

ANÁLISE DAS TENSÕES NOS ENCONTROS DE PAREDES DE CONCRETO ARMADO MOLDADOS NO LOCAL¹

Sílvio Maurício Beck²; Bibiane Batista da Silva³; Laura Alpe Coppetti⁴.

¹ Trabajo de Investigación, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões URI, Campus Santo Ângelo, RS/Brasil.

² Engenheiro Civil, Professor Me. no Curso de Engenharia Civil, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões URI, Campus Santo Ângelo, RS/Brasil. beck.sm@hotmail.com

³ Graduada em Engenharia Civil pela Universidade Regional e Integrada do Alto Uruguai e das Missões URI, Campus Santo Ângelo,

⁴ Acadêmica de Engenharia Civil pela Universidade Regional e Integrada do Alto Uruguai e das Missões URI, Campus Santo Ângelo, laura-alpe@hotmail.com

Resumen

Baseado na NBR 16055(2012) este trabalho tem como propósito a análise de tensões em três encontros de paredes de concreto moldadas no local, visando a complementação desta norma para fins de estudos. Para a realização do mesmo foram realizadas revisões bibliográficas do método construtivo de paredes de concreto armado e conhecimento dos esforços que nelas atuam. Após esta revisão será um projeto arquitetônico do prédio no qual serão realizados os estudos e os encontros a serem analisadas, estes sendo encontro em L, T e +. Serão feitas as modelagens das paredes no software ANSYS e com isso, analisadas as tensões de tração, compressão, cisalhamento e deformação total, considerando inicialmente carregamentos verticais e em uma segunda análise a ação simultânea dos esforços verticais e horizontais, ambas foram analisadas criticamente com as tensões limites que a NBR 16055(2012) determina.

Palabras Clave: *Tensões – Esforços – Encontros de Parede de Concreto*

Introducción

Visando obras com um conceito de durabilidade, velocidade e segurança estrutural é necessário ir além de padrões técnicos utilizados aplicando métodos construtivos que supram todas essas necessidades; sendo um deles o sistema de construção de paredes de concreto armado moldadas no local.

Devido a implantação deste sistema construtivo foi necessário estudo mais aprofundado do caso, surgindo em 2012 a NBR 16055 – Paredes de concreto moldado no local para construções de edificações - requisitos e procedimentos, para solucionar algumas questões, mas ainda há uma grande necessidade de estudos e análises no que diz respeito a este sistema construtivo. Este sistema abre um amplo leque de vantagens para as construções, mas o surgimento de patologias em encontros de paredes é algo que não podemos deixar de lado, por este motivo o trabalho proposto busca aprofundar o conhecimento, analisando o comportamento das tensões de tração, compressão, cisalhamento e deformação total, nesses encontros de paredes de concreto armado moldadas in loco de um prédio de 5 pavimentos já existente.

A pesquisa tem por objetivo estudar a análise das tensões nos encontros de paredes de concreto moldadas no local, sujeitos a carregamentos verticais e horizontais. O modelo

deve fornecer resultados práticos e satisfatórios para uma possível continuação de estudo na área de fissuras e soluções de problemas.

A análise inicial foi sobre ações que produzem efeitos significativos na estrutura nos três diferentes encontros de paredes (tipo T, L e +), já a segunda análise consiste em identificar de que maneiras as tensões causadas por tais esforços atuantes se comportam nos encontros de paredes da estrutura

A NBR 16055 foi um apoio aos engenheiros que iniciaram a utilização deste sistema construtivo, mas não foi possível solucionar todos os problemas existentes, como por exemplo, o aparecimento de fissuras nos encontros de paredes mesmo sendo construídas com as armaduras e reforços indicados pela norma. Visando esta necessidade de complementação da norma, este trabalho fará uma análise das tensões nos encontros das paredes de concreto e será base para futuros estudos na área de tensões para o referido sistema construtivo.

Sistema Construtivo

As paredes de concreto é um sistema indicado para obras que requerem uma velocidade de execução e obras de alta repetitividade como edifícios residenciais. A NBR 16055:2012 explica que todas as paredes de cada ciclo da edificação são moldadas em uma única etapa de concretagem, possibilitando a colocação das esperas de tubulações ou eletrodutos, vãos para portas e janelas, elementos para fixação da cobertura, entre outros.

Explica-se também que as instalações com maior diâmetro não são embutidas na parede, mas sim alojadas em shafts, previamente deixados nas paredes, como aberturas. Caso a decisão seja embutir a tubulação na parede, esta deve ser estabelecida pelo projetista estrutural.

Considerações de Projeto

Deve-se levar em conta o trabalho das paredes em um todo, para assim poder saber como estará trabalhando em conjunto com as demais e como se comportam com as cargas aplicadas. Estas cargas podem atuar nesta parede tanto horizontal como vertical sendo ocasionadas pela ação do vento, por desaprumo ou provenientes do peso próprio da estrutura, além de cargas acidentais (dissertação Marcelle Ribeiro).

De acordo com a NBR 6120/1980 (Associação Brasileira de Normas Técnicas “[...] o carregamento vertical das paredes deve considerar todas as cargas atuantes sobre ela.” A Associação Brasileira de Cimento Portland (2008) acrescenta ainda que as cargas atuam no plano médio das paredes de concreto e estas devem ser calculadas como estruturas de casca plana, podendo seus esforços característicos ser obtidos no regime elástico.

Há uma vasta gama de modelos para realizar a análise estrutural e o dimensionamento de paredes estruturais, sendo eles modelos de bielas e tirantes, analogias de treliça, o uso de elementos finitos lineares ou planos e os modelos de barras equivalentes.

Armaduras

Segundo a Associação Brasileira de Cimento Portland (2008), as paredes devem ser construídas monoliticamente e com armaduras de ligação, seja ligando parede com laje ou parede com parede – objeto em estudo. As armaduras são classificadas em armadura

principal (vertical) e armadura secundária (horizontal), podendo ainda possuir armaduras transversais quando necessárias.

Referente a NBR 16055/2012 a armadura vertical mínima obtidas com o aço CA-60, deve corresponder a 0,09% da seção de concreto. Porém para construção de até dois pavimentos permite utilizar a armadura mínima de 66% deste valor.

De acordo com a NBR 16055/2012, a armadura horizontal mínima deve corresponder a 0,15% da seção de concreto. Para paredes externas de até 6 metros de comprimento horizontal entre juntas de controles ou em paredes internas de qualquer comprimento, permite utilizar a armadura mínima de 60% destes valores. Porém para construção de até dois pavimentos permite utilizar a armadura mínima de 40% destes valores.

Em relação a NBR 16055/2012 armadura de ligação nos cruzamentos de paredes deve obedecer ao mínimo estabelecido nas armaduras horizontais. Nas continuidades de paredes entre pavimentos devem ser obedecidos às exigências mínimas nas armaduras verticais.

Quando há necessidade de armaduras duplas, em ambas as faces, para espessuras de paredes menores que 15 cm recomenda-se o uso da armadura mínima vertical em cada uma das faces, para espessuras superiores ou iguais a 15 cm permite a utilização de 0,67 dessa armadura em cada face. Já para as armaduras horizontais a armadura mínima permanece a mesma. O espaçamento máximo entre as barras de aço tanto as verticais como as horizontais não pode ser maior que duas vezes a espessura da parede, sendo de no máximo 30 cm.

