Pos FAUUSP 58

Facebook: https://www.facebook.com/revistaposfauusp/ Site: https://www.revistas.usp.br/posfau Email: rvposfau@usp.br

CONTRIBUIÇÕES PARA A DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA DO EDIFÍCIO COPAN: CARACTERIZAÇÃO DO EMBASAMENTO*

DANIEL FARIAS DA SILVA BERNARDO
Universidade de São Paulo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Rua do Lago, 876, Butantã, São Paulo – SP – CEP: 05508-080.
https://orcid.org/0000-0002-9162-6150
E-mail: dfsbernardo@gmail.com

FABIANA LOPES DE OLIVEIRA
Universidade de São Paulo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Rua do Lago, 876, Butantã, São Paulo – SP – CEP: 05508-080.
https://orcid.org/0000-0003-4053-5969
E-mail: floliveira@usp.br

Recebido: 05/06/2023

Aprovado: 23/11/2023

RESUMO

Neste artigo são apresentados os resultados de uma intensa pesquisa documental, que busca descobrir e registrar aspectos construtivos do embasamento do Edifício Copan. O processo de aquisição de dados dividiu-se em pesquisa documental, levantamento geométrico e inspeção visual. Foram utilizadas fontes primárias resgatadas dos acervos da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (FAUUSP), do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT) e do próprio condomínio do Edifício Copan. Como resultado, apresenta-se um descritivo técnico e histórico de aspectos construtivos do edifício, com foco no embasamento. Toda a documentação efetuada ajudou a compreender e, principalmente, comprovar certas características construtivas do edifício, que, muitas vezes, se apresentavam contraditórias na literatura, ou ainda não haviam sido devidamente registradas..

Palavras-chaves: Documentação. Patrimônio arquitetônico. Arquitetura moderna. Fundações.

ABSTRACT

This article presents the results of an extensive documentary research aimed at discovering and documenting constructive aspects of the substructure of the Copan Building. The data acquisition process was divided into documentary research, geometric survey, and visual inspection. Primary sources retrieved from the archives of the Faculty of Architecture and Urbanism of the University of São Paulo (FAUUSP), the São Paulo Institute of Technological Research (IPT), and the Copan Building condominium itself were used. As a result, a technical and historical description of the building's construction aspects, with a focus on the foundation, is presented. The documentation undertaken helped to understand and, primarily, confirm certain constructive characteristics of the building that often appeared contradictory in the literature or had not been properly recorded..

Keywords: Documentation. Architectural heritage. Modern architecture. Foundations.

http://dx.doi.org/10.11606/issn.2317-2762.posfauusp.2024.212590

INTRODUÇÃO

O desconhecimento das características e da história construtiva de uma construção histórica vai além de um desinteresse individual, muitas vezes decorrente da falta de registros confiáveis e da pouca importância dada à preservação dos acervos documentais destes imóveis, que acabam, em alguns casos, por se perder. Conhecer sobre os sistemas construtivos que compõem uma edificação antiga pode ser decisivo na interpretação das manifestações de suas degradações, de forma a diagnosticá-las corretamente e propor formas mais eficientes de se intervir, com respeito à memória do patrimônio e com enormes contribuições para a segurança ao uso dessas construções.

O recorte realizado neste artigo foca o embasamento do Edifício Copan. Os resultados apresentados subsidiam a resolução da problemática central de uma ampla pesquisa, que busca compreender o histórico de recalques de fundação do edifício, cujos primeiros registros são do início de sua construção. Diante do cenário do desenvolvimento de recalques, durante as obras, reforços de fundação foram executados em alguns dos pilares do embasamento do edifício com o intuito de conter os deslocamentos, que apesar de terem diminuído consideravelmente de intensidade, ainda persistem. Os recalques podem ter mais de uma origem de forma concomitante e sua compreensão passa pelo conhecimento das características do embasamento do edifício.

Notou-se que as informações técnicas da estrutura do edifício são escassas, incompletas e, muitas vezes, contraditórias nos registros bibliográficos, os quais se atentam, na maioria das vezes, aos aspectos arquitetônicos. Além disso, os projetos de engenharia do edifício, assim como a documentação técnica e iconográfica relacionada à sua concepção estrutural, aos recalques de suas fundações e ao desenvolvimento das obras do edifício ao longo dos anos são segmentados, estão dispersos por diferentes acervos e ainda não haviam sido resgatados, analisados e registrados sob o viés das técnicas e das tecnologias construtivas empregadas no edifício.

Esse artigo visa registrar e documentar o Edifício Copan simultaneamente sob perspectivas técnicas e históricas. Procura-se, por meio de um processo multidisciplinar, resgatar as características construtivas, as técnicas e as tecnologias envolvidas na concepção estrutural do embasamento do edifício e, com isso, divulgar parte importante e pouco conhecida da sua história construtiva. A documentação se constitui em instrumento tanto para a salvaguarda material deste bem arquitetônico, contribuindo para sua preservação, gerenciamento e uso, como para preservação da sua história, que se entrelaça com a história da engenharia nacional.

A documentação da arquitetura moderna

A arquitetura moderna está sendo reconhecida como patrimônio cultural, fomentando discussões acadêmicas e publicações que abordam a teoria, a metodologia e a tecnologia aplicada na conservação, proteção e valorização dessa herança edificada. Em que pese o desenvolvimento dos estudos teóricos, das pesquisas para abordagens práticas e da maior conscientização sobre a importância dos exemplares da arquitetura moderna, o curto distanciamento temporal dessas obras obstaculiza a percepção da preservação do patrimônio e das formas de se intervir nessas construções. Isso ocorre devido ao não reconhecimento de tais edifícios como relevantes historicamente, uma vez que foram produzidos em um passado recente. Além disso, a compreensão equivocada de que os princípios e métodos do restauro tradicional não têm validade para aplicação induz a intervenções invasivas e desrespeitosas com a matéria e a memória destes bens patrimoniais (SALVO, 2007).

Com mais de cinco décadas de construídos e, muitas vezes, sem histórico de manutenções, entra em pauta a necessidade de compreender o efetivo desempenho dos sistemas construtivos destas construções, pois podem não estar cumprindo as funções para as quais foram projetados. Diferentemente das construções contemporâneas, que possuem as características e comportamento de seus materiais e componentes

conhecidas, o estudo para caracterização das construções históricas constituem um campo pouco explorado (MESQUITA et al., 2016).

Assim, a documentação arquitetônica e a caracterização estrutural se mostram processos importantes no âmbito da manutenção dos sistemas construtivos e salvaguarda da integridade patrimonial. É indispensável recolher informações sobre a estrutura no seu estado original, as técnicas e métodos da sua construção, as alterações posteriores, os fenômenos que ocorreram (como recalques) e, por último, o seu estado presente (ICOMOS, 2003). Este processo contribui igualmente para a segurança ao uso destas edificações, pois pode-se entender sobre as manifestações das degradações dos sistemas construtivos ao longo do tempo, para então se pensar em diagnósticos e em quais seriam as maneiras mais eficientes de se intervir. Amorim (2017, p. 68) define a documentação arquitetônica como "[…] um processo contínuo e sistemático de aquisição, tratamento, indexação, armazenamento, recuperação, publicação e divulgação de dados e informações gráficas e não gráficas, e seus metadados, sobre edificações para os mais variados usos".

