

# Abraço histórico

Para não interferir em patrimônio tombado, edifício vence vão de 44,4 m com viga protendida

Em plena avenida Brigadeiro Faria Lima, em São Paulo, um terreno de 20 mil m<sup>2</sup> mantém uma casa bandeirista, tombada em 1982 pelo Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico, Arqueológico, Artístico e Turístico (Condephaat) e que preserva o estilo de vida dos primeiros paulistas. A área da casa, 10 m de raio a partir dos limites da construção, inscreve uma área de 2 mil m<sup>2</sup> que não poderia ser tocada. Como conciliar isso com um moderno edifício comercial de grandes lajes?

O Brookfield Malzoni, projeto do arquiteto Marc Rubin, vence 44,4 m de

vão entre dois blocos, abarcando o imóvel histórico que precisava ser preservado. Acima do vão, sobem 12 andares no chamado bloco de transição, que liga as duas extremidades.

“De qualquer forma seria necessário vencer o vão”, conta o arquiteto. “Poderíamos ter abaixado a laje central, mas, deliberadamente, resolvemos aumentar a altura para dar a proporção que o vão tem hoje, valorizando esteticamente o conjunto e criando uma ligação visual no eixo da Faria Lima com a casa”, explica.

Foram feitas quatro vigas com 700 m<sup>3</sup> de concreto cada, sustentadas por oito pi-»



Divulgação: Brookfield

Uma área de 10 m de raio a partir da casa bandeirista, totalizando 2 mil m<sup>2</sup>, é tombada e não poderia ser tocada. A construção do empreendimento também implicou o restauro da casa

## RESUMO DA OBRA

Brookfield Malzoni

**Construção:** Brookfield

**Incorporação:** Brookfield/Grupo Victor Malzoni

**Projeto de arquitetura:** Botti Rubin

**Projeto estrutural:** Mario Franco (JKMF)

**Área do terreno:** 20 mil m<sup>2</sup>

**Área da casa bandeirista:** 2 mil m<sup>2</sup>

**Comprimento da viga no bloco de transição:** 44,4 m

**Altura dos pilares no bloco de transição:** 30 m

**Área das lajes interligadas:** 5.200 m<sup>2</sup>



Marcelo Scandaroli

lares com 30 m de altura acima do nível do solo para os 12 andares de edificação.

No projeto, foram estudadas diversas soluções. Uma das possibilidades seria a execução de vigas metálicas. Por questões logísticas, a solução foi inviabilizada, pois seria necessário interditar quatro faixas da avenida Brigadeiro Faria Lima por 21 dias para o lançamento das vigas – isso no melhor cronograma, sem imprevistos. A estrutura também ficaria mais pesada e mais cara. Outra opção teria sido o escoramento metálico com treliças presas nos pilares, também descartada por problemas de montagem. No final, a opção que se mostrou viável foi o escoramento desde o sexto subsolo até a altura do nono pavimento (em relação ao solo), ou seja, 20 m abaixo do solo e 30 m acima.

A área do terreno tem formato de “U”, cercado a área tombada. Os blocos de garagem A1 e B1 se situam nas extremidades do terreno, e os blocos de 19 andares A e B ficam acima de cada bloco de garagem correspondente, ligados pelo bloco C de transição. A ligação é feita no nono andar, e entre todos os blocos há uma junta de dilatação (quatro juntas no total).

A própria casa bandeirista também passou por uma reforma sob a responsabilidade da construtora, e executada por uma empresa especializada em restauro (*leia boxe*). A partir de arquivos originais que mostram a casa no século XVIII, um projeto de restauro foi elaborado, recu- »



Dividido em três módulos, o Brookfield Malzoni tem um bloco de 12 andares sobre um vão de 44,4 m e 30 m de altura

Marcelo Scandaroli



Uma das vigas do bloco de transição se encontrava sobre terreno tombado, e não era permitido montar o escoramento sobre esta área. A solução foi fazer um escoramento ao lado e deixar a viga em balanço



