

ARUAC ALVES SANTOS

**SISTEMA PARA PROJETO DE EDIFÍCIOS DE ALVENARIA ESTRUTURAL  
PELO MÉTODO DOS ESTADOS-LIMITE: MÓDULO DE ANÁLISE E  
DIMENSIONAMENTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2013

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e Classificação da  
Biblioteca Central da UFV**

T

S237s  
2013 Santos, Aruac Alves. 1985-  
Sistema para projeto de edifícios de alvenaria estrutural pelo  
método dos estados-limite : módulo de análise e dimensionamento /  
Aruac Alves Santos. - Viçosa, MG, 2013.  
xviii, 232f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui apêndices.

Orientador: Rita de Cássia Silva Sant'Ana Alvarenga.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f.136-139.

1. Engenharia de estruturas. 2. Alvenaria. 3. Edifícios - Projetos e  
construção. 4. Simulação (Computadores). I. Universidade Federal de  
Viçosa. Departamento de Engenharia Civil. Programa de  
Pós-Graduação em Engenharia Civil. II. Título.

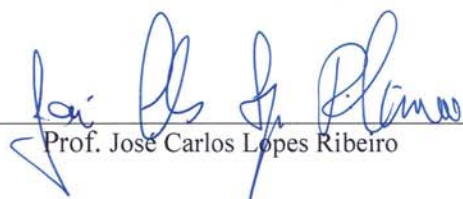
CDD 22 ed. 624.1

ARUAC ALVES SANTOS

**SISTEMA PARA PROJETO DE EDIFÍCIOS DE ALVENARIA ESTRUTURAL  
PELO MÉTODO DOS ESTADOS-LIMITE: MÓDULO DE ANÁLISE E  
DIMENSIONAMENTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Aprovada: em 05 de Julho de 2013

  
Prof. José Carlos Lopes Ribeiro

  
Prof. Reginaldo Carneiro da Silva  
(Coorientador)

  
Prof. Gihad Mohamad

  
Prof.<sup>a</sup> Rita de Cássia Silva Sant'Ana Alvarenga  
(Orientadora)

*À minha família e a todos os  
meus amigos.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, em primeiro lugar, por todas as graças alcançadas, permitindo que eu chegasse até aqui.

Aos meus pais, Antônio e Cléria, e a minha irmã Airelc, pelo apoio e pelo carinho de sempre.

A minha orientadora Prof.<sup>a</sup> Rita de Cássia Silva Sant'Ana Alvarenga, por esta oportunidade e por acreditar no meu trabalho.

Ao Prof. Kléos M. Lenz Cesar JR, meu também orientador, pelo incentivo e pela ajuda na parte de programação.

Ao Prof. Reginaldo Carneiro da Silva, meu também orientador, pela ajuda na parte de projeto e pela amizade.

Ao Prof. Gihad Mohamad por aceitar participar deste trabalho.

Aos amigos do mestrado, Giuliana, Luiza e Raphael, Eliane, Washington, Carlos Augusto (Cantim), Maila, José Francisco, Ladir, Halley, Ciro, André e Rafael Dalvi, pelo companheirismo e ajuda durante todo o tempo em que estivemos juntos.

A todos os professores que fazem parte do curso de Engenharia Civil e à Universidade Federal de Viçosa, em especial ao Departamento de Engenharia Civil, pela formação e pelas oportunidades.

À FAPEMIG, pelo apoio financeiro, através da bolsa concedida.

A todos, meu muito obrigado.

## ÍNDICE

<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>VI</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>VIII</b>
<b>LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS.....</b>	<b>XI</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>XVI</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>XVIII</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1    Generalidades.....	1
1.2    Objetivos.....	3
1.2.1    Objetivos Gerais.....	3
1.2.2    Objetivos específicos.....	3
1.3    Justificativa e relevância do tema.....	4
1.4    Estrutura da dissertação .....	5
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>7</b>
2.1    Histórico .....	7
2.2    Concepção Estrutural.....	11
2.3    Análise estrutural.....	12
2.4    Ações verticais .....	12
2.4.1    Distribuição das ações verticais .....	15
2.5    Ações horizontais .....	17
2.5.1    Ação do Vento.....	17
2.5.2    Ação do desaprumo .....	18
2.5.3    Distribuição das ações horizontais .....	20
2.6    O método das tensões admissíveis .....	24
2.7    Dimensionamento pelo método das tensões admissíveis (ABNT NBR 10837:1989).....	25
2.7.1    Compressão simples (ABNT NBR 10837:1989).....	25
2.7.2    Cisalhamento (ABNT NBR 10837:1989).....	26
2.7.3    Flexão composta (ABNT NBR 10837:1989).....	27
2.8    O método dos estados-limite.....	28
2.9    Dimensionamento pelo método dos estados-limite (ABNT NBR 15961-1:2011 ou ABNT NBR 15812-1:2010).....	29
2.9.1    Compressão simples (ABNT NBR 15961-1:2011 ou ABNT NBR 15812-1:2010).....	30
2.9.2    Cisalhamento (ABNT NBR 15961-1:2011 ou ABNT NBR 15812-1:2010)	31
2.9.3    Flexão composta (ABNT NBR 15961-1:2011 ou ABNT NBR 15812-1:2010).....	34
2.10    As Linguagens De Programação Em Projetos .....	40
2.10.1    Exemplo de uma rotina desenvolvida em AutoLisp.....	41

2.10.2	Exemplo de uma rotina desenvolvida em AutoLisp e DCL .....	42
<b>3.</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>43</b>
3.1	Estudos iniciais e softwares utilizados .....	43
3.2	Normas utilizadas.....	47
3.3	Módulo de dimensionamento para alvenaria estrutural através do método dos estados- limite.....	48
<b>4.</b>	<b>MÓDULO DE ANÁLISE E DIMENSIONAMENTO PELO MÉTODO DOS ESTADOS-LIMITE: O APLICATIVO DESENVOLVIDO.....</b>	<b>51</b>
4.1	Como iniciar um projeto.....	52
4.2	Módulo “Estrutural” .....	55
4.2.1	Como acessar o módulo de dimensionamento desenvolvido .....	55
4.2.2	Dimensionamento.....	56
<b>5.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>75</b>
5.1	Dimensionamento de elementos .....	75
5.1.1	Elemento submetido ao cisalhamento .....	75
5.1.2	Verga.....	79
5.1.3	Elemento submetido à flexão composta (elemento armado).....	86
5.2	Projeto de um edifício de alvenaria estrutural .....	95
5.2.1	Descrição do projeto .....	95
5.2.2	Projeto Arquitetônico e de modulação .....	100
5.2.3	Análise e dimensionamento da estrutura .....	106
<b>6.</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>133</b>
6.1	Conclusões gerais.....	133
6.2	Sugestões para trabalhos futuros.....	134
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>136</b>
	<b>APENDICE A.....</b>	<b>140</b>
	<b>APÊNDICE B.....</b>	<b>209</b>
	<b>APÊNDICE C.....</b>	<b>226</b>
	<b>APÊNDICE D.....</b>	<b>228</b>
	<b>APÊNDICE E.....</b>	<b>232</b>

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Peso específico de alguns materiais conforme a ABNT NBR 6120: 1980. ....	13
Tabela 2.2 – Pesos específicos para cálculo de peso próprio de paredes de alvenaria. ....	13
Tabela 2.3 – Valor do desaprumo em radianos em função da altura da edificação. ....	19
Tabela 2.4 – Tensões admissíveis à compressão simples para alvenaria não armada. (ABNT NBR 10837:1989) .....	26
Tabela 2.5 – Tensões admissíveis ao cisalhamento para alvenaria não armada. (ABNT NBR 10837:1989).....	27
Tabela 2.6 – Tensões admissíveis para a tração na flexão e compressão na flexão (ABNT NBR 10837:1989).....	28
Tabela 2.7 – Resistência característica ao cisalhamento. (ABNT NBR 15961-1:2011).....	32
Tabela 2.8 – Resistência característica à tração na flexão, em MPa. (ABNT NBR 15961-1: 2011).....	36
Tabela 2.9 – Valores do coeficiente $j$ . (ABNT NBR 15961-1:2011).....	39
Tabela 5.1 – Levantamento das Ações Verticais (Grupo de Paredes sem interação). ....	109
Tabela 5.2 – Tensões normais devidas às ações verticais.....	110
Tabela 5.3 – Rigidez relativa na direção X.....	113
Tabela 5.4 – Rigidez relativa na direção Y.....	113
Tabela 5.5 – Dados adotados para o cálculo da ação do vento. ....	114
Tabela 5.6 – Força de arrasto em X.....	114
Tabela 5.7 – Força de arrasto em Y.....	115
Tabela 5.8 – Cálculo do desaprumo.....	115
Tabela 5.9 – Momentos fletores atuantes nos painéis dispostos na direção X, devidos às forças horizontais. ....	116
Tabela 5.10 – Momentos fletores atuantes nos painéis dispostos na direção Y, devidos às forças horizontais. ....	118
Tabela 5.11 – Tensões normais devidas às forças horizontais no primeiro pavimento.....	120

Tabela 5.12 – Tensões normais devidas às forças horizontais no segundo pavimento.....	121
Tabela 5.13 – Dimensionamento dos blocos à compressão simples. ....	123
Tabela 5.14 – Dimensionamento dos blocos à compressão na flexão.....	124
Tabela 5.15 – Comparação entre os valores obtidos para a resistência característica dos blocos no dimensionamento à compressão simples no primeiro pavimento. ....	126
Tabela 5.16 – Comparação entre os valores obtidos para a resistência característica dos blocos no dimensionamento à compressão na flexão no primeiro pavimento.....	128
Tabela 5.17 – Verificação da tensão de tração.....	129
Tabela 5.18 – Comparação entre as tensões resistentes e atuantes à tração de cálculo, no primeiro pavimento, obtidas pelo cálculo manual e pelo uso do programa. ....	130
Tabela 5.19 – Verificação ao cisalhamento. ....	131
Tabela 5.20 – Comparação entre as tensões cisalhantes atuantes de cálculo, no primeiro pavimento, obtidas pelo cálculo manual e pelo uso do programa. ....	132

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Evolução do nível de segurança estrutural ao longo do tempo (ATAÍDE, 2005). .....	8
Figura 2.2 – Laje apoiada sobre paredes.....	14
Figura 2.3 – Regiões de influência para apoios em laje armada em duas direções.....	15
Figura 2.4 – Atuação do vento e distribuição das ações do vento entre painéis de contraventamento. (Ramalho e Corrêa, 2003) .....	17
Figura 2.5 – Imperfeições geométricas globais. (ABNT NBR 15961-1:2011).....	18
Figura 2.6 – Ação lateral equivalente ao desaprumo.....	19
Figura 2.7 – Consideração de abas em painéis de contraventamento. (a) Seção L. (b) Seção T. (c) Seção C. (d) Seção I. ....	20
Figura 2.8 – Representação dos painéis de contraventamento.....	22
Figura 2.9 – Imperfeições geométricas globais. (ABNT NBR 15961-1:2011).....	30
Figura 2.10 – Flexo-compressão – Seção retangular. (ABNT NBR 15961-1:2011).....	38
Figura 2.11 – Momento de segunda ordem. (ABNT NBR 15961-1:2011) .....	39
Figura 2.12 – Programa em processamento, aguardando informações do usuário na linha de comando.....	41
Figura 2.13 – Resultado final do programa.....	42
Figura 2.14 – Entrada de dados do programa que utiliza a linguagem de programação DCL. ....	42
Figura 3.1 – Diagrama de blocos do <i>SIPAL</i> . ....	44
Figura 3.2 – Diagrama de blocos do <i>SIPALex</i> . ....	44
Figura 3.3 – Janela inicial do módulo estrutural. ....	48
Figura 3.4 – Diagrama de blocos atual do <i>SIPALex</i> . ....	50
Figura 4.1 – Linhas de eixo, que devem ser traçadas antes de iniciar o programa. ....	52
Figura 4.2 – Caixa de diálogo inicial do programa. ....	52
Figura 4.3 – Entrada de dados iniciais do projeto. ....	53
Figura 4.4 – Menu principal.....	53
Figura 4.5 – Planta baixa do projeto arquitetônico.....	54
Figura 4.6 – Primeira e segunda Fiadas.....	55
Figura 4.7 – Janela contendo as etapas possíveis do programa.....	56

Figura 4.8 – Janela para a definição dos grupos de paredes. ....	57
Figura 4.9 – Indicando o grupo de paredes a ser calculado. ....	58
Figura 4.10 – Informando o comprimento da porta. ....	58
Figura 4.11 – Informando o comprimento da janela. ....	59
Figura 4.12 – Entrada de cargas no grupo de paredes. ....	59
Figura 4.13 – Janela referente a informação das áreas de influencia. ....	60
Figura 4.14 – Clicando dentro da área de influência. ....	60
Figura 4.15 – Janela indicando que a etapa 1 foi realizada com sucesso. ....	61
Figura 4.16 – Janela para a definição dos painéis de contraventamento. ....	61
Figura 4.17 – Criação dos painéis de contraventamento. ....	62
Figura 4.18 – Inserção de abas. ....	62
Figura 4.19 – Ponto de interseção e ponto de inserção da aba. ....	62
Figura 4.20 – Clicando dentro do painel. ....	63
Figura 4.21 – Selecionando o grupo ao qual pertence o painel. ....	63
Figura 4.22 – Esforços horizontais devidos ao vento. ....	64
Figura 4.23 – Fim da etapa 3. ....	64
Figura 4.24 – Determinação dos esforços nas paredes estruturais. ....	65
Figura 4.25 – Janela principal para a etapa de dimensionamento. ....	67
Figura 4.26 – Término da etapa de dimensionamento. ....	67
Figura 4.27 – Dimensionamento ao cisalhamento. ....	69
Figura 4.28 – Janela principal para o dimensionamento de vigas e vergas. ....	71
Figura 4.29 – Parâmetros de cálculo de uma verga usual. ....	73
Figura 4.30 – Visualizar o projeto. ....	74
Figura 5.1 – Ações características na parede em estudo. ....	76
Figura 5.2 – Janela referente ao dimensionamento da parede em estudo ao cisalhamento. ....	78
Figura 5.3 – Parâmetros de cálculo para uma verga de 150 cm de abertura. ....	79
Figura 5.4 – Seção transversal da verga. ....	79
Figura 5.5 – Carregamento e vão efetivo da verga V1. ....	81
Figura 5.6 – Janela referente ao dimensionamento da verga V1. ....	85

Figura 5.7 – Grupos de paredes e suas respectivas áreas de influência das lajes para o exemplo em estudo. ....	86
Figura 5.8 – Painéis de contraventamento na direção X para o exemplo em estudo. ....	87
Figura 5.9 – Propriedades geométricas, tensões e ações características para o painel 3X.....	88
Figura 5.10 – Tensões de flexão para o bordo superior tracionado.....	91
Figura 5.11 – Tensões normais de flexão nos trechos tracionados. ....	92
Figura 5.12 – Tensões normais de flexão para o bordo inferior tracionado. ....	93
Figura 5.13 – Planta baixa de parte de um apartamento com a identificação de <i>shafts</i> e da parede não estrutural. ....	96
Figura 5.14 – Planta Baixa do nível da Garagem.....	97
Figura 5.15 – Apartamentos. ....	98
Figura 5.16 - Planta Baixa Pavimento Tipo.....	99
Figura 5.17 – Fachada Frontal do edifício. ....	100
Figura 5.18 – Linha de eixo das paredes estruturais.....	101
Figura 5.19 – Planta baixa gerada pelo programa. ....	101
Figura 5.20 – Primeira fiada em planta.....	102
Figura 5.21 – Segunda fiada em planta.....	103
Figura 5.22 – Elevação das vistas das paredes nº 6 a 10. ....	104
Figura 5.23 – Quantitativo de blocos das paredes e quantitativo final do pavimento.....	105
Figura 5.24 – Identificação dos blocos. ....	106
Figura 5.25 – Paredes Isoladas. ....	107
Figura 5.26 – Grupos de paredes. ....	108
Figura 5.27 – Painéis de contraventamento na direção X.....	111
Figura 5.28 – Painéis de contraventamento na direção Y.....	112
Figura 5.29 – Comparação entre o dimensionamento dos blocos à compressão simples pelo uso de planilhas eletrônicas e pelo programa. ....	125
Figura 5.30 – Comparação entre a resistência característica dos blocos no dimensionamento à compressão na flexão, pelo uso de planilhas eletrônicas e pelo programa (Comb. 1). ....	127
Figura 5.31 – Comparação entre a resistência característica dos blocos no dimensionamento à compressão na flexão, pelo uso de planilhas eletrônicas e pelo programa (Comb. 2). ....	127

## LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

### Letras minúsculas

$b$	Largura da seção transversal
$b_f$	Comprimento efetivo de flange
$d$	Altura útil
$d_1$	Distância do centróide da armadura $A_{s1}$ à borda mais comprimida
$d_2$	Distância do centróide da armadura $A_{s2}$ à outra borda
$f_a$	Resistência à compressão da argamassa de assentamento
$f_{alv,c}$	Tensão de compressão atuante na alvenaria
$\bar{f}_{alv,c}$	Tensão de compressão admissível na alvenaria
$f_{alv,f}$	Tensão de compressão atuante devido à flexão
$\bar{f}_{alv,f}$	Tensão de compressão admissível devido à flexão
$f_d$	Resistência à compressão de cálculo da alvenaria
$f_k$	Resistência característica à compressão simples da alvenaria
$f_p$	Resistência média à compressão dos prismas
$f_{par}$	Resistência da parede
$f_{pk}$	Resistência característica à compressão simples do prisma
$f_{s1}$	Tensão na armadura na face mais comprimida
$f_{s2}$	Tensão na armadura na outra face, podendo ser $\pm 0,5 \cdot f_{yd}$ , se estiver

tracionada ou comprimida, respectivamente.

$f_{tk}$	Resistência característica de tração na flexão
$f_{vk}$	Resistência característica ao cisalhamento
$f_{vd}$	Resistência de cálculo ao cisalhamento da alvenaria
$f_{yd}$	Resistência de cálculo de escoamento do aço da armadura
$h$	Altura ou distância
$h_{ef}$	Altura efetiva da parede
$j$	Coefficiente
$l$	Vão, comprimento ou espaçamento
$p$	Dimensão da seção transversal na direção perpendicular ao eixo x
$q$	Dimensão da seção transversal na direção perpendicular ao eixo y
$s$	Espaçamento das barras da armadura
$t$	Espessura
$t_{ef}$	Espessura efetiva da parede
$y$	Profundidade da região de compressão uniforme
$y_i$	Maior distância entre o eixo que passa pelo centro de gravidade e a borda considerada, da parede $i$

### **Letras maiúsculas**

$A_i$	Área da seção transversal da parede $i$
$A_s$	Área da seção transversal da armadura longitudinal de tração
$A_{sw}$	Área da seção transversal da armadura de cisalhamento

$A_{s1}$	Área da seção transversal da armadura comprimida na face de maior compressão
$A_{s2}$	Área da seção transversal da armadura comprimida na face oposta à de maior compressão
$E_m$	Módulo de elasticidade longitudinal da alvenaria
$E_v$	Módulo de elasticidade transversal da alvenaria
$F_i$	Ação sobre cada painel
$F_{TOT}$	Ação total em um determinado pavimento
$I_i$	Momento de inércia da parede i
$L$	Vão ou comprimento
$M$	Momento
$M_x$	Momento fletor em torno do eixo x
$M_y$	Momento fletor em torno do eixo y
$M'_x$	Momento fletor efetivo em torno do eixo x
$M'_y$	Momento fletor efetivo em torno do eixo y
$M_{2d}$	Momento fletor de cálculo de 2º ordem
$N_d$	Força normal de cálculo
$N_{rd}$	Força normal resistente de cálculo
$R$	Fator redutor da resistência devido à esbeltez da parede ou tensão de ruptura ou de escoamento do material
$R_d$	Esforço resistente de cálculo
$R_i$	Rigidez relativa do painel i
$S$	Máxima tensão atuante no material

$S_d$	Esforço solicitante de cálculo
$V$	Força cortante
$V_a$	Força cortante absorvida pela alvenaria
$V_d$	Força cortante de cálculo
$V_k$	Força cortante característica ou nominal
$W$	Módulo de resistência de flexão

### Letras gregas

$\Delta_{c,i}$	Parcela do deslocamento devido aos esforços cortantes
$\Delta_{f,i}$	Parcela do deslocamento devido à flexão
$\phi_e$	Diâmetro do estribo
$\phi_l$	Diâmetro da armadura longitudinal
$\gamma_{alv}$	Peso específico da alvenaria revestida
$\gamma_c$	Peso específico do concreto
$\gamma_f$	Coefficiente de ponderação das ações
$\gamma_g$	Coefficiente de ponderação das ações permanentes
$\gamma_q$	Coefficiente de ponderação das ações variáveis
$\gamma_m$	Coefficiente de ponderação das resistências
$\lambda$	Índice de esbeltez
$\mu$	Coefficiente de atrito
$\psi_0$	Coefficiente para redução das ações variáveis

$\rho$	Taxa geométrica de armadura longitudinal
$\sigma$	Tensão normal
$\sigma_t$	Tensão normal de tração
$\sigma_c$	Tensão normal de compressão
$\tau_{alv}$	Tensão atuante de cisalhamento na alvenaria
$\bar{\tau}_{alv}$	Tensão de cisalhamento admissível na alvenaria
$\tau$	Tensão de cisalhamento
$\tau_0$	Tensão de aderência inicial ao cisalhamento
$\tau_{vd}$	Tensão de cálculo convencional de cisalhamento
$\theta_a$	Ângulo de desaprumo

### **Abreviaturas**

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
DCL	Dialog Control Language
MEL	Método dos estados-limite
MTA	Método das tensões admissíveis
SIPALex	Sistema Integrado para Alvenaria Estrutural – Projeto executivo

## RESUMO

SANTOS, Aruac Alves, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, Julho de 2013. **Sistema para Projeto de Edifícios de Alvenaria Estrutural pelo Método dos Estados-Limite: Módulo de Análise e Dimensionamento.** Orientadora: Rita de Cássia Silva Sant'Anna Alvarenga. Coorientadores: Kléos M. Lenz Cesar JR e Reginaldo Carneiro da Silva.

O crescimento do mercado imobiliário no Brasil, principalmente para as faixas de renda média e baixa é um incentivo ao uso da alvenaria estrutural, em virtude da economia e racionalidade geradas pelo sistema. Esses fatores servem de incentivos às empresas que estão inseridas nesse ramo para investirem em pesquisas, no uso de novos materiais e em processos de análise e dimensionamento mais sofisticados, que permitam avaliar as situações críticas com maior rapidez. Neste contexto, o uso de programas computacionais possibilitam a obtenção de um projeto racionalizado, contribuindo para o incremento dos fatores precisão e eficiência. Até pouco tempo atrás, o dimensionamento da alvenaria estrutural era feito com base no Método das Tensões Admissíveis. Nas normas atuais de alvenaria estrutural de blocos de concreto (ABNT NBR 15961-1:2011) e de blocos cerâmicos (ABNT NBR 15812-1:2010), o método de cálculo utilizado é o Método dos Estados Limites, que possui base semiprobabilística. Este método considera uma estrutura segura aquela que não atinge nenhum estado limite durante a sua vida útil. Neste trabalho apresenta-se uma ferramenta computacional desenvolvida em linguagem AutoLISP e DCL capaz de realizar a análise e o dimensionamento de edifícios de alvenaria estrutural pelo método dos estados-limite. O programa permite a determinação dos esforços em paredes estruturais de alvenaria submetidas às ações verticais (peso próprio e reações das lajes), assim como às ações horizontais (vento e desaprumo). Para as ações verticais, o programa utiliza o método das Paredes isoladas e o método de Grupos de paredes, e para as ações horizontais, permite-se levar em consideração ou não a existência de abas nos painéis de contraventamento. A ferramenta desenvolvida utiliza a mesma plataforma gráfica empregada para os desenhos de projeto em geral (AutoCAD). Dentre outras facilidades, a ferramenta permite, de uma maneira interativa, a interpretação automática dos elementos estruturais da edificação (lajes e paredes) e a distribuição das ações atuantes. O aplicativo permite ainda a geração de um memorial de cálculo para as etapas de obtenção das ações verticais e horizontais e das tensões, além de outro, à parte, para o

dimensionamento e as demais verificações. Para validar o módulo, é apresentada uma comparação entre o cálculo manual e os resultados gerados pelo programa para um edifício padrão de alvenaria estrutural de quatro andares. As diferenças encontradas na comparação foram menores que 2,0%. O aplicativo desenvolvido demonstrou grande eficiência, facilidade de uso e rapidez na avaliação de projetos de alvenaria estrutural.

## ABSTRACT

SANTOS, Aruac Alves, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2013. **System for Design of Structural Masonry Buildings by Method of Limit States: Analysis Module and Dimensioning.** Adviser: Rita de Cássia Silva Sant'Anna Alvarenga. Co-advisers: Kléos M. Lenz Cesar JR and Reginaldo Carneiro da Silva.

The growth of the real estate market in Brazil, mainly for ranges middle and low income is an incentive to the use of structural masonry, due to the economy and rationality generated by the system. These factors serve as incentives to companies that are inserted in this branch to invest in research, in the use of new materials and processes for the analysis, and more sophisticated dimensioning, which allow the assessment of critical situations more quickly. In this context, the use of computer programs make it possible to obtain a rationalized design, helping to increase the accuracy and efficiency factors. Until recently, the dimensioning of structural masonry was done based on the method of Allowable Stresses. In the Brazilian current standards for structural masonry of concrete blocks (ABNT NBR 15961-1:2011) and ceramic blocks (ABNT NBR 15812-1:2010), the method of calculation used is the Method of Limit States, which has a semi-probabilistic base. This method considers that a safe structure is the one that has not reached any limit state during its lifetime. This work presents a computational tool, developed in the AutoLISP language and DCL, which is able to perform the structural analysis and dimensioning of masonry buildings by the Method of Limit States. The program also allows the determination of the efforts in structural masonry walls, subjected to vertical loads (self weight and reactions from the slabs), as well as the horizontal loads (wind and state of being out of plumb) . For vertical actions, the program uses the method of isolated walls and wall groups , and for the horizontal actions, allows it to take into consideration whether or not the existence of flange in panels bracing. The developed tool uses the same platform used for the graphic designs in general (AutoCAD). Among other facilities, the tool allows, in an interactive way, the automatic interpretation of the structural elements of the building (walls and slabs) and the distribution of the actions. The application also allows the creation of a memorial of calculating for steps of obtaining the vertical and horizontal actions and the tensions, besides another, aside, for sizing and other checks. Is presented a comparison between manual calculation and the results generated by the program for a four-story masonry building. The differences found in the comparison were lower than 2.0%. The

application developed has shown great efficiency, ease to use, and rapid evaluation of masonry designs.

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1 Generalidades

A alvenaria estrutural é um sistema construtivo amplamente utilizado em grande parte do mundo devido as suas vantagens em relação aos processos construtivos tradicionais. É um sistema racionalizado que dispensa o uso de vigas e pilares, visto que os elementos que desempenham a função estrutural são de alvenaria. Esses elementos devem ser dimensionados através de métodos racionais e com auxílio da normatização vigente.

Os principais componentes deste processo construtivo são: a unidade (bloco ou tijolo), a junta de argamassa, o graute e a armadura. Os materiais mais utilizados para confecção das unidades são: o concreto, a cerâmica, a sílica-calcária e o concreto celular autoclavado.

De acordo com a ABNT NBR 15961-1:2011, o elemento de alvenaria pode ser armado ou não armado, sendo que elemento é uma parte da estrutura suficientemente elaborada, constituída da reunião de dois ou mais componentes. Elemento de alvenaria não armado é aquele no qual não há armadura dimensionada para resistir aos esforços solicitantes e elemento armado é aquele que utiliza armaduras passivas para resistir aos esforços solicitantes.

A principal vantagem da alvenaria estrutural, segundo Ramalho e Corrêa (2003), está na racionalização do processo construtivo, que corresponde à redução de etapas e especializações de mão-de-obra envolvida, como armadores e carpinteiros, com conseqüente redução do tempo de execução, do consumo de materiais e dos desperdícios gerados em relação às obras de concreto armado. Outras vantagens que

merecem destaque são: acabamentos de menor espessura, devidos à precisão dimensional dos blocos utilizados; economia de formas, entre outros.

Na alvenaria estrutural, é possível a aplicação da técnica de coordenação modular, que se constitui no primeiro passo para a racionalização da construção. Esta técnica implica em estabelecer todas as dimensões da estrutura como múltiplos da unidade básica, evitando cortes, desperdícios e improvisações. Enfim, é possível desenvolver um sistema racionalizado que resulta na melhoria de qualidade do produto final e em significativa economia.

Outra vantagem é que, nas paredes estruturais, as cargas são distribuídas e não concentradas, como no caso de estruturas usuais de concreto armado. Desta forma, pode-se utilizar fundações em radier ou sapata corrida.

Entretanto, a alvenaria estrutural também apresenta algumas desvantagens como: necessidade de mão-de-obra especializada e impossibilidade de arranjos estruturais não previstos no projeto. Como os blocos não podem ser cortados, deve-se prever o uso de paredes não estruturais ou *shafts*, para atender às modificações nos projetos de instalações hidrossanitárias e elétricas.

Dos pontos negativos, de acordo com Ramalho e Corrêa (2003), o que chama mais a atenção é a dificuldade de adaptar a arquitetura em função das necessidades dos seus usuários. Isso acaba agindo como um fator inibidor nas vendas e pode afetar a segurança da estrutura em caso de modificações feitas por usuários desinformados.

O crescimento do mercado imobiliário no Brasil, principalmente para as faixas de renda média e baixa é um incentivo ao uso da alvenaria estrutural, em virtude da economia e racionalidade geradas pelo sistema. Esses fatores servem de incentivos às empresas que estão inseridas nesse ramo para investirem em pesquisas, no uso de novos materiais e em processos de análise e dimensionamento mais sofisticados, que permitem avaliar as situações críticas com maior precisão e rapidez. Neste contexto, o uso de programas computacionais permitem a obtenção de um projeto racionalizado, contribuindo para a solução dos fatores precisão e eficiência.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivos Gerais**

O trabalho tem como objetivo principal:

- ✓ A implementação de uma ferramenta computacional para análise e dimensionamento de edifícios de alvenaria estrutural, submetidos a ações verticais e horizontais, segundo as novas normas de alvenaria estrutural (ABNT 15812-1:2010 e ABNT NBR 15961-1:2011), utilizando linguagem AutoLisp e DCL (Dialog Control language), conceitos de engenharia de estruturas e desenvolvida na plataforma gráfica AutoCAD.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

Os objetivos específicos do presente trabalho são:

- ✓ Calcular as reações das lajes de concreto armado nas paredes estruturais pelo método das linhas de ruptura, a partir da planta baixa obtida, utilizando-se de rotinas específicas para o cálculo das áreas e multiplicando estas pelos carregamentos distribuídos sobre as lajes.
- ✓ Obter as tensões normais de compressão devidas às ações verticais ao longo do edifício.
- ✓ Obter as tensões normais de flexão atuantes devidas às ações horizontais, utilizando a Teoria de Vigas da Resistência dos Materiais.
- ✓ Dimensionar as paredes da edificação, conforme as normas de alvenaria estrutural, para as tensões obtidas com base nas ações verticais e horizontais.
- ✓ Indicar para cada nível a resistência característica dos blocos a serem usados na edificação.

- ✓ Disponibilizar uma ferramenta de apoio ao ensino de alvenaria estrutural para a disciplina de Alvenaria Estrutural oferecida pelo Departamento de Engenharia Civil da UFV.
- ✓ Contribuir para o desenvolvimento e divulgação da alvenaria estrutural na região de Viçosa, com informações sobre os procedimentos de cálculo estrutural deste tipo de construção.

### **1.3 Justificativa e relevância do tema**

O uso de recursos computacionais permite a avaliação de diversas possibilidades e configurações em busca da melhor solução para um projeto estrutural. Assim, os engenheiros podem explorar diversas alternativas de projeto, em busca de otimização e racionalização.

A programação para ambientes CAD possibilita a automatização de rotinas repetitivas, melhora o desempenho do projetista e permite um desenvolvimento rápido e de baixo custo de aplicativos, além da interação pela linha de comando e por menus. O AutoCAD permite ainda: executar programas por meio da barra de comandos e programar por meio da linguagem AutoLISP.

O AutoLISP é proveniente da linguagem LISP, muito utilizada na implementação de programas de Inteligência artificial (IA). O AutoCAD tem um interpretador de LISP embutido, onde se pode criar rotinas para a plataforma CAD e avalia-las. As principais vantagens de um programa escrito na linguagem AutoLISP são: a rapidez; a segurança e a portabilidade. Dificilmente um programa incorrerá em erro de processamento ou alto consumo de memória.

