

A INTERDIÇÃO E OS REFORÇOS ESTRUTURAIS DESNECESSÁRIOS DO ESTÁDIO DO ENGENHÃO

GILBERTO ADIB COURI*, FLÁVIO D'ALAMBERT**, RICARDO ASSUMPÇÃO DE ALMEIDA***, MARCELO ASSUMPÇÃO DE ALMEIDA****, FERNANDO ASSUMPÇÃO DE ALMEIDA*****

Um dos mais importantes equipamentos esportivos do país, o Estádio Nilton Santos, conhecido como Engenhão, acabou se tornando notório também pelas polêmicas que suscitou no terreno da engenharia. Todos se lembram de sua súbita interdição em 2013, o que deu um susto na opinião pública e privou seus usuários de frequentá-lo por mais de um ano – além, obviamente, de criar grande barulho na comunidade de engenheiros.

Passados três anos, a verdade dos fatos começa a se restabelecer, graças a uma minuciosa investigação das condições da cobertura do estádio, o que envolveu a revisão total de seu projeto e um diagnóstico completo da estrutura.

O resultado desse extenso trabalho, que durou quase um ano, permitiu chegar a uma conclusão inequívoca: não

havia necessidade de interdição do Engenhão nem da realização de reforços em sua cobertura. O estádio estava absolutamente seguro e não oferecia qualquer tipo de risco de colapso, ao contrário do que à época se propalou.

Conduzida por um grupo de especialistas renomados em projetos estruturais e em patologia das construções, essa empreitada de verificar cada peça da cobertura do Engenhão e revisar todos os seus cálculos foi reconhecida como o Melhor Trabalho na Área de Perícias de Engenharia pelo Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícias (Cobreap), ocorrido em outubro de 2015, em Belo Horizonte (MG).

Esse trabalho foi, em seguida, apresentado em diversos fóruns de engenharia, como Instituto de Engenharia, em São Paulo, Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural (Abecce), Sociedade dos Engenheiros e Arquitetos do Estado do Rio de Janeiro (SEAJERJ) e Clube de Engenharia, Rio de Janeiro, com o objetivo de demonstrar tecnicamente que tanto a interdição como as obras de reforço eram desnecessárias.

Para lembrar os acontecimentos: em função de afirmações feitas pelo Consórcio Engenhão (composto pelas construtoras Odebrecht e OAS – responsável pela conclusão das obras), a Prefeitura do Rio de Janeiro anunciou, em março de 2013, que o estádio seria interditado, o que provocou intensa repercussão na imprensa e grande impacto no público.

A alegação, quase sete anos após sua inauguração – embasada por laudo da empresa alemã SBP, contratada pelo Consórcio Engenhão – era de que houve desalinhamento excessivo nos arcos e que a cobertura oferecia risco de colapso se submetida a ventos acima de 63 km/h. Contestada tal alegação pela comunidade técnica brasileira especializada em cálculo



Comparação de ensaios em túnel de vento: à esquerda, modelo do laboratório canadense RWDI, e à direita, do laboratório Wacker, que desconsidera a topografia do entorno e apresenta uma sobrecarga de até 1.000 toneladas a mais sobre a cobertura

estrutural, criou-se um impasse. Com essa situação, a Prefeitura do Rio de Janeiro decidiu constituir uma Comissão Especial que teria a responsabilidade de, em 15 dias, verificar todos os laudos/estudos técnicos existentes e a pertinência de promover intervenções no estádio.

Num prazo exíguo para se apreciar matéria tão complexa, a Comissão simplesmente endossou o resultado do laudo da SBP, recomendando o fechamento do Engenhão e a realização de reforços estruturais. Sua conclusão apontava que foram detectadas “não conformidades de projeto com reflexos já visíveis sobre o estado da estrutura, pelo que os níveis de confiabilidade estrutural prescritos pela Norma NBR-8800/08 não são atendidos”.

A partir daí, um grupo de trabalho foi criado pelo Consórcio RDR (Racional, Delta e Recoma, primeiro consórcio contratado e que iniciou a obra) e investido de total autonomia para identificar os erros de cálculo apontados.

Esses profissionais se debruçaram sobre cada detalhe do Engenhão, dissecando todo o projeto e realizando uma extensa vistoria em campo para analisar o comportamento da estrutura do estádio.

