

## Reaprumo do Bloco B do Condomínio Núncio Malzoni Influência das Estacas-Raiz nas Velocidades de Recalques

Carlos Eduardo Moreira Maffei

Prof. Dr. Titular – Escola Politécnica da USP, Maffei Engenharia, São Paulo, Brasil, E-mail  
maffei@maffeiengenharia.com.br

Heloisa Helena Silva Gonçalves

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Livre Docente – Escola Politécnica da USP, São Paulo, Brasil, E-mail: helesilv@usp.br

**RESUMO:** O trabalho apresenta a solução implementada no Bloco B do Condomínio Núncio Malzoni que estava com uma inclinação de 1,8° quando foi reaprumado. O edifício com 55m de altura é localizado na orla da praia de Santos, São Paulo, em um das regiões mais valorizadas da cidade. No início de 2000 foram executadas estacas raiz com 40cm de diâmetro e 55m de comprimento, que serviriam de sub-fundação para o Bloco B e tinham como objetivo transferir as cargas para camadas mais competentes do subsolo. O projeto inicial previa ainda, a construção de vigas para a transferência das cargas do edifício para as novas fundações e posterior reaprumo do mesmo. No final de 2010 o edifício foi reaprumado, sem que fossem realizadas as transferências das cargas para as novas fundações. Em vista das consideráveis reduções das velocidades médias dos recalques diferenciais, o método utilizado para este reaprumo foi diferente do que havia sido utilizado para o Bloco A. O edifício foi colocado em macacos posicionados em consoles construídos nos próprios pilares, com a finalidade de se abrirem nichos nestes pilares para a colocação de outros macacos que serviram para erguer o edifício até voltar ao prumo. O artigo apresenta as principais peculiaridades da obra e uma análise conceitual.

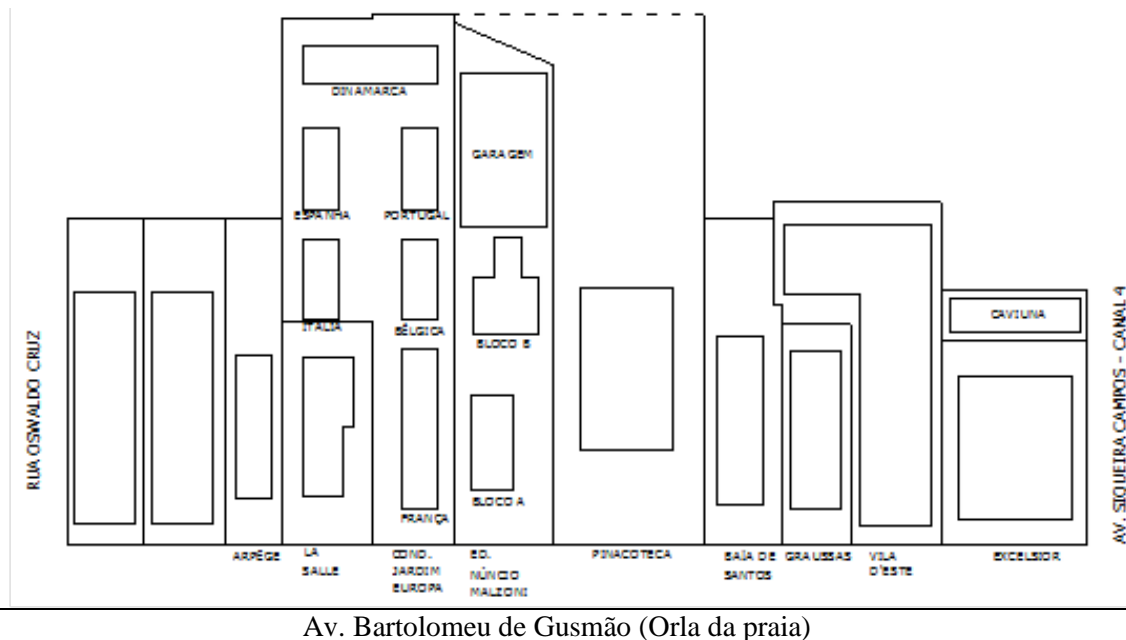
**PALAVRAS-CHAVE:** Reaprumo de Edifício, Santos, Edifícios Inclinados, Recalques, Argila Mole.

**ABSTRAT:** This paper presents the solution implemented in Block B of the Nuncio Malzoni Condominium, which was inclined at 1.8° when it was placed in the plumb. The 55m high building is located on Santos Beach Avenue, in one of the most highly valued areas of the city. At the beginning of 2000, 40cm diameter and 55m long root-piles were used, which would serve as a sub-foundation for Block B transferring the loads to more competent layers of the subsoil. The initial project also predicted the construction of beams for the transfer of loads from the building to the new foundations and later reaprumo. At the end of 2010 the building was refurbished, without the transfer of cargo to the new foundations. In view of the considerable reductions in mean velocities of differential settlements, the method used for this re-plumbing was different from that used for Block A. The building was placed in hydraulic jacks positioned on consoles built on the pillars themselves, in order to open niches in these pillars for the placement of other hydraulic jacks that served to raise the building until returning to the plumb. The article presents the main peculiarities of the work and a conceptual analysis.

