resistir as colisões diretas (Dolphins, Estacas e Flutuantes). Esses sistemas possuem suas especificações e particularidades. Portanto, possuem aplicações específicas. A definição do tipo de proteção a ser adotada e seu dimensionamento é estabelecido por meio do estudo de critérios das mais diversas ordens para que se tenha plena funcionalidade e ofereça real segurança à estrutura. Neste trabalho esses sistemas são descritos e analisados.

PALAVRAS-CHAVE: Proteção de pilares. Sistemas de proteção. Pontes.

¹ Aluna de graduação do Centro Universitário de Barra Mansa. Curso de Engenharia Civil, Barra Mansa / RJ.

² Professor D.Sc. Engenheiro Civil. Centro Universitário de Barra Mansa. Curso de Engenharia Civil, Barra Mansa / RJ.

INTRODUÇÃO

O aumento da competitividade internacional juntamente com o maior fluxo de mercadorias e a globalização vem impulsionando as economias a garantir a lucratividade nos mínimos detalhes. Concorrentes que possuem custos internos elevados para transporte e movimentação de cargas são pressionados e descartados caso não se adaptem as exigências do mercado.

O transporte aquaviário constitui-se como fator indutor do desenvolvimento planejado e abrangente, interligando regiões e proporcionando a movimentação, de maneira segura e econômica, de insumos, produtos e pessoas. (ALFREDINI; ARASAKI, 2014).

Este modal é um dos meios mais importantes para a logística nacional. Cerca de 249 milhões de toneladas de cargas foram movimentadas no primeiro trimestre de 2018 pela navegação interior, de cabotagem e de longo curso, com crescimento de 8,30% em relação ao ano anterior. De commodities a hortifrúti, quer seja em grandes navios cargueiros ou em pequenas embarcações mistas (passageiros e cargas), de tudo se transporta pela aquavia brasileira. O mais de 7,3 mil km de litoral, 22 mil km de vias interiores economicamente navegáveis e 204 instalações portuárias autorizadas contribuem para o desempenho do modal. (ANTAQ, 2018).

Segundo ALFREDINI (2014), o transporte hidroviário interior é o mais econômico para o deslocamento de grandes volumes de carga com baixo valor unitário entre os modais competidores diretos, a ferrovia e a rodovia. Além de ser o modal menos poluente dentre todos os outros.

No passado o modal hidroviário, assim como os demais modais, foi negligenciado pela política de implantação do rodoviarismo, com grandes investimentos do governo na implantação de rodovias para atrair as indústrias automobilísticas internacionais e promover o aumento do número de empregos e crescimento da economia. Contudo, este cenário vem se modificando através de incentivos do governo para o desenvolvimento e integração dos demais modais, com a criação do Plano Nacional de Logística e Transportes. (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2012).

Com o aumento dos investimentos no setor hidroviário e consequente expansão deste modal a preocupação com a segurança das hidrovias vem crescendo. Apesar de ser um tema pouco abordado, a proteção dos pilares em pontes sobre canais navegáveis é de fundamental importância para garantir a segurança não apenas da estrutura e da embarcação, como também de vidas humanas que fazem uso destas.

Analisando acidentes ocorridos em pontes verificaram-se as principais causas como a redução do vão livre horizontal, condições ambientais adversas, baixa capacidade de manobrabilidade das embarcações e a deficiência de capacitação das tripulações. A engenharia deve encontrar soluções para estes eventuais acontecimentos de forma a trazer segurança à estrutura.

Importância da implantação de sistemas de proteção de pilares de pontes

Segundo PETIT (2016), pontes são estruturas que exigem um grande investimento inicial e uma colisão pode acarretar o desperdício desse investimento, além de colocar em risco vida humanas. Devido a esses fatores são necessários estudos que visam a prevenção desses possíveis acidentes. Estudos quantitativos são realizados a fim de que os esforços solicitantes da estrutura em uma colisão sejam definidos para que se realize o dimensionamento eficaz da estrutura, visando a segurança e a economia. Posteriormente a determinação dos esforços o projetista é responsável por analisar e determinar o principal sistema de proteção para combatê-los.