O autor enfatiza que além das aplicações mais evidentes de conservação e restauro das edificações, a documentação arquitetônica constitui-se, por si só, uma salvaguarda para a memória do acervo arquitetônico e do próprio patrimônio, em face às permanentes ameaças submetidas. Por fim, tratando da arquitetura moderna, Moreira (2011) comenta sobre o sentido e a urgência da documentação destes exemplares:

> Existem fotografias, plantas e outros documentos que constituem importantes registros da história da construção. Muitos dos que projetaram ou construíram esses edifícios ainda estão vivos e podem contribuir enormemente para sua conservação, pois conhecem detalhes técnicos, especificações, problemas e mudanças feitas ao longo da construção. Esses edifícios da nossa modernidade podem nos ensinar a projetar melhor hoje. (MOREIRA, 2011, p. 157)

A arquitetura moderna e a tecnologia do concreto armado

A produção arquitetônica moderna, que surge em São Paulo na primeira metade do século XX, abrange exemplares com diversos programas. Parte dessas construções são edifícios altos, nos quais a plasticidade e a resistência do concreto armado foram utilizadas como atributos dentro da própria linguagem arquitetônica. Como resultado, observam-se edifícios com formatos arrojados e múltiplos pavimentos.

Segundo Mindlin (1999, p. 33) um dos fatores decisivos para a formação da arquitetura moderna brasileira foi o desenvolvimento de uma técnica avançada de uso do concreto armado, que resultou em estruturas mais leves e elegantes. Seu domínio está associado diretamente à algumas das características mais marcantes da arquitetura moderna no Brasil, relacionadas também à influência de Le Corbusier: "[…] o emprego de grandes superfícies de vidro, protegidas, quando necessário por brise-soleil, e o uso de estruturas livres, apoiadas sobre pilotis, com o térreo aberto quando possível […]". Para viabilizar essas construções inovadoras, um grupo tecnicamente habilidoso de engenheiros e projetistas estruturais acompanhou e colaborou com os arquitetos desde o começo.

Oscar Niemeyer discutiu a íntima relação de sua obra com a tecnologia do concreto armado. Em *A forma na arquitetura*, compartilhou percepções sobre o assunto:

> Não podia compreender como, na época do concreto armado que tudo oferecia, a arquitetura contemporânea permanecesse com um vocabulário frio e repetido, incapaz de exprimir aquele sistema em toda a sua grandeza e plenitude […] Recordava, então, os velhos períodos, quando, limitado por uma técnica ainda incipiente, o arquiteto penetrava, corajoso, no caminho do sonho e da fantasia. Mas a arquitetura contemporânea baseava sua presença na técnica construtiva que tudo devia modificar, apoiando-se no funcionalismo para realizar a metamorfose desejada: substituir as antigas fachadas pelos grandes painéis de vidro; as grossas paredes de alvenaria

> pelas finas colunas de concreto; os telhados, frontões e outros elementos que compunham as coberturas pelo terraço-jardim e os espaços, antes ocupados pelos edifícios, pelos pilotis. (NIEMEYER, 1978, p. 19-20)

Segundo Segawa (2002, p. 143), em sua análise dos textos de Oscar Niemeyer na revista *Módulo*, a simplicidade buscada pelo arquiteto carioca encontraria na estrutura sua principal protagonista. Tendo como síntese de seu pensamento: "a licença poética sem subordinação às imposições técnicas — mas o contrário — admitindo a busca da 'forma bela', do 'novo' como desafio à ortodoxia do funcionalismo".

A evolução do modernismo marcou a mudança mais significativa na paisagem urbana dos últimos cem anos. Essa corrente não apenas rompeu com as formas tradicionais de arquitetura, mas também com os métodos de planejamento e seleção de materiais. A arquitetura passou a ser embasada em uma visão renovada das qualidades espaciais, incorporando tecnologias inovadoras, avanços estruturais e novos materiais. A exuberância arquitetônica se apoiou em materiais que ainda não haviam sido explorados em termos de desempenho e durabilidade. Apesar de o concreto armado ser empregado desde o final do século XIX, tornou-se um dos materiais mais prevalentes no século XX. No entanto, os padrões que regulamentavam sua utilização não englobavam todas as práticas necessárias para seu controle (MACDONALD, 2003).

Considerando os primeiros estágios do desenvolvimento da tecnologia do concreto armado e o surgimento de edifícios altos no Brasil, o aumento exponencial dos níveis de exigência, imposto pelas demandas cada vez mais complexas da construção civil e pelas inovações arquitetônicas, desafiou notadamente os campos de projetos estruturais e de fundações, acostumados com outras ordens de grandeza e de controle até então. As cargas aplicadas por essas construções aumentaram rapidamente, impulsionando a necessidade de desenvolvimento de soluções tecnológicas para sua viabilização (MELLO, 1975).

Foi com o advento do concreto armado no início do século que se estabeleceu, no Brasil, a indústria da construção civil. Essa indústria demandava a participação da tecnologia civil para seu sucesso, uma vez que, no caso do concreto armado, tanto o conhecimento das propriedades tecnológicas do cimento e do aço utilizados quanto a organização eficiente da obra e seu controle tecnológico eram de extrema importância (VARGAS, 1994a, p. 226).

No âmbito do manejo da qualidade da obra e do espírito de modernização no país, surgiu em 1926 o Laboratório de Ensaios de Materiais (LEM), primeira instituição voltada para a pesquisa tecnológica da indústria da construção civil em São Paulo. O LEM evoluiu do Gabinete de Resistência dos Materiais da Escola Politécnica de São Paulo. Em 1934, com a criação da USP, o LEM virou um instituto autônomo, o Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT), que tinha interesse em solucionar problemas do surto de construções em concreto armado na capital paulista (VARGAS, 2001, p. 57, 105). As produções dessas pesquisas resultaram no lançamento do processo de dosagem racional do concreto, imprescindível para o cálculo estrutural de edifícios altos, quando é necessário utilizar concretos com resistências controladas, e do método de ensaio em corpos de prova cilíndricos, importante para o controle das resistências (FISCHER, 1994; VARGAS, 1994a, p. 228).

Outra atividade da tecnologia da construção civil brasileira foi a elaboração das primeiras normas técnicas. Em 1940 com a criação da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) surge a primeira "Norma de Cálculo e Execução de Obras de Concreto Armado", a Norma Brasileira Número 1 (NB-1). Essa norma estabelecia as condições de dimensionamento, mas não indicava como proceder na prática, deixando decisões para os engenheiros calculistas. Surgiram também as primeiras construtoras especializadas em concreto armado, que desempenharam um papel fundamental no surto de projetos e na construção de grandes estruturas de concreto armado, que entre os anos de 1920 e 1940 transformaram São Paulo. Paralelamente, sur-

giram os "escritórios de cálculo", liderados por engenheiros com profundos conhecimentos de matemática aplicada (VARGAS, 1994a, p. 229; VASCONCELOS, 1992, p. 138).

A Seção de Solos e Fundações do IPT, de 1938, introduziu a tecnologia de solos, destinada a resolver os problemas de fundações dos edifícios altos, pontes e viadutos em concreto armado, cada vez mais ousados. Os engenheiros enfrentaram os desafios recorrendo à geotecnologia, baseada no conhecimento de duas disciplinas: a Geologia, uma ciência pura, e a Mecânica dos Solos, uma ciência aplicada. O Laboratório de Solos do IPT serviu de modelo para outros em todo o Brasil (VARGAS, 1994b, p. 162, 2002, p. 9).

O desafio se relacionava às propriedades tecnológicas do solo como suporte das cargas transmitidas pelas fundações. A primeira tarefa desse departamento do IPT foi desenvolver e disseminar um método de exploração do subsolo por meio de sondagens, permitindo a extração de amostras que mantivessem a granulometria e a plasticidade das camadas atravessadas. Em 1939, o IPT começou a extrair amostras representativas das camadas de solo em São Paulo, buscando informações sobre a resistência e compressibilidade das camadas de fundação. Com o objetivo de aprimorar as técnicas de fundações, a Seção de Solos do IPT, em colaboração com a Geotécnica S.A., conduziu um estudo envolvendo cerca de 30 edifícios altos em São Paulo e Santos, monitorando seus recalques. O Edifício Copan era um desses (VARGAS, 1992, p. 3, 1994a, p. 231-232; VASCONCELOS, 1992, p. 138).

