

Colapso do edifício Wilton Paes de Almeida – SP: Lições aprendidas

J. Pacheco¹, D. Couto¹, P. Helene²

* Autor de Contacto: jessika.pacheco@concretophd.com.br

¹ PhD Engenharia, São Paulo, Brasil.

² Professor Titular da EPUSP. PhD Engenharia, São Paulo, Brasil

RESUMO

O colapso prematuro em apenas cerca de 80 minutos do edifício de concreto armado Wilton Paes de Almeida, projetado e construído na década de 60, surpreendeu a engenharia de estruturas de concreto. Incêndios anteriores, como o do Edifício Andraus, o Joelma e o Grande Avenida, construídos na mesma década de 60, resistiram a mais de 4 h de fogo sem colapsar e encontram-se atualmente em uso. Edifícios não podem colapsar em tão curto espaço de tempo pois inviabilizam a fuga e o trabalho dos bombeiros, colocando em risco toda uma vizinhança. Para entender as razões desse colapso inusitado, foi realizada uma cuidadosa investigação experimental das características e propriedades do concreto e da armadura empregados nessa estrutura. Com base em um "projeto estrutural hipotético" que considerou as características reais dos materiais empregados, foi possível traçar um diagnóstico que explica o mecanismo de ruptura do edifício. A partir desse diagnóstico foram estabelecidas recomendações para que casos como este não voltem a se repetir.

Palavras chave: colapso, edifício Wilton Paes de Almeida, diagnóstico.

ABSTRACT

The premature collapse of Wilton Paes de Almeida, a reinforced concrete building designed and built in the 60's, surprised concrete structures engineers. It happened in just about 80 minutes of fire. Previous fires, such as that of Andraus Building, Joelma and Great Avenue, built in the same decade, withstood more than 4 hours of fire without collapsing and are currently in use. Buildings can not collapse in such a short space of time because they prevent the escape and the work of firefighters, putting an entire neighborhood at risk. To understand the reasons for this unusual collapse, an experimental investigation of the characteristics and properties of concrete and reinforcement employed in this structure was carried out carefully. Based on a "hypothetical structural design" that considered the actual characteristics of the materials used, it was possible to draw a diagnosis that explains the mechanism of rupture of the building. Based on this diagnosis, recommendations were made so that cases such as this do not recur.

Keywords: collapse, Wilton Paes de Almeida building, diagnosis.

1. INTRODUÇÃO

Iniciado nos primeiros anos da década de 1960, o Edifício Wilton Paes de Almeida teve sua obra concluída em 1968 pela empresa construtora Morse & Bierrenbach, para servir de sede ao conglomerado de empresas do político e empresário Sebastião Paes de Almeida. O edifício ocupava um terreno de 650 m² e sua área construída somava 12.000 m² (Aleteia, 2018).

Com características do típico edifício miesiano, contava com uma estrutura em concreto armado, com apenas 04 (quatro) pilares de concreto armado recuados com seção “H”, sustentando lajes de concreto nervuradas na região central e maciças em balanço na periferia (Fig. 1). Na fachada, a espessura fina das lajes possibilitou o uso de uma caixilharia de alumínio igualmente delgada fixando as lâminas da “pele de vidro” de vidros verdes provenientes da casa *Rayban*.

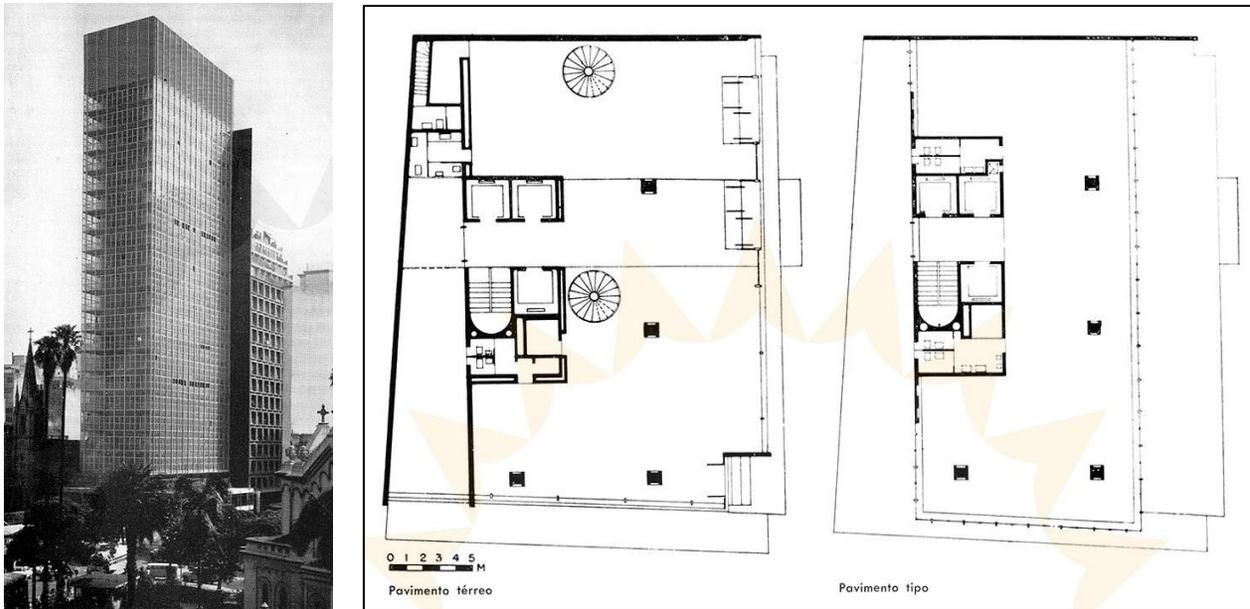


Figura 1. Vista do edifício Wilton Paes de Almeida e plantas dos pavimentos térreo e tipo (fonte: Revista Acrópole, 1965)

A principal empresa que ocupou o prédio no seu início foi a CVB (Companhia Comercial de Vidros do Brasil). Após um ano de atividade da CVB, o edifício contava com uma agência da Caixa Econômica Federal no pavimento térreo.