As paredes de concreto têm a opção de ser colocada apenas uma tela soldada colocada longitudinalmente e próximo ao centro geométrico da seção horizontal da parede, com a ajuda de espaçadores, como ilustrado na Figura 10. Necessitando armadura nas duas faces quando a espessura da parede for maior que 15 cm, em parede no andar térreo quando sujeita a choques de veículos e paredes que engastam marquises e terraço em balanço.

Reforços

Sempre que as bordas das paredes estiverem livres prescreve-se a necessidade de armadura horizontal no mínimo de 0,5 cm² em toda sua extensão e com espaçamento mínimo de o dobro da espessura da parede. Todas as aberturas com dimensão maior que 40 cm necessitam de armadura horizontais tanto em sua face superior quanto inferior, respeitando o mínimo de 0,5 cm² em cada face, com comprimento que ultrapasse o limite da lateral da abertura, no mínimo o comprimento de ancoragem de ¼ do vão horizontal da abertura. (NBR16055/2012). Segundo a ABCP 2008, há necessidade de juntas em paredes contidas em um único plano, com distanciamento de 6 metros para paredes externas e 8 metros paredes internas. Podendo estas serem pré-fabricadas ou serradas.

Software para Dimensionamento – ANSYS

O ANSYS é um *software* de elementos finitos que utilizado em diversos problemas de engenharia (ANSYS, [29] 1998). O ANSYS inclui habilidades para resolver sete tipos de análises estruturais disponíveis. Os primeiros parâmetros desconhecidos calculados em uma análise de estruturas são deslocamentos e rotações. Outras quantidades, como deformações, tensões e força de reação, são derivadas então dos deslocamentos nodais. Análises estruturais estão disponíveis apenas nos programas ANSYS/Multiphysics,

ANSYS/Mechanical, ANSYS/Structural, e ANSYS/Professional.

Metodología

Levando em consideração a necessidade de estudos do sistema construtivo de paredes de concreto armado, este trabalho analisa as interações entre as paredes em seus encontros podendo evitar patologias como fissurações

Características da Edificação

A edificação a ser analisada foi o prédio Residencial San Inácio de cinco pavimentos, com quatro apartamentos tipo por andar, representado na Figura 01. O público alvo do empreendimento era de Classe média baixa. O prédio em questão refere-se a uma estrutura construída com o sistema construtivo de paredes de concreto armado moldados no local, com paredes de 10 cm de espessura e lajes maciças com a mesma espessura das paredes de 10 cm. Todo o tipo será revestido com piso cerâmico. Cada apartamento é composto de sala estar/jantar, cozinha/lavanderia, banheiro, e dois dormitórios, com área total útil de 40,24 m² e área total construída de 44,30 m² e pé direito de 2,70 metros.

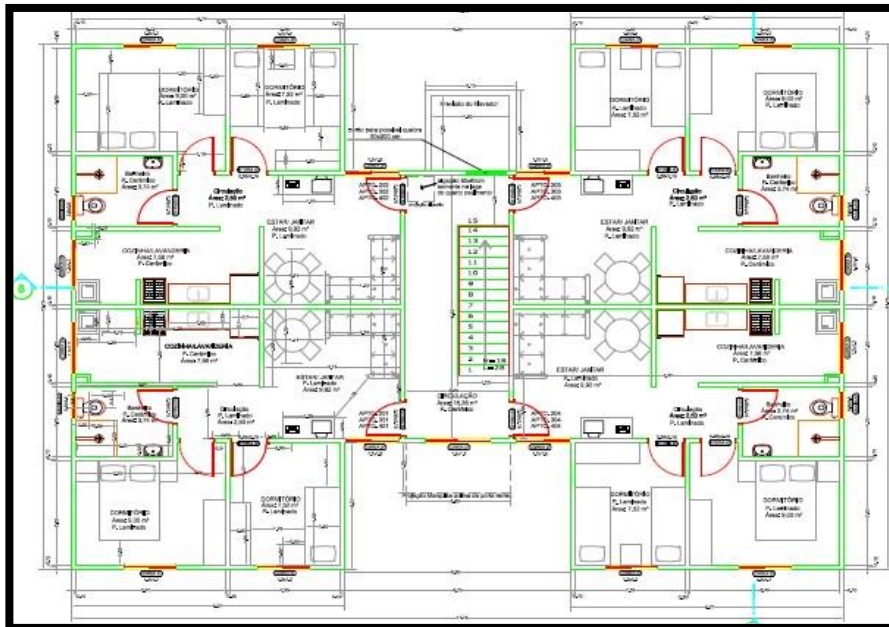


Figura 01: Planta Baixa Residencial San Inácio. Fonte: Construtora Leal.

Critérios de Projeto

Para determinar os carregamentos é preciso definir os critérios de projeto a serem utilizados: Cargas Verticais, Fck do concreto de 25MPa, aço utilizado CA50, peso específico do concreto de 25 KN/m³, modo de cálculo das lajes com linhas de ruptura, peso próprio da laje considerada como carga acidental de 1,5 KN/m², piso +reboco de 1,0 N/m². Para as cargas horizontais – Vento na direção X e Y: Coeficiente de arrasto conforme a NBR 6123/1988, Vo com velocidade básica do vento de 30 m/s NBR 6123/1988. Fator topográfico (S1) considerado terreno plano igual a 1; rugosidade do terreno (S2) categoria IV – Classe B (10-15m);- b = 0,85; Fr = 0,98 (em relação a classe II); - P = 0,125; Z = altura (m); S3: grau de segurança e vida útil da edificação – residencial = 1.

Paredes a serem analisadas

Será realizada a modelagem do prédio no software ANSYS e adicionado os carregamentos verticais para que posteriormente possa-se analisar o comportamento das tensões geradas por tais carregamentos, nos encontros de paredes. Em outra modelagem será adicionado ainda os carregamentos horizontais, para obter uma análise das tensões considerando o efeito do vento. Ambas as análises serão realizadas sobre o primeiro pavimento para que se tenha na pior hipótese de cargas e analisando os três possíveis encontros de paredes: 1° - Encontro em T 2° - Encontro em L 3° - Encontro em +. Para a determinação dos carregamentos verticais há a necessidade de enumerar as paredes e lajes. Esta numeração está ilustrado na Figura 02, na mesma estão a identificação e as medidas das paredes em estudo. Os carregamentos das lajes, por se tratarem de lajes maciças, são divididos em 45° quando ambos os lados das lajes estão engastados, caso contrário os carregamentos se dividem em 30° do lado da laje que não possui engaste e no contrário 60°. A Figura 03 ilustra essa divisão de áreas:

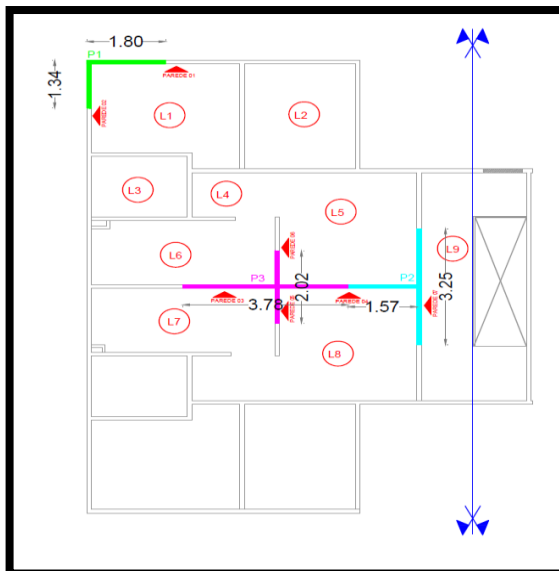


Figura 02: Enumeração das paredes e lajes, identificação das paredes em estudos e suas respectivas medidas. Fonte: autoral.