A elaboração de projeto executivo de obras de engenharia para sistemas de proteção de pilares tem como objetivo proteger os pilares do vão ou dos vãos navegáveis de pontes contra eventuais colisões de embarcações que trafegam em águas navegáveis, sejam elas de mares ou de rios. Tais sistemas são dimensionados tendo por critério suportar choques frontais ou laterais, utilizando como valores de referência os máximos operacionais característicos de cada região obtidos através de um estudo de navegação. (BRITO; SOBRINHO; MANSUR, 2014).

As causas de tais colisões envolvem muitas vezes condições de mau tempo, de visibilidade limitada, fortes correntes de vento, equipamentos auxiliares de navegação de baixa tecnologia, falha mecânica de equipamentos ou erro do operador. De acordo

com LARSEN observa-se que ocorre em média uma colisão grave por ano no mundo. (1993 apud CONSOLAZIO, MCVAY, 2008).

Acidentes em hidrovias

A colisão do navio cargueiro *Summit Venured* na ponte *Sunshine Skyway* em 1980 é considerado um dos incidentes mais catastróficos da história. O navio ao se aproximar da ponte se deparou com uma tempestade que reduziu sua visibilidade e obscureceu o sistema de radar da embarcação, o que juntamente com a mudança de direção dos ventos, fez com que o navio se desviasse da rota de navegação pré-estabelecida e colidisse com um dos pilares da ponte levando ao colapso três vãos do tabuleiro (aproximadamente 396 metros) e a perda de trinta e cinco vidas. O incidente foi responsável por fomentar as pesquisas relacionadas a concepção de estruturas para proteção de pilares contra colisão de embarcações e culminou com a publicação, em 1991, do *Guide Specification and Commentary for Vessel Collision Design of Highway Bridges*, publicado pela associação americana *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO).

Segundo SILVA (2016), a ponte era composta por dois trechos paralelos lado a lado, e teve o trecho sul atingido e inutilizado. Ao analisar os danos provocados pelo acidente optou-se por construir uma nova ponte que substituiria os dois trechos, já que apenas o lado norte não comportaria o tráfego em duas direções.

A ponte General Rafael Urdaneta, também conhecida como ponte Maracaibo, construída de 1958 a 1962 na Venezuela foi vítima de uma catástrofe provocada por um navio-tanque desgovernado que se chocou com um dos 134 pilares de apoio e derrubou um trecho da pista de rolamento, cerca de dois dos cinco vãos da ponte. O incidente provocou a morte de sete pessoas e chocou a Venezuela por ocorrer apenas dois anos após a inauguração da ponte. Em 1964, ano do acidente, a ponte Maracaibo era considerada a maior do mundo feita inteiramente em concreto e pioneira para as pontes estaiadas de vãos múltiplos. Além da perda de vidas humanas, o acidente provocou enorme encargo financeiro para o país.

De acordo com SILVA (2016), em 1975 dois pilares da Ponte Tasman, na Austrália, foram atingidos por um navio cargueiro levando ao colapso três vãos da

ponte. O reparo da construção levou cerca de três anos e custou aproximadamente U\$ 44 milhões.

Segundo SILVA (2016), em março de 2014, um dos pilares da ponte sobre o Rio Mojú, no estado do Pará, entrou em colapso após ser atingido por uma barcaça, interrompendo a principal forma de acesso à região sudeste do Pará. De acordo com PETIT (2016), pedestres e veículos ficaram sujeitos a travessia do rio por meio de balsas, já que, dois anos após o incidente a restauração da ponte ainda não estava concluída. O incidente provocou a destruição de um dos pilares e o colapso de um trecho de 60 metros da ponte.

Como pôde-se ver, um dos elementos que garantem a segurança de pontes são os sistemas de proteção de pilares contra colisões de embarcações. Trata-se de um tema pouco abordado na literatura técnica brasileira e devido ao aumento de fluxo de embarcações nas hidrovias torna-se necessário estudos nessa área. Pode-se destacar como consequência desta carência a falta de norma brasileira específica.

Portanto, este trabalho tem por objetivo o estudo e análise de alguns tipos de proteção de pilares em pontes sobre canais navegáveis, bem como suas particularidades e especificações, dos três métodos principais: dolphins, estacas e flutuantes.