Como se pode notar, os métodos de construção em concreto armado e as atividades correlatas requereram aperfeiçoamentos nos campos da arquitetura e da engenharia. As técnicas e tecnologias, incipientes no início do século XX, progrediram acompanhando as necessidades do setor, tais como as demandas da produção arquitetônica daquele período. O concreto armado, que inicialmente se imaginava ser quase indestrutível e não necessitar sequer de manutenção (MACDONALD, 2003), passou estar sujeito a critérios de desempenho, durabilidade, e vida-útil estabelecidos pelas normas contemporâneas.

Materiais e métodos

O processo de documentação se deu de diferentes formas, relacionadas ao resgate de informações dispersas por vários acervos; a reconstrução da história construtiva do edifício; e à produção de novos materiais documentais, em diferentes modos de representação, caracterizando geometricamente e tecnicamente o edifício. Para este fim, procurou-se seguir a metodologia recomendada por ICOMOS (2003), referente à avaliação estrutural de construções históricas, e dividiu-se a investigação em três etapas: pesquisa documental (investigação histórica, estrutural e arquitetônica), levantamento geométrico e inspeção visual. A caracterização material e o monitoramento estrutural não fazem parte do escopo das atividades apresentadas.

Pesquisa documental

As atividades da pesquisa documental, para fins de caracterização estrutural do Copan, foram a consulta, sistematização, análise e reflexão crítica de fontes primárias, constituídas por plantas, fotografias e documentos técnicos da fase construtiva do edifício, os quais se encontram dispersos por diferentes acervos, tais como o da FAUUSP, o do IPT e o do próprio condomínio do Edifício Copan. Além disso, a escassa bibliografia que apresenta informações técnicas do edifício também foi resgatada e consultada. A documentação focou prioritariamente no embasamento do edifício.

Levantamento geométrico

A solução escolhida — pela facilidade de aquisição de dados e precisão — foi a tecnologia de *laser scanning*. O levantamento foi realizado em pavimentos representativos da área de interesse do edifício para extração da sua geometria *as built*. Foi utilizado o escâner modelo Trimble TX8® (Figura 2), numa área de

mais de 9 mil m², abrangendo o 1º e 2º subsolo do edifício. Após registro da nuvem de pontos, foram geradas ortofotos da região escaneada, contendo os limites geométricos do edifício, redesenhados para o padrão CAD. A partir dos limites físicos, obtidos do modelo em nuvem de pontos e em conjunção com as informações referentes aos elementos estruturais obtidas das fontes primárias, pôde-se então obter uma planta da estrutura no nível do embasamento do edifício, conforme se observa na Figura 1. Essa planta foi utilizada nas representações gráficas propostas.

Inspeção visual

Com o intuito de colher informações sobre detalhes da conformação atual dos sistemas estruturais do Copan, foram realizadas inspeções visuais nos dois subsolos do edifício. Nestas oportunidades, foram validadas as informações obtidas durante a etapa de análise documental e levantamento geométrico. Quando outros métodos se mostraram ineficientes, esta etapa colaborou no levantamento de dados adicionais, por exemplo na locação das juntas de movimentação e no levantamento de elementos estruturais posicionados em locais de acesso restrito, inacessíveis ao equipamento utilizado de escaneamento 3D.

Histórico arquitetônico do Edifício Copan

Construído entre 1952 e 1972, período marcado por acelerado crescimento urbano, liberdade formal e significativos avanços na tecnologia do concreto armado, o edifício foi concebido alinhado com algumas das características mais evidentes da arquitetura moderna no Brasil. Suas características, elementos e formas traduzem não só o perfil de Niemeyer e a influência da arquitetura da época, mas também os materiais e as tecnologias disponíveis em meados do século XX em São Paulo. Ele é um exemplo da importância do concreto armado para a arquitetura moderna brasileira: propiciou a expressão de novos conceitos formais, permitindo a plasticidade orgânica e variedade de formas que Niemeyer tanto gostava.

O projeto arquitetônico data de 1951 e teve a colaboração do arquiteto Carlos Lemos, que liderou o escritório satélite de Niemeyer em São Paulo. Durante os vinte anos em esteve em construção, diversas características arquitetônicas previstas no projeto de Niemeyer foram modificadas, sem, porém, comprometer sua resolução volumétrica (LEMOS, 2014; XAVIER, 2007, p. 91). Originalmente, o empreendimento seria composto pelo edifício residencial e um hotel, emba-

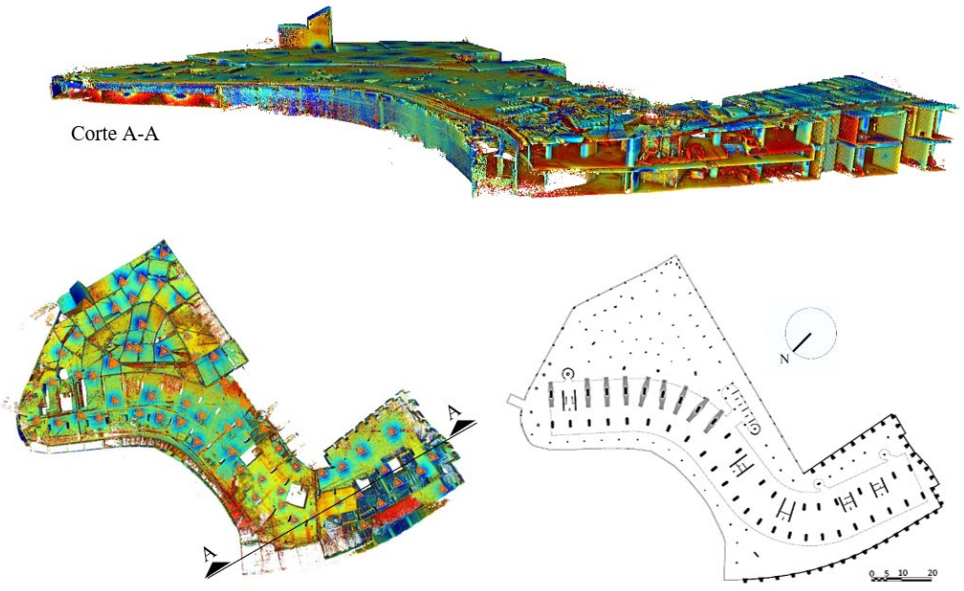

Figura 1 – Produção da planta estrutural do segundo subsolo a partir da nuvem de pontos
Fonte: Produzido pelo autor em 2022.

sados no mesmo nível no terreno implantação e conectados por pavimentos em comum. O hotel não foi construído e foi substituído por uma agência bancária, desvinculada arquitetonicamente.

O Edifício Copan ocupa um terreno situado entre as cotas 752 e 758 m no centro da cidade, na quadra delimitada pela avenida Ipiranga, avenida São Luís e a rua da Consolação. Nessa quadra estão outros edifícios projetados por renomados arquitetos, como o Louvre, de João Artacho Jurado, o Itália, de Franz Heep e o Bradesco, de Carlos Lemos.

O piso do pavimento térreo do Copan tem a particularidade de acompanhar o declive natural do terreno de implantação. A concepção do projeto considerando essa laje em declive possibilitou a criação de pavimentos intermediários abaixo e acima desse pavimento, referentes, respectivamente, ao primeiro subsolo e ao pavimento foyer. A Figura 2 apresenta cortes do edifício, notando-se a distribuição dos pavimentos na base do Copan.

