



## TEMA 2 – Reabilitação e reforço de estruturas

### SÍNTESE DAS ANÁLISES ESTRUTURAIS REALIZADAS EM 35 EDIFÍCIOS DO CONJUNTO RESIDENCIAL ARTHUR LUNDGREN NA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE-PE

José Afonso Pereira Vitória<sup>1,a</sup>, Luís Otávio de Melo Júnior<sup>2,b</sup>

<sup>1</sup>Engenheiro Civil pela UFPE; especialista em estruturas; sócio/diretor de Vitória & Melo Projetos Estruturais e Consultoria Ltda.; vice-presidente do Sinaenco-PE; professor convidado da disciplina “Reforço e Recuperação de Estruturas de Pontes e Viadutos” da pós-graduação em Engenharia Civil da Escola Politécnica de Pernambuco - Brasil

<sup>2</sup>Engenheiro Civil pela UFPE; mestre em estruturas; sócio/diretor de Vitória & Melo Projetos Estruturais e Consultoria Ltda. – Brasil

<sup>a</sup>[vitorioemelo@terra.com.br](mailto:vitorioemelo@terra.com.br), <sup>b</sup>[vitorioemelo@terra.com.br](mailto:vitorioemelo@terra.com.br)

**Palavras-chave:** estruturas, patologias, recuperação, edificações, alvenaria.

#### Resumo

Este artigo tem a finalidade de apresentar uma síntese dos estudos estruturais realizados em 35 prédios do Conjunto Residencial Arthur Lundgren, na cidade de Paulista, Região Metropolitana do Recife. Os estudos se basearam em Laudos Técnicos, elaborados pelos autores para a Caixa Seguros, sobre as condições de estabilidade estrutural dessas edificações, que apresentavam diversas manifestações patológicas.

Para que as análises estruturais tivessem a profundidade técnica necessária e pudessem ser as mais conclusivas possíveis, e ainda considerando tratar-se de prédios com sistema estrutural em alvenaria resistente, popularmente conhecidos como prédios “caixões” cujo histórico recente de desabamentos causava preocupações, foram adotados vários procedimentos como vistorias, escavações de fundações, levantamento das condições geométricas e arquitetônicas, retirada de amostras de tijolos, ensaios de resistência à compressão, sondagens geotécnicas, etc., para subsidiar os estudos. Com base nos resultados dos ensaios e do cálculo das tensões atuantes em todas as paredes e nas fundações, foi elaborado um Laudo individual para cada edificação.

Tomando como referência os resultados dos Laudos estruturais de cada imóvel com as suas respectivas conclusões e recomendações, este trabalho apresenta, para a amostra das 35 edificações estudadas, uma espécie de “radiografia” das manifestações patológicas instaladas e a importância das mesmas nas condições de segurança estrutural dos 97 prédios que compõem todo o Conjunto Residencial Arthur Lundgren, construído há 30 anos, e habitado por aproximadamente 15.000 pessoas.



## Introdução

O Conjunto Residencial Arthur Lundgren estava construído havia aproximadamente 26 anos, pela Cohab-PE, quando os estudos que deram origem a este artigo foram realizados. Cada um dos seus 97 prédios têm 32 apartamentos, distribuídos em quatro laminas com 8 apartamentos em quatro pavimentos tipo, incluindo o térreo.

O sistema construtivo empregado é conhecido como alvenaria resistente, pela utilização das paredes de tijolos cerâmicos de vedação como elementos portantes, que recebem as cargas atuantes no imóvel e as transmitem para as fundações. No sistema conhecido como alvenaria estrutural, são utilizados tijolos fabricados para exercerem funções estruturais.

As duas lâminas que formam a planta do prédio são interligadas por duas torres de escadas com um reservatório superior situado no topo de cada uma. A estrutura dessas torres foi projetada pelo sistema convencional, ou seja, com vigas, pilares e sapatas isoladas de concreto armado. O reservatório inferior é semi-enterrado e está situado na área externa entre as duas lâminas.

As alvenarias de elevação são constituídas de tijolos cerâmicos de seis furos com dimensões médias de 9cm x 19cm x 14cm, revestidos com chapisco e reboco. O pé-direito é de 2,60m. As lajes de piso do pavimento tipo são pré-moldadas. A cobertura é composta de telhas cerâmicas do tipo canal, apoiadas sobre laje pré-moldada inclinada.

O embasamento é do tipo caixão aterrado revestido na face externa e foi executado em alvenaria dobrada com tijolos de seis furos, com espessura média de 20,00cm.

O piso do pavimento térreo está assente sobre um lastro de concreto simples apoiado no aterro do caixão, com cota variando entre 0,15m a 1,15m acima do terreno natural.

Alguns apartamentos foram reformados com demolição de paredes e/ou fechamento de vãos.

A fundação é constituída de sapata corrida de blocos pré-moldados de concreto, justapostos e interligados por uma cinta de concreto armado no seu interior, conforme a figura 3. As dimensões das sapatas de fundação foram obtidas por meio de escavações sob as paredes dos prédios.

