https://doi.org/10.4322/CBPAT.2022.071

MONITORAMENTO DOS RECALQUES DO EDIFÍCIO COPAN

Daniel Farias da Silva Bernardo[1]*, Fabiana Lopes de Oliveira[2]; Gisleine Coelho de Campos[3];
*Autor de contato: daniel.farias.bernardo@usp.br

[1] Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (FAU), Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, Brasil
[2] Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (FAU), Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, Brasil
[3] Seção de Obras Civis, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), São Paulo, Brasil

RESUMO

O edifício Copan, icônico exemplar da arquitetura moderna brasileira, começou a ser construído em 1953. O edifício vem apresentando, desde o período de sua construção, recalques diferenciais significativos em suas fundações, que podem ser a causa de diversas manifestações patológicas em sua superestrutura. O Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) é contratado para realizar o monitoramento destas movimentações desde 1956, abrangendo um período de 66 anos de medições. Este trabalho investiga os recalques do edifício Copan por intermédio dos dados coletados ao longo da história do edifício e os analisa baseando-se em suas características construtivas.

Palavras-chave: monitoramento estrutural; recalque de fundação; documentação.

ABSTRACT

The Copan building, an iconic example of modern architecture in Brazil, began to be built in 1953. Since the period of its construction, it has presented significant differential settlements in its foundations, which may be the cause of several pathological manifestations in its superstructure. The São Paulo Technological Research Institute (IPT) has been hired to monitor these displacements since 1956, covering a period of 66 years of measurements. This work investigates the settlements of the Copan building through the data collected and analyzes them based on its constructive characteristics.

Keywords: structural monitoring; foundation settlement; documentation.

1. INTRODUÇÃO

O edifício Copan, arrojado complexo habitacional em concreto armado projetado pelo arquiteto Oscar Niemeyer com colaboração de Carlos Lemos, começou a ser construído em 1953, em uma época marcada por grande experimentalismo construtivo. Foram decorridas duas décadas antes da sua finalização em 1972. O edifício, ao longo de sua existência, vem apresentando recalques diferenciais significativos em suas fundações, que podem ser a causa de diversas manifestações patológicas difundidas por sua superestrutura.

Os recalques na fundação do Copan não são recentes; os primeiros registros sobre o assunto remontam à 1954, ano da contratação do IPT pela, então construtora do edifício, CNI (Companhia Nacional de Indústria e Construção), para realização de previsões numéricas do comportamento do sistema solo-fundações.

Lemos (2014, p.77) comenta sobre o assunto: “há de se notar a grave questão dos recalques diferenciais já previstos por volta de 1955-1956 [...], que se tornaram o tema permanente das reuniões técnicas por anos a fio”.

Tamanha era a preocupação com esses deslocamentos, que em 1955, com as lajes do subsolo já finalizadas, o IPT foi contratado para instalação do aparato utilizado no monitoramento destas movimentações, que seria iniciado em abril de 1956. O conjunto de instrumentos seria ainda complementado nos anos de 1956, 1957 e 1962 com novos pontos de monitoramento. Estas medições, embora tenham sido interrompidas por questões administrativas entre os períodos de 1985 a 2000 e 2012 a 2020, prolongam-se até os dias de hoje, uma vez que foram reiniciadas para a presente pesquisa. A Figura 1 mostra o processo de aferição dos deslocamentos.

Figura 1 – Medição dos recalques.



Fonte: o autor.

No que tange especificamente ao método de medição, seu processo é realizado por nivelamento geométrico de precisão, por intermédio de aferições realizadas in loco, as quais determinam o nível de pontos fixos na estrutura, chamados Peças de Referência de nível (PR), a partir de um referencial de nível de profundo (RN). É o RN que fornece uma cota conhecida para monitoramento dos recalques ao longo dos anos. A análise sistemática do levantamento se faz em conjunto com o histórico de medições.

A existência de registros sistemáticos de recalques, em conjunto com o vasto repertório de informações pouco exploradas, dispersas por diferentes acervos, contendo os projetos originais e sua documentação técnica, tornam o estudo dos recalques do edifício Copan um verdadeiro laboratório em escala real, dada a possibilidade da caracterização do comportamento das fundações com base em aferições quantitativas, realizadas pelo IPT ao longo de 66 anos. Neto (2005) afirma que relatos de observação do comportamento de obras de engenharia em escala natural são pouco frequentes na literatura nacional. Pode-se somar a isto, neste caso, o longo período de monitoramento.