Divulgação: Brookfield

## Restauro do imóvel histórico

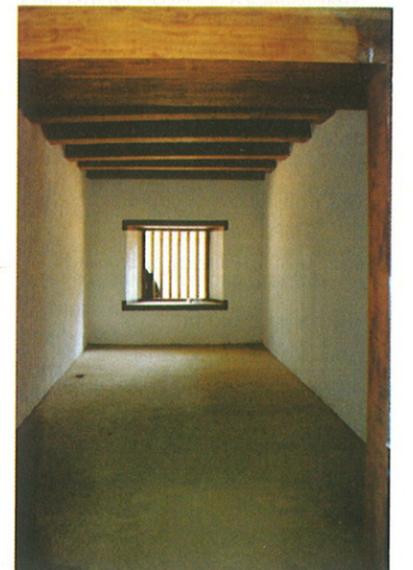
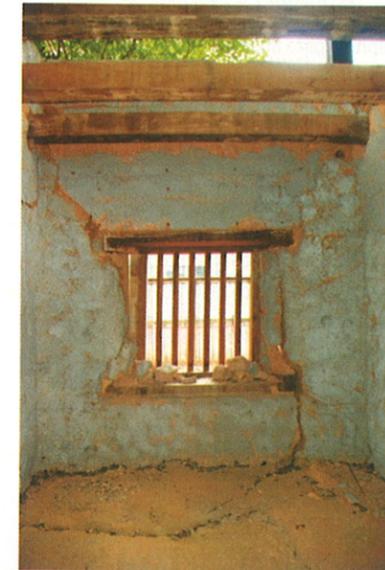
O primeiro pensamento que ocorreu à arquiteta Helena Saia ao chegar à Casa Bandeirista do Itaim, em outubro de 2010, dois anos depois da paralisação das obras de restauro, foi a de que o imóvel tombado havia sofrido uma catástrofe. Autora do projeto de restauro da sede da fazenda Itaim, construída no século XVIII em taipa de pilão (um dos seis únicos exemplares remanescentes do Ciclo Bandeirista na capital paulista), ela deixou a obra quase pronta em 2008, quando o Ministério Público Federal embargou os trabalhos no local, alegando que “estavam destruindo um sítio arqueológico”. A paralisação ocorreu em um momento crucial para a obra, quando estava sendo feita a estabilização das cortinas de contenção necessárias para a escavação dos subsolos do grande edifício vizinho. Com as obras paradas e expostas ao tempo, houve a deformação das placas de concreto e a conseqüente movimentação do solo onde a casa tombada está implantada. Profundamente atingida pelo recalque do terreno, as paredes restauradas do imóvel (em taipa de pilão ou recomposição estrutural ou complementação de trechos de solo-cimento apiloado, obedecendo ao sistema de entaipamento) sofreram fraturas verticais e horizontais, e o solo, rachaduras que atingiram profundidades superiores a 12 m. De acordo com o arquiteto José Saia Neto, do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (Iphan), que acompanhou toda a execução do trabalho, a restauração do terreno é inédita na história do restauro paulista. Grandes trincas separavam blocos de solo que ficaram instáveis e, com o chão encharcado pela chuva, funcionavam como canais subterrâneos que poderiam causar o colapso da área. A empresa Falcão Bauer, chamada pelos incorporadores, foi encarregada de monitorar as estruturas. O arquiteto Alberto Arruda, responsável pela obra de restauro, conta que, na retomada, a

primeira providência foi solucionar o problema das trincas. Nesse processo, foi utilizada uma argamassa seca de areia e cimento: a mistura descia até o final da trinca, preenchendo todos os espaços, e só então era colocada a água, que fazia a mistura reagir e endurecer. Na fase posterior, foi feita a desmontagem das paredes danificadas, realinhados os batentes danificados pelo rebaixamento do solo, refeitos os frechais em concreto

(na mistura da massa, em vez de brita, foi usada argila expandida, por ser mais leve), os executados reforços de concreto junto ao alicerce, tanto das paredes internas quanto das externas, e finalmente colocado o telhado. Na massa do revestimento das paredes, para evitar futuras trincas, foi usado polipropileno, de uso comum em regiões da Europa submetidas a terremotos.

Colaborou: Éride Moura

Fotos: divulgação Arruda Associados



perando-se praticamente toda a casa que se encontrava em ruínas.

### Fundação no limite

Quase todas as fundações do edifício são em sapata direta, com exceção de uma, que faz limite com a parede-cortina da área tombada. Se fosse sapata, seria

necessário invadir a área da casa bandeirista. Para este pilar específico foi feita estaca-raiz de 12 m de profundidade, sendo 8 m de solo e 4 m de rocha. As demais fundações somaram 43 sapatas.

O terreno não era regular em toda sua extensão. Uma boa parte, pouco menos do que a metade, apresentava

um solo bom. “Antes da retificação, o rio Pinheiros passava por aqui, então encontramos um terreno arenoso bom para escavação, com cascalho de rio e areia”, explica Gabriel Meibach Meneghin, gerente geral de obras da Brookfield.