Não houve acesso ao projeto estrutural, e a planta de arquitetura foi obtida através dos arquivos da antiga COHAB-PE.

As figuras 1 e 2 mostram a planta baixa e um corte dos edifícios.

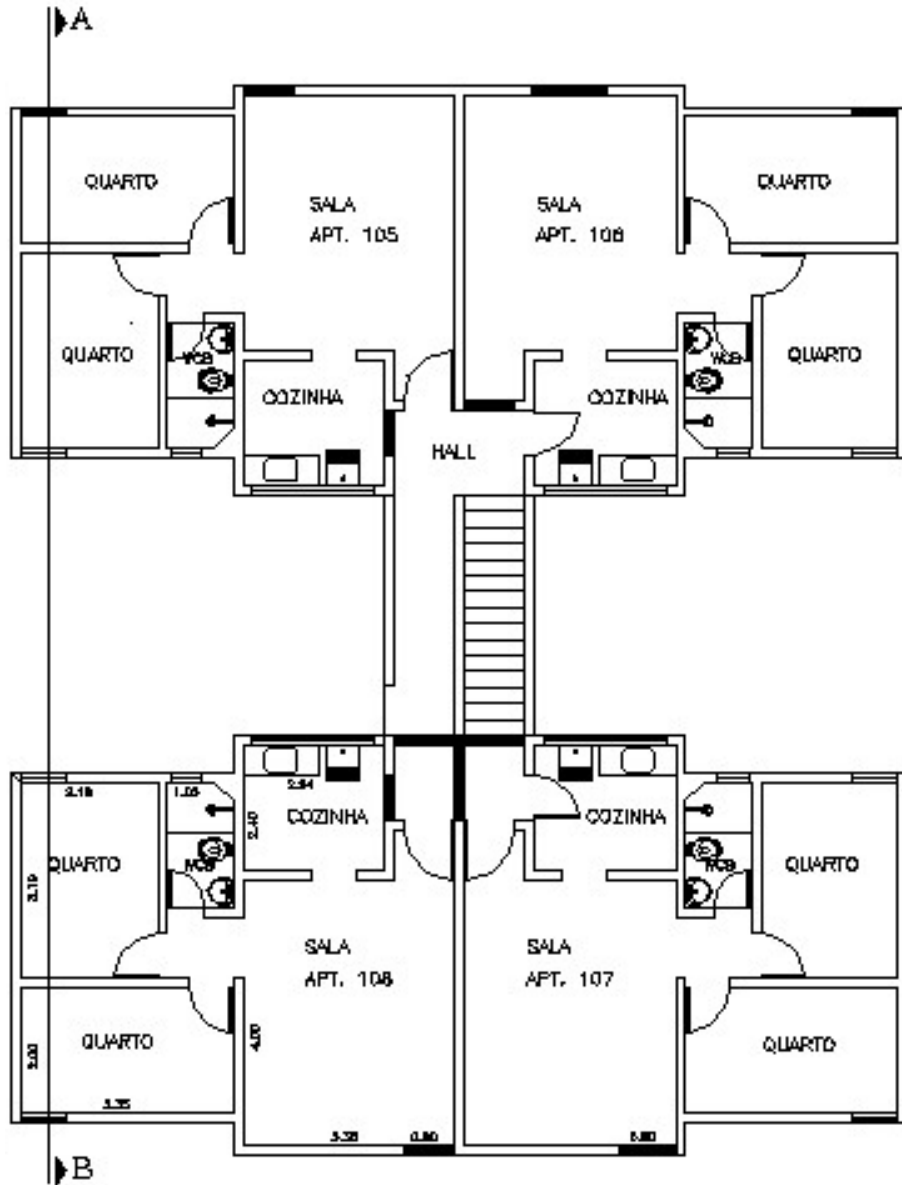


Figura 1 – ½ planta baixa de pavimento tipo dos edifícios.