## 1 Introdução

Os prédios de Santos se tornaram famosos na década de 1970, quando começaram a apresentar inclinações visíveis a olho nu. Alguns edifícios atingiram inclinações superiores a 2° e quando ocorre algum evento extraordinário como, por exemplo, uma ruptura de pilar a Prefeitura, os jornalistas e os moradores da cidade voltam a discutir o assunto. No entanto, todos continuam a conviver com o problema devido à dificuldade financeira em solucioná-lo e a descrença de que estes prédios possam estar correndo risco. Algumas intervenções foram realizadas com maior ou menor sucesso em poucos edifícios. Neste trabalho será apresentada e discutida a solução implementada no Bloco B do Condomínio Núncio Malzoni. O Condomínio Núncio Malzoni, localizado na orla da praia, é constituído por dois blocos de 17 pavimentos e tem como vizinhos o Condomínio Jardim Europa do lado esquerdo e uma casa de dois pavimentos, onde funciona a Pinacoteca Benedito Calixto, do lado direito, conforme planta apresentada na Fig 1 e fotografia da Fig 2. A fotografia apresentada é de 2002 e já mostra o Bloco A do Núncio Malzoni (último edifício à direita) após o reaprumo concluído em 2001. O sobrado ao lado direito já existia quando os dois condomínios foram construídos, o Núncio Malzoni em 1967 e o Jardim Europa em 1968. O Condomínio Jardim Europa é constituído por seis blocos com 15 andares, sendo que em 1964 somente dois deles, o França e o Bélgica, estavam concluídos. Os prédios do Núncio Malzoni e do Jardim Europa começaram a se inclinar uns em relação aos outros logo após a construção, mas os recalques do Núncio Malzoni começaram a ser acompanhados apenas em 1971. O perfil geotécnico da região está apresentado na Fig 3.

Tanto os edifícios do Condomínio Núncio Malzoni como os do Jardim Europa têm fundação em sapatas apoiadas entre 1,5m e 2m de profundidade, na camada de areia compacta que está sobreposta à espessa camada de argila marinha mole, o que provoca grandes recalques por adensamento. Para evitar distorções nas estruturas dos edifícios de Santos, era hábito dos projetistas da época interligarem as sapatas por vigas de rigidez. Nos Edifícios do Núncio Malzoni estas vigas têm 0,50m de largura por 1,5m de altura.



**Figura 1.** Esquema em planta da quadra onde está localizado o Núncio Malzoni



As vigas de rigidez permitiam que os prédios inclinassem como corpo rígido, diminuindo ou até mesmo evitando o surgimento de trincas. No entanto, as grandes inclinações trazem outros desconfortos como pode ser observado na Fig 4 que mostra a vista de uma janela de um prédio inclinado.

As obras de reaprumo do Bloco A do Núncio Malzoni foram realizadas entre dezembro de 1998 e fevereiro de 2001. Nesta época também foram executadas as novas fundações do bloco B do condomínio. As obras necessárias para o reaprumo do Bloco B só tiveram início em novembro de 2010 e o reaprumo foi realizado em dezembro de 2010.



**Figura 4.** Linha do horizonte vista através de uma janela de um prédio inclinado

## 2 Características Geotécnicas da Região

A região da Baixada Santista é constituída por rochas gnáissicas e graníticas, que afloram em alguns pontos formando colinas e ilhas. O subsolo de Santos, na região da orla marítima é constituído por uma camada de areia com 7m a 12m de espessura, compacta a medianamente compacta (SPT entre 9 e 40), sobre uma camada de argila orgânica mole com espessura de 10m a 20m (SPT entre 0 e 2), uma camada de areia argilosa de pequena espessura (entre 3m e 5m), outra camada de argila marinha (SPT entre 3 e 5) e finalmente o solo residual a aproximadamente 50m de profundidade. A rocha está localizada a mais de 70m de profundidade.

O perfil do subsolo na região do condomínio foi confirmado através da execução de 6 novas sondagens (Fig 3), podendo-se observar pelos resultados encontrados, que não aparece nenhuma heterogeneidade que justifique a ocorrência de recalques diferenciais.

Os valores de SPT determinados para as camadas de areia e argila estão de acordo com os que se encontram publicados na bibliografia para a região. A primeira camada de argila é a camada SFL (sedimentos flúvio-lagunares) e a camada mais profunda é conhecida como AT (argilas transicionais). Estas classificações foram realizadas por Massad (1985) após analisar as características geotécnicas destas argilas, em conjunto com a formação geológica da Baixada Santista.