Como efeito da associação dos lotes adquiridos, o terreno de implantação do Copan (Figura 3) dispunha de uma geometria peculiar, com largura variável. Estas características seriam absorvidas pelo projeto arquitetônico de Oscar Niemeyer, de maneira que a forma sinuosa da lâmina se adequaria às reentrâncias do lote, conforme o arquiteto comenta em entrevista para a Folha de S.Paulo em 2006: "A Arquitetura é feita de programas, do terreno e da invenção do arquiteto. Quando eu fiz o Copan, a rua era curva, e ele [o prédio] seguiu essa curva. Nada mais natural".

O programa final implantado combina áreas destinadas à moradia com áreas comerciais para serviços, dividindo-se em duas partes, a base e o edifício residencial, separados por um pavimento de transição. A base compreende terraço, foyer, sobrelojas, galeria e subsolos. A galeria abrigava 72 lojas comerciais no pavimento térreo — atualmente algumas delas estão conjugadas —, juntamente com o cinema, desativado. Os dois subsolos somados oferecem 221 vagas de estacionamento para automóveis. O edifício residencial, em sua versão final, possui um total de 1.160 apartamentos, distribuídos em 32 andares tipo (GALVÃO, 2007; XAVIER, 2007, p. 96).

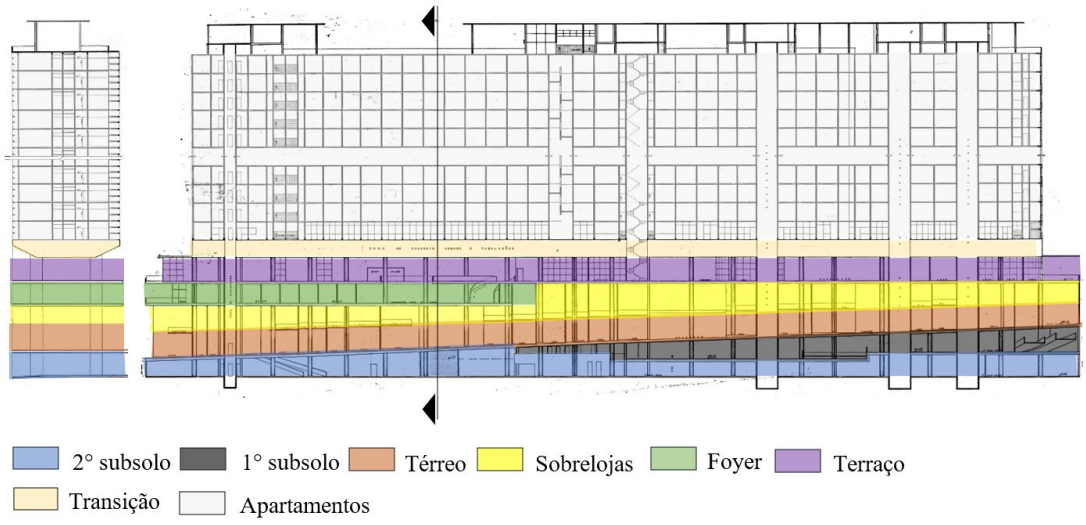

Figura 2 – Corte do Edifício Copan priorizando os pavimentos da base do edifício
Fonte: Adaptado do projeto arquitetônico do escritório de Oscar Niemeyer presente no acervo da FAUUSP.

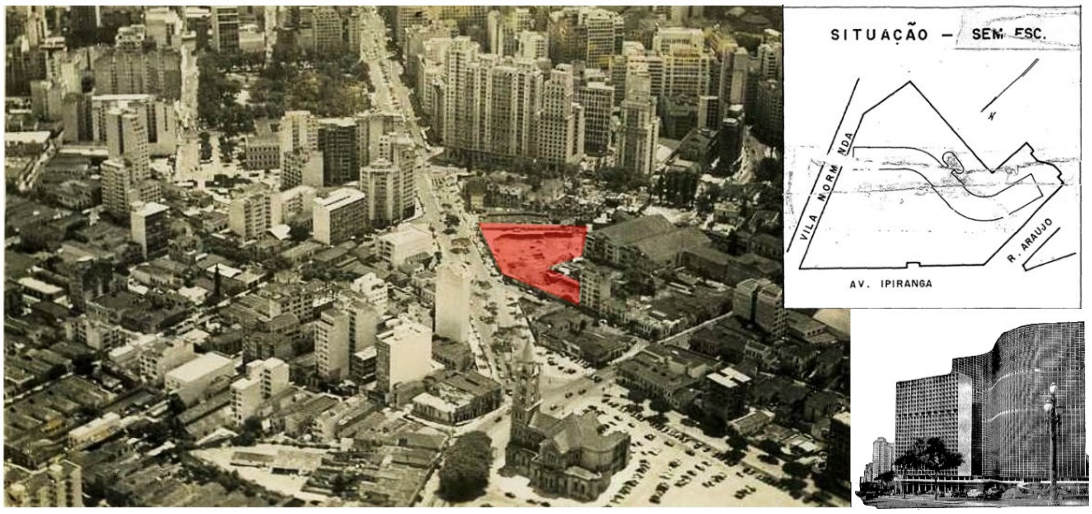

Figura 3 – Implantação do Copan
Fonte: A) Cartão Postal de Fotolabor, acervo pessoal do autor; B) Extraído do projeto arquitetônico presente no acervo FAUUSP; C) Imagem apresentada no Jornal Folha da Manhã em 1952.

Sob a perspectiva arquitetônica, a área habitacional é dividida internamente em seis blocos com acessos independentes, que vão sequencialmente do A ao F. Cada um abriga apartamentos com diferentes configurações e tamanhos, variando de três dormitórios a unidades bem menores, como as quitinetes, que eram inovadoras para a época. O Bloco A tem 64 apartamentos de dois dormitórios (84m²), os blocos C e D têm 128 apartamentos de três dormitórios, com 122m² e 161m², respectivamente. Os blocos B (25m² e 32m²), E (28m2 e 69m²) e F (26m² e 62m²) têm 968 apartamentos tipo quitinetes e de 1 dormitório. Dentro das limitações da própria configuração estrutural do edifício, alguns apartamentos foram modificados, perdendo essas características.

Sobre as mudanças no projeto de Niemeyer, foram feitas alterações nos blocos E e F, com apartamentos maiores, de quatro dormitórios, divididos em unidades menores. O bloco E passou a ter quatro apartamentos por andar, do 1º ao 12º pavimento tipo e seis apartamentos por andar, do 13º ao 32º pavimento tipo. Já o bloco F passou a ter cinco apartamentos por andar. O cinema, que teria 3,5 mil lugares, sofreu redução de tamanho. O terraço-jardim, área aberta de uso comum, foi fechado e é usado como pavimento coorporativo. O Teatro não foi executado. O Edifício Bradesco, construído no lugar do hotel, não tem comunicação com o Edifício Copan, apesar da fundação no mesmo nível do terreno de implantação.

Documentação técnica do Edifício Copan

Assim, é realizada a documentação técnica do Edifício Copan. A Figura 4 ilustra a distribuição vertical do edifício sob a perspectiva estrutural proposta neste artigo. A partir dela, observa-se a distinção entre a superestrutura, composta por uma lâmina que abriga os apartamentos residenciais, um pavimento de transição e uma base elevada em pilotis, e a infraestrutura, que engloba os pavimentos subsolos, as fundações e as contenções.

