

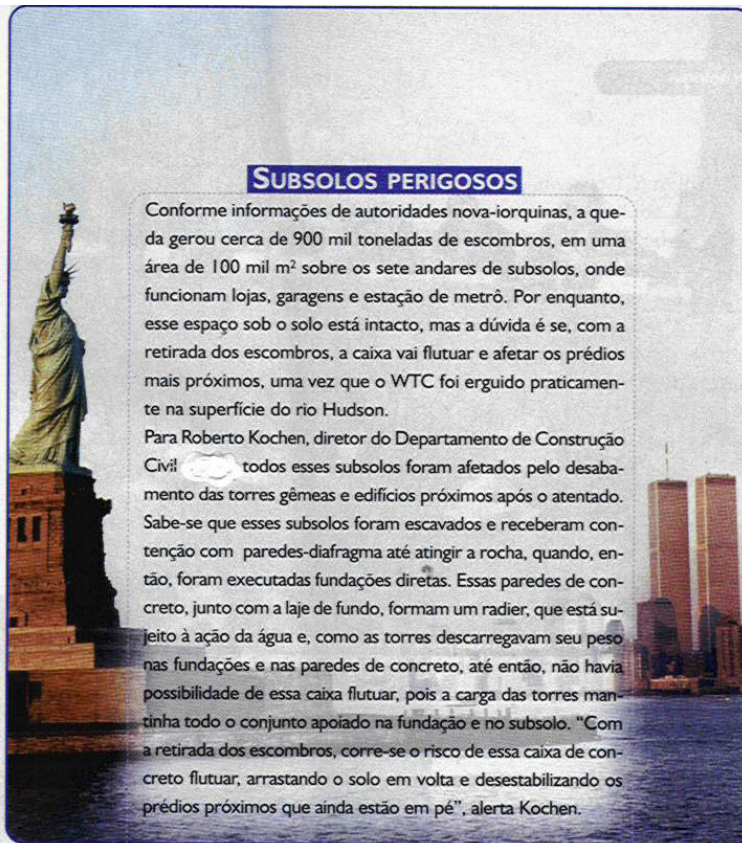
Um balanço da tragédia

Especialistas explicam por que estrutura metálica das torres gêmeas do World Trade Center, em Nova York (EUA), ruiu. Subsolos ainda podem trazer perigo, depois da retirada dos escombros

Juliana Nakamura

Diversas questões foram levantadas junto com a poeira das torres gêmeas do World Trade Center, em Nova York (EUA). Uma delas é como os sólidos arranha-céus de 110 andares erguidos em estrutura de aço, e que levaram sete anos para serem construídos, demoraram pouco mais de uma hora para ir ao chão, após o atentado terrorista de 11 de setembro. Concluídas em 1976, as torres de 417 m e 415 m de altura ocupavam a quarta e quinta posição entre os edifícios mais altos do mundo. Há dúvida ainda se a retirada dos escombros poderá afetar as fundações dos prédios vizinhos. Isso porque os subsolos, profundos, que adotam como contenção paredes-diafragma e funcionam como uma caixa, podem flutuar no momento em que for retirado o peso do entulho, uma vez que o WTC foi erguido praticamente na superfície do rio Hudson (veja box).

Segundo o engenheiro e professor do Departamento de Engenharia de Estruturas e Fundações da Escola Politécnica da USP, Mário Franco, que fez um estudo sobre o colapso do WTC, não foi apenas um, mas uma série de fatores que culminaram no desabamento das torres, símbolos da identidade norte-americana. Cada prédio contava com estrutura metálica de seção quadrada de 63 m x 63 m. Em cada uma das quatro fachadas havia 57 pilares periféricos metálicos, extremamente delgados, com 35 cm x 35 cm, com distância de um metro entre eles. No pavimento acima do térreo, esses pilares compunham módulos três em três, totalizando 19 pilares espaçados a cada 3 m. Nos quatro cantos, havia mais dois pilares e, no núcleo dessa estrutura em forma de caixa, não existiam pilares-parede de concreto, exceto os pilares de aço do núcleo dos elevadores. O vão formado entre a fachada e esse núcleo era de aproximadamente 18 m.