Segundo Usuda (2003), a cadeia produtiva da construção civil representa mais de 15% do PIB (Produto Interno Bruto) nacional, logo a utilização da informática tem a finalidade de aumentar a eficiência e produtividade do setor, bem como agregar mais dinamismo e precisão aos projetos e informações gerados.

Dominar novas técnicas e materiais em um mercado onde a iniciativa e a competição são naturais pode ser a chave para um empreendimento bem sucedido, além de implicar na otimização do aproveitamento de recursos como energia, tempo e capital.

Portanto, esse trabalho de pesquisa vai ao encontro da necessidade de viabilizar o projeto em alvenaria estrutural de forma racional e eficiente. Neste contexto, as ferramentas de computação gráfica podem ser vistas como fortes aliadas por proporcionarem precisão e produtividade requeridas no processo de geração de projetos.

Na região de Viçosa, o uso da alvenaria estrutural é pouco difundido por diversos fatores, dentre eles, cita-se: a carência de blocos estruturais; a falta de conhecimento, por parte dos projetistas, da metodologia utilizada no dimensionamento e a falta de ferramentas de apoio ao desenvolvimento de projeto. Desta forma, este projeto tem o intuito de contribuir para o fortalecimento do uso da alvenaria estrutural na região, através da geração de uma ferramenta de apoio, que seja capaz de analisar e dimensionar, edifícios em alvenaria estrutural.

#### **1.4 Estrutura da dissertação**

Essa dissertação é dividida em seis capítulos, descritos a seguir:

No Capítulo 1, é feita uma introdução ao assunto, apresentando a justificativa ao tema escolhido e os objetivos propostos, além da estrutura do trabalho.

No Capítulo 2, é apresentada uma revisão bibliográfica, que aborda conceitos e métodos pertinentes ao assunto. São descritos: o MTA (Método Das Tensões Admissíveis) e o MEL (Método dos Estados-Limite), sendo que este último será utilizado neste trabalho.

No Capítulo 3, é apresentada a metodologia utilizada, abordando os programas, linguagens e normas utilizados para a implementação do aplicativo, bem como os testes realizados.

No Capítulo 4, é feita uma descrição do programa. Mostram-se os menus e janelas do aplicativo, além de uma explicação detalhada das etapas percorridas pelo usuário.

O Capítulo 5 compreende a discussão dos resultados. Neste capítulo é feita uma comparação entre os resultados encontrados pelo programa segundo a norma antiga, com base no Método das Tensões Admissíveis, e segundo as novas normas, com base no Método dos Estados-Limite. São também efetuadas comparações com o cálculo manual com o auxílio de planilhas.

No Capítulo 6, encontram-se as conclusões e as sugestões para trabalhos futuros.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Histórico

Segundo Lavandoscki *et al.* (2011), a alvenaria é um dos mais antigos métodos de construção e o de maior aceitação pelo homem, tendo em vista o número de construções que empregam esta técnica construtiva.

No início da civilização, algumas características eram marcantes: a construção de moradias e o esforço para que elas durassem o máximo possível. Logo, foram utilizados blocos de diversos materiais, como argila, pedra e outros que desencadearam a construção de habitações, monumentos e templos religiosos que atravessaram o tempo. De acordo com Camacho (2006), as construções da época seguiam critérios empíricos, baseados nos conhecimentos adquiridos ao longo dos séculos, e apresentavam grandes espessuras devido à falta de conhecimento de métodos racionais.

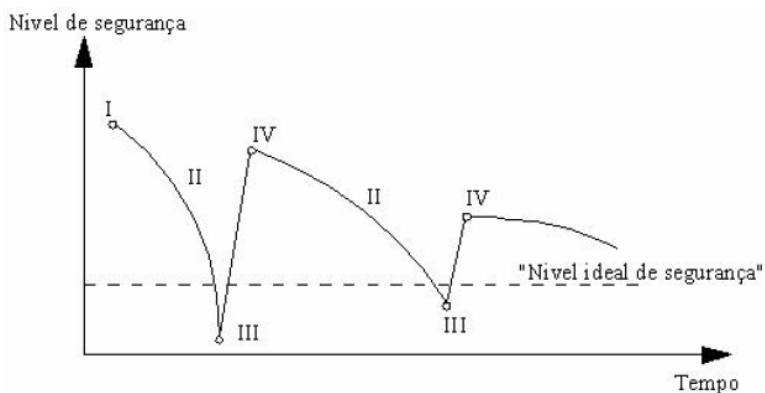
Alguns exemplos: a pirâmide de Queóps, construída por mais de dois milhões de blocos de pedra que datam de aproximadamente 2600 a.C.; o Farol de Alexandria, com 134 m de altura e que data de 280 a.C.; a Catedral de Reims, que demonstra uma técnica mais elaborada em se conseguir vãos grandes com a utilização de estruturas comprimidas; o Coliseu, com capacidade para 50.000 pessoas e foi construído por volta do ano 70 d.C (RAMALHO E CORRÊA, 2003).

“Se um construtor ou mestre de obras construiu uma casa para um homem, mas a obra não foi realizada convenientemente e se a casa que construiu ruir e causar a morte do dono da casa, esse construtor deverá ser morto. Se causar a morte do filho do dono dessa casa, o filho do construtor deverá ser morto”. O texto acima se refere ao código de Hammurabi (imperador da Babilônia entre 1792 a.C. e 1750 a.C.) e trata de uma das primeiras regras de segurança estrutural.

Nos dias atuais, uma estrutura, para ser considerada competitiva, deve reunir três requisitos: segurança, economia e durabilidade.

A segurança diz respeito à capacidade de resistir a esforços ao longo de sua vida útil sem que seu desempenho seja afetado. Como não havia conhecimento do comportamento dos materiais, eram utilizadas somente a experiência e a intuição, e as obras eram baseadas em construções bem sucedidas realizadas anteriormente, não tendo preocupação em quantificar a segurança.

A Figura 2.1 mostra a evolução do nível de segurança adotado nas edificações ao longo do tempo. Quando uma estrutura é construída pela primeira vez o nível de segurança é alto, por falta de experiência e confiança do projetista, resultando em estruturas superdimensionadas ou robustas. A partir de experiências bem sucedidas, o projetista tende a baixar o nível de segurança, o que resulta em estruturas mais leves. Isso ocorre até que haja uma falha, muitas vezes trágica, com perdas de vidas. Em contrapartida, as exigências de segurança aumentam muitas vezes mais que o necessário. Por fim, todo o processo se repete até que se atinja o nível ideal de segurança.



**Figura 2.1 – Evolução do nível de segurança estrutural ao longo do tempo (ATAÍDE, 2005).**

A abordagem empírica perdurou até o início do século XIX. No século XX foram desenvolvidas teorias racionais para o dimensionamento das estruturas. Com o desenvolvimento das indústrias, principalmente a siderúrgica, movido pela revolução industrial, aumentou a necessidade de se conhecer melhor a mecânica das estruturas, desenvolvendo-se teorias que reproduziam os diversos comportamentos estruturais com

maior precisão e que possibilitaram o desenvolvimento de projetos mais racionais (ATAÍDE E CORRÊA, 2006).

Abandonaram-se então os métodos antiquados e foram aperfeiçoados métodos experimentais. Iniciou-se o desenvolvimento de medidas de segurança baseadas nas novas teorias. Foi desenvolvido o método das tensões admissíveis que possui base determinística. Este método considera que os esforços podem ser analiticamente determinados admitindo-se um comportamento linear. Este método introduz a segurança no projeto mediante o estabelecimento de um coeficiente de segurança interno,  $\gamma_i$ , maior que a unidade. Em casos de elementos que apresentassem problemas de flambagem e que não fossem contidos lateralmente, incorporou-se o coeficiente de segurança externo  $\gamma_e$ . O método assegura que nas zonas críticas das peças a tensão admissível não seja ultrapassadas pelas tensões provocadas pelos carregamentos.

No entanto, o Método das Tensões Admissíveis apresenta algumas falhas. A principal é que o método apresenta uma distância considerável entre a situação de uso da estrutura e aquela que corresponderia ao colapso, devido às relações serem postas em termos de tensões. O método não faz a verificação de situações de serviço, que poderiam invalidar a estrutura, como por exemplo, provocar grandes deformações (ZAGOTTIS, 1974).

A necessidade de controlar o risco de forma racional conduziu à noção da segurança de forma probabilística, associando vários casos que deveriam ser evitados identificando o seu nível de risco. Novos critérios foram desenvolvidos com o intuito de determinar as situações a evitar e a importância das consequências para o caso de ocorrência de colapso. Foram atribuídos então coeficientes de segurança que gerassem uma probabilidade muito pequena de ocorrência dos casos de acordo com a avaliação de sua importância. Assim, surgiu o Método dos Estados-Limite. Este método considera uma estrutura segura aquela que não atinja nenhum estado limite durante a sua vida útil (ATAÍDE E CORRÊA, 2006).

Em 1923, na Índia, surgiu o primeiro relato do uso racional da alvenaria estrutural realizado com estudos teóricos e experimentais por A. Brebner (FRANCO, 1987). A partir desse estudo, surgiram diversas pesquisas que procuravam elucidar o comportamento estrutural da alvenaria perante diferentes tipos de carregamentos.

Camacho (1986) alega que isso fez com que o conhecimento sobre a alvenaria aumentasse mais que todo o alcançado em tempos anteriores.

Por volta de 1950, começaram a surgir, principalmente na Suíça, normas para cálculos da espessura das paredes de alvenaria com base em métodos racionais e experimentações laboratoriais. Em 1950, Paul Haller, construiu na Basileia, Suíça, um edifício com 13 pavimentos e 42 m de altura, executado em alvenaria estrutural não armada e cujas espessuras das paredes internas e externas são respectivamente 15 e 37,5 cm. Os anos 1960 e 1970 foram marcados por pesquisas e elaboração de modelos matemáticos, enfocando cargas estáticas e dinâmicas, além das ações de caráter excepcional, como explosões.

No Brasil, o sistema construtivo é utilizado desde a chegada dos portugueses ao Brasil. Entretanto, só foi utilizado como sistema construtivo racionalizado e econômico muito tempo depois. Na década de 1960 foi introduzida a alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto, com prédios de até quatro pavimentos e com os procedimentos baseados em normas americanas. Em 1972, foram construídos edifícios mais elevados em São Paulo, um exemplo é o Central Parque da Lapa, com 12 pavimentos em alvenaria armada. Apenas em 1977, teve-se notícia dos primeiros edifícios em alvenaria não armada, construída com blocos sílico-calcáreos, com espessura de 24 cm para as paredes estruturais (RAMALHO E CORRÊA, 2003).

Em 1989, surge a ABNT NBR 10837:1989, que utiliza como critério para dimensionamento o valor médio da resistência dos primas e o método das tensões admissíveis para dimensionamento e verificação da segurança. No entanto este método é considerado antieconômico e não atende às necessidades de um projeto mais realista (ATAÍDE E CORRÊA, 2006).

Em 2010, foi publicada a ABNT NBR 15812-1:2010, que utiliza o Método dos Estados-Limite para dimensionamento e verificação da segurança. Assim, como nos outros sistemas construtivos, a alvenaria estrutural de blocos cerâmicos passa a ter uma norma que possibilita a elaboração do dimensionamento de modo mais seguro e econômico.

Por fim, em 2011, foi elaborada a ABNT NBR 15961-1:2011, uma norma com critérios atuais para o dimensionamento da alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto, também com base no Método dos Estados-Limite.

## **2.2 Concepção Estrutural**

De acordo com Accetti (1998), entende-se por concepção estrutural de um edifício a definição, no projeto, dos elementos que suportarão os carregamentos provenientes das ações verticais e horizontais.

Segundo Parsekian e Soares (2010), a função da estrutura é promover o caminhamento das ações externas para a fundação e, conseqüentemente, para o terreno em que o edifício se apoia. Nos edifícios projetados em alvenaria, o sistema estrutural é formado pelas paredes, com ou sem aberturas, e pelas lajes. As lajes têm como funções transmitir as ações horizontais às paredes de contraventamento e servir de ligação entre as paredes de um pavimento, fornecendo monolitismo ao conjunto e conferindo enrijecimento ao edifício como um todo. As paredes devem resistir aos carregamentos provenientes das lajes, de seu peso próprio e da ação do vento, além do efeito do desaprumo. Visto que as paredes estruturais são responsáveis pela distribuição das ações no edifício, e essas se encontram em grande quantidade, as tensões que chegam ao solo são relativamente baixas e com uma distribuição melhor que em edifícios de concreto armado. Assim, de acordo com Parsekian e Soares (2010), caso o solo seja de boa qualidade, pode-se fazer uso de sapatas corridas, e caso o solo não seja de boa qualidade, podem ser utilizadas estacas de pequena capacidade, pouco espaçadas, com uso de vigas baldrames com armação leve.

Inicialmente, devem-se escolher quais serão as paredes estruturais da edificação, sendo que essa escolha deve ser feita levando em conta vários fatores como: utilização da edificação, existência ou não de simetria na estrutura, passagem de tubulações, dentre outros (ACCETTI, 1998).

A simetria é um fator de grande importância na concepção estrutural, pois afeta diretamente a distribuição das ações horizontais, visto que a disposição das paredes estruturais é responsável pela rigidez do edifício. Quando a ação do vento se dá segundo

o eixo de simetria da estrutura, as lajes apenas transladam nessa direção, no entanto quando a ação se dá em torno de um eixo que não seja o de simetria, ocorrem rotações que provocam torção no edifício. Por esse motivo é desejável que a estrutura de alvenaria estrutural seja o mais simétrica possível, evitando-se o uso de estruturas muito assimétricas, que introduzem esforços indesejáveis e tornam o cálculo das ações mais complexo. Logo, deve-se ressaltar que o projetista e o arquiteto devem trabalhar em conjunto, principalmente na fase de concepção estrutural.

### **2.3 Análise estrutural**

A análise estrutural consiste nos procedimentos necessários para a determinação dos esforços em elementos lineares e das tensões nos demais elementos, com vistas ao dimensionamento de todos os elementos da estrutura em questão (ACCETTI, 1998).

### **2.4 Ações verticais**

As cargas a serem consideradas em uma edificação dependem do seu tipo e da sua utilização. Todavia, as principais cargas atuantes nas paredes de um edifício residencial de alvenaria estrutural são: o peso próprio das paredes e as reações das lajes.

Os valores mínimos a serem adotados pelo projetista devem ser obtidos consultando a ABNT NBR 6120:1980. Na Tabela 2.1 encontram-se, apenas como referência, alguns dos principais valores de carregamento adotados para cálculo de edifícios residenciais. Estes valores são indicativos e, em casos particulares, podem e devem ser alterados conforme o bom senso do projetista.

**Tabela 2.1 – Peso específico de alguns materiais conforme a ABNT NBR 6120: 1980.**

Material	Peso Específico (kN/m <sup>3</sup> )
Granito ou mármore	28
Tijolos cerâmicos furados	13
Tijolos cerâmicos maciços	18
Argamassa, cimento e areia	21
Concreto simples	24
Concreto armado	25

Obtêm-se o peso próprio das paredes ao multiplicar o peso específico da alvenaria ( $\gamma$ ) pela espessura do bloco e pela altura da parede. O valor de  $\gamma$  pode ser calculado considerando os pesos específicos dos diferentes materiais que compõem a parede de alvenaria e fazendo uma composição. Os valores usuais para o cálculo estão apresentados na Tabela 2.2.

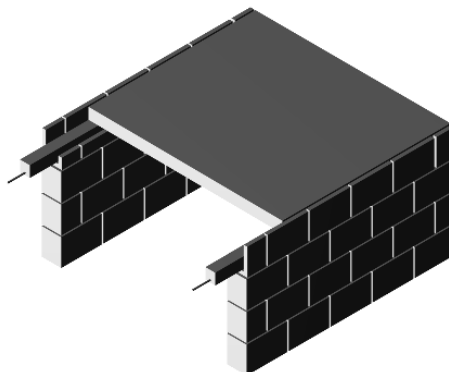
**Tabela 2.2 – Pesos específicos para cálculo de peso próprio de paredes de alvenaria.**

Tipo de alvenaria	Peso específico (kN/m <sup>3</sup> )
Blocos vazados de concreto	14
Blocos vazados de concreto preenchidos com graute	24
Blocos cerâmicos	12

As ações atuantes nas lajes de edifícios podem ser classificadas em dois tipos: ações permanentes e ações variáveis. As ações permanentes principais são oriundas do peso próprio, do peso do contrapiso, da pavimentação e/ou revestimento e das paredes não estruturais. A ação variável usualmente considerada é a sobrecarga de utilização. Os valores mínimos das sobrecargas a serem adotados pelo projetista estão prescritos na ABNT NBR 6120:1980, que trata das Cargas para Cálculo de Estruturas de Edificações.

As paredes estruturais servem de apoio para as lajes que descarregam suas cargas sobre elas, como visto na Figura 2.2. As reações das lajes são calculadas de acordo com a sua

vinculação e quanto à direção ou direções da armadura principal (armada em uma ou duas direções).



**Figura 2.2 – Laje apoiada sobre paredes.**

No caso de lajes pré-moldadas e armadas em uma direção, deve-se considerar a região de influência de cada apoio. Para isso, deve-se delimitar uma linha paralela que separa a influência de cada apoio em função da sua vinculação. Em um vão  $L$ , as distâncias a serem consideradas são (RAMALHO E CORRÊA, 2003):

- ✓  $0,5L$  entre dois apoios de mesmo tipo;
- ✓  $0,38L$  do lado simplesmente apoiado e  $0,62L$  do lado engastado;
- ✓  $1,0L$  do lado engastado quando a outra borda for livre.

No caso de lajes armadas em duas direções, existem diversos processos para o cálculo dessas reações, dentre os quais: o das linhas de ruptura, as Tabelas de Marcus, as Tabelas de Czerny, a Teoria da elasticidade, entre outros. A ABNT NBR 6118: 2007 estabelece como critério para cálculo de reações em lajes retangulares com carregamentos distribuídos, o processo das linhas de ruptura que consiste em adotar os seguintes ângulos entre dois lados perpendiculares:

- ✓  $45^\circ$  entre apoios de mesmo tipo;
- ✓  $60^\circ$  a partir do lado engastado se o outro for simplesmente apoiado;

- ✓  $90^\circ$  a partir de qualquer apoio quando a borda vizinha for livre.

As duas primeiras situações podem ser vistas na Figura 2.3.

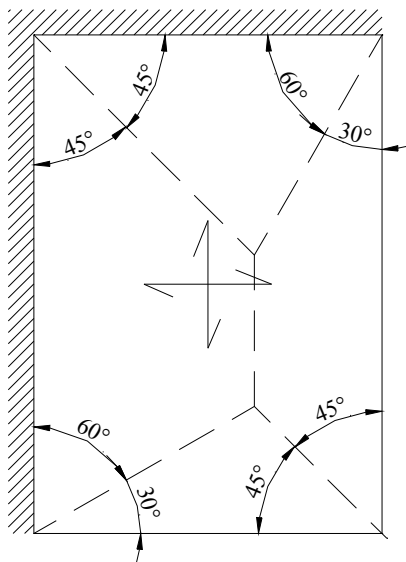


Figura 2.3 – Regiões de influência para apoios em laje armada em duas direções.

#### 2.4.1 Distribuição das ações verticais

Em edifícios de alvenaria estrutural as paredes são solicitadas de maneira diferenciada umas das outras. Entretanto, a fim de evitar erros na execução de uma parede, como a utilização de um bloco que tenha resistência inferior à mínima necessária, opta-se por especificar apenas uma resistência para todos os blocos a serem utilizados naquele pavimento. Logo, a resistência do bloco é determinada pela parede mais solicitada, e se utiliza o mesmo bloco nas demais.

Estudos realizados têm mostrado que as paredes estruturais que trabalham em conjunto, entre si e com as lajes, permitem uma melhor distribuição dos esforços. Assim, as paredes mais carregadas servem-se das menos carregadas para aliviarem seus efeitos, propiciando um alívio de tensões, o que é muito favorável e permite uma grande economia (OLIVEIRA Jr. e PINHEIRO, 1994b).

Utilizando a propriedade da distribuição de cargas entre as paredes, obtêm-se menores esforços nelas e maior economia. No entanto, para que esta propriedade se verifique

deve ser garantida a uniformização das ações verticais ao longo da altura da edificação, através de amarração das paredes entre si e de sua ligação com as lajes. Para isso, é desejável que as lajes sejam armadas em duas direções. A pior condição seria a de paredes não amarradas e lajes armadas em uma direção, o que, sempre que possível, deve ser evitado. Caso isso não seja observado, corre-se o risco de se comprometer a edificação (ACCETTI, 1998).

Quando as paredes não estão amarradas entre si, não é possível a transmissão de tensões de uma parede para outra. Neste caso, o modelo mais aproximado para distribuição de ações verticais é o das Paredes Isoladas. No entanto, se existir amarração entre as paredes, o modelo de Grupos de Paredes Sem Interação representa melhor o comportamento estrutural e deve ser utilizado.

a) Paredes isoladas

Consiste em considerar as paredes não interagindo umas com as outras, o que torna a análise rápida, simples e também segura. As paredes são tratadas como elementos independentes. No entanto, é um procedimento antieconômico, conduzindo a especificações de blocos com resistências relativamente altas. Segundo Ramalho e Corrêa (2003), essa distribuição não é a que mais se assemelha com a realidade, pois há uma interação entre paredes onde ocorre amarração direta. Logo, deve-se utilizar este processo apenas em prédios baixos, onde os efeitos negativos são menores.

b) Grupos de Paredes sem interação

Esse procedimento possibilita a interação entre paredes interligadas e leva à especificação de blocos mais econômicos. Um grupo é um conjunto de paredes que trabalham de forma solidária, sendo os grupos separados pelas aberturas (portas e janelas). O procedimento é um pouco mais trabalhoso que o anterior, porém, ainda bastante simples. No entanto, deve-se tomar todo o cuidado na hora de estabelecer os grupos de paredes, com o risco de tornar o projeto antieconômico ou inseguro. É um procedimento indicado para edifícios de qualquer altura, a única ressalva é avaliar se ocorrem as forças de interação entre cantos e bordas. Se essas forças não se fizerem

presentes, como no caso de uma junta a prumo, não ocorrerá a uniformização das cargas que atuam sobre as paredes, que é a condição essencial para esse procedimento.

## 2.5 Ações horizontais

As principais ações horizontais a serem consideradas são: vento e desaprumo, conforme descrito a seguir. Em áreas sujeitas a abalos sísmicos, deve-se computar ainda o efeito dessa ação ao cálculo.

### 2.5.1 Ação do Vento

Para a consideração do efeito do vento utiliza-se a ABNT NBR 6123:1988 – Forças devidas ao vento em edificações. A ação do vento em alvenaria estrutural é particularmente crítica em edifícios mais elevados, pois introduz tensões de tração nas paredes que apresentam baixíssima resistência a esse tipo de solicitação.

O vento atua sobre as paredes perpendiculares à sua direção, que por sua vez transmitem as ações para as paredes de contraventamento, através das lajes que atuam como diafragmas, proporcionando assim, rigidez ao conjunto. Os painéis de contraventamento são aqueles dispostos na direção paralela à de atuação do vento, conforme mostrado na Figura 2.4. (RAMALHO E CORRÊA, 2003).

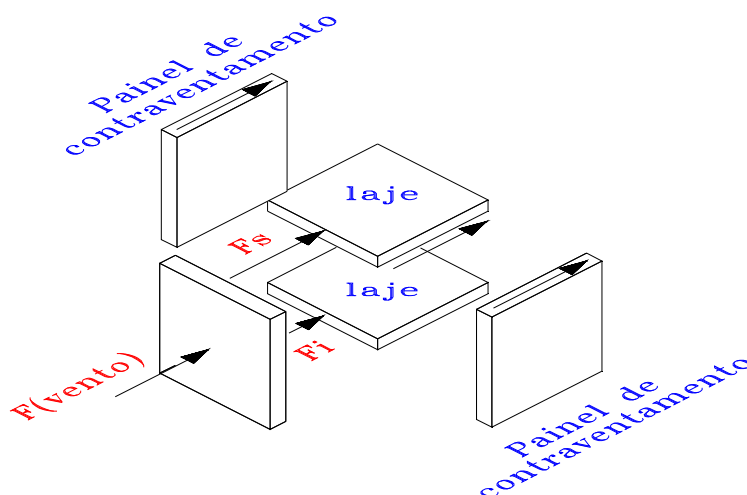


Figura 2.4 – Atuação do vento e distribuição das ações do vento entre painéis de contraventamento.

(Ramalho e Corrêa, 2003)

### 2.5.2 Ação do desaprumo

O desaprumo passou a ser uma ação obrigatória apenas com a elaboração da ABNT NBR 15812-1:2010. Antes, Ramalho e Corrêa (2003) sugeria que o efeito do desaprumo fosse considerado através da norma alemã DIN-1053, que admite um ângulo para o desaprumo do eixo da estrutura como mostra a equação (2.1):

$$\theta_a = \frac{1}{100\sqrt{H}} \quad (2.1)$$

Onde:

$\theta_a$  - Ângulo de desaprumo em radianos;

$H$  - Altura total do edifício em metros.

A ABNT NBR 15812-1:2010 prescreve o cálculo do ângulo de desaprumo segundo a norma alemã DIN-1053, ou seja, considera que, para edifícios de andares múltiplos, deve ser levado em conta um desaprumo global, medido através do ângulo  $\theta_a$ , em radianos, dado pela equação (2.1), e mostrado na Figura 2.5. A ABNT 15961-1: 2011 introduz um limite superior para o desaprumo, dado pela equação (2.2).

$$\theta_a \leq \begin{cases} \frac{1}{100\sqrt{H}} \\ \frac{1}{40H} \end{cases} \quad (2.2)$$

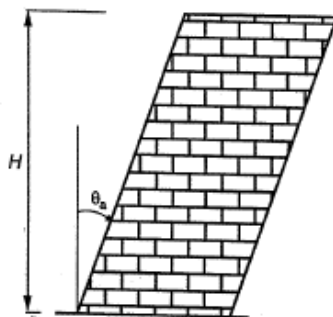


Figura 2.5 – Imperfeições geométricas globais. (ABNT NBR 15961-1:2011).

Através da Tabela 2.3 percebe-se que o desaprumo relativo decresce em relação à altura do edifício, o que parece bastante coerente, uma vez que há uma tendência de se

compensar o desaprumo do andar inferior à medida que o edifício vai sendo executado. A limitação  $1/40H$  tende a diminuir o efeito do desaprumo, com o aumento da altura do edifício, ou seja, a partir de aproximadamente três pavimentos passa a predominar a parcela  $1/40H$ .

**Tabela 2.3 – Valor do desaprumo em radianos em função da altura da edificação.**

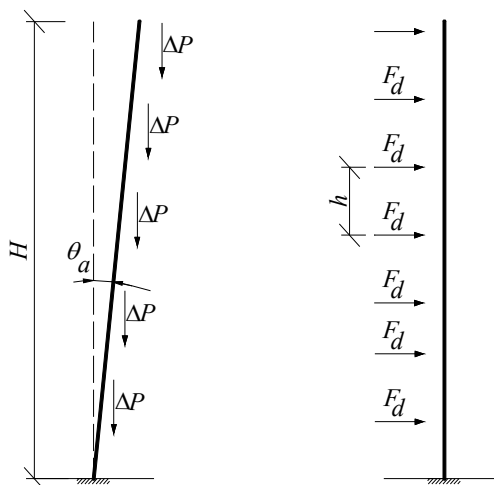
$H$ (m)	$1/100\sqrt{H}$	$1/40H$	$\theta_a$ (rad)
2,80	1/167	1/112	1/167
5,60	1/237	1/224	1/237
8,40	1/290	1/336	1/336
11,20	1/335	1/448	1/448

De posse do ângulo  $\theta_a$ , determina-se a ação lateral que produz efeito equivalente ao desaprumo, como mostrado na expressão (2.3). Na Figura 2.6, apresenta-se o esquema do efeito do desaprumo e as ações horizontais equivalentes.

$$F_d = \Delta P \cdot \theta_a \quad (2.3)$$

Onde:

$\Delta P$ : peso total do pavimento, considerando as ações permanentes com seus valores característicos.



**Figura 2.6 – Ação lateral equivalente ao desaprumo.**

### 2.5.3 Distribuição das ações horizontais

#### 2.5.3.1 Consideração das abas ou flanges

A rigidez de um edifício será determinada pelas lajes e pelas paredes de contraventamento que irão resistir às ações horizontais. Contudo a consideração da parede de contraventamento isolada não condiz com a rigidez real que ela proporciona. Estudos comprovam que há uma contribuição das paredes transversais (devidamente amarradas) às de contraventamento.

As recomendações normalizadas recomendam a consideração de trechos perpendiculares às paredes de contraventamento, formando com estas, seções compostas, aumentando significativamente a inércia do conjunto e, conseqüentemente, sua rigidez à flexão. A consideração dessas abas só pode ser feita com a garantia de que as paredes estejam devidamente ligadas, sem existência de juntas a prumo ou, senão, presas umas às outras por meio de cintas convenientemente armadas para ligar as fiadas. Considere a Figura 2.7 ilustrando a contribuição das abas aos painéis de contraventamento.

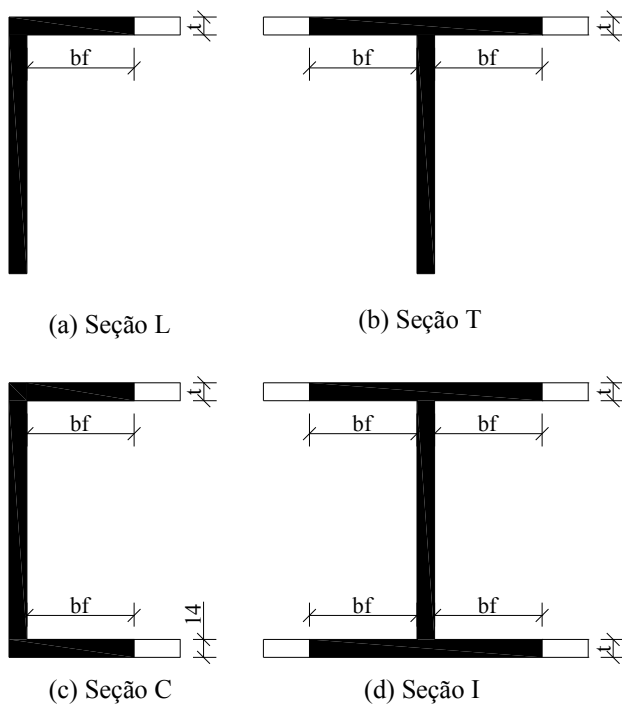


Figura 2.7 – Consideração de abas em painéis de contraventamento. (a) Seção L. (b) Seção T. (c) Seção C. (d) Seção I.

A consideração das abas pode ser facultativa, porém é mais vantajoso considerá-las, pois o ganho significativo de rigidez conduz a tensões menores nos trechos críticos das paredes proporcionando edificações mais econômicas. Além disso, essa consideração leva a resultados mais próximos da realidade, pois as parcelas das ações são distribuídas de acordo com as rigidezes encontradas. Sendo assim, a não consideração das abas implica em subestimar a rigidez dos painéis e, conseqüentemente, em uma distribuição incorreta das ações (RAMALHO E CORRÊA, 2003).

O comprimento das abas ou flanges depende das normalizações existentes. Segundo a ABNT NBR 15812-1:2010 e a ABNT NBR 15961-1:2011, o comprimento das flanges não devem exceder a seis vezes a espessura do bloco, ou seja,  $b_f \leq 6t$ . E de acordo com a ABNT NBR 10837:1989, o comprimento das flanges ( $b_f$ ) não devem exceder os seguintes valores:

$$b_f \leq \begin{cases} \frac{h}{12} & \text{para seção T ou I} \\ 6t & \end{cases} \quad (2.4)$$

$$b_f \leq \begin{cases} \frac{h}{16} & \text{para seção L ou C} \\ 6t & \end{cases}$$

Onde:

$h$  é a altura da parede acima da seção considerada;

$t$  é a espessura do bloco.