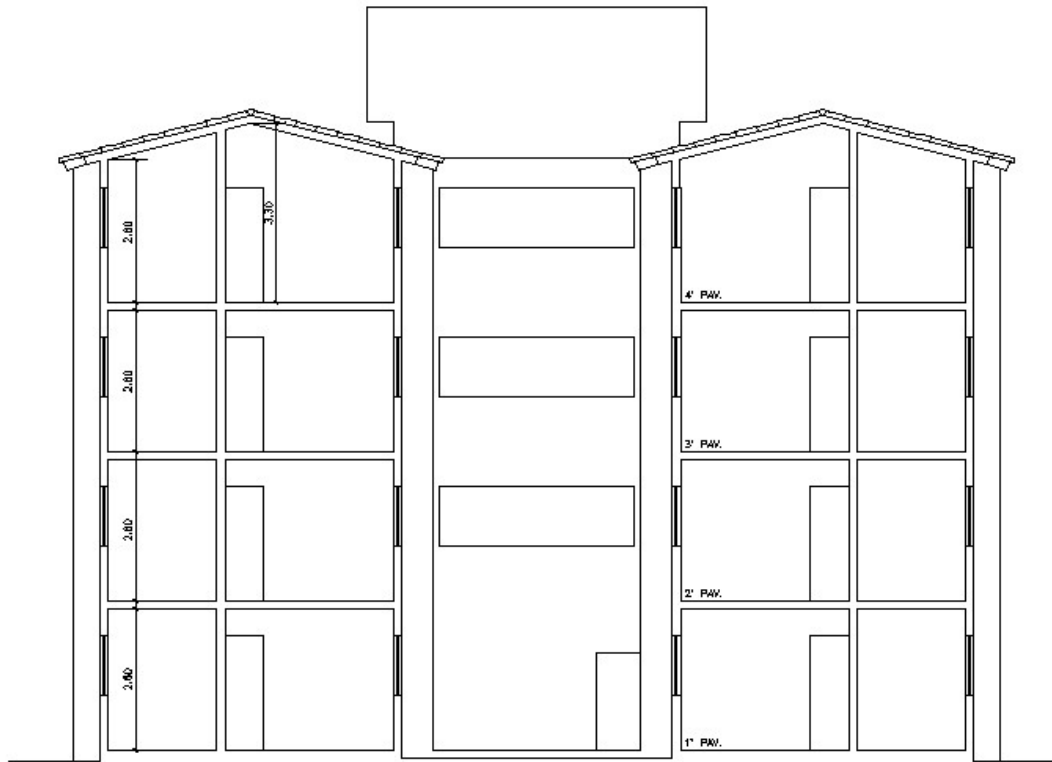


Figura 2 – Corte transversal nos edifícios.

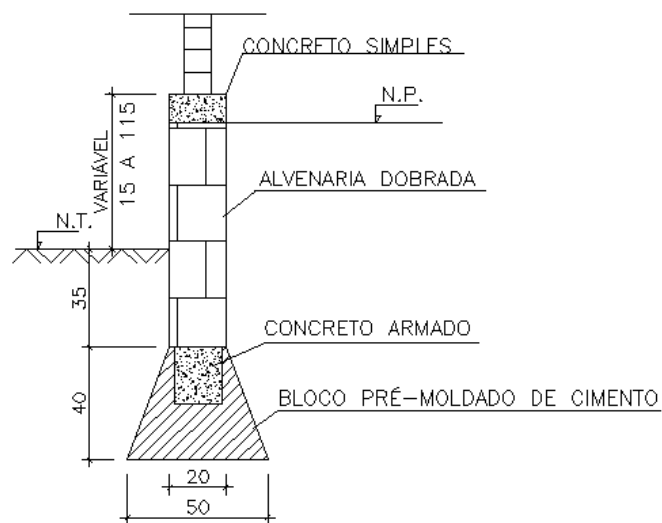


Figura 3 – Detalhe da fundação dos edifícios.



## Metodologia utilizada para a realização do trabalho

A primeira etapa do processo consistiu na realização de uma vistoria técnica visando a obtenção de todas as informações preliminares para a elaboração do Laudo Técnico de cada edificação objeto do estudo. Também nesta etapa foi feito um rigoroso levantamento geométrico da edificação, de modo a obter-se as plantas baixas, cortes e fachadas na forma como se encontravam na ocasião do estudo.

Em seguida foi feito um mapeamento de todas as patologias observadas, devidamente registradas em um vasto documentário fotográfico.

Para subsidiar a análise estrutural, que constou do cálculo dos esforços e das tensões atuantes nas paredes e nas fundações, foram adotados os seguintes procedimentos: realização de um furo de sondagem à percussão em cada prédio; coleta de amostras de tijolos de paredes do pavimento térreo e do embasamento para a realização de ensaios; prospecções na face inferior de todas as lajes para determinar os sentidos dos apoios das nervuras sobre as alvenarias; escavações em alguns trechos das sapatas corridas, visando a determinação das profundidades e da geometria das fundações.

Com base nas informações obtidas por meio dos procedimentos citados anteriormente e da determinação das cargas atuantes com base nas normas e na literatura técnica, foi realizado o cálculo dos esforços solicitantes e as respectivas tensões atuantes em todas as paredes e nas fundações, de modo a permitir a análise do comportamento estrutural das edificações.