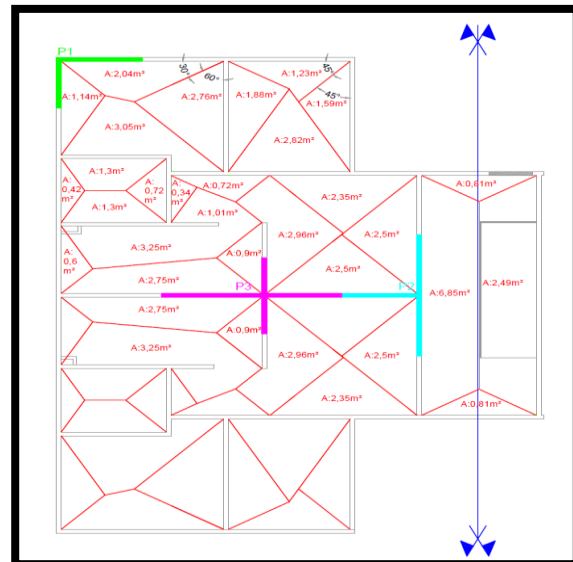


Figura 03: Divisão das áreas de influência e destaque nas paredes de estudo. Fonte: autoral.

Para dar procedimentos nos carregamentos ainda é preciso definir alguns coeficientes para auxiliar nos cálculos:

- Espessura parede: 10 cm
- Peso específico do concreto: 25 KN/m³
- Espessura revestimento: 2 cm
- Espessura piso: 10 cm
- Peso próprio da laje: 2,5 KN/m²
- Sobrecarga da laje: 3,0 KN/m²

- Coeficiente de arrasto: NBR 6123/1988 – Figura 4
- V_0 : velocidade básica do vento = 45 m/s - NBR 6123/1988- Figura 1
- S_1 : fator topográfico – terreno plano = 1
- S_2 : - rugosidade do terreno – Equação 1 Categoria IV – Classe B (10 -15m)
 $b = 0,85$
 $F_r = 0,98$ (em relação a classe II) $P = 0,125$
 Z = altura (m)
- S_3 : grau de segurança e vida útil da edificação – residencial = 1

Carregamentos Verticais

Os carregamentos verticais foram calculados pelos métodos enfatizados no item anterior, conforme ilustrado nas Tabelas 01 a 05.

Tabela 1: Dados das lajes

Nome	Tipo	Altura (cm)	Peso Próprio (KN/m ²)	Sobrecarga (KN/m ²)	Localidade
L1	Maciça	10	2,5	3	Dormitório
L2	Maciça	10	2,5	3	Dormitório
L3	Maciça	10	2,5	3	Banheiro
L4	Maciça	10	2,5	3	Circulação
L5	Maciça	10	2,5	3	Co.z/Lav.
L6	Maciça	10	2,5	3	Estar/Jantar
L7	Maciça	10	2,5	3	Estar/Jantar
L8	Maciça	10	2,5	3	Co.z/Lav.
L9	Maciça	10	2,5	3	Circulação

Tabela 2: Carregamentos totais

Parede	6,48KN/m
Lajes	
Revestimento	0,25
Piso	2,4
Peso próprio	2,5
Sobrecarga	3
TOTAL	8,15KN/m²

Onde:

- Parede: $P = (\text{espessura parede}) \times (\text{pé direito}) \times (\text{peso específico concreto})$
- Lajes:

Revestimento: $P = (\text{espessura do revestimento}) \times (\text{peso específico concreto})$ Piso:

$P = (\text{espessura do piso}) \times (\text{peso próprio do piso})$

Total: $P = (\text{Prevestimento}) + (\text{Ppiso}) + (\text{Ppróprio}) + (\text{Psobrecarga})$

Tabela 3: Reações das lajes sobre as paredes

LAJE	ÁREA (m ²)	CARGA (KN/m ²)	L PAREDE (m)	REAÇÃO (KN/m)
1	2,04	8,15	3,62	4,59
	1,14	8,15	2,5	3,72
	2,76	8,15	2,5	9,00
	3,05	8,15	3,62	6,87
5	2,35	8,15	3	6,38
	2,96	8,15	3,15	7,66
	2,5	8,15	3,15	6,47
	2,5	8,15	3	6,79
6	3,25	8,15	4,2	6,31
	0,6	8,15	1,9	2,57
	2,75	8,15	1,9	11,80
	0,9	8,15	4,2	1,75
7	3,25	8,15	4,2	6,31
	0,6	8,15	1,9	2,57
	2,75	8,15	1,9	11,80
	0,9	8,15	4,2	1,75
8	2,35	8,15	3	6,38
	2,96	8,15	3,15	7,66
	2,5	8,15	3,15	6,47
	2,5	8,15	3	6,79
9	6,85	8,15	6,34	8,81
	2,49	8,15	6,34	3,20
	0,81	8,15	2,4	2,75
	0,81	8,15	2,4	2,75

Onde:

Total de lajes: 09 em maciço

Área: podem ser observados na Figura 16

L: comprimento da parede em que a área da laje está apoiada

Reação: (área x carga) / L

Tabela 4: Carregamento vertical de cada parede.

PAREDES	COMP. PAREDES (m) - L	ÁREA (m ²)	Reações Laje X L	Carga Parede	CARGA VERTICAL TIPO (KN)
1	3,62	0,362	16,626	23,53	40,16
2	2,6	0,26	9,66264	16,9	26,56
3	4,2	0,42	99,08684211	27,3	126,39
4	3,15	0,315	40,75	20,475	61,223
5	1,9	0,19	17,86919841	12,35	30,22
6	1,9	0,266	17,86919841	12,312	30,18
7	6,39	0,8946	138,9320657	41,4072	180,34

Onde:

Área da parede.

Reação das lajes: soma-se todas as reações das lajes que se apoiam na parede em questão.

Carga da parede: multiplicado pelo comprimento da mesma. Carga vertical: é a soma da reação da laje com o peso da parede.

Todas as tabelas a cima foram calculadas para o último pavimento, o trabalho será baseado no primeiro pavimento, para ser analisado na pior das hipóteses, ou seja, o maior carregamento, para isso, é preciso acumular os carregamentos por pavimento, como mostra a Tabela 06.