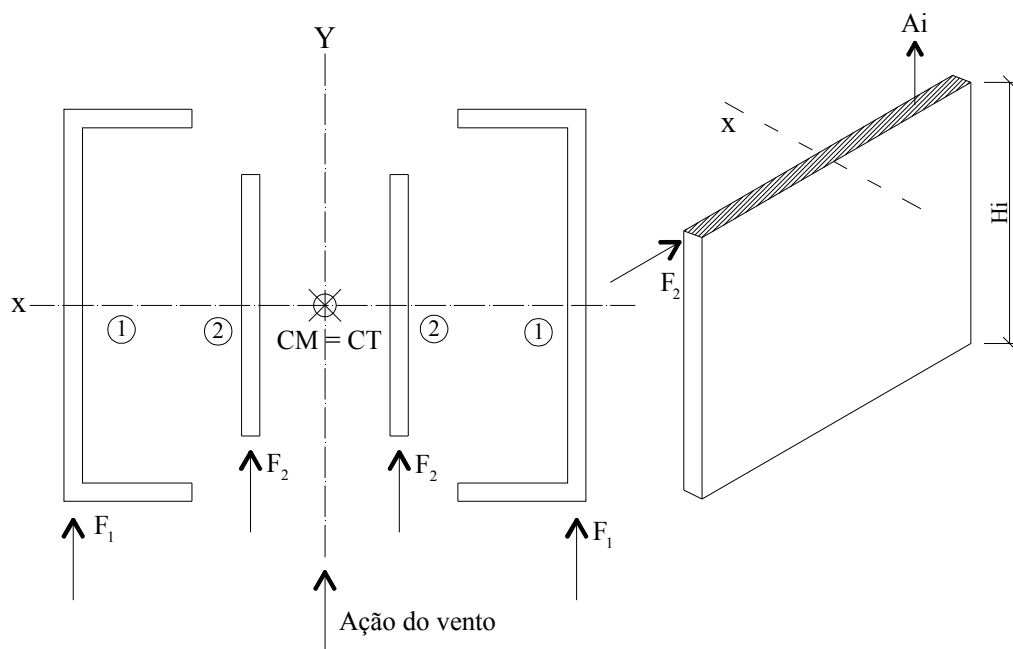
Existem diversos processos para se efetuar a distribuição das ações horizontais nos painéis de contraventamento. A seguir será tratado o método utilizado neste trabalho. Para um enfoque maior, pode-se consultar HENDRY (1981), ACETTI (1998), RAMALHO E CORRÊA (2003), entre outros autores.

### 2.5.3.2 Paredes isoladas

O procedimento das paredes isoladas é bastante simples e rápido, pois desconsidera qualquer interação entre paredes separadas por aberturas, sendo essas consideradas como se fossem vigas engastadas em sua extremidade inferior e livres na extremidade

superior. No entanto, esta consideração geralmente conduz a resultados de tensões relativamente altos.

Ele consiste em fazer a compatibilização dos deslocamentos dos diversos painéis para se encontrar o quinhão de carga em cada um. Determina-se a rigidez relativa de cada painel em função de suas propriedades elásticas e geométricas, tais como: módulo de elasticidade, inércia e altura. Segundo o ABCI (1990), nos painéis constituídos de paredes sem aberturas e em balanço, a rigidez é dada pela expressão (2.5) e os deslocamentos totais pela expressão (2.6), como mostrado na Figura 2.8:



**Figura 2.8 – Representação dos painéis de contraventamento.**

$$R_i = \frac{\Delta_i}{\sum \Delta} \quad (2.5)$$

$$\Delta_i = \frac{H_i^3}{3E_m I_i} + \frac{1,2H_i}{A_i E_v} = \Delta_{f,i} + \Delta_{c,i} \quad (2.6)$$

Onde:

$I_i$  - momento de inércia da parede  $i$  em torno de X ou Y;

$H_i$  - altura da parede  $i$ ;

$E_m$  - módulo de elasticidade longitudinal da alvenaria;

$E_v$  - módulo de elasticidade transversal da alvenaria;

$A_i$  - área da seção transversal da parede  $i$ ;

$\Delta_{f,i}$  - parcela do deslocamento devido à flexão;

$\Delta_{c,i}$  - parcela do deslocamento devido aos esforços cortantes.

Em paredes altas, onde a altura total é superior a cinco vezes a sua maior dimensão em planta, predomina a parcela de deslocamento devida à flexão, podendo-se, em caso de rigidez constante ao longo da altura, desprezar a parcela devida ao esforço cortante. Assim, a somatória de todas as rigidezes pode ser definida pela expressão (2.7):

$$\sum I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n \quad (2.7)$$

E a rigidez relativa de cada painel será dada pela expressão (2.8):

$$R_i = \frac{I_i}{\sum I} \quad (2.8)$$

Obtém-se a ação sobre cada painel conforme a expressão (2.9):

$$F_i = F_{TOT} \cdot R_i \quad (2.9)$$

Onde  $F_{TOT}$  é a ação total em um determinado pavimento.

Para a determinação das tensões, calculam-se os momentos fletores em cada painel e divide-se o valor encontrado pelo módulo de resistência à flexão, expressão (2.10):

$$\sigma_i = \frac{M_i}{W_i} \quad (2.10)$$

Onde:

$$W_i = \frac{I_i}{y_i} \quad (2.11)$$

Sendo  $y_i$  a maior distância entre o eixo que passa pelo centro de gravidade e a borda considerada, da parede  $i$ .

## 2.6 O método das tensões admissíveis

O método é baseado no conceito de que a tensão máxima que pode ocorrer em um material não pode exceder uma tensão admissível para o mesmo (ver equação (2.13)). A tensão admissível é dada pela expressão (2.13). Assim, tem-se que a equação (2.14) deve ser satisfeita.

$$\sigma_{m\acute{a}x} \leq \sigma_{adm} \quad (2.12)$$

$$\sigma_{adm} = \frac{R}{\gamma_i} \quad (2.13)$$

$$S = \frac{R}{\gamma_i} \quad (2.14)$$

Onde:

$S$  - é a máxima tensão atuante no material.

$R$  - é a tensão de ruptura ou de escoamento do material.

$\gamma_i$  - representa um coeficiente de segurança interno maior de 1.

Entretanto, o coeficiente de segurança interno foi questionado ao se perceber que, em muitos casos, o que ocasionava a ruptura da estrutura era o carregamento de serviço, como no caso de pilares engastados na base e livres no topo. Segundo Ataíde (2005), isso se deve à perda de linearidade geométrica. Assim, para elementos que manifestassem problemas de flambagem, dever-se-ia utilizar o coeficiente de segurança externo  $\gamma_e$ .

O coeficiente de segurança interno era baseado na hipótese de que a estrutura apresentava um comportamento linear, isto é, haveria proporção entre a intensidade do carregamento, das tensões e das deformações. Logo, para que isso seja válido, teria que haver linearidade física e geométrica na estrutura. Entretanto, com o aumento do

carregamento, grande parte das estruturas perde essa condição, passando a apresentar um comportamento não linear.

Com o tempo ficou evidente que considerar apenas as tensões como análise em um projeto estrutural era insuficiente. Devia-se levar em conta também as deformações e as fissurações. Conclui-se que o método não é suficiente para uma análise criteriosa em um projeto estrutural.

## **2.7 Dimensionamento pelo método das tensões admissíveis (ABNT NBR 10837:1989)**

São apresentadas a seguir as situações que podem ocorrer em uma estrutura, bem como a forma como elas devem ser tratadas de acordo com a ABNT NBR 10837:1989 e os parâmetros que influenciam no cálculo.

### **2.7.1 Compressão simples (ABNT NBR 10837:1989)**

É a situação mais comum de ocorrer. Os elementos submetidos à compressão simples são as paredes e os pilares, sejam eles elementos armados ou não. Segundo Ramalho e Corrêa (2003), para edifícios de até seis pavimentos, geralmente esse é o único dimensionamento adotado.

O esbeltez  $\lambda$  é dado pela equação (2.15) e tem como limite o valor de 20 para paredes em alvenaria não armada e 30 para alvenaria armada:

$$\lambda = \frac{h_{ef}}{t_{ef}} \quad (2.15)$$

onde:

$h_{ef}$  : altura efetiva da parede;

$t_{ef}$  : espessura efetiva da parede;

A espessura efetiva pode ser aumentada com o uso de enrijecedores, permitindo estruturas com maior altura efetiva e tipologias mais arrojadas que atendam ao limite de esbeltez. A verificação à compressão simples consiste em verificar se a tensão de

compressão atuante ( $f_{alv,c}$ ) é menor que tensão de compressão admissível ( $\bar{f}_{alv,c}$ ), como se pode ver na expressão (2.16). A resistência à compressão simples é dada de acordo com a Tabela 2.4.

$$f_{alv,c} \leq \bar{f}_{alv,c} \quad (2.16)$$

**Tabela 2.4 – Tensões admissíveis à compressão simples para alvenaria não armada.**  
(ABNT NBR 10837:1989)

Tipo de solicitação		Tensão admissível (MPa)	
		$12,0 \leq f_a \leq 17,0$	$5,0 \leq f_a \leq 12,0$
Compressão Simples	Parede	$0,20 f_p R$ ou $0,286 f_{par} R$	$0,20 f_p R$ ou $0,286 f_{par} R$
	Pilar	$0,18 f_p R$	$0,18 f_p R$

onde:

$f_a, f_p$  e  $f_{par}$ : resistências da argamassa, prisma e parede, respectivamente.;

$R$  é o fator redutor da resistência devido à esbeltez da parede, sendo

$$R = \left[ 1 - \left( \frac{h_{ef}}{40t_{ef}} \right)^3 \right].$$

### 2.7.2 Cisalhamento (ABNT NBR 10837:1989)

O cisalhamento ocorre em conjunto com a solicitação por momento fletor. É comum acontecer em vergas, vigas ou paredes que participem do sistema de contraventamento. O cálculo para a área da armadura é feito através da analogia de treliça. A verificação ao cisalhamento consiste em verificar se a tensão atuante devido ao cisalhamento ( $\tau_{alv}$ ) é menor que tensão admissível ao cisalhamento ( $\bar{\tau}_{alv}$ ), como se pode ver na expressão (2.17). A tensão admissível ao cisalhamento é dada de acordo com a Tabela 2.5.

$$\tau_{alv} \leq \bar{\tau}_{alv} \quad (2.17)$$

onde:

$$\tau_{alv} = \frac{V}{b \cdot d}$$

$V$ : Força cortante atuante no nível do pavimento analisado;

$b, d$ : espessura e comprimento entre eixos da parede.

**Tabela 2.5 – Tensões admissíveis ao cisalhamento para alvenaria não armada.**  
(ABNT NBR 10837:1989)

Tipo de sollicitação	Tensão admissível (MPa)	
	$12,0 \leq f_a \leq 17,0$	$5,0 \leq f_a \leq 12,0$
Cisalhamento	0,25	0,15

### 2.7.3 Flexão composta (ABNT NBR 10837:1989)

Na flexão composta ocorre a interação entre o carregamento axial e os momentos fletores. Geralmente ocorre em elementos de alvenaria estrutural que compõem o sistema de contraventamento e que fazem parte da estrutura portante do edifício. Esse tipo de sollicitação pode ser excêntrico em relação ao eixo, dependendo da simetria adotada pelo edifício em questão. A verificação à compressão máxima é dada pela expressão (2.18), quando as tensões normais de flexão são produzidas pelo vento, enquanto a verificação à tração máxima é dada pela expressão (2.19). As tensões admissíveis à tração e a compressão na flexão são dadas de acordo com a Tabela 2.6.

$$\frac{f_{alv,c}}{f_{alv,c}} + \frac{f_{alv,f}}{f_{alv,f}} \leq 1,33 \quad (2.18)$$

$$f_{alv,f} - 0,75 f_{alv,c} \leq \bar{f}_{alv,f} \quad (2.19)$$

onde:

$\bar{f}_{alv,c}$  - tensão de compressão admissível na alvenaria;

$f_{alv,c}$  - tensão de compressão atuante na alvenaria;

$\bar{f}_{alv,f}$  - tensão de compressão admissível devido à flexão;

$f_{alv,f}$  - Tensão de compressão atuante devido à flexão.

**Tabela 2.6 – Tensões admissíveis para a tração na flexão e compressão na flexão (ABNT NBR 10837:1989).**

Tipo de solicitação		Tensão admissível (MPa)	
		$12,0 \leq f_a \leq 17,0$	$5,0 \leq f_a \leq 12,0$
Tração na flexão	Normal à fiada	0,15 (bloco vazado) 0,25 (bloco maciço)	0,10 (bloco vazado) 0,15 (bloco maciço)
	Paralela à fiada	0,15 (bloco vazado) 0,25 (bloco maciço)	0,20 (bloco vazado) 0,40 (bloco maciço)
Compressão na flexão		$0,30 f_p$	$0,30 f_p$

## 2.8 O método dos estados-limite

O método consiste na capacidade que uma estrutura possui de suportar as diversas ações que vierem a solicitá-la durante a sua vida útil, sem atingir nenhum dos estados-limite último (ELU) ou de serviço (ELS).

Os estados-limite últimos estão relacionados ao esgotamento da capacidade da estrutura, e devem ter pequena probabilidade de ocorrência, enquanto os estados-limite de serviço estão relacionados ao comportamento da estrutura em condições normais de uso, sendo permitida uma maior probabilidade de ocorrência já que não representa situações de risco de colapso estrutural.

A segurança é introduzida através da verificação dos estados-limite de serviço e através da utilização dos coeficientes de segurança externos  $\gamma_e$  relativos aos estados-limite último. Uma vantagem em relação ao método das tensões admissíveis é que o método dos estados-limite permite a definição de um critério para a resistência e para as condições de serviço da estrutura. Outra vantagem é a consideração dos parâmetros

geométricos, mecânicos e de solicitação das estruturas como não determinísticos e, sim, variáveis aleatórias contínuas. Isso permite considerar incertezas relativas ao carregamento, à resistência dos materiais e à representatividade do modelo de análise empregado (RAMALHO E CORRÊA, 2003).

O dimensionamento segue a seguinte equação:

$$R_d - S_d \geq 0 \quad (2.20)$$

onde:

$R_d = R_k / \gamma_m$  : esforço resistente de cálculo;

$S_d = S(\gamma_f \cdot F_k)$ : esforço solicitante de cálculo;

$\gamma_m$  e  $\gamma_f$  : coeficientes de ponderação das resistências e das ações, respectivamente;

$R_k$  e  $F_k$  : valores característicos das resistências e ações.

## **2.9 Dimensionamento pelo método dos estados-limite (ABNT NBR 15961-1:2011 ou ABNT NBR 15812-1:2010)**

A elaboração das normas ABNT NBR 15812-1:2010 e da ABNT NBR 15961-1:2011 tem como finalidade corrigir falhas encontradas na normatização antiga, bem como alterar o método de dimensionamento para o Método dos Estados-limite, que leva em conta critérios atuais de verificação das ações e segurança, como a adoção de valores característicos. Foram realizadas diversas modificações a fim de garantir que o dimensionamento fosse o mais seguro possível e que interpretações erradas fossem evitadas.

Uma das mudanças é a introdução do conceito de elemento armado, que é aquele elemento no qual são utilizadas armaduras passivas para resistir aos esforços solicitantes. Abandonou-se então, o conceito de estrutura armada, que obrigava a

adoção de armadura mínima em todas as paredes. Agora, pode existir no mesmo edifício elementos armados e elementos não armados.

Outra modificação foi com relação ao desaprumo, que passa a ser uma ação obrigatória. Em edifícios de andares múltiplos deve ser considerado um desaprumo global, medido através do ângulo  $\theta_a$ , em radianos, dado pela equação (2.22), e mostrado na Figura 2.9 onde  $H$  é a altura da edificação em metros. Salienta-se que na ABNT NBR 15812-1:2010, não existe a limitação de  $1/40H$ .

$$\theta_a = \frac{1}{100\sqrt{H}} \leq \frac{1}{40H} \quad (2.21)$$

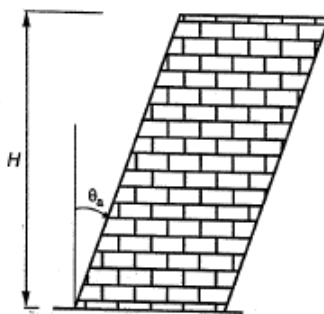


Figura 2.9 – Imperfeições geométricas globais. (ABNT NBR 15961-1:2011).

### 2.9.1 Compressão simples

**(ABNT NBR 15961-1:2011 ou ABNT NBR 15812-1:2010)**

O dimensionamento à compressão simples foi modificado quando comparado com a norma anterior. Nela, ele era feito através da verificação da carga máxima admissível da parede, agora é preciso verificar o estado limite último, sendo que o acréscimo de armadura não aumenta a resistência à compressão da alvenaria. Com a nova norma, surgiram diversas modificações, as principais modificações em relação à versão anterior, para verificação à compressão são, segundo Parsekian (2011):

- ✓ Adoção de valores característicos para resistência à compressão de parede ( $f_k$ ) e prisma ( $f_{pk}$ );
- ✓ Redução de 20% na resistência da alvenaria, quando a argamassa é disposta apenas em cordões laterais;

- ✓ Correção das prescrições para consideração do aumento da espessura efetiva quando existem enrijecedores;
- ✓ Foi alterado o valor do limite de esbeltez  $\lambda$  para a alvenaria não armada de 20 para 24;
- ✓ Introdução de critérios para estimar a resistência na direção horizontal da parede.

A verificação à compressão simples é dada pela expressão (2.22):

$$\gamma_f \cdot N_k \leq \left\{ \begin{array}{l} 1,0 \text{ paredes} \\ 0,9 \text{ pilares} \end{array} \right\} \cdot \frac{f_k}{\gamma_m} \cdot R \cdot A \quad (2.22)$$

onde:

$\gamma_f$  e  $\gamma_m$  - coeficientes de ponderação das ações e das resistências. Usualmente para edifícios de alvenaria estrutural os valores adotados são:  $\gamma_m = 2,0$  e  $\gamma_f = 1,4$ ;

$f_k$  - Resistência característica à compressão simples da alvenaria;

$f_{pk}$  - Resistência característica à compressão simples do prisma;

$$f_k = 0,7 f_{pk};$$

$R$  é o fator redutor da resistência devido à esbeltez da parede, sendo

$$R = \left[ 1 - \left( \frac{h_{ef}}{40t_{ef}} \right)^3 \right].$$

### **2.9.2 Cisalhamento**

**(ABNT NBR 15961-1:2011 ou ABNT NBR 15812-1:2010)**

As tensões de cisalhamento passaram a seguir o critério de resistência de Coulomb ( $\tau = \tau_0 + \mu\sigma$ ), em que uma parcela inicial de resistência é devida à aderência, e a outra cresce linearmente com a pré-compressão. O valor do coeficiente de atrito ( $\mu$ ) é 0,5 e a tensão de aderência inicial ( $\tau_0$ ) e a resistência característica ao cisalhamento ( $f_{vk}$ ) dependem do traço da argamassa, como mostra a Tabela 2.7, e esses valores são válidos

para argamassas tradicionais de cimento, cal e areia, sem aditivos ou adições. A tensão de pré-compressão ( $\sigma$ ) deve ser calculada considerando apenas 90% das ações permanentes ( $0,9 \times N_{G,k}$ ). (PARSEKIAN, 2012)

**Tabela 2.7 – Resistência característica ao cisalhamento. (ABNT NBR 15961-1:2011).**

Traço da argamassa (MPa)	1,5 a 3,4	3,5 a 7,0	Acima de 7,0
$f_{vk}$ (MPa)	$0,10 + 0,5\sigma \leq 1,0$	$0,15 + 0,5\sigma \leq 1,4$	$0,35 + 0,5\sigma \leq 1,7$

Para peças de alvenaria estrutural submetidas à flexão e quando existirem armaduras perpendiculares ao plano do cisalhamento e envoltas por graute, a resistência característica ao cisalhamento pode ser obtida pela expressão (2.23):

$$f_{vk} = 0,35 + 17,5\rho \leq 0,7 \text{ MPa} \quad (2.23)$$

onde:

$$\rho = \frac{A_s}{b \times d} \text{ - taxa geométrica de armadura;}$$

$A_s$  - área da armadura principal de flexão;

$b$  - largura da seção transversal;

$d$  - altura útil da seção transversal.

Na interface vertical de paredes com juntas amarradas, a resistência característica ao cisalhamento pode ser adotada igual a 0,35 MPa, e no caso de vigas biapoiadas ou em balanço, a resistência pode ser multiplicada pela expressão (2.24). O valor da equação deve ser maior que 1, e a resistência majorada não pode ultrapassar 1,75 MPa.

$$\left[ 2,5 - 0,25 \frac{M_{\max}}{V_{\max} \cdot d} \right] \quad (2.24)$$

onde:

$M_{\max}$  - é o valor máximo do momento de cálculo encontrado na viga;

$V_{máx}$  - é o valor máximo do esforço cortante de cálculo encontrado na viga;

$d$  - altura útil da seção transversal.

A verificação ao cisalhamento é dada pela expressão (2.25). Nessa equação a parcela da esquerda representa a tensão de cisalhamento atuante de cálculo,  $\tau_{vd}$ , que não pode ultrapassar a parcela da direita que representa a resistência de cálculo ao cisalhamento,  $f_{vd}$ , ou seja,  $\tau_{vd} \leq f_{vd}$ .

$$\frac{\gamma_f \cdot V_k}{b \cdot d} \leq \frac{f_{vk}}{\gamma_m} \quad (2.25)$$

onde:

$V_k$  – força cortante característica ou nominal;

Quando os esforços solicitantes forem maiores que a resistência de projeto, deve-se armar a alvenaria ao cisalhamento. A armadura de cisalhamento é calculada de acordo com a equação (2.26). A armadura mínima de cisalhamento é igual a  $0,05\% \cdot b \cdot s$ , sendo o espaçamento mínimo da armadura de acordo com a equação (2.27).

$$A_{sw} = \frac{(V_d - V_a)s}{0,5 \cdot f_{yd} \cdot d} \quad (2.26)$$

$$s \leq \begin{cases} \frac{d}{2} \\ 30 \text{ cm para vigas} \\ 60 \text{ cm para pilares} \\ \text{para pilares } \begin{cases} b \\ 50 \cdot \phi_e \\ 20 \cdot \phi_l \end{cases} \end{cases} \quad (2.27)$$

onde:

$A_{sw}$  – área da seção transversal de armadura.

$V_d$  – força cortante de cálculo;

$V_a = f_{vd} \times b \times d$ , que é a parcela de cisalhamento resistido pela alvenaria;

$s$  – espaçamento dos estribos;

$f_{yd}$  – Resistência de cálculo de escoamento do aço da armadura;

$\phi_e$  – diâmetro do estribo em cm;

$\phi_l$  – diâmetro da armadura longitudinal em cm.

### **2.9.3 Flexão composta**

**(ABNT NBR 15961-1:2011 ou ABNT NBR 15812-1:2010)**

É comum em edifícios a existência de carregamentos horizontais e verticais. Os carregamentos verticais são provenientes do peso próprio e das sobrecargas de utilização, já os carregamentos horizontais são provenientes do desaprumo e da ação do vento. Esses carregamentos geram esforços de flexão, compressão e cisalhamento.

Na flexo-compressão permite-se dimensionar casos nos Estádios I, II e III. É necessário verificar as máximas tensões de compressão e tração. Primeiro, calculam-se as tensões com seus valores característicos, separando as ações permanentes das variáveis. Em seguida, realizam-se as possíveis combinações críticas de ações, ou de solicitações, tendo em vista que é considerada a análise linear, onde é válido o princípio da superposição de efeitos.

#### a) Alvenaria não armada

Os elementos de alvenaria não armada são calculados no estágio I, em que a alvenaria absorve as tensões de tração e de compressão. Neste caso, é necessário que a tensão atuante de tração de cálculo não exceda a resistência de cálculo da alvenaria.

A verificação à tração máxima é dada pela expressão (2.28):

$$\gamma_{q,vento} \cdot Q_{vento} + \gamma_{g,desaprumo} \cdot D + \gamma_g \cdot G \leq f_{tk} / \gamma_m \quad (2.28)$$

onde:

$\gamma_{q,vento}$  - ponderador da ação variável devida ao vento;

$\gamma_{g,desaprumo}$  - ponderador da ação variável devida ao desaprumo;

$\gamma_g$  - ponderador das ações permanentes verticais;

$Q_{vento}$  - tensão de flexão característica devida à ação do vento;

$G$  - tensão normal característica devida à ação permanente vertical;

$D$  - tensão de flexão característica devida ao desaprumo;

$f_{tk}$  - resistência característica à tração na flexão.

Usualmente, para edifícios, a ação permanente e a ação variável devida à sobrecarga de utilização são favoráveis, logo o coeficiente de ponderação das ações permanentes verticais é igual a  $\gamma_g = 0,9$  e das ações variáveis é igual a  $\gamma_{q,accidental} = 0$ . A ação do vento e a ação do desaprumo devem ser tomadas como desfavoráveis, logo,  $\gamma_{q,vento} = 1,4$  e  $\gamma_{g,desaprumo} = 1,4$ . Assim, a equação (2.28) passa a ser escrita:

$$1,4Q_{vento} + 1,4D - 0,9G \leq f_{tk} / 2,0 \quad (2.29)$$

Caso a equação (2.29) não seja satisfeita, é necessário armadura, que pode ser calculada de modo simplificado no Estádio II (válido para tensões de pequenas trações, como é usual para edifícios de até 12 pavimentos). (PARSEKIAN, 2011)

No modo simplificado, calcula-se a força de tração, correspondente à resultante das tensões de tração atuantes nas paredes onde estas tensões se distribuem. Para calcular a

área de aço, basta dividir a força de tração por  $50\%f_{yd}$ . É importante posicionar a armadura no terço da região tracionada mais próxima da borda da parede onde a tração é maior.

A verificação à compressão máxima é dada pelas expressões (2.30) e (2.31):

$$\frac{\gamma_g G + \gamma_q Q_{acidental}}{R} + \frac{\psi_0 \gamma_q Q_{vento} + \gamma_g D}{1,5} \leq f_k / \gamma_m \quad (2.30)$$

$$\frac{\gamma_g G + \psi_0 \gamma_q Q_{acidental}}{R} + \frac{\gamma_q Q_{vento} + \gamma_g D}{1,5} \leq f_k / \gamma_m \quad (2.31)$$

onde:

$Q_{acidental}$  - tensão de flexão característica devida à carga acidental;

$\psi_0$  - Coeficiente para redução das ações variáveis.

**Tabela 2.8 – Resistencia característica à tração na flexão, em MPa. (ABNT NBR 15961-1: 2011)**

Traço argamassa (MPa)	1,5 a 3,4	3,5 a 7,0	Acima de 7,0
Normal à fiada	0,10	0,20	0,25
Paralela à fiada	0,20	0,40	0,50

b) Alvenaria armada

O dimensionamento para alvenaria armada depende da esbeltez  $\lambda$  do elemento analisado. Elemento esbelto é aquele cuja esbeltez é superior a 12 e elemento curto é aquele cuja esbeltez é menor ou no máximo igual a 12.

### 2.9.3.1 Elementos curtos

Quando o elemento é curto, permite-se a adoção de uma armadura mínima quando se tem pequena excentricidade, ou seja, quando a força normal solicitante de cálculo  $N_{Sd}$  não excede a força normal resistente de cálculo, conforme expressão (2.32):

$$N_{Rd} = f_d \cdot b \cdot (h - 2e_x) \quad (2.32)$$

onde:

$b$  - é a largura da seção;

$e_x$  - é a excentricidade resultante no plano de flexão;

$f_d$  - é a resistência de cálculo à compressão;

$h$  - é a altura da seção no plano de flexão.

A presente aproximação não pode ser aplicada para o caso de grandes deformações, ou seja, quando a excentricidade  $e_x$  excede  $0,5 h$ . A armadura mínima longitudinal em vigas e paredes de alvenaria armada corresponde a  $0,10\%$  da área da seção transversal. Quando a força normal de cálculo excede o valor da equação (2.32), a resistência pode ser calculada pelas equações (2.33) e (2.34), de acordo com a Figura 2.10:

$$N_{Rd} = f_d \cdot b \cdot y + f_{s1} \cdot A_{s1} - f_{s2} A_{s2} \quad (2.33)$$

$$M_{Rd} = 0,5 \cdot f_d \cdot b \cdot y \cdot (h - y) + f_{s1} \cdot A_{s1} \cdot (0,5h - d_1) - f_{s2} A_{s2} \cdot (0,5h - d_2) \quad (2.34)$$

Onde:

$A_{s1}$  - é a área de armadura comprimida na face de maior compressão;

$A_{s2}$  - é a área de armadura na outra face;

$d_1$  - é a distância do centróide da armadura  $A_{s1}$  à borda mais comprimida;

$d_2$  - é a distância do centróide da armadura  $A_{s2}$  à outra borda;

$y$  - é a profundidade da região de compressão uniforme ( $y = 0,8x$ );

$f_{s1}$  - é a tensão na armadura na face mais comprimida ( $f_{s1} = 0,5 f_{yd}$ );

$f_{s2}$  - é a tensão na armadura na outra face, podendo ser  $\pm 0,5 \cdot f_{yd}$ , se estiver tracionada ou comprimida, respectivamente.

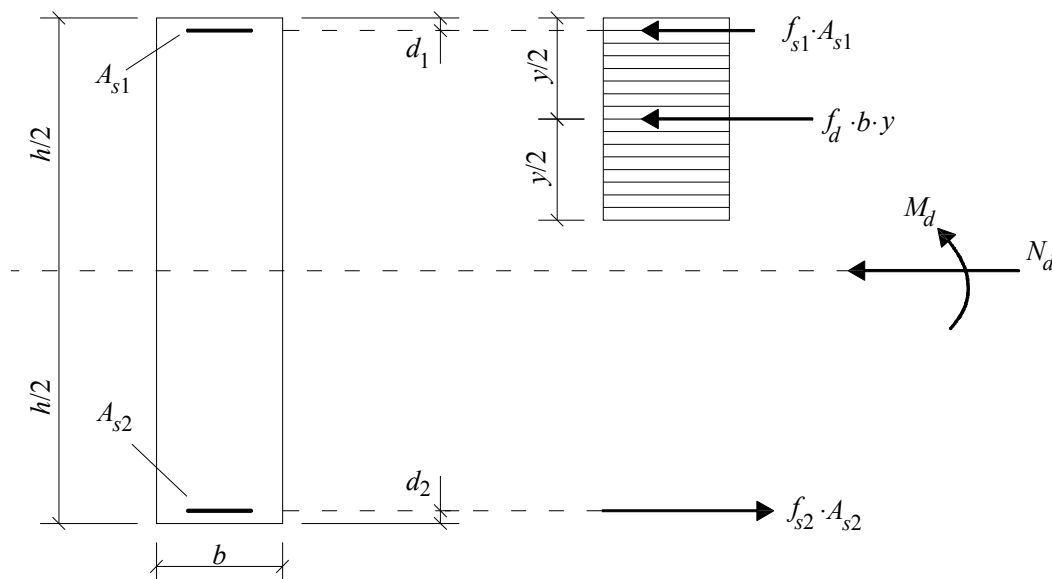


Figura 2.10 – Flexo-compressão – Seção retangular. (ABNT NBR 15961-1:2011).

Em elementos curtos submetidos à flexão composta oblíqua, pode-se dimensionar uma seção com armaduras simétricas mediante a transformação em uma reta composta, aumentando-se um dos momentos fletores, de acordo com as expressões (2.35) e (2.36):

$$M'_x = M_x + j \frac{p}{q} M_y \text{ para } \frac{M_x}{p} \geq \frac{M_y}{p} \text{ ou;} \quad (2.35)$$

$$M'_y = M_y + j \frac{p}{q} M_x \text{ para } \frac{M_x}{p} \geq \frac{M_y}{p} \quad (2.36)$$

onde:

$M_x$  - é o momento fletor em torno do eixo x;

$M_y$  - é o momento fletor em torno do eixo y;

$M'_x$  - é o momento fletor efetivo em torno do eixo x;

$M'_y$  - é o momento fletor efetivo em torno do eixo y;

$p$  - é a dimensão da seção transversal na direção perpendicular ao eixo x;

$q$  - é a dimensão da seção transversal na direção perpendicular ao eixo y;

$j$  - é o coeficiente fornecido na Tabela 1.

**Tabela 2.9 – Valores do coeficiente  $j$ . (ABNT NBR 15961-1:2011)**

Valor de $N_d / (A \cdot f_k)$	$j$
0	1,00
0,1	0,88
0,2	0,77
0,3	0,65
0,4	0,53
0,5	0,42
$\geq 0,6$	0,30

### 2.9.3.2 Elementos esbeltos

Elemento esbelto é aquele cuja esbelteza  $\lambda$  é superior a 12. O seu dimensionamento segue os preceitos do dimensionamento para elemento curto, sendo que aos efeitos de primeira ordem é necessário adicionar os efeitos de segunda ordem na direção de menor inércia. Na falta de uma análise precisa, o momento de segunda ordem pode ser aproximado por:

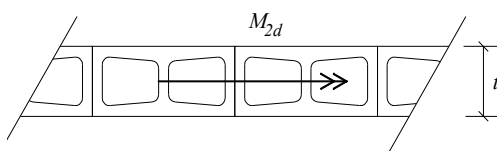
$$M_{2d} = \frac{N_d (h_e)^2}{2000t} \quad (2.37)$$

onde:

$N_d$  - é a força normal de cálculo;

$h_e$  - é a altura efetiva do elemento comprimido;

$t$  - é a dimensão da seção transversal da peça no plano de flexão.