## Principais patologias observadas durante as vistorias

Durante as inspeções foram observados os seguintes problemas que, de modo geral, repetiram-se em quase todos os edifícios analisados:

- ✓ Telhamento com várias telhas quebradas e a existencia de vegetação nos beirais, causando infiltrações nas lajes de cobertura;
- ✓ Várias construções irregulares coladas aos prédios, alterando as condições originais de projeto e construção;
- ✓ Alguns trechos de paredes demolidos para interligações entre ambientes e / ou aumento dos vãos de portas e janelas;
- ✓ Existência de oxidação nas armaduras de diversas peças estruturais das torres de escadas. Em algumas vigas e pilares a oxidação das armaduras encontravam-se em estado bastante avançado;
- ✓ As lajes de fundo e alguns pilares de sustentação dos reservatórios superiores estavam com as armaduras em avançado estado de oxidação e o concreto bastante deteriorado;
- ✓ A maior parte das fachadas estavam com bastante umidade e deterioração do reboco, originando algumas patologias diretamente relacionadas à estabilidade do prédio, como é o caso das infiltrações nas paredes externas;
- ✓ Rede de esgoto próxima às fundações dos predios causando infiltrações sob as sapatas;
- ✓ Presença de umidade nos tijolos do embasamento e nos blocos de fundação no pátio interno entre as duas lâminas dos prédios;
- ✓ Umidade excessiva nas lajes do barrilete dos reservatórios superiores;



- ✓ Erosão nos embasamentos das fachadas laterais;
- ✓ Tubulações de esgoto fixadas nas fachadas;
- ✓ Aumento de vãos das janelas nas fachadas.

As fotos a seguir ilustram algumas destas patologias existentes nas edificações.



Foto 01 – Detalhe da falta de conservação das fachadas, totalmente degradadas pela infiltração que também atinge os tijolos, causando a diminuição da resistência das paredes.





Foto 02 – Detalhe dos pátios internos com as redes de água, esgoto e drenagem próximas às paredes, causando infiltrações nas fundações.



Foto 03 – Oxidação da armadura da laje de fundo de um dos reservatórios superiores, com deterioração do concreto e formação de eflorescências.



Cinpar  
2010

VI CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE  
PATOLOGÍA Y RECUPERACIÓN DE ESTRUCTURAS  
2, 3 y 4 junio 2010 - Córdoba, Argentina



Foto 04 – Detalhe da má conservação do telhamento, inclusive com a presença de vegetação na coberta.



Foto 05 – Viga com armaduras em estado avançado de oxidação, na estrutura da torre de escada.





Foto 06 – Pilar com armadura em estado avançado de oxidação, na torre de escada e reservatório superior, caracterizando uma situação de risco estrutural.

## ENSAIOS REALIZADOS

### Sondagens no solo de fundação

Para auxiliar a avaliação do comportamento das fundações foram realizados pelo menos um furo de sondagem geotécnica à percussão em cada um dos prédios analisados.

Os furos apresentam, de modo geral, um horizonte geotécnico uniforme quanto ao tipo de material e quanto à resistência do solo, considerado de boa qualidade para esse tipo de edifício, de modo que a tensão admissível na cota de fundação das edificações variou entre 0,14MPa e 0,20MPa, podendo ser adotada uma tensão admissível média da ordem de 0,17MPa.

### Ensaio de resistência à compressão

Para a avaliação da capacidade de resistência à compressão das alvenarias, foram retiradas e ensaiadas amostras dos tijolos das paredes do térreo e do embasamento, obtendo-se assim os valores das tensões admissíveis. Estas foram comparadas com as tensões de serviço, calculadas em todas as paredes e embasamentos das edificações, estabelecendo-se assim os respectivos coeficientes de segurança das paredes e embasamentos.



A foto nº 7 mostra detalhes da retirada das amostras de tijolos do embasamento.



Foto 07 – Retirada de tijolos do embasamento para ensaio e detalhe da fundação em sapata corrida pré-moldada.

## **ANÁLISE ESTRUTURAL**

### **Justificativa do método utilizado**

Considerando que na época da construção dos edifícios não havia ainda no Brasil normas para o cálculo de alvenaria estrutural, seja em tijolos de concreto ou de cerâmica, os projetistas de estruturas adotavam o critério de considerar para a resistência das paredes de alvenaria 20% da tensão média de ruptura dos tijolos ensaiados individualmente.

Por questões de coerência técnica foi este o critério adotado para a avaliação estrutural dos casos em análise, uma vez que o critério que estabelece o cálculo das tensões admissíveis a partir da ruptura de prismas previstos pela NBR-10837/89 – “Cálculo de Alvenaria Estrutural em Blocos de Concreto”, só surgiu em julho de 1989 com a entrada em vigor da referida norma, ou seja, 10 anos após a construção dos edifícios do Conjunto Arthur Lundgren.

De modo geral, foram ensaiados à compressão 13 tijolos das paredes do térreo e 13 tijolos dos embasamentos por edifício. Ocorreram algumas situações em que não foi possível retirar estas quantidades de tijolos por prédio, sendo ensaiado um número menor de amostras.

As tensões admissíveis obtidas, com base no critério adotado à época da construção, foram comparadas com as tensões atuantes em todas as paredes e



embasamentos, obtendo-se assim os coeficientes de segurança para cada parede e para cada trecho de embasamento.

### Cálculo das cargas atuantes

Devido a não existência de cópias do projeto estrutural, foi realizado um levantamento para obtenção de planta baixa atual. O cálculo dos esforços atuantes nas edificações foi feito a partir desta planta e de inspeções para a verificação do sentido das nervuras das lajes pré-moldadas e existência de pilares, como também inspeção na fundação para identificar o tipo, dimensões e profundidade da sapata corrida.