Tabela5: Carregamento acumulados por pavimento

Parede	5 (KN)	4 (KN)	3 (KN)	2 (KN)	1 (KN)
1	40,16	80,31	120,47	160,62	200,78 = 55,5 KN/m
2	26,56	53,13	79,69	106,25	132,81 = 51,1 KN/m
3	126,39	252,78	379,17	505,56	631,95 = 150,5 KN/m
4	61,23	122,46	183,69	244,92	306,15 = 97,2 KN/m
5	30,18	60,36	90,54	120,72	150,91 = 79,4 KN/m
6	30,18	60,36	90,54	120,72	150,91 = 79,4 KN/m
7	180,34	360,68	541,02	721,36	901,70 = 141,2 KN/m

Vale ressaltar a necessidade de dividir a carga pelo comprimento total da parede, para ser colocado no software um carregamento distribuído, como se percebe na última coluna da Tabela 07.

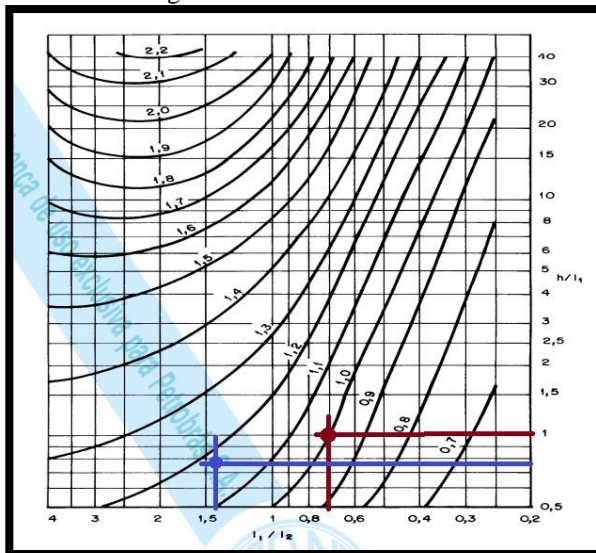
Carregamentos Horizontais

Os carregamentos horizontais foram realizados cálculos para determina-los, com base na NBR 6123/1988 é preciso definir o coeficiente de arrasto, como mostra a Figura 04, com isso se define os dados ilustrado na Tabela 06.

Tabela 6: Determinação dos coeficiente de arrasto

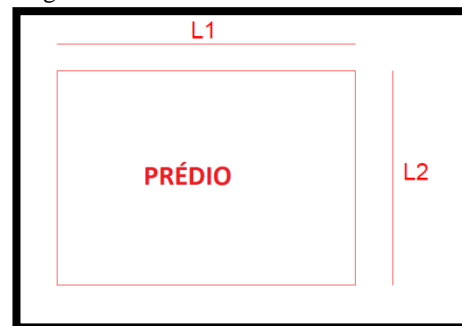
Nome	Comprimento (m)	L1/L2	H/L1	L2/L1	H/L2	CaX	CaY
H	13,5	0,7175	1,063	1,3937	0,7627	1	1,15
L1	12,7						
L2	17,7						

Figura 04: coeficiente de arrasto



Fonte: NBR 6123/88

Figura 05: conversão das dimensões



Com os coeficientes definidos, se aplica na Equação 1 deste trabalho e obtém-se os resultados da Tabela 07.

Tabela 7: Força do vento acumulante por pavimento

NÍVEL	COTA	S1	S2	S3	Vk	q	Fx (KN)	Fy (KN)
5	13,5	1	0,8648419	1	38,918	0,9285	31,84	51,03
4	10,8	1	0,84105224	1	37,847	0,8781	30,12	48,26
3	8,1	1	0,81134512	1	36,511	0,8171	28,02	44,91
2	5,4	1	0,7712483	1	34,706	0,7384	25,32	40,58
1	2,7	1	0,70723781	1	31,826	0,6209	21,29	34,12

Para aplicar na espessura da parede, é preciso dividir a força pelo pé direito de 2,70 metros, portanto obtém-se força em x no primeiro pavimento de 7,9 KN/m e a força em y de 12,7

KN/m. Ressaltando que a força horizontal foi aplicado apenas nas paredes que recebem estes carregamentos.

Paredes em Estudo

- Parede com Encontro em L

O encontro apresentado a seguir é da interação da Parede 01 com a Parede 02, tendo como comprimento 1,80 metros e 1,34 metros, respectivamente, ambas com altura de 2,70 metros e espessura de 10 centímetros. Na Parede 01 foi aplicada uma carga vertical de 51,1KN/m e na Parede 02 uma carga vertical de 55,5KN/m. Em uma segunda modelagem da mesma parede será inserido o carregamento horizontal, obtidos na Tabela 10, esta força representará o vento na parede maior. A Figura 6 ilustra as duas modelagens deste encontro em “L” no Software, ressaltando que aonde não há carregamentos distribuídos foram considerados engastados.

- Parede com Encontro em T

O próximo encontro apresentado é a interação da Parede 04 com a Parede 07, tendo como comprimento 1,57 metros e 3,25 metros, respectivamente, ambas com altura de 2,70 metros e espessura de 10 centímetros. Na Parede 04 foi aplicada uma carga vertical de 97,2KN/m e na Parede 07 uma carga vertical de 141,2 KN/m. Também em uma segunda modelagem foi adicionado o carregamento horizontal, simbolizando o vento na parede de maior inercia. A Figura 07 mostra as modelagens das paredes formando um encontro “T” no Software, também considerando engastado dos lados e base.

- Paredes com Encontro em “+”

O último encontro estudado será a interação das Paredes 03, 04, 05 e 06, com comprimento de 2,11 e 1,57 metros as duas primeiras respectivamente e 0,95 as duas últimas, todas com altura de 2,70 metros e espessura de 10 centímetros. Na Parede 03 foi aplicada uma carga vertical de 150,5KN/m, na Parede 04 uma carga vertical de 97,2 KN/m e nas Paredes 05 e 06 um carregamento de 79,4KN/m. Conforme os encontros anteriores foram adicionados em uma segunda modelagem o carregamento característico do vento na parede com maior tamanho. Na Figura 08 é possível compreender as modelagens desse encontro de paredes, denominadas de +, ressaltado os engastes considerados nas espessuras livres.

