

RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

Cliente: MORLAN SA

Assunto:

**ESTUDO SOBRE A EFICÁCIA DAS TELAS METÁLICAS FACHAFORTE NA
PREVENÇÃO DE FISSURAS EM REVESTIMENTOS ARGAMASSADOS DE
FACHADA**

Contratada:

INOVATEC CONSULTORES ASSOCIADOS LTDA.

Nº Revisão	Descrição	Data	Elaboração	Verificação	Aprovação
00	Relatório Técnico Final	19/05/2017	Jonas, Murilo, Renan e Jhon	Jonas	Jonas

Cliente **MORLAN**

Responsável **PASCHOAL SANINO JR. / CHRISTIAN DE CAMPOS SPEYER**

Sumário

1. INTRODUÇÃO	4
1.1 OBJETIVO	4
1.2 TELA METÁLICA FACHA FORTE	4
1.2.1 MODO DE UTILIZAÇÃO DA TELA METÁLICA	5
2. METODOLOGIA.....	10
2.1 ESTUDO DE CAMPO	10
2.1.1 OBRAS VISITADAS.....	10
2.1.2 INSPEÇÃO VISUAL.....	10
2.2 ESTUDO EXPERIMENTAL.....	10
2.2.1 CORPOS DE PROVA.....	10
2.2.2 EXECUÇÃO DOS ENSAIOS E EQUIPAMENTOS.....	12
3. RESULTADOS E ANÁLISES	15
3.1 ESTUDO DE CAMPO	15
3.1.1 OBRA 1.....	15
3.1.2 OBRA 2.....	Error! Bookmark not defined.
3.1.3 OBRA 3.....	18
3.2 ESTUDO EXPERIMENTAL.....	19
3.2.1 PAREDE 2	20
3.2.2 PAREDE 3	24
3.2.3 PAREDE 4	28
3.2.4 PAREDE 5	32

3.2.5	PAREDE 6	36
3.2.6	PAREDE 7	40
3.2.7	PAREDE 8	44
3.2.8	PAREDE 9	48
3.2.9	PAREDE 10	52
3.2.10	PAREDE 11	56
3.2.11	PAREDE 12	60
3.2.12	ANALISE COMPARATIVA DAS PAREDES	64
4.	CONCLUSÕES	67
5.	BIBLIOGRAFIA	75
6.	ANEXOS	77

1. INTRODUÇÃO

1.1 OBJETIVO

A INOVATEC CONSULTORES ASSOCIADOS LTDA. foi contratada pela MORLAN SA para o desenvolver um estudo voltado a análise da eficácia das telas metálicas FACHAFORTE na prevenção de fissuras em revestimentos argamassados de fachada.

O trabalho consiste em basicamente em duas etapas distintas. A principal trata de trabalho experimental em laboratório para verificar através de ensaios mecânicos o comportamento do emboço de argamassa aplicado sobre um espécime de alvenaria e pilar. A outra parte diz a respeito a um levantamento de campo para visualizar na prática a eficiência da tela.

1.2 TELA METÁLICA FACHA FORTE

A tela metálica eletrossoldada e zincada a fogo FACHAFORTE é comercializada pela MORLAN SA para prevenir o aparecimento de fissuras no revestimento argamassado de fachadas, sendo utilizada como reforço nas regiões de elevadas tensões, as quais ocorrem principalmente na interface estrutura-alvenaria (vigas e pilares). O princípio de funcionamento da tela tem como base evitar a propagação de fissuras oriundas das interfaces entre alvenaria e estrutura, evitando que as mesmas ultrapassem a espessura total do emboço, prejudicando o desempenho deste. Embora sua eficiência quanta isso não tenha sido verificada através de pesquisa, o produto é largamente utilizado pelas construtoras.

A tela é fabricada com fios de diâmetro de 1,24 mm e uma malha de 25 x 25 mm, o que facilita a passagem da argamassa de emboço pela tela, proporcionando o total cobrimento desta pela argamassa de revestimento. São fornecidas em rolos de 50 e 100 cm de largura e 25 m de comprimento. Uma das principais características da tela é a galvanização que recebe em sua fabricação, ficando com uma camada de zinco de 150 g / m², proporcionando maior proteção e durabilidade à tela dentro da camada de argamassa. A tela também é indicada para uso em camadas de regularização sobre espessas), atuando como ancoragem de segurança, muito embora esta utilização também não tenha sido avaliada previamente através de um estudo comprobatório de sua eficiência. É importante ressaltar que a tela é utilizada em projeto pela INOVATEC para absorver fissuras de alvenaria e interfaces com até 1 mm de abertura. As telas são posicionadas na fachada através das definições de um projeto de alvenaria que identifica as posições críticas do revestimento de fachada e define seu modo de instalação.

1.2.1 MODO DE UTILIZAÇÃO DA TELA METÁLICA

Como o principal objetivo da tela metálica é prevenir o surgimento de fissuras egressas da base (alvenaria e interfaces paredes-estrutura) no emboço de argamassa do revestimento da fachada, elas são posicionadas nas interfaces entre pilares e paredes e entre vigas e paredes e também nos cantos de algumas aberturas.

A recomendação geral para evitar as fissuras de interfaces como estas é deixá-la posicionada de cerca de 1 cm afastada do chapisco que cobre alvenarias e faces externas dos elementos estruturais. A tela parece perder muito de sua eficiência quando posicionada encostada ao chapisco ou próxima da camada mais externa do emboço de argamassa. Mesmo protegidas pela camada pesada de zinco, conforme recomenda a NBR 6331:2000, as telas devem ficar protegidas pela camada de emboço e o material de acabamento aplicada sobre ela, seja pintura ou placa cerâmica, para que atender a vida útil de projeto de acordo com as prescrições da NBR 15575: 2013 (Parte 1, Anexo C) que é de mínimo 20 anos. Neste caso uma camada de emboço de pelo menos 1 cm deve ser prevista sobre a tela. Recomenda-se prever a fixação das telas com o auxílio de finca-pinos e espaçadores, de modo que esta fique na posição considerada ideal, permitindo um melhor controle pela equipe de produção durante a execução.

Tabela 1 - Massa mínima da camada de zinco de arames de aço zincado de acordo com a NBR 6331: 2010

Diâmetro nominal dos arames zincados \varnothing mm	Camada de zinco g/m ²	
	Leve	Pesada
0,18 a 0,24	15	-
0,25 a 0,32	15	45
0,33 a 0,50	20	70
0,51 a 0,80	20	110
0,81 a 1,00	30	150
1,01 a 1,80	35	150
1,81 a 2,50	40	190
2,51 a 3,55	50	200
3,56 a 5,00	55	260
5,01 a 10,00	65	290

NOTA 1 É reconhecido que a superfície da camada pesada, particularmente aquela produzida pela zincagem por imersão a quente, não é perfeitamente lisa e isenta de irregularidades.

NOTA 2 Camadas de zinco diferentes das especificadas acima podem ser acordadas entre fabricante e comprador, desde que não menor que o especificado em cada classificação.

Tabela 2 - Vida de útil de projetos – VUP de acordo com a NBR 15.575: Parte 1: 2013

Parte da edificação	Exemplos	VUP anos		
		Mínimo	Intermediário	Superior
Estrutura principal	Fundações, elementos estruturais (pilares, vigas, lajes e outros), paredes estruturais, estruturas periféricas, contenções e arrimos	≥ 50	≥ 63	≥ 75
Estruturas auxiliares	Muros divisórios, estrutura de escadas externas	≥ 20	≥ 25	≥ 30
Vedação externa	Paredes de vedação externas, painéis de fachada, fachadas-cortina	≥ 40	≥ 50	≥ 60
Vedação interna	Paredes e divisórias leves internas, escadas internas, guarda-corpos	≥ 20	≥ 25	≥ 30
Cobertura	Estrutura da cobertura e coletores de águas pluviais embutidos	≥ 20	≥ 25	≥ 30
	Telhamento	≥ 13	≥ 17	≥ 20
	Calhas de beiral e coletores de águas pluviais aparentes, subcoberturas facilmente substituíveis	≥ 4	≥ 5	≥ 6
	Rufos, calhas internas e demais complementos (de ventilação, iluminação, vedação)	≥ 8	≥ 10	≥ 12
Revestimento interno aderido	Revestimento de piso, parede e teto: de argamassa, de gesso, cerâmicos, pétreos, de tacos e assoalhos e sintéticos	≥ 13	≥ 17	≥ 20
Revestimento interno não aderido	Revestimentos de pisos: têxteis, laminados ou elevados; lambris; forros falsos	≥ 8	≥ 10	≥ 12
Revestimento de fachada aderido e não aderido	Revestimento, molduras, componentes decorativos e cobre-muros	≥ 20	≥ 25	≥ 30
Piso externo	Pétreo, cimentados de concreto e cerâmico	≥ 13	≥ 17	≥ 20
Pintura	Pinturas internas e papel de parede	≥ 3	≥ 4	≥ 5
	Pinturas de fachada, pinturas e revestimentos sintéticos texturizados	≥ 8	≥ 10	≥ 12

A. INTERFACE ALVENARIA-FUNDO DE VIGA

Fundos de vigas são bem suscetíveis a fissuras, muito em função de falhas de execução da fixação superior da alvenaria (encunhamento), que pode ser por mau preenchimento; por utilizar um material de preenchimento muito resistente – o ideal é procurar por materiais mais deformáveis – ou por não atender ao tempo de execução do encunhamento, que deve ser feito após o máximo possível de estabilização da estrutura. Por essas condições, é importante prever reforço nesse ponto do revestimento de fachada.



Figura 1 - Fixação superior da alvenaria com mau preenchimento

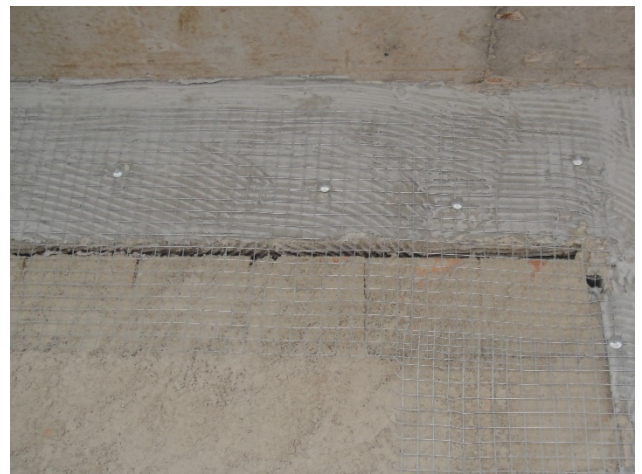


Figura 2 - Fixação superior da alvenaria com mau preenchimento

B. INTERFACE ALVENARIA-TOPO DE VIGA

Existem situações de interface da primeira fiada de alvenaria com as vigas que se fazem necessário o reforço no revestimento, como é o caso de vigas em balanço, que fazem com a viga de concreto tenha uma deformação maior do que a alvenaria consiga acompanhar, gerando uma fissura na junta de assentamento que pode passar para o revestimento.



Figura 3 - Fixação da tela com o uso de pinos e espaçadores



Figura 4 - Tela metálica na interface alvenaria - topo de viga

C. INTERFACE ALVENARIA-PILAR

Nas interfaces entre alvenaria e pilares de concreto também se faz necessário o reforço com telas metálicas, principalmente nos primeiros e nos últimos pavimentos, pois são regiões mais solicitadas.



Figura 5 - Tela metálica na interface alvenaria - pilar

D. CANTOS DE ABERTURAS

As tensões de cisalhamento causadas nos cantos de vãos podem originar fissuras em ângulos de 45°, o que também torna necessário o reforço com tela metálica.



Figura 6 - Tela metálica fixada no canto da janela



Figura 7 - Transpasse da tela metálica para reforço dos cantos

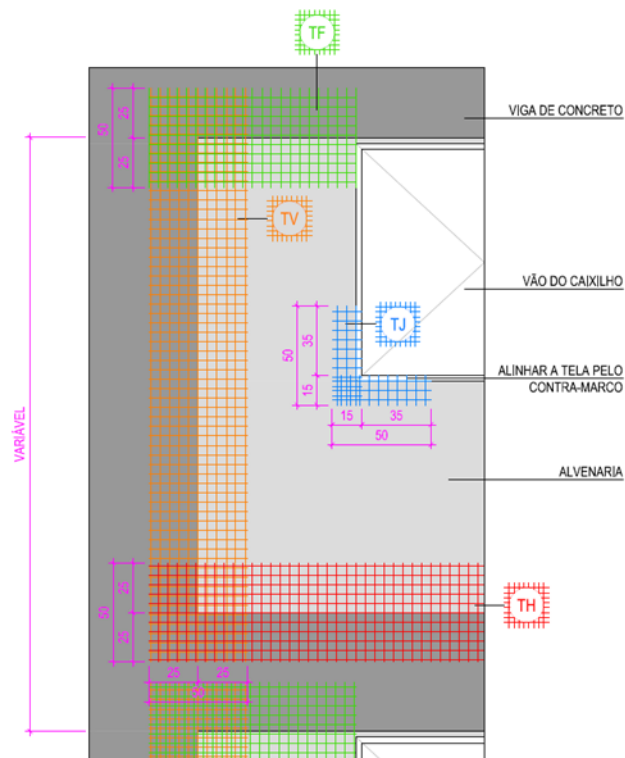


Figura 8 - Exemplo de representação de telas de reforço em projeto de revestimento de fachada

2. METODOLOGIA

2.1 ESTUDO DE CAMPO

2.1.1 OBRAS VISITADAS

O objetivo do trabalho de estudo de campo consiste em verificar na prática a eficiência da tela metálica na prevenção de fissuras no revestimento de fachada. Para isso, foi proposta uma metodologia em que deveriam ser visitadas obras – já entregues ou em execução – com o intuito de identificar situações em que ocorreram fissuras mesmo quando foi utilizada a tela metálica.

Outro objetivo do estudo era identificar se, na prática, mesmo os empreendimentos que não utilizaram a tela metálica também não tiveram ocorrências de fissuras.

2.1.2 INSPEÇÃO VISUAL

O foco era analisar os primeiros ou últimos pavimentos do empreendimento, que são regiões com maior potencial de surgimento de fissuras, avaliando as situações de interface alvenaria-estrutura. As inspeções foram feitas de maneira visual, isto é, procurando identificar fissuras que pudessem ser vistas à olho nu, e também com base nas informações passadas pela equipe de obra ou de manutenção/assistência técnica.

2.2 ESTUDO EXPERIMENTAL

2.2.1 CORPOS DE PROVA

O estudo contemplou a execução de 14 corpos de prova (CP), sendo que 2 destes CPs foram utilizados para alinhar os procedimentos executivos e de instrumentação para os outros 12 CPs.

Cada CP consiste em um pilar de concreto moldado *in loco*, com dimensões de 25 x 14 cm, altura de 108 cm e $f_{ck} = 25$ MPa, centralizado entre duas paredes de alvenaria com blocos cerâmicos de 14 cm (fornecedor: SELECTA), executadas em 6 fiadas com juntas amarradas, e com juntas de assentamento de 1 cm entre fiadas e de 2 cm na interface com o pilar de concreto. Assim, a parede ficou com altura de 120 cm e comprimento de 107 cm, conforme visto na Figura 9. O pilar de concreto foi posicionado sobre um bloco cerâmico, que posteriormente é removido para a execução do ensaio – conforme explicado no próximo item. Entre o bloco cerâmico e a base do pilar e entre o topo do pilar e o prato da célula de carga (componente do equipamento de ensaio) foi colocado camadas de forro pacote, para evitar qualquer dano à superfície do pilar.

Cada CP recebeu revestimento com argamassa industrializada de emboço em uma de suas faces, com a outra face recebendo pintura branca com cal. Na face com revestimento de emboço, em metade dos CPs (6 de 12) foi utilizada a tela metálica como reforço na interface pilar de concreto-alvenaria. A tela foi utilizada somente em uma das interfaces (que será chamado de LADO A neste estudo), ficando a outra interface sem reforço (LADO B), conforme visto na Figura 9 e 10. O procedimento executivo completo dos corpos de prova se encontra no ANEXO C.

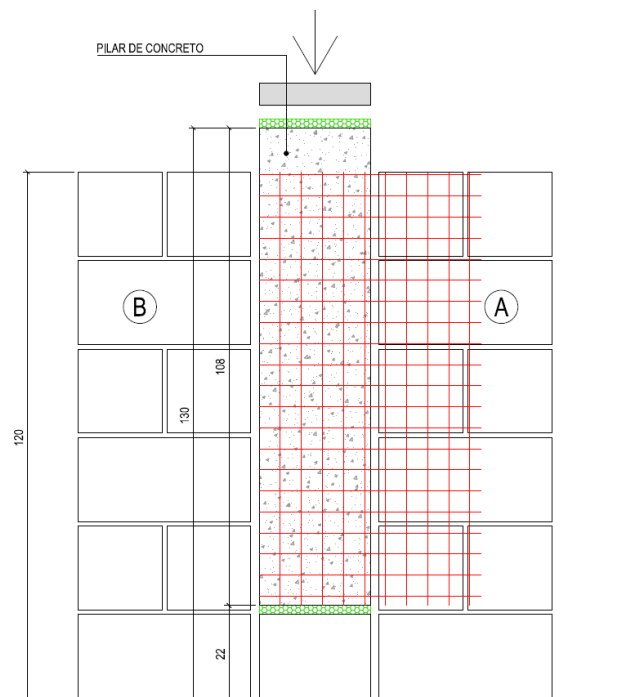


Figura 9 - Corpo de prova com utilização de tela metálica no revestimento - vista

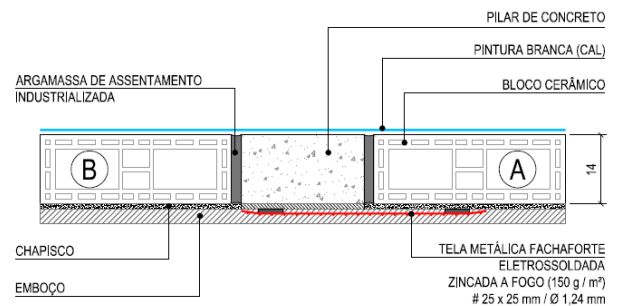


Figura 10 - Corpo de prova com utilização de tela metálica no revestimento - planta



Figura 11 - Corpo-de-prova após execução da alvenaria



Figura 12 - Corpo-de-prova com revestimento

2.2.2 EXECUÇÃO DOS ENSAIOS E EQUIPAMENTOS

Os corpos de prova (CP) foram posicionados no eixo da base de apoio do pórtico autoportante, que era composto também por um macaco hidráulico acoplado com célula de carga com capacidade de 50 tf, juntamente com uma bomba servo-hidráulica de acionamento manual.

Essa composição permitia para cada corpo de prova que fosse aplicada uma carga de compressão na face superior do pilar no intuito de simular esforços de cisalhamento na interface pilar/alvenaria. Durante a aplicação da compressão as deformações do corpo de prova, bem como a movimentação do pilar, foram monitoradas com o auxílio de relógios comparadores e transdutores (LVDT), conforme indicado nas Figuras 13 e 14.

Para evitar possíveis rotações das paredes de alvenaria durante a realização dos ensaios, foi realizada uma pré-compressão com vigas de madeira na parte superior da alvenaria. As vigas de madeiras eram apoiadas sobre uma camada de forro pacote, que por sua vez era apoiada sobre um capeamento realizado com argamassa de cimento e areia na face superior da parede. A fixação dessas vigas era realizada com barras roscadas (4 em cada face), que por sua vez eram presas a um tubo metálico na base do corpo de prova – conforme visto na Figura 15. A pré-compressão foi mantida durante toda a realização do ensaio. Os ensaios foram realizados no Laboratório de Sistemas Estruturais da Universidade Federal de São Carlos, sendo que o

relatório do ensaio pode ser consultado no ANEXO D.

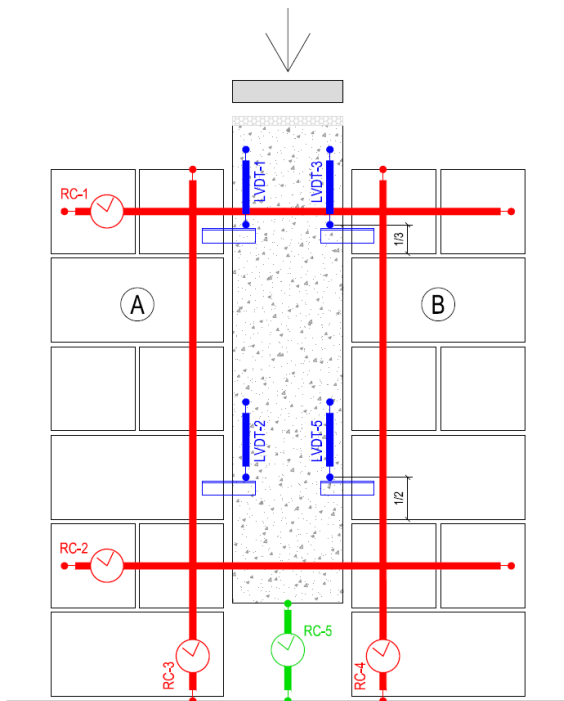


Figura 13 - Posicionamento dos relógios comparadores e transdutores (LVDT) - vista

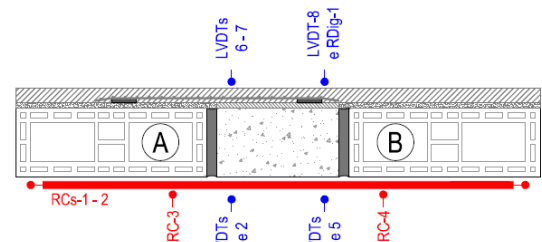


Figura 14 - Posicionamento dos relógios comparadores e transdutores (LVDT) - planta



Figura 15 - Esquema de pré-compressão da alvenaria



Figura 16 - Instrumentação no corpo-de-prova



Figura 17 - Macaco hidráulico



Figura 18 - Pórtico e célula de carga



Figura 19 - Relógio digital e transdutor digital (LVDT)



Figura 20 - Transdutor digital (LVDT) e relógio comparador

3. RESULTADOS E ANÁLISES

3.1 ESTUDO DE CAMPO

Tabela 3 - Descrição geral das obras visitadas

CÓDIGO	CONSTRUTORA	OBRA	LOCALIZAÇÃO	TIPO DE EMPREENDIMENTO
OBRA 1	HOCHTIEF	NIC.BR	SÃO PAULO / SP	COMERCIAL
OBRA 2	TECNISA	JD. DAS PERDIZES – ED.	SÃO PAULO / SP	RESIDENCIAL
OBRA 3	DELTA	DELTA CENTER	JOÃO PESSOA / PB	COMERCIAL

3.1.1 OBRA 1

Tabela 4 - Dados gerais da Obra 1

IDENTIFICAÇÃO			
OBRA	NIC.BR	CONSTRUTORA	HOCHTIEF
ENDEREÇO	Av. João Dias, 3161	CIDADE/ESTADO	São Paulo / SP
CONTATO	Bruno Martins	CARGO	Eng. Civil / Assist. Técnica
CARACTERÍSTICAS GERAIS DO EMPREENDIMENTO			
TIPO DE EMPREENDIMENTO	Comercial / Data Center	SISTEMA ESTRUTURAL	Moldado <i>in loco</i>
NÚMERO DE TORRES	1	VEDAÇÃO EXTERNA	Bloco de concreto
NÚMERO DE PAVIMENTOS	4		



Figura 21 - Vista geral do empreendimento

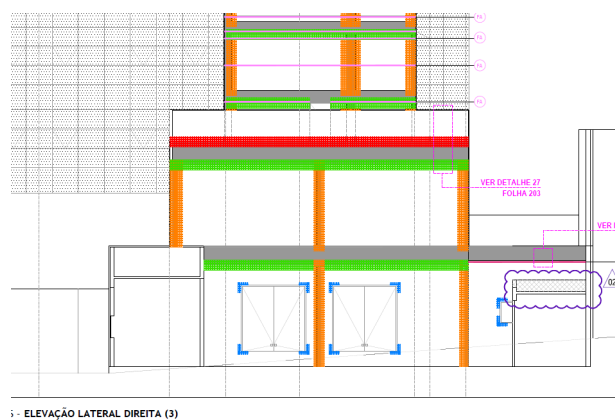


Figura 22 - Vista do projeto com previsão de reforços

Empreendimento localizado na Av. João Dias, no bairro de Santo Amaro. Possui 4 pavimentos e revestimento em argamassa decorativa.