Considerado um marco do desenvolvimento por ser o primeiro edifício do país com fachada em pele de vidro, foi tombado em 1992 pelo Conselho Municipal de Preservação do Patrimônio Histórico, Cultural e Ambiental da Cidade de São Paulo (CONPRESP).

Posteriormente, o prédio receberia um posto do INSS e no início dos anos 2000 passou a abrigar a Polícia Federal. Durante esse período, não há registros de reformas significativas para manter o prédio em boas condições.

Anos mais tarde, os dois órgãos públicos deixaram o Wilton Paes de Almeida para que vazio ele fosse colocado à venda pela Secretaria do Patrimônio da União (SPU) do Ministério das Cidades, em fevereiro de 2015. Com a morosidade do processo e a ausência de interessados pela compra, o prédio foi invadido por pessoas pobres e sem moradia (News Rondonia, 2018).

Na madrugada do primeiro dia do mês de maio de 2018, um incêndio levou o edifício Wilton Paes de Almeida ao desabamento total. O incêndio teve início por volta das 01h30, e as chamas começaram por um provável curto circuito no quinto andar (G1, 2018).

Em pouco espaço de tempo, devido às características construtivas do prédio, o fogo se alastrou rapidamente pelos outros andares, tanto para cima (como esperado) quanto para baixo (não esperado), tomando conta de toda a estrutura, do térreo à cobertura. Por volta das 02h50, toda a edificação, ainda em chamas, desmoronou sobre si (Fig. 2), causando a morte de 07 pessoas e muitos prejuízos nas construções vizinhas assim como enormes transtornos a famílias e ao trânsito e livre circulação de pessoas da região.



Figura 2. Edifício Wilton Paes de Almeida após o seu colapso (fonte: acervo pessoal de Paulo Helene).

Com o colapso ocorrido no Largo do Paissandu, fica evidente as diversas perdas e riscos que a falta de manutenção e descaso com o patrimônio pode causar para a sociedade. Foram 07 pessoas que perderam suas vidas, cerca de 92 famílias que perderam o teto que os abrigava; 220 milhões de brasileiros que perderam um imóvel pertencente à União avaliado em mais de 7 milhões de dólares, e inúmeros outros transtornos a pessoas, que residem e trabalham nas propriedades ao redor do prédio que colapsou (Fig. 3).



Figura 3. Danos causados à Igreja Luterana, vizinha ao Ed. Wilton Paes de Almeida (fonte: acervo pessoal de Paulo Helene)

Dado o inusitado colapso desse edifício, a PMSP (Prefeitura do Município de São Paulo) através do Prof. Vitor Castex Aly, Secretário de Infraestrutura, e do Eng. Julio Timerman, presidente do IBRACON (Instituto Brasileiro do Concreto), firmaram um protocolo de cooperação técnica para viabilizar os estudos do caso, que ficou sob responsabilidade do Diretor Técnico do IBRACON, Prof. Paulo Helene.

2. SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO DA EDIFICAÇÃO

O colapso prematuro em apenas cerca de 80 minutos do edifício Wilton Paes de Almeida, surpreendeu a engenharia de estruturas de concreto. Desde a concepção deste sistema construtivo, patenteado por François Hennebique em 1892, que utilizou como “slogan” de sua propaganda “*plus d’incendies désastreux*”, ou seja, nunca mais incêndios desastrosos, é sabido que o concreto armado possui alta

resistência estrutural, à ação do fogo e às intempéries. Um exemplo desta afirmação pode ser visto na Fig. 4, que mostra a primeira edificação feita em 1900 com elementos estruturais em concreto armado, localizada na Rue Danton, 1, Paris – França, com o sistema Hennebique, que está em pleno uso até hoje.



Figura 4. Primeiro edifício do mundo concebido com o sistema Hennebique (119 anos de bons serviços prestados à sociedade) (fonte: acervo pessoal de Paulo Helene).

De 1900 para cá houve grande evolução do concreto e com o advento dos concretos de alta resistência, acima de 100 MPa, as dúvidas sobre o bom comportamento do concreto sob fogo voltaram a existir. Estudos realizados por Brites (2011) com pilares de concreto de alta resistência (140 MPa) submetidos à elevadas temperaturas desmistificou as crenças e dúvidas da época de que o concreto de alta resistência “explodia” numa situação de incêndio, apresentando um efeito *spalling* acentuado, o que poderia levar ao colapso precoce das edificações concebidas com esse tipo de concreto.

Os pilares ensaiados, de concreto armado colorido, apresentaram ótimo desempenho, mantendo-se com suas arestas íntegras. A redução da resistência à compressão do concreto foi observada apenas nas regiões periféricas, cerca de 3 cm, mesmo com duração de exposição ao fogo de 180 minutos. O aço da armadura não perdeu resistência após resfriar-se e o teor de portlandita presente na amostra também indicou que a profundidade da ação nefasta do fogo foi bem superficial, cerca de 3 cm em 3 h de incêndio padrão.

Corroborando a afirmação de que o concreto apresenta excelente desempenho frente à ação do incêndio, incêndios anteriores como o do Edifício Andraus, Joelma e o Edifício Grande Avenida, todos em São Paulo e construídos na mesma década de 60, resistiram a mais de 4 h de fogo, sem colapsar e encontram-se atualmente em uso normal.