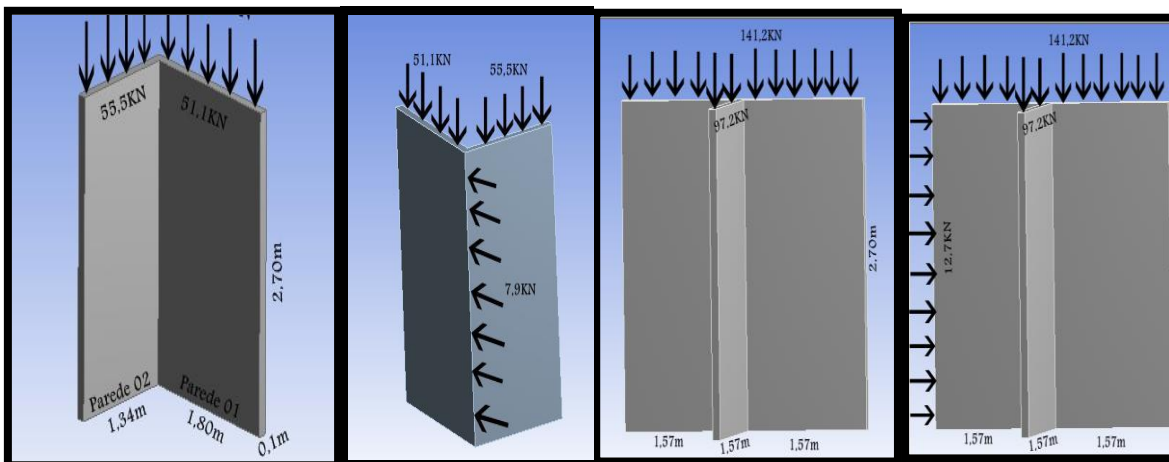


Figura 06: modelagens da parede com encontro em L

Figura 07: modelagens da parede com encontro em T

Resultados y Discusión

- Paredes com Encontro em L

Para os esforços de tração, o valor máximo encontrado na parede com encontro em L foi o valor de 1,55 MPa nas extremidades superiores consideradas engastadas e uma tração menor no próprio encontro também na parte superior, conforme a Figura 09, já se sabe que o concreto, diferente do aço, não possui uma boa resistência a tração, por isso a estrutura para ser perfeita precisa ser de concreto armado. Em uma segunda análise foi considerado cargas horizontais em X e em Y distribuídas na espessura da altura das paredes, praticamente nos mesmos pontos e por esse motivo a tensão de tração não possui um comportamento homogêneo como na análise de apenas ações horizontais. Mantendo o ponto crítico e reduzindo 0,04MPa do valor máximo, passando a ser 1,51MPa, ilustrado na Figura 10.

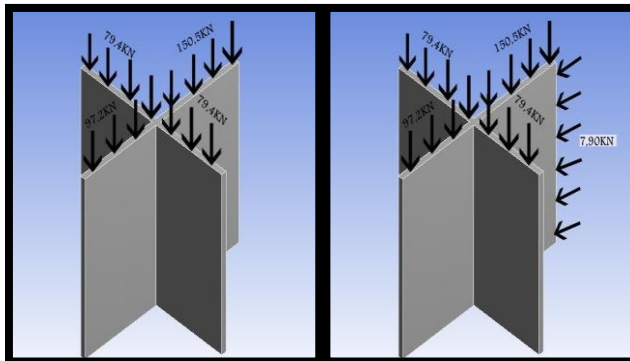


Figura 8: modelagens da parede com encontro em +

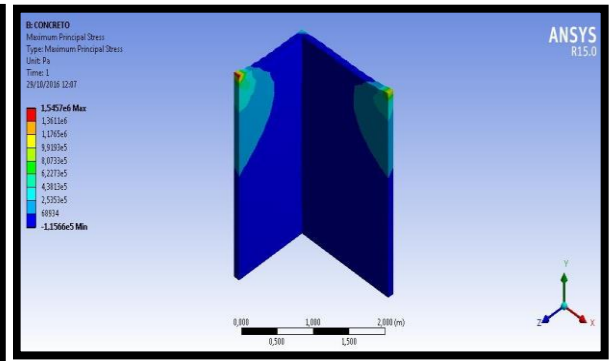


Figura 09: distribuição das tensões de tração no encontro em L

Fonte: Ansys.

Diferente das tensões de tração, a compressão se distribui de uma forma mais homogênea, sendo maior nos canto engastados tanto superior quanto inferior, possui valor máximo de 0,32MPa, quase o valor mínimo de tração, ilustrado na Figura 11, confirmando mais uma vez a resistência do concreto no que diz respeito a compressão. Quando adicionado as ações do vento o comportamento foi o mesmo comparado com apenas ações verticais, mas também diminui o valor máximo passando a ser 0,316MPa, sendo possível analisar na Figura 12.

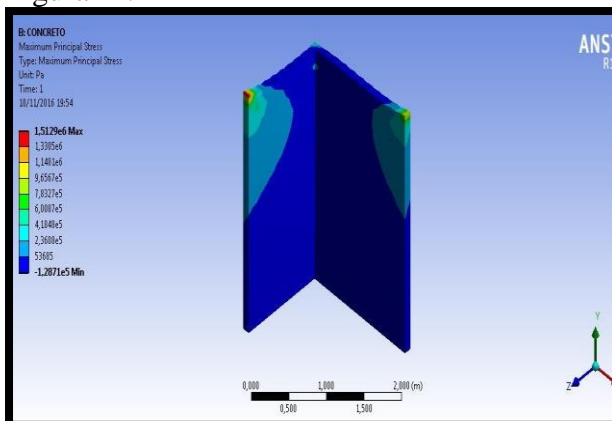


Figura 10: distribuição das tensões de tração no encontro em L, considerando o vento.

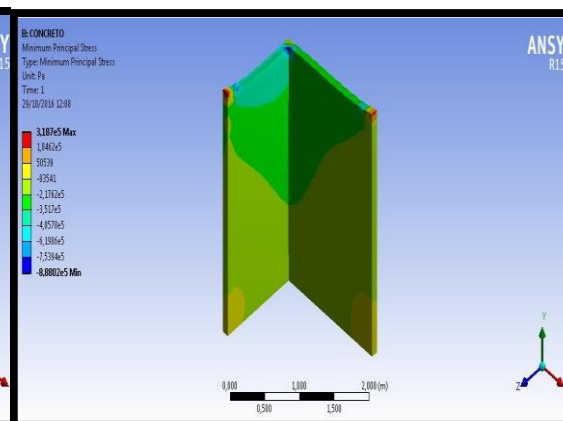


Figura 11: distribuição das tensões de compressão no encontro em L

Fonte: Ansys

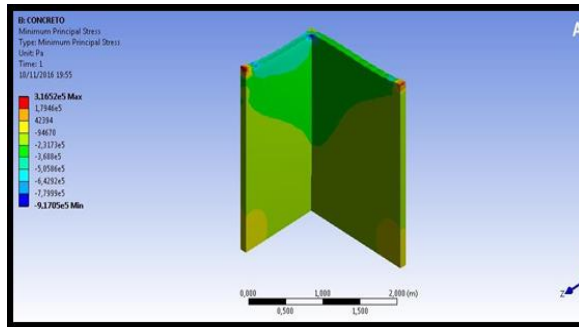


Figura 12: distribuição das tensões de compressão no encontro em L, considerando o vento.

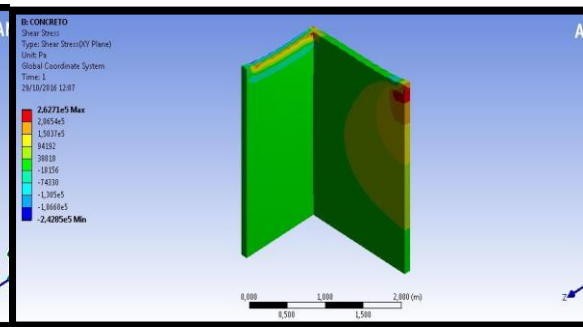


Figura 13: distribuição das tensões de cisalhamento no encontro em L

Fonte: Ansys

As tensões de cisalhamento também devem ser consideradas nos cálculos de dimensionamento de paredes de concreto, no encontro em L pode-se observar na Figura 13 que estas tensões são mais críticas no canto superior da parede com menos carregamento na faixa de 0,26MPa e de forma distribuída em toda a face superior da parede de maior carga. Diferente das duas primeiras análise de tensões, o cisalhamento máximo aumentou para 0,28MPa quando submetido a esforços em X e em Y entretanto manteve a forma de distribuição, entende-se na Figura 14.