A concepção estrutural

Para uma compreensão mais abrangente do comportamento estrutural do Edifício Copan, é fundamental explorar a relação entre os aspectos técnicos e construtivos, que moldaram seu desempenho ao longo de sua existência, como o próprio nível de conhecimento tecnológico da época de sua concepção.

O êxito na construção do edifício, com seu programa, proporções e formas arrojadas foi notável na segunda metade do século XX em São Paulo. A execução

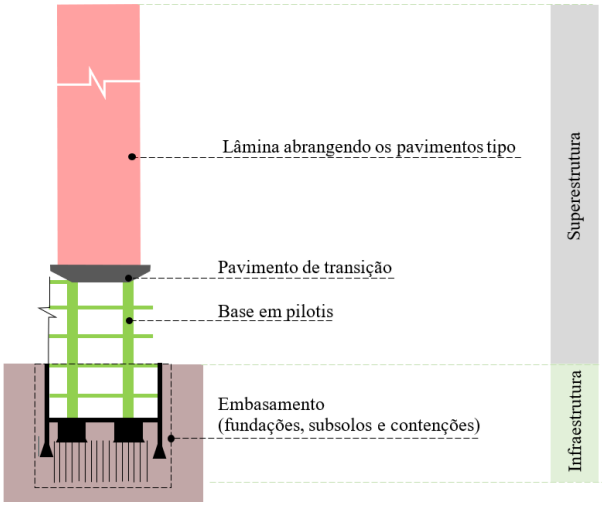

Figura 4 – Distribuição vertical esquemática do Edifício Copan sob a perspectiva estrutural
Fonte: Produzido pelo autor em 2023.

demandou a harmonia e colaboração de profissionais de diversas áreas, dedicados ao desenvolvimento do projeto concebido pelo escritório de Niemeyer, bem como às complexas exigências técnicas associadas. Isso incluiu engenheiros, gerentes de execução, especialistas em controle tecnológico dos materiais, laboratórios e institutos de pesquisa.

Mesmo com o entrosamento entre os profissionais, não há dúvidas de que tiveram que contornar desafios. Um desses se refere à superestrutura: projetar um edifício esbelto, com múltiplos pavimentos e formato sinuoso em "S", que apresentava um comprimento de quase 130m e cuja construção em pilotis levava à descontinuidade dos pilares do pavimento tipo em relação à base do edifício.

A questão da elevada altura do edifício foi solucionada "camuflando" os pilares pelas paredes dos apartamentos, projetados basicamente em três grupos: 1º ao 11º tipo, 12º ao 21º tipo, 22º ao 32º tipo. Estas colunas, que começam nos primeiros pavimentos tipo como longos pilares-parede, ocupando vedações verticais inteiras, diminuem de seção nos grupos de andares superiores, acompanhando a redução das cargas.

Um outro ponto que o projeto estrutural teve que contornar foi o comprimento longitudinal do edifício. Atendendo às necessidades técnicas, a lâmina foi dividida em quatro[1] partes estruturalmente independentes, separadas por juntas de movimentação. Cada uma, denominadas "corpos" nos projetos, está desconectada desde a base dos pilares do segundo subsolo até a cobertura do edifício, compartilhando as mesmas fundações em sua interface. A solução propiciou liberdade de movimentação do edifício e impediu o aparecimento de esforços indesejados na estrutura, relacionados às variações térmicas, vento e possíveis deslocamentos de suas fundações. Foi importante também para seu planejamento construtivo, uma vez que possibilitou a execução do edifício por partes.

Por fim, o corpo técnico teve que solucionar a questão dos pilotis. Esta disposição levou à necessidade de executar um robusto pavimento de transição, com vigas de três metros de altura, que transitam as cargas provenientes dos pilares distribuídos pelas paredes dos pavimentos tipo para o leiaute inferior. Este possui menos pilares, os quais possuem a seção ovalada característica da base do Copan. A Figura 5 mostra os corpos estruturais e as diferenças entre os pilares da base, abaixo do pavimento de transição, e os pilares dos pavimentos tipo.

Na lâmina, os blocos arquitetônicos respeitam os limites dos corpos estruturais, com exceção do bloco B, no qual a junta de movimentação pode ser vista no corredor. Nota-se que os corpos estruturais da lâmina mudam de configuração na base e no embasamento visto que os andares se estendem para além da lâmina. Além dos quatro corpos da torre, nos subsolos, notam-se outros cinco corpos independentes, um associado à estrutura do cinema e quatro ligados à rua particular.

[1] As juntas de movimentação dos pavimentos abaixo da transição possuem uma outra configuração, uma vez que as divisas do edifício se projetam para além da lâmina.

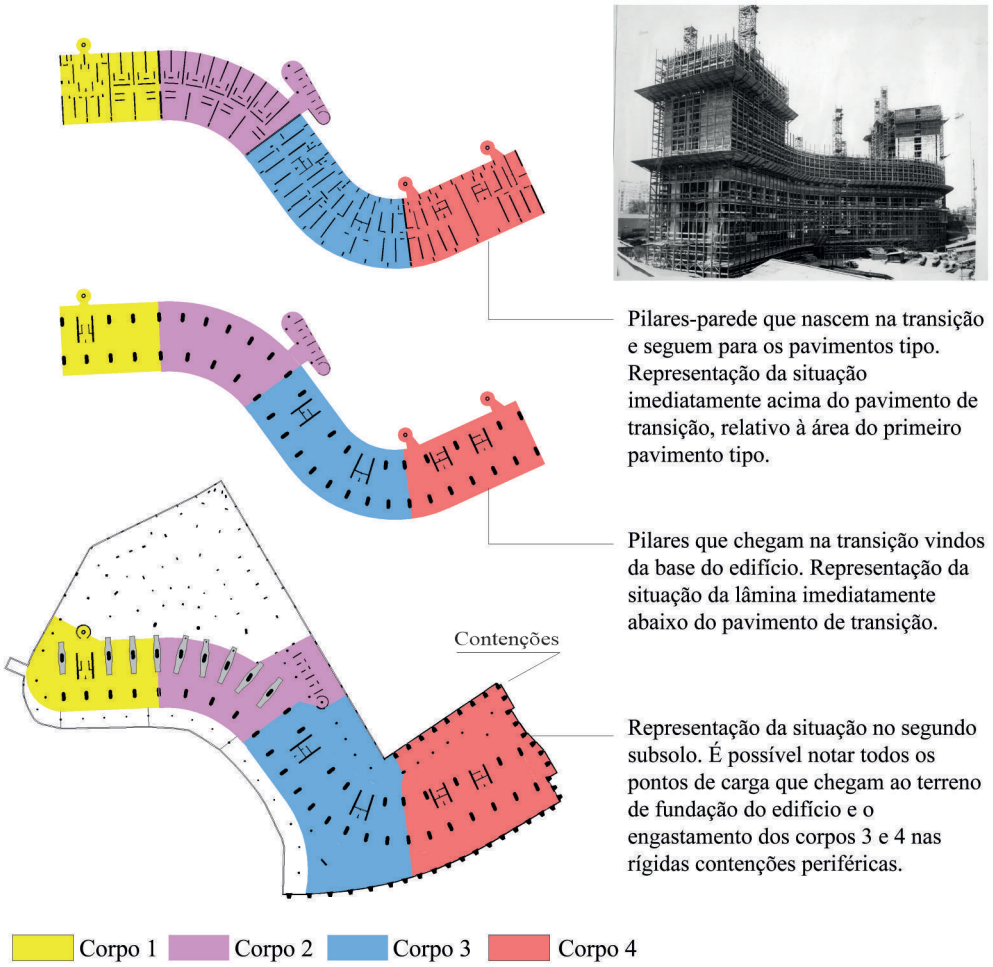

Figura 5 – Corpos estruturais do Edifício Copan
Fonte: Plantas produzidas pelo autor e imagem presente no acervo do condomínio do Edifício Copan e FAUUSP.