Esse colapso prematuro deve ser considerado um fato grave, tanto do ponto de vista da evacuação dos edifícios pelos usuários, quanto do ponto de vista da segurança dos bombeiros nas suas atividades de resgate e combate ao fogo, além da segurança da vizinhança que não pode ser atingida pelos destroços, ou seja, prédios não podem colapsar tão rapidamente frente a um incêndio.

3. DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA

Sob um árduo trabalho de anamnese para obtenção de informações e projetos do edifício, foram encontrados nos registros da FAU.USP algumas plantas arquitetônicas que descrevem um escalonamento da geometria dos pilares, variando a espessura da alma, conforme Fig. 5.

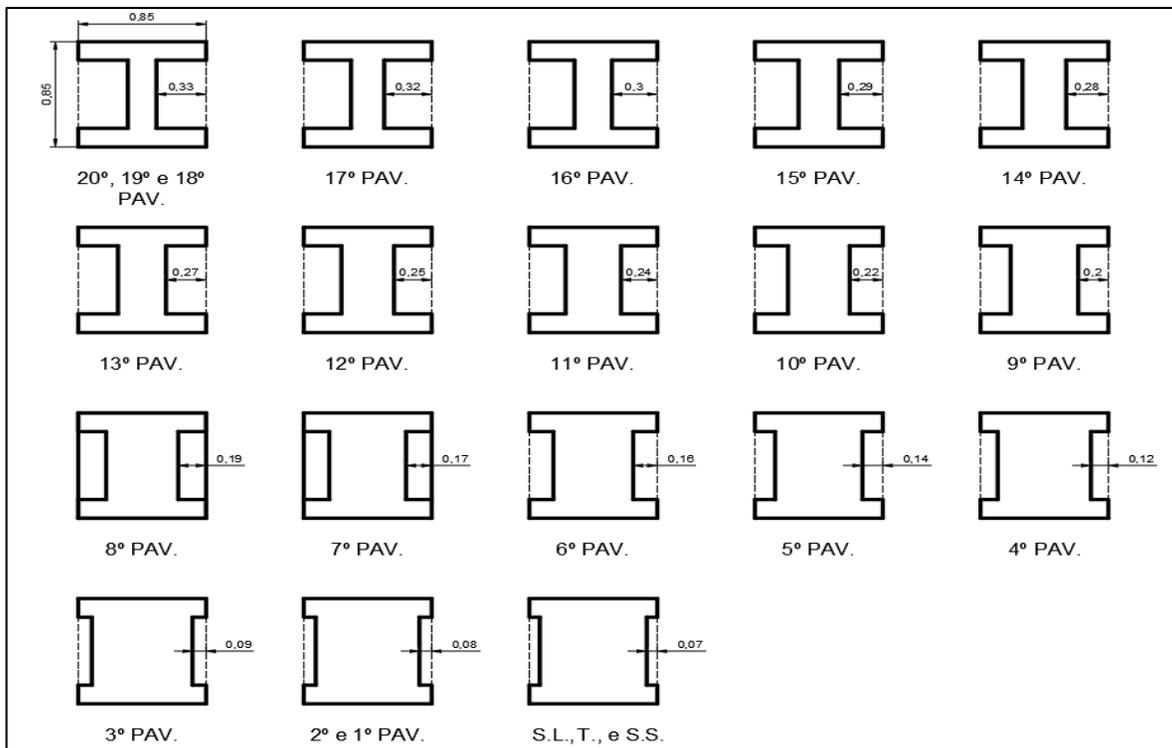


Figura 5. Escalonamento dos pilares (fonte: projeto arquitetônico executivo encontrado na biblioteca da FAU.USP)

Juntamente a essas plantas foram verificados nos arquivos da SPU diversos projetos de adequações feitas e propostas durante os anos de operação do edifício pela Polícia Federal, INSS e Caixa, e também encontrou-se fotos tiradas ao longo dos anos, onde foi possível verificar, com algum grau de precisão, a tipologia estrutural empregada no edifício Wilton Paes de Almeida (Fig. 6).



Figura 6. Pilar em concreto sem o revestimento metálico, onde se observa o “H” que na verdade é um shaft do ar condicionado e laje grelha com viga faixa ainda com moldes de madeira. (fonte: acervo pessoal de Leandro Coelho)

As lajes do edifício eram nervuradas e foram moldadas *in loco* com espessura de 6 cm (Fig. 7). As nervuras tinham 10 cm de largura e 28 cm de altura até o fundo da laje ou mesa superior, e eram espaçadas a cada 50 cm. Dos pilares até o limite onde era instalada a pele de vidro, a laje era em balanço, com seção plena que reduzia em função da distância ao pilar (Fig. 8).

