



ACIDENTES NA ENGENHARIA – O CASO DA CICLOVIA DA AVENIDA NIEMEYER

OTAVIO SAYÃO E ALBERTO SAYÃO

No dia 21 de abril de 2016, um trágico acidente na ciclovia da avenida Niemeyer, na cidade do Rio de Janeiro (RJ) expôs as falhas de uma obra pública mal conduzida. Nesse dia, três meses após inaugurada a obra, um pequeno trecho da ciclovia (de pouco mais de 20 m) foi destruído pela ação de ondas de ressaca, quando parte da pista desabou de uma altura de 10 m, causando duas mortes. Desde então, o episódio teve grande destaque na mídia, com repercussões negativas para a engenharia nacional.

A obra da ciclovia de 3,8 km, instalada ao longo da avenida Niemeyer, uma via urbana com fluxo intenso de veículos e forte presença habitacional, ligando os bairros de Leblon e São Conrado, na zona sul do Rio de Janeiro, fora concebida para ser inaugurada antes dos Jogos Olímpicos de agosto de 2016, e fazia parte do legado que a Prefeitura prometia deixar para a cidade, ao final do evento.

Em junho de 2014, um contrato do tipo "design-built" ou EPC (*Engineering Procurement Construction*) foi celebrado pela SMO (Secretaria Municipal de Obras) do Rio com o consórcio Contemat/Concrejato, empresas do Grupo Concremat. Um projeto básico foi fornecido pela SMO para o consórcio contratado. No final, a obra atrasou seis meses e custou 45 milhões de reais, 30% a mais que a previsão inicial (35 milhões de reais). A obra da ciclovia na avenida Niemeyer, inaugurada em 17 de janeiro de 2016, foi concebida e implantada em período muito curto, desde os planos iniciais da SMO datados de 2013.

A avenida Niemeyer já tem cerca de 100 anos de vida útil. Em 1916, o engenheiro militar Conrado Jacob Niemeyer doava à cidade uma via litorânea estreita, com pouco mais de 5 km de extensão, construída com recursos próprios durante mais de 20 anos, no início dos anos 1900, em zona com topografia e geologia difíceis (falésia de rocha gnáissica com estratificações desfavoráveis). O local é hoje conhecido



como Costão da Niemeyer. Em 1920, quatro anos depois de aberta ao público, a via ganhou muretas de proteção e foi alargada e asfaltada pelo prefeito, o engenheiro André Paulo de Frontin, em preparativo para a visita do Rei Alberto da Bélgica. Depois, a via foi denominada avenida Niemeyer e passou a fazer parte do clássico Circuito da Gávea, um traçado de 11 km que por muitos anos sediou as corridas de automóveis do Grande Prêmio Cidade do Rio de Janeiro, contornando o Morro Dois Irmãos pela Estrada da Gávea, onde hoje é o bairro da Rocinha, e terminando na Rua Marquês de São Vicente, perto da PUC-Rio (Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro). Cerca de metade da ciclovia foi executada em estrutura independente, na encosta rochosa, do lado do mar da avenida Niemeyer. O trecho restante foi construído em balanço ou aterro, mas ligado à pista da avenida. Devido às restrições para interromper o tráfego de veículos durante a fase de construção, a estrutura da ciclovia foi montada com peças pré-moldadas, em vãos de 6 m e 12 m no Costão da Niemeyer, seguindo o trajeto sinuoso da via centenária. Ao longo do percurso, foram executa-

das obras de contenção de taludes, com solo grampeado, cortinas atirantadas, contrafortes, e muretas chumbadas na rocha. Para apurar as causas do acidente, foi aberto um inquérito policial, com conclusão prevista para meados de 2016. Várias perícias foram também constituídas pela Prefeitura e pelo CREA (Conselho Regional de Engenharia e Agronomia) para emitir laudos sobre o acidente.