No que se refere ao total de deformação é visivelmente a interação entre as paredes, sendo o ponto crítico o canto superior do encontro das paredes com valor de deformação mínima de 0,00043 cm e diminuindo gradativamente até a parte inferior, ilustrado na Figura 15. Considerando as ações em duas direções, é analisado o mesmo comportamento que o anterior, com mesma distribuição, porém com pequena diminuição do valor máximo para 0,000413cm, observa-se na Figura 16.

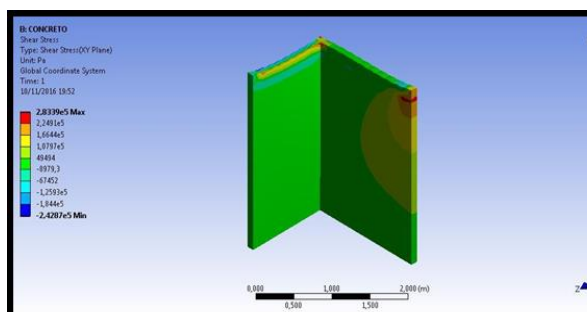


Figura 14: distribuição das tensões de cisalhamento no encontro em L, considerando o vento.

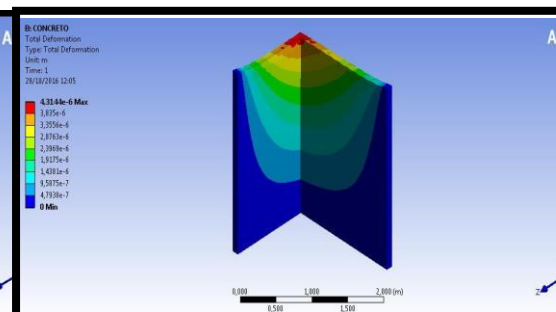


Figura 15: distribuição da deformação total o no encontro em L

Fonte: Ansys

No encontro de paredes em T, a tensão de tração se comporta da mesma maneira que o encontro em L, as pontas superiores são as que apresentam tração máxima com valor 2,17MPa, diminuindo conforme para a parte inferior. A Figura 17 mostra o comportamento da tensão de tração, chegando próximo a um meio círculo. Não observa-se mudança alguma comparada com a adição do vento, mantem-se a distribuição e o valor máximo de 2,17MPa, como mostra a figura 18.

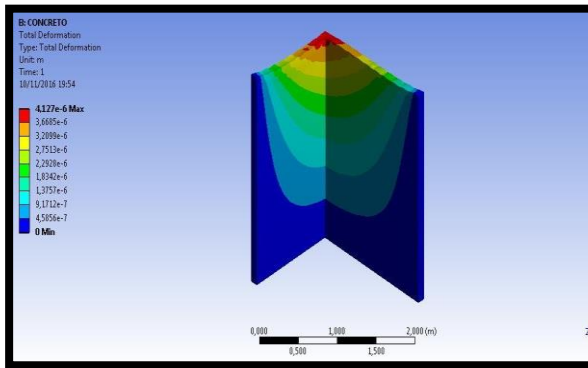


Figura 16: distribuição da deformação total no encontro em L, considerando o vento.

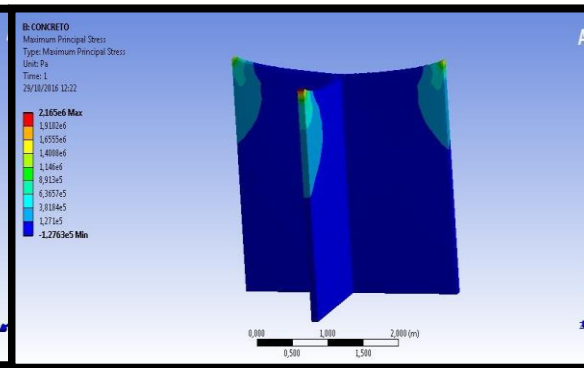


Figura 17: distribuição da deformação total no encontro em L, considerando o vento.

Fonte: Ansys

Quanto a tensão de compressão não foi diferente do encontro anterior, os pontos críticos foram os cantos superiores com valor 0,315 MPa e em conseguinte a compressão é maior na base e começa a diminuir na parte superior. A Figura 19 demonstra o comportamento das tensões de compressão no encontro em T. A tensão de compressão ocorre da mesma forma que o item anterior, mantém-se a distribuição e o valor máximo de 0,32MPa, com o vento. Ilustrado na Figura 20.

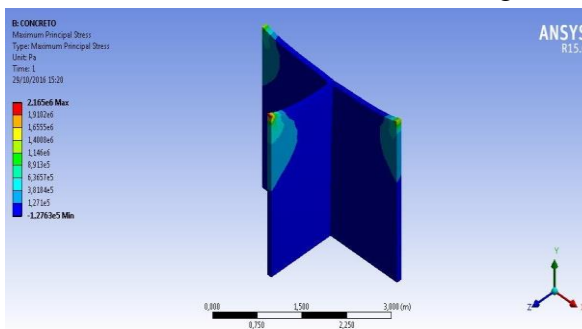


Figura 18: distribuição das tensões de tração no encontro em T, considerando o vento.

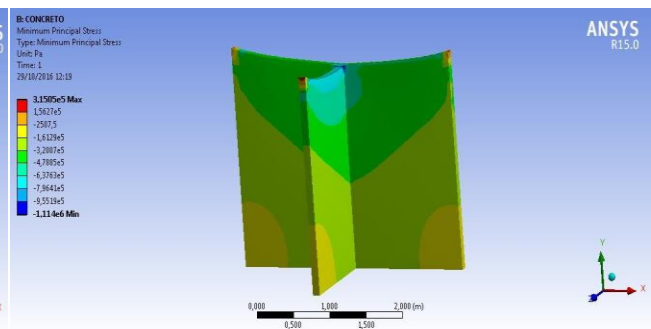


Figura 19: distribuição das tensões de compressão no encontro em T

Fonte: Ansys

Analisando o cisalhamento, observou-se o comportamento igual em ambos os lado da Parede 07, porém do lado direito (Figura 21 o cisalhamento é maior no canto superior com valor de 0,435MPa, diminuindo na medida que se aproxima ao centro do encontro, o contrário acontece do lado esquerdo. Já a Parede 04 apresenta um cisalhamento distribuído ao longo do seu comprimento. O mesmo que acontece nas duas primeiras tensões do encontro em T, o cisalhamento continua apresentando o mesmo comportamento comparado com as análises feitas sem considerar forças horizontais. Com valor máximo de 0,43MPa, mostrado na Figura 22.

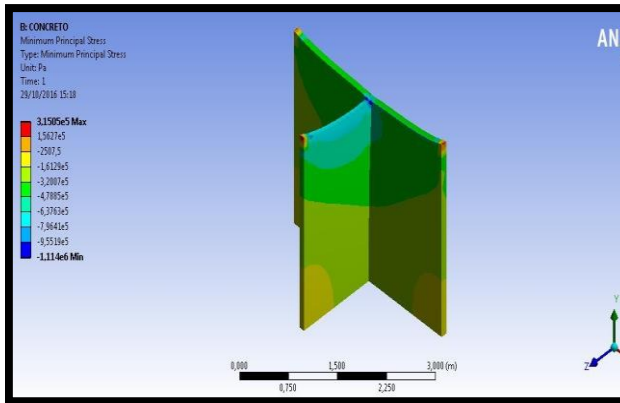


Figura20: distribuição das tensões de compressão no encontro em T, considerando o vento.