Vargas (1994) comenta que na década de 40 foram intensificadas as construções de edifícios altos, ao longo da praia do José Menino, em Santos. O IPT e a Geotécnica S/A foram contratados para executar sondagens, ensaios sobre amostras indeformadas e opinar sobre o tipo de fundação a ser adotado em tais edifícios. Nesta ocasião as sondagens já mostravam a camada superficial de areia, com cerca de 10m de espessura capaz de suportar fundações diretas por sapatas rasas, com até 250kN/m<sup>2</sup> de tensão admissível. Também foi detectada na época a ocorrência das camadas de argila mole, que eram admitidas normalmente adensadas e chegam a profundidades de mais de 50m.

Até 1985 todos os recalques eram calculados admitindo-se as camadas de argila mole normalmente adensadas, mas somente a camada mais superficial de argila era considerada responsável pela ocorrência dos recalques. Segundo os artigos disponíveis, os técnicos concluíam que os valores de recalques assim calculados eram corretos, porém a velocidade de recalque no campo era muito maior que a prevista, através de ensaios de laboratório. Esta conclusão é discutível, já que passados mais de 50 anos de construção esses prédios continuam recalcando.

Em 1985 Massad verificou que a argila superficial, SFL, está levemente sobre-adensada e a AT, mais profunda, fortemente sobre-adensada. Se os recalques devidos ao adensamento primário, dos edifícios construídos nas décadas de 60 e 70, forem calculados admitindo-se um valor de razão de sobre adensamento igual a 1,15, obter-se-ão valores consideravelmente inferiores aos calculados considerando a argila normalmente adensada. Neste caso, os valores dos coeficientes de adensamento seriam ainda maiores dos que os que tem sido utilizados, e os recalques por adensamento primário corresponderiam a cerca de 50% dos recalques totais já ocorridos, medidos em campo. Este fato explica a dificuldade de previsão do comportamento das argilas da Baixada através da utilização da Teoria de Terzaghi.

Para comparar os recalques calculados com os observados deve-se considerar também o histórico da região levando-se em consideração a época de cada construção e a interferência entre elas, o que dificulta ainda mais a análise.

### 3 Análise da Segurança

A segurança da estrutura foi avaliada considerando-se a interação solo-estrutura. O comportamento das estruturas face a recalques é variável de edifício para edifício, porque depende da rigidez e resistência da estrutura e do maciço, e da origem dos recalques. Portanto, é preciso considerar o comportamento mais realístico possível da interação solo-estrutura, através da não-linearidade física e geométrica da estrutura. O solo deve ser representado como meio contínuo, da maneira menos restritiva possível, no que diz respeito à sua reologia e à sua geometria.

Como este prédio apresenta vigas de rigidez, não ocorreria colapso devido a distorções, porque as vigas impediriam que elas ocorressem na estrutura. Assim, o prédio apresenta movimento de corpo rígido de translação (afundamento) e de rotação (adernamento). Foi demonstrado através do cálculo realizado, que a estrutura do prédio entraria em colapso por instabilidade antes de tombar. Como a direção da gravidade continua a mesma, independentemente da inclinação do prédio, apareceriam esforços transversais que obrigariam a estrutura a trabalhar de forma não prevista, como um pórtico em balanço, sujeita a esforços transversais. Assim, as vigas e os pilares ficariam submetidos a solicitações adicionais significativas não previstas, formando-se rótulas plásticas até a ocorrência de um mecanismo. Pelo fato do colapso se dar por instabilidade, e não por perda de resistência de determinada seção, ele se daria em tempo relativamente curto, depois que a estrutura apresentasse quadro crítico de fissuramento e trincamento.

As estruturas do Condomínio Núncio Malzoni foram verificadas utilizando um programa de computador intitulado PORCA (Pórticos de Concreto Armado) desenvolvido pelo Prof. Dr. Paulo de Mattos Pimenta, o qual considera, ainda, a não – linearidade geométrica. Foi verificado que o Bloco B, devido à sua geometria estava menos comprometido do que o Bloco A à época.

### 4 Escolha da Solução

Depois da verificação estrutural dos edifícios, foram analisadas várias soluções convencionais utilizadas para resolver problemas de inclinação de edifícios, provocada por recalques diferenciais em camadas de argila mole, considerando os seguintes aspectos:

- Tempo de intervenção limitado;
- Histórico de soluções anteriores utilizadas em Santos sem sucesso;
- Desconhecimento da duração e intensidade do recalque que ainda estava por ocorrer.