Em menos da metade do terreno começam as alterações rochosas, com

## Controle tecnológico

Adotou-se rigoroso controle sobre a resistência e temperatura do concreto, principalmente nas vigas da estrutura de transição. O concreto autoadensável, misturado com gelo no lugar de água, chegava com 16°C. “Pelo estudo térmico, o concreto poderia atingir 75°C nos pontos mais críticos. Na execução, quando a temperatura chegou a 65°C, começou a cair, com grande alívio para nós”, relata Mario Franco, projetista estrutural. Foram instalados quatro termopares em cada viga de 44,4 m para medir a temperatura do concreto durante o lançamento e por duas semanas após, para monitorar se ele chegaria a temperaturas muito altas. Para baixar a temperatura, era feita cura úmida.

Para controle da temperatura, havia três funcionários da PHD (empresa de controle do concreto): um na usina, medindo a temperatura do concreto no carregamento; outro próximo às bombas, medindo a temperatura de chegada na obra; e outro acompanhava o lançamento, verificando se os termopares não eram atingidos e se não ocorria nenhum problema.

No controle tecnológico, uma equipe de cerca de 12 pessoas fazia o slump flow e moldava os corpos de prova para quatro, sete, 28 e 72 dias. “O concreto tinha  $f_{ck}$  50 MPa, e muitos corpos de prova chegaram a um  $f_{ck}$  70 MPa. Nenhum foi abaixo”, assegura Gustavo Fonseca, da Brookfield.

### Estrutura protendida

Nos subsolos e no térreo, as lajes são de concreto armado sem protensão. Já nos pavimentos-tipo, do primeiro ao 19º andar, as lajes são de concreto protendido – exceção é a primeira laje do bloco C, de transição, acima das grandes vigas de 44,4 m. “Como as vigas ficaram próximas, e havia as vigas de travamento para descarregar a



Fotos: divulgação Brookfield

carga, o projetista optou pela solução de não ser protendida”, conta Fonseca. Mesmo sendo o grande vão entre os blocos a maior estrela desta obra, há outros destaques como o vão de 15 m x 40 m em um bloco e 11 m x 60 m no outro. Nos pilares da fachada, foram feitos capitéis para absorver a carga: “Nessa região, os esforços são maiores, é necessária maior espessura. As lajes têm 20 cm e os capitéis mais 20 cm. Senão, seria preciso uma ferragem muito grande”, explica Mario Franco.

Os três blocos juntos somam uma área de 5.200 m². “A obra foi muito bem-executada, as flechas foram muito pequenas, da ordem das flechas iniciais previstas”, avalia Franco.

No início e término da fachada unitizada foram feitos pilares em estrutura metálica para vencer os vãos. Os painéis têm dois tipos diferentes de vidro: um para revestimento, outro sobre vigas e pilares. “Atrás do vidro mais escuro há alvenaria, e onde o vidro é mais claro, é a janela. O

vidro do vão é especial e mais caro; o vidro da alvenaria é mais comum e mais econômico”, conta o arquiteto Marc Rubin. “Foi uma solução de caráter plástico que desembocou em uma proposta técnica”, completa.

Também há estrutura metálica embaixo das vigas de transição, para permitir um acesso de manutenção e sustentar o forro. O forro é feito de painéis de ACM refletivos, formando um espelho. Como esta área será uma passagem livre para pedestres, com acesso à casa bandeirista, é possível ver o reflexo do movimento da calçada e também da avenida Brigadeiro Faria Lima. Sobre o edifício, está pronta a estrutura de um heliponto, para dois helicópteros, com pouso em um bloco e estacionamento no outro, com um caminho de rolamento sobre o bloco de transição. “O heliponto suporta uma carga de 12 t, de um helicóptero presidencial”, detalha Fonseca. O elevador de acesso exclusivo ao heliponto abre-se num alçapão metálico, em forma de cúpula.



As lajes do prédio são protendidas, com 20 cm de espessura mais capitéis nos pilares de fachada com 20 cm. Os vãos de laje chegam a 15 m x 40 m em um bloco e 11 m x 60 m no outro

uma dureza comparada à de um matacão. Depois, na área de todo o bloco A, a terra era muito firme e rochosa, e foi necessário rompedor hidráulico para fazer a escavação que uma escavadeira convencional não conseguia executar.