Os minuciosos trabalhos não identificaram qualquer evidência de fragilidade ou movimentação anormal da estrutura que representasse algum risco para seus usuários e seu entorno. Ao contrário, comprovaram de forma cabal a sua estabilidade e solidez.

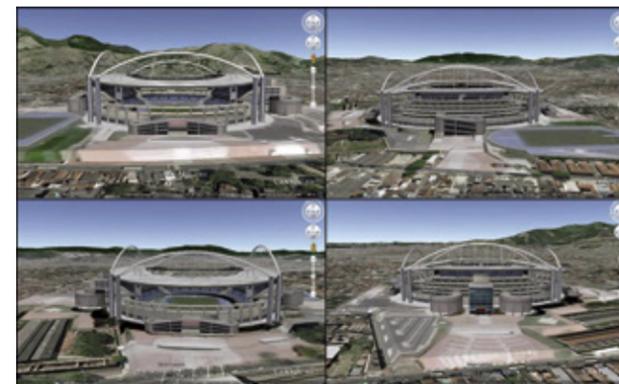
Hoje, pode-se afirmar categoricamen-



O Estádio Olímpico João Havelange, o Engenhão, após inauguração em 2007



O estádio das obras em dezembro de 2006, logo após a saída do Consórcio RDR



Imagens de satélite captadas da frente de cada um dos quatro arcos, onde se vê ao fundo (foto superior à esquerda) cordilheira que serve de barreira natural contra o vento, fator desconsiderado pelo laboratório Wacker

te que a interdição do Engenhão foi motivada por premissas incorretas que levaram a conclusões inadequadas e decisões equivocadas.

ESCOPO DA VERIFICAÇÃO

Esse extenso trabalho de perícia permitiu chegar à correta perspectiva do ocorrido no Engenhão, e compreendeu as seguintes frentes:

- 1) Auditoria na Estrutura Concebida – projeto e cálculo estrutural da cobertura
- Verificação das Premissas e Conceitos do Projeto.
- Modelagem numérico-computacional 3D do Sistema Estrutural.
- Análise da Estabilidade da Estrutura Metálica sob Ação das Cargas Estáticas e do Vento.
- Avaliação Global do Projeto Estrutural



Reportagens de 2013 dão conta da incidência de ventos fortes no Rio; Engenhão foi submetido diversas vezes a rajadas acima de 70 km/h e sua estrutura permaneceu absolutamente segura, sem apresentar qualquer indicio de movimentação anômala

da Cobertura.
- Constatação de que o arcabouço normativo utilizado no projeto original atendia ao “estado da arte” do conhecimento. Foram utilizadas as normas americanas para preencher as lacunas das normas brasileiras existentes à época.
2) Análise da Estrutura Construída – patologias existentes na cobertura

- Análise de documentação e dados históricos, de modo a subsidiar o conhecimento dos fatos desde a concepção da estrutura até a sua execução, funcionando sob carga por cerca de sete anos, ainda sem escoramento (cerca de um ano e meio entre interdição e início dos reforços).

- Revisão do projeto estrutural original da cobertura, de forma a verificar o comportamento previsto e os tipos de tensões (compressão, tração e torção) em todos os elementos.
- Levantamento da situação apresentada pela estrutura da cobertura antes de quaisquer intervenções, procurando-se identificar, além do desalinhamento dos elementos, todos os fatores que poderiam contribuir para qualquer anomalia.
- Inspeção visual de todos os elementos, para verificar qualquer tipo de anomalia, procurando-se entender o comportamento real da estrutura.
- Análise da situação levantada na pesquisa de campo, comparando os sintomas constata-

dos com os documentos existentes e suas possíveis causas, inclusive análise detalhada de centenas de fotografias e imagens colhidas no estádio desde a fase da construção até após sua interdição.

O QUE FOI ENCONTRADO

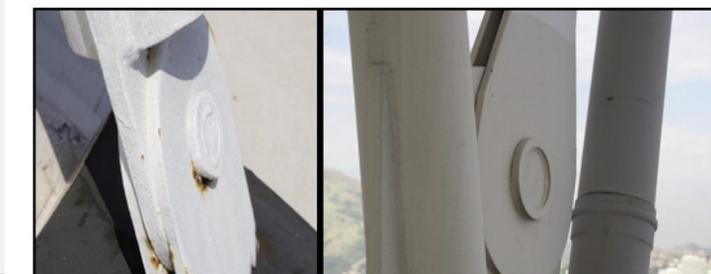
Contrapondo a realidade do que foi encontrado à tese levantada pelo Consórcio Engenhão e pela Comissão Especial da Prefeitura, pode-se notar que o modelo formulado para fundamentar a interdição do estádio apresenta falhas.