Foram considerados os seguintes parâmetros para a verificação estrutural, tomado-se como base as normas brasileiras e a literatura técnica pertinente:

Cargas nas lajes de piso:

Peso próprio =  $0,17 \text{ tf/m}^2$

Revestimento =  $0,05 \text{ tf/m}^2$

Carga acidental =  $0,15 \text{ tf/m}^2$

$q_1 = 0,37 \text{ tf/m}^2$

Cargas nas lajes de cobertura:

Peso próprio =  $0,17 \text{ tf/m}^2$

Revestimento =  $0,05 \text{ tf/m}^2$

Carga acidental =  $0,05 \text{ tf/m}^2$

$q_2 = 0,27 \text{ tf/m}^2$

Cargas nas alvenarias:

$q_3 = 0,51 \text{ tf/m}$  (por pavimento)

$q_4 = 0,10 \text{ tf/m}$  (relativo a declividade da cobertura)

Na tabela 1 estão indicados os valores das cargas distribuídas em todas as paredes por pavimento, calculados com base nos parâmetros acima e considerando a orientação das lajes pré-moldadas obtidas por meio de prospecções realizadas no local.

Os sentidos de orientação das lajes e a numeração utilizada para as paredes estão indicadas na figura 4.



Nivel Par	Cob	3° teto	Acum	2° teto	Acum	1° teto	Acum	Térreo	Acum	Embas	Acum	Sapata	carga terreno
1	0,14	0,51	<b>0,65</b>	0,51	<b>1,16</b>	0,51	<b>1,67</b>	0,51	<b>2,18</b>	0,33	<b>2,51</b>	0,35	<b>2,86</b>
2	0,43	0,91	<b>1,34</b>	0,91	<b>2,25</b>	0,91	<b>3,16</b>	0,51	<b>3,67</b>	0,33	<b>4,00</b>	0,35	<b>4,35</b>
3	0,35	1,12	<b>1,47</b>	1,12	<b>2,59</b>	1,12	<b>3,71</b>	0,51	<b>4,22</b>	0,33	<b>4,55</b>	0,35	<b>4,90</b>
4	0,00	0,51	<b>0,51</b>	0,51	<b>1,02</b>	0,51	<b>1,53</b>	0,51	<b>2,04</b>	0,33	<b>2,37</b>	0,35	<b>2,72</b>
5	0,35	0,99	<b>1,34</b>	0,99	<b>2,33</b>	0,99	<b>3,32</b>	0,51	<b>3,83</b>	0,33	<b>4,16</b>	0,35	<b>4,51</b>
6	0,14	0,51	<b>0,65</b>	0,51	<b>1,16</b>	0,51	<b>1,67</b>	0,51	<b>2,18</b>	0,33	<b>2,51</b>	0,35	<b>2,86</b>
7	0,00	0,00	<b>0,00</b>	0,00	<b>0,00</b>	0,00	<b>0,00</b>	0,00	<b>0,00</b>	0,00	<b>0,00</b>	0,00	<b>0,00</b>
8	0,56	0,95	<b>1,51</b>	0,95	<b>2,46</b>	0,95	<b>3,41</b>	0,51	<b>3,92</b>	0,33	<b>4,25</b>	0,35	<b>4,60</b>
9	0,24	1,11	<b>1,35</b>	1,11	<b>2,46</b>	1,11	<b>3,57</b>	0,51	<b>4,08</b>	0,33	<b>4,41</b>	0,35	<b>4,76</b>
10	0,58	1,30	<b>1,88</b>	1,30	<b>3,18</b>	1,30	<b>4,48</b>	0,51	<b>4,99</b>	0,33	<b>5,32</b>	0,35	<b>5,67</b>
11	0,68	1,10	<b>1,78</b>	1,10	<b>2,88</b>	1,10	<b>3,98</b>	0,51	<b>4,49</b>	0,33	<b>4,82</b>	0,35	<b>5,17</b>
12	0,57	1,24	<b>1,81</b>	1,24	<b>3,05</b>	1,24	<b>4,29</b>	0,51	<b>4,80</b>	0,33	<b>5,13</b>	0,35	<b>5,48</b>
13	0,38	0,91	<b>1,29</b>	0,91	<b>2,20</b>	0,91	<b>3,11</b>	0,51	<b>3,62</b>	0,33	<b>3,95</b>	0,35	<b>4,30</b>
14	1,04	1,81	<b>2,85</b>	1,81	<b>4,66</b>	1,81	<b>6,47</b>	0,51	<b>6,98</b>	0,33	<b>7,31</b>	0,35	<b>7,66</b>

Tabela 1 – Resumo das cargas distribuídas atuantes em cada parede, no embasamento e na fundação (tf/m).

