

Obra

## Estrutura premiada

Com pilares inclinados e fachada curva, Infinity Tower encontra estabilidade no core rígido sobre bloco único de fundação. Projeto venceu na categoria edificações do Prêmio Abece

Ana Paula Rocha

### Resumo

#### Infinity Tower

Localização: **Rua Leopoldo Couto de Magalhães Júnior, 700**

Construção: **Método Engenharia/ Amy Engenharia/Lucio Engenharia/Omar Maksoud Engenharia/GTIS Partners**

Área do terreno: **9.076,95 m<sup>2</sup>**

Área construída: **74.570,00 m<sup>2</sup>**

Altura da torre: **105 m**

Pavimentos: **cinco subsolos, térreo, mezanino administrativo, mezanino técnico, 18 pavimentos e cobertura**

Elevadores: **três de subsolos, cinco na zona baixa, quatro na zona alta e um emergência**

Volume de concreto: **18.607,86 m<sup>3</sup>**

Aço: **2.083.639,34 kg**

Início da obra: **jan/2010**

Término de obra: **fev/2012**



Empreendimento comercial Triple A tem fachada curva, inclinada e revestida com pele de vidro



Vigas são nervuradas e laje maciça tem 10 cm de espessura

Vencedor do Prêmio Talento Engenharia Estrutural na categoria Edificações em 2011, o Infinity Tower, localizado no Itaim Bibi, em São Paulo, tem na arquitetura o seu principal diferencial. O edifício apresenta duas fachadas laterais curvas e fachada frontal com dupla inclinação para fora e para dentro, passando para o observador a imagem da proa de um navio. A altura total da torre, da fundação até o ponto mais alto da fachada frontal, é de 130 m, sendo 105 m acima do pavimento térreo. A área construída é de aproximadamente 75 mil m<sup>2</sup>.

O edifício tem 28 lajes e é composto por cinco subsolos, térreo, dois mezaninos técnicos e 18 pavimentos com pé-direito de 4,68 m e área média de 2.200 m<sup>2</sup>. "O pé-direito acabado de piso a forro é de 3,15 m, sendo o usual de mercado 2,80 m. Isso dá uma sensação, para quem fica

em um andar baixo de que se está mais alto do que realmente está", afirma Steven Nazário, diretor de engenharia da Yuny Incorporadora. Cada pavimento pode ser utilizado por um ou ser dividido por dois locatários. No total, a área privativa locável do empreendimento está em torno de 35 mil m<sup>2</sup>.

A cobertura é utilizada como pavimento técnico, onde serão instalados três transformadores elétricos pesando entre 14 t e 21 t, três chillers cada um com 27 t, mais dez grupos geradores de 6 t cada, entre outros equipamentos. Na laje de cobertura dessa área está instalada uma grua circulante para a limpeza das fachadas de vidro, com peso de 21 t. Acima deste nível fica um heliponto.

Além disso, nos subsolos também há áreas técnicas, que abrigam dois depósitos para cada andar e uma doca segregada, exclusiva, totalmente separada do estacionamento, com barreiras e sistemas de triagem para motoboys, prestadores de serviço e até para parada de ônibus fretados. O prédio tem acessos tanto pela Rua Leopoldo Couto de Magalhães Júnior como pela Avenida Horácio Láfer.

O Infinity Tower pretende obter a certificação ouro do Leadership in Energy and Environmental Design (LEED). Para isso, tem recursos como aproveitamento da iluminação natural, circulação interna de ar, fontes alternativas para geração e economia de energia, e concepção de paisagismo e áreas verdes proporcionais ao tamanho do empreendimento, entre outras características.

### **Sistema estrutural**

A estrutura é convencional de concreto armado, mas também tem concreto protendido na parte frontal do prédio, onde os pilares se inclinam e geram vigas de grandes vãos, e na sacada, que tem 3,65 m de extensão.