Pode-se observar que em uma das fachadas, mesmo em situação onde não foram executadas juntas de movimentação, que seria o mais indicado para absorver as movimentações da laje de cobertura, não foram identificadas fissuras no revestimento.



Figura 23 - Vista



Figura 24 - Extremidade da parede sem fissuras visíveis



Figura 25 - Vista

Nas demais fachadas, onde foi possível acessar, não foram observadas fissuras visíveis no revestimento. A equipe responsável pela assistência técnica também não identificou nenhuma ocorrência do tipo até o momento da vistoria realizada.

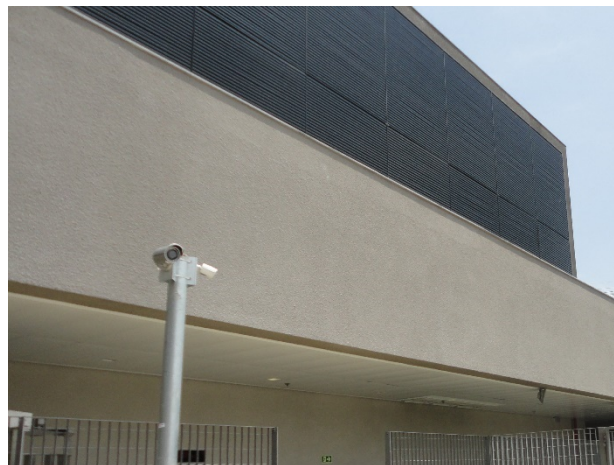


Figura 26 - Viga de borda com fissura no enchimento

A única exceção se deve para uma fissura surgida em um enchimento realizado no topo de uma viga de borda – situação não tratada com tela, e que também não é abordada pelo estudo em questão, pois não se trata de uma interface alvenaria-estrutura.

3.1.2 OBRA 2

Tabela 5 - Dados gerais da Obra 2

IDENTIFICAÇÃO			
OBRA	DELTA CENTER	CONSTRUTORA	DELTA
ENDEREÇO	JOÃO PESSOA / pb	CIDADE/ESTADO	João Pessoa / PB
CONTATO	HUGO	CARGO	ENGENHEIRO

CARACTERÍSTICAS GERAIS DO EMPREENDIMENTO			
TIPO DE EMPREENDIMENTO	COMERCIAL	TIPO DE ESTRUTURA	Moldado <i>in loco</i>
NÚMERO DE TORRES	1	VEDAÇÃO EXTERNA	Bloco cerâmico
NÚMERO DE PAVIMENTOS	12		

Nesta obra foi possível fissuras de interface entre alvenaria e pilar. Na região em balanço as fissuras eram mais intensas e se mostraram evidentes pelo lado interno, ainda sem revestimento, como se observa na Figura 32.

Na Figura 33 pode-se notar que a mesma fissura atravessa toda a seção que corresponde a interface e surge do lado externo da parede. O trecho mais superior, já com revestimento aplicado a parede a mais de 28 dias denota que a fissura não se propaga através do emboço, evidenciando o eficácia da tela metálica nesta situação.



Figura 27 - Fissura na interface alvenaria-pilar



Figura 28 - Fissura na interface alvenaria-pilar



Figura 29 - Tela de reforço para combater fissuras no revestimento

3.2 ESTUDO EXPERIMENTAL

Neste capítulo serão apresentados os resultados dos ensaios de compressão dos 12 corpos de prova ensaiados. Os gráficos que serão apresentados representam a deformação dos Relógios Comparadores (RCs) e dos LVDTs instalados nos corpos de prova (CPs). Uma deformação negativa indica que o equipamento alongou. Já uma deformação positiva indica que a haste do equipamento encurtou.

Portanto, para o RC 5 que mede o deslocamento vertical do pilar, uma deformação negativa significa que a haste do relógio comparador aumentou, logo de acordo com seu posicionamento no ensaio, significa que o pilar de concreto se deslocou para baixo.

Para RC 1 e RC 2, uma deformação negativa significa que as alvenarias se deslocaram horizontalmente, nas posições em que os RCs estão instalados, no sentido oposto ao pilar, indicando que a alvenaria se movimentou neste mesmo sentido naquela região.

Para RC 3 e RC 4, uma deformação positiva significa que a alvenaria A ou B foi comprimida, diminuindo de tamanho verticalmente, encurtando o relógio comparador.

Para os LVDTs, uma deformação positiva significa que a haste do LVDT diminuiu de tamanho, pois houve uma movimentação diferencial entre o pilar e a alvenaria, no sentido do pilar se deslocando para baixo ou da alvenaria se deslocando para cima.

Alguns LVDTs apresentaram um comportamento incoerente com o ensaio, provavelmente por causa de uma leve rotação da base onde o suporte referencial desses LVDTs estava fixado. A rotação da base fez com que a ponta da chapa metálica que o LDVT estava em contato se deslocasse para baixo, fazendo com que o LVDT alongasse e apresentasse resultados incoerentes. Esse comportamento aconteceu em poucos LVDTs, não comprometendo os resultados dos ensaios. Nos gráficos abaixo optou-se por omitir os LVDTs que apresentaram esse comportamento para facilitar o entendimento dos demais.

A Parede 1 foi a primeira a ser ensaiada e foi utilizada para ajustar alguns parâmetros do ensaio. Diante disso os resultados dessa parede foram desconsiderados nas análises deste relatório.

Neste relatório chama-se de ruptura ou colapso do CP ao momento em que o ensaio de compressão terminava, ou seja, quando o pilar de concreto não conseguia mais absorver carregamento, indicando que o conjunto pilar-alvenaria- revestimento havia se rompido.

3.2.1 PAREDE 2

A. RELÓGIOS COMPARADORES

Observa-se no gráfico abaixo que RC 1 não apresentou variação, indicando que a parte superior da alvenaria não se deslocou horizontalmente durante o ensaio. Já RC 2 alongou mais que RC 1 indicando que a alvenaria sofreu uma leve flexão, com a parte inferior da alvenaria se deslocando mais horizontalmente, no sentido contrário ao pilar, que a parte superior.

Tanto RC 3 quanto RC 4 apresentaram encurtamentos, indicando que as alvenarias A e B foram comprimidas na região próxima a interface com o pilar, diminuindo sua altura neste local. Comparando esses dois relógios comparadores, nota-se que a alvenaria B (RC 4) apresentou um encurtamento vertical próximo a interface com o pilar um pouco maior quando comparada com a alvenaria A (RC 3), possivelmente por ter recebido maior carga de compressão uma vez que a geometria do CP e a carga aplicada não foram perfeitamente simétricas.

RC 5, que representa o deslocamento do pilar de concreto, alongou de maneira constante na maior parte do ensaio, resultando em um deslocamento vertical do pilar para baixo, em torno de 1,1 mm no final do ensaio.

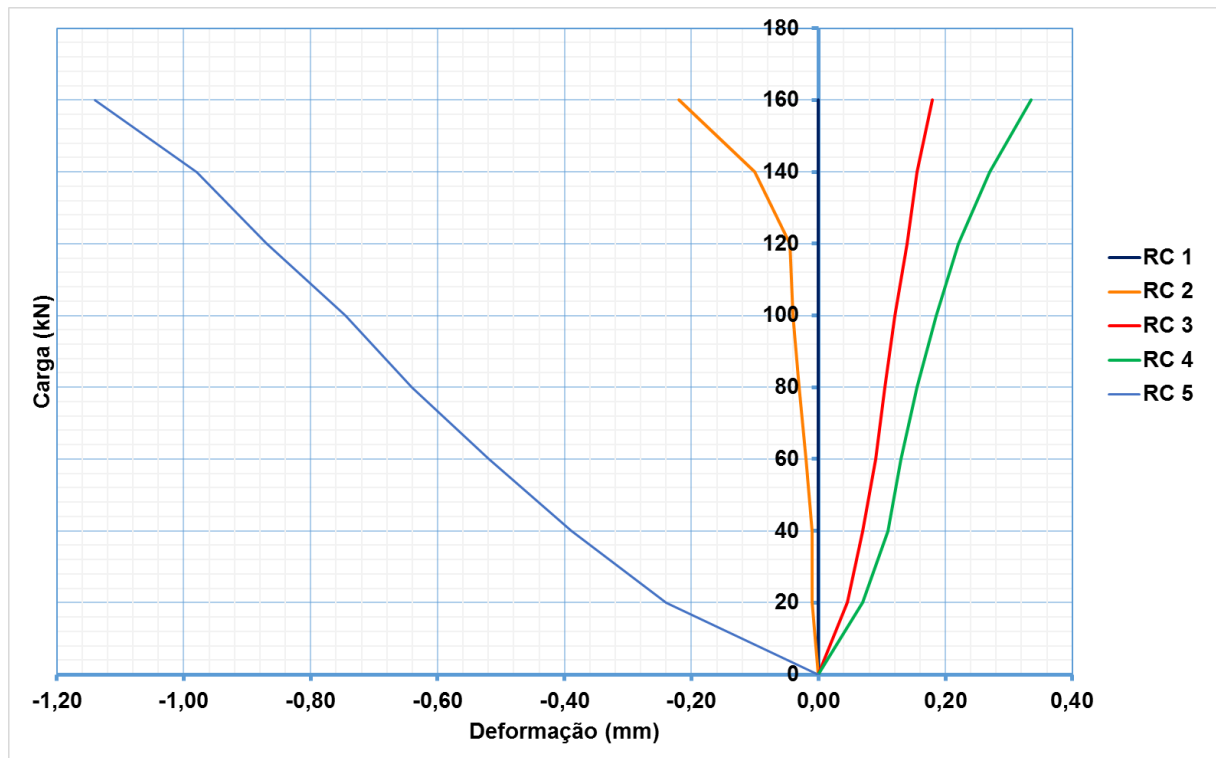


Gráfico 1 - Relógios Comparadores - Parede 2

B. LVDTs

Observa-se no gráfico abaixo que os LVDTs 2, 6, 7 e 8 apresentaram uma deformação muito pequena, menor que 0,01 mm durante todo o ensaio, indicando que a movimentação diferencial entre alvenaria e pilar na região onde estavam instalados foi muito pequena.

Já o LVDT 3 apresentou um maior encurtamento, indicando que houve maior movimentação diferencial entre alvenaria e pilar do lado direito superior sem revestimento da parede. O LVDTs 5, diferente dos demais apresentou um salto em sua deformação aproximadamente com 4,5 minutos de ensaio, possivelmente devido ao surgimento de uma fissura na região inferior da interface do pilar com a alvenaria B do lado sem revestimento.

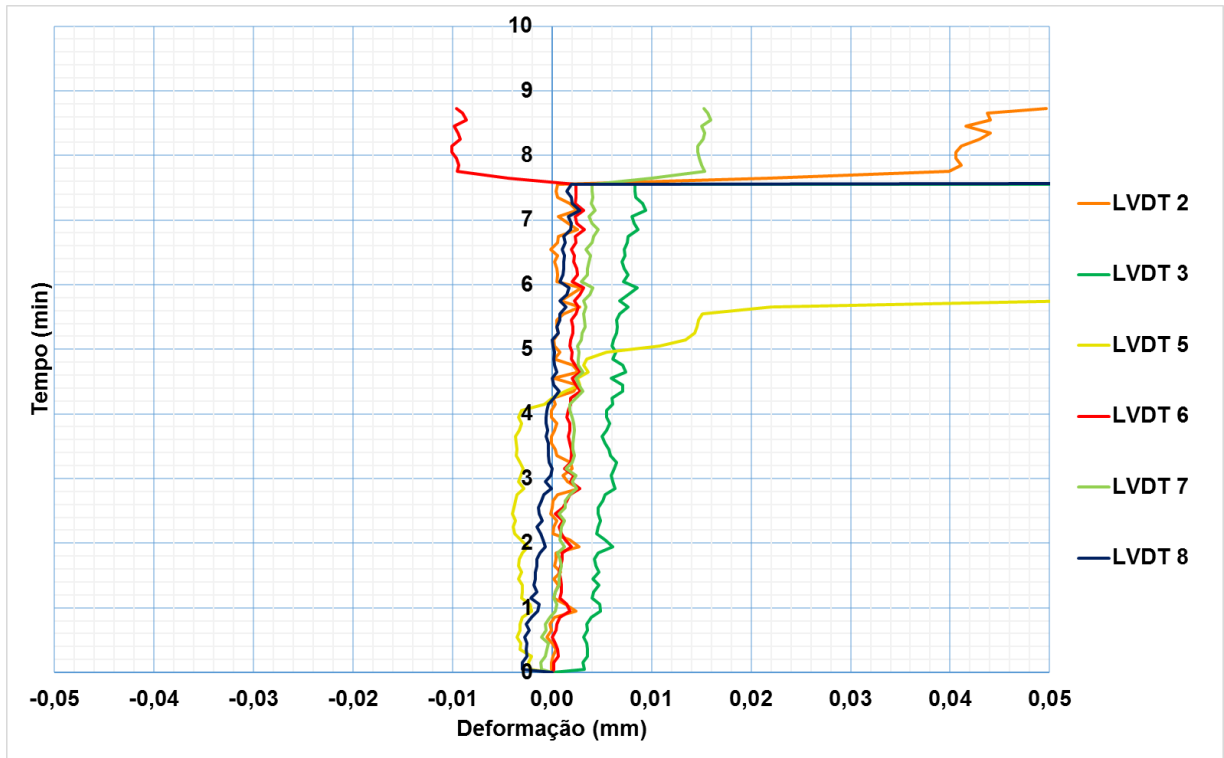


Gráfico 2 - LVDTs - Parede 2

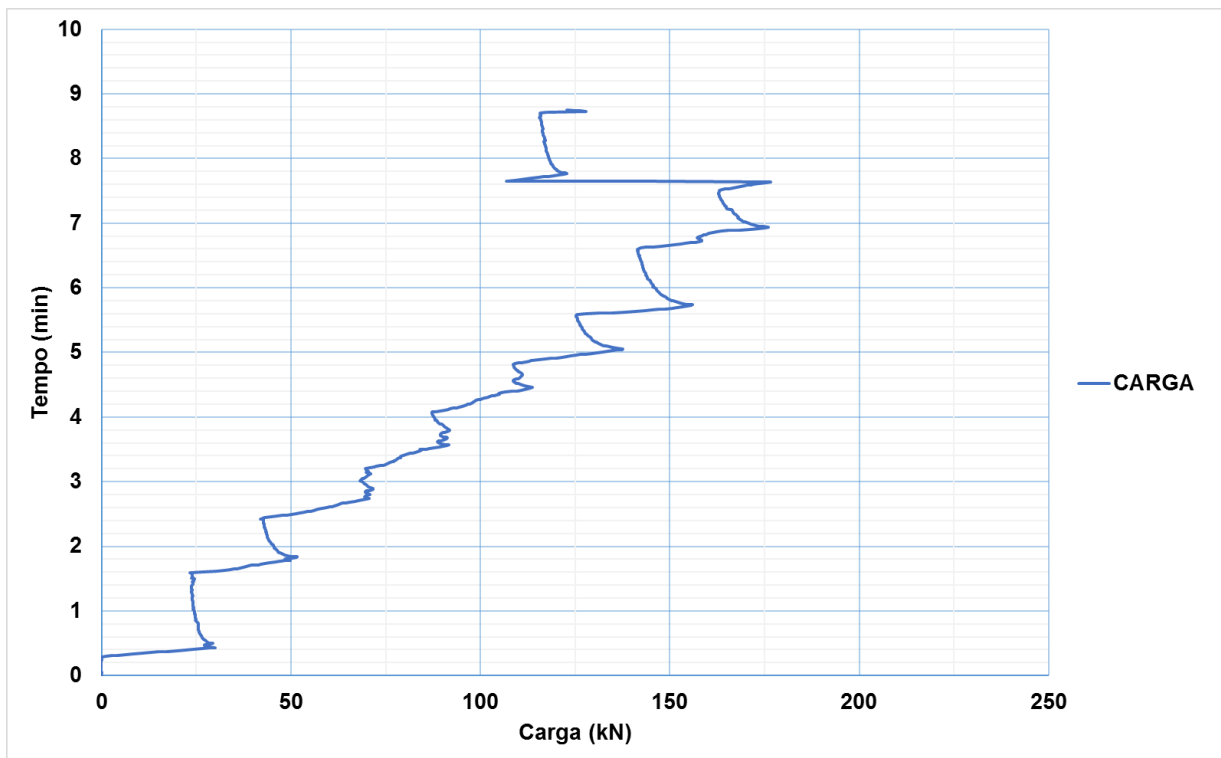


Gráfico 3 - Carga x Tempo - Parede 2

Durante o ensaio, a primeira fissura surgiu no lado sem revestimento com aproximadamente 120 kN de carga de compressão, aproximadamente com 4,5 minutos de ensaio, na parte inferior da interface com as alvenarias A e B e pilar de concreto, coerente com o salto de deformação notado no LVDT 5. O LVTD 2 por sua vez não refletiu esse comportamento, possivelmente porque a fissura nessa local foi muito superficial.

Com 178 kN o CP colapsou sem ter apresentado fissuras no lado revestido, coerente com os saltos de deformação observados nos LVDTs neste instante.

Durante a ruptura do CP surgiram fissuras no revestimento, na região de interface do pilar com a alvenaria e a frente do pilar, conforme Figura 35.



Figura 30 - CP após ruptura - Parede 2

3.2.2 PAREDE 3

A. RELÓGIOS COMPARADORES

Observa-se no gráfico abaixo que tanto RC 1 quanto RC 2 alongaram durante o ensaio indicando que a alvenaria se descolou horizontalmente no sentido oposto ao pilar nesses pontos. Assim como na parede anterior, RC 2 alongou mais que RC 1 indicando que a alvenaria sofreu uma leve flexão, com a parte inferior da alvenaria se deslocando mais horizontalmente, no sentido contrário ao pilar, que a parte superior.

Tanto RC 3 quanto RC 4 apresentaram encurtamentos, indicando que a alvenaria A e B foram comprimidas na região próxima a interface com o pilar, diminuindo sua altura neste local. Comparando esses dois relógios, nota-se que RC 4 encurtou um pouco mais que RC 3, mesmo comportamento notado na parede anterior, possivelmente por ter recebido maior carga de compressão uma vez que a geometria do CP e a carga aplicada não foram perfeitamente simétricas.

RC 5, que representa o deslocamento do pilar de concreto, alongou de maneira constante na maior parte do ensaio, resultando em um deslocamento vertical do pilar em torno de 1,1 mm no final do ensaio.

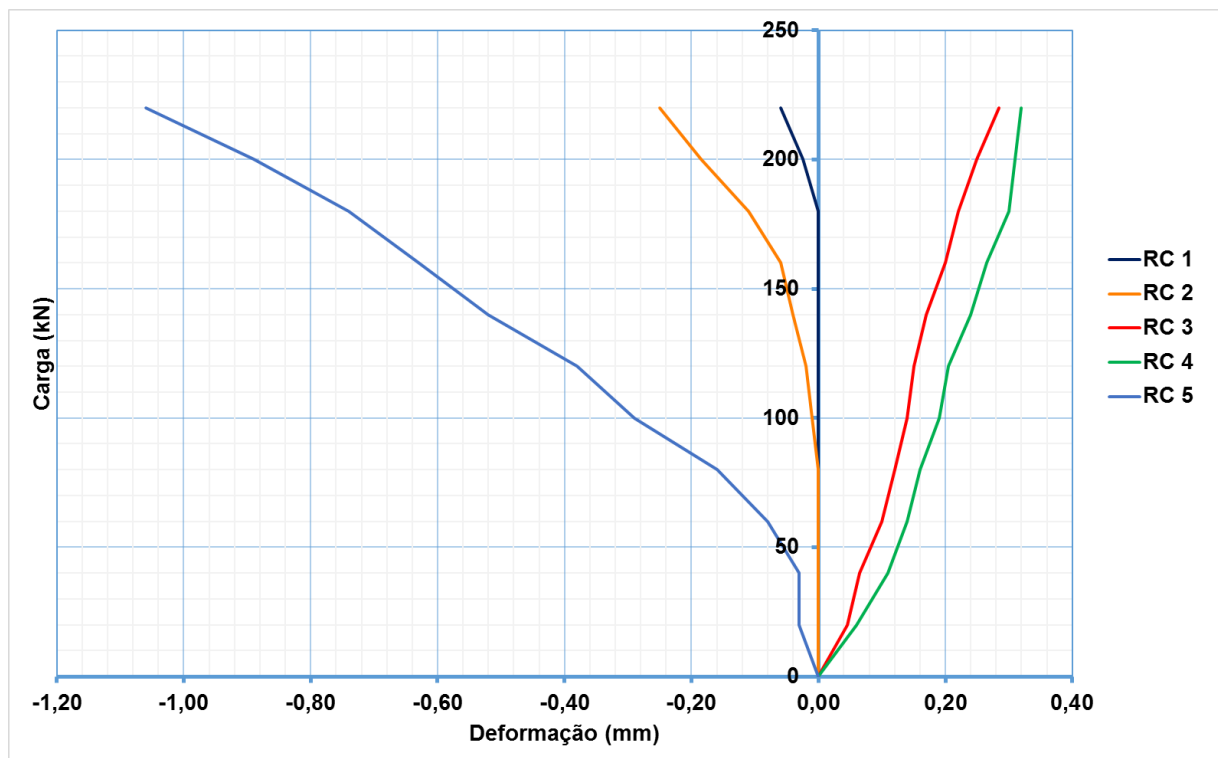


Gráfico 4 - Relógios Comparadores - Parede 3

B. LVDTs

Observa-se no gráfico abaixo que os LVDTs apresentaram deformações bastante distintas. O LVDT 7 se deformou de maneira constante, com valores próximos a 0,01 mm, até o final do ensaio. Já os LVDTs 1 e 8 apresentaram um salto em sua deformação logo no início do ensaio e cresceram de maneira constante até o final do ensaio, atingindo valores maiores que 0,04 mm e 0,02 mm respectivamente.