Um de seus principais argumentos é o de que a cobertura encontrar-se-ia instável com uma carga de vento acima de 63 km/h (comuns no Rio de Janeiro) e poderia chegar ao colapso se submetida a tal pressão. Os fatos comprovam: o Engenhão foi, por diversas vezes, atingido por ventos acima de 63 km/h sem que houvesse qualquer movimentação anômala em sua estrutura, desde a sua inauguração, em 2007, até a sua interdição, em 2013.

Todos os cálculos para o projeto do Engenhão foram baseados em ensaio de túnel de vento do renomado laboratório canadense RWDI. Mas, em sua análise, a empresa alemã SBP utilizou-se de resultados da simulação feita pelo laboratório Wacker, também alemão. Comparando as duas metodologias, percebe-se claramente que os modelos empregados são similares, mas este último, na interpretação e consideração dos resultados da simulação em túnel de vento, superdimensionou a carga, induzindo a erro o resultado do laudo.

É curioso o fato de que o mesmo laboratório Wacker utilizou para outros estádios semelhantes no Brasil critérios completamente distintos, com estimativas de carga muito inferiores àquelas adotadas para o Engenhão, inexplicavelmente.

Fatores cruciais, como a localização



Rótulas dos arcos, tirantes e pendurais com revestimento de tinta intacto, um dos indícios de que não houve qualquer movimentação da estrutura



Utilização de cabos de aço e teflon para forçar encaixes dos elementos, o que provocou desalinhamento de treliças, flambagem localizada e esmagamento de peças da estrutura decorrentes do procedimento de montagem do Consórcio Engenhão

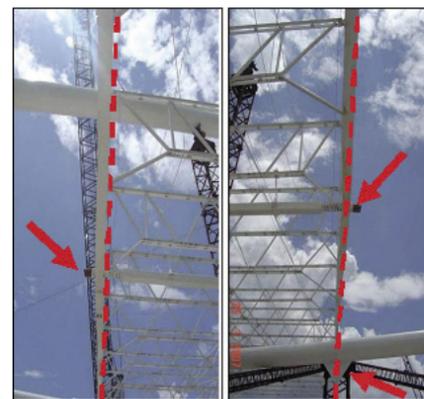
geográfica e a direcionalidade dos ventos foram simplesmente desconsiderados.

Outro ponto ignorado pela Wacker é a topografia do entorno do estádio. Todos que conhecem o Rio de Janeiro já notaram a imensa cordilheira situada lateralmente ao Engenhão. Esse relevo exerce o papel de uma enorme barreira, que protege a construção de ventos de maior intensidade.

A omissão desses aspectos distorceu a interpretação da análise dos resultados do túnel de vento e, conseqüentemente, o laudo da SBP, que provocou a interdição desnecessária do estádio.

Novamente, vale ressaltar que em nenhum momento, durante seus sete anos de vida, mesmo com ventos que ultrapassaram 100 km/h, a estrutura do Engenhão apresentou qualquer sintoma de deformação excessiva ou fragilização estrutural de sua cobertura.

O que o trabalho de análise identificou foram desalinhamentos na estrutura



Desalinhamentos das tesouras provocado por falhas de montagem por parte do Consórcio Engenhão

do estádio. Mas essas deformações são decorrentes da grande dificuldade de execução e de falhas de montagem e não de carregamentos oriundos do funcionamento estrutural, ao contrário do que o Consórcio Engenhão apontou.

Para entregar o Engenhão, uma construção de grande magnitude e complexidade, o consórcio responsável pela finalização da obra lançou mão de expedientes para “forçar” o encaixe de elementos metálicos da cobertura, com a utilização de cabos de aço e guinchos. Esses artificios de fato acabaram por empenar peças e partes da estrutura, criando a aparência de desalinhamento geométrico, mais tarde atribuída, erroneamente, a “movimentações estruturais”.

Apesar do prejuízo estético ocasionado, de forma alguma a segurança do Engenhão foi comprometida.