Para tanto, foi adotado como estratégia metodológica a revisão bibliográfica. Para isso, foram consultadas referências internacionais e em língua portuguesa, destacando-se os trabalhos de Nathália Pinheiro da Silva e Holger Svensson, por sua relevância no assunto. Por fim, são apresentadas algumas recomendações para projeto de sistemas de proteção de pilares de pontes.

DESENVOLVIMENTO

No início das pesquisas da associação americana AASHTO poucos estudos experimentais haviam sido realizados. Desta forma, poucos dados estavam disponíveis para o desenvolvimento das especificações. Utilizou-se na época dados obtidos de um único estudo experimental realizado pela Meier-Dörnberg durante a década de 1980 na Alemanha (Meier-Dörnberg 1983).

Devido às limitações dos dados deste estudo, em 2000, testes de impacto de barcas em grande escala foram iniciadas pelo *Florida Department of Transportation* (FDOT) e pesquisadores da Universidade da Flórida (UF). Este estudo promoveu, durante março e abril de 2004, cerca de quinze testes de impacto em grande escala na ponte St. George Island Causeway, na Flórida. Durante cada teste as forças de impacto da barcaça, deformações e desacelerações foram registradas. Após a obtenção destes dados foram desenvolvidos modelos analíticos de cada caso e iniciou-se o desenvolvimento de disposições de concepção atualizados para estruturas de pontes sujeitas a carga de impacto.

No Brasil inexistente uma norma regulamentadora sobre sistemas de defesa e poucos estudos sobre o tema foram realizados. Sendo assim, a grande maioria das proteções de pilares existentes nas pontes brasileiras são projetadas a partir do guia americano, considerado um dos mais completos. Contudo, a NBR 9782 vem sendo utilizada por alguns pesquisadores brasileiros na determinação da energia de impacto das embarcações, pois fixa valores representativos das ações que devem ser consideradas no projeto de estruturas portuárias ou marítimas. Os valores indicados na norma aplicam-se a estruturas de abrigo ou acostagem (SILVA, 2016). Sendo esta a única norma brasileira relevante ao tema abordado.

Um dos trabalhos desenvolvidos em nosso país a respeito do tema se destacou ao elaborar um sistema de flutuantes para aplicação em locais de grande profundidade e com restrição de largura. A pesquisa foi realizada pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo e baseou-se em desenvolver um sistema de defesas que se adaptasse a hidrovia Tietê-Paraná, e que fosse economicamente viável (PADOVEZZI, 2011).

Tipos de proteção de pilares

Segundo SVENSSON (2009), as características mais importantes de qualquer projeto e análise de colisão de navios com pilares de pontes são a determinação das forças de impacto e o projeto estrutural da defesa contra essas forças. O autor possui mais de 25 anos de experiência pessoal e sugere as seguintes opções para proteção de pontes e outras estruturas contra colisão de navios:

- Colocar fora do alcance em terra;
- Defletir o navio por ilhas artificiais ou estruturas guia;
- Estruturas suficientemente fortes para resistir as colisões diretas.

Nas próximas seções serão descritos os tipos de proteção de pilares mais utilizados:

Fora do alcance

Alocar os pilares fora do alcance em terra é a maneira mais segura de protegê-los de colisões. O maior comprimento do vão pode ser compensado pela economia gerada na dispensa da proteção de pilares. Diversas pontes e estruturas ao redor do mundo utilizam esta alternativa como a Ponte Yang Pu em Xangai, China, e a torre de visualização localizada no porte em Portsmouth, Reino Unido (SVENSSON, 2009). Um dos exemplos de maior relevância é a ponte Tjorn na Suécia que entrou em colapso após a colisão de um navio contra um de seus pilares, sendo seu novo projeto modelado com os pilares do vão de navegação em terra. A ponte estaiada tem uma extensão principal de 366 metros, com aumento de 217 metros em seu arco original, o que resultou em uma folga de 45,3 metros ao longo do comprimento de seu vão navegável.

Ilhas artificiais

As ilhas artificiais são vantajosas pois fornecem um alto grau de segurança e param o navio gradualmente, minimizando a extensão dos danos ao casco do navio. Se protegidas contra erosão, tais ilhas são praticamente livres de manutenção e requerem apenas pequenos preenchimentos adicionais após uma colisão. (SVENSSON, 2009).