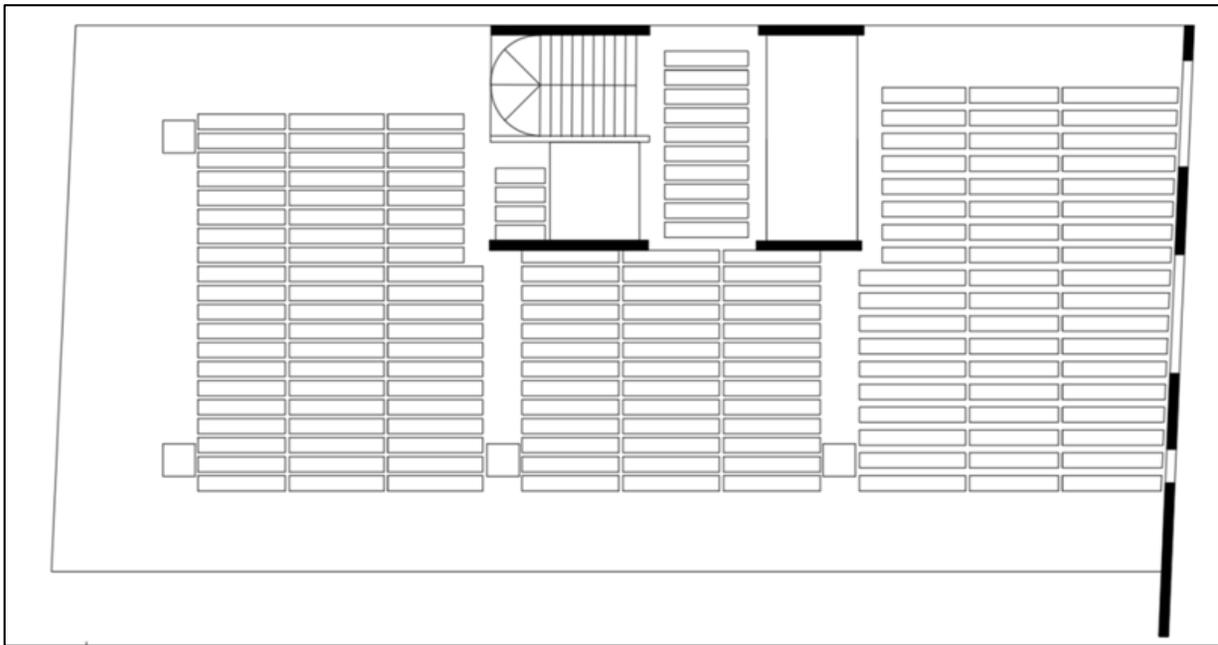


Figura 7. Esquema da Laje-grelha (Fonte: FAU-USP)

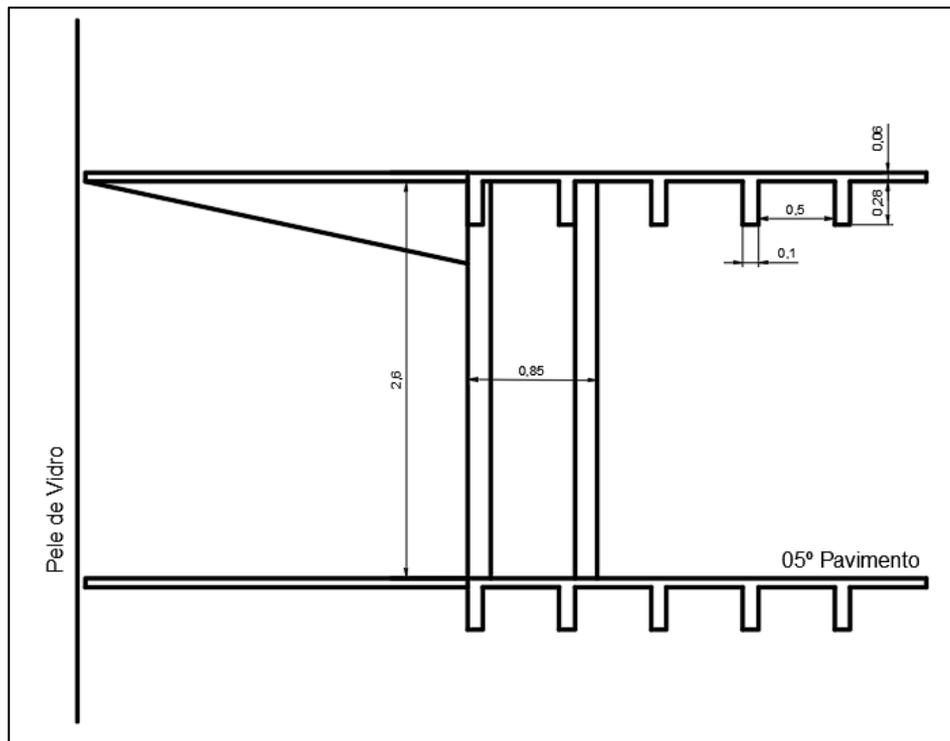


Figura 8. Corte da laje-grelha (Fonte: FAU-USP)

Assim, o sistema estrutural principal da estrutura, responsável por sua estabilidade era composto por pilares de concreto com seção tipo “H”, formando pórticos em apenas uma direção com vigas faixa, de

mesma altura da laje, somado a paredes de concreto nas caixas de elevador e escada e adicionalmente uma grande estrutura reticulada ao fundo, composta por pilares, vigas e alvenaria, formando uma grande parede, como pode ser observado na Fig. 9



Figura 9. Perspectivas frontal e posterior da estrutura do Ed. Wilton Paes de Almeida (fonte: adaptado dos projetos existentes na FAU-USP, SPU e Revista Acrópole).

4. PROPRIEDADES DO CONCRETO ARMADO

A seguir serão apresentadas as atividades de coleta de amostras e o plano de ensaios estabelecido para conhecimento das propriedades físicas e mecânicas dos materiais utilizados.

4.1 Coleta das amostras

Foram selecionadas para a coleta duas grandes amostras da superestrutura colapsada do edifício para a realização de ensaios de caracterização, um trecho de laje e um trecho de pilar (Fig. 10).



Figura 10. Trechos de laje em balanço e pilar recolhidos dos escombros para ensaios (fonte: acervo pessoal de Paulo Helene)

4.2 Plano de Ensaios

Com relação às amostras de concreto, foram estabelecidas as seguintes atividades e ensaios específicos: esclerometria; levantamento geométrico; extração de testemunhos; caracterização mineralógica do agregado; apreciação petrográfica de minerais naturais; resistência à compressão; resistência à tração; ultrassom; módulo de elasticidade; ensaio de absorção de água; índice de vazios; massa específica;

reconstituição de traço; difratometria de raios x; análise termodiferencial e termogravimetria e carbonatação.