**Figura 2.11 – Momento de segunda ordem. (ABNT NBR 15961-1:2011)**

## 2.10 As Linguagens De Programação Em Projetos

Atualmente, existe uma demanda crescente por programas de computador que utilizam interface gráfica e automatizam a execução de tarefas comuns a determinadas áreas de projeto.

O AutoCAD oferece algumas possibilidades de programação. Dentre elas, o AutoLisp, que é a primeira e mais utilizada pelos desenvolvedores de aplicativos para o AutoCAD.

O AutoLisp é proveniente da linguagem Lisp, muito utilizada na implementação de programas de automação artificial (IA). Até hoje, a linguagem AutoLisp é bastante difundida, existindo muitos aplicativos desenvolvidos com seus recursos. Isso se deve às suas vantagens, que permitem um desenvolvimento rápido e barato de aplicativos.

São vantagens da linguagem AutoLisp:

- ✓ Não há despesas adicionais para a implementação de programas, pois o AutoLisp é parte integrante do AutoCAD.
- ✓ É interativo, de forma a desburocratizar o “ciclo de produção”. Diversas alterações podem ser rapidamente implementadas sem a necessidade de compilações e links.
- ✓ É seguro. Dificilmente um programa escrito na linguagem AutoLisp causará problemas no uso de memória ou que causará uma interrupção forçada do seu processamento.

Uma característica importante no AutoLisp, que o torna muito interessante, é a possibilidade de utilizar comandos que interajam diretamente com o AutoCAD. Ou seja, com o AutoLisp pode-se construir programas que solicitam ao usuário determinadas informações, processam essas informações e interferem sobre a área de trabalho do AutoCad. Para algumas áreas da engenharia, por exemplo, esse recurso representa um grande potencial. Podem-se obter informações estratégicas a partir do desenho que permitirá calcular outros elementos que podem ser desenhados automaticamente.

Assim, o usuário pode começar um desenho e assistir à conclusão dele numa velocidade bem maior do que se conseguiria fazendo a mesma coisa manualmente.

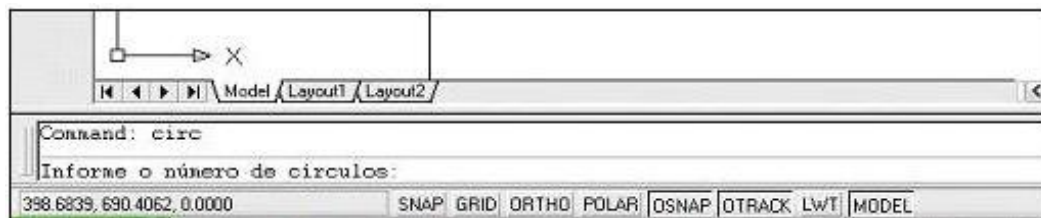
Uma outra linguagem disponível para programação em CAD é a linguagem DCL, Dialog Control Language. Ela é uma linguagem de controle de diálogos implementada para ser interpretada pelo AutoCAD. É uma linguagem de macros, desenvolvida com vistas a tornar a interface com o usuário mais amigável, por meio dos já conhecidos quadros de diálogo.

Um programa escrito em AutoLisp deve ficar gravado num arquivo de texto, padrão ASCII, cujo nome deve possuir sempre a extensão LSP. Obviamente, o texto do programa Lisp deve obedecer à sintaxe preestabelecida da linguagem.

Para escrever um programa AutoLisp, é preciso conhecer a estrutura da linguagem, as regras de sintaxe e o vocabulário do texto que contém o programa.

### **2.10.1 Exemplo de uma rotina desenvolvida em AutoLisp**

Para ilustrar o que foi dito a respeito da linguagem AutoLisp, o exemplo a seguir desenha na área de trabalho do AutoCAD, vários círculos concêntricos. A Figura 2.12 mostra a primeira informação que o usuário necessita fornecer para executar as tarefas.



**Figura 2.12 – Programa em processamento, aguardando informações do usuário na linha de comando.**

Após receber o número de círculos, o raio do primeiro círculo (o mais interno), o incremento entre raios e o ponto central, onde serão desenhados os círculos concêntricos, a rotina manipula a área de trabalho e desenha os círculos concêntricos, conforme é ilustrado na Figura 2.13.

### 2.10.2 Exemplo de uma rotina desenvolvida em AutoLisp e DCL

Para ilustrar a importância da linguagem DCL no desenvolvimento de aplicativos em AutoLisp, o exemplo anterior será agora efetuado utilizando esta linguagem. A diferença está na interface com o usuário. Com a linguagem DCL o programa ficou mais amigável para o usuário, é que mostra a Figura 2.14.

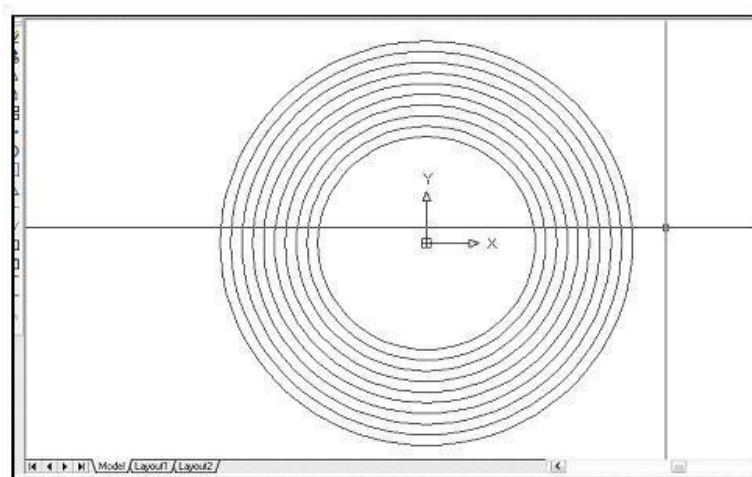


Figura 2.13 – Resultado final do programa.

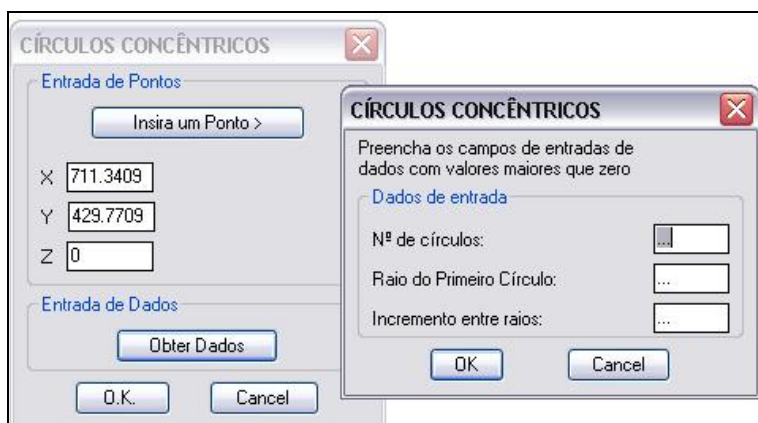


Figura 2.14 – Entrada de dados do programa que utiliza a linguagem de programação DCL.

A figura traz duas caixas de diálogos produzidas em DCL para o programa que desenha círculos concêntricos. A caixa da direita foi acionada com o botão “Obter Dados” da caixa da esquerda. Repare como a entrada de dados é bem simples e clara. O resultado do programa não se altera e pode ser visto na mesma Figura 2.14.

## 3. MATERIAIS E MÉTODOS

### 3.1 Estudos iniciais e softwares utilizados

O *SIPALex* (Sistema Integrado para Alvenaria Estrutural – Projeto executivo) é um *software* em desenvolvimento pelo Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Viçosa. Corresponde à junção de dois *softwares* desenvolvidos pela mesma equipe de projeto, que são: *ALVESTRii* e *ALVMOD*, e pela codificação de mais dois módulos: *ELÉTRICO* e o *HIDROSSANITÁRIO*. Para isto, foi necessário compatibilizar variáveis e acrescentar funções para gerenciar o programa. O programa, então, passou a ser composto por cinco módulos: *ARQUITETÔNICO*, *MODULAÇÃO*, *ESTRUTURAL*, *ELÉTRICO* E *HIDROSSANITÁRIO*.

Os três primeiros módulos foram gerados pela união de dois softwares, o *ALVESTRii* e o *ALVMOD*, passando então o aplicativo a se denominar *SIPAL*. O aplicativo *ALVESTRii* se destina a efetuar a análise e o dimensionamento de edifícios em alvenaria estrutural de acordo com a ABNT NBR 10837:1989 e o *ALVMOD* realiza a modulação de edifícios, gerando as duas primeiras fiadas, além das vistas das paredes e do quantitativo de material. Com a conclusão do *SIPAL*, passou-se para a elaboração dos módulos *ELÉTRICO* E *HIDROSSANITÁRIO*. O diagrama de blocos do *SIPAL* e do *SIPALex* encontram-se respectivamente na Figura 3.1 e na Figura 3.2.

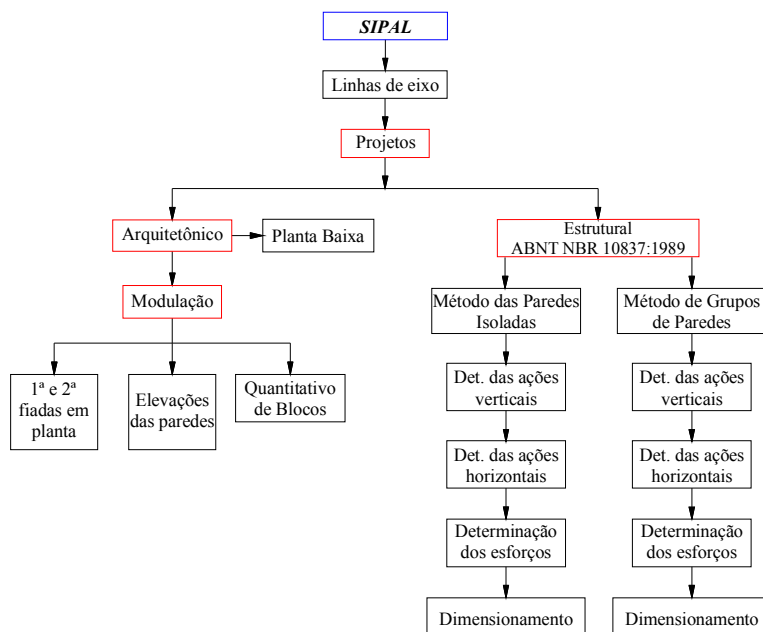


Figura 3.1 – Diagrama de blocos do *SIPAL*.

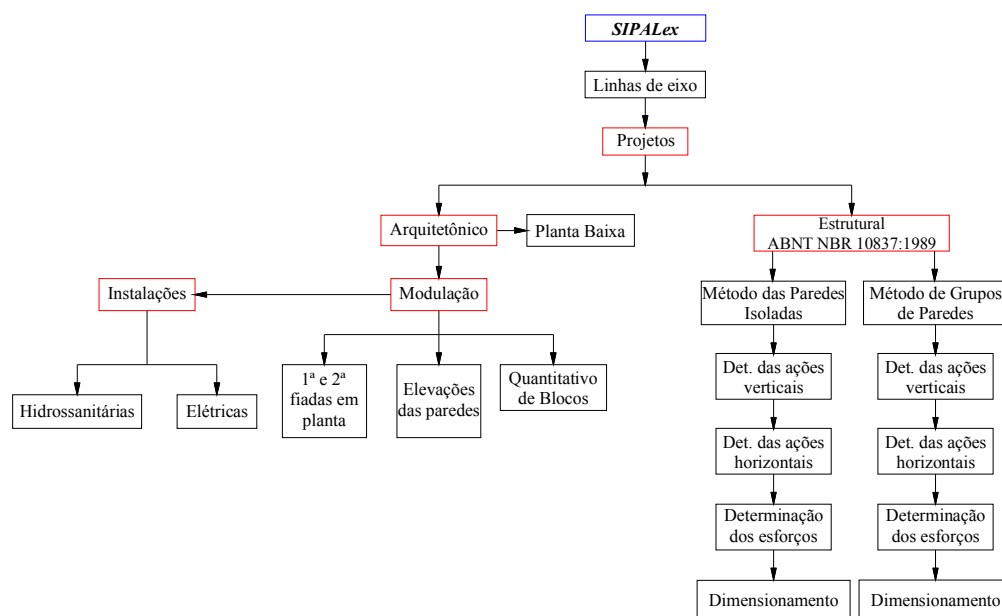


Figura 3.2 – Diagrama de blocos do *SIPALex*.

Com a elaboração das normas ABNT NBR 15812-1:2010 e ABNT NBR 15961-1:2011, que tem como base o método dos estados-limite, fez-se necessário implementar um módulo que dimensionasse de acordo com as referidas normas. Logo, iniciou-se uma revisão do software *SIPALex*, bem como realizou-se uma revisão bibliográfica sobre o

dimensionamento de edifícios em alvenaria estrutural, acompanhada de estudos dos conceitos relativos às linguagens AutoLISP e DCL (*Load Control Dialog*), ao ambiente de programação Visual LISP e às planilhas eletrônicas, com vistas à implementação computacional na plataforma CAD.

Os *softwares* utilizados para o desenvolvimento desse projeto de pesquisa foram:

- ✓ o *SIPALex*, que é um programa em desenvolvimento pela Universidade Federal de Viçosa, e voltado para a geração de um projeto executivo em alvenaria estrutural;
- ✓ o AutoCAD, que é um software que se destaca no tipo CAD — *Computer Aided Design* (Desenho Assistido por Computador). É utilizado principalmente para a elaboração de peças de desenho técnico em duas dimensões (2D) e para criação de modelos tridimensionais (3D), e é muito conhecido por engenheiros, arquitetos e outros diversos profissionais;
- ✓ o *Excell*, utilizado para elaboração das planilhas eletrônicas para os cálculos de validação do programa desenvolvido neste trabalho

Uma das vantagens do AutoCAD é que o programa oferece algumas possibilidades de programação. As principais linguagens são: o AutoLISP; e o Visual Basic (dependendo da versão utilizada).

O AutoLISP é proveniente da linguagem LISP, muito utilizada na implementação de programas de automação artificial (IA). Até hoje, a linguagem AutoLISP é bastante difundida, existindo muitos aplicativos desenvolvidos com seus recursos, pelo fato de permitir um desenvolvimento rápido e barato de aplicativos.

A linguagem AutoLISP apresenta vantagens como ser segura, interativa e não haver custos adicionais para a implementação de programas, visto que ela é parte integrante do AutoCAD.

O AutoLISP é uma linguagem que tem como principal vantagem a utilização de comandos interativos com o AutoCAD. Através dessa linguagem, podem-se construir

aplicativos que solicitam ao usuário certas informações. De posse dessas informações, o programa pode processar os dados e influenciar na área de trabalho do AutoCAD e até mesmo realizar cálculos específicos, como calcular a inércia de uma dada seção. Podem-se também, através de um desenho inicial, obter novas informações e acrescentar objetos a esse mesmo desenho em uma velocidade bem maior do que se o processo fosse manual.

Para que o processo se torne mais ágil é importante também o uso da linguagem DCL. Essa linguagem também é disponível para programação em CAD e é responsável pela criação das janelas de diálogo. Através dessa linguagem é possível otimizar tempo, visto que a interface com o usuário torna-se mais amigável. As informações são apresentadas de modo mais inteligente, visto que é possível inserir imagens, botões de comando, entre outros.

Até a versão R14, o AutoCAD não dispunha de uma ferramenta de edição ou um ambiente de programação Auto LISP. Era necessário dispor de um processador de textos para escrever os programas. O editor podia ser qualquer um, desde que fosse capaz de gerar arquivos textos ASCII.

A partir da versão 2000, o AutoCAD conta com um ambiente de programação AutoLISP, o Visual LISP. Através dele, é possível construir programas sem a necessidade daqueles editores de textos ASCII externos. Além disso, o Visual LISP reúne um editor de textos sensível às características de sintaxe da linguagem, um *debug* de linguagem e um compilador no padrão ARX.

Logo, as linguagens utilizadas para o desenvolvimento desse projeto de pesquisa são: o AutoLISP como linguagem de programação e o DCL como linguagem de criação de janelas de diálogo.

Os trabalhos foram desenvolvidos no LCEE – Laboratório de Computação Aplicada à Engenharia Estrutural, do Departamento de Engenharia Civil da UFV, que dispõe de todos os recursos computacionais necessários à realização deste projeto, que foi financiado pela Fapemig.

### 3.2 Normas utilizadas

Um projeto estrutural é dividido em diversas etapas. Primeiro, deve-se computar as ações verticais provenientes do peso próprio das paredes e das lajes e em seguida distribuí-las nas paredes estruturais. Em seguida, levam-se em conta as ações horizontais provenientes da ação do vento e do desaprumo e se faz a sua distribuição nos painéis de contraventamento estabelecidos. Por fim, de posse dos valores das tensões que cada ação gera nas paredes estruturais, efetua-se o dimensionamento dessas paredes.

O objetivo do projeto estrutural é permitir que a estrutura atenda à sua função primária, ou seja, a função para qual foi projetada, sem que ela entre em colapso ou se deforme em excesso. Dentro dessas premissas, o engenheiro deve se apoiar em normas técnicas, a fim de conceber um projeto estrutural seguro, econômico e que tenha um bom desempenho, a fim de proporcionar durabilidade à edificação. No Brasil, as principais normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) relacionadas a este tema e utilizadas como fontes de pesquisa nessa dissertação foram:

- ✓ ABNT NBR 6120:1980 - Cargas para o cálculo de estruturas;
- ✓ ABNT NBR 8798:1985 - Execução e controle de obras em alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto;
- ✓ ABNT NBR 6123:1988 - Forças devidas ao vento em edificações;
- ✓ ABNT NBR 10837:1989 - Cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto;
- ✓ ABNT NBR 6136:2007 – Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Requisitos;
- ✓ ABNT NBR 15270-2:2005 – Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural – Terminologia e requisitos;
- ✓ ABNT NBR 15961-1:2011 - Alvenaria Estrutural - Blocos de concreto Parte 1: Projeto;
- ✓ ABNT NBR 15961-2:2011 - Alvenaria Estrutural - Blocos de concreto Parte 2: Execução e controle de obras;
- ✓ ABNT NBR 15812-1:2010 - Alvenaria Estrutural - Blocos cerâmicos Parte 1: Projeto;

- ✓ ABNT NBR 15812-2:2010 - Alvenaria Estrutural - Blocos cerâmicos Parte 2: Execução e controle de obras.

### 3.3 Módulo de dimensionamento para alvenaria estrutural através do método dos estados- limite

Feita a revisão bibliográfica, passou-se para a fase de programação do *software*. Foi feito, primeiramente, um estudo das rotinas anteriores relativas ao dimensionamento pelo método das tensões admissíveis. Em seguida, deram-se início as rotinas de base do programa, ou seja, aquelas rotinas que antecedem à etapa de dimensionamento. Primeiramente, criou-se uma rotina para a elaboração das linhas de rupturas em lajes biapoiadas de concreto em formato de L, visto que o programa até então só realizava esse procedimento para lajes em formato retangular. Depois, criou-se uma separação dos módulos de dimensionamento, ou seja, preservou-se o módulo anterior e se acrescentou um novo módulo, cabendo ao usuário a escolha do módulo a utilizar, como é mostrado na Figura 3.3.

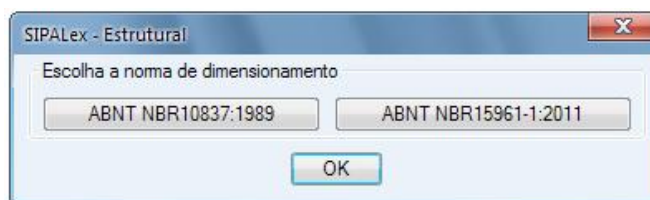


Figura 3.3 – Janela inicial do módulo estrutural.

Ao terminar as rotinas de base, passou-se à implementação das principais rotinas relevantes de dimensionamento, de acordo com as novas normas de alvenaria estrutural. O dimensionamento foi dividido em relação ao método de distribuição das ações verticais, “*Paredes Isoladas*” ou “*Grupos Isolados de Paredes*”, e as suas principais rotinas, são:

- ✓ rotinas para levantamento e análise das ações verticais utilizando as cargas de cálculo segundo a ABNT NBR 6120:1980;
- ✓ rotinas para levantamento e análise de ações horizontais segundo a ABNT NBR 6123:1988. É determinada, para cada pavimento, a força horizontal atuante devida à ação do vento e à ação do desaprumo;

- ✓ rotina para determinação dos esforços devidos às ações horizontais. É obtida a parcela de força horizontal atuante em cada parede de contraventamento proporcional à sua rigidez. A partir dessa força, obtêm-se os momentos fletores e, conseqüentemente, as tensões atuantes utilizando a Teoria de Vigas da Resistência dos Materiais;
- ✓ rotina para captura de dados anteriormente processados, com vistas a gerar um quadro resumo dos esforços máximos e mínimos;
- ✓ rotina para gerar o dimensionamento segundo o método dos estados-limite;
- ✓ rotina para gerar o memorial de cálculo. São apresentadas todas as etapas e resultados obtidos, em um arquivo de texto no qual o usuário possa verificar todos os passos, tendo controle de tudo o que foi processado.

Ao todo foram editados 28 arquivos com rotinas em Auto LISP, divididos em 2 grupos. O primeiro é responsável pelo dimensionamento de edifícios em alvenaria estrutural, utilizando o método de “*Paredes Isoladas*” para distribuição das ações verticais e a não consideração de *abas ou flanges* para a distribuição das ações horizontais. Já o segundo grupo, é também responsável pelo dimensionamento desses edifícios, só que utilizando o método de “*Grupos Isolados de Paredes*” na distribuição das ações verticais e a consideração de *abas ou flanges* para a distribuição das ações horizontais. A Figura 3.4 mostra o diagrama de blocos atual do programa *SIPALex*.

Concluída a etapa de programação, foi feita a validação do programa. Elaborou-se, o cálculo manual de um edifício de quatro pavimentos, com o uso de planilhas eletrônicas, com a finalidade de comparar os resultados obtidos manualmente com os resultados alcançados pelo programa. Este cálculo e a comprovação da eficiência do programa serão mostrados no Capítulo 5.

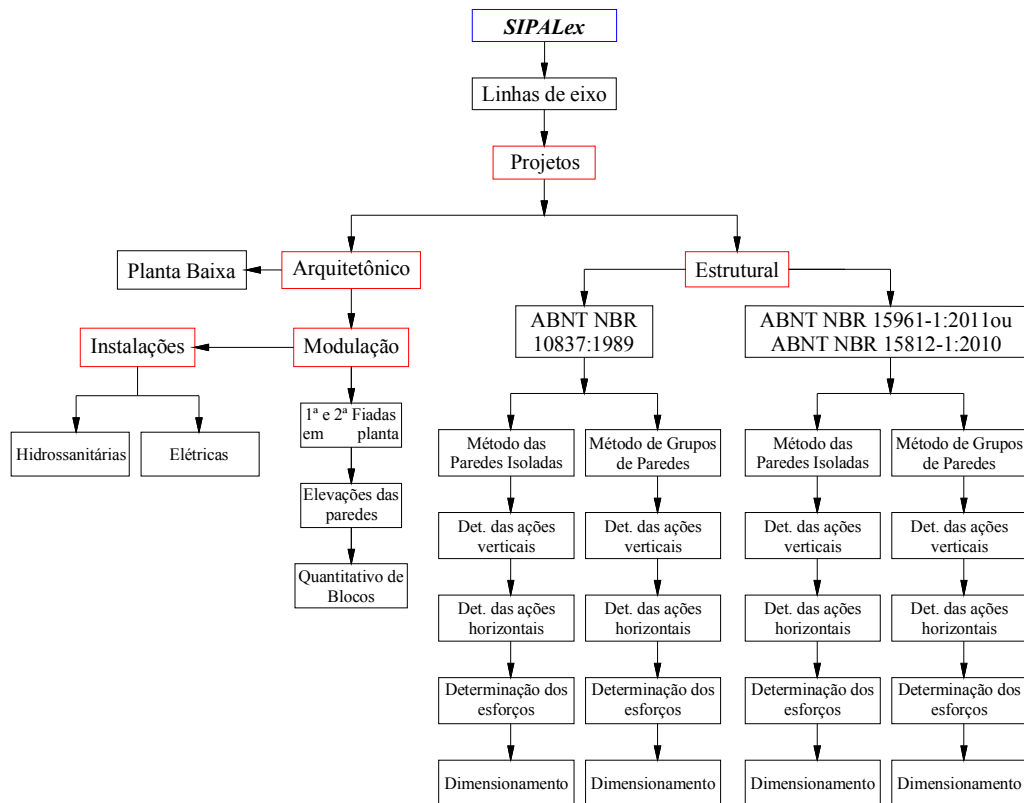


Figura 3.4 – Diagrama de blocos atual do *SIPALex*.

#### **4. MÓDULO DE ANÁLISE E DIMENSIONAMENTO PELO MÉTODO DOS ESTADOS-LIMITE: O APLICATIVO DESENVOLVIDO**

O aplicativo desenvolvido neste trabalho trata-se de um módulo que realiza o dimensionamento de edifícios de múltiplos andares de alvenaria estrutural de acordo com as novas normas de alvenaria estrutural. Como já comentado, este módulo foi adicionado ao *SIPALex*, a fim de se ter um *software* o mais completo possível para a elaboração de um projeto executivo em alvenaria estrutural.

Para a elaboração de um projeto estrutural no aplicativo desenvolvido é necessário que o usuário, primeiramente, gere o projeto arquitetônico no *SIPALex*. Para isso, deve-se entrar com o desenho das linhas de eixo das paredes estruturais da edificação no AutoCAD, que constitui seu ambiente de trabalho. Deve-se tomar o cuidado de desenhar as linhas em centímetros, unidade utilizada pelo programa, respeitando a modulação adequada.

Para mostrar as etapas percorridas e as rotinas criadas utilizou-se de um pequeno exemplo, um cômodo feito em alvenaria estrutural (ver Figura 4.1). No capítulo seguinte, dar-se-á enfoque a tipologias reais de edifícios constituídos em alvenaria estrutural, e far-se-á a comparação entre os resultados encontrados pelo cálculo manual e o pelo aplicativo desenvolvido.

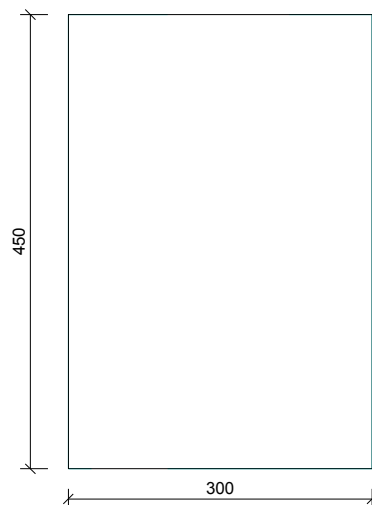


Figura 4.1 – Linhas de eixo, que devem ser traçadas antes de iniciar o programa.

#### 4.1 Como iniciar um projeto

Depois de ter sido feito o desenho das linhas de eixo (Figura 4.1), o usuário deve digitar “SIPAL” na linha de comando do AutoCAD. Assim, será aberta a janela inicial do programa (ver Figura 4.2). Nela o usuário poderá escolher entre dar continuidade em um projeto anterior ou iniciar um novo projeto.



Figura 4.2 – Caixa de diálogo inicial do programa.

Ao clicar no botão “Novo” aparecerá uma janela contendo a entrada de dados necessários ao desenvolvimento do projeto, como: comprimento e largura do edifício em planta; tipo de bloco a ser utilizado (cerâmico ou de concreto); modulação a ser utilizada; pé-direito da edificação; número de pavimentos; altura da platibanda, caso haja; e outros dados adicionais de projeto como mostra a Figura 4.3.

**SIPALex - Dados de entrada**

Dados de Entrada

Comprimento total da edificação (direção X) em cm :  Comprimento

Largura total da edificação (direção Y) em cm :  Largura

Especifique o tipo de bloco a ser utilizado:   Bloco de Concreto

Especifique a modulação a ser utilizada:  14x19x29

Pé-direito arquitetônico da edificação em cm :  280.0

Número total de pavimentos tipos da edificação :  2

Acrescentar Platibanda

Sim  Não Entre com a altura da platibanda em m:

Dados do Projeto

Nome do projeto :  Projeto

Responsável Técnico :  Aruac Alves Santos

Registro de RT no CREA :  0000

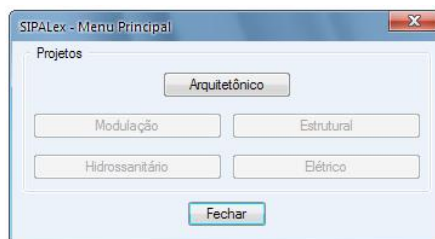
Estado de registro no CREA :  MG

Proprietário da obra :  Rita de Cássia S. S. Alvarenga

Endereço da obra :  Universidade Federal de Viçosa - UFV

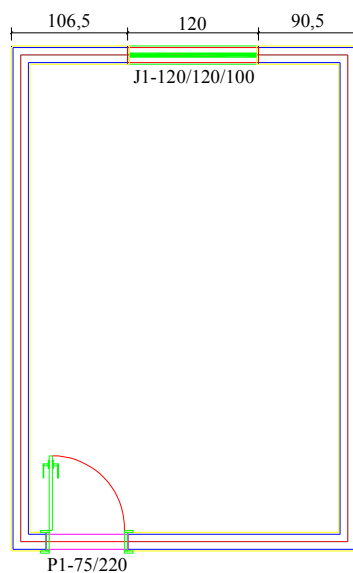
**Figura 4.3 – Entrada de dados iniciais do projeto.**

Após a entrada inicial de dados, o programa passa para a janela “*Menu Principal*” (ver Figura 4.4), onde se pode acessar os módulos do programa. A primeira vez que essa janela aparece, encontra-se habilitado somente o módulo “Arquitetônico”, visto que é nesse módulo que o usuário deverá gerar as paredes internas e externas da edificação, criar as aberturas de portas e janelas, bem como gerar automaticamente as linhas de rupturas das lajes, que serão úteis para o cálculo de suas reações nas paredes estruturais.



**Figura 4.4 – Menu principal.**

A Figura 4.5 representa a planta baixa gerada pelo programa de forma interativa com o usuário. Terminada essa etapa, o programa habilita mais dois módulos: “*Modulação*” e “*Estrutural*”.



**Figura 4.5 – Planta baixa do projeto arquitetônico.**

No módulo “*Modulação*”, o usuário acessa as etapas que permitem escolher todos os detalhes da modulação a ser utilizados, tais como: cores de cada bloco estrutural e tipo de bloco canaleta a ser utilizado. Em seguida, o programa gera automaticamente os encontros de paredes e, de forma interativa, auxilia o usuário na escolha de encontros que minimizem ou mesmo eliminem a presença de juntas a prumo. Em seguida, de forma rápida e eficaz, o programa gera as vistas e fiadas das paredes e, por último, o quantitativo de material por parede e por pavimento de blocos. As fiadas em planta, geradas automaticamente pelo programa, encontram-se na Figura 4.6.