O LVDT 3 deformou de maneira constante até aproximadamente 8 minutos de ensaio quando apresentou um salto em sua deformação, possivelmente causado pelo surgimento de uma fissura no local.

Por fim, os LVDTs 2 e 6 também apresentaram um salto em suas deformações com aproximadamente 6,5 minutos de ensaio, sendo que o LVDT 6 se estabilizou após esse salto, porém o LVDT 2 apresentou um aumento em sua curva.

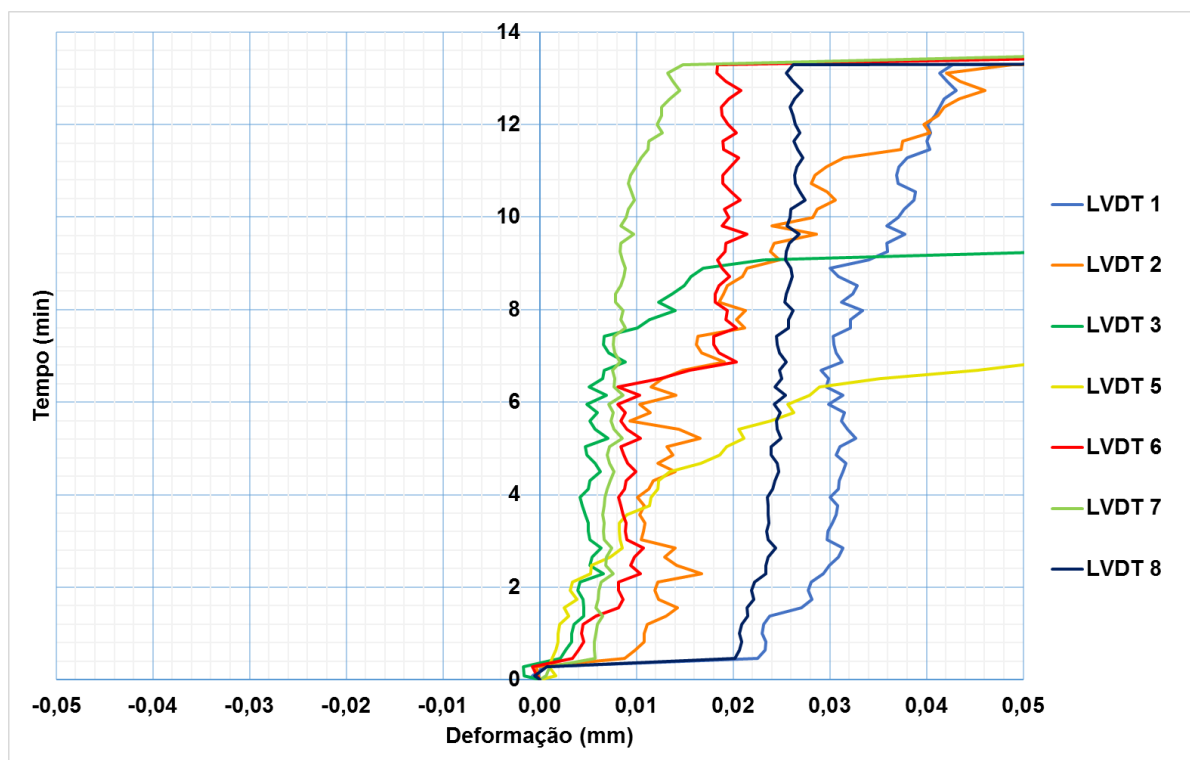


Gráfico 5 - LVDTs - Parede 3

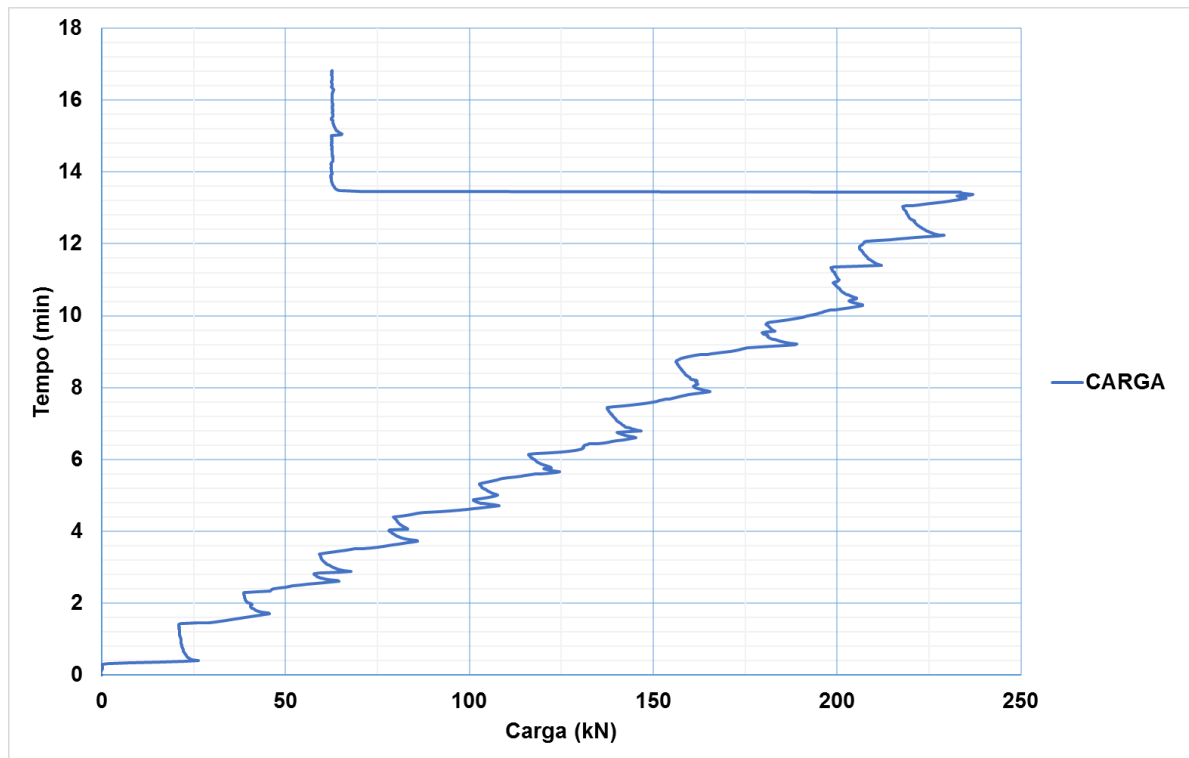


Gráfico 6 - Carga x Tempo - Parede 3

Durante o ensaio, a primeira fissura observada surgiu com uma carga de 160 kN (8 minutos), no lado sem revestimento da interface da alvenaria B com o pilar de concreto, coerente com o salto de deformação notado no LVDT 3 e com as altas deformações do LVDT 5

Com uma carga de 210 kN surgiu uma fissura no revestimento, na região de interface com a alvenaria B onde não foi instalada a tela metálica. O comportamento dos demais LVDTs não refletiram a observação de surgimento de fissuras.

Com aproximadamente 241 kN o CP rompeu aumentando a fissura já existente no revestimento, na região de interface do pilar com a alvenaria B, conforme a Figura 36.



Figura 31 - CP após ruptura - Parede 3

3.2.3 PAREDE 4

A. RELÓGIOS COMPARADORES

Assim como nas demais parede, nota-se no gráfico abaixo que tanto RC 1 quanto RC 2 alongaram durante o ensaio, com RC 2 alongando levemente mais que RC 1 indicando que a alvenaria sofreu uma leve flexão, com a parte inferior da alvenaria se deslocando mais horizontalmente, no sentido contrário ao pilar, que a parte superior.

Assim como nas paredes anteriores, tanto RC 3 quanto RC 4 apresentaram encurtamentos, com RC 4 encurtando levemente mais que RC 3, indicando que a alvenaria B apresentou maior encurtamento vertical próximo a interface com o pilar quando comparada com a alvenaria A, possivelmente por ter recebido maior carga de compressão uma vez que a geometria do CP e a carga aplicada não foram perfeitamente simétricas.

RC 5, que representa o deslocamento do pilar de concreto, alongou de maneira constante na maior parte do ensaio, resultando em um deslocamento vertical do pilar em torno de 5,2 mm no final do ensaio, valor este bastante superior as demais paredes que apresentaram um deslocamento vertical do pilar em torno de 1,0 mm.

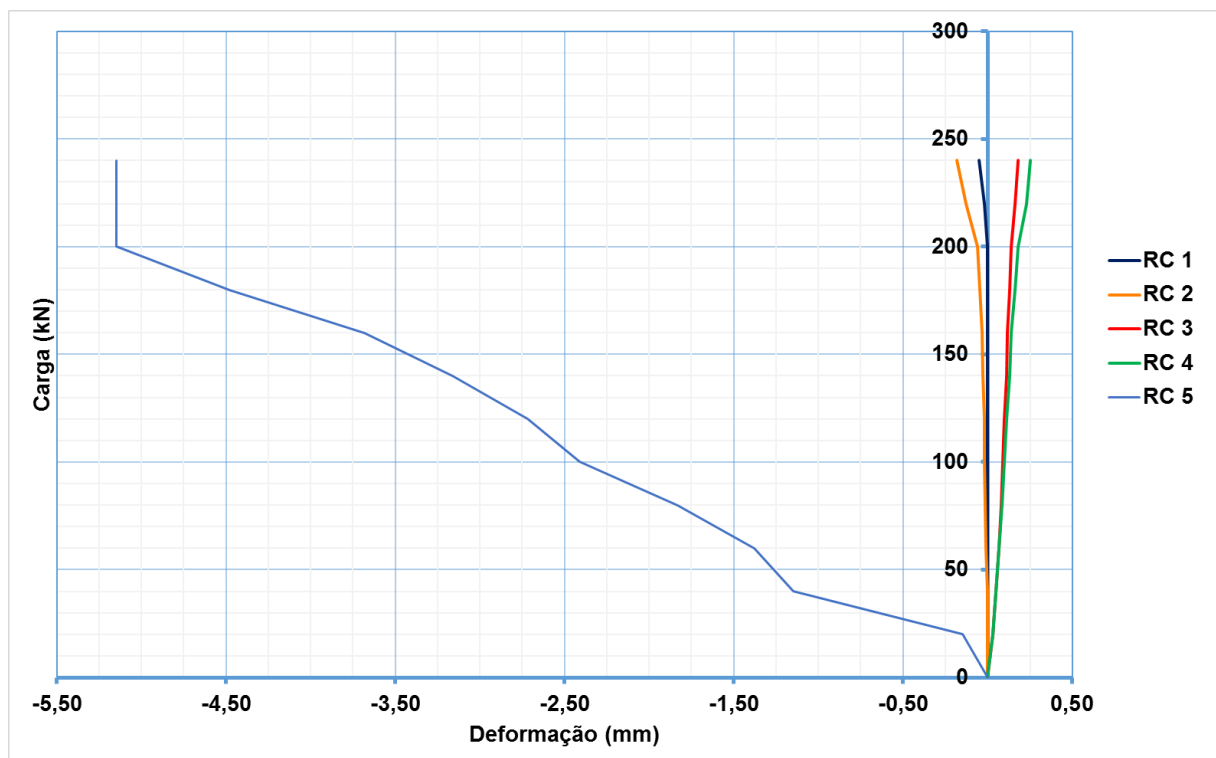


Gráfico 7 - Relógios Comparadores - Parede 4

B. LVDTs

Observa-se no gráfico abaixo que os LVDTs 1, 2, 6 e 7, posicionados na interface com a alvenaria A, apresentaram uma deformação muito pequena, menor que 0,01 mm durante todo o ensaio, indicando que a movimentação diferencial entre alvenaria e pilar do lado esquerdo sem revestimento da parede foi pequeno

Já os LVDTs 3 e 8 deformaram mais, indicando uma maior movimentação diferencial entre alvenaria e pilar do lado direito superior da interface com a alvenaria B.

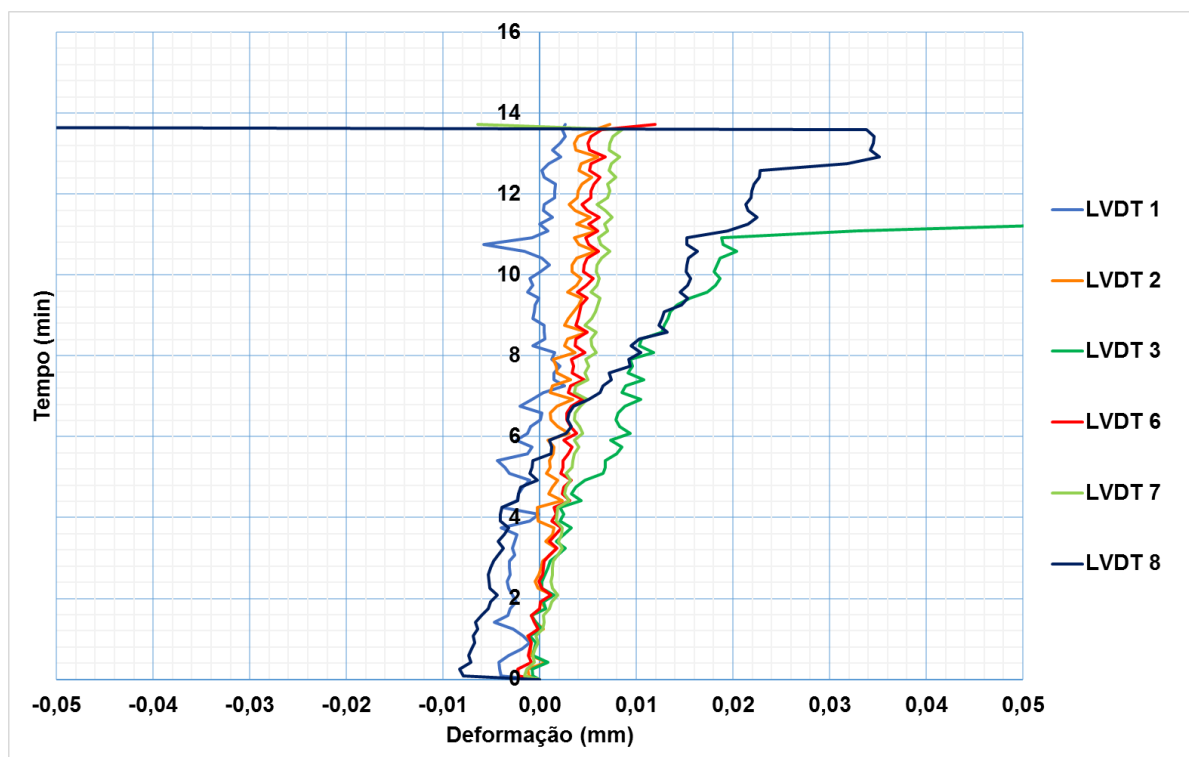


Gráfico 8 - LVDTs - Parede 4

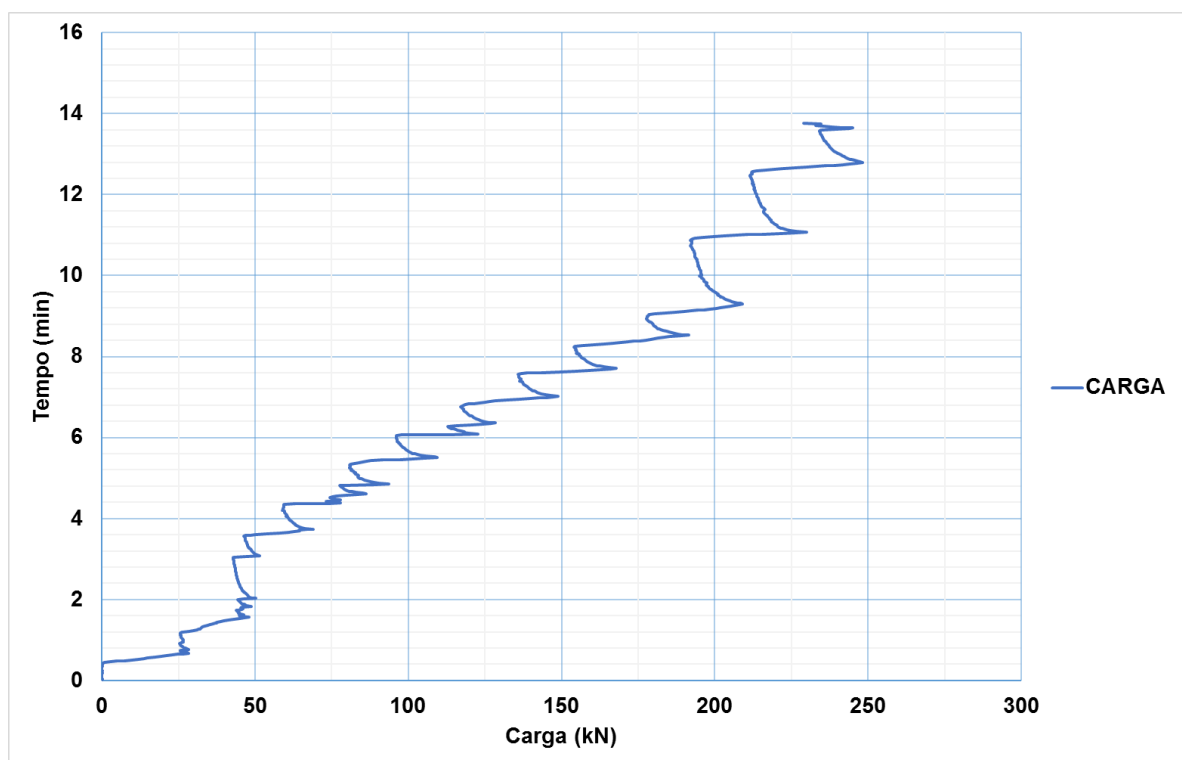


Gráfico 9 - Carga x Tempo - Parede 4

Durante o ensaio, a primeira fissura surgiu no lado sem revestimento com 200 kN de carga de compressão, aproximadamente com 9 minutos de ensaio, na parte inferior da interface com a alvenaria B e pilar.

Com a carga de 220 kN, aproximadamente com 11 minutos de ensaio, surgiu a primeira fissura no revestimento, na interface com a alvenaria B, coerente com a maior deformação notada no LVDT 3.

A interface com a alvenaria B do lado com revestimento do CP não apresentou fissura durante o ensaio, coerente com as medições dos LVDTs 6 e 7 que mantiveram uma variação constante de deformação até o colapso do CP.

Com 249 kN o CP colapsou apresentando fissuras no revestimento na região de interface com a alvenaria B e na região central do pilar, conforme a Figura 37.



Figura 32 - CP após ruptura - Parede 4

3.2.4 PAREDE 5

A. RELÓGIOS COMPARADORES

Assim como nas demais paredes, nota-se no gráfico abaixo que tanto RC 1 quanto RC 2 alongaram durante o ensaio, com RC 2 alongando levemente mais que RC 1 indicando que a alvenaria sofreu uma leve flexão, com a parte inferior da alvenaria se deslocando mais horizontalmente, no sentido contrário ao pilar, que a parte superior.

Tanto RC 3 quanto RC 4 apresentaram encurtamentos, com RC 4 encurtando levemente mais que RC 3, indicando que a alvenaria B apresentou maior encurtamento vertical próximo a interface com o pilar quando comparada com a alvenaria A, possivelmente por ter recebido maior carga de compressão uma vez que a geometria do CP e a carga aplicada não foram perfeitamente simétricas.

RC 5, que representa o deslocamento do pilar de concreto, alongou de maneira constante na maior parte do ensaio, com um aumento na variação do alongamento com aproximadamente 220 kN de carga. O deslocamento vertical final do pilar foi aproximadamente 1,2 mm.

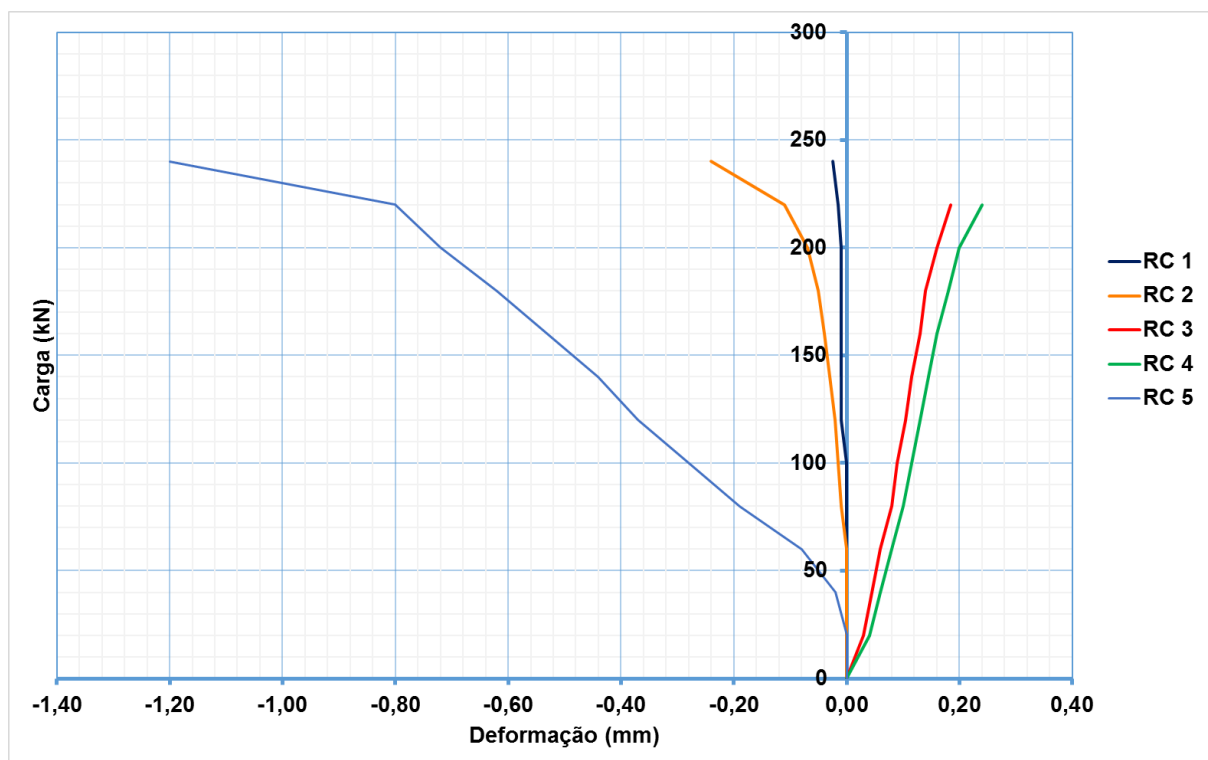


Gráfico 10 - Relógios Comparadores - Parede 5

B. LVDTs

Analisando o gráfico abaixo, os LVDTs 1, 3, 6 e 7 apresentaram uma deformação menor que 0,01 mm durante todo o ensaio.

Os LVDTs 2 e 5 apresentaram uma deformação inicial semelhante a esses LVDTs, no entanto, aproximadamente aos 7 minutos de ensaio, houve um salto em suas deformações aumentando a inclinação da curva desses LVDTs. O LVDT 5 apresentou uma deformação maior que o LVDT 2 após esse salto, coerente com o resultado dos RCs 3 e 4 que indicaram que a alvenaria B foi mais solicitada.