SUBSOLOS PERIGOSOS

Conforme informações de autoridades nova-iorquinas, a queda gerou cerca de 900 mil toneladas de escombros, em uma área de 100 mil m² sobre os sete andares de subsolos, onde funcionam lojas, garagens e estação de metrô. Por enquanto, esse espaço sob o solo está intacto, mas a dúvida é se, com a retirada dos escombros, a caixa vai flutuar e afetar os prédios mais próximos, uma vez que o WTC foi erguido praticamente na superfície do rio Hudson.

Para Roberto Kochen, diretor do Departamento de Construção Civil, todos esses subsolos foram afetados pelo desabamento das torres gêmeas e edifícios próximos após o atentado. Sabe-se que esses subsolos foram escavados e receberam contenção com paredes-diafragma até atingir a rocha, quando, então, foram executadas fundações diretas. Essas paredes de concreto, junto com a laje de fundo, formam um radier, que está sujeito à ação da água e, como as torres descarregavam seu peso nas fundações e nas paredes de concreto, até então, não havia possibilidade de essa caixa flutuar, pois a carga das torres mantinha todo o conjunto apoiado na fundação e no subsolo. "Com a retirada dos escombros, corre-se o risco de essa caixa de concreto flutuar, arrastando o solo em volta e desestabilizando os prédios próximos que ainda estão em pé", alerta Kochen.

Também entre o núcleo e a periferia existiam 125 vigas-treliças metálicas articuladas e, completando a estrutura, foram utilizadas lajes de concreto de 10 cm de espessura sobre steel deck. Além disso, as treliças, que se apoiavam nos pilares do lado do núcleo, eram suportadas por coxins de neoprene, de modo a impedir qualquer transferência de cargas horizontais para o núcleo. "O conjunto dos pilares externos, solidarizados entre si pelas vigas periféricas, formava um tubo estruturado, cujas propriedades mecânicas eram alteradas pelo fato de não ser constituído por paredes contínuas, em função das aberturas das janelas", afirma Franco. "O 'tubo' não transmitia cargas horizontais ao núcleo. Esse foi o único edifício que já conheci em que o núcleo não foi utilizado como sistema estrutural", explica o engenheiro, que participou de um encontro com os principais especialistas do País em estrutura, tecnologias de construção, mecânica de solos e fundações, pro-

movido pelo Instituto de Engenharia de São Paulo (IE) para levantar informações e consolidar opiniões sobre o desabamento ocorrido nos EUA. "Essa estrutura é muito bonita, quase um teorema, e sem nenhum elemento redundante", admira Mário Franco. "Acho muito difícil que alguém consiga reconstruir essas torres como elas eram", lamenta.

Combinação explosiva

Embora bem resolvida e resistente, depois do atentado viu-se que a estrutura projetada pelo arquiteto Minoru Yamasaki, morto em 1986, não era capaz de suportar um impacto qualquer. De acordo com o engenheiro Mário Franco, um dos possíveis pontos fracos estava nas juntas entre vigas e pilares. No WTC, as vigas de fachada eram ligadas uma a outra por uma junta com 12 parafusos de cada lado. Já os pilares eram conectados à meia altura, também por meio de parafusos. "Essa estrutu-



Especialistas em estruturas debatem colapso do WTC, no IE (SP)

ra foi toda montada como se fosse um jogo de armar com esses elementos. Se observarmos, veremos que cada módulo de pilares manteve sua integridade”, comenta o engenheiro. Ainda segundo ele, o mesmo não aconteceu nas conexões entre esses módulos de pilares. “Em todas as juntas que observei, a ruptura se deu nos parafusos de alta tensão. A chapa não foi rasgada, mas os parafusos sumiram. Isso nos faz pensar que, em projetos de aço, as ligações deveriam ser melhores. Talvez o prédio resistisse por um tempo um pouco maior e mais vidas fossem salvas”, supõe.