A contenção, de parede-diafragma de 50 cm de espessura, atingia a ficha de 6 m quando se conseguia escavar. “O clamshell vai escavando até chegar no terreno duro, quando temos duas opções: ou interrompe-se o processo, com autorização do projetista de contenção, ou coloca-se um trépano no clamshell, que funciona como uma ponteira, amolecendo o terreno”, descreve Gustavo Fonseca, gerente de obras da Brookfield.

“Em muitas lamelas da parede a escavação foi interrompida praticamente no nível do sexto subsolo, a máquina não descia mais”, conta Meneghin. A execução da parede-diafragma também contou com pré-furos, feitos por máquina de hélice contínua, que fazia três perfurações para cada lamela (sem concretagem). “A perfuração amolecia o solo no meio e nos cantos. Quando o clamshell escavava, essa parte já tinha perdido um pouco de resistência de confinamento”, acrescenta Fonseca.

Mesmo com uma escavação a 18 m de profundidade para a construção de seis subsolos abaixo dos blocos A e B, não houve problema com nível de lençol d’água, pois a região é muito ocupada, e as construções feitas no entorno alteraram há muito tempo o nível d’água. <<

Luciana Tamaki



Os pilares do vão central têm 30 m de altura e 1,50 m de largura. A partir do térreo, eles foram executados à frente das lajes

## FICHA TÉCNICA

Construção: **Brookfield**; incorporação: **Brookfield/Grupo Victor Malzoni**; projeto de arquitetura: **Botti Rubin Arquitetos Associados**; projeto de fundação: **Consultrix**; projeto de estrutura de concreto: **JKMF – Julio Kassoy e Mario Franco**; projeto de estrutura metálica: **Grupo 2 Engenharia de Estruturas**; projeto de instalações elétricas e hidráulicas: **SKK Engenharia de Sistemas Prediais**; projeto de automação: **Bosco & Associados**; projeto de ar-condicionado: **Teknika**; projeto de esquadrias de alumínio: **Mario Newton Leme Consultoria de Esquadrias**; projeto de impermeabilização: **Proassp**; projeto de paisagismo: **Benedito Abbud Arquitetura Paisagística**; consultoria de concreto: **PHD**; consultoria de sustentabilidade: **CTE**; sondagem: **Engesolos**; terraplenagem: **Irmãos Gomes Terraplenagem**; parede-diafragma: **Geofix**; tirantes: **Geofix/Enbrageo**; estaca-raiz: **Enbrageo**; drenagem: **Fundações Souza**; topografia: **Foirtes Benites Topografia**; fôrmas de concreto e armação: **Empreiteira Lino**; escoramento metálico (prédio): **Peri**; escoramento metálico das vigas de transição: **Mills**; controle tecnológico: **Concremat**; protensão: **Protende**; alvenaria: **Conforte/N&O**; piso cimentado: **MV Empreiteira**; execução

de laje pré-moldada: **Empreiteira Coelho**; forro acartonado: **Drywall Paulista/Parts**; forro de gesso e gesso liso: **Gesso Contínuo**; forro de PVC e parede em PVC: **M.A. Forros**; instalações elétricas e hidráulicas: **Temon**; automação: **Somitec**; ar-condicionado: **Isolev Instalações**; revestimento externo em massa: **N.D.A. Construções**; fachada unitizada: **Luxalum**; estrutura metálica da fachada: **Metallon**; estrutura metálica do térreo: **Tecnosystem/Metalúrgica Rota**; divisória sanitária: **Neoccon**; ETE: **Acquabrazilis**; impermeabilização: **Norobras**; sistema de limpeza de fachada: **Gondomatic**; isolamento térmico: **Ital/Guaratherm**; isolamento acústico: **Ital**; guias: **Grumont**; cremalheira: **Montarte**; piso elevado interno: **Fab Pisos**; piso elevado externo: **Fama Piso**; pintura: **Boreal Pinturas**; concreto: **Supermix**; aço: **Gerdau**; blocos de concreto: **J.B. Blocos**; cimento: **Votorantim**; cerâmica: **Cecrisa/Portobello**; granitos e mármore (tipos e subsolos): **Verona Granitos**; granitos e mármore (térreo): **Marmod’Oro**; drywall: **Knauf/Lafarge**; porta pronta: **Sincol**; molduras de concreto: **Casa Francesa**; esquadrias de madeira e deck: **Arthem Marcenaria**; esquadrias de ferro: **Art Moderna/Metalúrgica Rota**; vidro: **Glassecc/Vimolbrás**; ferragens: **Yale La Fonte**; escada rolante e elevadores: **Atlas Schindler**; restauro casa bandeirista: **Arruda Associados**.