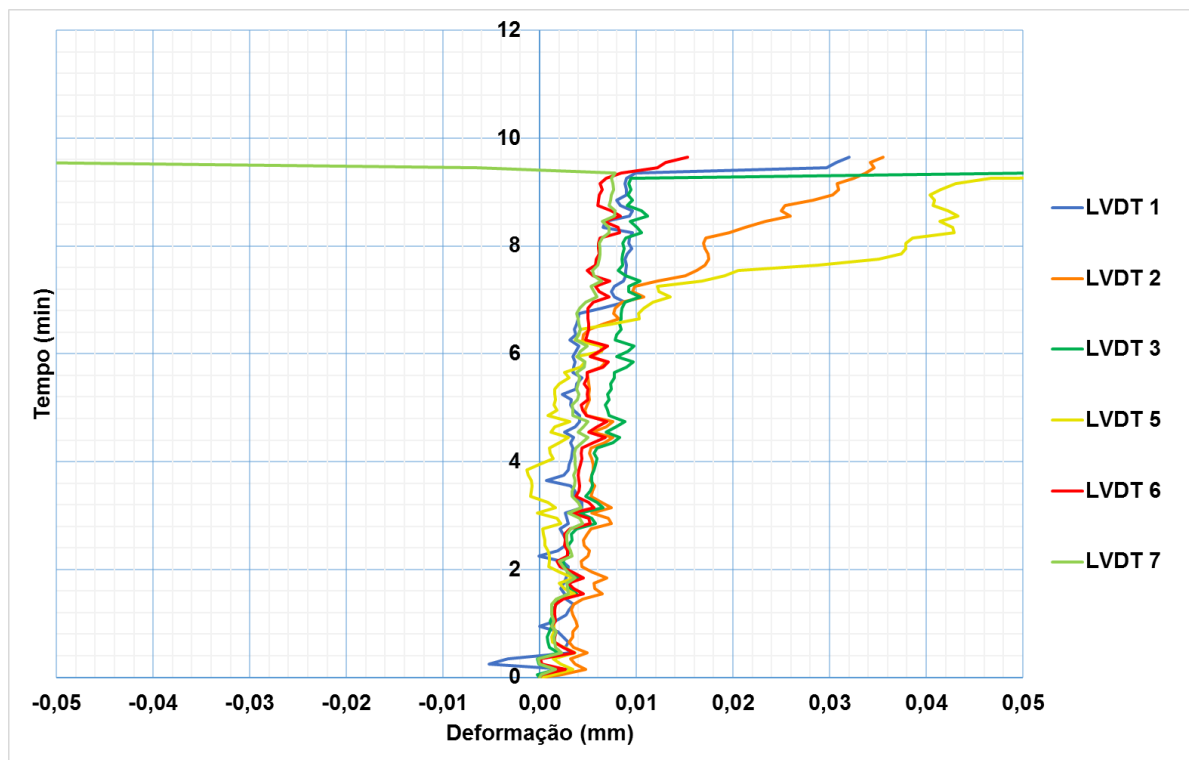


Gráfico 11 - LVDTs - Parede 5

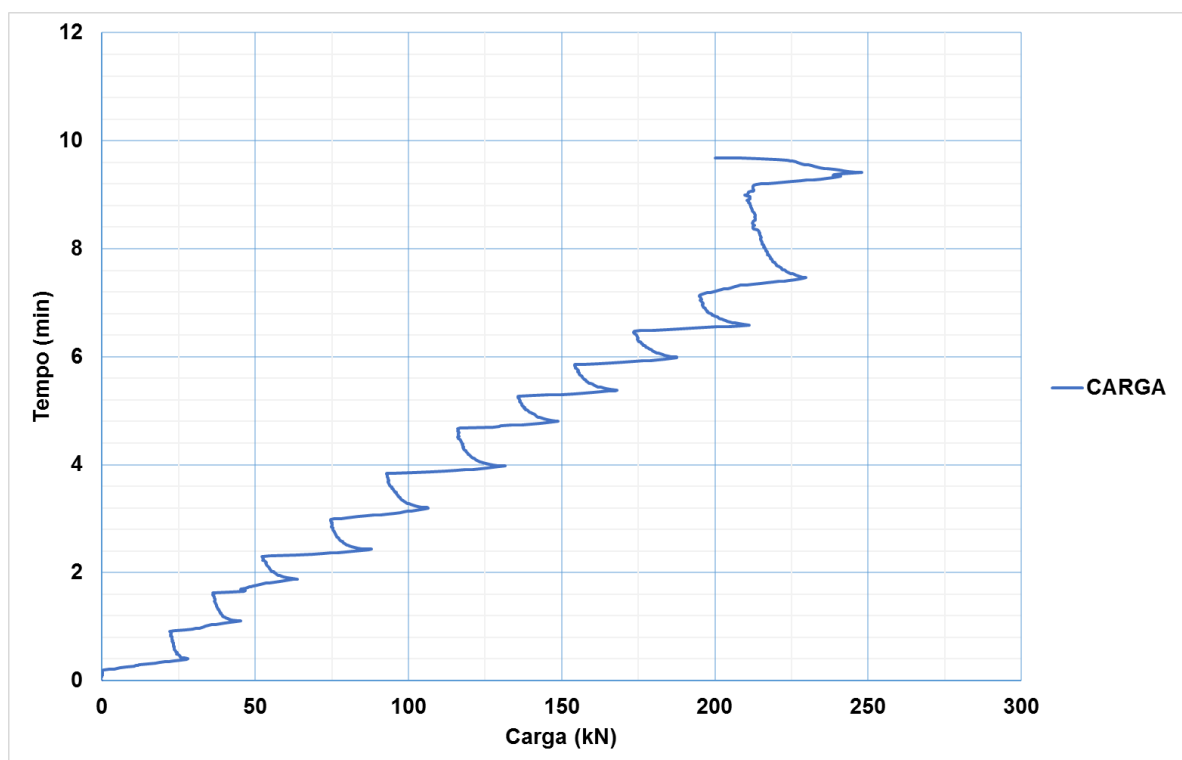


Gráfico 12 - Carga x Tempo - Parede 5

Durante o ensaio, com a carga de 220 kN, aproximadamente 7 minutos de ensaio, surgiu a primeira fissura em ambas as interfaces entre alvenaria e pilar, na parte inferior da face sem revestimento do CP, coerente com o salto de deformação observado nos LVDTs 2 e 5 posicionados na parte inferior desta face, e com a mudança de inclinação notada na curva do RC 5.

Não foi observado o surgimento de fissuras no revestimento do CP, coerente com as deformações medidas pelos LVDTs 6 e 7 que apresentaram uma deformação pequena e constante durante todo o ensaio

Com a carga de 249 kN, aproximadamente com 9,5 minutos, o CP colapsou, fissurando o revestimento na região de interface com a alvenaria B, onde não foi utilizada a tela metálica, conforme figura 38.



Figura 33 - CP após ruptura - Parede 5

3.2.5 PAREDE 6

A. RELÓGIOS COMPARADORES

Assim como nas paredes anteriores, nota-se no gráfico abaixo que tanto RC 1 quanto RC 2 alongaram durante o ensaio, com RC 2 alongando levemente mais que RC 1 indicando que a alvenaria sofreu uma leve flexão, com a parte inferior da alvenaria se deslocando mais horizontalmente, no sentido contrário ao pilar, que a parte superior.

Tanto RC 3 quanto RC 4 apresentaram encurtamentos semelhantes, indicando que a alvenaria A e B foram comprimidas na região próxima a interface com o pilar, diminuindo sua altura neste local. Esse é o comportamento desejável neste ensaio, indicando que a compressão foi aplicada sem excentricidade no pilar, solicitando igualmente as duas interfaces entre alvenaria e pilar;

RC 5, que representa o deslocamento do pilar de concreto alongou de maneira constante a partir de uma carga de aproximadamente 80 kN. O deslocamento vertical final do pilar foi aproximadamente 0,3 mm, valor menor que o notado nas demais paredes que apresentaram um deslocamento do pilar em torno de 1,0 mm.

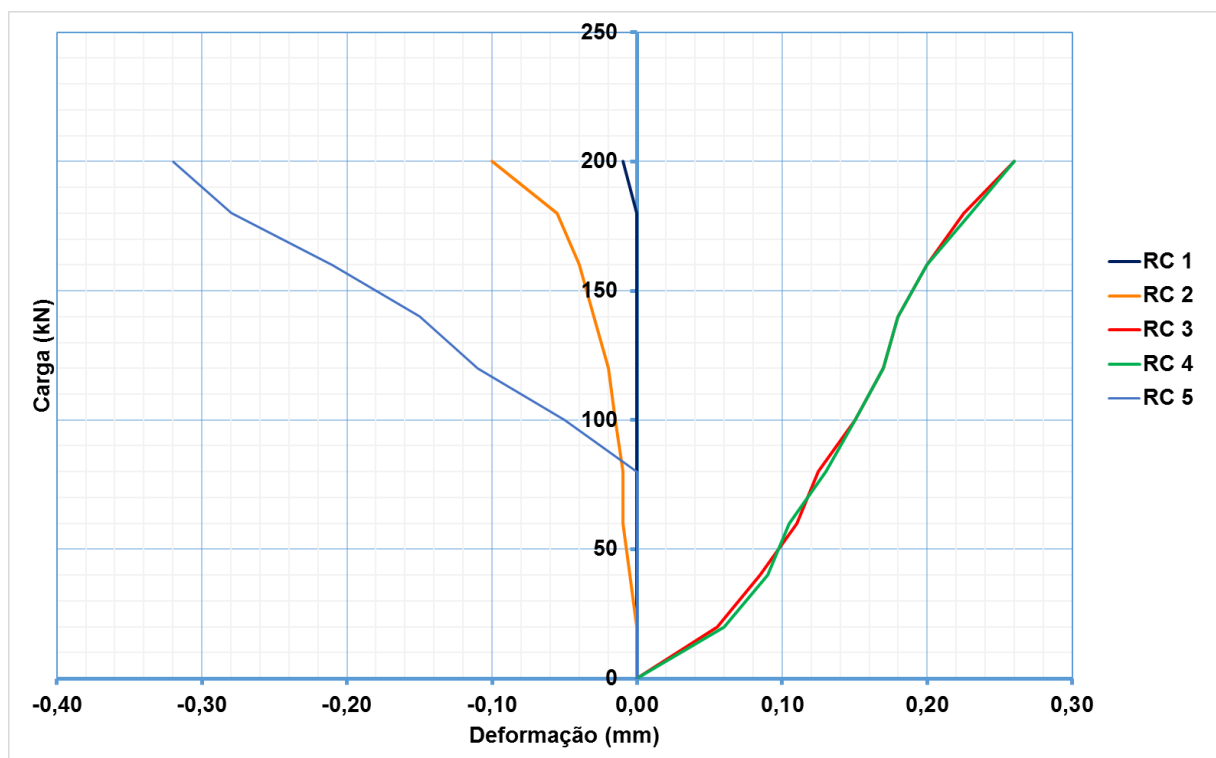


Gráfico 13 - Relógios Comparadores - Parede 6

B. LVDTs

Tanto o LVDTs 1 quanto o 2 apresentaram um alongamento menor que 0,01 mm durante grande parte do ensaio, indicando que inicialmente a alvenaria A foi comprimida sem haver o deslocamento do pilar. Após aproximadamente 6 minutos de ensaio o deslocamento do pilar superou a deformação da alvenaria, tornando os valores de LVDTs positivos (encurtamento). O LVDT 5 apresentou uma deformação inicial semelhante aos LVDTs 1 e 2, porém aproximadamente aos 7,5 minutos de ensaio houve um salto em sua deformação aumentando a inclinação de sua curva.

Os LVDTs 3 e 7 apresentaram um encurtamento com variação constante, menor que 0,01 mm, durante todo o ensaio. O LVDT 6 apresentou uma deformação inicial semelhante aos LVDTs 3 e 7, porém aproximadamente aos 5,5 minutos de ensaio começou a se deformar com mais intensidade, conforme pode ser observado na alteração da inclinação de sua curva a partir deste instante.

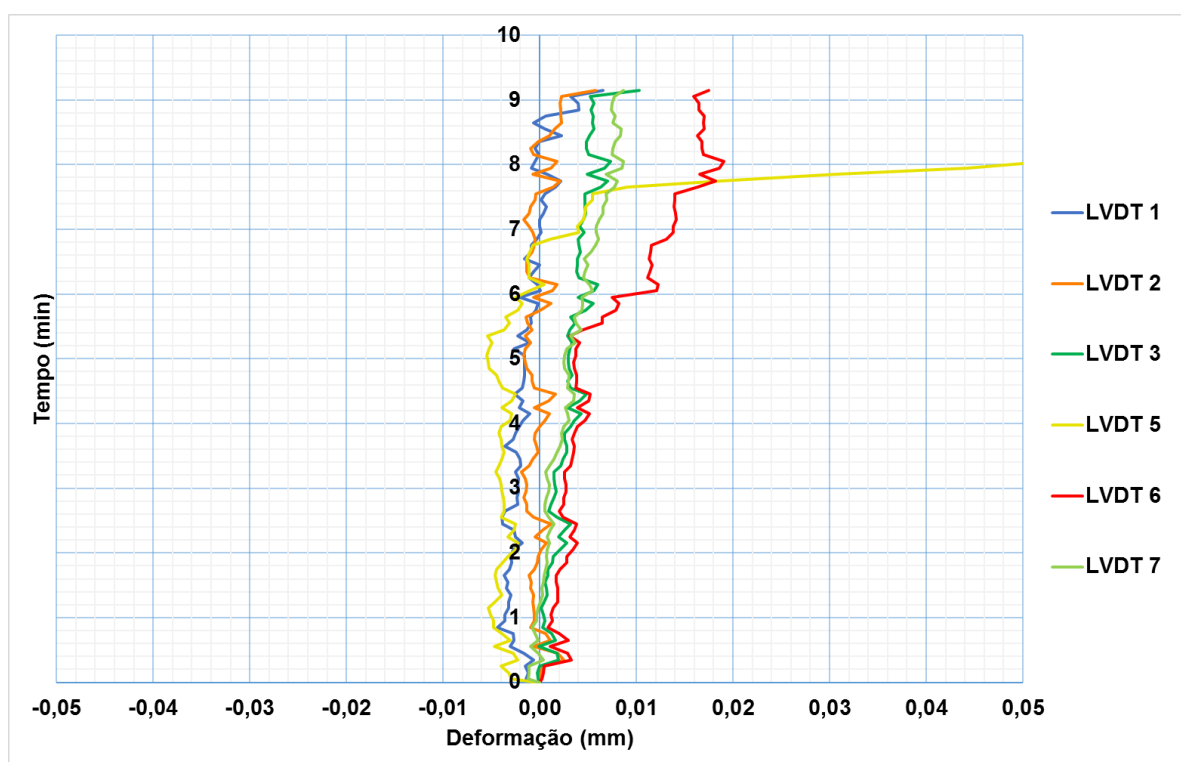


Gráfico 14 - LVDTs - Parede 6

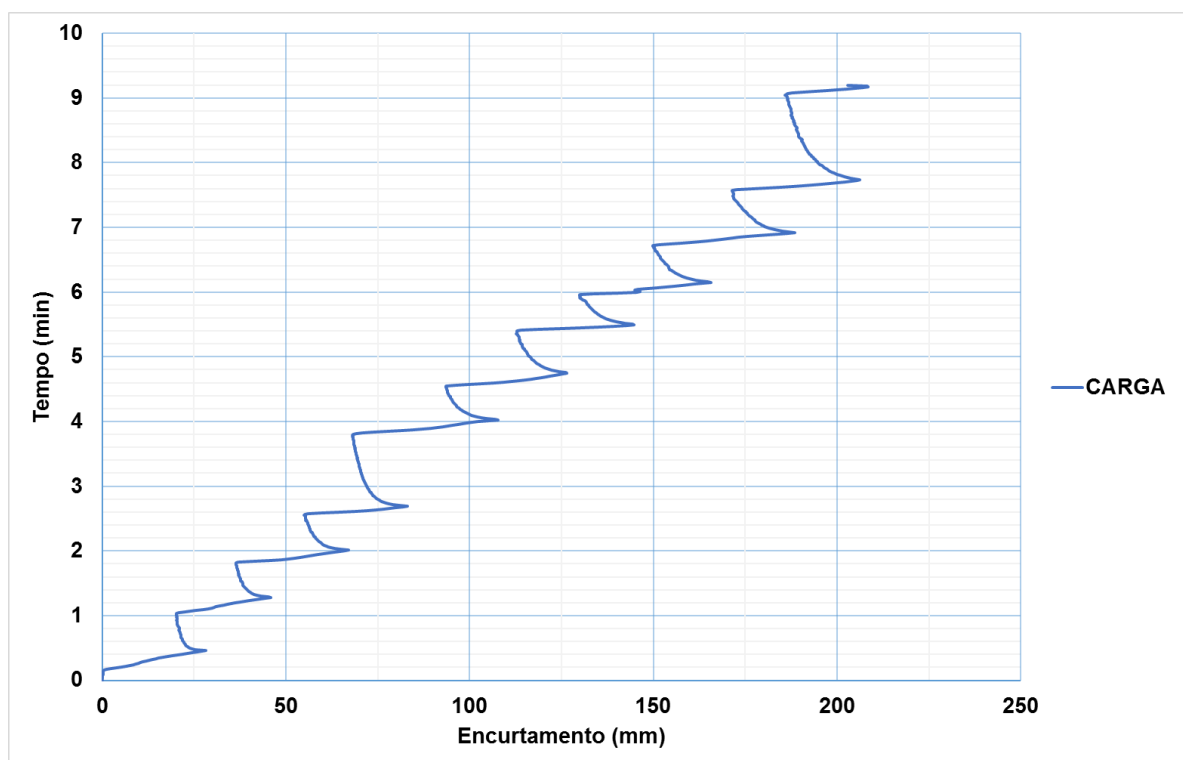


Gráfico 15 - Carga x Tempo - Parede 6

Durante o ensaio, com a carga de 200 kN, aproximadamente 7,5 minutos de ensaio, surgiu a primeira fissura na interface de ambas as alvenarias, na parte inferior da face sem revestimento do CP, coerente com o salto de deformação observado no LVDT 5, posicionado na parte inferior direita dessa face. O LVDT 2, posicionado na parte inferior esquerda da face sem revestimento não apresentou o mesmo comportamento possivelmente porque a fissura neste local foi de menor magnitude não causando a ruptura total da interface entre alvenaria e pilar.

Não foi observado o surgimento de fissuras na face com revestimento do CP, coerente com as deformações medida pelo LVDT 7. A variação na inclinação da curva de deformação do LVDT 6, aparentemente, não foi suficiente para originar uma fissura nessa região.

Com a carga de 209 kN, aproximadamente com 9 minutos de ensaio, o CP colapsou, apresentando uma fissura centralizada no revestimento, conforme figura 39.



Figura 34 - CP após ruptura - Parede 6

3.2.6 PAREDE 7

A. RELÓGIOS COMPARADORES

Conforme comportamento das demais paredes, nota-se no gráfico abaixo que tanto RC 1 quanto RC 2 alongaram durante o ensaio, com RC 2 alongando levemente mais que RC 1 indicando que a alvenaria sofreu uma leve flexão, com a parte inferior da alvenaria se deslocando mais horizontalmente, no sentido contrário ao pilar, que a parte superior.

Tanto RC 3 quanto RC 4 apresentaram encurtamentos semelhantes, indicando que a alvenaria A e B foram comprimidas na região próxima a interface com o pilar, diminuindo sua altura neste local. Esse é o comportamento desejável neste ensaio, indicando que a compressão foi aplicada sem excentricidade no pilar, solicitando igualmente as duas interfaces entre alvenaria e pilar;

RC 5, que representa o deslocamento do pilar de concreto iniciou seu alongamento com uma carga de 100 kN, com uma variação constante até a carga de 240 kN onde nota-se uma mudança na inclinação de sua curva. O deslocamento vertical final do pilar foi aproximadamente 1,0 mm.

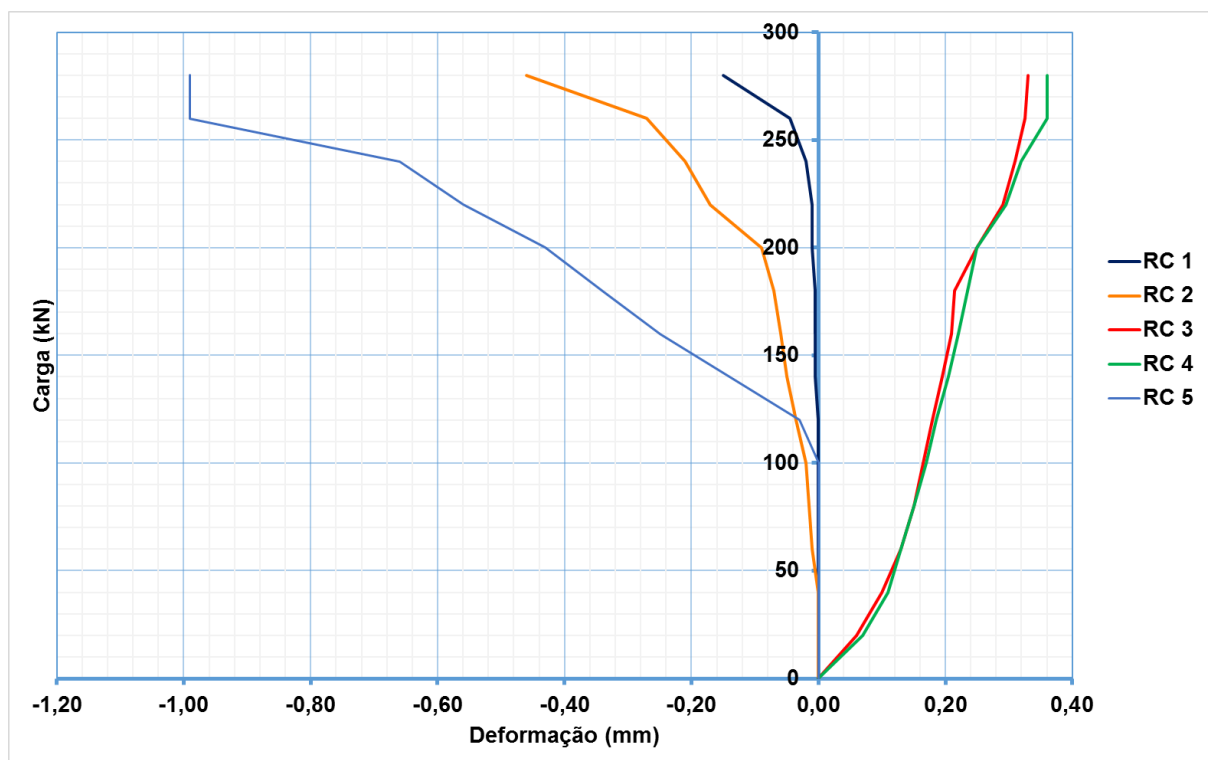


Gráfico 16 - Relógios Comparadores - Parede 7

B. LVDTs

Observando o gráfico das deformações dos LVDTs, nota-se que com exceção do LVDT 8, todos os outros apresentaram uma deformação inicial menor que 0,01 mm.