Foram estudadas as seguintes alternativas de solução:

- Reforço das fundações e reforço nos elementos estruturais comprometidos pela inclinação do edifício
- Reaprumo do edifício, sem a execução de novas fundações
- Demolição e construção de outro edifício
- Execução de fundações profundas, transmissão dos esforços dos pilares para as novas fundações e reaprumo do edifício

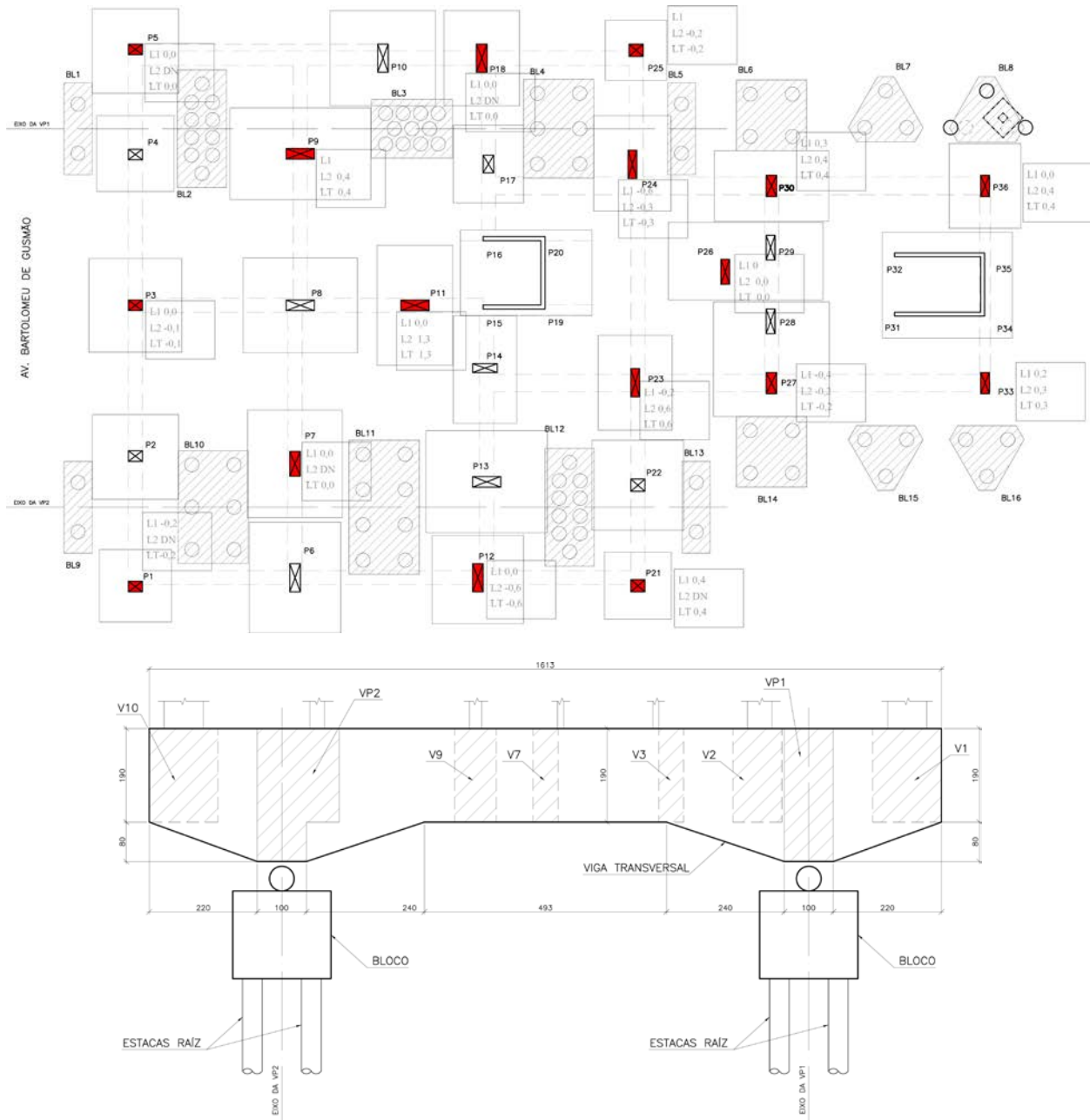
Analisando o custo-benefício de cada uma das soluções apresentadas, os proprietários dos apartamentos do Condomínio Núncio Malzoni optaram pela última alternativa. Os ante-projetos de reaprumo dos Blocos A e B foram desenvolvidos na mesma época, porém como o bloco A estava numa situação mais crítica, os trabalhos foram iniciados pelo Bloco A e por este ser o pioneiro todas as fases da recuperação foram instrumentadas.