Dentre as evidências de que todas as deformações são originárias da época da montagem da cobertura, merece especial destaque a condição das inúmeras rótulas pintadas: em nenhuma delas houve ruptura do revestimento de tinta, o que seria o primeiro sintoma de movimentação da estrutura. Outro claro indicio de que a estrutura estava íntegra está no perfeito estado de todas as conexões parafusadas das telhas, que estavam intactas, como se constatou nas inspeções.

CONCLUSÕES

A partir do que foi apresentado, o trabalho de perícia da cobertura do Engenhão permitiu concluir que:

- As premissas e conceitos adotados no projeto estão corretos.
- A estrutura metálica da cobertura projetada era estável.

- Os desalinhamentos dos elementos da cobertura decorreram da grande dificuldade de execução e falhas de montagem.

- Não foram observadas anomalias decorrentes de esforços que levassem à instabilidade e/ou de comportamento anômalo da estrutura.

- Os diversos cálculos teóricos apresentados, com suas diversas considerações de modelagem, não condizem com a realidade física verificada no procedimento da montagem local da estrutura, devido principalmente, à grande dificuldade de execução

e de montagem.

- Com a modificação do procedimento de escoramento e montagem de pontos localizados de conexão, permitiu-se uma maior maleabilidade da estrutura, acarretando deslocamentos maiores que os previstos no modelo teórico adotado em projeto.

- Pela análise, a estrutura apresentou comportamento compatível com os procedimentos de execução e montagem até a sua estabilização, quando do descimbramento total da estrutura, encontrando-se em carregamento normal desde a sua execução em 2007 e sem anomalias que caracterizem uma instabilidade estrutural.

- No que diz respeito à relação entre as cargas de vento sobre a estrutura e os deslocamentos observados, é fato técnico que os maiores deslocamentos foram observados quando a estrutura encontrava-se sem telhas. ↻

* **Gilberto Adib Couri**, DSc, professor titular da UFF
E-mail: gilcouri@gmail.com

** **Flávio D'Alambert**, engenheiro civil pela Escola de Engenharia Mackenzie, diretor técnico do Projeto Alpha Engenharia de Estruturas
E-mail: flavio@projetoalpha.com.br

*** **Ricardo Assumpção de Almeida**, engenheiro civil pela Escola de Engenharia Mauá, sócio-diretor da Dirceu Franco de Almeida Engenharia Consultiva Ltda.
E-mail: ricardo@dfaengenharia.com.br

**** **Marcelo Assumpção de Almeida**, engenheiro civil pela Escola de Engenharia Mauá, sócio-diretor da Dirceu Franco de Almeida Engenharia Consultiva Ltda.
E-mail: marcelo@dfaengenharia.com.br

***** **Fernando Assumpção de Almeida**, engenheiro civil pela Escola de Engenharia Mauá, sócio-diretor da Dirceu Franco de Almeida Engenharia Consultiva Ltda.
E-mail: fernando@dfaengenharia.com.br

CONCESSÕES E PARCERIAS PÚBLICO-PRIVADAS (PPPs)

Síntese de comentários e recomendações

O Instituto de Engenharia, consciente do papel da engenharia nacional no desenvolvimento de concessões e parcerias público-privadas (PPPs) para a implantação

de novas infraestruturas de logística e mobilidade, promoveu uma mesa-redonda, no dia 12 de novembro de 2015, em sua sede, para interpretar com especialistas do setor privado as condições de contorno que abrangem a estruturação e a modelagem de projetos de parceria do governo com o setor privado.

Os especialistas reunidos expuseram suas visões, cujos comentários e recomendações estão expostos neste documento.

POLÍTICA DE PARCERIAS

A expansão da infraestrutura desempenha papel histórico em políticas anticíclicas, pois está relacionada à “socialização do investimento”, ou seja, o de criar um nível de investimento para não permitir que a atividade econômica venha cair. O investimento – nos setores de mobilidade, rodovias, ferrovias, portos e aeroportos – induz o crescimento, o desenvolvimento econômico social e contribui, fortemente, para incrementar a competitividade de produtos e serviços brasileiros.

A participação da iniciativa privada se apresenta como alternativa viável para o suprimento das necessidades de infraestrutura não atendidas satisfatoriamente pela atuação exclusiva do setor público, na medida de sua demanda. Para tanto, precisa receber diretrizes e o planejamento adequado para que ela realize investimentos, encontre soluções inovadoras e tenha retorno financeiro.