Nas curvas do LVDTs 1 e 2, aproximadamente com 8,5 minutos de ensaio, e nos LVDTs 6 e 7, aproximadamente com 10,5 minutos de ensaio, houve um salto em suas deformações indicando uma possível ruptura da interface entre alvenaria e pilar na região desses LVDTs.

Já nas curvas dos LVDTs 3 e 5, aproximadamente aos 10,5 minutos de ensaio, nota-se a ocorrência de um leve salto em suas deformações, alterando a inclinação dessas curvas, possivelmente originada por uma ruptura parcial da interface entre alvenaria e pilar na região desses LVDTs.

Por fim, o LVDT 8 apresentou uma deformação inicial com variação constante e superior aos demais LVDTs chegando a quase 0,03 mm no final do ensaio.

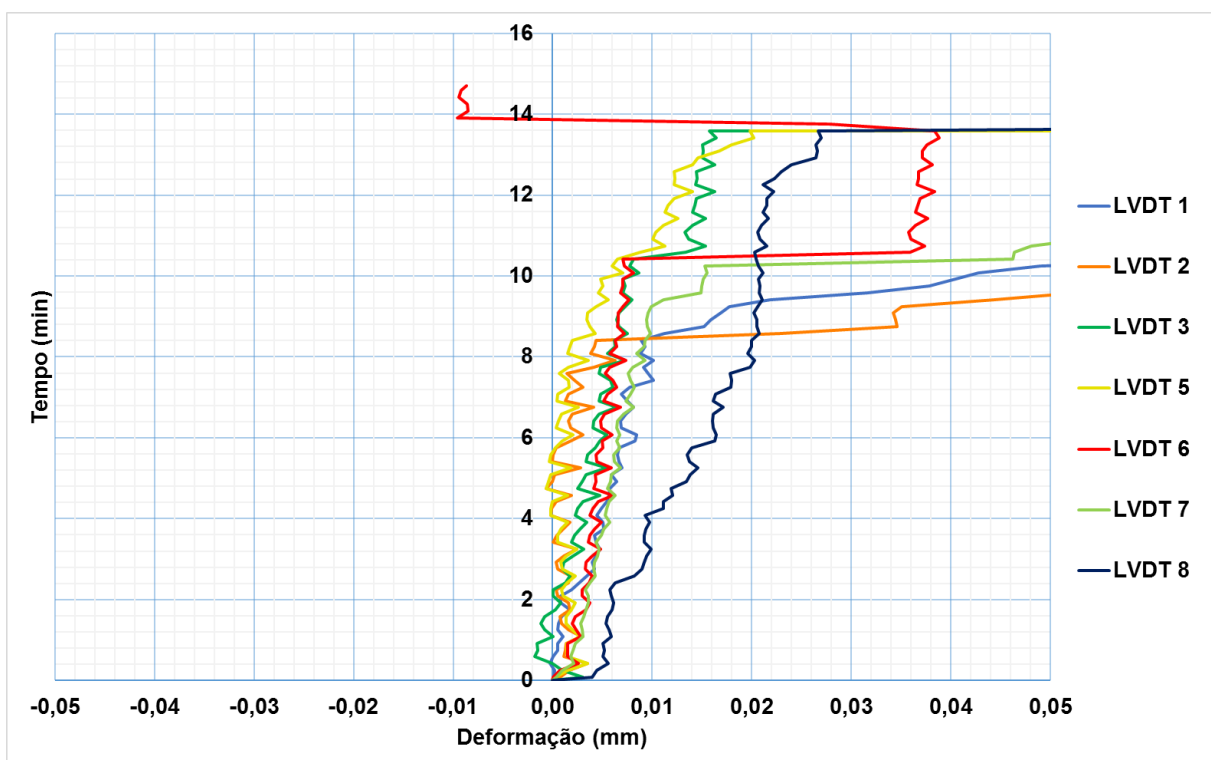


Gráfico 17 - LVDTs - Parede 7

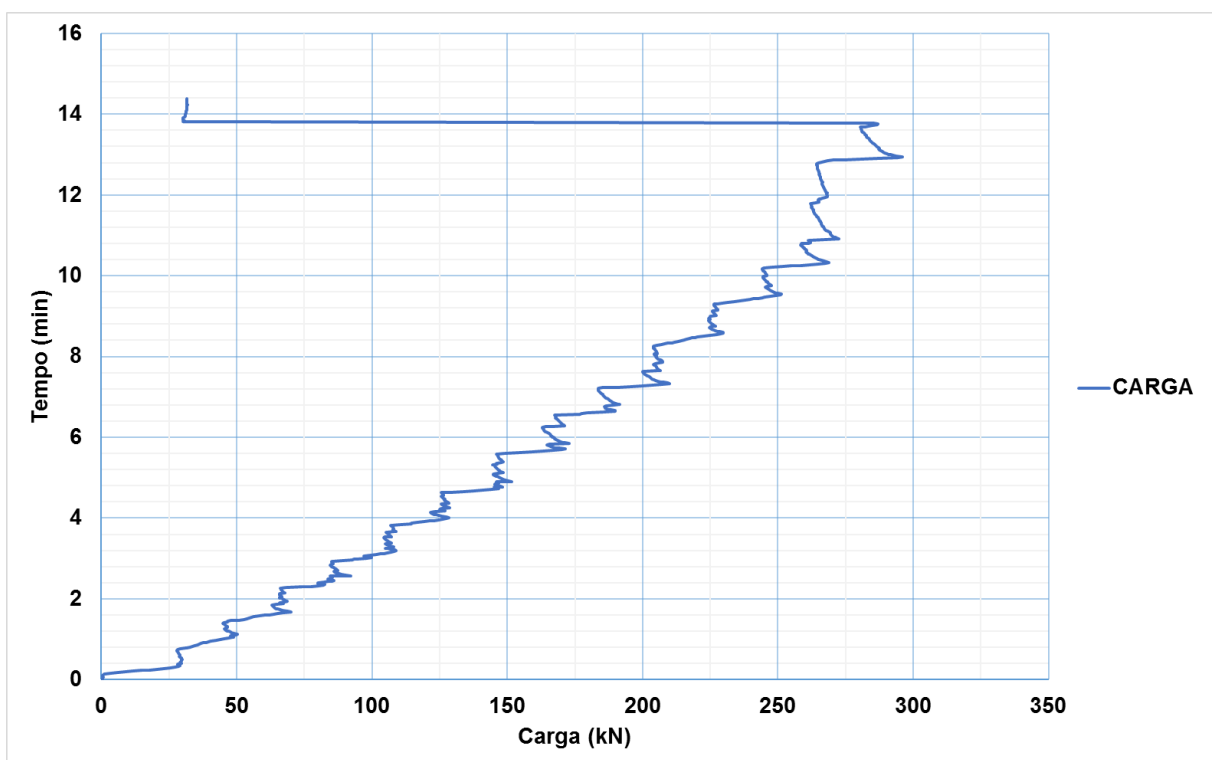


Gráfico 18 - Carga x Tempo - Parede 7

Durante o ensaio, com a carga de 240 kN, aproximadamente 9,0 minutos de ensaio, surgiu a primeira fissura em ambas as interfaces entre alvenaria e pilar, na parte inferior da face sem revestimento do CP. Com uma carga de 260 kN, aproximadamente com 10,5 minutos de ensaio, as fissuras do lado sem revestimento aumentaram e surgiu uma fissura no revestimento na região de interface com a alvenaria B, onde não foi instalada a tela metálica, coerente com os saltos de deformação observados nos LVDTs 1, 2, 3 e 5.

O salto de deformação dos LVDTs 6 e 7, posicionados no lado revestido na região de interface com a alvenaria A, onde foi utilizada a tela metálica, não refletiu no surgimento de fissuras, possivelmente devido a presença da tela metálica que conseguiu absorver as tensões geradas no revestimento.

Com a carga de 298 kN o CP colapsou, fissurando o revestimento na região de interface com a alvenaria B, onde não foi utilizada a tela metálica, conforme figura 40.



Figura 35 - CP após ruptura - Parede 7

3.2.7 PAREDE 8

A. RELÓGIOS COMPARADORES

Conforme comportamento das demais paredes, nota-se no gráfico abaixo que tanto RC 1 quanto RC 2 alongaram durante o ensaio, com RC 2 alongando levemente mais que RC 1 indicando que a alvenaria sofreu uma leve flexão, com a parte inferior da alvenaria se deslocando mais horizontalmente, no sentido contrário ao pilar, que a parte superior.

Tanto RC 3 quanto RC 4 apresentaram encurtamentos, com RC 3 encurtando mais que RC 4, indicando que a alvenaria A apresentou maior encurtamento vertical próximo a interface com o pilar quando comparada com a alvenaria B, possivelmente por ter recebido maior carga de compressão uma vez que a geometria do CP e a carga aplicada não foram perfeitamente simétricas.

RC 5, que representa o deslocamento do pilar de concreto, alongou de maneira constante na maior parte do ensaio, notando-se uma mudança da inclinação de sua curva com aproximadamente 25 kN, onde houve uma diminuição da velocidade do alongamento, e 220 kN, onde houve um aumento da velocidade do alongamento do RC. O deslocamento vertical final do pilar foi aproximadamente 1,5 mm.

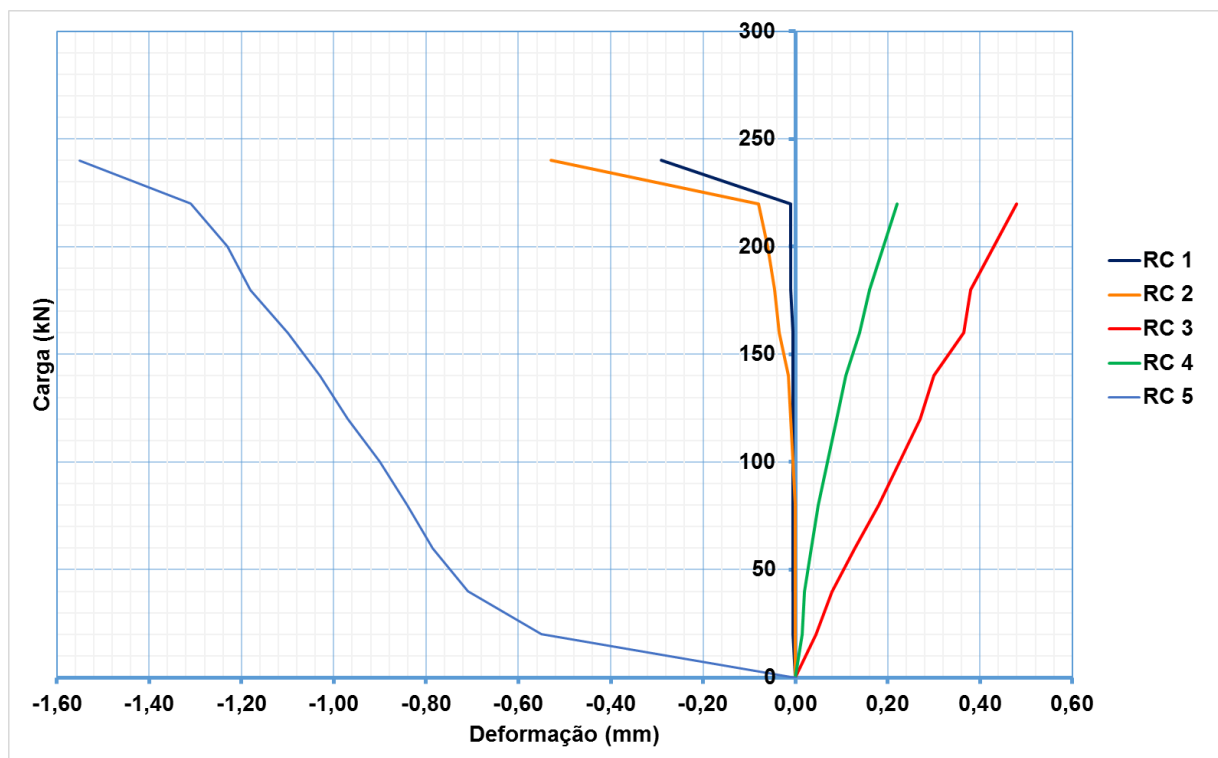


Gráfico 19 - Relógios Comparadores - Parede 8

B. LVDTs

Observando o gráfico das deformações dos LVDTs, nota-se que OS LVDTs 2, 3, 6, 7 e 8 apresentaram uma deformação com variação constante ao longo de todo o ensaio e menor que 0,01 mm.

Os LVDTs 1 e 5 também apresentaram deformações iniciais menores que 0,01 mm, porém com aproximadamente aos 9 minutos de ensaio sofreram um leve salto em sua deformação sendo notado pela mudança de inclinação de suas curvas, possivelmente sendo causada pela ruptura parcial da interface entre alvenaria e pilar na região desses LVDTs.

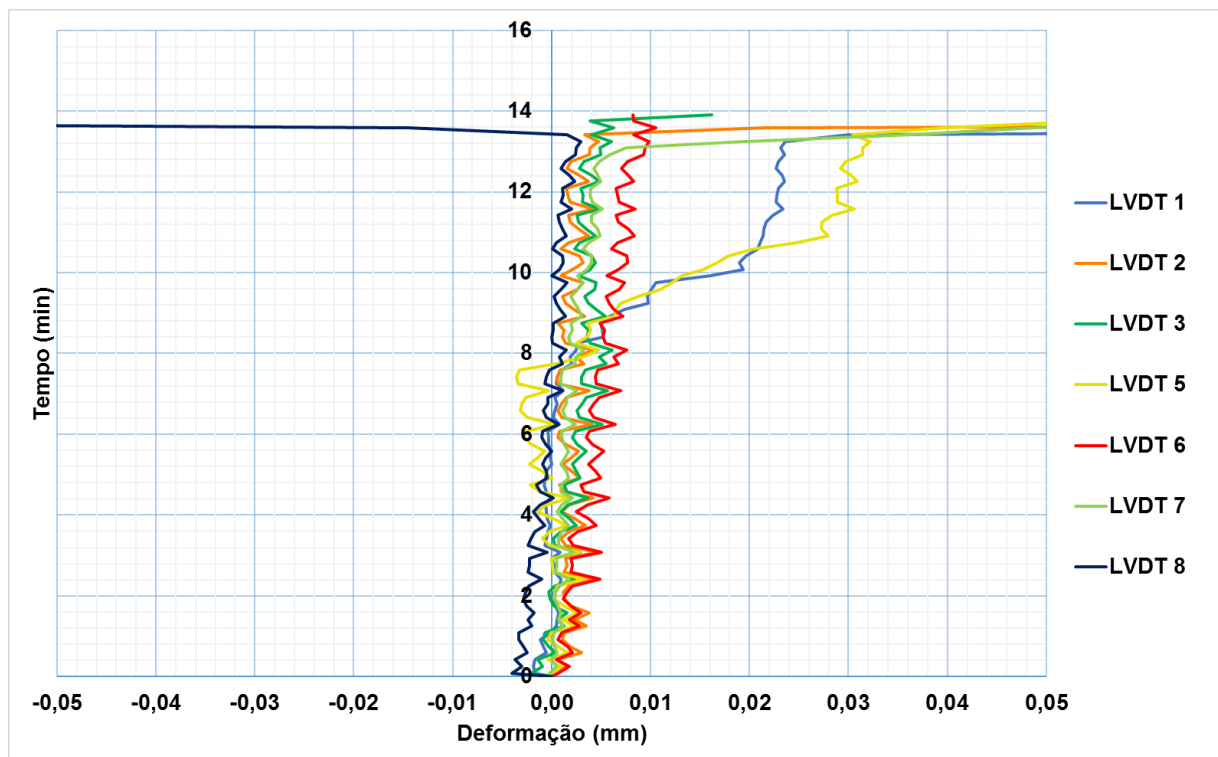


Gráfico 20 - LVDTs - Parede 8

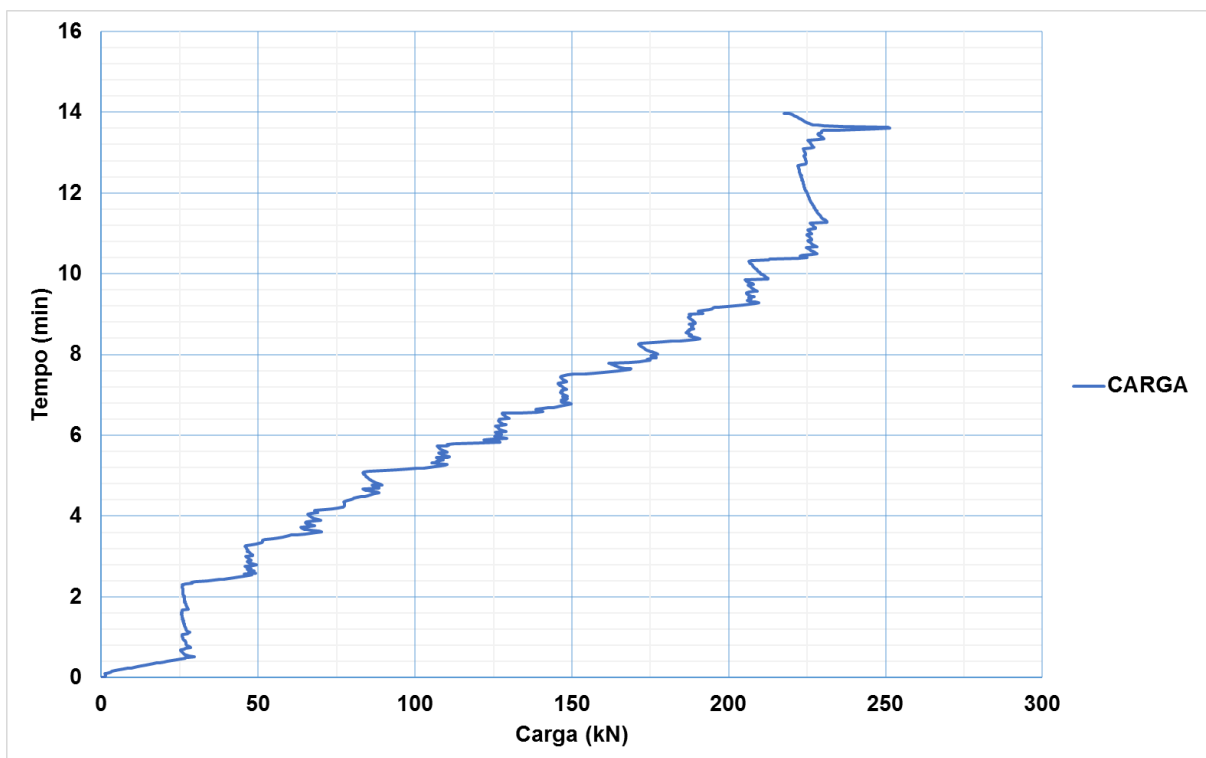


Gráfico 21 - Carga x Tempo - Parede 8

Com a carga de 220 kN, aproximadamente 9 minutos de ensaio, surgiu a primeira fissura na parte superior do lado esquerdo e na parte inferior do lado direito da face sem revestimento do CP, coerente com o salto de deformação observado no LVDT 5 posicionado na parte inferior direita dessa face e do LVDT 1, posicionado na parte superior esquerda da face sem revestimento.

O revestimento não apresentou fissuras antes da ruptura do CP, coerente com o comportamento dos LVDTs 6, 7 e 8, posicionados nessa face da parede,

Com a carga de 249 kN, aproximadamente com 13,5 minutos de ensaio, o CP colapsou apresentando fissuras no revestimento distribuídas na região central do CP e na parte inferior da interface das alvenarias com o pilar de concreto.



Figura 36 - CP após ruptura - Parede 8

3.2.8 PAREDE 9

A. RELÓGIOS COMPARADORES

Conforme comportamento das demais paredes, nota-se no gráfico abaixo que tanto RC 1 quanto RC 2 alongaram durante o ensaio, com RC 2 alongando levemente mais que RC 1 indicando que a alvenaria sofreu uma leve flexão, com a parte inferior da alvenaria se deslocando mais horizontalmente, no sentido contrário ao pilar, que a parte superior.

Tanto RC 3 quanto RC 4 apresentaram encurtamentos semelhantes, indicando que a alvenaria A e B foram comprimidas na região próxima a interface com o pilar, diminuindo sua altura neste local. Esse é o comportamento desejável neste ensaio, indicando que a compressão foi aplicada sem excentricidade no pilar, solicitando igualmente as duas interfaces entre alvenaria e pilar;

RC 5, que representa o deslocamento do pilar de concreto alongou de maneira constante na maior parte do ensaio indicando um deslocamento vertical final do pilar em torno de 1,15 mm.

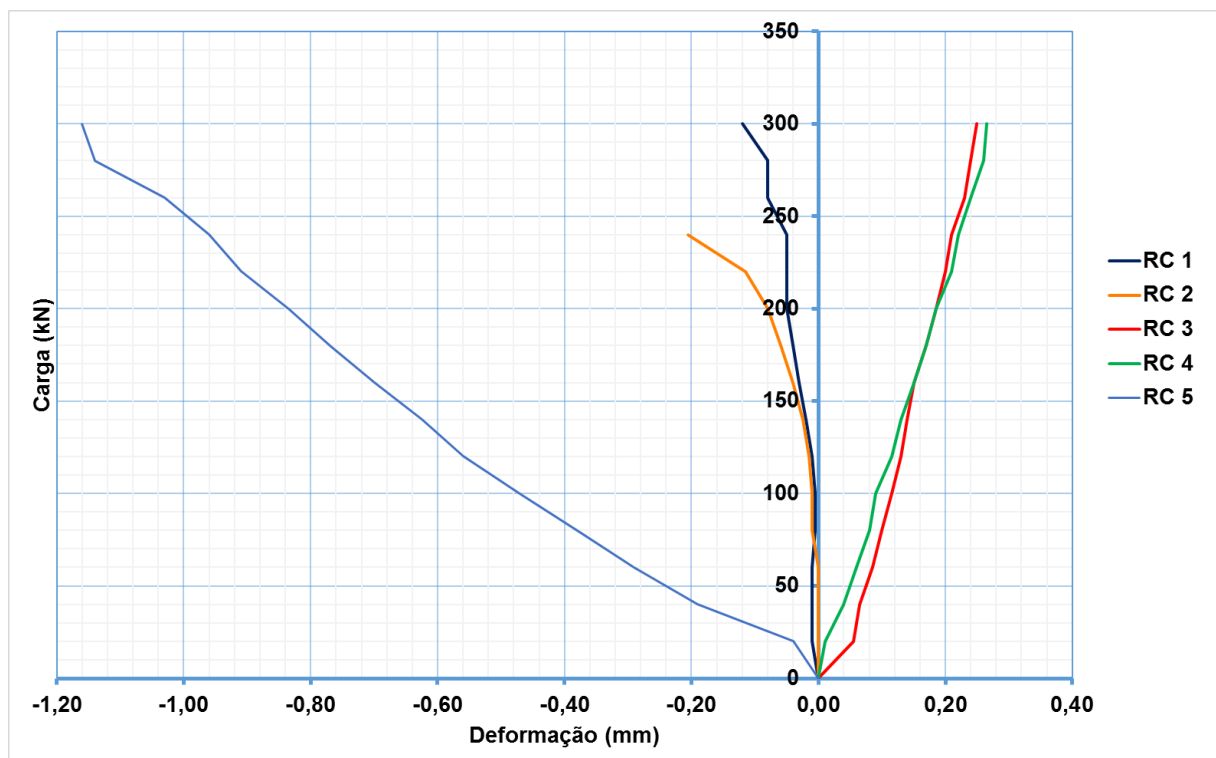


Gráfico 22 - Relógios Comparadores - Parede 9

B. LVDTs

Observando o gráfico abaixo, nota-se que os LVDTs 1, 2, 6, 7 e 8 apresentaram uma deformação com variação constante ao longo de todo o ensaio e menor que 0,01 mm.