A Figura 6 detalha a inserção do Edifício Copan no terreno de implantação. Nota-se que o embasamento do edifício se prolonga para além da lâmina, englobando também áreas sob o cinema, a rua particular e a calçada.

O desafio das fundações do Copan

Outro desafio encontrado pela engenharia foi solucionar as fundações do Copan. O cenário não era simples: os pilares da lâmina aplicavam ao solo cargas elevadas para a época; o solo do terreno de implantação tinha uma conformação heterogênea e difícil de se trabalhar, formado por camadas de areia fofa com baixa capacidade de carga, conhecidas como "areias basais" do centro de São Paulo; o lençol freático era superficial, deixando o terreno saturado de água. As opções de fundações para esta situação na época eram limitadas, tecnicamente complexas e onerosas.

O projeto previa basicamente dois tipos de fundações para o edifício: para as cargas dos pilares de sustentação da lâmina — em caixões de concreto de base alargada; e para os demais pilares da implantação — em tubulões de base alargada. Visto que as fundações foram executadas abaixo do nível do lençol freático,

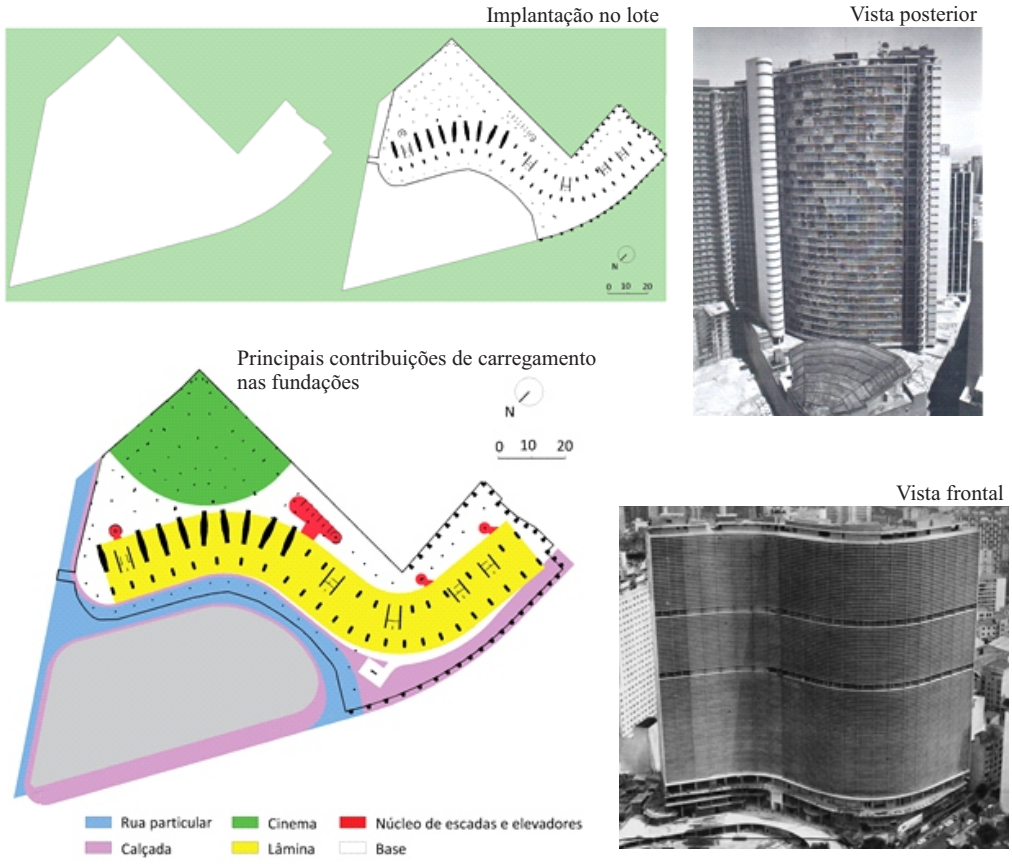

Figura 6 – Implantação do Edifício Copan
Fonte: Plantas produzidas pelo autor e fotografias pertencentes ao acervo do condomínio do Edifício Copan.

foi utilizado método a ar comprimido, para evitar a entrada de água durante as escavações. Caixões são um tipo especial de fundação profunda de forma prismática, concretado na superfície e instalado por escavação. Tubulões são elementos de fundação profunda de forma cilíndrica, em que, diferentemente das estacas, pelo menos na sua fase final de execução, há descida de operário. Os caixões encontram-se em desuso (ABNT, 2019).

Para os pilares de sustentação da lâmina, ainda na fase de projeto, o solo foi considerado fofo para suportar as tensões aplicadas por estas fundações. A solução foi melhorar o terreno abaixo da cota dos caixões, cravando-se estacas de compactação (Figura 7), posicionadas formando-se um reticulado de 1 x 1 metro por toda a projeção da lâmina do edifício. Foram utilizadas estacas pré-moldadas de concreto armado de seção quadrada de 20cm de lado e 8m de comprimento, cuja ponta superior ficaria imediatamente abaixo da base dos caixões. Os caixões foram executados após a cravação das estacas (IPT, 1954; MACHADO, 1963; VARGAS; MORAES, 1989; VARGAS; SILVA, 1973). Vale destacar que esse tipo de solo, "areias basais" do centro de São Paulo, é notório pelo comportamento atípico e problemas que afetaram edifícios altos construídos sobre ele, especialmente os erguidos antes da década de 1950.

O Edifício Copan foi desses casos que apresentou recalques excessivos e teve que ter suas fundações reforçadas. Em 1962, ainda durante as obras, quando a estrutura estava submetida a um desaprumo em torno de 36cm na direção Sudeste nos corpos 1 e 2, decidiu-se pela execução dos reforços de fundação (IPT, 1954; MACHADO, 1963; VARGAS; SILVA, 1973). Conforme se observa na Figura 8, os reforços exe-