#### 4.1 Solução Inicial

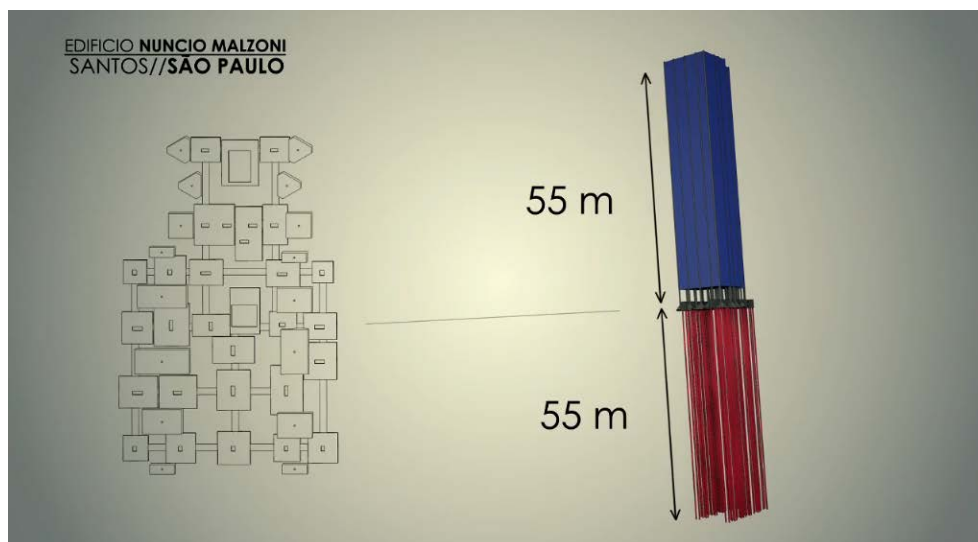
Os recursos financeiros eram insuficientes para a execução de toda a obra do bloco B à época. Foi decidido executar as novas fundações imediatamente após as do bloco A terem sido concluídas, em 1999 e então, interromper os serviços no Bloco B até que houvesse disponibilidade financeira para a continuidade das obras.

No Bloco A foram executadas estacas escavadas de grande diâmetro, mas no Bloco B esta solução se mostrou inviável devido à indisponibilidade de espaço físico. Foram projetadas estacas raiz de 40cm de diâmetro, armadas com tubo metálico de 7 polegadas e 55m de comprimento, para suportar uma carga máxima de 108 tf. Em 1978 haviam sido executadas estacas raiz com 25cm de diâmetro e comprimento superior a 50m em todas as sapatas do lado mais recalçado do Bloco A do Núncio Malzoni, com o intuito de diminuir os recalques diferenciais. No entanto, as velocidades de recalque só diminuíram por alguns meses, voltando às velocidades anteriores. Para confirmar a eficiência das estacas raiz previstas no projeto do bloco B foram realizadas provas de carga em estacas teste. Foram executadas 5 estacas raiz numa área livre do terreno ao lado direito do edifício. A estaca central, estaca teste, tinha 55m de comprimento, 40cm de diâmetro e foi armada com tubo metálico com 7 polegadas de diâmetro. As outras 4 estacas, que serviram como estacas de reação, tinham 40m de comprimento e foram armadas com 2 barras Dywidag 32mm, cada uma. O projeto e execução das provas de carga são de autoria do Eng. Armando Caputo, à época na Brasfond. Os resultados foram analisados e apresentados por Caputo em 2003 que concluiu que a estaca teste com 55m de comprimento, submetida à compressão, atingiu a ruptura para uma carga de 270 tf. Além da prova de carga à compressão foi realizada uma prova de carga à tração numa estaca teste com 12,70m de comprimento com a finalidade de se avaliar a parcela de carga por atrito lateral da camada de areia superficial, que foi de aproximadamente 60 tf.

Diante dos resultados das provas de carga, o projeto de sub fundação foi confirmado e as estacas raiz foram distribuídas conforme planta e corte apresentados na Fig 5, e esquema apresentado na Fig 6.



**Figura 5.** Planta e corte das estacas do Bloco B



**Figura 6.** Esquema: Bloco B

A obra no bloco B foi interrompida após a execução das estacas raiz e os recalques continuaram a ser monitorados até 2010, quando foram retomados os estudos para completar a obra. Na Fig.7 está apresentada a planta com a distribuição dos pilares nos quais estavam colocados os pinos para leitura dos recalques. Nas Figs. 8, 9 e 10 estão apresentadas as curvas de desenvolvimento dos recalques em função do tempo entre 1971 e 2010. Observe-se nas Figs 8 e 9 que as curvas apresentam o primeiro trecho entre 1971 e 1978, o segundo trecho entre 1978 e 1980, o terceiro trecho entre 1980 e 1999, o quarto trecho entre 1999 e 2000 e o quinto trecho após 2000, com diferentes inclinações. Isto significa que as velocidades de recalques se modificaram. Na Fig. 10, para os pilares do fundo não existe distinção entre o 2º e 3º trechos. A construção dos prédios acabou em 1967, porém os recalques só começaram a ser medidos em 1971. O primeiro trecho das curvas de recalques corresponde a recalques ocorridos pelos acréscimos de carga dos edifícios do Condomínio Núncio Malzoni e dos edifícios próximos do Condomínio Jardim Europa. Em 1978 foram construídas estacas-raiz com 25cm de diâmetro e 50m de comprimento do lado esquerdo do Bloco A, lado mais recalcado, o que gerou um decréscimo nas velocidades de recalque de alguns pilares do Bloco B. No entanto, estas velocidades voltaram a aumentar em 1980 e ficaram praticamente constantes até o início das intervenções nos Blocos A e B em 1999, quando então aumentaram até o final das obras. Depois do reaprumo do Bloco A e execução das estacas-raiz do Bloco B as velocidades de recalque diminuíram consideravelmente. Pode-se calcular a velocidade média de recalque em cada um destes trechos, conforme apresentado na tabela 1. Observe-se também, na tabela 1, que as maiores velocidades de recalque nos pilares 33 e 36 ocorreram entre 1999 e 2000, período em que foram executadas todas as estacas. A razão pode ser atribuída à menor rigidez do pórtico dos fundos do edifício face à concentração das estacas-raiz. Entre 2000 e 2004 as velocidades de recalque já atingiram valores entre 0,9mm/ano a 2,7mm/ano e entre 2004 e 2010 estes valores diminuíram ainda mais. A velocidade média dos recalques secundários, dos pilares externos do Bloco B, antes das intervenções realizadas variavam entre 7,7mm/ano e 12,7mm/ano, o que causava um recalque diferencial de 5mm/ano.