Apenas o LVDT 3 apresentou uma maior deformação chegando a 0,03 mm no final do ensaio, sem apresentar grandes saltos de deformação.

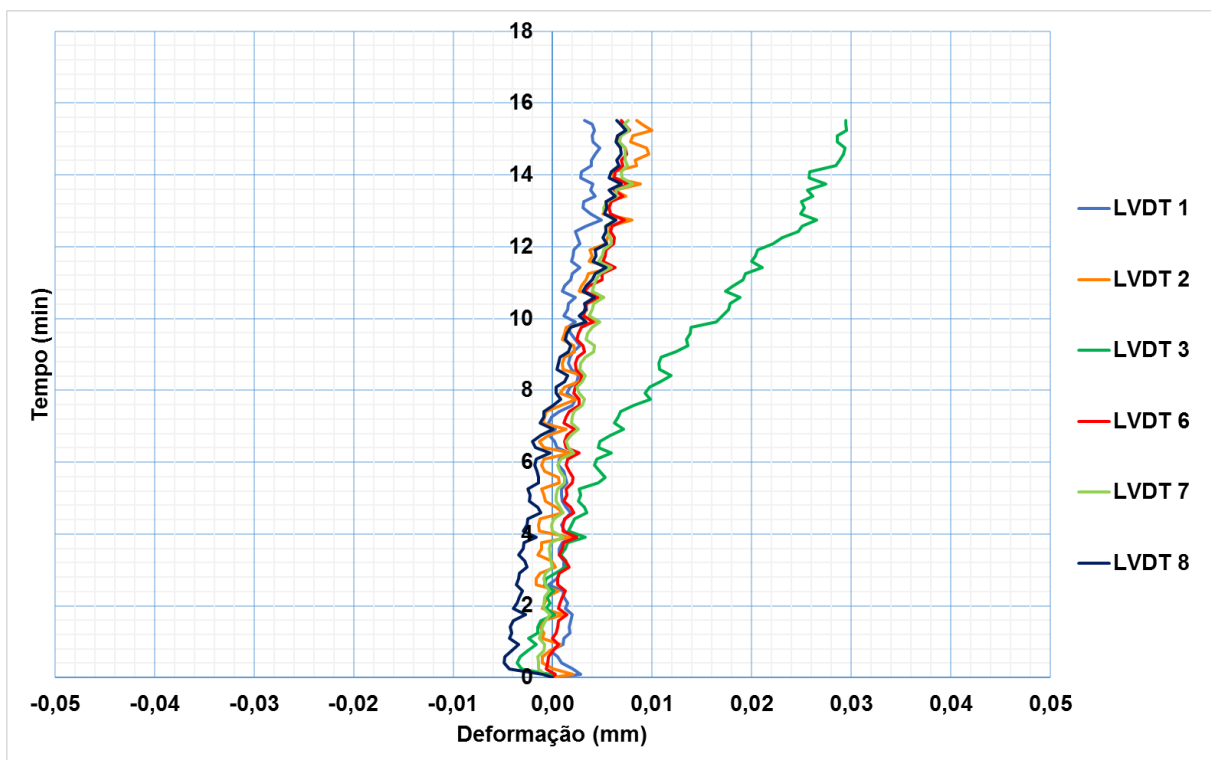


Gráfico 23 - LVDTs - Parede 9

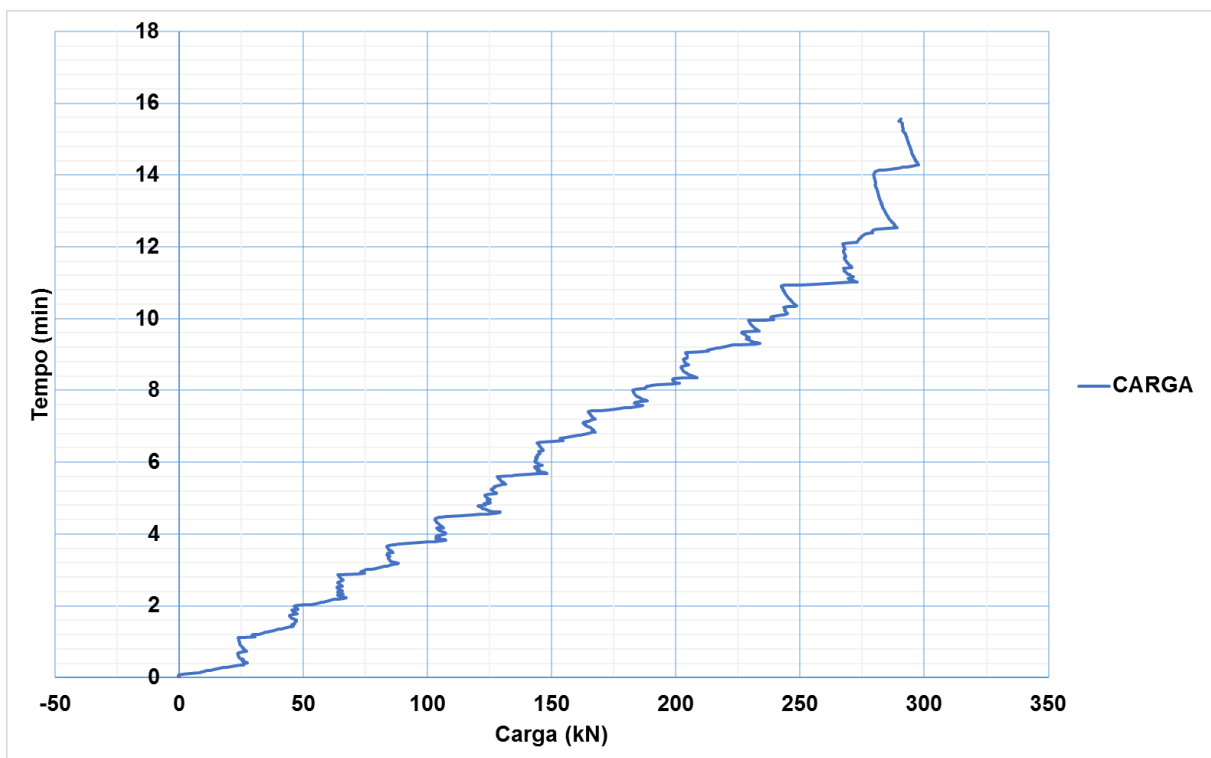


Gráfico 24 - Carga x Tempo - Parede 9

Apenas próximo a ruptura do CP apareceram as primeiras fissuras tanto do lado sem revestimento quanto do lado revestido, coerente com as deformações dos LVDTs

Com a carga de 290 kN, aproximadamente com 15 minutos de ensaio, o CP colapsou apresentando pequenas fissuras no revestimento mais concentradas na região de interface com a alvenaria B, onde não foi instalada a tela metálica.



Figura 37 - CP após ruptura - Parede 9

3.2.9 PAREDE 10

A. RELÓGIOS COMPARADORES

Conforme comportamento das demais paredes, nota-se no gráfico abaixo que tanto RC 1 quanto RC 2 alongaram durante o ensaio, com RC 2 alongando levemente mais que RC 1 indicando que a alvenaria sofreu uma leve flexão, com a parte inferior da alvenaria se deslocando mais horizontalmente, no sentido contrário ao pilar, que a parte superior.

Tanto RC 3 quanto RC 4 apresentaram encurtamentos, com RC 4 encurtando levemente mais que RC 3, indicando que a alvenaria B apresentou maior encurtamento vertical próximo a interface com o pilar quando comparada com a alvenaria A, possivelmente por ter recebido maior carga de compressão uma vez que a geometria do CP e a carga aplicada não foram perfeitamente simétricas.

RC 5, que representa o deslocamento do pilar de concreto, alongou de maneira constante na maior parte do ensaio. Com aproximadamente 220 kN houve um aumento na intensidade de alongamento. O deslocamento vertical final do pilar foi aproximadamente 1,6 mm.

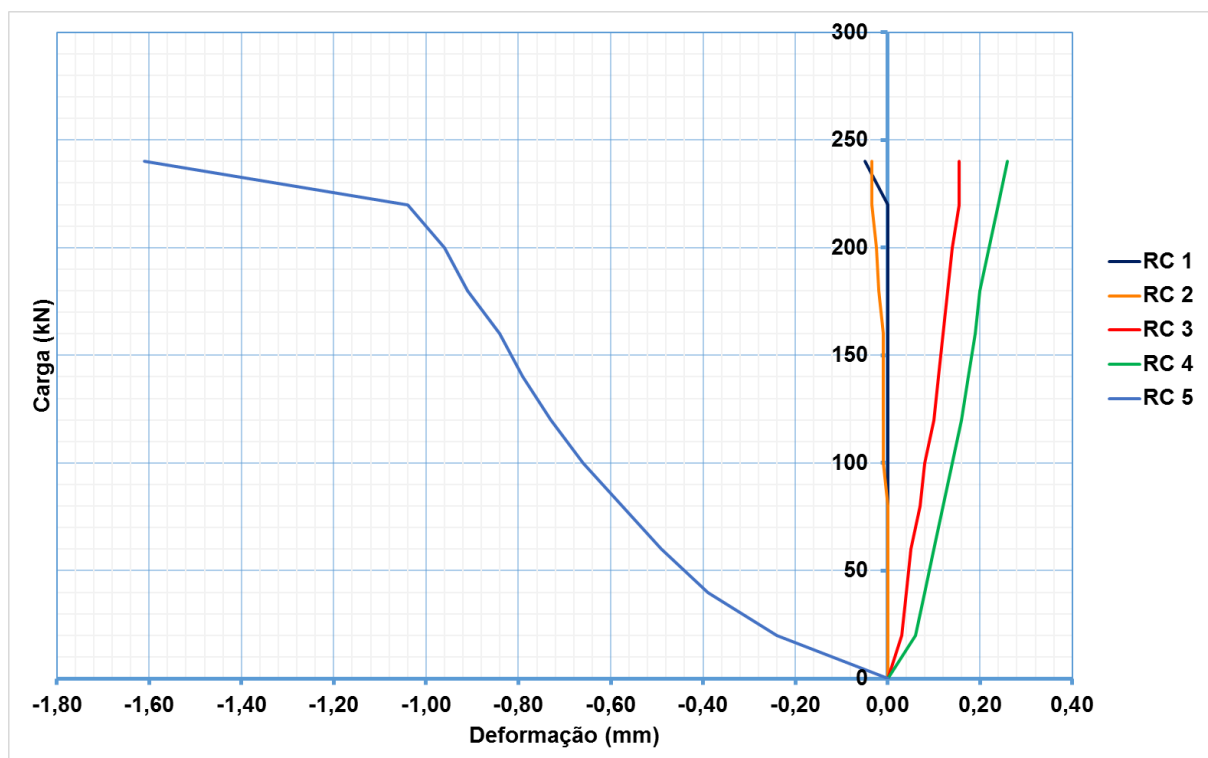


Gráfico 25 - Relógios Comparadores - Parede 10

B. LVDTs

Observa-se no gráfico abaixo que os LVDTs 1, 2, 3 e 7 apresentaram uma deformação com variação constante ao longo de todo o ensaio e menor que 0,01 mm.

O LVDT 5 apresentou uma deformação semelhante aos LVDTs 1, 2 e 3 até cerca de 3,5 minutos de ensaio. A partir desse instante este LVDT começou a se deformar mais que os demais, chegando a 0,03 mm no final do ensaio, sem apresentar grandes saltos de deformação.

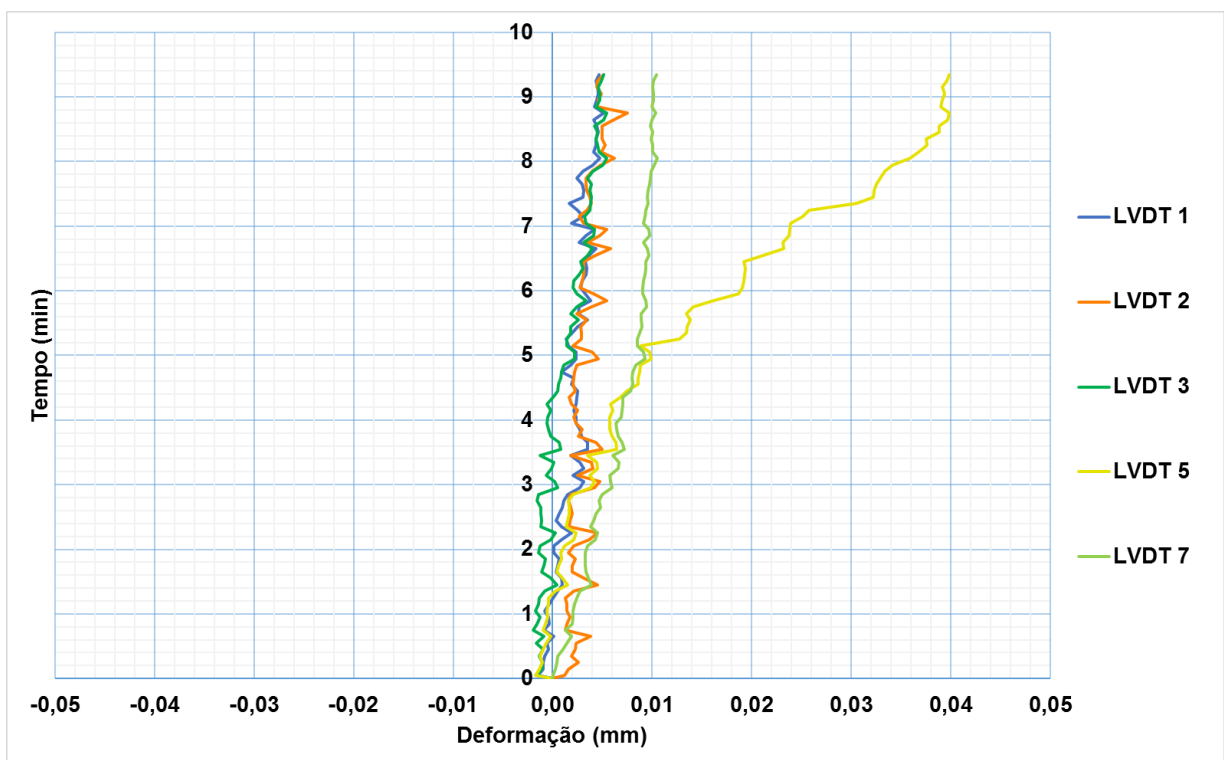


Gráfico 26 - LVDTs - Parede 10

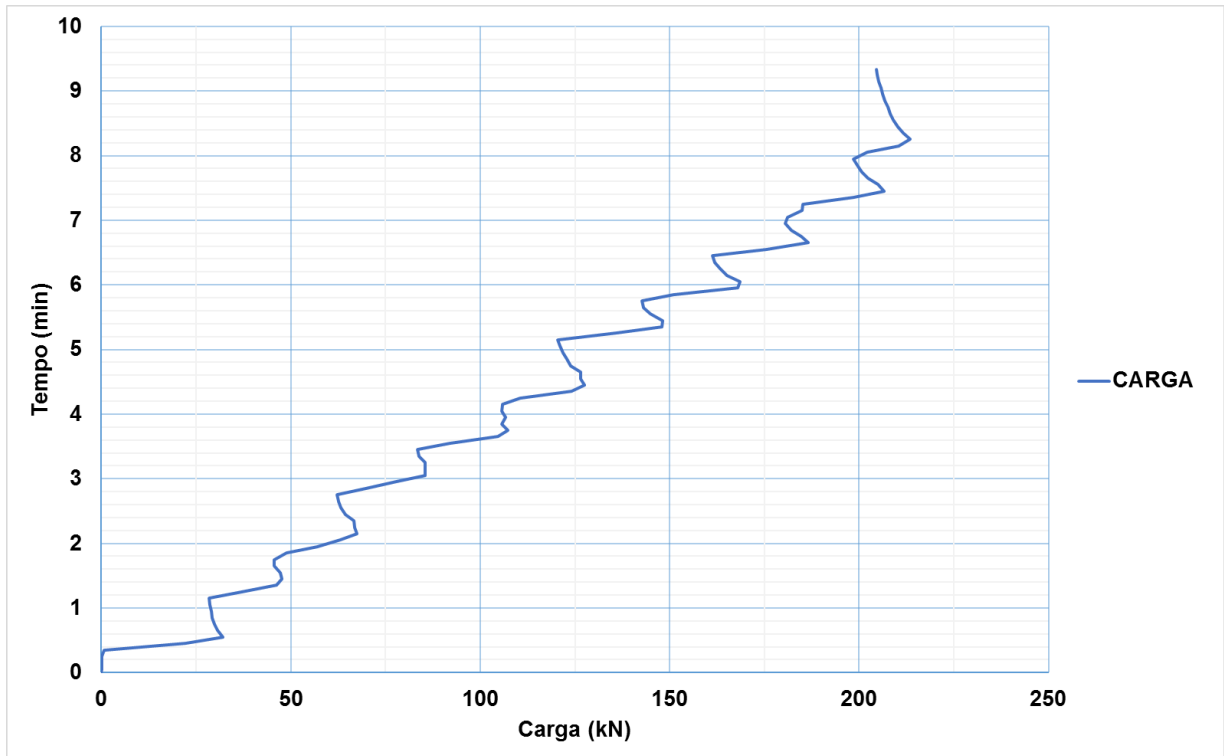


Gráfico 27 - Carga x Tempo - Parede 10

Com a carga de 100 kN, aproximadamente 3,5 minutos de ensaio, surgiu a primeira fissura na parte inferior da interface com a alvenaria B da face sem revestimento do CP, coerente com a mudança de inclinação da curva do LVDT 5, posicionado neste local.

Com a carga de 239 kN, aproximadamente com 9 minutos de ensaio, o CP colapsou apresentando fissuras no revestimento distribuídas na região central do CP.



Figura 38 - CP após ruptura - Parede 10

3.2.10 PAREDE 11

A. RELÓGIOS COMPARADORES

Conforme comportamento das demais paredes, nota-se no gráfico abaixo que tanto RC 1 quanto RC 2 alongaram durante o ensaio, com RC 2 alongando levemente mais que RC 1 indicando que a alvenaria sofreu uma leve flexão, com a parte inferior da alvenaria se deslocando mais horizontalmente, no sentido contrário ao pilar, que a parte superior.

Tanto RC 3 quanto RC 4 apresentaram encurtamentos semelhantes, indicando que a alvenaria A e B foram comprimidas na região próxima a interface com o pilar, diminuindo sua altura neste local. Esse é o comportamento desejável neste ensaio, indicando que a compressão foi aplicada sem excentricidade no pilar, solicitando igualmente as duas interfaces entre alvenaria e pilar;

RC 5, que representa o deslocamento do pilar de concreto, iniciou seu alongamento com uma carga em torno de 60 kN, mantendo um crescimento constante na maior parte do ensaio. O deslocamento vertical final do pilar foi aproximadamente 1,15 mm.

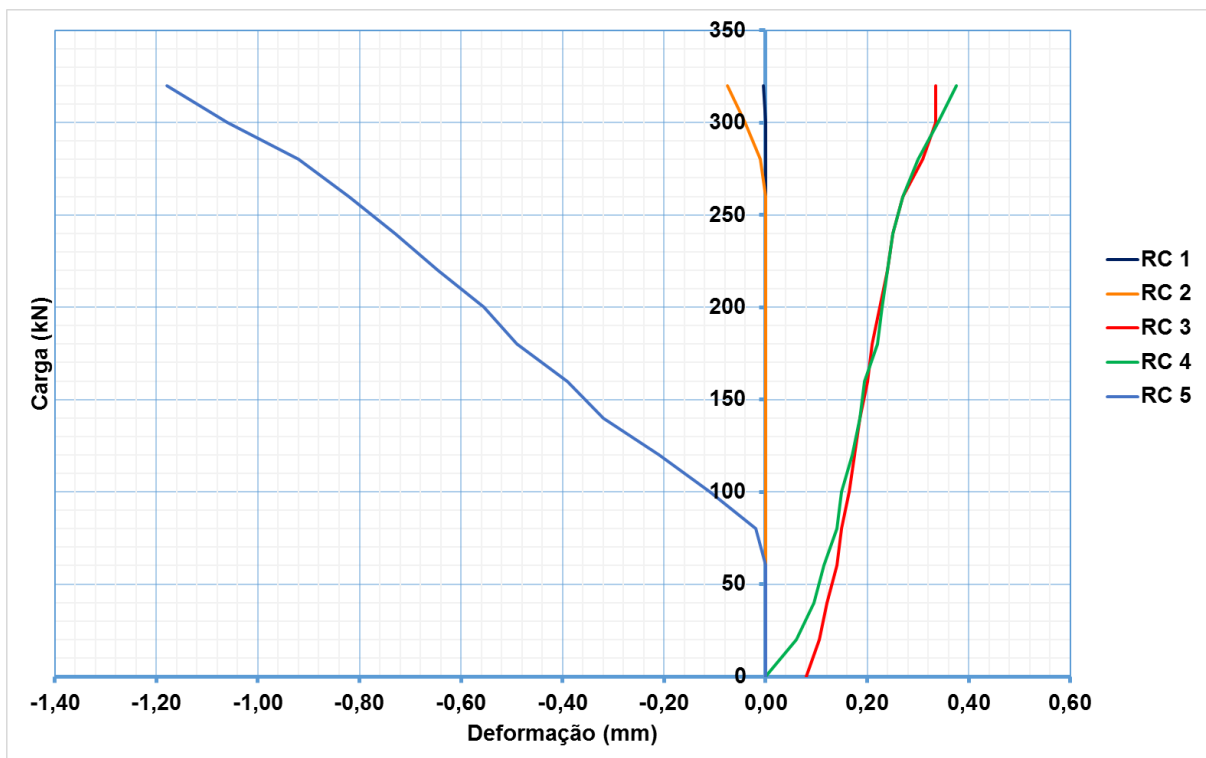


Gráfico 28 - Relógios Comparadores - Parede 11

B. LVDTs

Tanto o LVDTs 2 quanto o 5 apresentaram um alongamento menor que 0,01 mm durante grande parte do ensaio, indicando que inicialmente as alvenarias foram comprimidas sem haver o deslocamento do pilar. Após aproximadamente 11 minutos de ensaio o deslocamento do pilar superou a deformação da alvenaria, tornando os valores de LVDTs positivos (encurtamento).

Nos LVDTs 3 e 5, aproximadamente aos 15 minutos de ensaio, nota-se um salto em suas deformações, possivelmente por causa do surgimento de fissuras na interface com a alvenaria B.

O LVDT 2 apresentou um salto em sua deformação com aproximadamente 17 minutos de ensaio, indicando um possível surgimento de fissuras na interface com a alvenaria A.