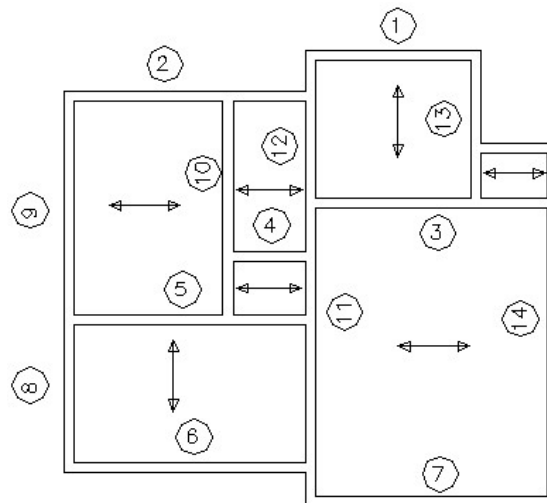


Figura 4 – Numeração das paredes e indicação do sentido das nervuras das lajes pré-moldadas por apartamento.

### Análise comparativa entre as tensões atuantes e as tensões admissíveis nas paredes e nos embasamentos

Conforme esclarecido anteriormente, foram ensaiados à compressão até 26 tijolos por edifícios, sendo 13 das paredes e 13 dos embasamentos.

A tensão admissível das paredes (e dos embasamentos) de cada edifício foi considerada como sendo  $\sigma_{adm} = 0,20\bar{\sigma}_{rup}$ , onde  $\bar{\sigma}_{rup}$  representa a tensão média de ruptura de cada lote de tijolos ensaiados, que por sua vez foi comparada com as tensões obtidas em cada parede dos edifícios a partir das cargas constantes na



tabela 1, considerando a espessura da parede sem revestimento (9cm) e a espessura do embasamento também sem revestimento (20cm).

A tabela 2 mostra um exemplo do resumo das tensões atuantes, com respectivos coeficientes de segurança em todas as paredes, em uma das edificações analisadas (no caso, o Bloco 11 da quadra 84). A mesma tabela mostra, também, as tensões e os coeficientes de segurança dos embasamentos, além das tensões transmitidas pela sapata de cada parede ao terreno de fundação.

No exemplo apresentado o valor médio da resistência à compressão da amostra de 13 tijolos retirados das paredes foi  $2,60MPa$  o que corresponde à seguinte tensão admissível:

$$\sigma_{adm} = 0,20\bar{\sigma}_{rup} = 0,20 \times 2,60 = 0,52MPa$$

No caso do embasamento o valor médio obtido do ensaio foi  $2,75MPa$ , correspondendo à seguinte tensão admissível:

$$\sigma_{adm} = 0,20\bar{\sigma}_{rup} = 0,20 \times 2,75 = 0,55MPa$$

Deve ser observado na tabela 2 que a parede nº 14, apresenta coeficiente de segurança inferior a 1 no pavimento térreo e no 1º pavimento (valores indicados em vermelho). Isto significa que a referida parede não atendia aos criterios de segurança, mesmo aqueles adotados à época da construção dos edifícios.

Quanto às fundações, os relatórios de sondagem à percussão indicaram para o terreno, no local do citado exemplo, uma tensão admissível de  $0,20MPa(20,00tf/m^2)$ .

Nível Par	3º PAVIMENTO		2º PAVIMENTO		1º PAVIMENTO		TÉRREO		EMBASAMENTO		TERRENO	
	TENSÃO	C.S.	TENSÃO	C.S.	TENSÃO	C.S.	TENSÃO	C.S.	TENSÃO	C.S.	TENSÃO	C.S.
1	0,07	7,68	0,12	4,30	0,17	2,99	0,23	2,29	0,13	4,38	5,72	3,50
2	0,14	3,73	0,23	2,22	0,33	1,58	0,38	1,36	0,20	2,75	8,70	2,30
3	0,15	3,40	0,27	1,93	0,39	1,35	0,44	1,18	0,23	2,42	9,80	2,04
4	0,05	9,79	0,11	4,89	0,16	3,26	0,21	2,45	0,12	4,64	5,44	3,68
5	0,14	3,73	0,24	2,14	0,35	1,50	0,40	1,30	0,21	2,64	9,02	2,22
6	0,07	7,68	0,12	4,30	0,17	2,99	0,23	2,29	0,13	4,38	5,72	3,50
7	0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00	
8	0,16	3,31	0,26	2,03	0,36	1,46	0,41	1,27	0,21	2,59	9,20	2,17
9	0,14	3,70	0,26	2,03	0,37	1,40	0,43	1,22	0,22	2,49	9,52	2,10
10	0,20	2,66	0,33	1,57	0,47	1,11	0,52	1,00	0,27	2,07	11,34	1,76
11	0,19	2,80	0,30	1,73	0,41	1,25	0,47	1,11	0,24	2,28	10,34	1,93
12	0,19	2,76	0,32	1,64	0,45	1,16	0,50	1,04	0,26	2,14	10,96	1,82
13	0,13	3,87	0,23	2,27	0,32	1,61	0,38	1,38	0,20	2,78	8,60	2,33
14	0,30	1,75	0,49	1,07	0,67	0,77	0,73	0,72	0,37	1,50	15,32	1,31

Tabela 2 – Resumo das tensões, com respectivos coeficientes de segurança, nas paredes (MPa), no embasamento (MPa) e no terreno de fundação (tf/m<sup>2</sup>).