Várias são as fases usuais de um projeto de engenharia. Na fase inicial de análise da viabilidade do empreendimento, estudam-se alternativas em nível de concepção. Após uma alternativa ser eleita, inicia-se o projeto conceitual. Na fase seguinte, de projeto básico, são definidos os elementos necessários para caracterizar a obra ou serviço, e é feito o planejamento da construção e da operação do projeto. O detalhamento do projeto e da obra pode ser desenvolvido a seguir (projeto executivo), ou fazer parte do escopo do documento acertado com o empreiteiro (contrato tipo "design-built"). No caso da ciclovia da avenida Niemeyer, o contrato incluía o detalhamento do projeto e a construção, isto é, cabia ao empreiteiro desenvolver o projeto executivo.

O projeto da ciclovia não passou pelas fases acima. O projeto básico foi usado para a licitação da obra. Entretanto, após a assinatura do contrato com o empreiteiro, seria necessária uma atualização das premissas do projeto básico e a elaboração do projeto executivo.

Em obras costeiras e marítimas, é importante definir e avaliar, durante o projeto, a interação mar-estrutura, ou seja, a ação hidrodinâmica das ondas do mar nas estruturas marítimas, consideradas obstáculos ao avanço das ondas. No caso da ciclovia da avenida Niemeyer, a interação mar-estrutura envolve fatores como impacto das ondas (*wave slamming*), galgamento (*wave run-up*) e ultrapassagem (*wave overtopping*) das ondas sobre os obstáculos, além da refração, difração e reflexão das ondas devido à presença das estruturas.

Os projetos conceitual e básico da ciclovia deveriam considerar os processos hidrodinâmicos, e incluir análises corriqueiras de engenharia costeira para definir o clima de ondas no local da obra, ao longo do costão rochoso, estabelecer a tempestade de projeto para um tempo de recorrência superior à vida útil da obra, determinar o nível d'água de projeto (avaliando inclusive a sobrelevação do nível do mar devido ao aquecimento global), determinar o galgamento das ondas no costão rochoso com face lisa (incluindo a influência do muro e estrutura da Gruta da Imprensa), definir o impacto das ondas na base da ciclovia, cuja cota de projeto é item importante neste caso, pois poderia ser sujeita a premissas estéticas impostas pela SMO para preservar a visão do mar, um dos atrativos da avenida Niemeyer.

Independente da fase do projeto, o projetista contratado deve decidir os dados do local do projeto necessários às análises a serem feitas pelo engenheiro costeiro. Por exemplo, seria preciso obter a batimetria e a topografia do costão, em frente à avenida Niemeyer. Nas fases iniciais de projeto, poderia ser usada a batimetria existente em cartas náuticas. Caso esses dados sejam insuficientes, novos levantamentos no local deveriam ser pedidos, antes da fase de detalhamento. O projetista deveria obter ainda os registros de ondas e ventos na região do costão, para modelagem numérica de transformação de ondas, da região ao largo da costa (*offshore*) para a zona litorânea da ciclovia, e analisar os dados de maré e correntes na área do projeto. Hoje já existem medições no litoral do Rio de Janeiro,

com ondógrafos, parte do projeto SIMCosta (Sistema de Monitoramento da Costa Brasileira) – uma rede de monitoramento contínuo de variáveis oceanográficas e meteorológicas ao longo da costa brasileira, cujos dados permitem prever os processos ligados aos efeitos climáticos, e determinar as condições de ressacas locais, para estabelecer um sistema de alerta para casos de eventos extremos. Com esses dados, é possível calibrar modelos numéricos para calcular a força da onda nas estruturas, item relevante para os engenheiros estruturais (por exemplo, forças horizontais em pilares, influência da reflexão das ondas, e forças verticais das ondas nas lajes). Em locais expostos e casos difíceis para modelagem numérica, como o local da ciclovia, esses registros acima possibilitam o estudo de otimização do projeto básico com ensaios em modelo físico reduzido.