## Como executar uma superviga

Seguramente, o maior desafio e grande destaque desta obra foram as vigas e pilares para vencer o vão de 44,4 m de comprimento e 30 m de altura. São quatro vigas em "T" de 6 m de altura, com 700 m³ de concreto cada, e oito pilares com 1,5 m de largura, bastante esbeltos. As vigas têm concreto de 50 MPa, e o resto da obra, incluindo os pilares, têm  $f_{ck}$  40 MPa. As duas vigas mais extremas têm 6 m de largura no banzo superior e 2 m na parte inferior, acompanhadas por pilares com 1,5 m x 2 m, e as duas vigas centrais, que recebem mais carga, têm 5,5 m de largura no banzo superior e 2,5 m na parte inferior, sobre pilares de 1,5 m x 2,5 m. Sob o eixo de cada dupla de pilares (que suportam cada uma das vigas) foi feita uma fundação, como um radier, para sustentar a carga de 700 m³ de concreto. "Quando chegasse a carga do escoramento durante a concretagem, ela se dissiparia no terreno, e não seria pontual", explica Gustavo Fonseca. Se entre um pilar e outro há 10 m de distância, a largura desse radier chegou a 7,5 m. Os pilares vieram desde o subsolo, executados junto aos andares de garagem. A partir do térreo, eles começaram a ser executados sempre 5 m à frente do pavimento-tipo, para dar mais tempo para sua armação, em fôrma

trepante. "No terceiro pavimento-tipo, o pilar já estava no quinto, para termos mais tempo para armar e também por interferência dos blocos: a junta de dilatação tem somente 2 cm, e estando o pilar à frente pudemos fazer o contorno da fôrma em volta do pilar, desenformar e passar para cima", explica Fonseca. A complexidade da execução da viga foi outro motivo que levou à execução de pilares solteiros: "A execução de fôrma, armação e concretagem da viga é muito mais demorada que de uma laje. Subimos o pilar primeiro e escoramos a viga sem esperar a laje, senão, acabaríamos o prédio e não as vigas", afirma Meneghin. Todas as vigas têm escoramento até o solo, com exceção da primeira, mais próxima à casa bandeirista. O escoramento estaria na projeção do terreno tombado. Foi feito, então, todo um escoramento ao lado, dentro do terreno permitido, e lançadas treliças para suportar a fôrma desta viga, que ficou em balanço. "Foi feito um escoramento para tirar o balanço dessa viga e diminuir o momento durante a concretagem. Havia treliças de 2,50 m de altura na parte superior", conta Fonseca. A primeira viga a ser concretada foi a viga 3, depois a viga 2. "Quando concretamos a viga 2, deixamos 46 tirantes Dywidag na viga para execução da viga 1. Para

concretar a viga 1, era uma obrigação ter concretado e protendido a viga 2", descreve Fonseca. Para a concretagem, foram usadas fôrmas de alumínio. Cada viga recebeu todo o concreto de uma só vez, em um processo que durava cerca de 36 horas para cada uma. Foi usado concreto autoadensável com gelo, o que limitou a capacidade dos caminhões-betoneira a 6 m³, num total de 110 caminhões por viga. "Duas bombas tinham suas tubulações derivadas em quatro pontos, de forma simétrica, bombeando por igual", descreve Fonseca. "Como o concreto era autoadensável, quem passou a limitante de tempo foi a própria fornecedora da fôrma, por causa do empuxo horizontal que o concreto exercia. Se o descarregamento fosse muito rápido, poderia estourar a fôrma", explica. Mesmo tratando-se de concreto



Para concretagem da viga 1, no espaço aéreo da área tombada, foram engastadas treliças na viga 2, ao lado



Armação da viga e cabos de protensão. Para as vigas centrais, foram usadas 24 bainhas de 24 cordoalhas, enquanto as mais externas receberam 18 bainhas de 24 cordoalhas



A grande quantidade de ferragens na armação praticamente obrigou o uso do concreto autoadensável