## CONCLUSÕES

Considerando que o Conjunto Residencial Arthur Lundgren tem 97 edifícios de apartamentos, dos quais 35 (36%) foram objetos das análises realizadas pelos autores, é possível concluir que os resultados dos estudos são bastante representativos e podem ser tomados como referência para a adoção de medidas visando o restabelecimento das condições apropriadas de funcionalidade e segurança estrutural das edificações, que abrigam aproximadamente 15.000 pessoas em seus 3072 apartamentos.

Por se tratar de edificações em alvenaria resistente, popularmente conhecidas como prédios “caixão”, estas obras necessitam de cuidados especiais, evidenciados por ocasião dos lamentáveis e trágicos episódios de desabamentos ocorridos nos últimos 10 anos na Região Metropolitana do Recife que, além da perda de vidas humanas, resultaram na interdição de significativa quantidade de prédios construídos com essa tecnologia, gerando grandes transtornos e prejuízos para os seus habitantes.

Diante disto, os Laudos Técnicos realizados mostraram uma visão abrangente das condições estruturais e das patologias existentes após 26 anos de construção do Conjunto Residencial (período em que os trabalhos foram realizados).

Considerando que este artigo tem a função de sintetizar os problemas observados nos 35 prédios, bem como quais as soluções propostas para equacioná-los, pode-se concluir o seguinte:

- a) Nenhum dos prédios analisados apresentou qualquer sintoma relacionado à problemas nas fundações. Todos os furos de sondagem realizados mostraram um horizonte geotécnico com camadas uniformes, cujas tensões admissíveis nas cotas de fundação variaram entre  $0,14MPa$  e  $0,20MPa$ , enquanto as tensões transmitidas pelas sapatas corridas variaram entre  $0,06MPa$  e  $0,15MPa$ . Também não foram observadas deformações, fissuras, abatimentos ou qualquer outro indício de ocorrência de recalques diferenciais.
- b) Os resultados das tensões de ruptura, obtidos dos ensaios de resistência à compressão das amostras de tijolos extraídas das paredes do pavimento térreo e do embasamento, apresentaram os seguintes valores médios (média ponderada), da média de cada lote ensaiado:

✓ Média das tensões de ruptura dos tijolos retirados das paredes  
 $\bar{\sigma}_{rup} = 0,38MPa$ , sendo  $\sigma_{min} = 0,26MPa$  e  $\sigma_{max} = 0,49MPa$

✓ Média das tensões de ruptura dos tijolos retirados dos embasamentos  
 $\bar{\sigma}_{rup} = 0,39MPa$ , sendo  $\sigma_{min} = 0,21MPa$  e  $\sigma_{max} = 0,56MPa$

Para tais valores, tanto as paredes como os embasamentos atenderam aos critérios estabelecidos para o projeto estrutural à época em que os prédios foram construídos. Aconteceram alguns casos em que a parede nº 14 (a mais carregada) apresentou coeficientes de segurança abaixo do aceitável no pavimento térreo e no 1º pavimento, conforme mostra a tabela nº 2.



- c) Não foi realizada a análise de resistência dos tijolos empregando os critérios da NBR 10837/89 pelos motivos já esclarecidos em anteriormente.  
A norma estabelece para a determinação das cargas admissíveis nas paredes a equação 1.

$$P_{adm} = 0,20 f_p \left[ 1 - \left( \frac{h}{40t} \right)^3 \right] A.$$

(1)

onde

$f_p$  = resistência média dos prismas

$h$  = altura efetiva

$t$  = espessura efetiva

$A$  = área líquida para blocos vazados e área bruta para blocos maciços.

A norma também considera que a esbeltez das paredes não armadas não deve exceder 20. Acontece que a esbeltez das paredes dos prédios em análise é 28,9 ou seja, a condição da NBR 10837/89 inviabilizaria a análise estrutural das edificações, pelo fato de resultar em tensões admissíveis bastante baixas e inaceitáveis, se comparadas com os valores obtidos pelos critérios utilizados na época dos projetos das edificações.

Mesmo entendendo que os critérios de cálculo daquela época eram extremamente simplistas e empíricos, o estudo não pôde deixar de considerar que as edificações existiam há 26 anos e não faziam parte de um dos principais fatores de risco constatado em todos os prédios “caixões” que desabaram: o caixão vazio abaixo do pavimento térreo que, comprovadamente, acelera o processo de deterioração dos tijolos, além de submeter as paredes externas a empuxos de terra não previstos. Todas as edificações estudadas tinham os embasamentos aterrados, contidos por paredes de alvenaria dobrada (espessura de 20cm) e, de modo geral, não observou-se grandes patologias relacionadas à deterioração das amostras de tijolos retirados, mesmo nos embasamentos, cujo contato com a umidade do solo poderia acelerar a ação dos agentes deletérios. Convém lembrar, também, que a deterioração dos tijolos sempre exerceram um papel mais determinante do que as tensões nos casos dos edifícios “caixões” que desabaram, pois, em diversos casos, o colapso iniciou-se nas paredes menos carregadas, transmitindo-se progressivamente para as demais paredes.