O edifício tem distribuídos nas suas fachadas 16 pilares circulares, incluindo os dois inclinados, que foram determinados pelo partido arquitetônico. O diâmetro destes pilares é de 120 cm, da fundação ao primeiro pavimento, e de 90 cm, até o topo das fachadas; estes pilares tem carga média de 1.600 t. Já os dois pilares inclinados da fachada frontal têm 140 cm até o primeiro pavimento e 110 cm até o topo da fachada; a carga de cada um destes pilares é de 2.300 t.

"Para a execução dos pilares inclinados tivemos que fazer um estudo da fôrma para facilitar sua montagem e seu posicionamento na obra. Optamos por uma fôrma com um molde na parte interna que já gerava a inclinação do pilar", conta José Luiz Varela, sócio-gerente do escritório Aluizio D'Ávila Engenharia de Projetos, responsável pelo projeto estrutural. "Bastava o pessoal posicionar a fôrma na obra, definir o ângulo de planta da geratriz do pilar e depois checar as coordenadas do topo dos pilares. Isso agilizou bastante a montagem", continua.

No núcleo central do edifício foram concebidos pilares paredes e caixas de elevadores, que em conjunto com as vigas de grande altura, que interligavam estes pilares, mais o aporticamento com os pilares da periferia, garantiram rigidez suficiente para resistir às combinações de esforços das cargas gravitacionais, esforços devido ao vento e às cargas horizontais no sentido do eixo longitudinal do edifício, resultantes dos pilares inclinados da fachada frontal. Esses 12 pilares centrais se apoiam em uma única sapata, com uma área

de 750 m<sup>2</sup>.

Foram adotados três tipos principais de vigas. As que interligam os pilares possuem 60 cm x 120 cm e criam um vão de 19 m no primeiro pavimento e 12 m na laje da cobertura. Elas recebem nos andares ímpares uma laje protendida com balanço de 3,65 m em toda extensão do vão. As vigas que interligam os pilares ao núcleo são protendidas e têm 90 cm x 90 cm e altura limitada em função do forro, sendo o vão de 12 m no primeiro pavimento e chegando a 18 m na cobertura. Por fim, as vigas da fachada lateral, que se prolongavam em balanço de 6 m, foram apoiadas nos pilares inclinados e tinham seção variável na largura de 15 cm x 100 cm até 45 cm x 100 cm.

Para a execução dos pavimentos foram estudadas duas soluções. Na primeira, considerou-se o uso de sistema de cubetas plásticas com 45 cm de altura e espaçamentos entre nervuras de 60 cm, para vãos médios de 12 m. As nervuras eram protendidas com duas cordoalhas engraxadas. Já na segunda alternativa considerou-se a utilização de fôrmas de madeirite, com nervuras de 30 cm x 60 cm, espaçadas em média a cada 3 m e armadas convencionalmente para os vãos de 12 m, recebendo lajes de 10 cm de espessura.

Segundo o projetista estrutural, optou-se pela segunda alternativa levando-se em consideração questões executivas e econômicas bem como a eficiência estrutural. A laje atingiu uma espessura média de 28 cm.

### **Fundações**

A fundação do corpo e da periferia do Infinity Tower foi toda feita em fundação direta, sendo radier no núcleo central e sapatas isoladas nos pilares periféricos. "A fundação direta foi escolhida por ser uma solução mais rápida e econômica e porque o terreno tinha excelente resistência", explica Eduardo José Portella da Costa, projetista de fundações da Portella Alarcón Engenheiros Associados. O terreno é composto por uma camada superficial de solo sedimentar de argila siltearenosa, uma de areia fina e média muito argilosa e, por fim, uma de solo residual e silte/arenoso muito argiloso.



O nível de escavação foi da ordem de 20 m e a estrutura de contenção foi toda em parede-diafragma suportada provisoriamente por tirantes.



Os 12 pilares que compõem o núcleo central de rigidez do edifício estão apoiados em uma única sapata. Para minimizar os balanços em relação aos pilares de bordo, chegou-se a uma forma diferenciada, não retangular. "A sapata central é uma composição de dois trapézios, de dimensões médias de 17 m x 40 m. Já as sapatas dos pilares periféricos medem 5 m x 5 m", explica da Costa.