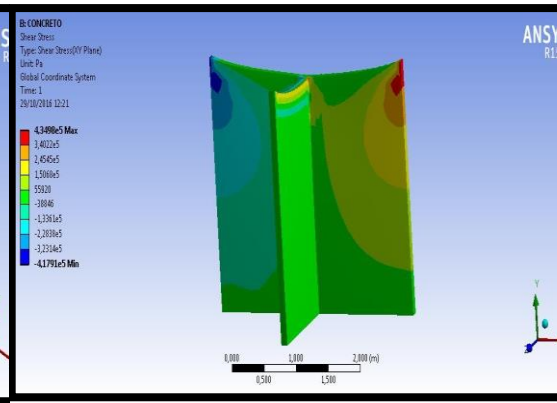


Figura 21: distribuição das tensões de cisalhamento no encontro em T

Fonte: Ansys

A deformação do encontro de paredes em T também se comporta da mesma maneira que o encontro anterior com deformação máxima no encontro superior consideravelmente alto no valor de 3,8cm, melhor ilustrado na Figura 23. Por fim nada de diferente em questão da deformação, continua sendo máxima no encontro com valor alto de 3,8cm, como pode ser visto na Figura 24.

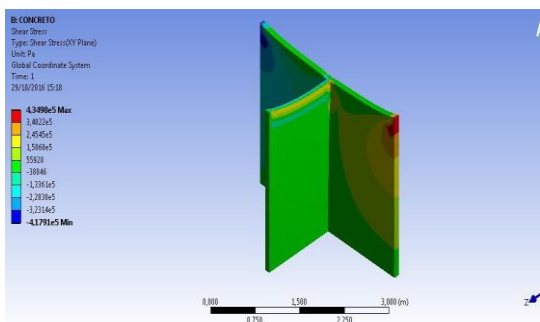


Figura 22: distribuição das tensões de cisalhamento no encontro em T, considerando o vento.

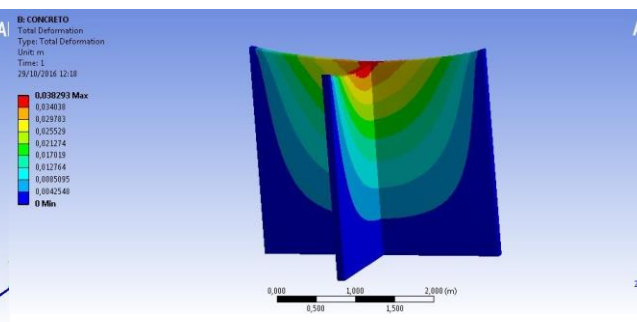


Figura23: distribuição da deformação total no encontro em T

Fonte: Ansys

- Paredes em encontro em “+”

Para as tensões de tração, após analisar dois encontros, se esperava que no encontro em +, não fosse diferente, como pode-se verificar na Figura 25, a maior tensão de tração ocorre nos cantos superiores no valor de 2,15MPa e diminui ao chegar no encontro. Como pode-se observar-se no encontro +, ocorre o mesmo fato do encontro anterior, as tensões de tração se mantém da mesma forma e com valor máximo de 2,15MPa, mostrado na Figura 26.

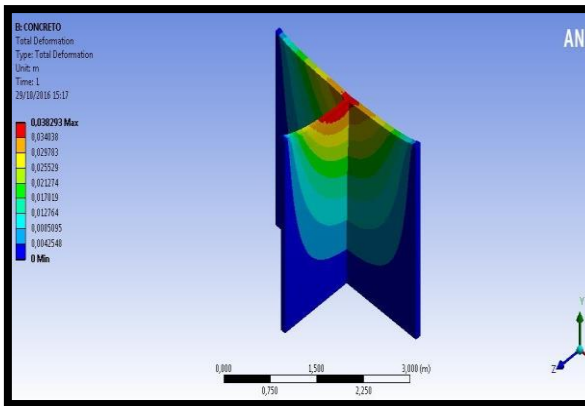


Figura24: distribuição da deformação total no encontro em T, considerando o vento.

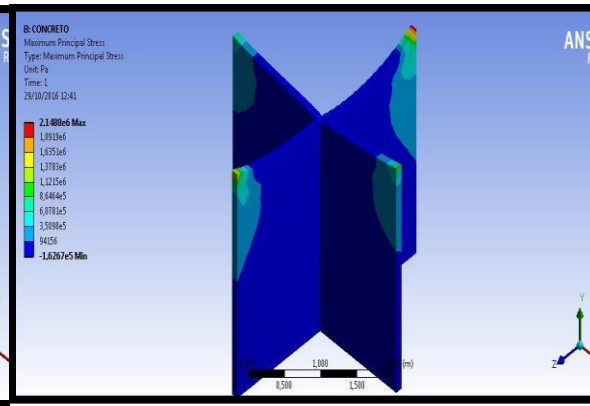


Figura25: distribuição das tensões de tração no encontro em +

Fonte: Ansys

Já para as tensões de compressão, conforme apresenta a Figura 25, a tensão de compressão é mais crítica no canto superior no valor de 0,28MPa, porém o mesmo decresce em relação com a base. Novamente as tensões de compressão não apresentam diferença no comportamento nem no valor máximo de 0,28MPa, esta comparada com carregamentos horizontais e verticais, confere-se na Figura 28.

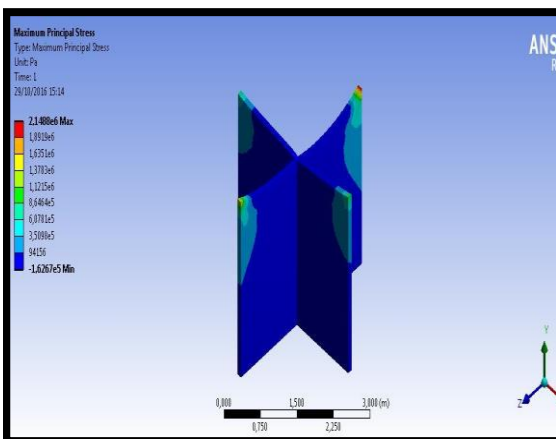


Figura 26: distribuição das tensões de tração no encontro em +, considerando o vento.



Figura 27: distribuição das tensões de compressão no encontro em +

Fonte: Ansys

No que se refere ao cisalhamento o ponto crítico está no encontro das paredes na parte superior com valor de 0,41MPa. Há um comportamento idêntico ao do encontro em T, com mesma distribuição, mas com valores distintos. Na parede com carregamentos diferente, há uma distribuição igual de cisalhamento, como mostra a Figura 29, maior na parte superior e diminuindo junto à base. Como pode- se verificar na Figura 30, também não há mudanças no cisalhamento, quando adicionado a ação do vento, manteve-se o ponto crítico com valor de 0,41MPa.