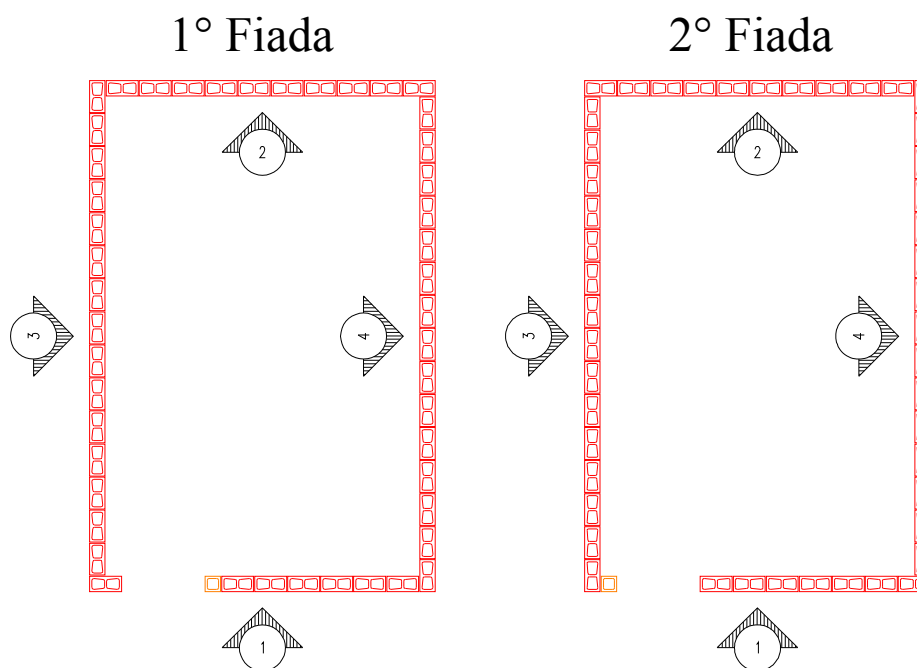


Figura 4.6 – Primeira e segunda Fiadas.

## 4.2 Módulo “Estrutural”

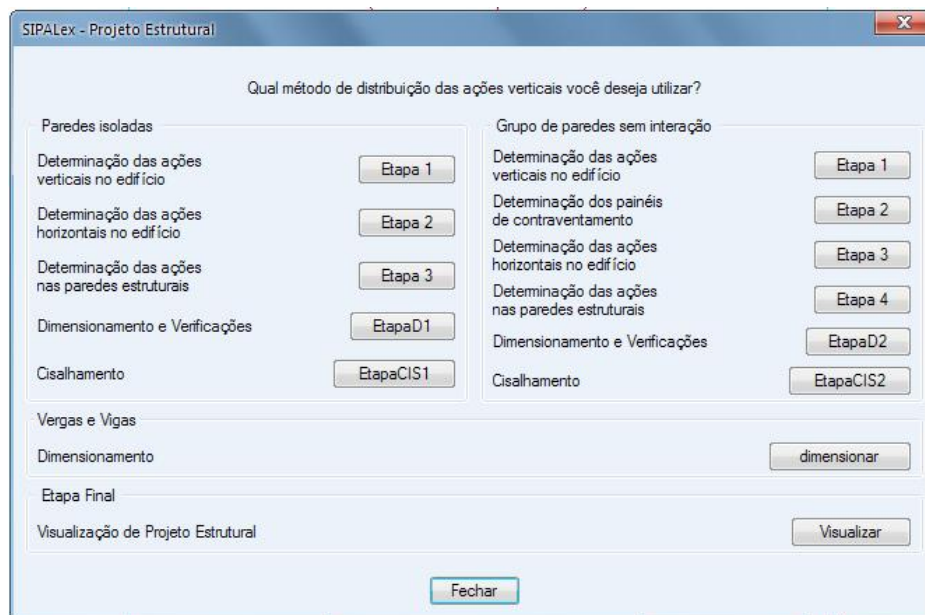
Como comentado acima, depois de o usuário gerar a planta baixa do projeto arquitetônico, o módulo “Estrutural” passa a ser habilitado. Ao clicar no botão “Estrutural” o usuário tem acesso à janela mostrada na Figura 3.3, onde são oferecidos dois módulos de dimensionamento: o dimensionamento pela ABNT NBR 10837:1989 e o dimensionamento pelas novas normas de alvenaria estrutural (ABNT NBR 15812-1:2010 ou ABNT NBR 15961-1:2011).

Como o foco deste projeto foi a elaboração do módulo relativo ao dimensionamento pelas novas normas, será demonstrada, passo a passo, a elaboração do dimensionamento das paredes estruturais do cômodo em estudo.

### 4.2.1 Como acessar o módulo de dimensionamento desenvolvido

Caso o usuário tenha escolhido a nova norma de dimensionamento, ele irá se deparar com a janela representada na Figura 4.7, onde são apresentadas as possíveis etapas do programa. Salienta-se, como pode ser visto nessa figura, que o programa possui dois

métodos de distribuição das ações verticais, o das “*paredes isoladas*” e o dos “*grupos de paredes sem interação*”. Como discutido nos capítulos anteriores, o método mais indicado quando existe amarração direta entre as paredes é o método dos “*grupos de paredes sem interação*”, pois ele apresenta uma distribuição de ações mais coerente com o comportamento real da estrutura. Já o método das “*paredes isoladas*” é mais indicado quando não existe amarração direta.



**Figura 4.7 – Janela contendo as etapas possíveis do programa.**

#### **4.2.2 Dimensionamento**

As normas atuais de alvenaria prescrevem a utilização do método do grupo de paredes sem interação para distribuição das ações verticais e a utilização de flanges para distribuição das ações horizontais, sempre que houver amarração direta entre as paredes estruturais.

Neste item será visto como proceder para se realizar o dimensionamento ao se utilizar o método dos grupos de paredes sem interação para a distribuição das ações verticais, com a consideração de flanges ou abas para a distribuição das ações horizontais. O dimensionamento por este método se dá em seis etapas, sendo as quatro primeiras etapas referentes ao levantamento e à distribuição das ações verticais e horizontais nas paredes estruturais, e as duas últimas etapas são referentes ao dimensionamento.

Salienta-se que o dimensionamento que utiliza o método das paredes isoladas para a distribuição das ações verticais, sem a utilização de flanges ou abas para a distribuição das ações horizontais se dá em cinco etapas. As três primeiras etapas são referentes ao levantamento e a distribuição das ações verticais e horizontais nas paredes estruturais e as duas últimas etapas são referentes ao dimensionamento.

As rotinas são semelhantes para os dois métodos. A única etapa que difere é a que se refere à criação dos painéis de contraventamento, quando o usuário opta pela utilização do método do grupo de paredes sem interação.

#### 4.2.2.1 Determinação das ações verticais do edifício

A etapa 1 é destinada a reconhecer os grupos de paredes estruturais e a realizar o levantamento das ações verticais. Ao clicar no botão “*Etapa 1*” da Figura 4.7, o usuário irá acessar a janela apresentada na Figura 4.8.

The screenshot shows a software window titled "SIPALex - Estrutural" with a standard Windows-style title bar (minimize, maximize, close buttons). The window is divided into several sections:

- Grupo e Contabilização de aberturas:**
  - Instruction: "Clique no botão ao lado para indicar o grupo" with a "Grupo" button.
  - Instruction: "Indique as aberturas das extremidades das paredes" with sub-instructions:
    - "Clique no botão ao lado para indicar se porta" with a "Porta" button.
    - "Clique no botão ao lado para indicar se janela" with a "Janela" button.
  - Instruction: "Indique o número do grupo a resolver" with a text input field containing the number "1".
- Obtenção dos dados de entrada:**
  - Field: "Entre com o peso específico da alvenaria estrutural revestida (kN/m³):" with a value of "15".
  - Field: "Entre com a espessura da laje em cm:" with a value of "10".
  - Field: "Entre com a sobrecarga de utilização (kN/m²):" with a value of "1.5".
  - Field: "Entre com a carga de revestimento e/ou pavimentação (kN/m²):" with a value of "1".
- Processar dados:**
  - "Processar" button (highlighted with a dashed border).
  - "Corrigir" button.
  - "OK" button at the bottom center.

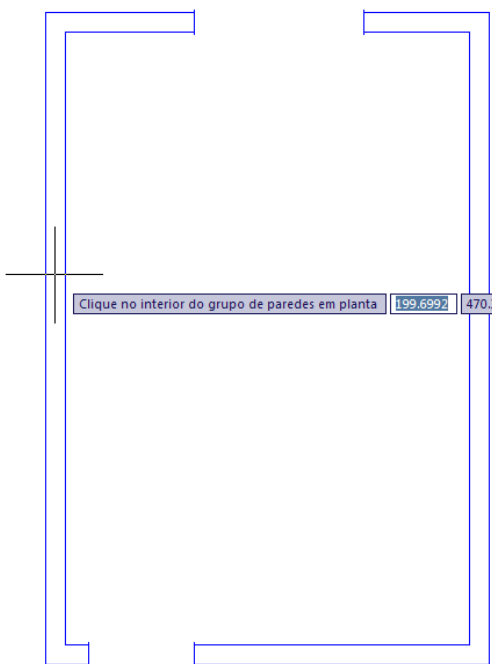
**Figura 4.8 – Janela para a definição dos grupos de paredes.**

Primeiramente o usuário deverá indicar o grupo de paredes a ser calculado. Para isso, ele deverá clicar no botão “*Grupo*” e logo em seguida clicar dentro do grupo a ser

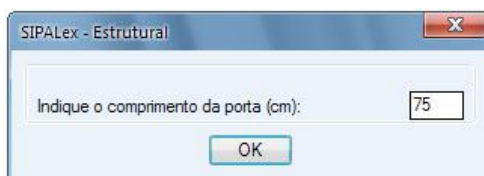
calculado, como mostra a Figura 4.9. Salienta-se que ao selecionar uma área, esta deverá estar totalmente visível na área gráfica do *AutoCAD*.

Em seguida, o programa retorna à janela mostrada na Figura 4.8 e o usuário deverá informar, caso exista alguma porta que limite o grupo de paredes. Para isso basta clicar em “*Portas*” e, na janela da Figura 4.10, digitar o comprimento da porta. Em caso de haver mais de uma, basta repetir o processo.

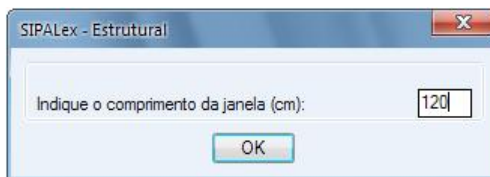
Na sequência deve-se informar se há alguma janela que limite o grupo de paredes. Caso haja, deve-se clicar em “*Janela*” e, na janela da Figura 4.11, digitar o comprimento da janela. Em caso de haver mais de uma, basta repetir o processo.



**Figura 4.9 – Indicando o grupo de paredes a ser calculado.**

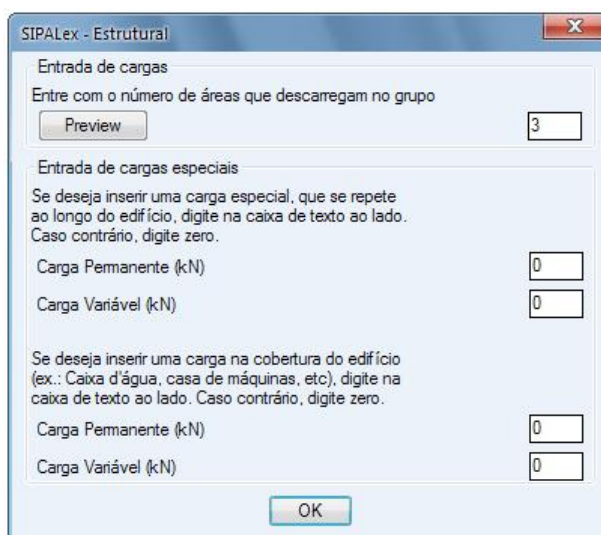


**Figura 4.10 – Informando o comprimento da porta.**



**Figura 4.11 – Informando o comprimento da janela.**

Em seguida deve-se informar o peso específico da alvenaria revestida, a espessura da laje que descarrega na parede, a sobrecarga de utilização e a carga de revestimento e/ou pavimentação da laje, para então clicar em “*Processar*”. Na janela seguinte (ver Figura 4.12), deve-se informar o número de áreas de lajes que descarregam no grupo de paredes.



**Figura 4.12 – Entrada de cargas no grupo de paredes.**

Caso haja alguma carga específica, que se repete ao longo dos pavimentos, ou alguma carga na cobertura do edifício, referentes ao grupo em questão, deverá ser informado o valor em kN na “*Edit-box*” correspondente, como orienta a janela de diálogo acima. Salienta-se que as cargas são divididas em suas componentes permanente e variável, visto que na etapa de dimensionamento será feita a combinação das ações. Depois de completar as informações da janela de diálogo, deve-se clicar em “*OK*”.

Será, então, aberto a janela mostrada na Figura 4.13. O usuário deverá clicar em “*Ponto*” e informar o ponto central de uma das áreas de influência que descarrega sobre o grupo de paredes, como mostra a Figura 4.14. Deve-se estar atento na hora de clicar dentro das áreas, visto que elas devem estar completamente visíveis na área de trabalho

do AutoCAD. Este procedimento deve ser repetido para todas as áreas relativas ao grupo em questão, conforme o número de áreas informado na janela de diálogo da Figura 4.12.

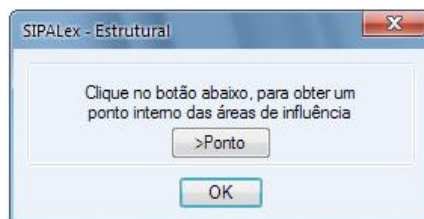


Figura 4.13 – Janela referente a informação das áreas de influência.

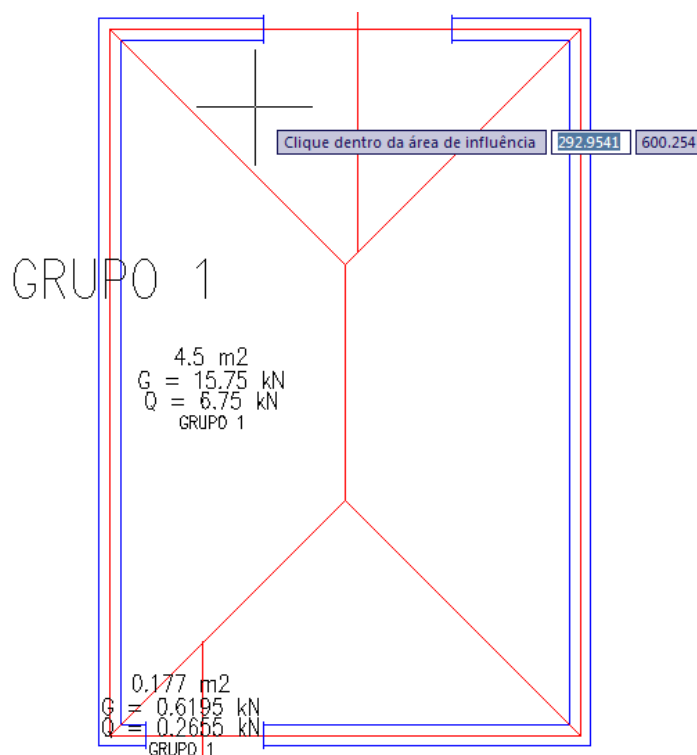


Figura 4.14 – Clicando dentro da área de influência.

Retornado à janela mostrada na Figura 4.8, é possível corrigir o último grupo processado clicando em “Corrigir”. Todos os grupos de paredes da estrutura devem ser processados, lembrando que estes são delimitados pelas aberturas. Clicando em “OK”, o programa fará o levantamento do peso de um pavimento para o cálculo na etapa seguinte, que se refere à obtenção das ações horizontais devidas ao desaprumo. Feito isso, aparecerá na tela uma mensagem, ilustrada na Figura 4.15, indicando que a etapa 1 foi realizada com sucesso.



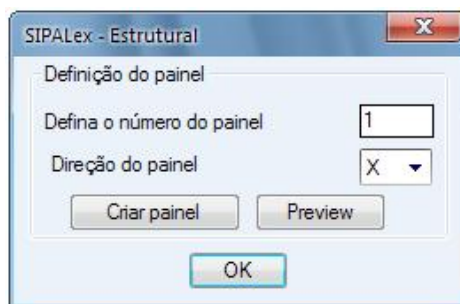
**Figura 4.15 – Janela indicando que a etapa 1 foi realizada com sucesso.**

Para facilitar o processo, aconselha-se processar os grupos na seguinte ordem: inicia-se da esquerda para a direita e de cima para baixo. Desta forma, será mais fácil identificar a numeração dos grupos e mais difícil de esquecer-se de processar algum deles.

#### 4.2.2.2 Determinação dos painéis de contraventamento

A etapa 2 é destinada a definir os painéis de contraventamento. Conforme já dito, as ações horizontais são distribuídas às paredes de contraventamento da estrutura pelas lajes dos pavimentos, proporcionalmente à rigidez de cada painel. Para correta determinação da rigidez dos painéis de contraventamento, recomenda-se que seja considerada a contribuição de trechos perpendiculares a estas paredes, formando seções compostas com elas. Esses trechos são as abas ou flanges.

Ao clicar no botão “*Etapa 2*” da Figura 4.7, o usuário se deparará com a janela de diálogo apresentada na Figura 4.16. Nesta janela o usuário deverá escolher a direção e o número do painel a ser criado. Em seguida, deve-se clicar em “*Criar painel*”.



**Figura 4.16 – Janela para a definição dos painéis de contraventamento.**

A Figura 4.17 mostra a janela responsável pelas etapas referentes à criação dos painéis de contraventamento. Em caso de haver abas na composição do painel, deve-se clicar no botão “*Abas*”.

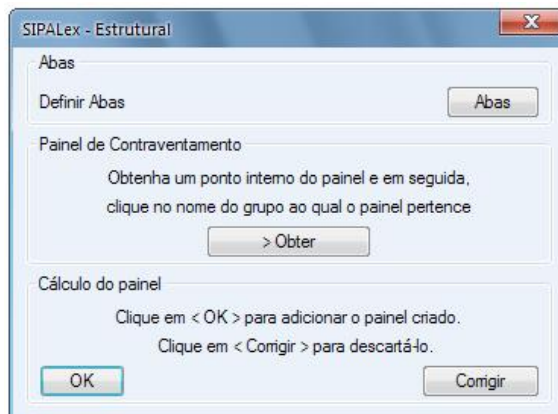


Figura 4.17 – Criação dos painéis de contraventamento.

Na janela seguinte, Figura 4.18, para criar uma aba, o usuário deverá clicar primeiramente em “*Inserir aba*” e, logo em seguida, clicar no ponto de interseção das linhas de eixo a partir da qual se inserirá a aba, e por último, clicar no ponto de inserção da aba, como mostra a Figura 4.19. Caso se queira corrigir a última aba criada, basta clicar em “*Corrigir*”.

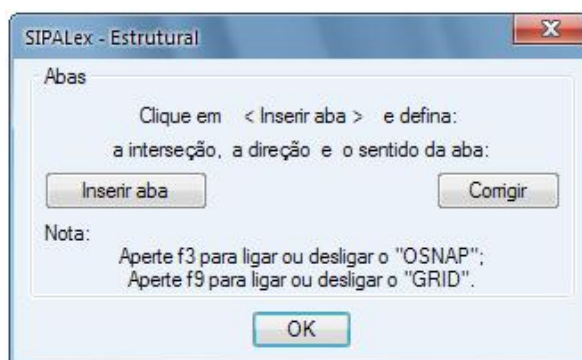


Figura 4.18 – Inserção de abas.

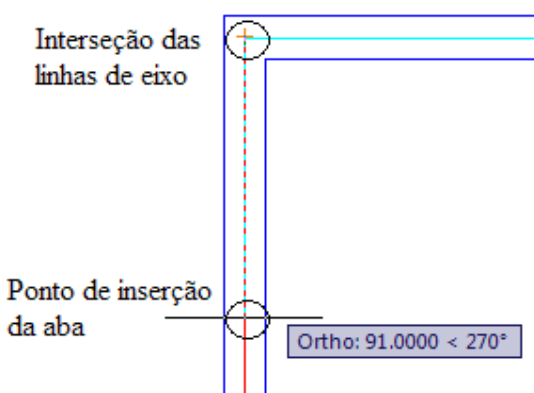
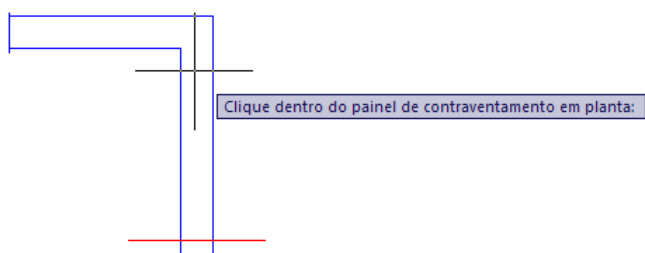
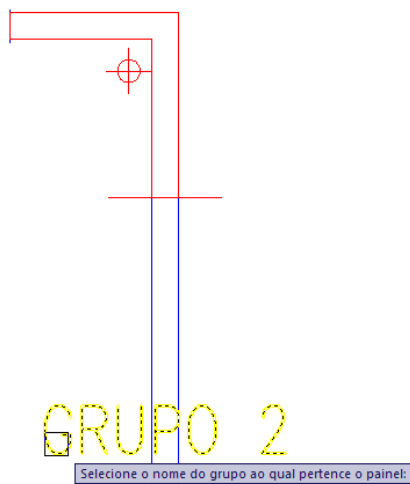


Figura 4.19 – Ponto de interseção e ponto de inserção da aba.

Terminada a inserção das abas que compõem o painel, basta clicar em “OK” que o programa retornará à janela mostrada na Figura 4.17. Depois de delimitar todas as abas que constituem o painel, o usuário deverá clicar em “Obter”, e em seguida clicar em um ponto interno do painel, e em seguida, selecionar o nome do grupo ao qual ele pertence (ver Figura 4.20 e Figura 4.21).



**Figura 4.20 – Clicando dentro do painel.**



**Figura 4.21 – Selecionando o grupo ao qual pertence o painel.**

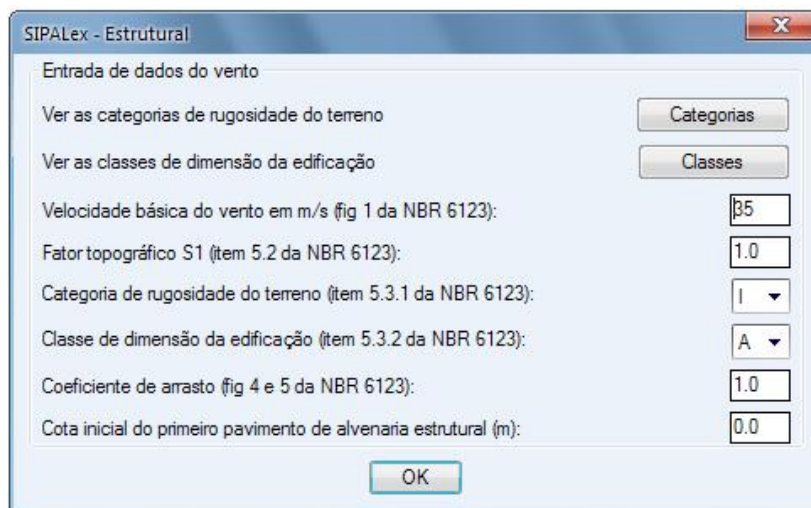
Ao retornar a janela mostrada na Figura 4.17, o painel já estará criado. Para incluí-lo no cálculo, basta clicar em “OK”. Caso o painel apresente algum erro, deve-se clicar em “Corrigir” para descartá-lo, sendo possível refazê-lo de forma correta.

Salienta-se que devem ser criados todos os painéis da direção X (horizontal), para depois serem criados todos os painéis da direção Y (vertical). Os painéis devem ser enumerados em ordem crescente a partir do número 1 para ambas as direções.

Aconselha-se criar os painéis na seguinte ordem: começando da esquerda para a direita e de cima para baixo, pois, assim será mais fácil para identificá-los e mais difícil se esquecer de criar algum.

#### 4.2.2.3 Determinação das ações horizontais no edifício

Após a criação dos painéis de contraventamento, o usuário deverá passar para a etapa 3, que se refere ao cálculo das ações horizontais devido ao vento e ao desaprumo. Ao clicar em “*Etapa 3*” (ver Figura 4.7), o programa abrirá a janela da Figura 4.22. Nesta janela, o usuário deverá informar: a velocidade básica do vento, o fator topográfico (S1), a categoria de rugosidade do terreno, a classe de dimensão da edificação e o coeficiente de arrasto, para obtenção do coeficiente S2. Estes valores são definidos segundo a ABNT NBR 6123:1988. Para uma consulta rápida, basta clicar em “*Categorias*” e “*Classes*”. Para concluir, clique em “*OK*”. Será exibida a mensagem da Figura 4.23, o que significa que a etapa foi concluída com sucesso.



The image shows a software dialog box titled "SIPALex - Estrutural". It contains a section titled "Entrada de dados do vento" with several input fields and buttons. The fields are: "Velocidade básica do vento em m/s (fig 1 da NBR 6123):" with a text box containing "35"; "Fator topográfico S1 (item 5.2 da NBR 6123):" with a text box containing "1.0"; "Categoria de rugosidade do terreno (item 5.3.1 da NBR 6123):" with a dropdown menu showing "I"; "Classe de dimensão da edificação (item 5.3.2 da NBR 6123):" with a dropdown menu showing "A"; "Coeficiente de arrasto (fig 4 e 5 da NBR 6123):" with a text box containing "1.0"; and "Cota inicial do primeiro pavimento de alvenaria estrutural (m):" with a text box containing "0.0". There are two buttons on the right: "Categorias" and "Classes". An "OK" button is at the bottom center.

Figura 4.22 – Esforços horizontais devidos ao vento.

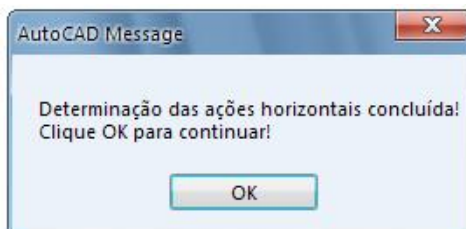


Figura 4.23 – Fim da etapa 3.

#### 4.2.2.4 Determinação dos esforços nas paredes estruturais

As ações horizontais são distribuídas, por meio das lajes, aos painéis de contraventamento. Cada painel recebe uma fração proporcional à sua rigidez.

Ao clicar em “*Etapa 4*” (ver Figura 4.7), o programa irá determinar os esforços nas paredes estruturais. Será necessário clicar em “OK” na janela mostrada na Figura 4.24 e, então, o cálculo dos esforços estará concluído para toda a estrutura.

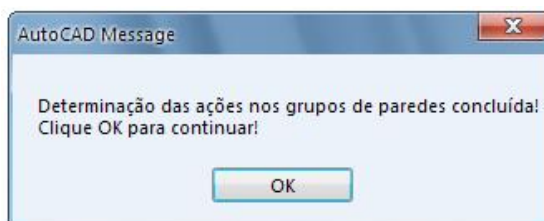


Figura 4.24 – Determinação dos esforços nas paredes estruturais.

#### 4.2.2.5 Dimensionamento dos grupos de paredes sem interação

Ao clicar em “*EtapaD2*” (ver Figura 4.7), o programa abrirá a janela principal para a etapa de dimensionamento e verificações (ver Figura 4.25). Nessa etapa o programa realiza:

- ✓ a verificação e o dimensionamento à flexo-compressão (verificação à tração e à compressão na flexão);
- ✓ a verificação à compressão simples;
- ✓ e a verificação ao cisalhamento. O dimensionamento a este esforço será realizado em etapa posterior.

Na janela da Figura 4.25, o usuário deverá informar:

- ✓ a relação entre a resistência característica de parede e de prisma ( $f_k / f_{pk}$ );
- ✓ a eficiência prisma-bloco, ou seja, a relação entre a resistência característica de prisma e de bloco ( $f_{pk} / f_{bk}$ );
- ✓ o fator redutor da resistência devido à esbelteza da parede ( $R$ );

- ✓ o coeficiente de ponderação das resistências ( $\gamma_m$ );
- ✓ a classe da argamassa;
- ✓ a direção da tração;
- ✓ e os valores dos coeficientes de ponderação das ações para cada combinação, sendo que a ação variável secundária de cada combinação deve estar multiplicada pelo seu respectivo coeficiente de redução. Os valores normalmente utilizados se encontram previamente definidos pelo programa.

Ao clicar em “ajuda” o programa abrirá uma janela que irá esclarecer ao usuário como é feito o dimensionamento e estará disponível para ele a lista dos símbolos e variáveis. Para concluir, basta clicar em “OK”. A janela da Figura 4.26 informa ao usuário que o dimensionamento e as verificações foram feitas com sucesso e que o dimensionamento estará contido em um arquivo chamado *titulodimensionamento.rtf* localizado na pasta *Arqs* dentro da pasta *Sipal*. O programa também gera um arquivo *titulo.txt* onde estará contido: os dados de projeto; os dados referentes ao carregamento vertical e o carregamento horizontal; as tensões por painel ao longo do edifício.

Figura 4.25 – Janela principal para a etapa de dimensionamento.

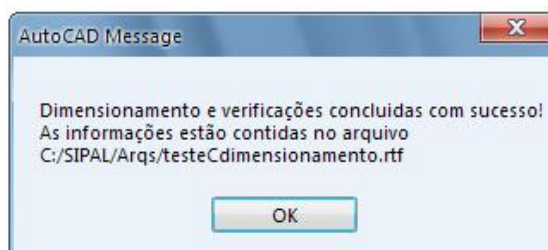


Figura 4.26 – Término da etapa de dimensionamento.

Aconselha-se ao usuário que, depois do término dessa etapa, faça uma leitura do memorial de cálculo referente às tensões e ao dimensionamento. Caso alguma parede não passe na verificação ao cisalhamento, o usuário poderá dimensioná-las na “*EtapaCIS2*”.

Ao clicar em “*EtapaCIS2*” (ver Figura 4.7), será aberto a janela da Figura 4.27. Nesta janela o usuário deverá informar inicialmente: o número do painel; o pavimento a ser

analisado; o coeficiente de ponderação das resistências ( $\gamma_m$ ); e a resistência de cálculo de escoamento da armadura ( $f_{yd}$ ). A princípio o programa busca em seu banco de dados o valor da tensão cisalhante característica atuante devida ao vento ( $\tau_v$ ) e devida ao desaprumo ( $\tau_d$ ), e o valor da tensão normal gerada pelas ações permanentes verticais. De posse dessas tensões, faz-se a verificação para o tipo de elemento escolhido (armado ou não armado).

No caso de o elemento for armado, o usuário deverá entrar com a área transversal da armadura longitudinal de tração ( $A_s$ ), e no caso de elemento não armado, o usuário deverá escolher a classe da argamassa. Assim, o programa calcula na sequência o valor da resistência de cálculo ao cisalhamento, o valor da tensão cisalhante atuante de cálculo e faz a verificação. Caso seja necessário armar ao cisalhamento, o usuário deverá entrar com o valor da altura útil da seção transversal ( $d$ ) e o espaçamento entre as barras da armadura de cisalhamento ( $s$ ). O usuário poderá simular diversas situações, até a obtenção da que mais se adequa e, neste caso, basta clicar em “Gerar memorial”, que o programa adicionará ao memorial o painel dimensionado. O aplicativo consta de um botão de ajuda que contém explicações sobre esta etapa. Vale salientar que a cada painel dimensionado o usuário deverá clicar em memorial para que o mesmo seja adicionado ao memorial de cálculo.

SIPALex - Projeto Estrutural: Dimensionamento de paredes

Parâmetros de entrada  
 $f_{yd}$  (kN/cm<sup>2</sup>): 43.5     $\gamma_m$ : 2.0     $b \times d$  (m<sup>2</sup>): 0.147  
 elemento armado     elemento não armado

Panel  
 Número: 1X    Exemplo: 1x  
 Pavimento: 1

Tensões atuantes:  
 Valores característicos:  
 $\tau_v$  (MPa): 0.0074     $\tau_d$  (MPa): 0.0009     $\sigma_g$  (MPa): 0.14

Cisalhamento: Verificação elemento não armado  
 Nota: Deve-se verificar:  

$$(M_k \cdot \gamma_f) / (b \cdot h) \leq (f_{vk} / \gamma_m) = f_{vd}$$

Classe da argamassa: B - 3.5 a 7.0 MPa  
 $f_{vd}$  (MPa): 0.107     $\tau_{vd}$  (MPa): 0.012    Verificação:  $\tau_{vd} < f_{vd} \Rightarrow ok!$

Cisalhamento: Verificação elemento armado  
 Nota: Para peças de alvenaria estrutural submetidas à flexão e quando existirem amaduradas perpendiculares ao plano de cisalhamento e envoltas por graute, a resistência característica ao cisalhamento pode ser obtida por:  

$$f_{vk} = 0.35 + 17.5 \cdot \rho \leq 0.7 \text{ MPa e } \rho = A_s / (b \cdot d)$$

Parâmetros de entrada:  
 $A_s$  (cm<sup>2</sup>): 0.0     $f_{vd}$  (MPa):     $\tau_{vd}$  (MPa):    Verificação:

Cisalhamento: Dimensionamento  
 Nota: A amadura de cisalhamento paralela à direção de atuação da força cortante é determinada por:  

$$A_{sw} = (V_d - V_a) S / (0.5 \cdot f_{yd} \cdot d) \geq 0.05\% \cdot b \cdot s$$

Onde:  
 $V_a = f_{vd} \cdot b \cdot d$  e  $\rho = A_s / (b \cdot d)$   
 $d$  - altura

Parâmetros de entrada:  
 $V_d$  (kN):     $f_{vd}$  (MPa): 0.107     $d$  (cm):     $s$  (cm):  
 $V_a$  (kN):     $A_{sw, \min}$  (cm<sup>2</sup>):     $A_{sw}$  (cm<sup>2</sup>):     $\emptyset$  (mm):

Gerar memorial    ajuda    OK

Figura 4.27 – Dimensionamento ao cisalhamento.