A caracterização e o monitoramento estrutural de uma edificação são processos de fundamental importância no âmbito da manutenção de seus subsistemas e salvaguarda de sua integridade patrimonial. Além disso, esta etapa é de suma importância para a aquisição de informações sobre os elementos componentes dos sistemas estruturais envolvidos, antes de qualquer intervenção. Diferentemente das construções contemporâneas, as quais possuem as características de seus materiais e componentes exaustivamente conhecidas, estudos para caracterização das construções históricas constituem um campo ainda pouco explorado (MESQUITA et al., 2016)

Até pouco tempo atrás, utilizou-se no dimensionamento estrutural a hipótese de apoios fixos para pilares, fato este que faz com que, em um cenário real, o monitoramento das variações de nível nas fundações tenha sua necessidade potencializada (SAVARIS; HALLAK; MAIA, 2010).

Por todas estas razões expostas, entra em pauta a necessidade da compreensão do comportamento real das fundações do edifício Copan e é sobre isso que este artigo trata.

1.1. O edifício

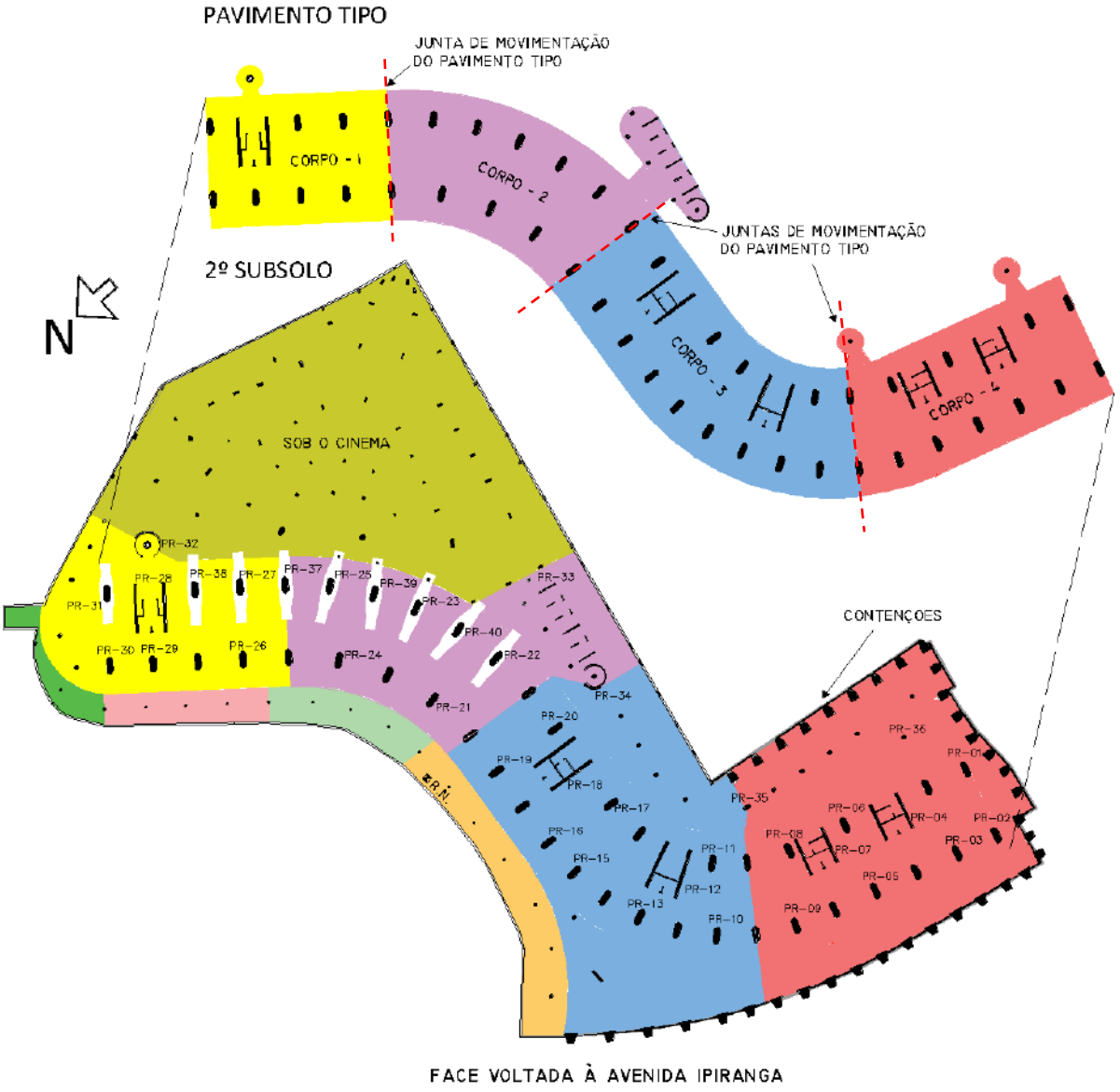
Os números do edificio Copan são imperativos para o setor habitacional nacional ainda nos dias de hoje: são 1.160 apartamentos, além da área comercial nos pavimentos inferiores e cinema, somando um total aproximado de 115.000 m² de área construída e aproximadamente 117 m de altura.