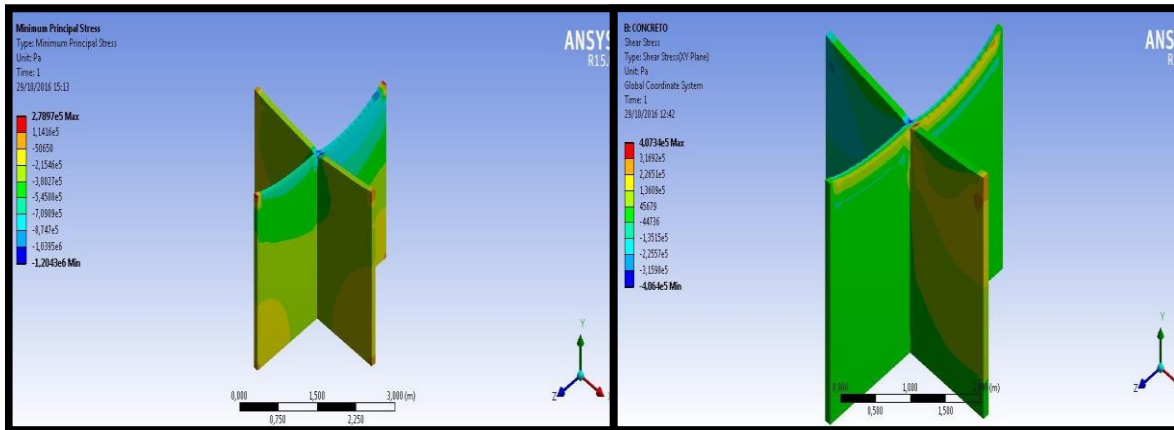


Figura 28: distribuição das tensões de compressão no encontro em +, considerando o vento.

Figura 29: distribuição das tensões de cisalhamento no encontro em +

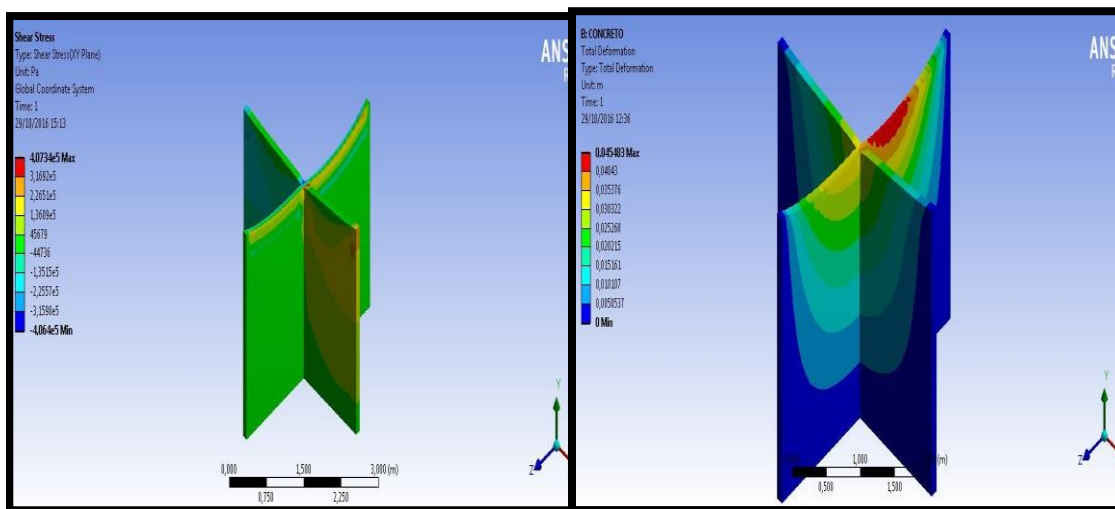


Figura 30: distribuição das tensões de cisalhamento no encontro em +, considerando o vento.

Figura 31: distribuição da deformação total no encontro em +

Fonte: Ansys

Desta vez, diferente dos dois encontros anteriores, a deformação crítica do encontro em + está fora do encontro das paredes e sim na parte superior da parede mais carregada, com valor alto de 4,5cm, melhor ilustrado na Figura 31. E por fim, não esperava-se outra análise, se não a igualdade na deformação, já que não houve mudanças nas tensões, continua uma deformação no valor de 4,5cm. Mostrado na Figura 32.

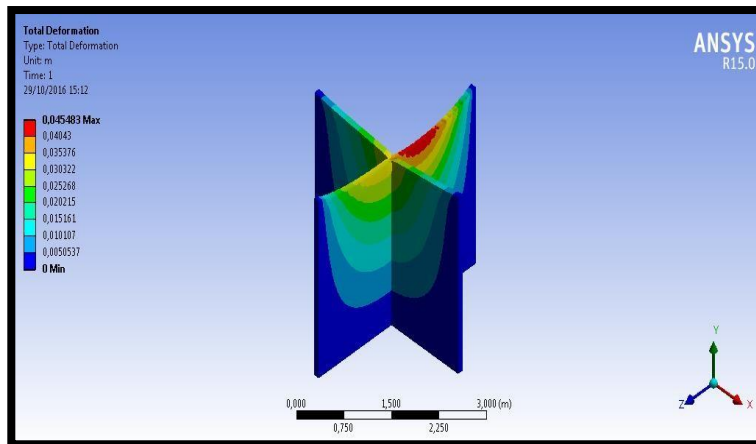


Figura 32:distribuição da deformação total no encontro em +, considerando o vento. Fonte: autor

Conclusiones

Por meio desta pesquisa foi possível afirmar que existe uma interação entre as paredes em seus encontros, independente de seus esforços. Não se obteve diferenças nas análises com e sem consideração do vento, exceto uma variação no comprimento, devido a uma inércia menor considerada com as demais paredes. Desta forma constatou-se uma maior resistência do concreto a respeito da compressão, ultrapassando o limite em um dos encontros.

O problema encontrado foi em relação à tração do concreto, sendo necessário um reforço de armadura para que não ocorra fissuras ao longo da vida útil do prédio.

O Cisalhamento se aproxima do limite de tensão suportado, necessitando por segurança uma armadura horizontal. A deformação total em encontro T e em L foi maior que o limite da norma NBR 16055/2012 devido aos resultados encontrados serem valores mais altos que o admitido.

Desta forma foi confirmada a necessidade de estudos minuciosos sobre este assunto já que a NBR 16055/2012 não cita reforços nos encontros de paredes de concreto moldados no local, desta forma é possível a realização de projetos com mais precisão e com menos patologias ao longo de sua vida útil.

Referencias

ABCP, Associação Brasileira de Cimento Portland. Coletânea de Ativos, 2007/2008. ANSYS.

Análise de estrutura via Ansys. Disponível em:

<http://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/5111/5111_3.PDF>. Acesso em 02 de junho de 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16055: Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações — Requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6123: forças devidas ao vento em edificações. Rio de Janeiro, 1988.

RIBEIRO, Marcelle D. **Desempenho estrutural do sistema de paredes de concreto armado: análise comparativa com o sistema aporticado convencional.** 2010. 69p. Dissertação para obtenção de Engenharia Civil – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Rio Grande do Sul. 2010.

TAUIL, C. A.; NESE, F. J. M. **Alvenaria Estrutural.** São Paulo: PINI, 2010.