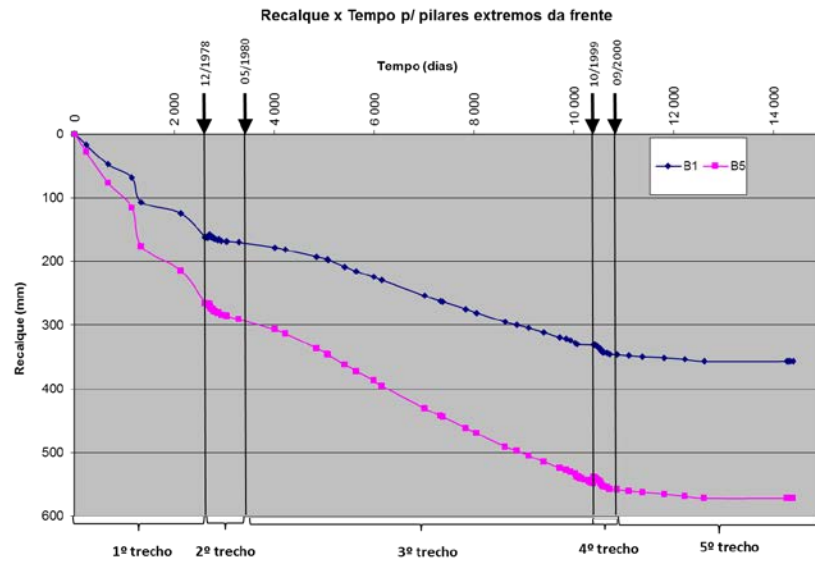


Figura 8. Desenvolvimento dos recalques no Bloco B – pilares da frente

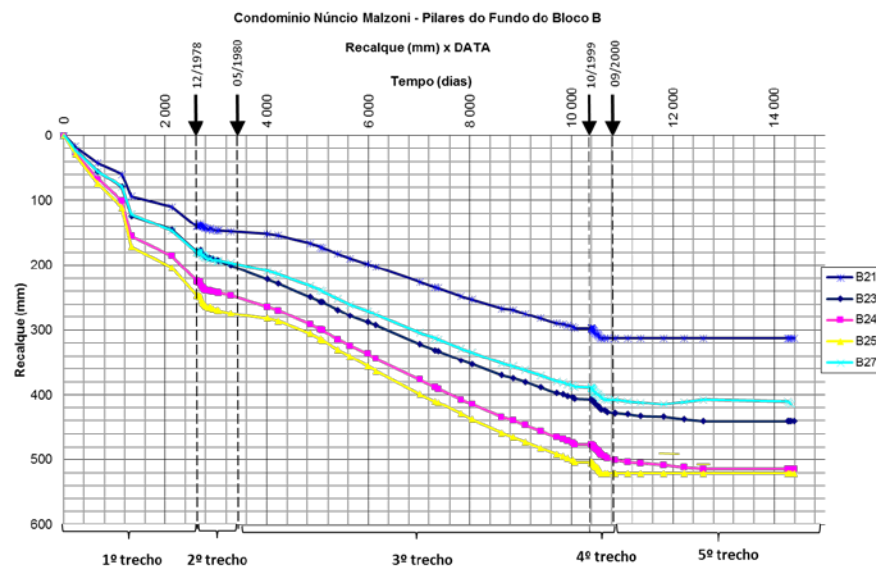


Figura 9. Desenvolvimento dos recalques no Bloco B – pilares centrais

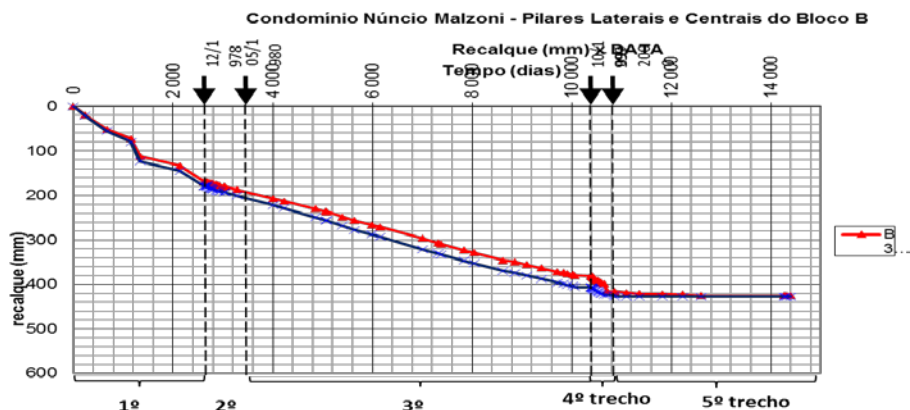
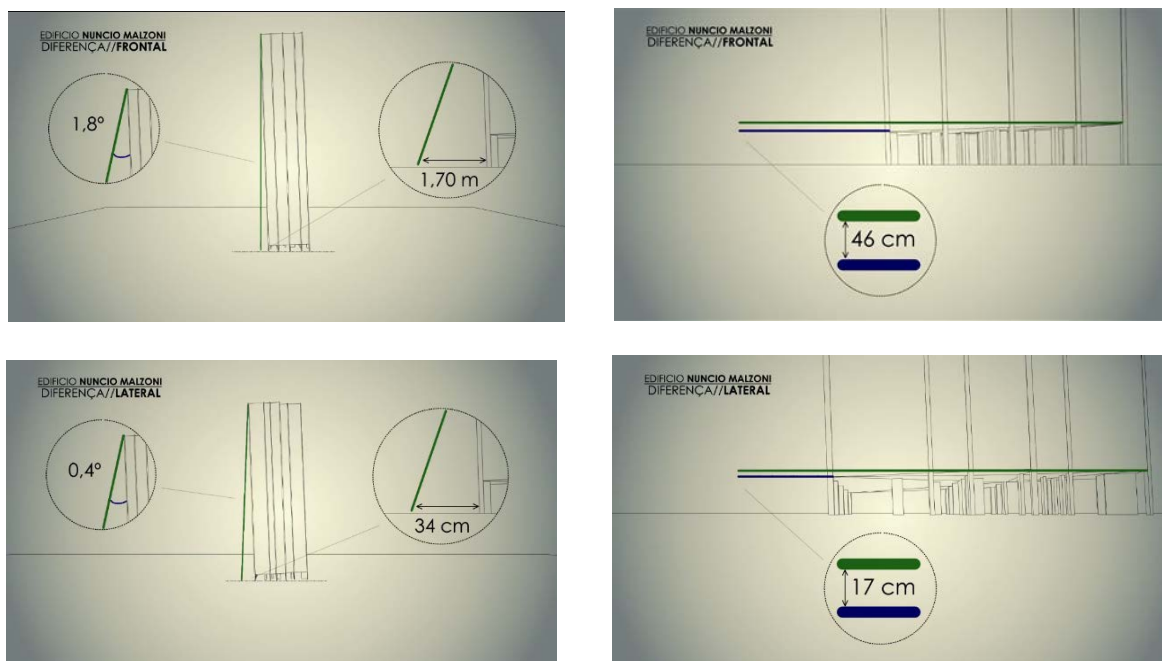


Figura 10. Desenvolvimento dos recalques no Bloco B – pilares do fundo

**Tabela 1** – Velocidade de recalque média dos pilares externos

Período	V. recalque (mm/ano)					
	P <sub>1</sub>	P <sub>5</sub>	P <sub>21</sub>	P <sub>25</sub>	P <sub>33</sub>	P <sub>36</sub>
1971-1978	17,8	36,4	18,6	34,2	22,7	24,4
1978-1980	5,0	9,6	4,3	9,3	10,1	10,2
1980-1999	8,3	12,7	7,7	11,9	10	10,6
1999-2000	12,6	17,3	14,8	16,4	30,4	29,8
2000-2004	2,0	2,7	1,6	1,9	1,9	0,9



**Figura 11.** Inclinação do Bloco B

Em função destes resultados, foi apresentada aos proprietários uma nova alternativa de projeto que economizaria em torno de 30% do custo total da obra, embora não garantisse recalque zero ao longo do tempo. Esta alternativa está apresentada a seguir.

#### 4.2 Solução Implementada

Um dos grandes atrativos das intervenções implementadas nos Blocos A e B foi permitir que todo o processo fosse realizado sem que os apartamentos fossem desocupados. Para a continuidade da utilização dos elevadores e do sistema de água e luz, todas as utilidades foram colocadas em flexíveis de maneira a não restringir a elevação do edifício, conforme Fig. 12.