- d) Contraditoriamente, os principais, e mais graves, problemas estruturais observados durante as vistorias estavam localizados nos locais onde deveriam existir as melhores condições de estabilidade da edificação: nas estruturas de concreto armado das torres das escadas e dos reservatórios superiores.  
Nestes locais foi constatado um quadro preocupante, caracterizado pela grande deterioração das peças estruturais de concreto armado, especialmente as vigas e pilares que estavam em avançado estado de deterioração, com armaduras expostas e oxidadas, e perda das seções transversais das barras longitudinais e dos estribos. A pequena camada do revestimento encontrava-se bastante fissurada, e até inexistente em diversos trechos, por causa da expansão das armaduras durante o processo de oxidação.



- e) Outro problema constatado e considerado de maior importância, foi a abertura de vãos, e até a retirada total de paredes, em diversos apartamentos. Tais intervenções alteraram significativamente a distribuição original das cargas previstas no projeto, contribuindo para as ocorrências de situações de risco, pelo fato de algumas paredes passarem a trabalhar com tensões bem superiores, além de receberem cargas concentradas, cujas intensidades podem causar esmagamentos localizados.  
Para resolver esta questão foi feita recomendação para que todas as paredes retiradas dos apartamentos fossem recolocadas, restabelecendo-se, na medida do possível, as condições originais da distribuição das cargas.
- f) Toda a rede de esgoto, de águas pluviais e os reservatórios inferiores, estavam concentrados nos pátios internos dos prédios, gerando umidade nas paredes e infiltração no terreno junto às fundações.
- g) As fachadas tinham como revestimento apenas chapisco, reboco e pintura, de modo que a exposição à água de chuva ao longo dos anos causou infiltrações generalizadas e a destruição quase total do revestimento, como pode ser observado na foto nº 1. Tal situação pode estar saturando os tijolos cerâmicos e diminuindo gradativamente a resistência das paredes.
- h) A grande quantidade de obras irregulares popularmente conhecidas como “puxadas” que foram incorporadas a algumas das edificações estudadas; além de modificarem as condições estruturais originais também contribuem para desfigurar a estética já tão comprometida do Conjunto Residencial.
- i) As lajes de fundo da maioria dos reservatórios superiores estavam tão comprometidas que poderiam por em risco a estabilidade de tais componentes, caso não passassem por obra de recuperação e reforço.
- j) O descaso com a manutenção dos imóveis chegou a uma situação tal, que sobre as cobertas cresceram vegetações de pequeno porte.

Finalizando, este trabalho conclui que diante de todas as informações levantadas e dos estudos efetuados em 35 dos 97 blocos de apartamentos do Conjunto Residencial Arthur Lundgren entre 2005 e 2006, várias providências teriam que ser tomadas de modo a evitar que a evolução dos problemas (o que certamente ocorreu nestes quatro anos que já se passaram desde a elaboração dos Laudos), pudesse comprometer de forma irremediável as condições estruturais e funcionais das edificações. Neste sentido, recomenda-se que tais edificações sejam novamente examinadas e estudadas conforme as atuais diretrizes, estabelecidas pela comunidade técnica e pelos órgãos competentes, para solucionar definitivamente os problemas relacionados ao risco estrutural dos prédios de alvenaria resistente na Região Metropolitana do Recife.



Cinpar  
2010

VI CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE  
PATOLOGÍA Y RECUPERACIÓN DE ESTRUCTURAS  
2, 3 y 4 junio 2010 - Córdoba, Argentina

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ABNT – **NBR 7171- Bloco Cerâmico para Alvenaria** – Rio de Janeiro, 1992.
- [2] ABNT – **NBR 10837 – Cálculo de Alvenaria Estrutural de Blocos Vazados de Concreto** – Rio de Janeiro, 1989.
- [3] ABNT – **NBR 6120 – Cargas para o Cálculo de Estruturas de Edificações** – Rio de Janeiro, 1980.
- [4] ABNT – **NBR 8036 – Programação de Sondagem de Simples Reconhecimento dos Solos para Fundações de Edifícios.**
- [5] ABNT – **NBR 6461 – Blocos Cerâmicos para Alvenaria – Verificação da Resistência à Compressão** – Rio de Janeiro, 1983.
- [6] Vitório, J.A.P. – **Fundamentos da Patologia das Estruturas nas Perícias de Engenharia** – IPEAPE, Recife, 2003.
- [7] Vitório, J.A.P. – **Construções em Alvenaria Estrutural – Noções Básicas** – Recife, 2001.