Com relação às amostras de aço, foram estabelecidas as seguintes atividades e ensaios específicos: tipologia do aço empregado; composição química e metalúrgica; tração; dobramento; alongamento e metalografia.

4.3 Resultados - concreto

Os resultados dos ensaios realizados em concreto podem ser consultados na íntegra no parecer completo de diagnóstico elaborado pelos autores (Helene et. al., 2019), sendo aqui apresentadas somente a análise dos mesmos.

4.3.1 Esclerometria

O ensaio de “avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão” foi realizado nos laboratórios da Universidade Presbiteriana Mackenzie, conforme a norma ABNT NBR 7584:2013. Foram realizados 224 impactos em 14 áreas de ensaio diferentes, metade delas nas superfícies expostas ao fogo, e a outra metade nas superfícies cortadas (núcleo), denominadas face exposta e núcleo, respectivamente.

Observou-se que houve uma significativa redução nos valores dos índices de reflexão obtidos das faces externas em relação aos valores obtidos do núcleo. Nas faces que foram atingidas pelas chamas, foi obtido um valor médio do índice de reflexão de 24% (corresponde à resistência à compressão cilíndrica de $16 \pm 4,8$ MPa), enquanto as medições realizadas no núcleo da amostra obtiveram um valor médio de 30% (corresponde à resistência à compressão cilíndrica de $26 \pm 6,3$ MPa).

4.3.2 Secção transversal do pilar

Após o corte diamantado da seção do pilar recolhido dos escombros, ficou evidente a disposição das armaduras dentro do pilar, sendo então possível realizar a reconstituição da secção transversal do trecho de pilar amostrado, conforme apresentado na Fig. 11.

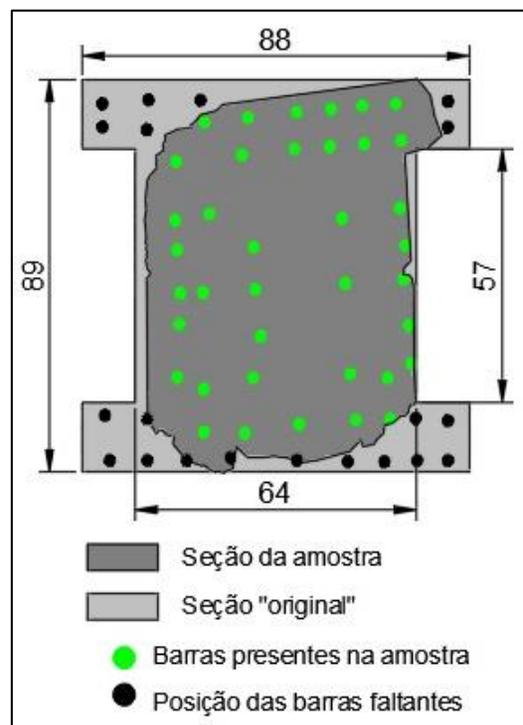


Figura 11. Reconstituição da seção transversal do pilar recuperado dos escombros.

Com o conhecimento da seção transversal, disposição das barras de aço e seus respectivos diâmetros médios, foi possível estimar a taxa de armadura longitudinal em aproximadamente 3%, o que é convencional para edificações com múltiplos pavimentos.

O cobrimento das armaduras, importante verificação ao critério de durabilidade e de resistência ao fogo, variava de 1 cm a 5 cm na amostra coletada, o que, mais uma vez, evidenciava uma falta de controle e cuidado na época de execução do edifício.

Do ponto de vista da resistência ao fogo, o cobrimento (C1) que é utilizado para o cálculo da resistência da armadura ao gradiente térmico, vai da face externa do pilar até o centro da armadura principal, o neste caso variou de 2,5 cm a 6,5 cm.

Ainda no trecho de pilar coletado, encontrou-se a intersecção pilar-laje, e sua armadura evidente. Portanto, foi possível determinar a disposição das armaduras na viga faixa que suportava a laje (Fig. 12).