Considerado um dos ícones da capital paulista, o edifício foi tombado em 2012 pelo Conselho Municipal de Preservação do Patrimônio Histórico, Cultural e Ambiental da Cidade de São Paulo (CONPRESP), por seu notável valor histórico, arquitetônico, urbanístico e paisagístico.

Como em muitos outros exemplares da arquitetura moderna, para permitir a diferenciação de uso do empreendimento, optou-se pela concepção do edifício sobre pilotis, de forma a dar mais liberdade à configuração dos ambientes inferiores. Houve, desta forma, a necessidade de execução de um espesso pavimento de transição abaixo do primeiro nível de apartamentos, que transita as cargas das centenas de pilares difusos pelas paredes dos andares tipo para o layout inferior; este, por sua vez, possui vãos muito maiores e número significativamente menor de pilares, com maior seção transversal e geometria característica.

Ainda que do ponto de vista arquitetônico a lâmina sinuosa do edifício tenha sido concebida como um volume único, estruturalmente ela é segmentada em quatro partes independentes por três juntas de movimentação. Estas partes estruturalmente independentes da torre são denominadas Corpos nos projetos originais, conforme se observa na Figura 2.

Figura 2 – Esquema dos panos estruturais entre juntas de movimentação e localização das Peças de Referência (PR).



Fonte: o autor.

Pela Figura 2, pode-se observar que nos subsolos a configuração das áreas estruturalmente independentes se diferencia do pavimento tipo. Isto se deve ao fato da implantação extrapolar a seção da lâmina, abrangendo regiões sob o cinema, calçada, rua externa e pavimentos sobressolo abaixo da laje da transição. Na figura, observa-se áreas com cores diferentes; cada uma destas áreas representa um segmento estruturalmente independente do edifício. Entre elas, existem juntas de movimentação.

As fundações da torre do edifício consistem em caixões pneumáticos de base alargada, com profundidades em torno de 5 a 7 metros. O solo arenoso do local foi considerado fofo para suportar as tensões de mais de 100 t/m² e foi melhorado de forma preliminar pela cravação de estacas pré-moldadas de concreto armado (VARGAS; SILVA, 1973). As estacas possuem seção quadrada de 20 centímetros de lado e 8,0 metros de comprimento e foram instaladas em uma

malha espaçada de 1,0 metro, abaixo da cota inferior dos caixões, por intermédio de um suplemento (IPT, 1954).

1.2. Os Reforços

No caso do Copan, segundo Vargas e Silva (1973), as medições permitiram a identificação de uma maior tendência de inclinação nos Corpos 1 e 2, os quais após atingirem uma distorção angular crítica tiveram que ser reforçados.

Em 1962, grandes estruturas de reforço de fundação foram construídas em 10 pilares da torre, localizadas nestes mesmos Corpos, no nível do segundo subsolo (Figura 3). A região onde os reforços estão localizados fica ao lado de onde seria construído o cinema do condomínio. Estes reforços consistem em grandes elementos estruturais de concreto armado engastados nos pilares e suportados por complementos das fundações.

Figura 3 – Reforços de fundação do edifício Copan



Fonte: o autor.

2. MÉTODO

Para compreensão do comportamento das fundações, foram utilizados os dados de monitoramento dos recalques contratados pelo condomínio e realizados pelo IPT desde 1956. Para facilitar as análises, os dados foram organizados de três formas diferentes:

- Gráficos de recalques acumulados ao longo dos anos;
- Gráficos de velocidades de recalque ao longo dos anos;
- Mapeamento por curvas de igual recalque (isolinhas) a partir dos recalques acumulados.