**Figura 12.** Flexíveis instalados para permitir As operações



**Figura 13.** Construção de consoles

A solução utilizada consistiu na abertura de nichos nos pilares de forma a que pudessem ser instalados macacos que levantassem o prédio, nivelando-o. As cargas dos pilares foram transferidas para macacos auxiliares, instalados entre consoles construídos nos próprios pilares. Foram construídos quatro consoles em cada pilar, sendo dois de cada lado, em duas alturas diferentes, de modo a permitir a colocação de macacos auxiliares, conforme apresentado na Fig.13.

A seguir, foram instalados macacos nos nichos formados entre os consoles de cada pilar para receber a carga dos pilares (Fig. 14), permitindo a abertura de um nicho, no próprio pilar (Fig.15). Neste espaço (Fig.16), foram colocados os macacos principais (Fig.17) para erguer e reaprumar o edifício.



**Figura 14.** Macacos instalados para abrir um consoles



**Figura 15.** Remoção de parte do pilar nicho



**Figura 16.** Nicho aberto para colocação do Macaco para levantar o pilar



**Figura 17.** Macaco instalado no pilar

Quando todos os pilares estavam sobre os macacos deu-se início à fase de macaqueamento, que consiste na aplicação de cargas ao sistema de macacos com a finalidade de levantar o prédio gradualmente, como corpo rígido. Esta etapa é a mais delicada e requer muito cuidado. Para acompanhar o nivelamento do prédio foi colocado um medidor de nível num andar intermediário.

Em 4 dias o prédio voltou ao prumo. A Fig.18 mostra as fotos do bloco B antes e após o reaprumo.

Em seguida, deu-se início à retirada dos macacos e preenchimento dos nichos abertos nos pilares.



**Figura 18.** Condomínio Núncio Malzoni antes e após o reaprumo do Bloco B

## 5 Conclusão.

No Bloco A as novas fundações foram incorporadas ao prédio, garantindo que não houvesse deformações futuras porque além das fundações profundas atingirem o solo residual, o prédio foi erguido através de macacos, impondo durante o processo de macaqueamento, cargas iguais ou superiores às cargas permanentes de cada pilar. No Bloco B as fundações não foram incorporadas aos pilares por economia, alterando assim a finalidade das mesmas. As estacas raiz haviam sido projetadas para serem incorporadas ao prédio e atuarem como novas fundações, mas passaram a ser utilizadas como um melhoramento do solo, tanto das camadas de argila como das camadas de areia. Esta alternativa foi idealizada a partir da brusca diminuição das velocidades de recalque do Bloco B, após a construção das estacas raiz e da falta de interferência das cargas do Bloco A desde que este havia sido subfundado. Os proprietários do Bloco B analisaram o custo de cada alternativa e escolheram a opção mais econômica.

Deve ser lembrado ainda, que com a inclinação do edifício aumenta a tensão de pré adensamento nas regiões de maiores recalques (maiores carregamentos devido à mudança de tensões nos pilares) e quando o edifício é colocado no prumo estas regiões se tornam pré adensadas já que as cargas nos pilares que estavam mais inclinados diminuem. Este fato aliado à eliminação da influência do Bloco A, que já estava sobre fundações profundas e ao melhoramento da camada de argila, fez com que os recalques após a conclusão dos trabalhos em 2010 até os dias de hoje, fossem praticamente nulos.

Pode-se concluir que as intervenções realizadas melhoraram muito o comportamento do Bloco B, que após 8 anos do reaprumo não voltou a sofrer nenhum recalque diferencial perceptível.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos a todas as firmas e funcionários que trabalharam nas obras do Bloco B do Condomínio Núncio Malzoni e em especial à Brasfond Fundações Especiais – responsável pela execução das fundações e à FB Locações – responsável pela operação de macaqueamento. Agradecemos aos proprietários e moradores dos apartamentos pela confiança e apoio demonstrados durante todo o período de projeto e obra.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS



Caputo, A.N. (2003). As novas fundações do edifício Núncio Malzoni . Provas de Carga – Bloco B. In: Workshop Passado, Presente e Futuro dos Edifícios da Orla Marítima de Santos, ABMS, Sinduscon SP, Santos, P101 – 103. 12.

GONÇALVES, H. H. S. A utilização de isócronas tensão-deformação para a determinação de recalques por adensamento secundário In: V Seminário de Engenharia de Fundações Especiais e Geotecnia, 2004, São Paulo. SEFE V. São Paulo: ABEF-ABMS, 2004. v.2. p.236 – 244. 1.

MAFFEI, CARLOS E. M.; GONÇALVES, HELOISA H. S. Innovative techniques used to plumb two 57 m height concrete buildings leaning 3.8 and 3.1 %. Innovative Infrastructure Solutions, v.1, p.33 -, 2016.

MAFFEI, C. E. M.; GONÇALVES, H. H. S.; PIMENTA, P. M. Renivelamento do Edifício Núncio Malzoni com 2.2o de Desaprumo Geotecnia (Lisboa), v.106, p.133 - 161, 2006.