#### 4.2.2.6 Dimensionamento de vergas ou vigas

Depois de terminar o dimensionamento das paredes estruturais, o programa conta com uma etapa de dimensionamento para vigas ou vergas. Para acessar esta etapa basta clicar no botão “*dimensionar*”, no tópico relacionado a dimensionamento de vergas e vigas na janela mostrada na Figura 4.7.

Em seguida, o programa abrirá a janela da Figura 4.28. O dimensionamento é dividido em duas etapas: flexão simples e cisalhamento. Primeiramente, o usuário deverá dimensionar à flexão simples para depois efetuar o cálculo do cisalhamento. Nessa

janela o usuário deverá informar primeiramente qual elemento ele irá dimensionar: uma verga ou viga biapoiada, ou uma viga engastada e livre. Em seguida ele deverá informar: o peso específico da alvenaria revestido ( $\gamma_{alv}$ ); o peso específico do concreto ( $\gamma_c$ ); a relação entre a resistência característica de parede e de prisma ( $f_k / f_{pk}$ ); a relação entre a resistência característica de prisma e de bloco ( $f_{pk} / f_{bk}$ ); a resistência característica do bloco ( $f_{bk}$ ); o coeficiente de ponderação das resistências ( $\gamma_m$ ); a altura útil da viga ( $d$ ); a espessura do bloco ( $b$ ); o comprimento da laje que apoia sobre a verga ( $d_1$ ); o vão efetivo ( $l$ ); a espessura da parede revestida ( $e_p$ ); as áreas de paredes que descarregam sobre a verga ( $A_1$  e  $A_2$ ); a reação da laje em kN/m ( $RL$ ); e a eficiência do graute ( $\eta$ ).

Depois de fornecer os dados de entrada o usuário deverá escolher o diâmetro nominal da armadura a ser utilizada e clicar em “*calcular*”. O programa automaticamente calcula o número de barras necessárias de acordo com o diâmetro escolhido, e efetua também, caso necessário, o dimensionamento para armadura dupla. Aconselha-se testar várias soluções até que se encontre a ideal.

SIPALex - Projeto Estrutural: Dimensionamento de vergas

Flexão simples

Nota:  
As paredes dos blocos estruturais da modulação M-15 possuem espessura mínima de 25 mm. Para a modulação M-20, as paredes longitudinais possuem espessura de 32 mm e as paredes transversais possuem espessura de 25 mm de acordo com a ABNT NBR 6136:2007.

Parâmetros de entrada:

Verga ou viga biapoiada  Viga engastada e livre

$\gamma_{alv}$  (kN/m<sup>2</sup>): 15  $\gamma_c$  (kN/m<sup>2</sup>): 25  $f_{pk}/f_{bk}$ : 0.80  $f_k/f_{pk}$ : 0.70  $f_{bk}$  (MPa): 4  
 $\gamma_m$ : 2.0  $b$  (m): 0.14  $d$  (m): 0.15  $d_1$  (m): 0.90  $l$  (m): 1.70  
 $e_p$  (m): 0.15  $A_1$  (m<sup>2</sup>): 0.52  $A_2$  (m<sup>2</sup>): 0.11  $\eta$ : 1.60  $RL$  (kN/m): 3.00

Carregemento sobre a verga:

$g_{pp}$  (kN/m): 0.83  $g_{pl}$  (kN/m): 1.59  $g_{pg}$  (kN/m): 0.34  $g_t$  (kN/m): 2.76

Verificação:

$M_d$  (kNm): 1.4  $\times 34$  (m): 0.094  $z 34$  (m): 0.112  $M_{d,máx}$  (kNm): 2.11  
 Verificação:  $M_d \leq M_{d,máx} \Rightarrow$  Amadura simples

Dimensionamento:

$\kappa$  (m): 0.054  $z$  (m): 0.128  $A_s$  (cm<sup>2</sup>): 0.5  $A_{s,mín}$  (cm<sup>2</sup>): 0.21  
 $A_{s,f}$  (cm<sup>2</sup>): 0.5  $\emptyset$  (mm): 8.0 Resultado: 1 Ø 8.0  
 $A_{s'}$  (cm<sup>2</sup>):   $\emptyset$  (mm): 6.3 Resultado:

ajuda Figura - Vigas (parâmetros) calcular

Gerar memorial

OK

Cisalhamento

Cisalhamento: Verificação elemento armado

Nota: Para peças de alvenaria estrutural submetidas à flexão e quando existirem amaduras perpendiculares ao plano de cisalhamento e envoltas por graute, a resistência característica ao cisalhamento pode ser obtida por:

$$f_{vk} = 0.35 + 17.5 \rho \leq 0.7 \text{ MPa e } \rho = A_{s,long}/(b \cdot d)$$

Dados:

$A_{s,long}$  (cm<sup>2</sup>): 0.5  $V_k$  (kN): 2.35  $f_{yd}$  (MPa): 0.351  $\tau_{vd}$  (MPa): 0.157  
 Verificação:  $\tau_{vd} < f_{vd} \Rightarrow$  ok!

Cisalhamento: Dimensionamento

Nota: A amadura de cisalhamento paralela à direção de atuação da força cortante é determinada por:

$$A_{sw} = (V_d - V_a) / s \geq 0.05\% b \cdot s$$

Onde:  
 $V_a = f_{yd} \cdot b \cdot d$   
 $d$  - altura

$s$  (cm): 30  $f_{yd}$  (kN/cm<sup>2</sup>): 43.5  $V_d$  (kN):   $V_a$  (kN):   
 $A_{sw,mín}$  (cm<sup>2</sup>):   $A_{sw}$  (cm<sup>2</sup>):   $A_{sw,f}$  (cm<sup>2</sup>):   $\emptyset$  (mm):

ajuda calcular

Figura 4.28 – Janela principal para o dimensionamento de vigas e vergas.

Dando sequência, o usuário deverá passar para o dimensionamento ao cisalhamento. O próprio programa utiliza os dados já calculados na primeira etapa (flexão simples) e inicializa as variáveis: área transversal da armadura longitudinal de tração ( $A_{s,long}$ ) e força cortante característica ( $V_k$ ). Essas variáveis podem ser modificadas pelo usuário, não necessitando utilizar necessariamente os valores do programa. Em seguida, o usuário deverá clicar em “*calcular*”. O programa, então, irá inicialmente verificar se a alvenaria resiste ou não sem a necessidade de uma armadura de cisalhamento. Caso seja necessário, o usuário deverá informar o espaçamento das barras da armadura de cisalhamento ( $s$ ) e novamente clicar em “*calcular*”.

O programa conta com um botão de ajuda para melhor explicação das etapas, e possui ainda um botão “*Figura – Vigas (parâmetros)*” que ao ser clicado mostra a Figura 4.29. Por fim, o usuário deverá clicar em “*gerar memorial*”. O memorial desta etapa estará contido em um arquivo chamado *titulodimensionamento-vergas.rtf* localizado na pasta *Arqs* dentro da pasta *Sipal*.

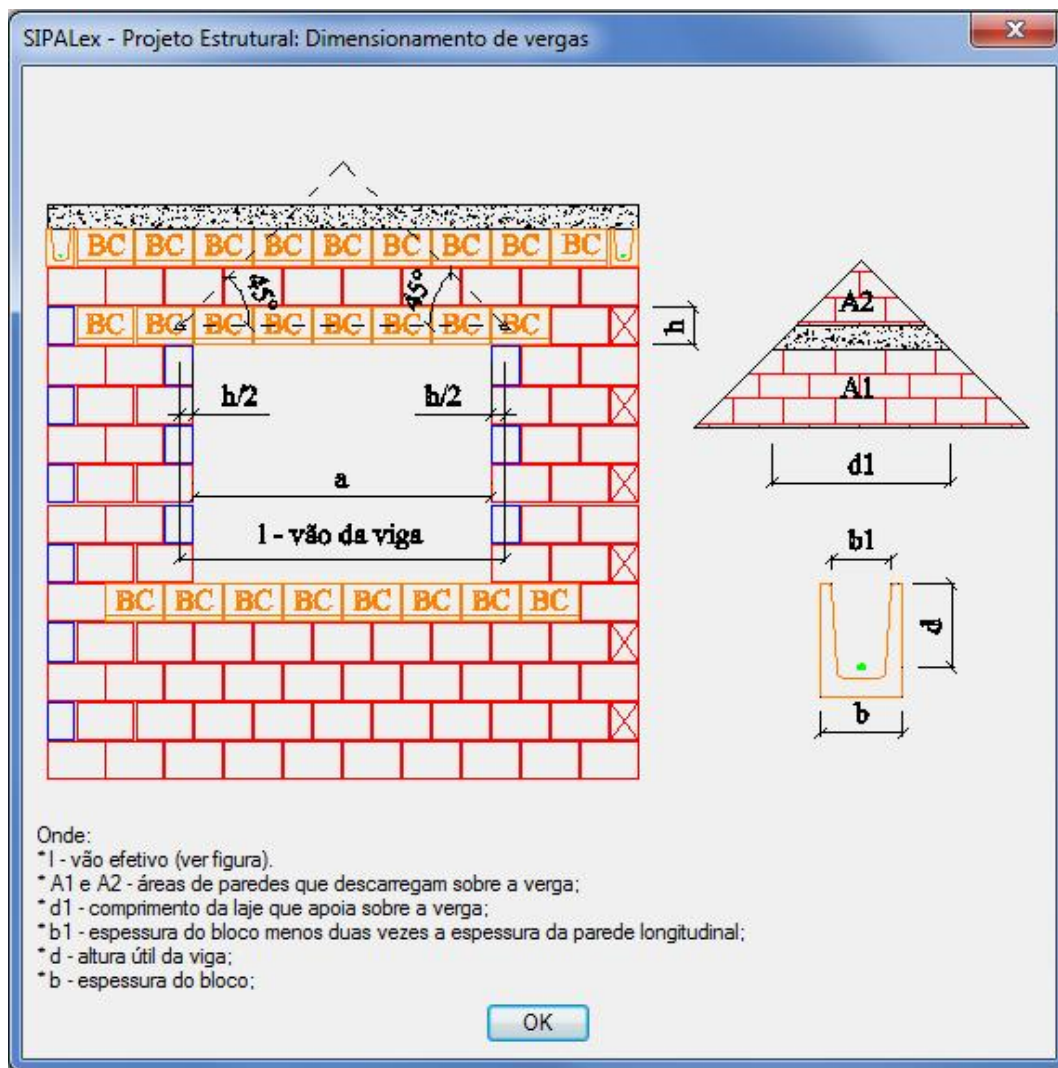


Figura 4.29 – Parâmetros de cálculo de uma verga usual.

#### 4.2.2.7 Etapa de visualização do projeto

Clicando em “*Visualizar*” no menu Projeto Estrutural (ver Figura 4.7), será aberta a janela mostrada na Figura 4.30, através do qual, o usuário poderá visualizar todas as partes do projeto como a planta baixa, os grupos de paredes, as paredes isoladas, os painéis de contraventamento na direção X ou Y e, se preferir, visualizar tudo. Bastando clicar no botão correspondente.

O programa permite ao usuário, ao final de cada etapa, interromper a execução do projeto. Para isso, basta o usuário clicar em “*Fechar*” (ver Figura 4.7), “*Fechar*” (ver Figura 4.4) e “*Sair*” (ver Figura 4.2). Para continuar o projeto em tempo posterior, basta

o usuário digitar “*SIPAL*” na linha de comando do *AutoCAD*, e em seguida clicar em “*Continuar*” (ver Figura 4.2), “*Estrutural*” (ver Figura 4.4), “*ABNT NBR 15961-1:2011*” (ver Figura 3.3) que ele voltará à janela mostrada na Figura 4.7, onde são apresentadas as possíveis etapas de dimensionamento do aplicativo.

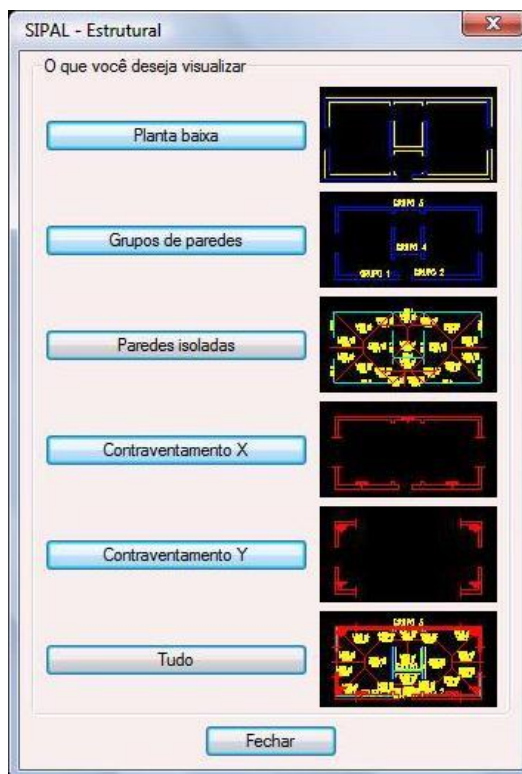


Figura 4.30 – Visualizar o projeto.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A fim de validar o programa, foram feitos testes em edifícios típicos de Alvenaria Estrutural. Neste capítulo, será apresentado o dimensionamento de alguns elementos e o resultado de um dos testes realizados com o programa. Os projetos utilizados foram desenvolvidos na disciplina de Alvenaria Estrutural oferecida pelo Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Viçosa e enfocam tipologias típicas para esse processo construtivo.

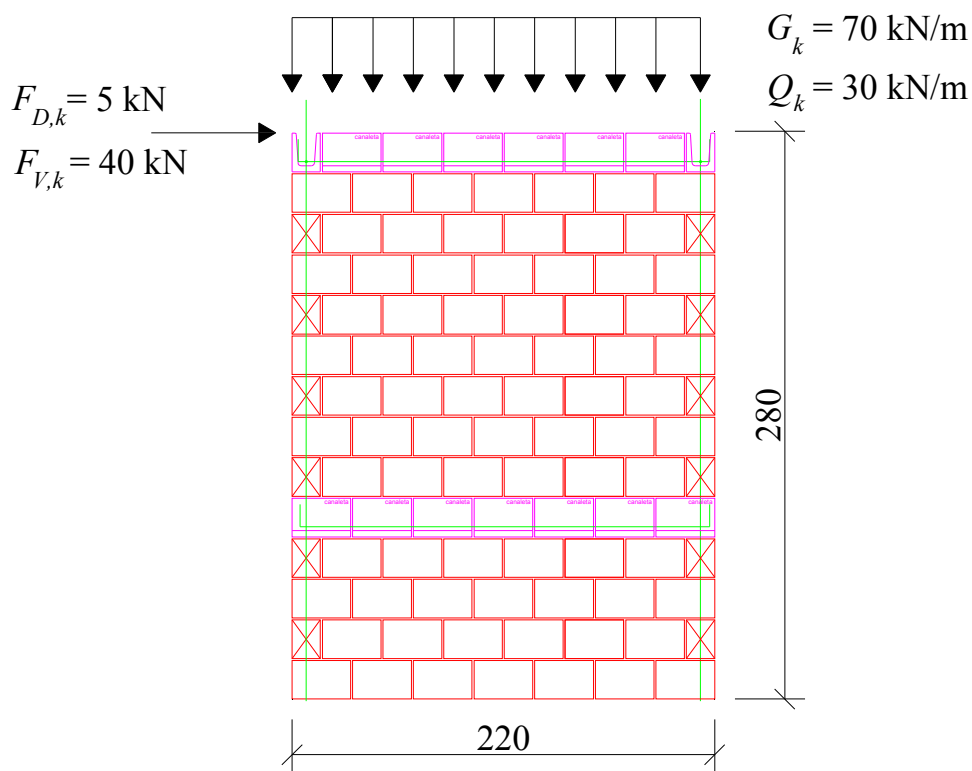
### 5.1 Dimensionamento de elementos

#### 5.1.1 Elemento submetido ao cisalhamento

A Figura 5.1 mostra o exemplo de uma parede submetida a esforços normais e horizontais. A parede apresenta blocos de concreto de 14 cm de largura e eficiência prisma/bloco ( $f_{pk} / f_{bk}$ ) de 0,80. Como a parede será executada com blocos de 4 MPa, a argamassa deverá ter resistência à compressão igual a 70% da resistência característica do bloco na área líquida, ou seja,  $f_a = 5,6$  MPa .

De acordo com a Tabela 2.7, mostrada no item 2.9.2, a resistência característica ao cisalhamento é dada pela equação:

$$f_{vk} = 0,15 + 0,5\sigma \leq 1,4 \text{ MPa} \quad (5.1)$$



**Figura 5.1 – Ações características na parede em estudo.**

Assim, tem-se:

$$\sigma = 0,90 \times \frac{70}{0,14} = 450 \text{ kN/m}^2 = 0,450 \text{ MPa}$$

$$f_{vk} = 0,15 + 0,5 \times 0,450 = 0,375 \text{ MPa}$$

$$f_{vd} = \frac{0,375}{2,0} = 0,1875 \text{ MPa}$$

Por fim, calcula-se a tensão atuante de cálculo, e compara-se este valor com a resistência ao cisalhamento de cálculo.

$$\tau_d = \frac{V_{d,m\acute{a}x}}{b \cdot h} = \frac{1,4 \cdot 45,0}{0,14 \cdot 2,10} = 214,3 \text{ kN/m}^2 = 0,214 \text{ MPa}$$

Como a tensão atuante de cálculo ao cisalhamento é superior à resistência de cálculo da alvenaria ao cisalhamento, é necessária a utilização de estribos. Logo, deve-se calcular o valor área da seção transversal de armadura de cisalhamento, que é dada pela expressão (5.2), citada no item 2.9.2, e transcrita a seguir:

$$A_{sw} = \frac{(V_d - V_a)s}{0.5 \cdot f_{yd} \cdot h} \quad (5.2)$$

Calcula-se primeiramente a força cortante absorvida pela alvenaria ( $V_a$ ) e a força cortante de cálculo ( $V_d$ ), para em seguida, após definir o espaçamento dos estribos ( $s$ ), calcular a armadura de cisalhamento ( $A_{sw}$ ):

- Para o aço CA 50  $\rightarrow f_{yd} = 50 / 1,15 = 43,5 \text{ kN/cm}^2$

$$f_{vk} = 0,15 + 0,5 \times 0,450 = 0,375 \text{ MPa}$$

$$V_a = f_{vd} \times b \times d = 187,5 \times 0,14 \times 2,10 = 55,1 \text{ kN}$$

$$V_d = 1,4 \times 45 = 63,0 \text{ kN}$$

$$s \leq \begin{cases} h/2 \\ 60 \text{ cm para paredes} \end{cases} \leq \begin{cases} 210 \text{ cm} / 2 \\ 60 \text{ cm} \end{cases} \rightarrow s = 60 \text{ cm}$$

$$A_{sw} = \frac{(63,0 - 55,1)0,60}{0,5 \cdot 43,5 \cdot 2,10} = 0,10 \text{ cm}^2$$

$$A_{sw,min} = 0,05 / 100 \times 14 \times 60 = 0,42 \text{ cm}^2 / 60 \text{ cm}$$

Assim, adota-se  $1\phi 8 \text{ mm}$  ( $0,50 \text{ cm}^2$ ) c/  $60 \text{ cm}$ .

Depois de feito o dimensionamento manual, o mesmo foi também realizado pelo aplicativo. A Figura 5.2 apresenta a janela referente ao dimensionamento da parede em estudo. Pode-se observar que os resultados foram idênticos aos do cálculo manual. O programa gerou um manual, que se encontra se no **APÊNDICE C**. Para esse cálculo, bastou inserir os seguintes dados: área da seção transversal da parede ( $b \times d$ ); tensão cisalhante provada pelo vento ( $\tau_v$ ) e pelo desaprumo ( $\tau_d$ ); tensão normal devida ao peso próprio ( $\sigma_G$ ), e a classe da argamassa (B). Assim, têm-se:

- $b \times d = 0,14 \times 2,10 = 0,294 \text{ m}^2$

$$\tau_v = \frac{40}{2,10 \times 0,14} = 136,05 \text{ kN/m}^2 = 0,1361 \text{ MPa}$$

$$\tau_d = \frac{5}{2,10 \times 0,14} = 17,00 \text{ kN/m}^2 = 0,0170 \text{ MPa}$$

$$\sigma_G = \frac{70}{0,14} = 500 \text{ kN/m}^2 = 0,500 \text{ MPa}$$

SIPALex - Projeto Estrutural: Dimensionamento de paredes

Parâmetros de entrada

$f_{yd}$  (kN/cm<sup>2</sup>): 43.5     $\gamma_m$ : 2.0     $b \times h$  (m<sup>2</sup>): 0.294

elemento armado     elemento não armado

Painel

Número: teste    Exemplo: 1x

Pavimento: 2

Tensões atuantes:

Valores característicos:

$\tau_v$  (MPa): 0.1361     $\tau_d$  (MPa): 0.0170     $\sigma_g$  (MPa): 0.500

Cisalhamento: Verificação elemento não armado

Nota: Deve-se verificar:

$$(V_k \cdot \gamma_f) / (b \cdot h) \leq (f_{vk} / \gamma_m) = f_{vd}$$

Classe da argamassa: B - 3.5 a 7.0 MPa

$f_{vd}$  (MPa): 0.188     $\tau_{vd}$  (MPa): 0.214    Verificação:  $\tau_{vd} > f_{vd} \Rightarrow \text{Nok!}$

Cisalhamento: Verificação elemento armado

Nota: Para peças de alvenaria estrutural submetidas à flexão e quando existirem armaduras perpendiculares ao plano de cisalhamento e envoltas por graute, a resistência característica ao cisalhamento pode ser obtida por:

$$f_{vk} = 0.35 + 17.5 \cdot \rho \leq 0.7 \text{ MPa e } \rho = A_s / (b \cdot d)$$

Parâmetros de entrada:

$A_s$  (cm<sup>2</sup>): 0.0     $f_{vd}$  (MPa):     $\tau_{vd}$  (MPa):    Verificação:

Cisalhamento: Dimensionamento

Nota: A armadura de cisalhamento paralela à direção de atuação da força cortante é determinada por:

$$A_{sw} = (V_d - V_a) S / (0.5 \cdot f_{yd} \cdot d) \geq 0.05\% b \cdot s$$

Onde:  
 $V_a = f_{vd} \cdot b \cdot d$  e  $\rho = A_s / (b \cdot d)$ ;  
 $d$  - altura

Parâmetros de entrada:

$V_d$  (kN): 63.02     $f_{vd}$  (MPa): 0.188     $d$  (cm): 210     $s$  (cm): 60

$V_a$  (kN): 55.27     $A_{sw, \text{mín}}$  (cm<sup>2</sup>): 0.42     $A_{sw}$  (cm<sup>2</sup>): 0.1     $\emptyset$  (mm): 8.0

Gerar memorial    ajuda    OK

Figura 5.2 – Janela referente ao dimensionamento da parede em estudo ao cisalhamento.

### 5.1.2 Verga

#### a) Dimensionamento à flexão simples

A verga mostrada na Figura 5.3, de 1,50 m de abertura, recebe 4,0 kN/m de reação das lajes que nela se apoiam. A Figura 5.4 apresenta a seção transversal da verga. Assim, o vão efetivo será dado pela expressão:

$$l = 1,50 + \frac{h}{2} \cdot 2 = 1,50 + \frac{0,19}{2} \cdot 2 = 1,69 \text{ m} \cong 1,70 \text{ m} \quad (5.3)$$

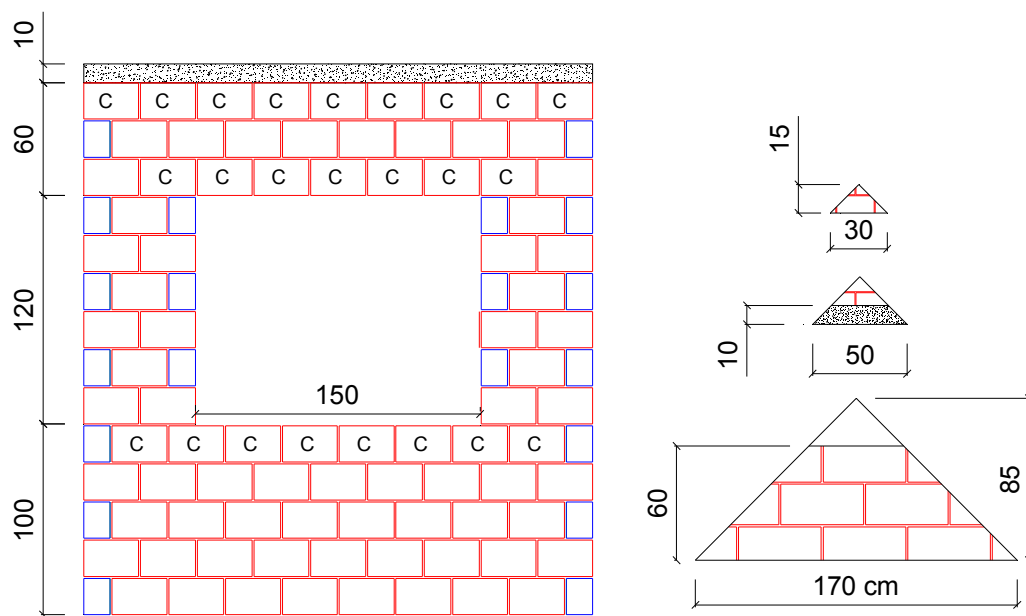


Figura 5.3 – Parâmetros de cálculo para uma verga de 150 cm de abertura.

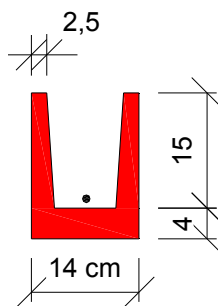


Figura 5.4 – Seção transversal da verga.

O bloco (ver Figura 5.4), tem 14 cm de largura e 2,5 cm de espessura das suas paredes longitudinais. Considerou-se um revestimento de gesso de 0,5 cm de cada lado. Assim, o peso da parede revestida é de 15,0 kN/m<sup>3</sup> e a largura considerada para o cálculo do peso próprio da parede foi de 15 cm.

Considerou-se ainda os seguintes dados: laje com espessura de 10 cm; o pé-direito estrutural de 2,80 m; o peso específico do graute de 25,0 kN/m<sup>3</sup>, e blocos de concreto com resistência característica à compressão de 4,0 MPa e da família M15, o carregamento fica distribuído da seguinte forma:

✓ **Devido ao peso próprio da parede**

$$\frac{(1,7 + 0,5) \cdot 0,6 \cdot 0,15}{2} \text{ m}^3 \times \frac{15 \text{ kN}}{\text{m}^3} \times \frac{1}{1,70 \text{ m}} = 0,87 \text{ kN/m}$$

$$\frac{0,30 \cdot 0,15 \cdot 0,15}{2} \text{ m}^3 \cdot \frac{15 \text{ kN}}{\text{m}^3} \cdot \frac{1}{1,70 \text{ m}} = 0,03 \text{ kN/m}$$

Total: 0,90 kN/m

✓ **Devido ao carregamento da Laje**

$$4,00 \text{ kN/m} \cdot 0,50 \text{ m} \cdot \frac{1}{1,70 \text{ m}} = 1,18 \text{ kN/m}$$

✓ **Devido ao Graute**

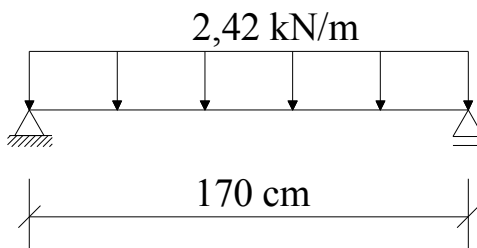
Para o cálculo do volume de graute desconsiderou-se a largura das paredes longitudinais (2,5 cm).

$$0,15 \cdot (0,15 - 0,025 \cdot 2) \cdot 1,7 \text{ m}^3 \cdot \frac{25 \text{ kN}}{\text{m}^3} \cdot \frac{1}{1,7 \text{ m}} = 0,3375 \text{ kN/m}$$

✓ **Total**

$$(g_k + q_k) = 2,42 \text{ kN/m}$$

Na Figura 5.5 apresenta-se um esquema da verga V1, com seu carregamento e vão efetivo.



**Figura 5.5 – Carregamento e vão efetivo da verga V1.**

De posse do carregamento e do vão efetivo, pode-se calcular o momento fletor de cálculo ( $M_d$ ) e a força cortante de cálculo ( $V_d$ ):

$$M_d = 1,4 \cdot M_k = 1,4 \cdot \left( \frac{2,42 \cdot 1,70^2}{8} \right) = 1,22 \text{ kN.m}$$

$$V_d = 1,4 \cdot \frac{q \cdot l}{2} = 1,4 \cdot \frac{2,42 \cdot 1,70}{2} = 2,88 \text{ kN}$$

Considerando os seguintes valores para as variáveis e uma eficiência prisma/bloco de 0,80, obtêm-se os valores da resistência característica dos prismas e das resistências característica e de cálculo para a alvenaria:

- $d'' = 4 \text{ cm}$ ;
- aço CA 50;
- $b = 14 \text{ cm}$
- $d = 15 \text{ cm}$
  
- $f_{pk} = 0,8 \times 2 \times 4 = 6,4 \text{ MPa}$  (canaleta totalmente grauteada, considerando 100% de eficiência do grauteamento);

- $f_k = 0,7 \times 6,4 = 4,48 \text{ MPa}$ ;
- $f_d = \frac{f_k}{\gamma_m} \frac{f_k}{\gamma_m} = 4,48 / 2 = 2,24 \text{ MPa}$ .

Para determinação da posição da linha neutra, considera-se o dimensionamento entre os domínios 3 e 4, onde  $x/d = 0,628$ . Logo:

- $x_{34} = 0,628 \cdot 15 = 9,4 \text{ cm}$
- $z_{34} = d - 0,4x = 15 - 0,4 \cdot 9,4 = 11,2 \text{ cm}$

Assim, o momento resistente de cálculo pode ser determinado:

- $M_{d,máx} = f_d \cdot 0,8x \cdot b \cdot z = 2240 \cdot 0,8 \cdot 0,094 \cdot 0,14 \cdot 0,112 = 2,64 \text{ kN.m}$
- $M_{d,máx} = 2,64 \text{ kN.m} > 1,22 \text{ kN.m} \rightarrow$  seção subarmada

Após a verificação acima, pode-se calcular a posição da linha neutra ( $x$ ):

- $M_d = (f_d \cdot 0,8x \cdot b) \cdot (d - 0,4x) \rightarrow 1,22 = (2240 \cdot 0,8 \cdot x \cdot 0,14) \cdot (0,15 - 0,4x)$

$$a = 0,32 \cdot f_d \cdot b = 100,35; \quad b = 0,8 \cdot f_d \cdot b \cdot d = 37,632; \quad c = M_d = 1,22$$

$$x = \frac{b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} = 0,337 \text{ ou } 0,036 \text{ m}$$

Como  $x = 0,337 \text{ m}$  não faz sentido (fora da seção), temos  $x = 0,036 \text{ m}$ .