A ilha é um sistema capaz de absorver grandes energias, sendo quase impossível que a embarcação venha a atingir ou danificar de algum modo o pilar. É praticamente livre de qualquer manutenção ao longo da vida útil, requerendo poucos reparos após uma colisão. Além disso, como a ilha é uma proteção que permite mais tempo de interação da embarcação com o sistema até a completa parada, os danos à estrutura da embarcação são muito menores. (SILVA, 2016).

No sistema de ilha artificial, a energia da embarcação é absorvida pela deformação da ilha, pelo levantamento da embarcação conforme ela se desloca talude adentro, e pelo atrito do casco com a ilha.

A utilização de ilhas artificiais é limitada, visto que seu projeto exige grande quantidade de espaço e que a velocidade de correnteza do canal é perigosamente aumentada, pois reduz a seção transversal de escoamento do canal. (SVENSSON, 2009).

Segundo SVENSSON (2009), a ponte *Kap Shui Mun* em Hong Kong, faz uso desse sistema. Uma das torres da ponte foi alocada em terra e a outra em águas pouco profundas utilizando-se para a proteção desta torre uma ilha artificial que proporciona um espaço livre de cerca de 25m para a passagem das embarcações.

Estruturas guia

De acordo com SVENSSON (2009), estruturas guia não são projetadas para colisões frontal, mas sim para distanciar as embarcações de pontes cais ou pontes superestruturas, resistindo a colisões laterais de baixo impacto. A ponte *Crown Prince Bridge*, localizada em Berlim na Alemanha, faz uso de defletores de aço que foram instalados para impedir que os navios alcancem os arcos perto das margens. Sendo interessante observar que a quantidade de aço utilizada para a produção dos defletores é maior que a quantidade de aço necessária para a toda ponte. Essa ponte e seu sistema de proteção podem ser vistos na figura 1.



Figura 1: Ponte *Crown Prince* em Berlim, Alemanha. Fonte: SVENSSON (2009).

A superestrutura da ponte sobre o rio Neckar perto de Kirchheim, Alemanha, teve de ser substituída com a mínima interferência no tráfego. A nova estrutura de aço foi lançada em paralelo com a ponte já existente, e foram utilizadas estruturas guias para proteção destes pilares independentes contra a colisão de navios. Após a construção da nova superestrutura as estruturas guias foram removidas, já que os novos pilares foram projetados para resistirem por si mesmos a forças de colisão, conforme visto na figura 2.



Figura 2: Ponte próxima ao rio Neckar, Alemanha, durante a construção. Fonte: SVENSSON (2009).

Estruturas protetoras independentes

Dolphins são definidos por SILVA (2016) como elementos de proteção contra colisão de embarcações que funcionam majoritariamente como obstáculos de gravidade. Sua energia de colisão é absorvida através de retração, deslizamento ou deformação da estrutura. Esse sistema é constituído por uma estrutura, usualmente de forma circular, com estacas tipo pranchas metálicas formando o perímetro, cravadas no solo até determinada profundidade e com o interior preenchido com material granular, como areia, brita ou concreto, sendo solidarizados por uma laje rígida em concreto armado. Destaca-se a importância do comprimento cravado dessas estacas. Garantindo-se uma profundidade adequada, essas não são expostas ou empurradas para fora do solo devido à colisão.

Um exemplo de aplicação desse sistema em nosso país pode ser encontrado na Ponte Presidente Costa e Silva (Ponte Rio-Niterói), localizada no Rio de Janeiro, esse

sistema pode ser visto na figura 3. A ponte contra com este sistema de proteção em seus principais pilares do vão navegável.



Figura 3: Ponte Rio-Niterói, Rio de Janeiro. Fonte: OLIVEIRA (2014).

O projeto de proteção de pilares da Ponte Rio-Niterói é constituído por oito dolphins nos quatro pilares principais. Cada dolphin é formado por doze tubulões Bade-Wirth, ligados na superfície por um anel pré-moldado de concreto apoiado em vinte quatro estacas, formando um cilindro preenchido por pedra. O sistema de proteção dos cinco pilares de cada lado do vão central é formado por blocos semicirculares apoiados em sete tubulões Bade- Wirth, com as faces externas protegidas por defesas de madeira (PFEIL, 1975).