Única sapata suporta núcleo de inércia responsável pela estabilidade global do edifício

A fundação possui 120 cm de altura numa faixa próxima às extremidades, e de 240 cm

na área restante. A execução da sapata utilizou concreto autoadensável com fck de 35 MPa e gelo para controlar o calor de hidratação durante a cura. O serviço foi acompanhado pelos engenheiros Paulo Helene e Juan Gadea, da PHD Consultoria, desde a definição do traço até o acompanhamento da produção na usina e o recebimento do concreto na obra.

De acordo com o projetista estrutural, a execução da sapata central dividiu-se em quatro etapas por questões de logística, com concretagens de 60 cm feitas em quatro sábados consecutivos. O serviço foi realizado no final de semana devido à necessidade de se manter um caminhão de 8 m<sup>3</sup> descarregando a cada 12 minutos numa jornada contínua de dez horas de concretagem para cada camada. Foram utilizadas ainda quatro bombas, duas no nível da rua e duas bombas no nível da fundação.

### Obra

A construção do empreendimento foi dividida em duas etapas. A primeira envolvia a execução das contenções, escavações e a construção de um novo prédio para uma escola, que fazia parte do terreno e teve que ser removida para viabilizar o edifício. Essa escola foi colocada no canto do terreno e utilizou fundação semi-invertida em parede-diafragma e pilares em estacas barrete. A antiga construção foi demolida e iniciou-se a construção da segunda etapa da obra.



Vigas de transição do primeiro pavimento e dos pilares periféricos

De acordo com Nazário, desde a fase de fundações a construtora privilegiou a projeção da torre para começar o mais rápido possível a estrutura dessa área, parte crítica da construção. A periferia foi iniciada com o núcleo já avançado. Esta etapa exigiu um acompanhamento topográfico rigoroso da verticalidade dos pilares periféricos, executados em quatro etapas de concretagem e com emendas das armaduras longitudinais em luvas prensadas.

Já os pavimentos também demandaram um planejamento diferente. A área foi separada em duas regiões para viabilizar a concretagem de cada uma em dias diferentes. O serviço começou com a disposição das cordoalhas engraxadas no centro das lajes externas ao núcleo, acompanhando a curvatura do pavimento, em número tal que atendessem às prescrições do ACI-318, para o controle de variações volumétricas do concreto. As cordoalhas de 12,7 mm tinham ancoragens pré-blocadas nos extremos dos andares e na posição da junta de concretagem eram instaladas ancoragens ativas tipo "J", onde cada uma conectava um par de cordoalhas de cada lado. Quatro semanas após a concretagem da segunda região, a junta era limpa, tratada e concretada. Então executava-se a protensão das cordoalhas, cortavam-se os excessos e os nichos eram preenchidos.

Em função do comprimento dos pavimentos da torre variarem de 60 m no primeiro pavimento e 65 m na cobertura, foi prevista ainda uma junta seca de concretagem para possibilitar que os dois setores se retraíssem com uma fissuração dentro do aceitável, na fase de cura.

Com a estrutura concluída, partiu-se para o fechamento do prédio, feito com fachada unitizada, e a instalação da parte elétrica, hidráulica e de ar-condicionado. A construção finalizou com a montagem dos elevadores e da área técnica do prédio. "Toda a obra exigiu controle muito diferenciado por ser uma estrutura em elipse, o sistema construtivo tem tolerâncias maiores do que normalmente se utiliza", diz o diretor da Yuny. "Optamos então por um sistema de ancoragens com tolerância maior na fachada para que não tivesse que se refazer o serviço se eventualmente a estrutura saísse um pouco dos eixos", afirma o diretor da Yuny.

Segundo Nazário, quanto à logística, a execução da estrutura foi a mais desgastante porque os caminhões de concreto têm restrição de circulação na legislação municipal. Assim, após o horário limite era preciso parar a concretagem, quando houvesse condições, ou arcar com multas. Nas outras fases, conseguiu-se planejar melhor a entrada, saída e uso de caminhões de grande porte.