Assim, pode-se calcular o braço de alavanca ( $z$ ) e por fim a área de armadura ( $A_s$ ):

- $z = d - 0,4x = 0,15 - 0,4 \cdot 0,036 = 0,1356 \text{ m}$

$$A_s = \frac{M_d}{50\% f_{yd} \cdot z} = \frac{1,22}{0,50 \cdot \frac{50}{1,15} \cdot 0,1356} = 0,41 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,min} = 0,10\% \cdot b \cdot d = 0,10\% \cdot 14 \cdot 15 = 0,21 \text{ cm}^2$$

→ 1 x  $\phi$  8,0 mm

#### b) Dimensionamento ao cisalhamento

Em peças de alvenaria estrutural submetidas à flexão e quando existirem armaduras perpendiculares ao plano de cisalhamento e envoltas por graute, a ABNT NBR 15.961-1:2011 prescreve a seguinte expressão para cálculo da resistência característica ao cisalhamento, citada no item 2.9.2, e transcrita a seguir:

$$f_{vk} = 0,35 + 17,5\rho \leq 0,7 \text{ MPa} \quad (5.4)$$

Ainda segundo a ABNT NBR 15.961-1:2011, para vigas de alvenaria estrutural biapoizadas, a resistência característica ao cisalhamento pode ser multiplicada pelo fator  $K$ , dado por:

$$K = [2,5 - 0,25M_{m\acute{a}x} / (V_{m\acute{a}x} \cdot d)] \quad (5.5)$$

Desta forma, a resistência característica ao cisalhamento é dada pela expressão (5.6):

$$f_{vk} = K \cdot f_{vk} \leq 1,75 \text{ MPa} \quad (5.6)$$

Efetuando os cálculos necessários, tem-se:

$$f_{vk} = 0,35 + 17,5 \cdot \frac{0,50}{14 \cdot 15} = 0,392 \text{ MPa}$$

$$f_{vk} = \left( 2,5 - \frac{0,25 \cdot 1,22}{1,4 \cdot 2,06 \cdot 0,15} \right) \cdot 0,392 = 0,704 < 1,75 \text{ MPa}$$

$$f_{vd} = \frac{0,704}{2,0} = 0,351 \text{ MPa}$$

Por fim, calcula-se a tensão atuante de cálculo e compara-se este valor com a resistência de cálculo ao cisalhamento.

$$\tau_d = \frac{V_{d,máx}}{b \cdot d} = \frac{1,4 \cdot 2,06}{0,14 \cdot 0,15} = 137,33 \text{ kN/m}^2 = 0,137 \text{ MPa}$$

Como a tensão atuante de cálculo ao cisalhamento é inferior à resistência de cálculo da alvenaria ao cisalhamento, não é necessária a utilização de estribos na verga.

Após a realização do cálculo da verga manualmente, o mesmo foi feito por meio do aplicativo desenvolvido. A Figura 5.6 apresenta a janela utilizada para o dimensionamento de vergas e vigas, bem como o resultado encontrado para a verga V1. Os valores encontrados pelo aplicativo e pelo cálculo manual foram praticamente os mesmos. O manual gerado pelo programa para o cálculo da verga V1 encontra-se no **APÊNDICE D**.

SIPALex - Projeto Estrutural: Dimensionamento de vergas

**Flexão simples**

Nota:  
As paredes dos blocos estruturais da modulação M-15 possuem espessura mínima de 25 mm. Para a modulação M-20, as paredes longitudinais possuem espessura de 32 mm e as paredes transversais possuem espessura de 25 mm de acordo com a ABNT NBR 6136:2007.

Parâmetros de entrada:

Verga ou viga biapoada  Viga engastada e livre

valv (kN/m²): 15    yc (kN/m²): 25    fpk/fbk: 0.80    fk/fpk: 0.70    fbk (MPa): 4  
 ym: 2.0    b (m): 0.14    d (m): 0.15    d1 (m): 0.50    l (m): 1.70  
 ep (m): 0.15    A1 (m²): 0.66    A2 (m²): 0.022    η: 2.00    RL (kN/m): 4.00

Carregamento sobre a verga:

gpp (kN/m): 0.903    gpl (kN/m): 1.176    gpg (kN/m): 0.338    gt (kN/m): 2.417

Verificação:

Md (kNm): 1.22    x34 (m): 0.094    z34 (m): 0.112    Md,máx (kNm): 2.64  
 Verificação:  $Md \leq Md_{máx} \Rightarrow$  Amadura simples

Dimensionamento:

x (m): 0.036    z (m): 0.136    As (cm²): 0.41    As,mín (cm²): 0.21  
 As,f (cm²): 0.41    Ø (mm): 8.0    Resultado: 1 Ø 8.0  
 As' (cm²):    Ø (mm): 6.3    Resultado:   

ajuda    Figura - Vigas (parâmetros)    calcular    Gerar memorial    OK

---

**Cisalhamento**

Cisalhamento: Verificação elemento amado

Nota: Para peças de alvenaria estrutural submetidas à flexão e quando existirem amaduras perpendiculares ao plano de cisalhamento e envoltas por graute, a resistência característica ao cisalhamento pode ser obtida por:

$$f_{vk} = 0.35 + 17.5 \cdot \rho \leq 0.7 \text{ MPa e } \rho = A_{s, \text{long}} / (b \cdot d)$$

Dados:

As,Long (cm²): 0.50    Vk (kN): 2.05    fvd (MPa): 0.351    τvd (MPa): 0.137

Verificação: τvd < fvd => ok!

Cisalhamento: Dimensionamento

Nota: A amadura de cisalhamento paralela à direção de atuação da força cortante é determinada por:

$$A_{sw} = (V_d - V_{a,s}) / (0.5 \cdot f_{y,d} \cdot d) \geq 0.05\% \cdot b \cdot s$$

Onde:  
 $V_a = f_{v,d} \cdot b \cdot d$ ;  
 d - altura

s (cm): 30    fyd (kN/cm²): 43.5    Vd (kN):    Va (kN):   

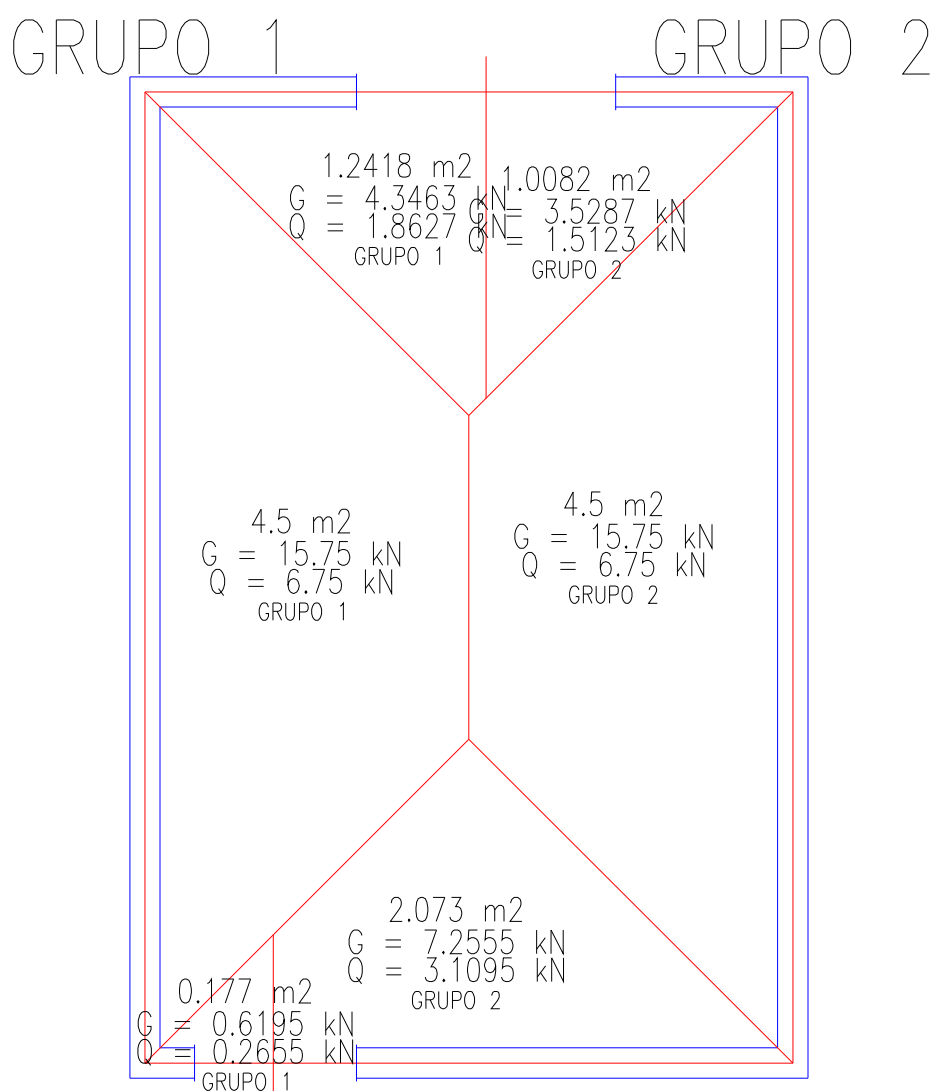
Asw,mín (cm²):    Asw (cm²):    Asw,f (cm²):    Ø (mm):   

ajuda    calcular

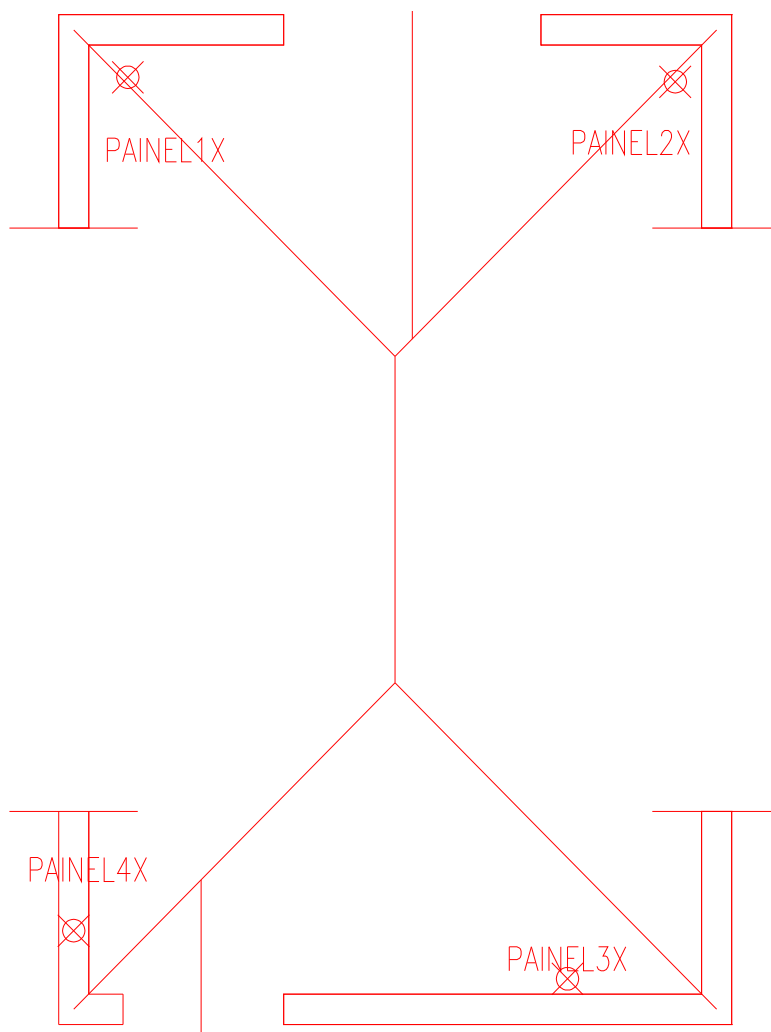
Figura 5.6 – Janela referente ao dimensionamento da verga V1.

### 5.1.3 Elemento submetido à flexão composta (elemento armado)

Será utilizado para dimensionamento do elemento submetido à flexão composta o exemplo mostrado durante o Capítulo 4, que trata da descrição do programa. Na Figura 5.7 são mostrados os grupos de paredes e suas respectivas áreas de influência das lajes e na Figura 5.8 são mostrados os painéis de contraventamento na direção X para o exemplo em estudo. O elemento a ser dimensionado trata-se do painel 3X. Os valores das tensões e das demais propriedades necessárias para a realização do cálculo, foram obtidas pelo programa.



**Figura 5.7 – Grupos de paredes e suas respectivas áreas de influência das lajes para o exemplo em estudo.**



**Figura 5.8 – Painéis de contraventamento na direção X para o exemplo em estudo.**

Considerando a utilização de blocos de 14 cm de espessura, com  $f_{pk} = 0,80 \cdot f_{bk}$  e  $f_k = 0,70 \cdot f_{pk}$ , será determinada a resistência do bloco e verificada a necessidade de armadura, tendo em vista que o resumo dos carregamentos para o painel 3X, obtidos através do aplicativo desenvolvido, está apresentado na Figura 5.9.

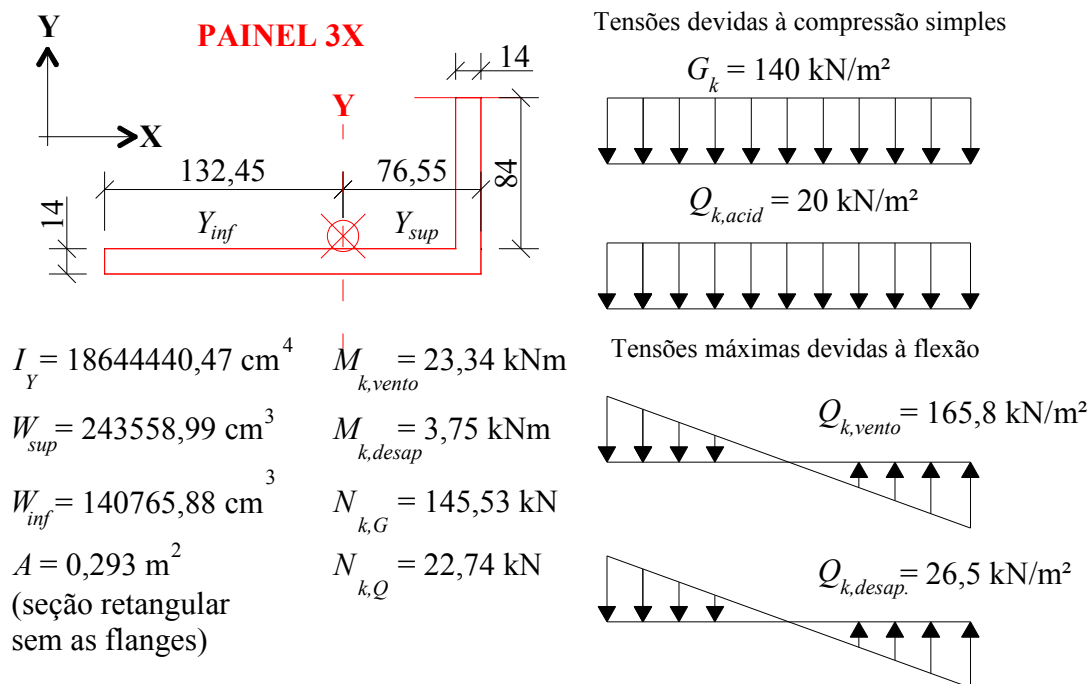


Figura 5.9 – Propriedades geométricas, tensões e ações características para o painel 3X.

#### a) Verificação da tração

Para o cálculo da tensão atuante de cálculo, primeiramente, calcula-se o valor do limite de esbeltez ( $\lambda$ ). Se  $\lambda$  for superior a 12, o elemento é considerado esbelto e deve ser acrescido o momento de segunda ordem ( $M_{2d}$ ) na direção de menor inércia.

$$\lambda = \frac{h_{ef}}{t_{ef}} = \frac{280}{14} = 20 \rightarrow \text{Adicionar } M_{2d} \text{ na direção de } \lambda > 12.$$

$$M_{2d} = \frac{N_d \cdot (h_e)^2}{2000 \cdot t} = \frac{1,4 \cdot (145,53 + 22,74) \cdot 2,8^2}{2000 \cdot 0,14} = 6,60 \text{ kNm}$$

O dimensionamento do elemento esbelto é semelhante ao do elemento curto, sendo apenas acrescentado o momento de segunda ordem na direção de menor inércia.

Para elementos submetidos à flexão composta oblíqua, pode-se dimensionar uma seção com armaduras simétricas mediante a transformação em uma flexão reta composta,

aumentando-se um dos momentos fletores de acordo com as expressões (5.7) e (5.8), citadas no item 2.9.3.1 e transcritas a seguir:

$$M'_{x} = M_{x} + j \frac{p}{q} M_{y} \text{ para } \frac{M_{x}}{p} \geq \frac{M_{y}}{p} \text{ ou;} \quad (5.7)$$

$$M'_{y} = M_{y} + j \frac{p}{q} M_{x} \text{ para } \frac{M_{x}}{p} < \frac{M_{y}}{p} \quad (5.8)$$

Onde:

$p$  - dimensão da seção transversal na direção perpendicular ao eixo  $x$ ;

$q$  - dimensão da seção transversal na direção perpendicular ao eixo  $y$ ;

Observa-se que o cálculo do coeficiente  $j$  se dá por meio da Tabela 2.9. Assim, para o painel 3X, considerando um bloco de resistência à compressão de 4 MPa, tem-se:

$$\frac{N_d}{A \cdot f_k} = \frac{1,4 \cdot (145,53 + 22,74) \text{ kN}}{0,293 \text{ m}^2 \cdot 2240 \text{ kN/m}^2} = 0,359 \rightarrow j = 0,579$$

$$M'_{x,d} = \gamma_f \cdot M_{\text{vento},x} + \gamma_f \cdot M_{\text{desap},x} + j \frac{p}{q} M_{2d}$$

$$M'_{x,d} = 1,4 \times 23,34 + 1,4 \times 3,74 + 0,579 \times \frac{2,09}{0,14} \times 6,60 = 94,95 \text{ kNm}$$

De posse do momento majorado, pode-se verificar à tração. A verificação à tração é dada pela expressão (5.9), citada em 2.9.3.1e transcrita a seguir:

$$\gamma_{q,\text{vento}} \cdot Q_{\text{vento}} + \gamma_{g,\text{desaprumo}} \cdot D + \gamma_g \cdot G \leq \frac{f_{tk}}{\gamma_m} \quad (5.9)$$

Como o  $M'_{x,d}$  já é o momento de cálculo de flexão considerando a transformação da flexão composta oblíqua em uma flexão reta composta, a expressão (2.29) passa a ser escrita da seguinte maneira:

$$\frac{M'_{x,d}}{W_{\text{inf}}} - 0,9 \cdot G \leq \frac{f_{tk}}{\gamma_m} \rightarrow \frac{94,95 \text{ kNm}}{140765,88 \times 10^{-6} \text{ m}^3} - 0,9 \times 140 \text{ kN/m}^2 = 548 \text{ kN/m}^2$$

O caso geral de um painel de alvenaria prismático, de seção transversal qualquer, e submetido à flexão composta oblíqua pode ser analisado a partir da equação de Navier, para um regime elástico-linear, transformando a flexão composta oblíqua em uma flexão reta composta. Observa-se que, para o Painel 3X o eixo Y não é o eixo principal de inércia. No entanto, tendo em vista a simetria do edifício, esse só sofrerá translação na direção da ação horizontal, o que produzirá flexão em torno dos eixos principais centrais de inércia X e Y.

A resistência característica à tração para o painel 3X, considerando uma argamassa de resistência à compressão da classe B (resistência média de 3,5 MPa a 7 MPa), é de 200 kN/m<sup>2</sup>. Assim, tem-se uma resistência de cálculo à tração de 100 kN/m<sup>2</sup>. Como o esforço de cálculo à tração é de 548 kN/m<sup>2</sup>, ou seja, maior que a resistência de cálculo à tração, é necessário armar o painel 3X.

Para elementos curtos, a ABNT NBR 15961:2011 prescreve a utilização de armadura mínima quando a força normal de cálculo ( $N_{sd}$ ) não excede a força resistente de cálculo ( $N_{Rd}$ ).

$$e_x = \frac{M'_d}{N_d} = \frac{94,95 \text{ kNm}}{1,4 \times (145,53 + 22,74) \text{ kN}} = 0,403 \text{ m}$$

$$N_{Rd} = f_d \cdot b \cdot (h - 2e_x) = \frac{2240}{2} \text{ kN/m}^2 \times 0,14 \text{ m} \times (2,09 - 2 \times 0,403) \text{ m} = 201,33 \text{ kN}$$

$$N_{sd} = 1,4 \times (145,53 + 22,74) = 235,58 \text{ kN}$$

Como a força normal solicitante de cálculo foi superior à força resistente de cálculo, deve-se calcular o valor da área de aço a ser utilizado.

### b) Cálculo da armadura de tração pelo processo simplificado (Estádio II)

- **Bordo Superior tracionado**

$$Comb = \frac{M'_{x,d}}{W_{sup}} - 0,9 \cdot G \rightarrow \frac{94,95 \text{ kNm}}{243558,99 \times 10^{-6} \text{ m}^3} - 0,9 \times 140 \text{ kN/m}^2 = 263,8 \text{ kN/m}^2$$

$$Comb^* = \frac{M'_{x,d}}{W_{inf}} - 0,9 \cdot G \rightarrow \frac{-94,95 \text{ kNm}}{140765,88 \times 10^{-6} \text{ m}^3} - 0,9 \times 140 \text{ kN/m}^2 = -800,5 \text{ kN/m}^2$$

Na Figura 5.10 são mostradas as tensões normais de flexão nos bordos superior e inferior, para a condição de bordo superior tracionado. Utilizando conceitos geométricos, pode-se calcular o comprimento  $x$  da região tracionada:

$$\frac{2,09}{x} = \frac{1064,3}{263,8} \rightarrow x = 0,52 \text{ m}$$

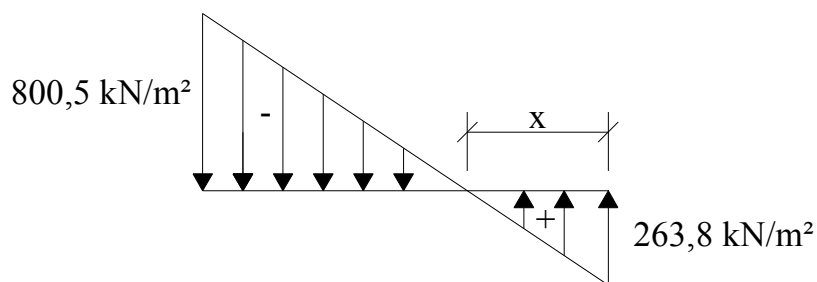


Figura 5.10 – Tensões de flexão para o bordo superior tracionado.

Calcula-se então a força de tração por meio de integração das tensões, destacando que, para o bordo superior, deverão ser consideradas as tensões distribuídas sobre a alma e a mesa da seção (ver Figura 5.11).

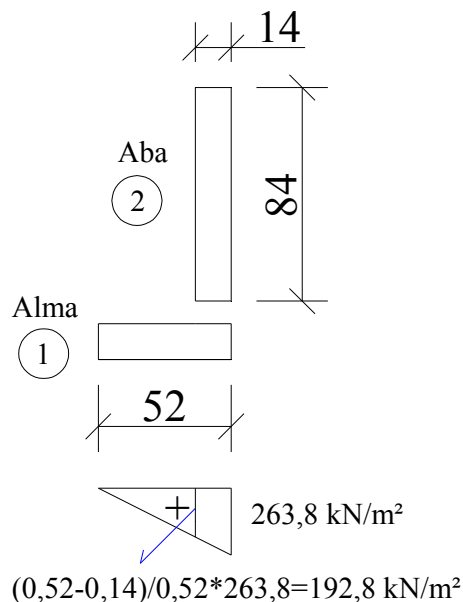


Figura 5.11 – Tensões normais de flexão nos trechos tracionados.

A força de tração será igual à parcela sobre a alma (1) somada à parcela sobre a aba (2).

$$F_t = \frac{0,52 \times 0,14 \times 263,8}{2} + \frac{(263,8 + 192,8)}{2} \times 0,14 \times 0,84 = 36,45 \text{ kN}$$

Para calcular a área de aço, basta dividir a força de tração por 50%  $f_{yd}$ .

$$A_s = \frac{F_t}{50\% \cdot f_{yd}} \rightarrow \text{Aço CA50 } f_{yd} = \frac{50}{1,15} = 43,45 \text{ kN/cm}^2$$

$$A_s = \frac{36,45}{0,50 \times 43,45} = 1,68 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,min} = 0,1\% \times A_{alma} = 0,1\% \times 14 \times 209 = 2,93 \text{ cm}^2$$

Adotar 2,93 cm<sup>2</sup> ou 4  $\phi$  10 mm.

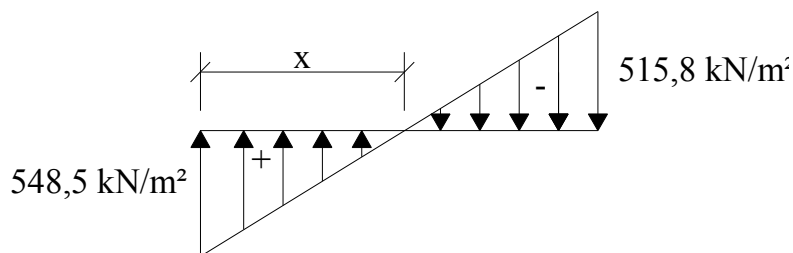
- **Bordo Inferior tracionado**

$$Comb = \frac{M'_{x,d}}{W_{inf}} - 0,9 \cdot G \rightarrow \frac{94,95 \text{ kNm}}{140765,88 \times 10^{-6} \text{ m}^3} - 0,9 \times 140 \text{ kN/m}^2 = 548,5 \text{ kN/m}^2$$

$$Comb^* = \frac{M'_{x,d}}{W_{sup}} - 0,9 \cdot G \rightarrow \frac{-94,95 \text{ kNm}}{243558,99 \times 10^{-6} \text{ m}^3} - 0,9 \times 140 \text{ kN/m}^2 = -515,8 \text{ kN/m}^2$$

Na Figura 5.12 são mostradas as tensões normais de flexão para o bordo inferior tracionado. Geometricamente, calcula-se o comprimento  $x$  da região tracionada:

$$\frac{2,09}{x} = \frac{1064,3}{548,5} \rightarrow x = 1,08 \text{ m}$$



**Figura 5.12 – Tensões normais de flexão para o bordo inferior tracionado.**

A força de tração será igual à parcela sobre a alma.

$$F_t = \frac{1,08 \times 0,14 \times 548,5}{2} = 41,47 \text{ kN}$$

Para calcular a área de aço, basta dividir a força de tração por 50% $f_{yd}$ .

$$A_s = \frac{F_t}{50\% \cdot f_{yd}} \rightarrow \text{Aço CA50 } f_{yd} = \frac{50}{1,15} = 43,45 \text{ kN/cm}^2$$

$$A_s = \frac{41,47}{0,50 \times 43,45} = 1,91 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,min} = 0,1\% \times A_{alma} = 0,1\% \times 14 \times 209 = 2,93 \text{ cm}^2$$

Adotar 2,93 cm<sup>2</sup> ou 4  $\phi$  10 mm.

### c) Verificação quanto às tensões de compressão máximas

A verificação à compressão máxima é dada pelas expressões (5.10) e (5.11), citadas no item 2.9.1, e transcritas a seguir:

$$\frac{\gamma_g G + \gamma_q Q_{acidental} + \psi_0 \gamma_q Q_{vento} + \gamma_g D}{R} + \frac{\psi_0 \gamma_q Q_{vento} + \gamma_g D}{1,5} \leq \frac{f_k}{\gamma_m} \quad (5.10)$$

$$\frac{\gamma_g G + \psi_0 \gamma_q Q_{acidental} + \frac{\gamma_q Q_{vento} + \gamma_g D}{1,5}}{R} \leq \frac{f_k}{\gamma_m} \quad (5.11)$$

Substituindo numericamente os coeficientes de ponderação, as equações podem ser reescritas por:

$$\text{Comb 1} = \frac{1,4G + 1,4Q_{acidental}}{R} + \frac{1,4 \times 0,6Q_{vento} + 1,4D}{1,5} \leq \frac{0,7 \times 0,8 f_{bk}}{2,0}$$

$$\text{Comb 2} = \frac{1,4G + 1,4 \times 0,5Q_{acidental}}{R} + \frac{1,4Q_{vento} + 1,4D}{1,5} \leq \frac{0,7 \times 0,8 f_{bk}}{2,0}$$

- **Cálculo da Combinação 1**

Ação variável principal: carga acidental

$$M'_{1x,d} = \gamma_f \cdot M_{vento,x} + \gamma_f \cdot M_{desap,x} + j \frac{P}{q} M_{2d}$$

$$M'_{1x,d} = 0,84 \times 23,34 + 1,40 \times 3,74 + 0,579 \times \frac{2,09}{0,14} \times 6,60 = 81,89 \text{ kN.m}$$

$$\text{Comb 1} = \frac{1,4 \times G + 1,4 \times Q}{R} + \frac{M'_{1x,d}}{W_{inf} \times 1,5}$$

$$\text{Comb 1} = \frac{1,4 \times 140 + 1,4 \times 20}{0,875} + \frac{81,89}{140765,88 \times 10^{-6} \times 1,5} = 643,8 \text{ kN/m}^2 = 0,64 \text{ MPa}$$

- **Cálculo da Combinação 2**

Ação variável principal: vento

$$M'_{2x,d} = \gamma_f \cdot M_{vento,x} + \gamma_f \cdot M_{desap,x} + j \frac{P}{q} M_{2d}$$

$$M'_{2x,d} = 1,40 \times 23,34 + 1,40 \times 3,74 + 0,579 \times \frac{2,09}{0,14} \times 6,60 = 94,95 \text{ kN.m}$$

$$\text{Comb 2} = \frac{1,4 \times G + 1,4 \times 0,5Q}{R} + \frac{M'_{2x,d}}{W_{\text{inf}} \times 1,5}$$

$$\text{Comb 2} = \frac{1,4 \times 140 + 1,4 \times 0,5 \times 20}{0,875} + \frac{94,95}{140765,88 \times 10^{-6} \times 1,5} = 689,7 \text{ kN/m}^2 = 0,69 \text{ MPa}$$

Depois de calculado os valores das combinações de ações, basta utilizar o valor crítico entre elas e calcular o valor da resistência característica do bloco. Assim, tem-se:

$$\text{Comb 2} \leq \frac{0,7 \times 0,8 f_{bk}}{2,0} \rightarrow f_{bk} = \frac{2 \times 0,69}{0,80 \times 0,70} = 2,46 \text{ MPa} \rightarrow \text{utilizar bloco de } 4,0 \text{ MPa}$$

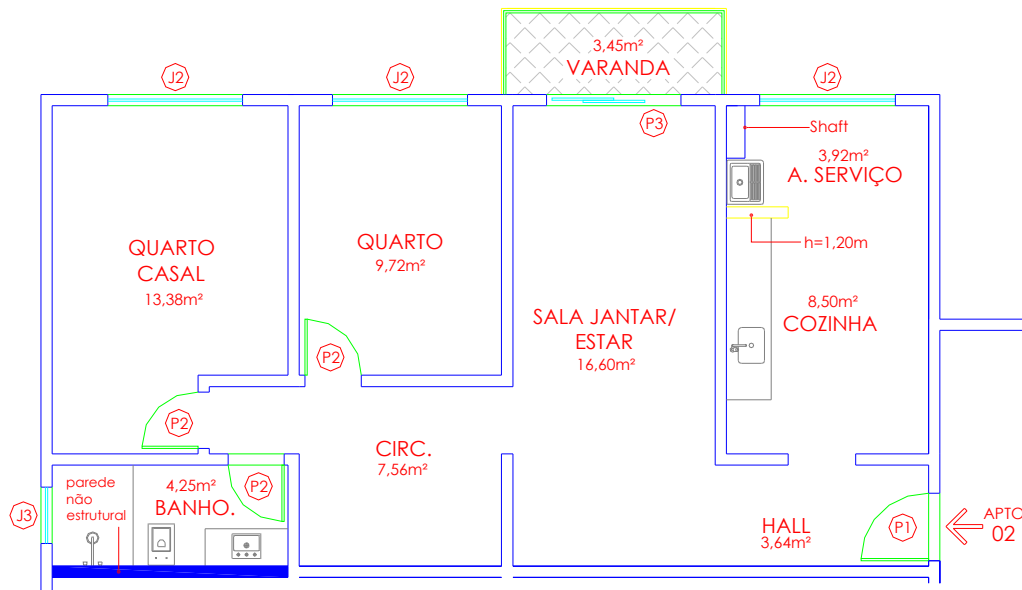
Parte do memorial referente ao painel 3X que foi gerado pelo programa encontra-se no **APÊNDICE E**. Salienta-se que os resultados encontrados pelo programa foram idênticos aos do cálculo manual.