Segundo SILVA (2016), a proteção por estacas é um sistema estrutural independente do pilar que possui suas fundações no leito do corpo d'água em estacas. As estacas podem ser de concreto (mais usual), aço ou madeira, ou pode ser empregada uma associação desses materiais. O layout mais indicado para o sistema de estacas é formar um círculo ao redor do pilar com as estacas interligadas por uma capa rígida em forma de anel. Um exemplo de aplicação do sistema é a Ponte Tromso, localizada na Noruega, que conta atualmente com estacas de concreto armado unidas por um anel de concreto armado, conforme figura 4. Em sua estrutura original, os pilares centrais da ponte eram protegidos por estacas de concreto armado com baixa capacidade de resistência. Em 1961 e em 1963 houveram duas colisões, onde o sistema de proteção foi danificado e teve que ser substituído. Optou-se então por adotar um sistema de estacas mistas de aço preenchidas por concreto. No entanto, após a mudança de administração

da ponte, uma estrutura mais forte foi exigida, sendo contruída em 1975 a proteção utilizada até os dias atuais.



Figura 4: Ponte Tromso, Noruega. Fonte: SILVA (2016).

De acordo com BRITO (2014), o sistema flutuante é uma opção mais benéfica para locais onde os corpos d'água apresentam grandes profundidades. Como o próprio nome já diz, ele flutua sobre a água e é ancorado através de cabos de aço fixados em chapas de concreto. Por tratar-se de um sistema de proteção flutuante há o risco da proteção ser empurrada para debaixo d'água pela proa do navio e ser atropelada. Outro problema desse sistema é a possibilidade de ocorrer em seus dispositivos de ancoragem severa corrosão.

De acordo com SILVA (2016), o sistema de proteção de pilares do tipo flutuantes é mais vantajoso para canais navegáveis de grande profundidade. Sendo encontrados dois tipos principais: sistema de rede de cabos e estruturas flutuantes ancoradas. Os sistemas de redes de cabos consistem em pontões ou boias ancoradas no leito do corpo d'água interconectados por redes de cabos que interceptariam uma embarcação que avance na direção do pilar. O sistema de estruturas flutuantes ancoradas é constituído por estruturas flutuantes que são fixas em sua posição por meio das ancoragens, que podem ser por blocos, estacas ou outros métodos.

Um exemplo de aplicação desse sistema é aquele instalado nos pilares centrais da ponte Zarate Brazo-Largo, localizada na Argentina. Estes pilares precisavam ser protegidos contra a colisão de um navio de até DWT 25.000. Durante o projeto verificou-se a possibilidade de alguns sistemas, e a melhor solução encontrada foi a proteção em dolphins. Contudo, devido a razões financeiras optou-se por instalar a proteção flutuante.

Estruturas suficientemente fortes para resistir a colisões diretas

De acordo com SVENSSON (2009), outra forma de proteção de pilares contra colisão de embarcações é torna-los suficientemente resistentes para suportar as forças de colisão por si mesmos. Para fundações em rocha sólida, não muito profundas este tipo de proteção pode ser mais vantajoso economicamente. Neste tipo de proteção a energia cinética é absorvida principalmente pelo casco da embarcação, o que pode levar a mais danos no navio do que para a estrutura, que absorve a energia do navio mais suavemente através de deformações plásticas.

A peça central de aplicação da nova Ponte Galata, em Istambul, é uma seção basculante, com um vão livre de 80m e largura de 42m. Na concepção da estrutura duas exigências contraditórias tiveram de ser atendidas: para absorção da energia de colisão a estrutura deveria ser rígida, e para absorção da energia de terremotos deveria ser flexível. Os pilares foram concebidos de maneira a atender as duas exigências, e projetados para suportar uma colisão frontal com força de até 40 MN. Uma foto desta ponte e seu sistema de proteção pode ser visto na figura 5.