Outro fator decisivo para o rápido colapso do edifício pode ter sido a adoção de elementos estruturais extremamente esbeltos, de apenas 35 cm. “Uma estrutura mais massuda, com componentes menos microscópicos teria mais chance de resistir ao impacto”, acredita o engenheiro Valdir Pignatta e Silva, que também é presidente da Comissão de Estudos de Segurança das Estruturas em Situação de Incêndio. Mário Franco diz que a estrutura, em seu conjunto, é extremamente rica, mas localmente ela é delgada. “Se compararmos com a Torre Norte do Centro Empresarial Nações Unidas (Cenu), que projetamos aqui em concreto, em São Pau-

lo, onde temos pilares de 1 m x 1 m a cada 7,5 cm, o World Trade Center era esbelto demais. No caso da Torre Norte, é mais fácil quebrar o avião do que o prédio ruir”, complementa Mário Franco.

Considerando todas essas características dos dois edifícios, ao que tudo indica, o que aconteceu no dia 11 de setembro em Nova York foi um conjunto de eventos sucessivos que provocaram o desabamento do WTC, como uma demolição proposital controlada. A Torre Norte, a primeira a ser atingida, foi acertada em sua parte central pelo Boeing 767, causando a ruína das estruturas laterais do edifício, assim como dos pilares do núcleo. Na sequência, a proteção ao fogo da estrutura metálica e todos os demais dispositivos de segurança contra incêndio, como os sprinklers, foram destruídos com a explosão na parte interna do prédio, provocada pela fatal mistura do impacto com os milhares de litros de combustível contidos na aeronave.

Para agravar ainda mais a situação, como se tratava de um incêndio à base de hidrocarbonetos, a temperatura do local se elevou rapidamente, provocando a perda de elasticidade da estrutura. “Apenas um incêndio comum não destruiria o World Trade

Center. Se não houvesse ruptura do material de proteção da estrutura metálica, o edifício agüentaria tanto quanto num incêndio convencional”, diz Pignatta. “O fato do edifício ter resistido mais de uma hora, prova que se tratava de uma estrutura sadia”, justifica o engenheiro Mário Franco. “Os pilares conseguiram sustentar a carga dos andares de cima até que, com o aumentar da temperatura, foram perdendo as propriedades mecânicas, chegando a ponto de ceder”, continua. Na Torre Norte, acima da área destruída pelo avião, havia 10 andares de 3.600 m² cada, cujo peso total é avaliado em cerca de 2.400 tf por andar.

Já a segunda torre foi atingida no canto, fazendo com que um dos lados fosse mais prejudicado do que o outro, provocando uma destruição desequilibrada e mais acelerada. Essa seria a justificativa para que, ao contrário da primeira torre, esse prédio tenha se inclinado antes de descer. “Na prática, sem que os terroristas almejassem esse resultado, a combinação dos efeitos acabou sendo agente detonante, levando ao aparecimento de um espaço vazio no meio do edifício. Isso gerou uma implosão semelhante à realizada com explosivos, e que faz com que os prédios caiam de forma direcionada”, analisa o engenheiro de Minas, Manoel Jorge Diniz Dias, especialista em demolições.



Franco: causas múltiplas

Mitos caem por terra

Após a catástrofe no centro financeiro norte-americano, muito se especulou sobre as possíveis causas do acidente. Uma das justificativas para o colapso que mais ganhou espaço na mídia foi a de que havia, no topo de cada uma das torres, uma massa oscilante controlada por computador, cuja força de inércia conseguiria amortecer as oscilações provocadas pelo vento. “Nesse caso, não há massa oscilante nenhuma”, assegura Mário Franco. “O que havia eram cerca de 10 mil grandes amortecedores visco-elásticos inseridos nas vigas-treliças de contraventamento de cada torre. Tanto é que esses edifícios chegaram a registrar, diante de ventos fortes, uma oscilação lateral de uma amplitude de 90 cm no topo”, continua. “Como se sabe, as estruturas metálicas têm um amortecimento baixo, da ordem de 1% do crítico, enquanto as estruturas de concreto têm amortecimento de 2%.”