### **Ensaio de vento**

Devido à altura e à forma do edifício, o projeto precisou ser ensaiado em túnel de vento, realizado no Laboratório de Aerodinâmica das Construções da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.



Equipamento "place and boom" foi utilizado para a execução das lajes



Os trabalhos foram coordenados pelo professor Acir Mercio Loredó e resultaram num relatório onde constam os coeficientes de arrasto, momentos fletores com relação à base e momentos torsões para ventos aplicados de 15° em 15°. Os resultados de momentos fletores para as direções 0°-180° e 90°- 270° deram valores bem próximos aos de projeto, utilizando os coeficientes de arrasto obtidos na NBR 6123, o mesmo ocorreu com o momento tórsores levando em conta o efeito de vizinhança. No processamento final foram utilizados os coeficientes de arrasto fornecidos pelo relatório do ensaio de túnel de vento.

### **Dinâmica**

Com a colaboração do engenheiro Sérgio Stolovas, da STO Consultoria, foram feitas análises de conforto para os usuários devido à vibração do pavimento em função do caminhar dos usuários. Os pavimentos foram divididos em três regiões e, recorrendo à análise por elementos finitos, era pesquisada qual a população que, caminhando de maneira não sincronizada levaria a uma frequência que causasse um desconforto aos ocupantes do pavimento. Em todas as regiões os níveis de aceleração de pico obtidos ficaram abaixo do limite exigido pela ISO 2631-2, para edificações de uso para escritórios. Para a laje de cobertura onde se situam vários equipamentos que induzem vibrações na estrutura, foi feita análise para determinar a frequência natural, que serviu de parâmetro para o dimensionamento dos amortecedores destes equipamentos. O pavimento foi dividido em quatro regiões onde estavam localizados os equipamentos que induziam vibrações na estrutura, para cada uma delas foi determinada uma frequência natural.

### **FICHA TÉCNICA**

Construção: **Método Engenharia/ Amy Engenharia/Lucio Engenharia/Omar Maksoud Engenharia/GTIS Partners**; incorporação: **Yuny Incorporadora**; projeto de arquitetura: **Aflalo & Gasperini**; projeto de fundações: **Portella Alarcon**; projeto de estrutura de concreto: **Aluizio D'Ávila**; projeto de estrutura metálica: **Alaxis Engenharia**; projeto de instalações elétricas, hidráulicas e de telefonia: **Enit**; projeto de ar-condicionado: **Teknika**; projeto de automação e segurança: **SI2**; projeto de fachadas e esquadrias: **Iba**; terraplenagem: **Pelegrina**; sondagem: **Engesonda**; fundações: **JVS**; estrutura metálica: **Sunto/ Composite**; estrutura de concreto: **GBN**; fechamento: **RM/Turin/ MVCOM**; instalações elétricas, hidráulicas e de telefonia: **Qualieng**; segurança: **Jonhson Control**; acabamentos internos: **RM**; fachada: **Italux**; montagem eletromecânica: **Qualieng/ Ecogen**; pintura: **Isocor**; concreto: **Caue/Engemix**; aço: **Votoração**; blocos de concreto: **Calblock/Quitauna Fábrica de Blocos**; cimento: **Votorantim**; argamassa: **USI Argamassas/Parex do Brasil/Usina Bela Vista**; cerâmica, porcelanato e azulejo: **Cecrisa/Portobello/Eliane**; granito, mármore e pedras naturais: **Gramape**; pastilhas: **Jatobá/Glass Mosaic**; drywall: **Placo/Knauf**; portas: **Paraná Portas/Caciél/ Sunto/Metalika/Trox**; janelas de alumínio: **Schücco**; vidro: **Glassecc**; ferragens: **La Fonte**; tintas e vernizes: **Sherwin Willians/Tintas MC**; fios e cabos: **Phelps Dodge/ Royal Flex/Hiperfios**; tubos e conexões: **Kasakamoto/ Aquasystem**; pré-moldados: **Escactom Pré-Moldados de Concreto**; equipamentos: **LG/ Power Matic/Tropical/ Vibtech/Caterpillar**.