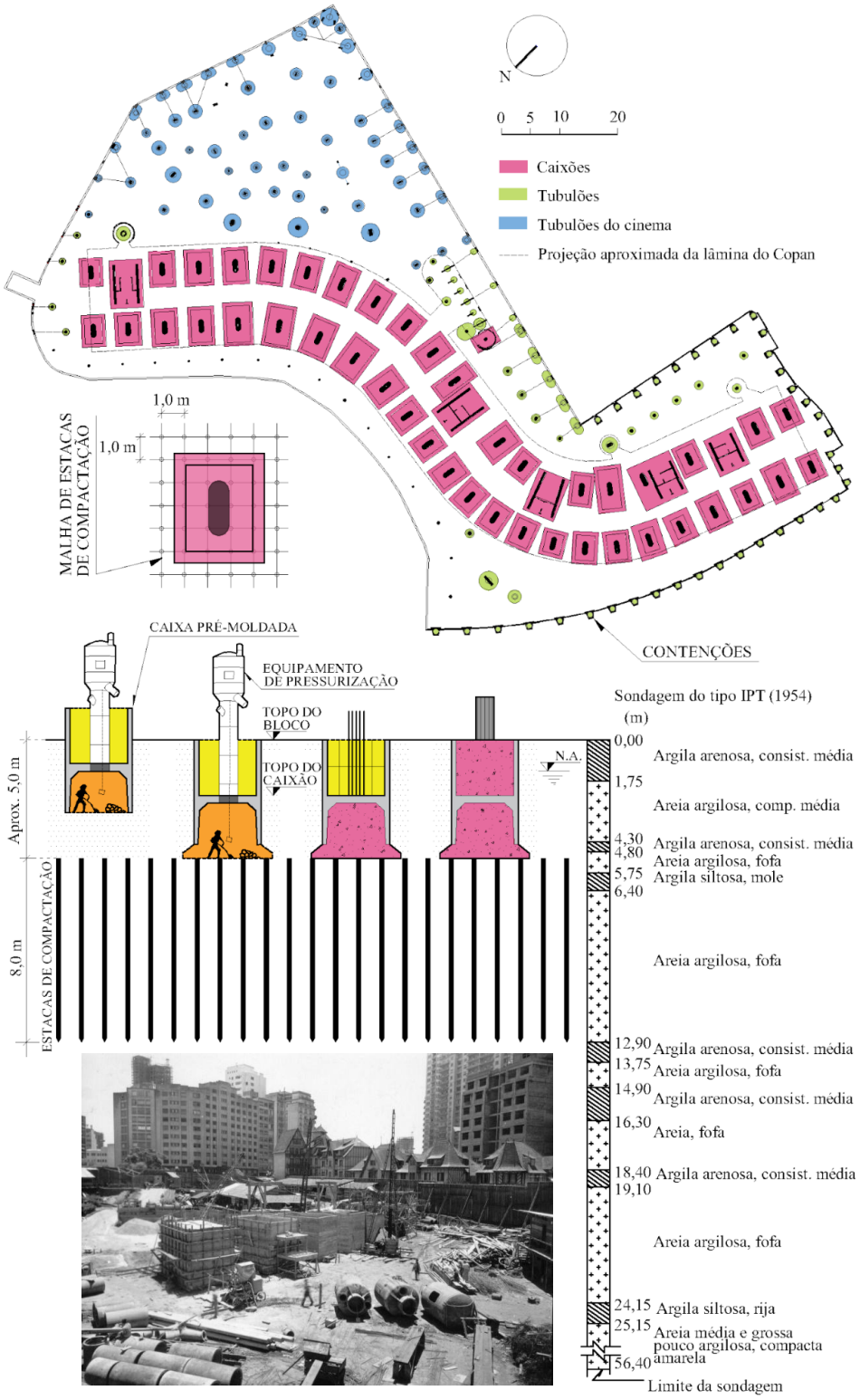

Figura 7 – Planta de fundações e execução dos caixões
Fonte: produzido pelo autor com base nos projetos e em IPT (1954), Machado (1963), Moraes (1989), Vargas e Silva (1973). Foto: acervo da FAUUSP.

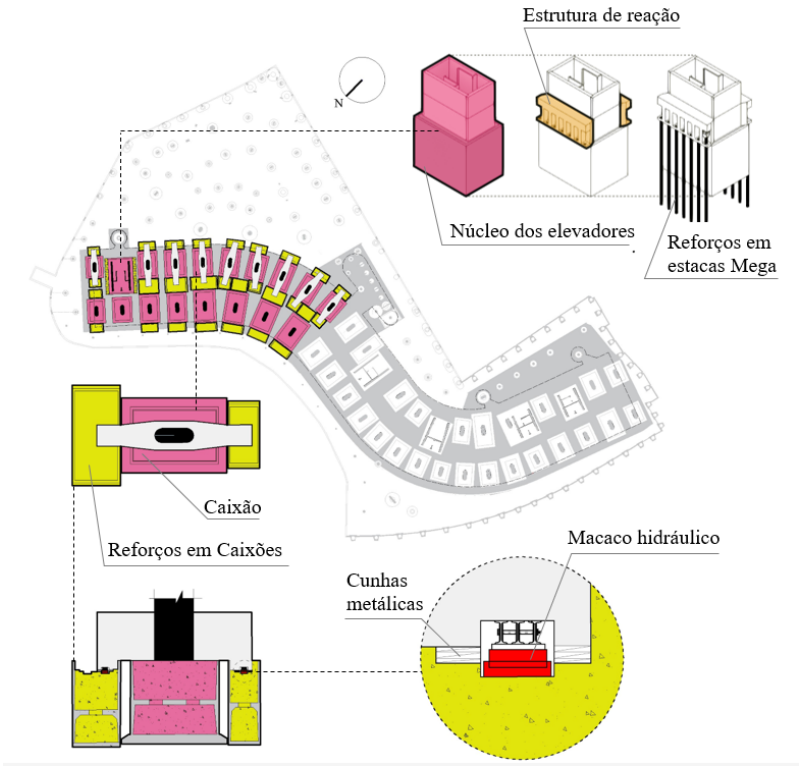

Figura 8 – Planta e execução dos reforços de fundação. Sem escala
Fonte: Produzido pelo autor em 2023 com base nos projetos do edifício. Fotos: Acervo do condomínio do Edifício Copan

cutados são grandes elementos de concreto armado engastados aos pilares do segundo subsolo — denominados "travessões" nos projetos estruturais —, que distribuem parcela do carregamento dos pilares principais para fundações complementares, aliviando as tensões aplicadas ao solo. A distribuição das cargas para as fundações complementares foi efetuada por meio de macacos-hidráulicos reagindo entre os travessões e as fundações complementares. Diferentemente dos reforços previstos para as colunas ovaladas, executados em caixões, o núcleo rígido dos elevadores do corpo 1 teve seu reforço de fundação executado por meio de estacas do tipo Mega.

CONCLUSÕES

Este artigo é resultado dos esforços empreendidos para compreender um problema real de uma construção de grandes proporções do período moderno. Mesmo sendo um bem amplamente reconhecido, os desafios postos pelo processo de caracterização estrutural e subsequente documentação arquitetônica do edifício evidenciaram a importância metodológica da pesquisa científica e a pertinência de conduzir tais estudos dentro do ambiente acadêmico. Dentre os desafios, pode-se citar o extenso período de construção do edifício, que levou a muitas revisões do projeto e sua segmentação em diversas fases, a dispersão dos documentos primários em diferentes acervos, bem como a complexidade na identificação e recuperação da bibliografia técnica impressa sobre o assunto. O resgate da escassa bibliografia sobre os eventos associados à execução das fundações do Copan foi fundamental não apenas para a sua caracterização, mas também para compreender o contexto dos recalques e reforços como um todo. A pesquisa revelou que o caso está inserido na história da engenharia de fundações do país, tendo influenciado a comunidade técnica e sendo tema de estudo em várias ocasiões em trabalhos científicos e publicações especializadas.

Dezenas de documentos do período da construção do Copan, cujas informações não eram públicas, como os relatórios emitidos pelo IPT ao longo dos anos, as cartas, atas de reuniões e os documentos técnicos arquivados nos acervos privados consultados, foram analisados criticamente e apresentados de tal forma que passaram a se relacionar entre si. As fontes primárias pesquisadas, ainda que tenham sido de grande valia para o registro do edifício, não foram suficientes para desvendar alguns detalhes até então desconhecidos, como sua configuração geométrica real, dada a falta de plantas *As built* do edifício.

Apesar das modificações arquitetônicas no projeto de Niemeyer, acredita-se que, em termos estruturais, a maioria das alterações não tenha exercido um papel significativo na concepção do embasamento do edifício, tampouco na superestrutura, pois ocorreram após a finalização da estrutura da torre. As mudanças nas características do cinema e a exclusão do teatro, já na década de 1960, impactaram as propriedades arquitetônicas originais do embasamento do edifício. No entanto, esse trecho da estrutura é independente, dissociado da estrutura da torre, e foi construído já considerando essas premissas da revisão do projeto arquitetônico. Contudo, parte das mudanças, como aquelas realizadas no corpo 4, onde os amplos apartamentos de quatro dormitórios dispostos um por andar foram subdivididos em quitinetes e apartamentos de um dormitório, podem ter ocasionado aumentos nas cargas na estrutura quando comparadas com os valores do projeto estrutural.