Cada um dos três tipos de representação teve sua escala gráfica padronizada, para que a comparação entre as campanhas de medição fosse possível.

A utilização dos dados coletados precisa respeitar algumas condições:

- Para se comparar os recalques máximos aferidos em pontos distintos do edifício, todas as medições consideradas devem partir da mesma data de início;

- As velocidades dos deslocamentos independem da data de início da curva, uma vez que são o produto do recalque pelo intervalo relativo à aferição.

3. RESULTADOS

3.1. Curvas de recalques acumulados e velocidades de recalque

As curvas de recalques acumulados (Figuras 4, 6, 8 e 10) e velocidades de recalque ao longo dos anos (Figuras 5, 7, 9 e 11) são apresentadas nesta seção. Para melhor compreensão do comportamento estrutural do edificio, os dados estão agrupados de acordo com o Corpo estrutural ao qual se referem. Cada série dentro dos gráficos representa os dados coletados em peças de referencia de nível (PR) individuais.

Figura 4 – Recalques acumulados - Corpo 1

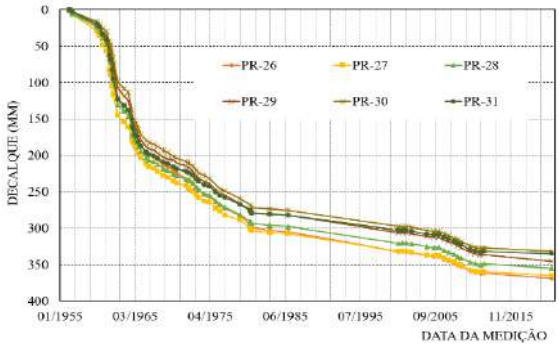


Figura 5 – Velocidades de recalque - Corpo 1

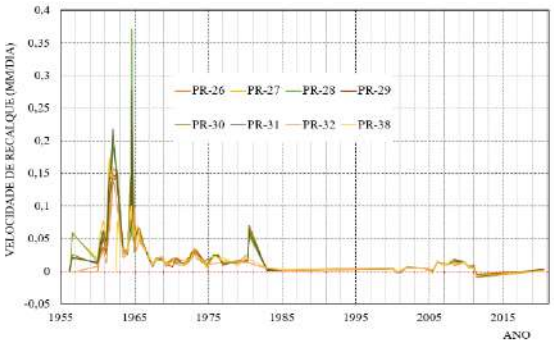


Figura 6 - Recalques acumulados - Corpo 2

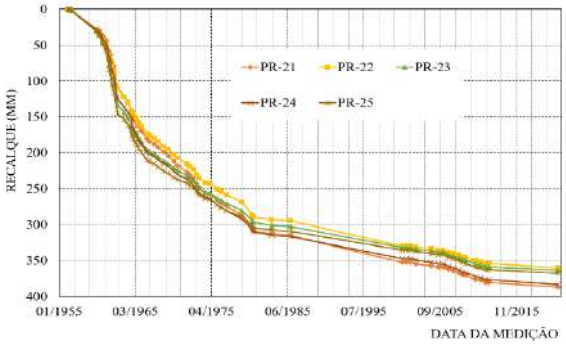


Figura 7 – Velocidades de recalque - Corpo 2

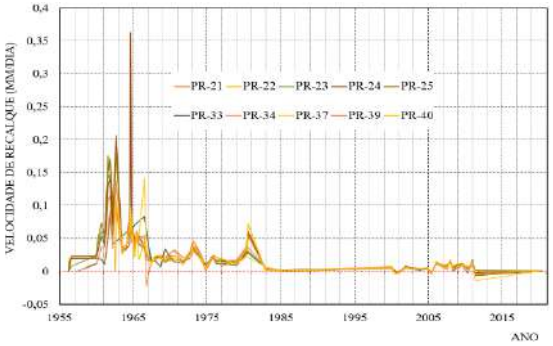


Figura 8 – Recalques acumulados - Corpo 3

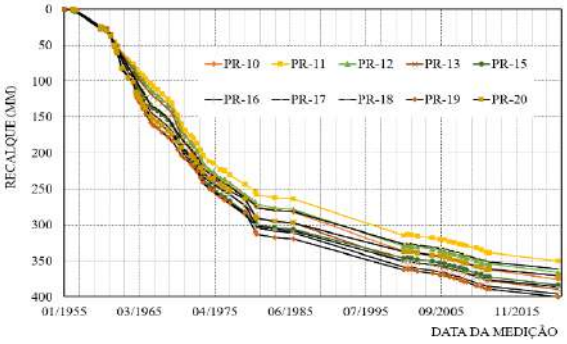


Figura 9 – Velocidades de recalque - Corpo 3

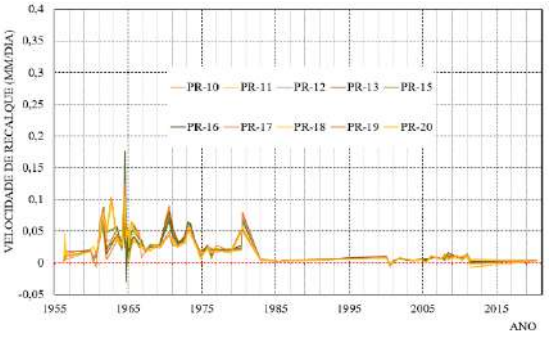


Figura 10 – Recalques acumulados - Corpo 4

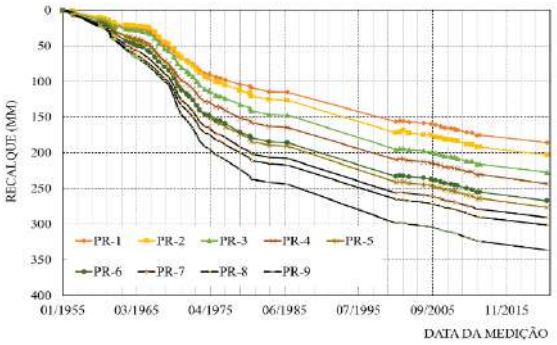
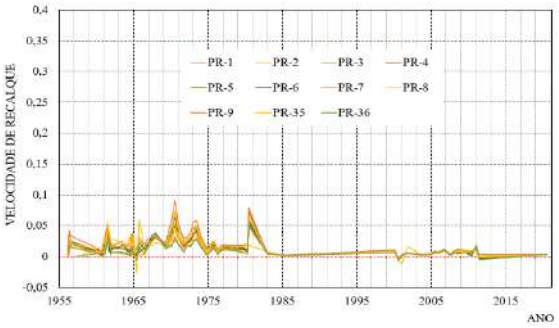


Figura 11 – Velocidades de recalque – Corpo 4



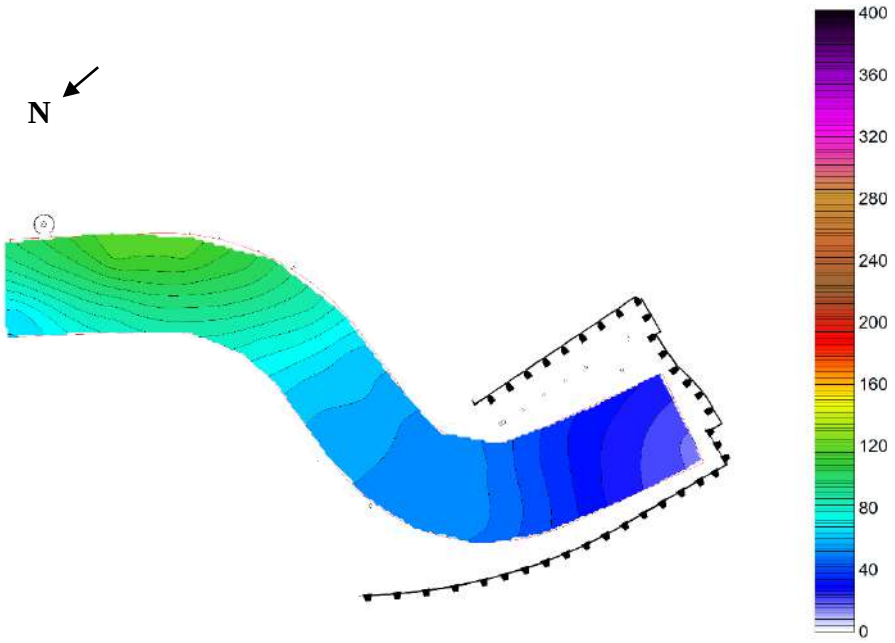
Fonte: Todos os gráficos foram produzidos pelo autor.