Os LVDTs 6 e 8 apresentaram um leve salto com aproximadamente 9 minutos de ensaio, já o LVDT 7 se deformou de maneira constante durante todo o ensaio.

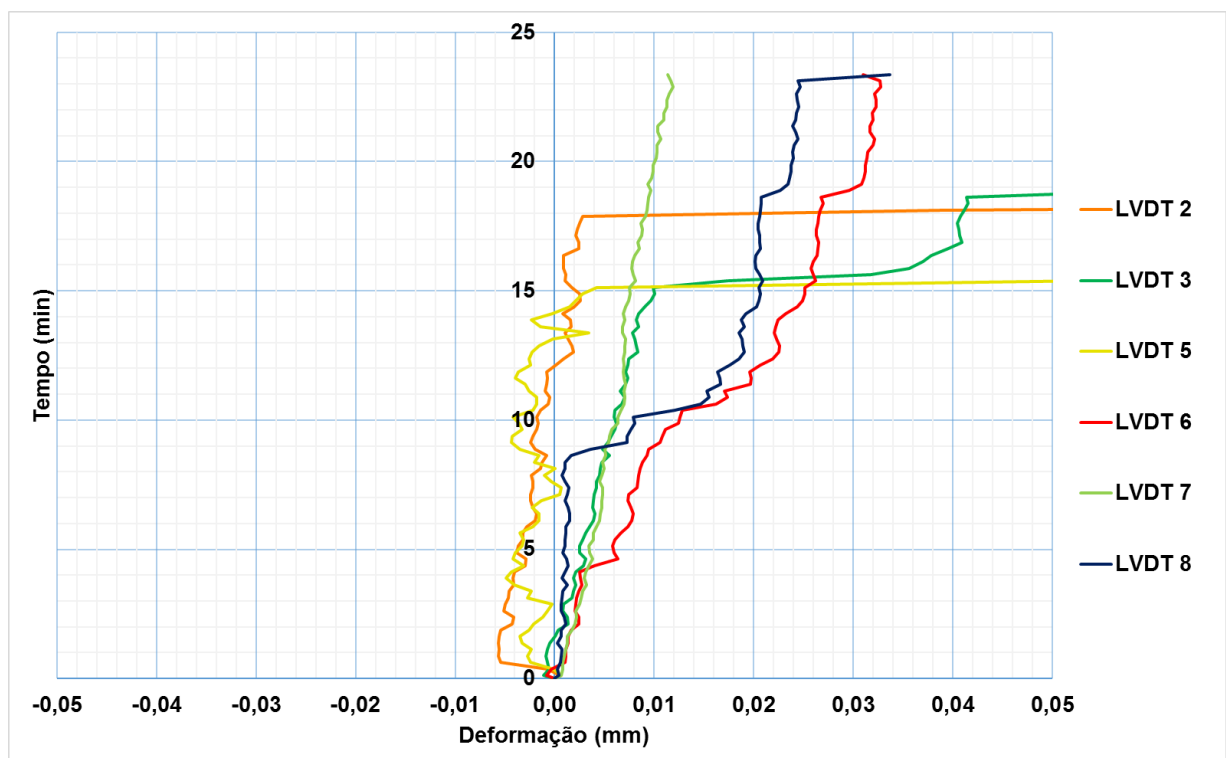


Gráfico 29 - LVDTs - Parede 11

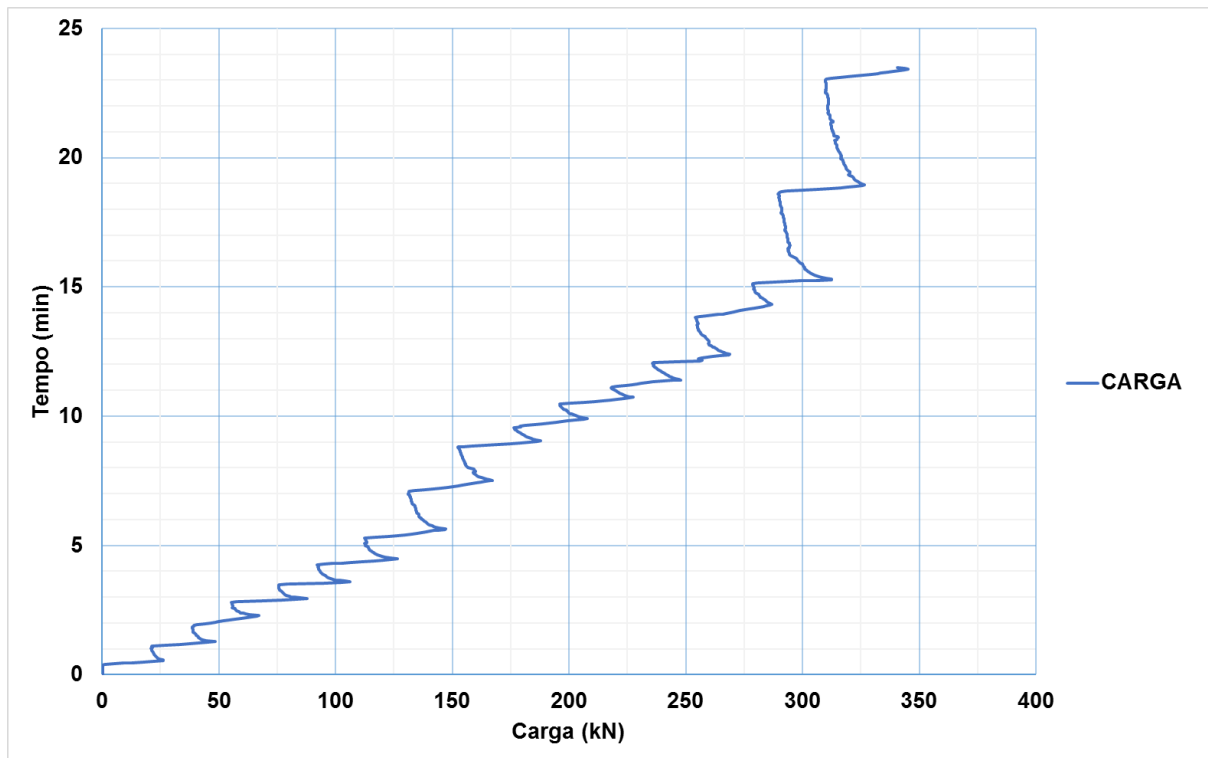


Gráfico 30 - Carga x Tempo - Parede 11

Com a carga de 300 kN, aproximadamente 15 minutos de ensaio, surgiu a primeira fissura na interface com a alvenaria A e B da face sem revestimento do CP, coerente com os saltos de deformação dos LVDTs 3 e 5 nesse instante, e posteriormente no LVDT 2.

Com 320 kN surgiu a primeira fissura no revestimento, na região inferior da interface com a alvenaria B, onde não foi utilizada a tela metálica.

Com a carga de 347 kN, aproximadamente com 23 minutos de ensaio, o CP colapsou apresentando pequenas fissuras no revestimento distribuídas na região central do CP e na interface com a alvenaria B, sem tela.



Figura 39 - CP após ruptura - Parede 11

3.2.11 PAREDE 12

A. RELÓGIOS COMPARADORES

Conforme comportamento das demais paredes, nota-se no gráfico abaixo que tanto RC 1 quanto RC 2 alongaram durante o ensaio, com RC 2 alongando levemente mais que RC 1 indicando que a alvenaria sofreu uma leve flexão, com a parte inferior da alvenaria se deslocando mais horizontalmente, no sentido contrário ao pilar, que a parte superior.

Tanto RC 3 quanto RC 4 apresentaram encurtamentos, com RC 4 encurtando levemente mais que RC 3, indicando que a alvenaria B apresentou maior encurtamento vertical próximo a interface com o pilar quando comparada com a alvenaria A, possivelmente por ter recebido maior carga de compressão uma vez que a geometria do CP e a carga aplicada não foram perfeitamente simétricas.

RC 5, que representa o deslocamento do pilar de concreto, alongou de maneira constante na maior parte do ensaio. Com uma carga de 240 kN notou-se um aumento na velocidade de alongamento. O deslocamento vertical final do pilar foi aproximadamente 1,5 mm.

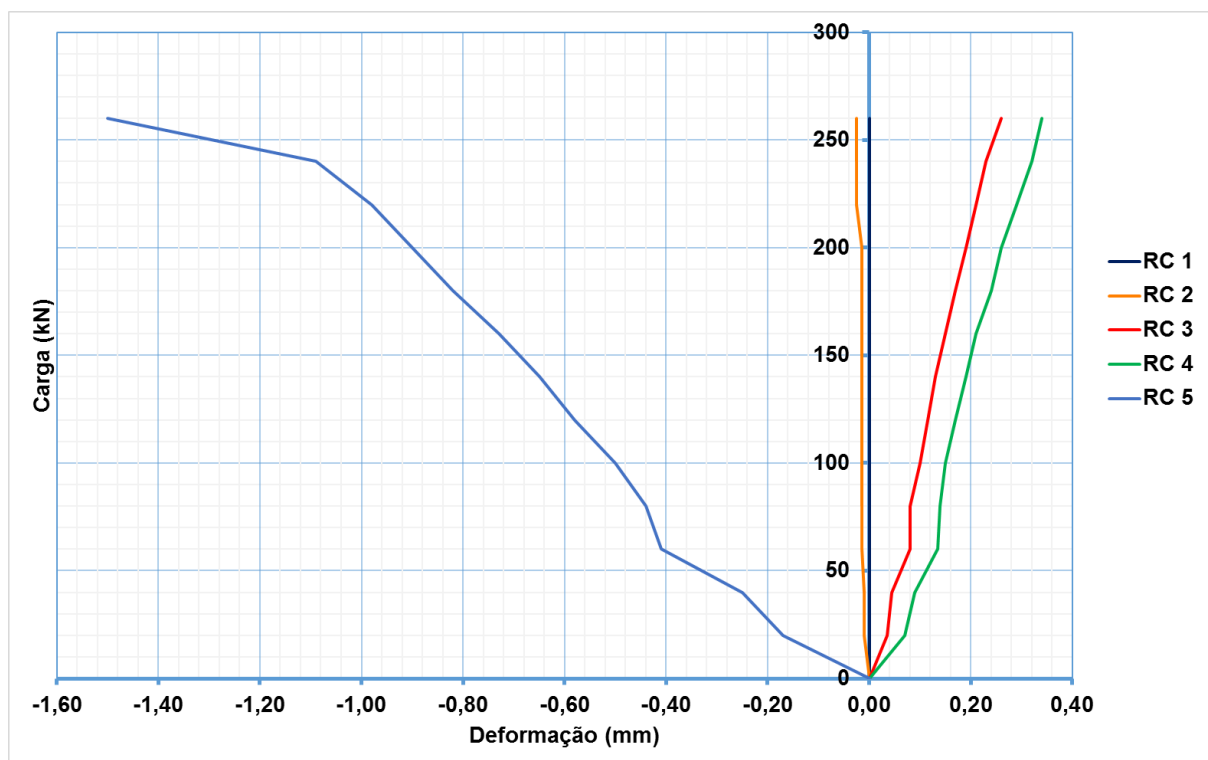


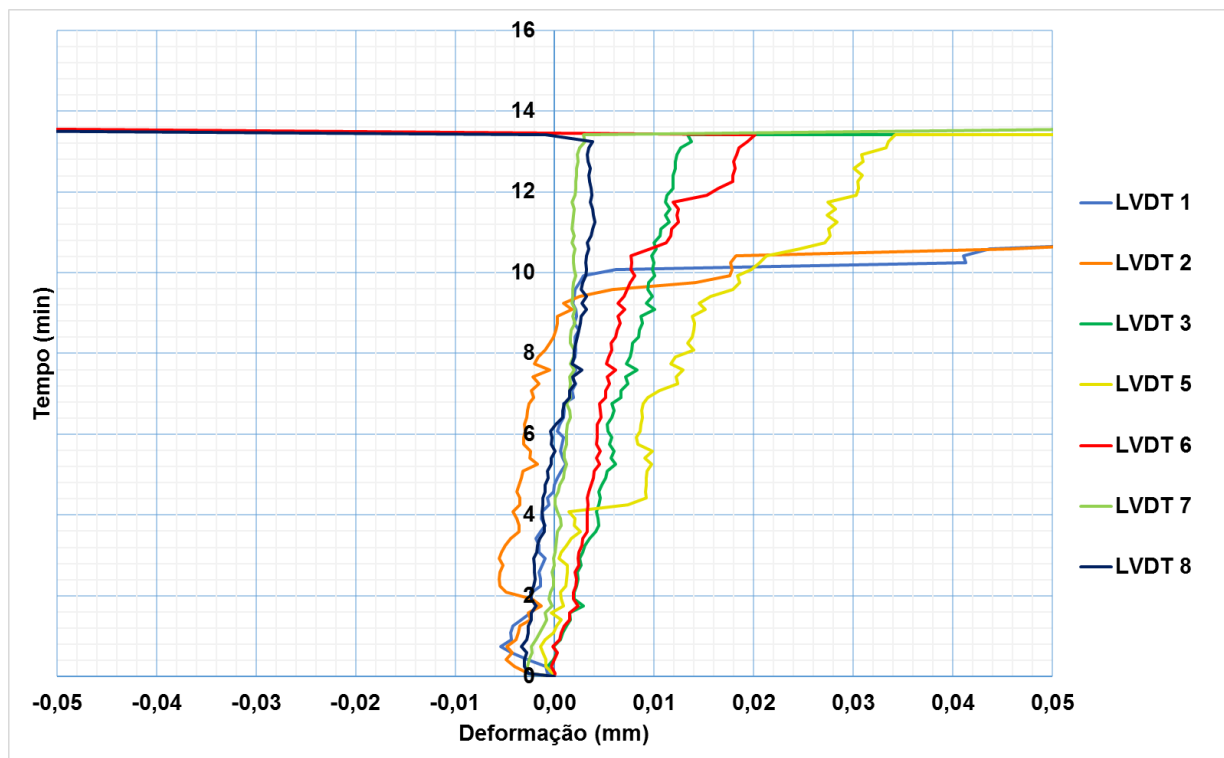
Gráfico 31 - Relógios Comparadores - Parede 12

B. LVDTs

Observa-se no gráfico abaixo que os LVDTs 7 e 8 apresentaram uma deformação com variação constante ao longo de todo o ensaio e menor que 0,01 mm.

Os LVDTs 1 e 2, aproximadamente com 9 minutos de ensaio, apresentaram um salto em suas deformações, possivelmente pelo surgimento de fissuras na interface da alvenaria A com a pilar.

O LVDT 5 apresentou um pequeno salto em sua deformação aos 4 minutos de ensaio, e posteriormente se deformando mais intensamente. Já os LVDTs 3 e 6 se deformaram de maneira constante com valores menores que 0,02 mm no final do ensaio.



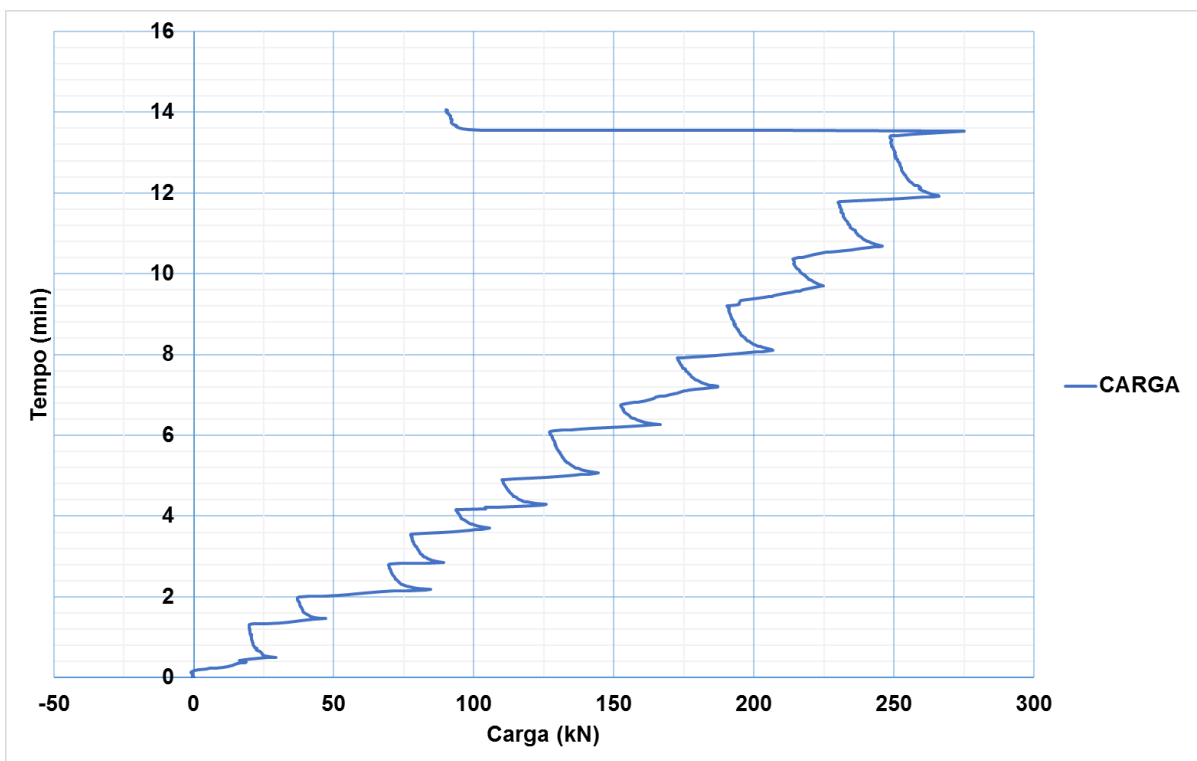


Gráfico 33 - Carga x Tempo - Parede 12

Com a carga de 200 kN, aproximadamente 9 minutos de ensaio, observou-se o surgimento de fissuras na parte inferior da interface com ambas as alvenarias, coerente com os saltos de deformação notados nos LVDTs 1, 2 e 5.

Próximo a ruptura do CP surgiu a primeira fissura no revestimento, na região inferior da interface com a alvenaria A.

Com a carga de 281 kN, aproximadamente com 13,5 minutos de ensaio, o CP colapsou apresentando pequenas fissuras no revestimento distribuídas na região central do CP e na interface com a alvenaria A.



Figura 40 - CP após ruptura - Parede 12

3.2.12 ANALISE COMPARATIVA DAS PAREDES

De maneira geral todas as paredes apresentaram uma leve flexão, observada pela maior deformação de RC 2 quando comparada com RC 1. O fato de RC 2, posicionado horizontalmente na parte inferior do CP, ter alongado mais que RC 1, posicionado horizontalmente na parte superior do CP, indica que as alvenarias rotacionaram levemente no sentido do centro do CP devido a flexão.

Essa rotação era esperada uma vez que a configuração do CP era similar a uma viga biapoiada, com uma carga central no meio do vão. A carga aplicada no centro do CP tende a fazer os apoios (alvenarias) rotacionarem. Com o objetivo de minimizar esse movimento, as alvenarias foram protendidas para enrijece-las, desse modo aguentariam um maior momento sem sofrer rotação significativa. A magnitude dos resultados de RC 1 e RC 2 indicaram que a protensão foi suficiente para evitar uma rotação excessiva das alvenarias que poderiam prejudicar o ensaio.

Analisando os resultados de RC 3 e RC 4, nota-se que na maioria dos CPs RC 4 apresentou uma deformação levemente maior que RC 3. Considerando que a geometria do CP não era perfeitamente simétrica e que a carga não foi aplicada perfeitamente centralizada, era esperado esse pequeno desequilíbrio nas cargas transmitidas para as alvenarias que apoiavam o pilar. A pequena diferença de deformações entre RC 3 e RC 4 foram dentro do esperado, não prejudicando os resultados dos ensaios.

Na análise dos LVDTs foi possível identificar o momento do surgimento das fissuras na maioria dos CPs ensaiados. Observa-se nos gráficos dos LVDTs, a ocorrência de saltos de deformações no exato momento em que foi observado o surgimento das fissuras na interface entre pilar e alvenaria. O surgimento da fissura foi uma consequência da ruptura da aderência entre a alvenaria e o pilar de concreto nessa região, aliviando as tensões e permitindo que esses elementos se deformassem.

A. PAREDES SEM USO DE TELA METÁLICA

Os resultados dos ensaios dos CPs onde não foram utilizadas as telas metálicas no lado revestido estão resumidos na tabela abaixo.

Tabela 6 - Resumo dos resultados do ensaio de compressão das paredes sem tela metálica

SEM TELA METÁLICA	SURGIMENTO DA FISSURA DURANTE O ENSAIO						RUPTURA								
	LADO SEM REVESTIMENTO			LADO REVESTIDO			CARGA (kN)	FISSURA NO LADO REVESTIDO NA RUPTURA		DEFORMAÇÕES (mm)					
	CARGA (kN)		% CARGA RUPTURA	CARGA (kN)		% CARGA RUPTURA		LADO A	LADO B	RC1	RC2	RC3	RC4	RC5	
	LADO A	LADO B		LADO A	LADO B										
2	120	120	67%	NÃO FISSUROU	NÃO FISSUROU	-	178	SIM	SIM	0,000	-0,220	0,180	0,335	-1,140	
4	NÃO FISSUROU	200	83%	NÃO FISSUROU	220	92%	240	SIM	SIM	-0,050	-0,180	0,180	0,250	-5,150	
6	200	200	96%	NÃO FISSUROU	NÃO FISSUROU	-	209	SIM	SIM	-0,010	-0,100	0,260	0,260	-0,320	
8	220	220	88%	NÃO FISSUROU	NÃO FISSUROU	-	249	SIM	SIM	-0,290	-0,530	0,480	0,220	-1,550	
10	NÃO FISSUROU	100	42%	238	NÃO FISSUROU	100%	239	SIM	NÃO	-0,050	-0,035	0,155	0,260	-1,610	
12	200	200	71%	280	NÃO FISSUROU	100%	281	SIM	NÃO	0,000	0,025	0,260	0,340	-1,500	
MÉDIA	185	173	75%	259	220	97%	233			-0,067	-0,173	0,253	0,278	-1,878	

Nota-se que na média foi necessária uma carga de aproximadamente 75% da carga de ruptura do CP para ocasionar o surgimento de fissuras na interface entre alvenaria e pilar. Essa fissura se propagou para a superfície do revestimento em metade das paredes (4, 10 e 12) com uma carga já bem próxima a ruptura do CP, tanto na interface com a alvenaria A quanto com a alvenaria B.

A carga de ruptura média das paredes sem uso de tela metálica foi de 233 kN, com um deslocamento médio do pilar de concreto cerca de 1,88 mm, medido pelo RC 5. Durante a ruptura todos os corpos de prova apresentaram fissuras no lado revestido, em geral na região central do pilar.

B. PAREDES COM USO DE TELA METÁLICA

Segue na tabela X os resultados dos ensaios dos CPs que utilizaram a tela metálica como reforço do revestimento argamassado em uma das interfaces entre alvenaria e pilar de concreto.