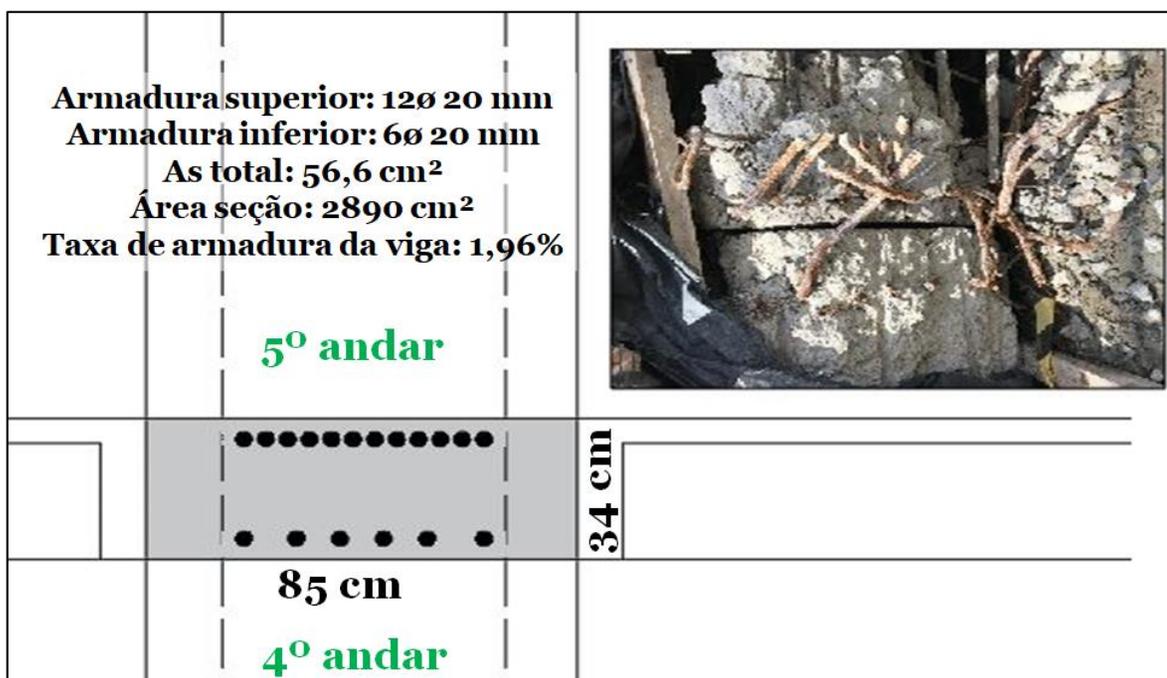


Figura 12. Configuração idealizada da armadura na viga faixa.

4.3.3 Extração de testemunhos

Os ensaios de extração foram realizados na Universidade Presbiteriana Mackenzie. Além dos ensaios de resistência à compressão uniaxial e de tração diametral, diversas análises químicas e físicas dependiam substancialmente da disponibilidade de amostras em proporções adequadas para a realização dos mesmos; assim, a extração de exemplares para a realização dos ensaios foi fundamental. No total, foram realizadas 16 extrações, das quais apenas 06 (seis) puderam ser caracterizadas como testemunhos aproveitáveis para resistências mecânicas, em decorrência do grande número de fissuras internas, conforme se observa na Fig. 13. Essas fissuras foram possivelmente causadas por mau adensamento do concreto no momento da construção do edifício e, mais provavelmente, também pelos esforços dinâmicos decorrentes da queda da superestrutura durante o colapso do edifício.



Figura 13. Fissuras visíveis durante a extração e testemunho descomposto. (fonte: acervo pessoal de Paulo Helene)

4.3.4 Resistência à compressão

Os ensaios foram realizados nos laboratórios da Universidade Presbiteriana Mackenzie UPM, seguindo o procedimento das normas ABNT NBR 5739 e ABNT NBR 7680, obtendo-se a resistência média à compressão de 21,8 MPa.

Os resultados obtidos são condizentes com os concretos produzidos na época, onde as resistências especificadas giravam em torno dos 135 kgf/cm² (13,5 MPa) a 180 kgf/cm² (18 MPa).

4.3.5 Resistência à Tração

Os ensaios de resistência à tração foram realizados nos laboratórios da UPM, seguindo o procedimento da norma ABNT NBR 7222, obtendo-se o valor médio de 2,07MPa.

O resultado obtido corresponde a aproximadamente 10% do valor obtido para a resistência à compressão, o que é totalmente satisfatório, coerente e esperado.

4.3.6 Ultrassom e Módulo de elasticidade

O ensaio de determinação da velocidade ultrassônica foi realizado nos laboratórios da PhD engenharia, para a determinação do módulo de elasticidade dinâmico, seguindo o procedimento da norma ABNT NBR 8802, obtendo-se uma velocidade média de propagação de ondas de 3707 m/s.

O ensaio de Determinação do Módulo de Elasticidade Dinâmico por Estímulo de Impacto foi, também, realizado na PhD, seguindo o procedimento da norma ASTM C215, onde foram obtidos os valores de 19,6GPa (longitudinal) e 12,3GPa (transversal).

Com base na dissertação de mestrado Bilesky (2016), foi possível estimar o módulo de elasticidade estático, convencional, variando numa faixa de 20 GPa a 26 GPa, ou seja, perfeitamente compatível para o concreto em questão.

4.3.7 Ensaio de absorção de água, índices de vazios e massa específica

Os ensaios de determinação de absorção de água, índice de vazios e massa específica foram realizados seguindo o procedimento da norma ABNT NBR 9778 e realizados nos laboratórios da Universidade Presbiteriana Mackenzie. Observou-se que as amostras dos escombros, por terem sido submetidas à ação do fogo, sofreram alterações em sua constituição física, apresentando uma maior absorção e índice de vazios em relação às amostras que não foram submetidas à ação do fogo, retiradas do núcleo do pilar.

Obteve-se os seguintes resultados médios:

Concreto da superfície = Absorção 8,02%, índice de vazios 17,75% e massa específica 2,21g/cm³

Concreto do núcleo = Absorção 6,52%, índice de vazios 14,75% e massa específica 2,26g/cm³

Conclui-se que os resultados obtidos são condizentes à qualidade de um concreto de $f_{ck} = 20$ MPa.

4.3.8 Reconstituição de traço:

O ensaio para a reconstituição de traço foi realizado no laboratório da Associação Brasileira de Cimento Portland ABCP, seguindo o procedimento da norma interna ABCP PO-GT 3016.

Para os cálculos de proporcionamento em massa foi adotado o valor de óxidos de cálcio igual a 60%. Não foi levada em conta a eventual presença de materiais calcários ligados aos agregados graúdos e miúdos.

Os traços de concreto encontrados nos ensaios foram de 1:5,9 nos pilares e de 1:6,2 nas lajes, em massa seca de cimento/agregados e podem ser considerados compatíveis com a época, correspondendo a um consumo de cimento por metro cúbico em média de 309 kg/m³, com relação água/cimento da ordem de 0,65.

Os resultados obtidos são adequados à classe de agressividade na qual a estrutura estava inserida (classe II da ABNT NBR 12655:2015) e representam concretos usuais à época.