Outro motivo de dúvida diz respeito ao desmoronamento do edifício 7, de 47 pavimentos, que pertencia ao complexo WTC, além da queda parcial do Hotel Marriott que também ficava próximo ao local. Uma das hipóteses cogitadas é a de que os prédios não tenham resistido ao abalo sísmico provocado pela explosão e queda das duas primeiras torres. Segundo uma estação de sismologia da Universidade Columbia, a 20 quilômetros do centro de Nova York, apenas a queda da Torre Norte teria atingido 2,4 pontos, na escala Richter que vai de 0 até 9.

A maior parte dos especialistas procura não associar o desabamento do WTC com o fato de ele ter sido construído com estruturas metálicas, em vez das de concreto, solução mais empregada no Brasil e também mais resistente a altas temperaturas. No entanto, alguns reconhecem que o aten-

tado pode gerar algum receio quanto ao uso do aço nas construções, quanto à construção de edifícios altos e, principalmente, quanto à utilização de elementos estruturais esbeltos. “Uma tragédia como essa gera mudanças profundas no mundo e, é claro, também na construção civil”, acredita o engenheiro Augusto Carlos de Vasconcelos. “Vamos ter de pensar bastante antes de erguer novos edifícios ícones e novos arranha-céus”, complementa Valdir Pignatta e Silva. “A maneira de se construir torres esbeltas



Koehen: muda a forma de projetar

deve mudar. Deve haver mudanças quanto à concepção desses empreendimentos, implicando em maiores limitações do tamanho dos vãos e da altura dos prédios”, conclui Koehen.

Desastre financeiro

Manhattan perdeu cerca de 2,4 milhões de m² de escritórios comerciais no atentado contra o World Trade Center. O levantamento é da Jones Lang LaSalle, uma das maiores consultorias imobiliárias do mundo. Conforme a companhia, somente os prejuízos decorrentes de perdas de propriedades imobiliárias somam US\$ 10 bilhões.

O número envolve 1,2 milhão de m² totalmente destruídos. Outros 214 mil m² foram danificados estruturalmente por incêndios, quedas de escombros ou desabamentos. O estudo da consultoria não informa se essa metragem poderá retornar ao mercado. A Jones Lang também relaciona outros 990 mil m² danificados, mas com potencial de voltar ao mercado imobiliário em prazos variados. Desse total, 530 mil m² poderão ser ocupados em menos de 12 meses após reparos rápidos. Outros 460 mil m² precisarão de mais de um ano para serem recuperados.

Além dos danos já relacionados, a consultoria também espera que outros 1,9 milhão de m² saiam do mercado nos próximos 12 meses, em decorrência do atentado. Após as perdas, o mercado de escritórios comerciais de Manhattan soma 30,5 milhões de m². O volume ainda o coloca como o segundo maior estoque do mundo, após a cidade de Tóquio. Manhattan responde, agora, por 59% do estoque da região metropolitana de Nova York.

Até 11 de setembro, Manhattan possuía 2,4 milhões de m² vagos ou sublocados. “Na perspectiva econômica global, o cenário mais provável será um retorno aos negócios, com cautela e receio”, prevê Jacques Gordon, diretor internacional e vice-chairman de pesquisa mundial da Jones Lang LaSalle. “Não imaginamos, porém, uma revoada de inquilinos e capitais dos distritos centrais comerciais, mas a demanda será muito mais forte nos mercados suburbanos. Como exemplo, mesmo depois de muitos ataques terroristas do IRA (organização irlandesa), o bairro City de Londres ainda era considerado mercado preferencial. No entanto, localidades suburbanas eram igualmente consideradas alternativas de ocupação”, finaliza. ▲