Tabela 7 - Resumo dos resultados do ensaio de compressão das paredes com tela metálica

COM TELA METÁLICA	SURGIMENTO DA FISSURA DURANTE O ENSAIO						RUPTURA								
	LADO SEM REVESTIMENTO			LADO REVESTIDO			CARGA (kN)	FISSURA NO LADO REVESTIDO NA RUPTURA		DEFORMAÇÕES (mm)					
	CARGA (kN)		% CARGA RUPTURA	CARGA (kN)		% CARGA RUPTURA		LADO A (TELA)	LADO B	RC1	RC2	RC3	RC4	RC5	
	LADO A	LADO B		LADO A (TELA)	LADO B										
3	NÃO FISSUROU	160	66%	NÃO FISSUROU	210	87%	241	NÃO	SIM	-0,060	-0,250	0,285	0,320	-1,060	
5	220	220	88%	NÃO FISSUROU	NÃO FISSUROU	-	249	SIM	SIM	-0,025	-0,240	0,185	0,240	-1,200	
7	210	210	70%	NÃO FISSUROU	297	100%	298	NÃO	SIM	-0,150	-0,460	0,330	0,360	-0,990	
9	363	363	100%	NÃO FISSUROU	363	100%	364	NÃO	SIM	-0,120	-0,205	0,250	0,265	-1,160	
11	300	300	86%	NÃO FISSUROU	320	92%	347	NÃO	SIM	-0,005	-0,075	0,335	0,375	-1,180	
MÉDIA	273	251	82%	NÃO FISSUROU	298	95%	300			-0,072	-0,246	0,277	0,312	-1,118	

Na média foi necessária uma carga de aproximadamente 82% para surgimento das fissuras na interface entre alvenaria e pilar de concreto, valor semelhante ao obtido nas paredes que não utilizaram a tela metálica.

A superfície do revestimento fissurou em 4 paredes antes da ruptura do CP, sempre no lado onde a tela metálica não foi utilizada (interface com a alvenaria B) com uma carga próxima da ruptura do CP.

A carga de ruptura média foi de 300 kN, com um deslocamento médio do pilar de concreto em torno de 1,12 mm. Comparando esses valores com o grupo de paredes que não utilizaram a tela metálica, a presença da tela metálica parece que enrijeceu a alvenaria A provocando o aumento da carga de ruptura do CP e uma redução no deslocamento do pilar.

Na ruptura do CP observou-se que em todas as paredes houve o surgimento de fissuras na superfície do revestimento, porém diferente do grupo de paredes sem tela, a fissura surgiu na região de interface entre a alvenaria B e pilar de concreto, local onde não havia sido utilizada a tela metálica. Apenas na parede 5 notou-se o surgimento de uma pequena fissura na interface com a alvenaria A (com tela metálica) que não se propagou em toda interface.

4. CONCLUSÕES

Com relação ao estudo de campo, o fato de não ter sido observado fissuras no revestimento em nenhuma das obras visitadas, tanto nas obras concluídas quanto nas obras em execução pode ser explicado por dois motivos.

A tela metálica foi suficiente para absorver as fissuras provenientes da interface alvenaria-estrutura ou a movimentação estrutural não gerou tensões suficientes para gerar fissuras que pudessem solicitar as telas metálicas. Esse item pode ser influenciado tanto pela execução cuidadosa das alvenarias de vedação e do próprio revestimento de fachada.

No estudo experimental, observou-se nos ensaios de compressão dos corpos de prova que o processo de ruptura do CP ocorria da seguinte maneira. Inicialmente ao se aplicar uma carga no pilar, as alvenarias que serviam de apoio eram comprimidas, se deformando.

Com a aplicação crescente da carga, as alvenarias não conseguiam mais absorver essas tensões, originando tensões na ligação entre alvenaria e pilar. Quando essa solicitação superava a resistência ao cisalhamento da argamassa entre alvenaria e pilar, essa interface começava a romper, normalmente iniciando o surgimento de uma fissura na parte ponta. Esse fenômeno foi notado em todos os CPs através da observação do surgimento de fissuras na face sem revestimento, durante o ensaio, conforme Figuras 46 e 47.



Figura 41 - Surgimento da fissura



Figura 42 - Surgimento da fissura

Com o aumento da carga, o deslocamento diferencial entre alvenaria e pilar aumentava e a fissura se propagava para toda a interface até haver um rompimento total da aderência entre pilar e alvenaria.



Figura 43 - Ruptura da interface entre alvenaria e pilar de concreto



Figura 44 - Ruptura da interface entre alvenaria e pilar de concreto

Na medida que a fissura se propagava, o revestimento aplicado em uma das faces do CP também era solicitado originando fissuras na superfície interna do revestimento nas regiões próximas de onde a fissura entre alvenaria e pilar estavam mais avançadas.

Com o acréscimo de carga a fissura interna do revestimento, inicialmente na região próxima as interfaces entre alvenaria e pilar, se propagava para a região mais falha do emboço, normalmente a frente do pilar onde a aderência entre o revestimento e a base eram menores.

Nos CPs sem tela metálica, a fissura se propagou ao longo da espessura do revestimento e na maioria das vezes surgiu na superfície externa do revestimento, na região central do pilar, uma vez que era a região mais falha do revestimento



Figura 45 - CP 2 após ruptura

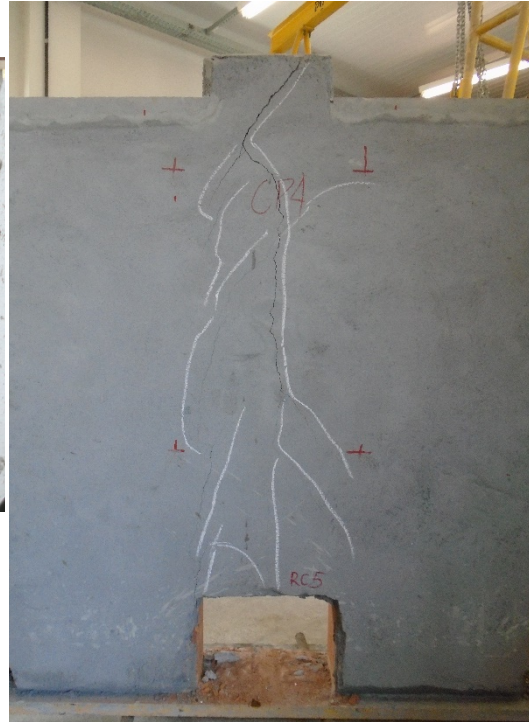




Figura 49 - CP 10 após ruptura



Já nos CPs com a presença da tela metálica posicionada na metade da espessura do revestimento e na frente da interface entre alvenaria A e pilar de concreto, a fissura no revestimento se originava na mesma região dos demais CPs (na superfície interna do revestimento próximo as regiões de interface entre alvenaria e pilar metálico). No entanto, **ao tentar se propagar para a superfície externa do revestimento a fissura é impedida pela tela metálica, forçando-a a deslocar-se até uma região sem reforço ou dissipar-se.**

Esse comportamento pode ser observado nas figuras, na Figura 57 que mostra o surgimento da fissura na superfície do revestimento na região de interface entre alvenaria e pilar onde não se utilizou a tela metálica após a ruptura do CP. Já na Figura 58, uma parte do emboço foi retirada para entender o caminho que a fissura percorreu para chegar na superfície do revestimento. Nota-se que na interface entre alvenaria B e pilar, onde havia a tela metálica, também fissurou, no entanto a fissura se propagou para o revestimento e ao atingir a tela metálica correu no sentido de contornar a tela, não fissurando a face do revestimento nessa região.



Figura 51 - Fissura no revestimento após a ruptura

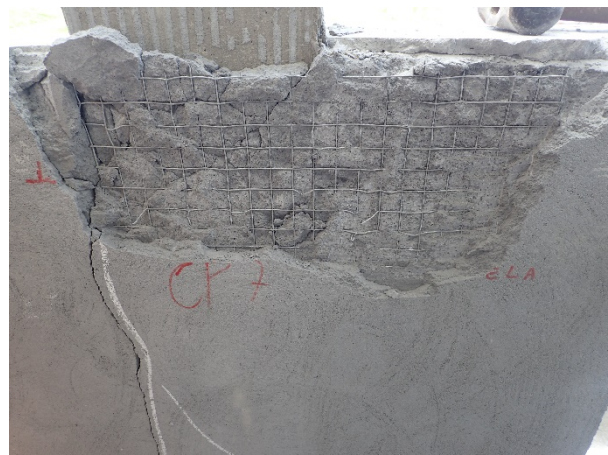


Figura 52 - Fissura interna contornando a tela metálica



Figura 53 - Fissura interna contornando a tela metálica

Por esse motivo, diferente dos CPs sem uso da tela, em todos os CPs com tela a fissura na ruptura surgia primeiro na região da interface entre alvenaria B e pilar de concreto (sem tela), uma vez que era a interface mais frágil. Mesmo as fissuras da interface com tela tendiam a se propagar para a superfície externa do revestimento posicionado na interface sem tela, pois a tela cobria quase toda largura do pilar.



Figura 55 - CP 5 após a ruptura



Figura 56 - CP 7 após a ruptura



Figura 57 - CP 9 após a ruptura



Figura 58 - CP 11 após a ruptura

Quando finalmente a fissura conseguia atingir a superfície externa do revestimento e se propagar na vertical por toda extensão do revestimento, o CP colapsava pois, o emboço era a última camada resistente do CP.

Além do efeito de impedir a propagação da fissura para a superfície externa do revestimento, os resultados dos ensaios de compressão dos CPs indicaram que **a presença da tela metálica provocou um aumento da capacidade de carga do conjunto**. Observa-se claramente no Gráfico 34 que as paredes que tiveram a tela metálica instalada no revestimento na interface entre a alvenaria A e o pilar de concreto (em vermelho) obtiveram maiores cargas de rupturas e para uma mesma carga o pilar de deslocou menos. Isso ocorreu porque o revestimento atuou como uma placa e a presença da tela metálica enrijeceu a região aderida na interface entre alvenaria e pilar.

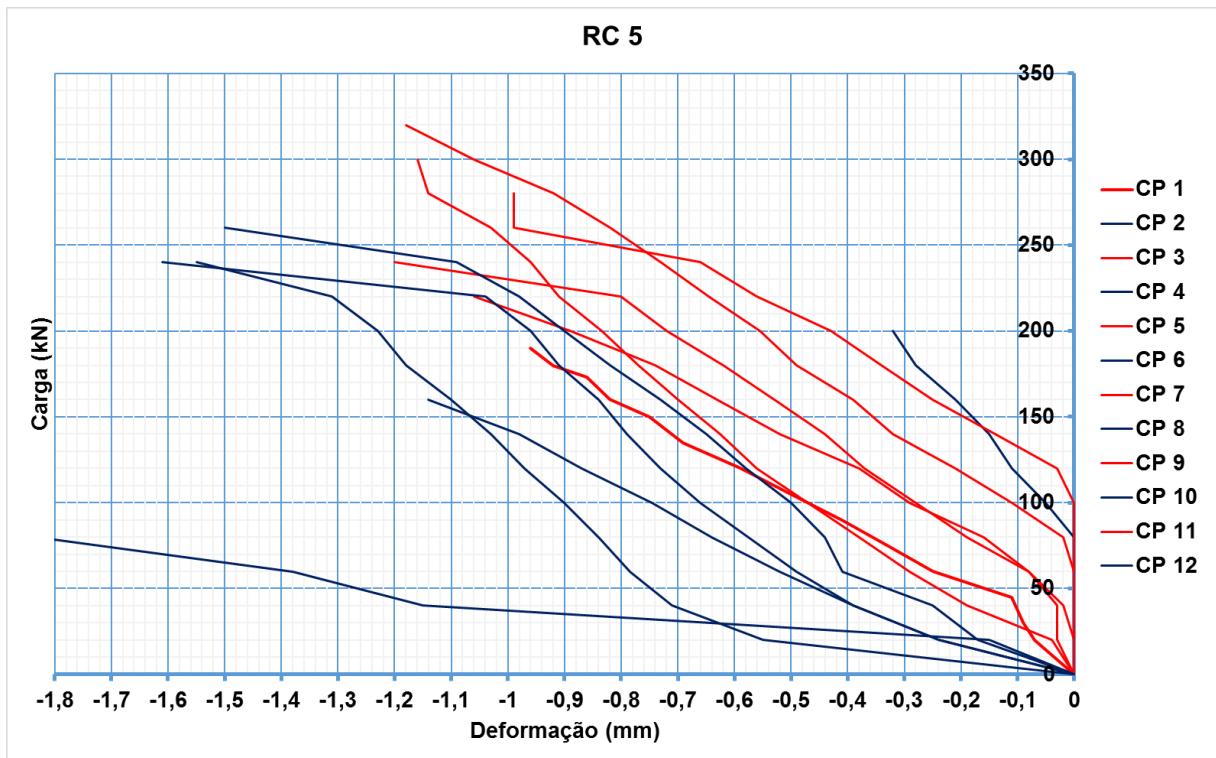


Gráfico 34 - Relógio comparador 5 para todos os CPs

Portanto, a presença da tela reduziu o deslocamento diferencial entre alvenaria e pilar, controlando a abertura da fissura e evitando que a mesma se propagasse para a superfície do revestimento. Para grandes deslocamentos, como durante a ruptura do CP, a fissura se propagou na camada de revestimento atrás da tela metálica, até encontrar a região sem tela onde finalmente correu para a superfície do revestimento.

Os deslocamentos do pilar de concreto medidos por RC 5 estão na mesma ordem de grandeza da deformação esperada para um pilar de um edifício de múltiplos pavimentos. Em média, RC 5 se deformou 1,1 mm nas paredes com tela metálica. Considerando que o pilar tinha 1,2 metros, a deformação da aproximadamente 0,92 mm/m.

Considerando que o encurtamento máximo de um pilar em um edifício de 20 andares pode chegar a 60 mm como observa [GRAZIANO \(2012\)](#) e sua altura seja de 64 metros, chegamos a uma deformação de 0,94 mm/m, valor bem próximo ao obtidos nos CPs ensaiados. Essa ordem de grandeza está coerente com o [ARTIGOX](#), onde

5. BIBLIOGRAFIA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Projeto de estruturas de concreto – Procedimento – NBR 6118**. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Arame de aço de baixo teor de carbono, zincado, para uso geral – Especificação – NBR 6331**. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Procedimento – NBR 7200**. Rio de Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Concreto e argamassa – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos – NBR 7222**. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Tela de arame de aço zincado de baixo teor de carbono, com malha hexagonal – Requisitos – NBR 10122**. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação do índice de consistência – NBR 13276**. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da retenção de água – NBR 13277**. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado – NBR 13278**. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão – NBR 13279**. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido – NBR 13280**. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos –Requisitos – NBR 13281.** Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Determinação da resistência de aderência à tração – NBR 13528.** Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Terminologia – NBR 13529.** Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Especificação – NBR 13749.** Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Componentes cerâmicos - Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação – Terminologia e requisitos – NBR 15270-1.** Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Alvenaria estrutural – Blocos cerâmicos – Parte 1: Projetos – NBR 15812-1.** Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Alvenaria estrutural – Blocos cerâmicos – Parte 2: Execução e controle de obras – NBR 15812-2.** Rio de Janeiro, 2010.

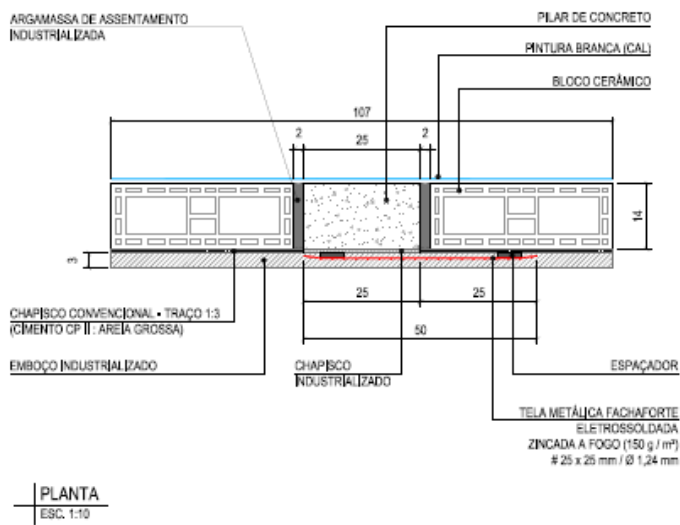
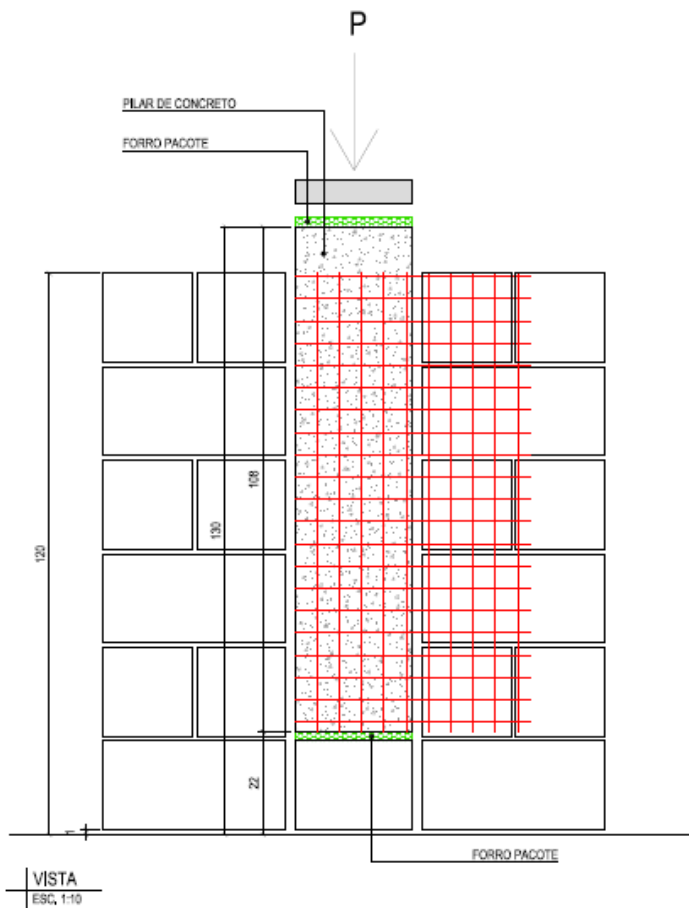
FIORITO, A.J.S.I. **Manual de argamassas e revestimentos: estudos e procedimentos de execução.** São Paulo: PINI, 1994.

JUNGINGER, M. et al. **Telas de reforço para revestimento de fachada: eficácia no controle de fissuras de origem estrutural.** In: CONCRETESHOW, 10., 2016, São Paulo: CONSITRA, 2016. 47 p.

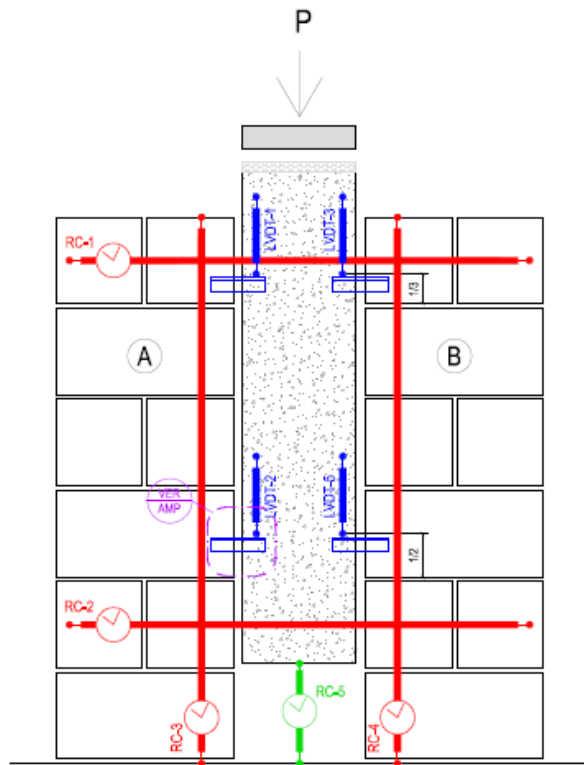
MEDEIROS, J. S. **Tecnologia e projeto de revestimentos cerâmicos de fachadas de edifícios.** 1999. 458 p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 1999.

6. ANEXOS

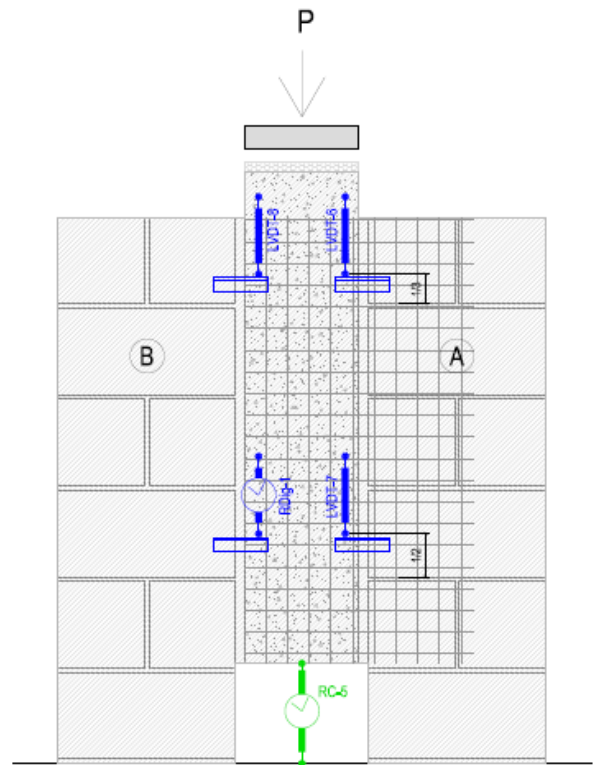
C. DESENHO DE CONCEPÇÃO DOS CPs



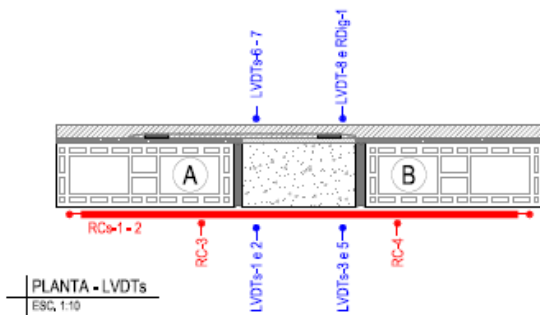
D. POSICIONAMENTO DOS EQUIPAMENTOS DE MEDIÇÃO NOS CPs



FACE SEM REVESTIMENTO - VISTA
ESC. 1:10



FACE COM REVESTIMENTO - VISTA
ESC. 1:10






PLANTA - LVDTs
ESC. 1:10



AMPLIAÇÃO - FIXAÇÃO DO LVDT
ESC. 1:5

LEGENDA

- 
 LVDTs 1 a 7 e RELÓGIO DIGITAL 1:
 POSICIONADOS EM **AMBAS** AS FACES (4 EM CADA FACE)
 MEDIR CISALHAMENTO ENTRE ALVENARIA E PILAR
- 
 RELÓGIOS COMPARADORES 1 A 4:
 POSICIONADOS NA FACE **SEM** REVESTIMENTO
 MEDIR DESLOCAMENTO DA ALVENARIA
- 
 RELÓGIO COMPARADOR 5: MEDIR DESLOCAMENTO DO PILAR

E. PROCEDIMENTO EXECUTIVO DOS CPS

F. RELATÓRIO ENSAIOS UFSCAR