Figura 5: Ponte Galata, Istambul. Fonte: SVENSSON (2009).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente trabalho foram descritos todos os tipos de proteção para pilares, com base na literatura americana, apresentando vantagens e desvantagens de cada sistema, assim como exemplos de aplicação. Pode-se observar que a escolha do sistema e seu projeto dependem fortemente do tipo da ponte, das ações que atuam na estrutura, do corpo aquático no qual a estrutura está inserida, do volume de tráfego e do tipo dessas embarcações. Tendo em vista que o transporte de cargas em vias

fluviais e marítimas tem aumentado ao longo dos últimos anos é importante que estudos referentes a proteção de pilares sejam feitos, bem como a divulgação deste tema além da comunidade acadêmica, uma vez que há carência de literatura em língua portuguesa sobre este tema.

A STUDY OF SYSTEMS FOR BRIDGE PIER PROTECTION AGAINST VESSEL COLLISION

ABSTRACT

Collision protection systems for bridge piers are of significant importance, since these structures require a large initial investment and a collision can result in the loss of all the investment made in the construction of the bridge, as well as endangering human lives. The main options for protecting collision abutments from ships are: Placing the pillars out of reach on land; deflecting the ship by artificial islands or guide structures; structures resistant enough to withstand direct collisions (Dolphins, Stakes and Floats). These systems have their specifications and particularities. Therefore, they have specific applications. The definition of the protection system to be adopted and its sizing is established through the study of several criterias, so that it has full functionality and offers real structural security to the structure. In this work, these systems are described and analyzed.

Keywords: Bridge pier. Protection systems. Bridges.

REFERÊNCIAS

American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). **Guide Specification and Commentary for Vessel Collision Design of Highway Bridges**. Washington, 1991.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). **NBR 9782: Ações em estruturas portuárias, marítimas ou fluviais**. Rio de Janeiro, 1987.

Agência Nacional de Transportes Aquaviários, ANTAQ. **Boletim informativo aquaviário – 1º Trimestre de 2018**. Disponível em: <<http://portal.antaq.gov.br/.pdf>>. Acesso em: jul. 2018.

ALFREDINI, Paolo; ARASAKI, Emilia. **Engenharia portuária**. São Paulo: Blucher, 2014.

BRITO, Marcus Alexandre Noronha de. SOBRINHO, Brunno Emidio. MANSUR, Fabiana Cardoso Meirelles. **Critérios de definição e dimensionamento de proteção de pilares em pontes**. In: Congresso Brasileiro de Pontes, VII, 2014, Rio de Janeiro. p. 10.

CONSOLAZIO, Gary R. MCVAY, Michel C. **Development of improved bridge design provisions for barge impact loading**. 2008/51117. Gainesville, Florida: Department of civil and coastal engineering University of Florida, 2008.

Ministério dos Transportes. Secretaria de Política Nacional de Transportes, SPNT/MT. **Projeto de reavaliação de estimativas e metas do plano nacional de logística e transportes**. Disponível em: <<http://www.transportes.gov.br/images/2014/11/PNLT/2011.pdf>>. Acesso em: jan. 2018.

OLIVEIRA, Caroline Oliveira e. **Pontes em viga: Ponte Rio-Niterói**. In: Seminário Pontes em viga, 2014, Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita Filho. Campus de Ilha Solteira. Departamento de Engenharia Civil, 2014. p. 15.

PETIT, Felipe B. **Avaliação da força lateral solicitante devido a colisões com embarcações nos pilares das pontes da hidrovia Paraná**. Monografia de Projeto Final, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2016.

PFEIL, Walter do Couto. **Ponte Presidente Costa e Silva**: Rio-Niterói: Métodos construtivos. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1975.

SILVA, Nathália Pinheiro da. **Sistemas de proteção de pilares de pontes contra colisão de embarcações: Análise e verificação de dois sistemas**. 2016. p. 105. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil e ambiental. Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2016.

SVENSSON, Holger. **Protectionod bridge piers against ship collision**. Steel Construction, 2, 2009.

RAMOS, Bernardo. **Maracaibo reverencia “ponte da tragédia”**. Disponível em: <<http://esportes.terra.com.br/futebol/copaamerica2007/>.html>>. Acesso em: jul. 2018.