4.3.9 Difratomia de raios x, termodiferencial e termogravimetria:

Os ensaios de difratometria de raios x, análise termodiferencial e termogravimetria foram realizados no laboratório da ABCP, seguindo o procedimento da norma interna ABCP PO-GT 5042.

Observou-se nos resultados obtidos que as amostras da superfície do pilar na região do cobrimento resultaram em teores de portlandita três vezes menor do que as amostras do núcleo, o que condiz com o aspecto friável encontrado na região do cobrimento *in loco*, sendo mais íntegro na região da armadura (núcleo do pilar).

Esta também pode ser uma das justificativas da integridade mecânica da armadura, ou seja, não foi atingida por altas temperaturas.

4.3.10 Apreciação petrográfica dos agregados:

A microscopia estereoscópica dos agregados constituintes do concreto do Edifício Wilton Paes de Almeida foi realizada no laboratório da ABCP pelo geólogo Dr. Cláudio Sbrighi Neto seguindo o procedimento da norma interna ABCP PO-GT 3016 rev. 02.

Foram extraídas da amostra do pilar, 04 (quatro) frações em função da distância da amostra à superfície. Observou-se que o concreto analisado é composto por agregados do tipo brita e areia provenientes de britagem de rocha e areia de rio. As análises sugerem uma boa qualidade dos agregados. O agregado graúdo é proveniente de rocha ígnea, petrograficamente denominada biotita granito. Notou-se a presença, em menor quantidade, de uma rocha máfica, provavelmente oriunda de um veio dessa rocha cortando o maciço.

Do ponto de vista petrográfico, os agregados apresentam boas características para serem usados em concretos e não foi observada nenhuma feição causada por exposição prejudicial ao fogo. Por exemplo, não foi observada a presença de cristais fraturados de quartzo e fraturas nas suas interfaces cristalinas que são indicativas de transformações alotrópicas do quartzo. Essas transformações alotrópicas do quartzo alfa em quartzo beta ocorrem com o aumento de volume quando a temperatura teórica atinge 573°C, ou seja, essa pode ser uma evidência de que o concreto não foi submetido a temperaturas superiores a 570°C. Conclusão razoável porque o tempo de exposição ao fogo foi muito pequeno, da ordem de 1 h.

4.3.11 Medição de carbonatação:

A determinação da profundidade de carbonatação foi analisada através de um indicador químico de pH à base de fenolftaleína. Foram escolhidas faces externas e portanto, teoricamente, regiões expostas às chamas.

As medidas foram realizadas pela PhD Engenharia, obtendo-se para a camada de carbonatação nas regiões mais afetadas profundidades variando de 2,5 cm e 3,0 cm, que corroboram a hipótese de que elementos estruturais revestidos, como era o caso dos pilares deste edifício, apresentam uma durabilidade maior, pois o revestimento passa a funcionar como uma barreira contra a penetração da frente de carbonatação e do calor.

Considerando que se tratava de uma estrutura com cerca de 54 anos de idade, a profundidade de carbonatação encontrada demonstra concreto de qualidade e revestimento de argamassa cimentícia colaborando contra a penetração de gás carbônico.

4.4 Resultados – aço

Os resultados dos ensaios realizados em aço podem ser consultados na íntegra no documento elaborado pela equipe técnica da *ArcelorMittal* (Anexo I do parecer completo elaborado por Helene et. al. 2019), sendo aqui apresentadas somente a análise dos mesmos.

4.4.1 Tipologia do Aço empregado

O aço empregado na armadura do Edifício Wilton Paes de Almeida era de dois tipos, e foram nomeados de entalhado e liso, em função da sua geometria. Devido ao formato original, as barras “entalhadas” com depressões apresentadas de maneira uniformemente ordenadas variam sua angulação em 90°, conforme se observa na Fig. 14.



Figura 14. Classificação das amostras de aço (fonte: Arcelor Mittal)

Após pesquisas e contribuições do Prof. Dr. Eduardo Thomaz, acredita-se que as barras de aço para concreto armado foram fabricadas pela empresa Peristahl S.A., que já encerrou suas atividades comerciais e industriais no Brasil. Estas barras são encruadas a frio, por mordedura em duas direções normais e ortogonais, e no caso apresentaram os seguintes diâmetros: 8, 10, 16, 20 e 22mm.

4.4.2 Composição química

Compararam-se as amostras do edifício com os atuais parâmetros para cada elemento químico presente, e os limites estipulados pela ABNT NBR 8965, os quais, para os componentes presentes na norma, se apresentaram inferiores aos limites máximos estipulados, estando, portanto, adequadas.

4.4.3 Tração / Alongamento

Todas as amostras foram ensaiadas para avaliar a sua resistência à tração, onde foi realizado o comparativo com as especificações da norma ABNT NBR 7480 e nenhum resultado atendeu

integralmente à ABNT NBR 7480 atual, estando, porém, muito próximos e podendo ser considerados aços da categoria CA 60.

4.4.4 Dobramento

Foram realizados os ensaios de dobramento considerando-se as normas EB-3 de 1939 e a ABNT NBR 7480:2007. As amostras de nº 1 a 6 (barras entalhadas) apresentaram quebras no dobramento em pino 2 e não atendem aos requisitos da norma EB-3 1939, porém não quebraram quando dobradas em pino 3, e assim atenderiam a norma NBR 7480/07, visto que a norma pede dobramento em pino 6. As amostras de nº 7 a 10 (barras lisas) não apresentaram quebras e assim atendem integralmente aos requisitos da norma EB-3 1939, podendo ser classificadas como aço CA 37.