3.2. Isolinhas

As isolinhas de recalques acumulados são apresentadas nesta seção. As Figuras 12 e 13 mostram as curvas das medições realizadas nas datas de 21/03/1962 e 25/05/2021.

As curvas referentes à data de 21/03/1962 representam a última medição realizada antes da execução dos reforços de fundação. Pode-se observar que a implantação do edifício não estava finalizada, restringindo-se à região dos Corpos 3 e 4, onde a superestrutura se encontra com as grandes contenções periféricas. Nota-se uma tendência ao desenvolvimento de recalques nos Corpos 1 e 2, na direção de onde viriam a ser construídos os reforços, corroborando as proposições de Vargas e Silva (1973). O cinema ainda não havia sido executado nesta época. Nesta medição, a velocidade máxima aferida foi de 0,1532 mm/dia no Corpo 1 e o valor de recalque máximo foi de 116 mm, nos Corpos 1 e 2.

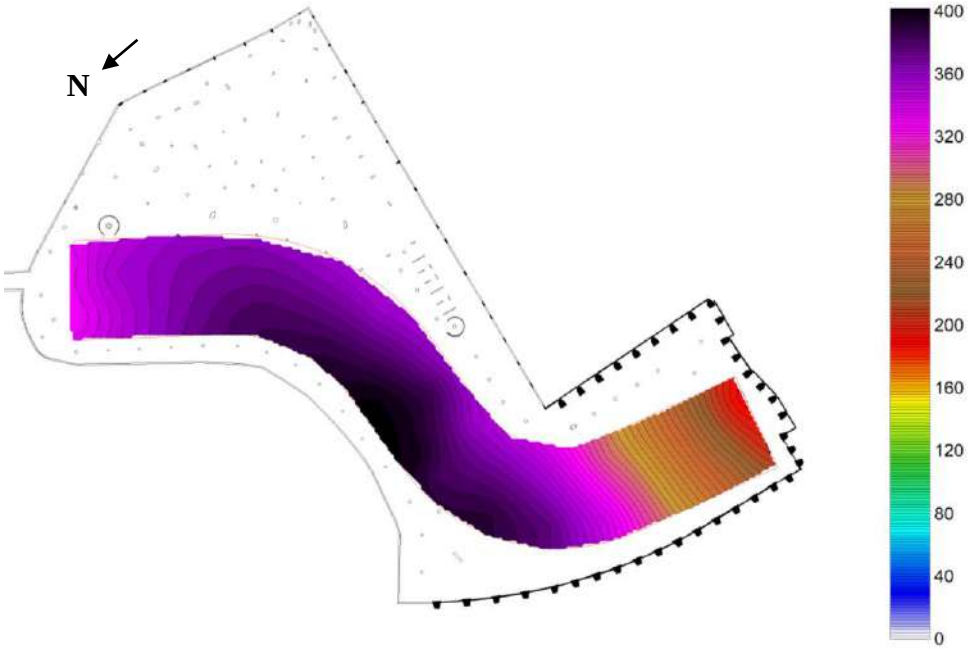
Figura 12 – Isolinhas dos recalques acumulados até 21/03/1962



Fonte: o autor.

As curvas referentes à data de 25/05/2021 representam a última medição realizada no edificio. Diferentemente da Figura 12, neste caso, o edificio já se encontrava finalizado. Nota-se, pela representação, uma alteração da lógica espacial dos recalques quando comparados com a medição de 1962, de sudeste para noroeste, voltando-se para a avenida Ipiranga. Há uma aparente redução na intensidade dos recalques nas áreas em que a estrutura do subsolo se engasta à divisa do lote, como no caso do Corpo 4 e na extremidade do Corpo 1. Nesta medição, a velocidade máxima de recalque aferida foi de 0,0037 mm/dia nos Corpos 3 e 4 e o recalque máximo foi de 400 mm, no Corpo 3.

Figura 13 – Isolinhas dos recalques acumulados até 25/05/2021.



Fonte: o autor.

4. CONCLUSÕES

Os recalques do Copan têm sido motivo de atenção desde o início da construção do edifício na década de 1950. Os reforços de fundação executados, embora não possam ter sua eficácia de todo refutada, uma vez que aparentam ter alterado a tendência espacial dos deslocamentos, não os cessaram; de tal forma que os deslocamentos atingiram um valor acumulado máximo de 400 mm em 2021, no Corpo 3 do edifício.