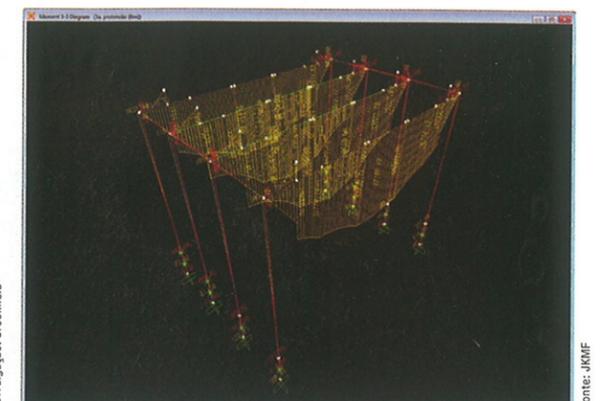
autoadensável, nos primeiros 2 m de altura o concreto era vibrado, para garantir a homogeneidade. Nos últimos 4 m, já não era necessário. "Como o concreto não precisava ser vibrado, a equipe era bem reduzida", conta Fonseca. Havia uma equipe diurna e outra noturna, que alternavam os turnos em um trabalho contínuo. As duas vigas centrais receberam 24 bainhas de 24 cordoalhas para protensão, enquanto as mais externas receberam 18 bainhas de 24 cordoalhas. "Diminuí a seção da viga e diminuí até a carga de protensão", diz Fonseca. Foram usadas

cordoalhas aderentes, com bainha metálica de seis polegadas. Todas as quatro vigas foram protendidas em três fases: com sete dias de concretagem, depois com a concretagem da laje do 13º pavimento (quatro andares a mais), depois com a concretagem do 19º, sendo um terço de carga em cada protensão. Meneghin lembra que "só podíamos fazer a protensão mediante consulta com o controle tecnológico do concreto. Atingindo a resistência, podese protender". No dia seguinte à protensão de cada viga

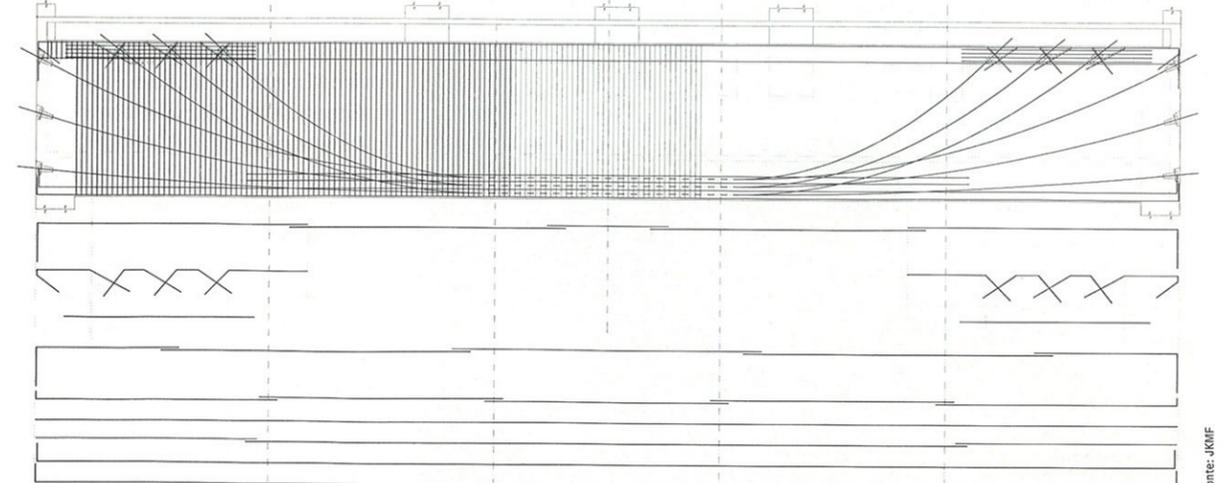
já se podia retirar todo o escoramento, ou seja, um terço da protensão das vigas dava condições para ela resistir ao peso próprio. "Se hoje se faz um reescoramento por 20 dias, aqui ficamos na base dos dez dias, por causa da protensão das vigas. Era muito rápido, o que foi uma vantagem de execução", afirma Fonseca. "O momento de cálculo nas vigas principais é de 60 mil tfm", conta Mario Franco, projetista estrutural. Depois de concretadas as vigas de 44,4 m, foram feitas vigas de travamento, ortogonais a elas, com 2,50 m de altura.



Diagrama de momentos após a última protensão e a última carga do edifício. O momento nas vigas chegou a 60 mil tfm



$$V2 = V3 \quad 50/90 + 200/600 + 2 \times 150/75 (2x)$$



Cablagem das vigas de transição. Cada 12 ancoragens ativas de um lado correspondem a 12 passivas do outro, protendendo-se dois cabos de cada lado para manter a simetria

0 2,5