4.4.5 Metalografia

As análises de metalografia realizadas com diferentes ampliações mostraram que as amostras de barras longitudinais entalhadas com bitolas de 22, 20, e 16 mm correspondem ao aço CA 60 e as barras transversais lisas com bitola de 10 mm e as barras complementares lisas com bitola de 8 mm correspondem ao aço CA 37.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O repentino e não esperado colapso do Ed. Wilton Paes de Almeida demandou análises aprofundadas para o seu melhor entendimento, conforme já apresentado. Do ponto de vista dos materiais utilizados, pode-se afirmar que os mesmos estavam conformes com o que era praticado na época da construção do Edifício, não sendo este um fator determinante do seu colapso, pois diversas outras edificações da mesma época que sofreram incêndio por uma quantidade de horas muito superior não colapsaram e continuam em bom uso até hoje.

A partir de um “projeto estrutural hipotético”, porque o projeto estrutural original não foi encontrado, foi possível explicar o colapso por um efeito de torção gerado pelas altas temperaturas. Sendo um edifício com estrutura assimétrica as deformações térmicas induziram tensão de torção muito acima da resistência da estrutura, e o detalhamento dessa dedução será objeto de outro artigo específico.

Dentre os aspectos aqui abordados, algumas lições aprendidas podem ser destacadas, entre elas:

- 1) Nunca desprezar ou minimizar ação do fogo – “ser precavido”;
- 2) Cuidado com pele de vidro sem barreiras de compartimentação;
- 3) Muitos prédios em São Paulo estão em situação similar, apesar de “legalmente habitados”;

Como recomendações finais, destacam-se:

- a) Todos os edifícios com mais de 4 pavimentos, deveriam ter seus projetos estruturais arquivados na Prefeitura para eventuais consultas futuras. Esse arquivamento deveria ser obrigatório e coincidir com o Habite-se como mais um dos requisitos necessários. Obviamente esse arquivamento deve ser digital e perene, nas “nuvens” evitando-se um espaço físico para tal e protegendo-se de eventuais incêndios, enchentes, colapsos que poderiam destruir projetos impressos e arquivados tradicionalmente;
- b) Nos edifícios existentes que são milhares na cidade de São Paulo, exigir através do Corpo de Bombeiros a Proteção Passiva e Ativa, com treinamento a Síndicos e Condomínios Comerciais e Residenciais;
- c) Nos edifícios existentes e com fachada de vidro, que também são centenas na cidade de São Paulo, exigir através da PMSP com uso inteligente do IPTU, a construção de compartimentação mínima entre edifícios geminados e entre andares de 1,2 m.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores reconhecem e agradecem às seguintes empresas e entidades: ArcelorMittal, Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural (ABECE), Cooperativa de Serviços e Pesquisas Tecnológicas e Industriais (CPTI), Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo (CBPMESP), Demolidora Santos Filho, Engefuro, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP), Instituto Brasileiro do Concreto (IBRACON), Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), PhD Engenharia, Prefeitura Municipal de São Paulo (PMSP), São Paulo Obras (SPObras), São Paulo Urbanismo (SPU), Secretaria Municipal de Infraestrutura Urbana e Obras (SIURB), Secretaria do Patrimônio da União, Superintendência da Polícia Técnico-Científica (SPTC), Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), Universidade Federal de Goiás (UFG), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM).

7. REFERÊNCIAS

- Aleteia (2018). “A trajetória do prédio que desabou no centro de São Paulo”. 28/05/2018. Disponível em: <https://pt.aleteia.org/2018/05/02/a-trajetoria-do-predio-que-desabou-no-centro-de-sao-paulo/>, acesso em 08/03/2019.
- Andrade, C. (1992), *Manual para diagnóstico de Obras por corrosão de armaduras*. PINI, 104p
- Bilesky, P. (2016). *Contribuição aos estudos do módulo de elasticidade do concreto*. Dissertação. IPT Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 298 p. Orientador: Paulo Helene.
- Britez, C. A. (2011). *Avaliação de Pilares de Concreto Armado Colorido de Alta Resistência, Submetidos à Elevadas Temperaturas*. Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Orientador: Prof. Paulo Helene.
- G1 (2018). “Incêndio em prédio de SP foi causado por curto-circuito em tomada no 5º andar, diz secretário”. 03/05/2018. Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/sao-paulo/noticia/incendio-em-predio-de-sp-foi-causado-por-curto-circuito-em-tomada-no-5-andar-diz-testemunha.ghtml>, acesso em 20/03/2019
- Helene et. al. (2019), *Edifício Wilton Paes de Almeida. Histórico, anamnese, estudos, ensaios e análises da estrutura de concreto armado do edifício Wilton Paes de Almeida, que sofreu incêndio e colapso no dia 1o de maio de 2018*, sito a Rua Antônio de Godoy, 581, Largo do Paissandu, São Paulo, SP. Recomendações Técnicas. Parecer Técnico PhD 324/2019. Abril, 2019. 100p. Disponível em <https://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2019/04/19.04.30ParecerCompletoPaesAlmeida.pdf>, acesso em 29/05/2019.
- News Rondônia (2018). “A história do edifício Wilton Paes de Almeida no Largo do Paissandu”. 03/05/2018. Disponível em <https://www.newsrondonia.com.br/noticias/a+historia+do+edificio+wilton+paes+de+almeida+no+largo+do+paissandu/110221>. Acesso em 08/03/2019.
- Revista Acrópole (2019). *Ano 27 - Nº 323, Nov. 1965*. Disponível em: <http://www.acropole.fau.usp.br/edicao/323/14>, acesso em 08/03/2019.
- Wikipedia (2019). *François Hennebique*. Disponível em: https://fr.wikipedia.org/wiki/Fran%C3%A7ois_Hennebique, acesso em 08/03/2019