A construção do Edifício Copan em meados do século XX demonstra os notáveis conhecimentos técnicos dos profissionais paulistanos da época. No entanto, é evidente que as características arquitetônicas da escola moderna demandaram esforço por parte dos engenheiros para tornar essas estruturas uma realidade. Nesse contexto, é possível afirmar que o cenário da construção civil paulistana era de pleno desenvolvimento no que diz respeito ao controle tecnológico, o que permitiu a construção do Copan naquele período. Mesmo assim, observa-se que a execução de uma construção desse porte naquela época implicou em decisões que, por vezes, não se mostraram tão acertadas, principalmente devido à maturidade do conhecimento técnico disponível naquele momento.

Fica evidente que mesmo concebido em concreto armado, as tecnologias construtivas empregadas na construção deste exemplar da arquitetura moderna se diferenciam das contemporâneas. Essas diferenças evidenciam que a percepção de contemporaneidade dessas obras, pela aparente similaridade do sistema construtivo, deve ser feita com parcimônia, pois têm distinções quando comparadas com estruturas de concreto armado contemporâneas. Assim, os sistemas construtivos empregados nessas construções em concreto armado de meados do século XX merecem uma análise sob a perspectiva historiográfica. A manuten-

ção e conservação da arquitetura deste período deverá passar pelo conhecimento da lógica estrutural, dos materiais, técnicas e tecnologias empregadas nestes exemplares, além do histórico de ocorrências e mudanças estruturais. No caso do Edifício Copan fica claro, por exemplo, que o histórico de recalques tem potencial de influenciar em cadeia o desempenho de outros sistemas do edifício.

Por fim, o estudo coloca em evidência a importância da preservação do patrimônio documental na relação documento-história-memória, visando contar a história de um edifício, por meio de outro viés (o viés construtivo) e permitindo o acesso à informação baseada em documentos oficiais. O efeito e a relação projetual entre arquitetos e engenheiros também são colocados em evidência, ao mostrar o impacto das decisões arquitetônicas no processo de viabilização técnica de um edifício.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela bolsa de estudos concedida — processo nº 88887.512030/2020-00.

Ao condomínio do Edifício Copan, na figura do síndico Sr. Affonso Celso Prazeres de Oliveira, por permitir o desenvolvimento da pesquisa e por toda a ajuda despendida.

Ao Departamento de Engenharia de Construção Civil da Poli-USP, na figura do prof. dr. Fabiano Rogério Corrêa, por disponibilizar o escâner 3D e pela imensa ajuda no processo do escaneamento.

À Trimble pela disponibilização das licenças dos softwares.

Ao Programa de Apoio à Pós-Graduação (Proap) pelo financiamento de alguns ensaios ao longo da pesquisa.

REFERÊNCIAS

AMORIM, Arivaldo Leão. A documentação arquitetônica como uma atividade multi, inter e transdisciplinar. *Ponto de Acesso*, Salvador, v. 11, n. 1, p. 61-84, 2017.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 6122*: Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

FISCHER, Sylvia. Edifícios altos no Brasil. *Espaço e Debates*, São Paulo, n. 37, p. 61-76, 1994.

GALVÃO, Walter José Ferreira. COPAN/SP: a trajetória de um megaempreendimento, da concepção ao uso: estudo compreensivo do processo com base na avaliação pós-ocupação. 2007. 197 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

ICOMOS. ICOMOS Charter: Principles for the Analysis, Conservation and Structural Restoration of Architectural Heritage. *In*: INTERNATIONAL COUNCIL ON MONUMENTS AND SITES, 2013. *Anais* […]. Thessaloníki: ICOMOS, 2003.

IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Relatório Preliminar sobre o estudo da estabilidade das fundações projetadas para o Edifício "Copan"*. Relatório técnico. São Paulo: IPT, 1954.

LEMOS, Carlos A. C. *A história do edifício Copan*. São Paulo: Imprensa Oficial, 2014.

MACDONALD, Susan. 20th-Century Heritage: Recognition, Protection and Practical Challenges. In: ICOMOS. *Word Report 2002-2003 on Monuments and Sites in Danger*. Paris: ICOMOS, 2003. p. 223-229.

MACHADO, José. Discussão no painel: Fundações diretas a profundas, sem uso de estacas. In: CONGRESSO PANAMERICANO DE MECÂNICA DOS SOLOS, 2., 1963. *Anais* […]. São Paulo: ABMS, 1963. p. 600-609.

MELLO, Victor. F. B. Deformações como base fundamental de escolha da fundação. *Geotecnia*, Lisboa, v. 5, n. 12, p. 55-75, 1975.

MESQUITA, Esequiel *et al. BT 11 – Caracterização avaliação e recuperação estrutural de construções históricas*. Boletim Técnico. Porto Alegre: ALCONPAT Int., 2016.

MINDLIN, Enrique Ephim. *Arquitetura moderna no Brasil*. Rio de Janeiro: Aeroplano/IPHAN, 1999. p. 33.

MOREIRA, Fernando Diniz. Os desafios postos pela conservação da arquitetura moderna. *Revista CPC*, São Paulo, n. 11, p. 152-187, 2011.

NIEMEYER, Oscar. *A forma na arquitetura*. Rio de Janeiro: Avenir, 1978.

SALVO, Simona. Restauro e 'restauros' das obras arquitetônicas do século 20: intervenções em arranha-céus em confronto". Tradução Beatriz Mugayar Kühl. *Revista CPC*, São Paulo, n. 4, p. 139-157, 2007.

SEGAWA, Hugo Massaki. *Arquiteturas no Brasil:* 1900-1990. 2. ed. São Paulo: Edusp, 2002.

VARGAS, Milton. A tecnologia na engenharia civil. In: VARGAS, Milton (org.). *História da técnica e da tecnologia no Brasil*. São Paulo: Editora Unesp; Centro Paula Souza, 1994a. p. 225-245.

VARGAS, Milton. Engenharia de solos e fundações no Brasil. In: VARGAS, Milton. (coord.). *Contribuições para a história da engenharia no Brasil*. São Paulo: EPUSP, 1994b. p. 149-181.

VARGAS, Milton. Evolução dos conhecimentos. In: NEGRO JR., Arsenio *et al.* (org.). *Solos da cidade de São Paulo (mesa redonda)*. São Paulo: Associação Brasileira de Engenharia de Fundações e Serviços Geotécnicos Especializados (ABEF); Associação Brasileira de Mecânica de Solos – Núcleo Regional de São Paulo, 1992.

VARGAS, Milton. *História da ciência e da tecnologia no Brasil*: uma súmula. São Paulo: Humanitas; FFLCH-USP, 2001.

VARGAS, Milton; MORAES, J. T. Leme. Long term settlement of tall buildings on sand. *In*: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOIL MECHANICS AND FOUNDATION ENGINEERING, 12. *Anais* […]. Rotterdam: Balkema, 1989.

VARGAS, Milton; SILVA, F. P. O problema das fundações de edifícios altos: experiência em São Paulo e Santos. In: CONFERÊNCIA SUL-AMERICANA SOBRE EDIFÍCIOS ALTOS, 1973, Porto Alegre. *Anais* […]. Porto Alegre: Unaerp, 1973. p. 307-316.

VASCONCELOS, Augusto Carlos. *O concreto no Brasil:* professores, cientistas, técnicos. São Paulo: Pini, 1992. v. 2.

XAVIER, Denise. *Arquitetura metropolitana*. São Paulo: Annablume, 2007.

* Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) - Número do processo 88887.512030/2020-00