Historicamente, os deslocamentos observados no Copan são do tipo diferencial, ou seja, variam de intensidade pela extensão do edifício, o que pode ser considerado um agravante, pelo fato de resultarem em distorções angulares no pórtico estrutural, resultando em solicitações por esforços não previstos originalmente. Ainda que no início da década de 1950 os cálculos do pórtico estrutural fossem feitos considerando-se apoios fixos, a estrutura do edifício vem absorvendo as movimentações e redistribuindo os esforços, mas não sem deixar vestígios.

A previsão de juntas de movimentação foi um importante fator para a acomodação do edifício diante dos deslocamentos diferenciais de seu embasamento. A localização destas juntas na região

dos subsolos também aparenta se relacionar com o comportamento da estrutura diante dos recalques, sendo que há um aumento de rigidez estrutural em determinadas áreas, pela conexão entre as lajes e vigas com as contenções da periferia, extremamente rígidas. Esta situação acontece principalmente na região do Corpo 4.

Os resultados obtidos na última campanha de leituras, realizada em maio de 2021, indicam uma tendência de desenvolvimento de recalques absolutos dos elementos de fundação, constatada pela homogeneidade das velocidades de recalque, ainda que existam recalques acumulados diferenciais. Neste sentido, em termos de recalques diferenciais, o Corpo 4 é o trecho que apresenta os maiores valores, perceptíveis pelo desencontro das curvas de deslocamentos acumulados. Neste mesmo Corpo, observam-se os maiores incrementos de deslocamentos entre as duas últimas campanhas de leitura (de 2012 a 2021). Já a tendência de redução das velocidades dos recalques se faz sentir de forma mais expressiva nos Corpos 1 e 2.

Vale ressaltar que este artigo apresenta dados parciais de uma pesquisa em desenvolvimento. Desta forma, os dados das medições dos recalques ainda serão complementados por novas leituras previstas para 2022 e 2023.

Pelo exposto, ressalta-se a importância e o valor da presente pesquisa, ao se documentar o comportamento de um prédio icônico da arquitetura moderna no Brasil, como o edifício Copan, com 66 anos de monitoramento, desvendando informações até então desconhecidas e contribuindo com a história do patrimônio arquitetônico paulistano.

5. AGRADECIMENTOS

Ao CNPQ pela bolsa de estudos concedida.

Ao condomínio do edifício Copan, na pessoa do síndico Sr. Affonso Celso Prazeres de Oliveira, por permitir o desenvolvimento da pesquisa.

E ao Físico Vicente Luiz Galli, da Seção de Investigações, Riscos e Gerenciamento Ambiental do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, pelos ensinamentos no manuseio do software Surfer, para a produção das isolinhas de recalques.

REFERÊNCIAS

ALONSO, U. R. **Previsao e controle das fundacoes uma introducao ao controle da qualidade em fundacoes**. Sao Paulo: Edgar Blucher, 1991.

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT). Relatório Técnico n° 2203. **Relatório preliminar sobre o estudo da estabilidade das fundações projetadas para o Ed. Copan**. 1954 (não publicado, disponível para consulta mediante autorização prévia).

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT). Relatório Técnico n° 162 798-205. **Controle de Recalques do Edifício Copan, em São Paulo, SP**. 2021 (não publicado, disponível para consulta mediante autorização prévia).

LEMOS, C. A. C. **A história do edifício Copan.** Imprensa Oficial, Governo do Estado de São Paulo, 2014.

MESQUITA, E. et al. **Global overview on advances in structural health monitoring platforms.** Journal of Civil Structural Health Monitoring, v. 6, n. 3, p. 461–475, 2016.

NETO, L. R. **Interpretação de deformação e recalque na fase de montagem da estrutura de concreto com fundação em estaca cravada**. Universidade de São Paulo, 2005.

SAVARIS, G.; HALLAK, P. H.; MAIA, P. C. A. **Influence of foundation settlements in load redistribution on columns in a monitoring construction - Case Study**. Revista IBRACON de Estruturas e Materiais, v. 3, n. 3, p. 346–356, 2010.

VARGAS, M.; SILVA, F. P. O problema das fundações de edifícios altos: experiência em São Paulo e Santos. *In*: CONFERÊNCIA SUL-AMERICANA SOBRE EDIFÍCIOS ALTOS, ASCE/ABSE. **Anais [**...] Porto Alegre: 1973.