Os projetos de parceria precisam ser estruturantes e dispor de arcabouço institucional que proteja o benefício socioeconômico e o resultado do empreendedor para não serem impactados durante os ciclos eleitorais. Nos projetos estruturantes, a dotação orçamentária pública deve ser suficiente para garantir e mobilizar capitais privados e, o contrato deve ser feito de maneira que a lucratividade esteja condicionada ao resultado social, coerente com o objetivo público.

A implantação de projetos de parce-

rias, combinando capitais privados aos capitais públicos, deve estar enquadrada no Plano Plurianual (PPA), na Lei de Diretrizes Orçamentárias (LDO) e no Orçamento Anual, que constituem a estrutura vigente de planejamento e ordenamento fiscal de longo prazo. A consistência fiscal de longo prazo, nos projetos de parceria, deve obedecer à legislação existente, que equipara o compromisso contratual às responsabilidades de endividamento externo.

Nas parcerias, quem paga (através da tarifa) é o usuário, diferente da contratação direta pelo poder público, onde o cidadão que paga na forma de contribuinte – não existe serviço de uso gratuito, existe serviço público que é pago pelo contribuinte e, existe serviço público que é pago pelo usuário.

ESTRUTURAÇÃO DE PROJETOS

Os projetos de parceria precisam reunir eficiência e previsibilidade para assegurar a atratividade do investidor privado, bem como sua bancabilidade sob a ótica dos financiadores e demais “stakeholders”. Sem a coordenação desses fatores, cria-se uma incerteza, que é muito pior que a crise econômica.

Pela extensa regulamentação existente nos Decretos vigentes de Manifestação de Interesse Privado, o Chamamento Público para competição entre projetos do setor privado, tornou-se quase um processo licitatório. É preciso, portanto, definir com clareza o processo de escolha de bons projetos e criar um ambiente que facilite a conversação entre o ente público e o proponente do setor privado, pois com o diálogo prejudicado, o resultado poderá ser a montagem de projetos desestruturados (Frankenstein). É importante também que haja um encadeamento lógico e que não se perca a identidade, a funcionalidade e a coerência técnica do projeto, evitando comprometer sua qualidade final e resultado.

A solicitação, através do Chamamento Público, para que setor privado assuma o detalhamento dos estudos de estruturação dos projetos de concessão e PPP, demanda um processo demorado e caro, com custos em projetos de engenharia, estudos de

mercado, viabilidade ambiental e econômico-financeira e jurídico-institucional.

Na avaliação técnica e escolha do projeto pelo poder público, o mais importante será estabelecer referências que são condizentes com o preço de mercado e não tentar aferir se o privado está colocando sobrepreço. O preço de reserva somente será conhecido na licitação.

Ao poder público cabe definir diretrizes, funcionalidades e utilidades da prestação de serviço concessionado, bem como os indicadores qualitativos e o objeto da prestação de serviço, da maneira mais clara e inequívoca possível, emprestando, todavia, a flexibilidade necessária ao concessionário para que projete sua operação da forma mais eficiente. Cabe ao setor privado ter flexibilidade para desenvolver a melhor solução de engenharia, a partir da definição do nível de qualidade dos serviços exigidos pelo poder público.

Como forma de mitigar riscos que onerem o CAPEX, o Poder Público deve providenciar o licenciamento ambiental prévio do empreendimento, pois tem mais condições de buscar junto aos órgãos ambientais e às comunidades as soluções mitigadoras. As demais licenças (Instalação e Operação) devem ser de responsabilidade do privado, que geralmente trabalha com a hipótese de existir no contrato de concessão, com cláusula de um gap de investimento entre um mínimo quantificado e o máximo de risco que se terá (nunca se sabe o que pode ocorrer numa obra, questões arqueológicas e geológicas podem alterar os custos previstos). Se o gap é ultrapassado, ativa-se o reequilíbrio econômico-financeiro do contrato.

MODELO DE NEGÓCIO

Bons projetos devem necessariamente: fazer sentido (suprir uma necessidade pública real); ter capacidade de pagamento (ter a demanda e receita quantificada); ter uma estrutura de garantias consistente e alocar os riscos a quem melhor souber lidar com eles – sem a possibilidade de securitização dos riscos, o setor privado jamais assinará contrato.

Os projetos de parceria devem prever uma correta identificação, quantificação