Em obras costeiras, o projeto básico em geral difere do executivo, que inclui análises e modelagens atualizadas. Por exemplo, em um caso recente de obra no litoral fluminense, o projeto básico de 2011 definiu, em modelagem numérica, uma altura significativa da onda de projeto de 4,4 m, para tempo de recorrência de 50 anos, ou 4,6 m, para tempo de recorrência de 100 anos. Após a contratação do empreiteiro, foi realizada uma revisão da premissa do projeto, e o tempo de recorrência no projeto executivo mudou para 100 anos. Com isso, foi desenvolvido um projeto executivo independente do básico (2011), onde um novo estudo de clima de ondas no local da obra indicou uma altura significativa da onda centenária de projeto de 5,7 m, cerca de um metro maior que a onda de projeto da fase anterior.

Obras de engenharia sempre trazem algum risco de colapso. Não há obra 100% segura. A questão, então, passa a ser: qual o nível de risco aceitável? Para reduzir o grau de risco, o custo da obra aumenta.

No caso da ciclovia da avenida Niemeyer, seria importante considerar que a via foi construída há 100 anos e que novos dados oceânicos e técnicas de análises de projetos de engenharia estão hoje disponíveis. Assim, a proposta de construir uma ciclovia na mesma cota (elevação) da avenida significaria aceitar um risco desmedido, pois era de conhecimento geral que a pista da avenida ao longo de sua vida útil era atingida pelas ondas, em tempos de ressaca, tendo ocorrido vários acidentes fatais com pescadores no costão rochoso local, em dias de

ressaca. Considerar hoje um projeto de ciclovia na mesma cota (patamar) da avenida centenária seria um erro grave, pois o risco de danos sob ação das ondas seria intrinsecamente maior.

Nas obras de engenharia, é pouco usual investir recursos para reduzir os riscos. Faz-se economia em ensaios, projetos, consultoria, monitoramento e fiscalização. Deveria haver um melhor balanceamento entre custos e riscos.

Uma avaliação preliminar sugere várias irregularidades no projeto da ciclovia. Dentre elas, estão a falta de assinaturas dos responsáveis nos desenhos técnicos e a carência de sistema de alerta para fechar a ciclovia em dia de ressaca. Os protocolos para interdição de aeroportos e da Ponte Rio-Niterói, em dias de tempestade, são bons exemplos de gestão do risco em locais públicos. A experiência da Geo Rio, que instalou sirenes e monitora o risco de deslizamento nas encostas da cidade, serve também de modelo na prevenção de acidentes com a população, sob chuvas fortes. Outra irregularidade no projeto da ciclovia é a ausência de uma análise dos riscos de colapso da obra, sob os efeitos de ressacas. As notícias na imprensa indicam que o projeto ignorou a ação das ondas no tabuleiro (laje) da ciclovia. Por fim, o prazo de um ano estipulado em contrato para o projeto e execução da obra foi muito curto, inadequado para o correto desenvolvimento de um projeto de engenharia com as análises necessárias para o entendimento das ações das ondas na obra da ciclovia.

A boa engenharia não deve aceitar cronogramas impostos por critérios políticos, sem seguir a sequência usual das fases de projeto. A pressa para atender prazos curtos para a inauguração das obras sempre causa prejuízos na segurança, como neste caso do acidente na ciclovia da avenida Niemeyer. ☹

Otavio J. Sayão é engenheiro civil pela PUC-Rio (1972), com mestrado em engenharia hidráulica de Delft (Holanda) e doutorado em engenharia costeira pela Queen's University (Canadá, 1982). Atualmente é diretor de Projetos de Engenharia Costeira e Dragagem da Hatch Ltd., em Vancouver (Canadá).

Alberto Sayão é engenheiro civil pela PUC-Rio (1976), com mestrado e doutorado em engenharia geotécnica pela University of British Columbia (Canadá, 1989). Atualmente é professor de engenharia civil na PUC-Rio e diretor secretário-geral da ANE (Academia Nacional de Engenharia).