## 5.2 Projeto de um edifício de alvenaria estrutural

### 5.2.1 Descrição do projeto

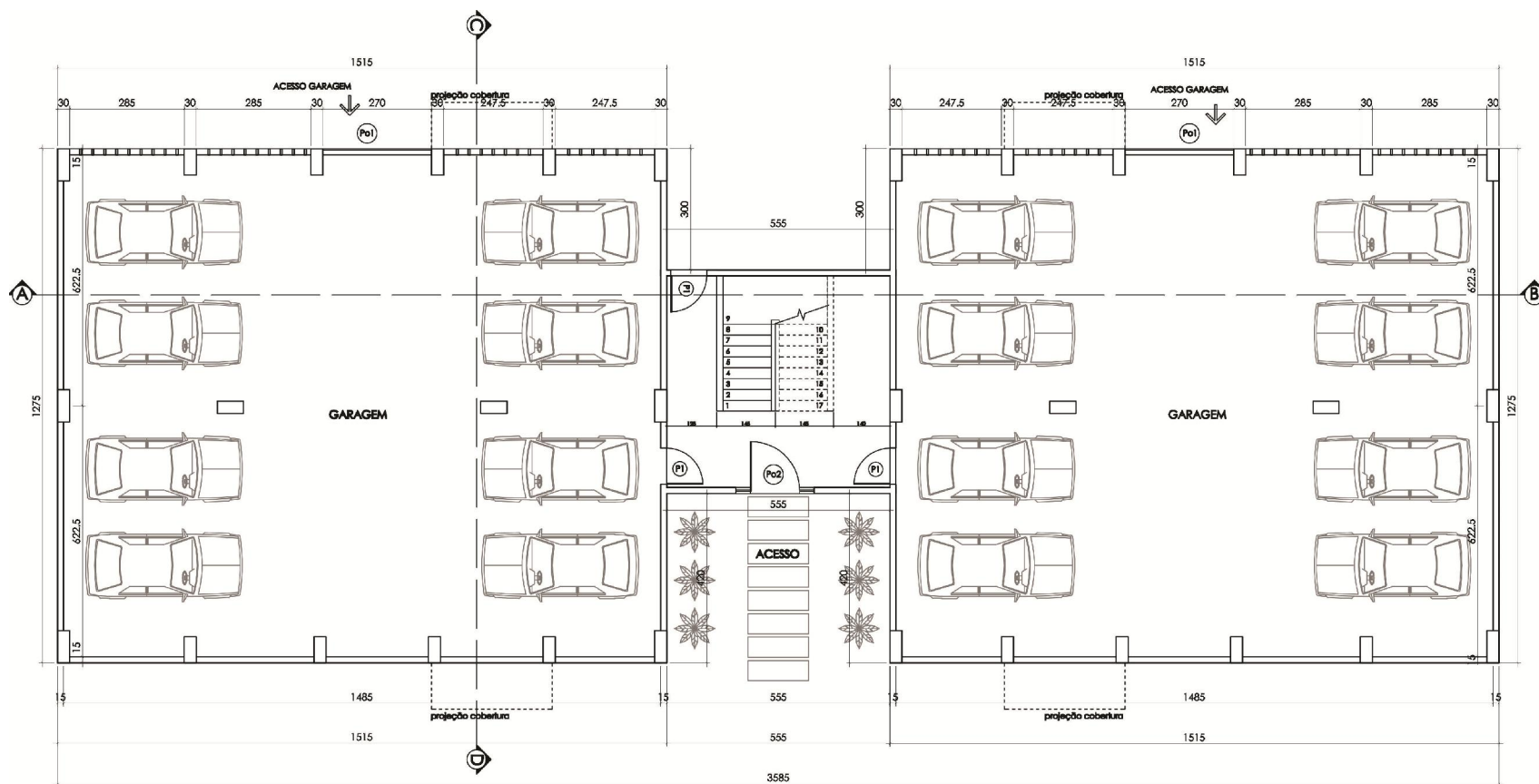
O projeto refere-se a um edifício residencial multifamiliar, concebido para famílias de média a baixa renda e grupo familiar de três pessoas. O exemplo trata-se de uma edificação de cinco pavimentos, sendo o primeiro pavimento executado em concreto armado, no qual abriga 16 vagas de veículos de passeio. Os demais pavimentos possuem quatro unidades-padrão por andar, sendo que cada unidade possui área útil de 68,53 m<sup>2</sup>, distribuídas em dois quartos, sala, banheiro, cozinha conjugada com área de serviço e circulação. Está previsto na laje de cobertura, acima da caixa de escada, um reservatório, com capacidade para a alocação de caixas pré-fabricadas para um volume de 16.000 litros de água.

No banheiro, uma das paredes será destinada à passagem das tubulações hidráulicas, sendo assim, ela não terá função estrutural. Para a cozinha e a área de serviço foi proposta a utilização de *shafts*, como representado na Figura 5.13.



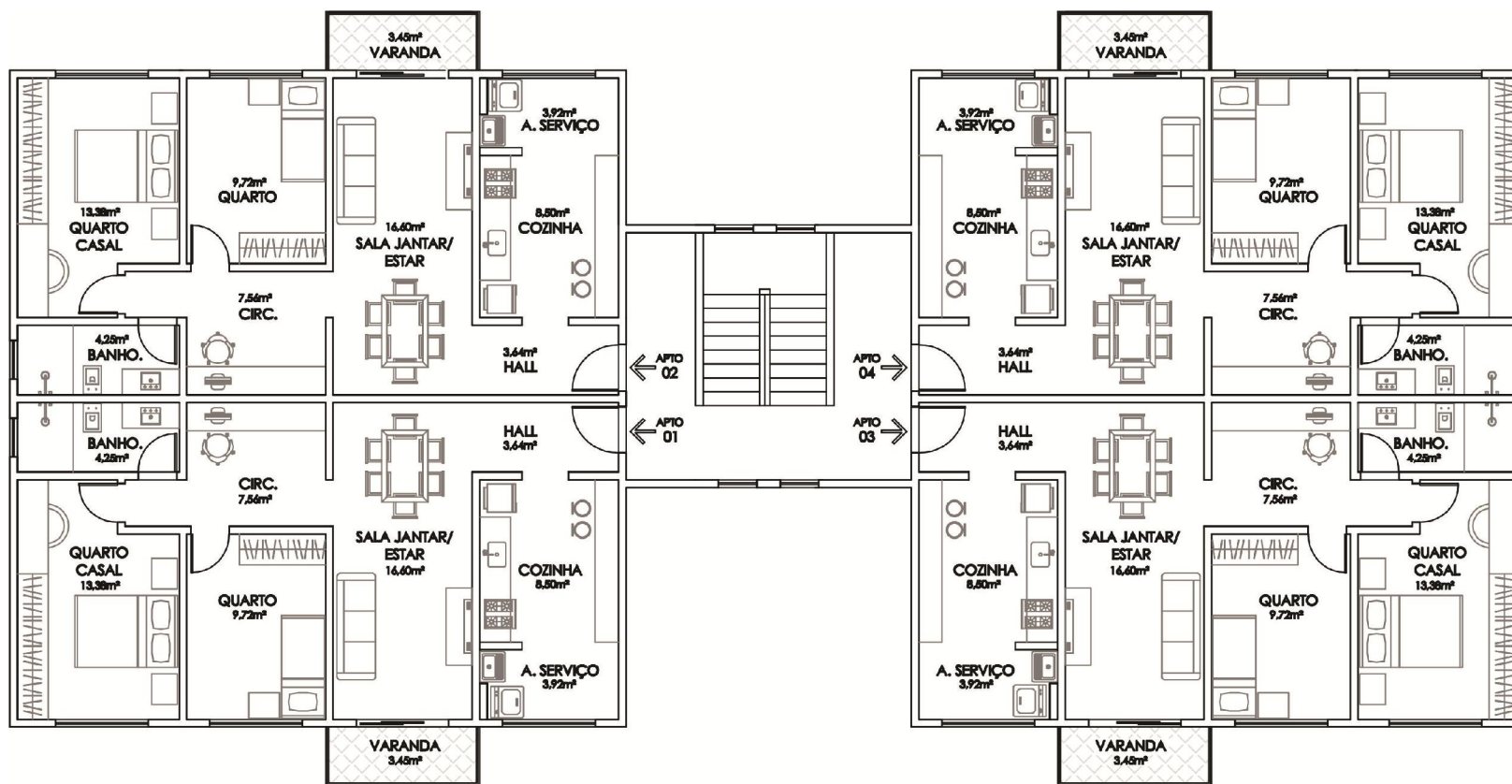
**Figura 5.13 – Planta baixa de parte de um apartamento com a identificação de shafts e da parede não estrutural.**

A planta baixa da garagem, o *layout* dos apartamentos tipo, a planta baixa do pavimento tipo e a fachada frontal são mostradas respectivamente nas Figura 5.14 à 5.17.



PLANTA BAIXA PAVTO. TÉRREO

Figura 5.14 – Planta Baixa do nível da Garagem.



**PLANTA DE LAYOUT PAVIMENTO TIPO**

Figura 5.15 – Apartamentos.

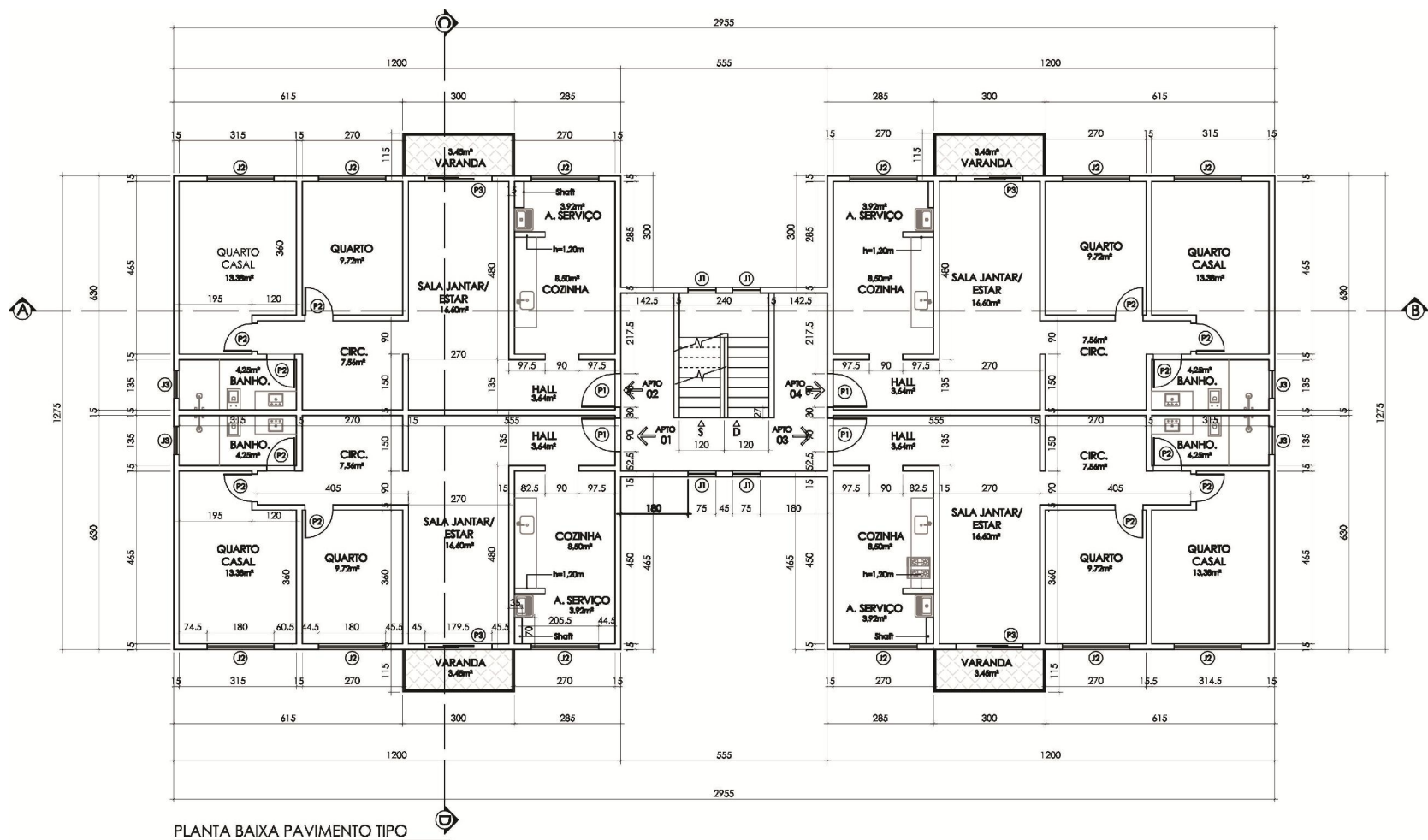


Figura 5.16 - Planta Baixa Pavimento Tipo.

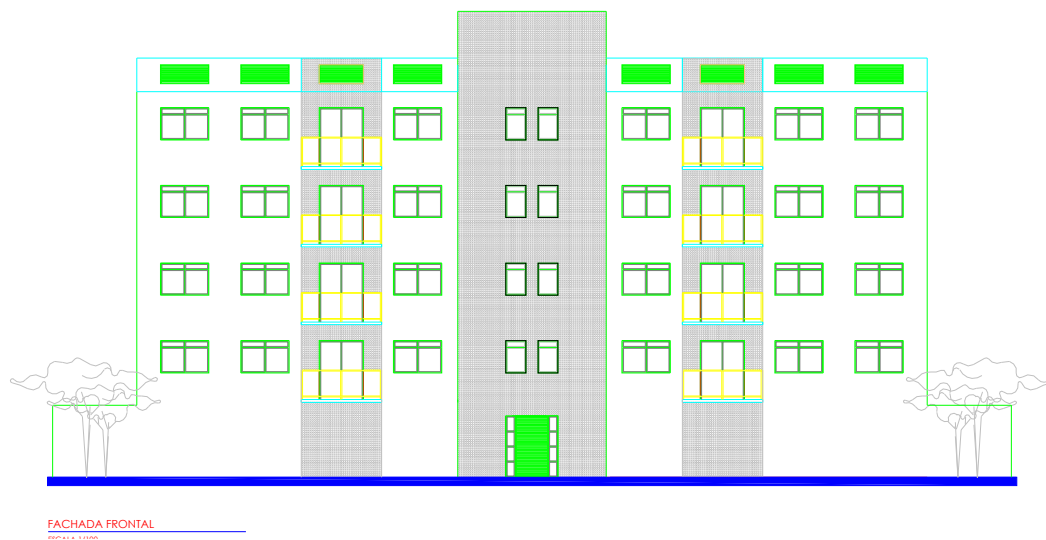


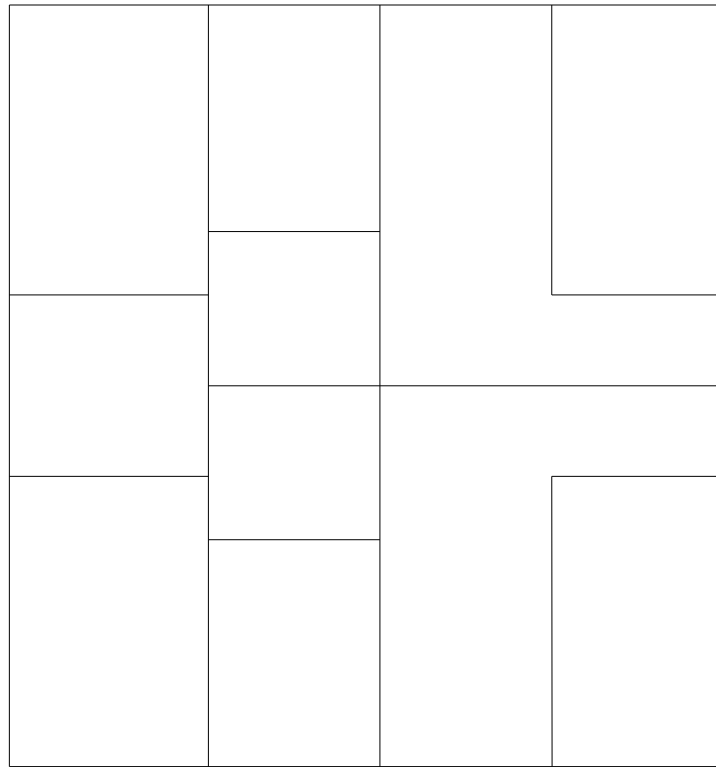
Figura 5.17 – Fachada Frontal do edifício.

### 5.2.2 Projeto Arquitetônico e de modulação

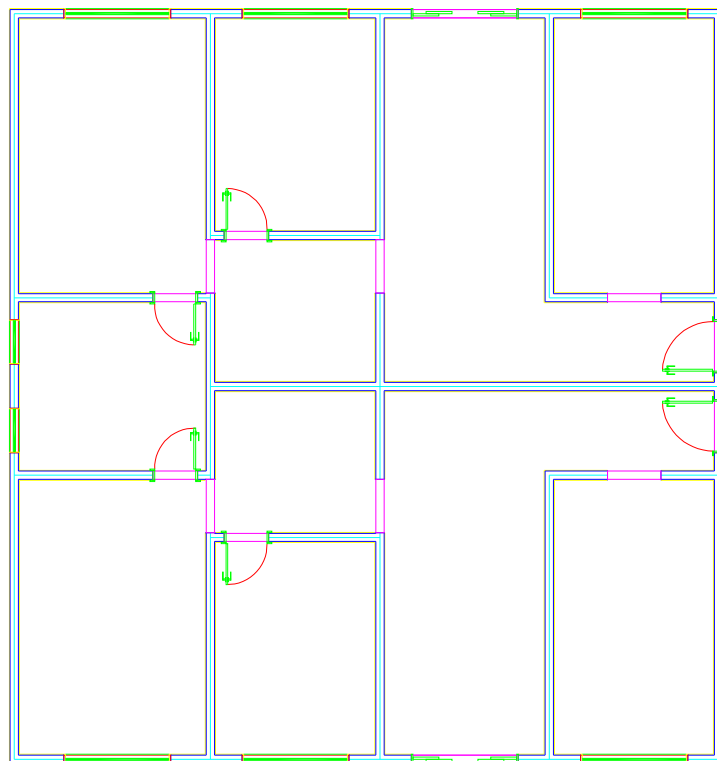
Para uma melhor visualização, todo o projeto será mostrado na mesma sequência de execução do programa. Para facilitar a comparação dos resultados, além de demonstrar o dimensionamento da estrutura pelo programa, será também apresentado o dimensionamento por planilhas geradas no Excel.

Como descrito no Capítulo 4, o usuário deverá entrar inicialmente com as linhas de eixo das paredes estruturais. De posse delas, ele poderá gerar o projeto arquitetônico, em seguida o projeto de modulação e, por fim, o estrutural. A caixa de escada do edifício será em concreto armado, e a mesma será separada do resto da estrutura através de juntas de dilatação. Tendo em vista a simetria da edificação, será apresentada a solução para apenas um dos quadrantes da estrutura. A Figura 5.18 mostra as linhas de eixo das paredes estruturais.

A planta baixa, representada na Figura 5.19, é gerada pelo programa de forma interativa com o usuário. Tanto para a utilização do módulo “*Modulação*” quanto para a utilização do módulo “*Estrutural*”, é necessário ter realizado o módulo “*Projeto Arquitetônico*”, pois é nesta etapa que são definidas as paredes estruturais e, de forma implícita, são criadas as linhas de ruptura das paredes.



**Figura 5.18 – Linha de eixo das paredes estruturais.**



**Figura 5.19 – Planta baixa gerada pelo programa.**

A modulação utilizada para a edificação foi a M15, com módulo longitudinal de 15 cm. Nas Figuras 5.20, 5.21, 5.22, 5.23 e 5.24, são apresentadas, respectivamente, as fiadas em planta, as elevações das vistas de algumas paredes, o quantitativo de blocos estruturais e a legenda de identificação dos tipos de blocos utilizados, gerados automaticamente pelo programa.

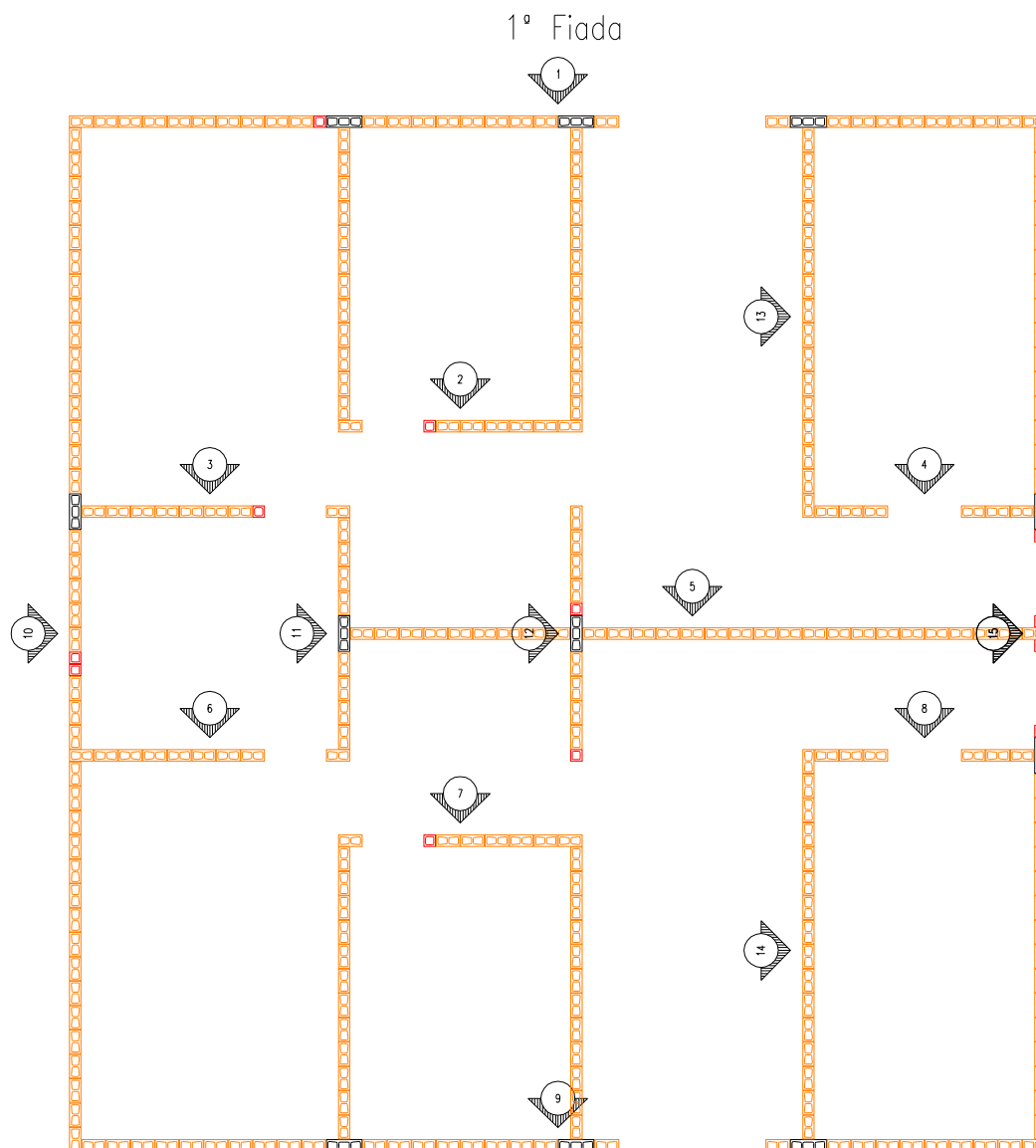


Figura 5.20 – Primeira fiada em planta.

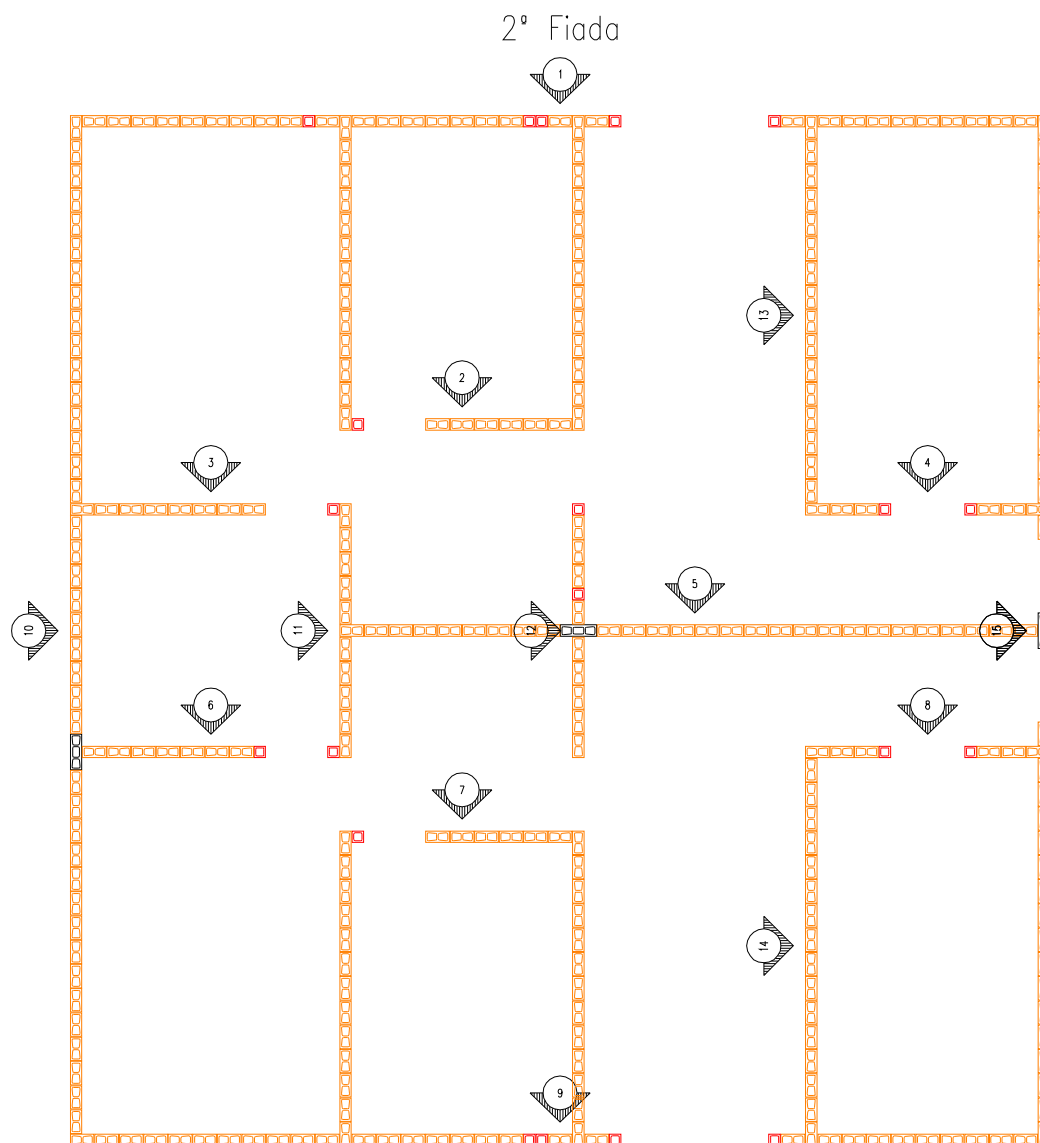


Figura 5.21 – Segunda fiada em planta.

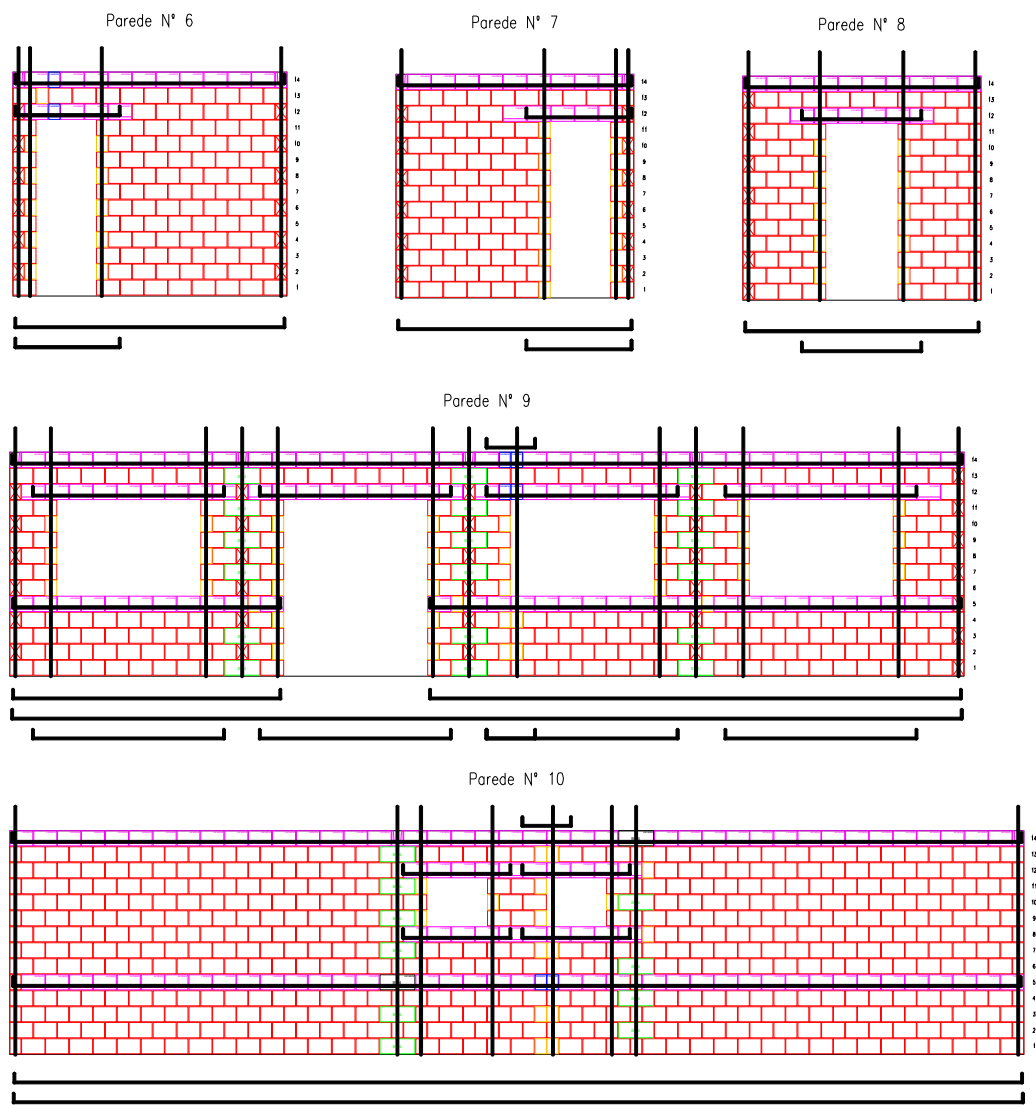




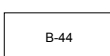
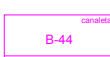


Figura 5.22 – Elevação das vistas das paredes nº 6 a 10.

LISTA DE MATERIAIS			
Parede N° 1		Parede N° 9	
TIPO	QUANT.	TIPO	QUANT.
Bloco Inteiro 14x19x29	213	Bloco Inteiro 14x19x29	218
Meio Bloco 14x19x14	46	Meio Bloco 14x19x14	35
Bloco Inteiro Canaleta 14x19x29	102	Bloco Inteiro Canaleta 14x19x29	104
Meio Bloco Canaleta 14x19x14	7	Meio Bloco Canaleta 14x19x14	4
Bloco e Meio 14x19x44	18	Bloco e Meio 14x19x44	18
Bloco e Meio Canaleta 14x19x44	0	Bloco e Meio Canaleta 14x19x44	0
Parede N° 2		Parede N° 10	
TIPO	QUANT.	TIPO	QUANT.
Bloco Inteiro 14x19x29	86	Bloco Inteiro 14x19x29	440
Meio Bloco 14x19x14	11	Meio Bloco 14x19x14	16
Bloco Inteiro Canaleta 14x19x29	14	Bloco Inteiro Canaleta 14x19x29	99
Meio Bloco Canaleta 14x19x14	0	Meio Bloco Canaleta 14x19x14	2
Bloco e Meio 14x19x44	0	Bloco e Meio 14x19x44	10
Bloco e Meio Canaleta 14x19x44	0	Bloco e Meio Canaleta 14x19x44	2
Parede N° 3		Parede N° 11	
TIPO	QUANT.	TIPO	QUANT.
Bloco Inteiro 14x19x29	106	Bloco Inteiro 14x19x29	406
Meio Bloco 14x19x14	11	Meio Bloco 14x19x14	4
Bloco Inteiro Canaleta 14x19x29	15	Bloco Inteiro Canaleta 14x19x29	80
Meio Bloco Canaleta 14x19x14	0	Meio Bloco Canaleta 14x19x14	0
Bloco e Meio 14x19x44	0	Bloco e Meio 14x19x44	6
Bloco e Meio Canaleta 14x19x44	0	Bloco e Meio Canaleta 14x19x44	5
Parede N° 4		Parede N° 12	
TIPO	QUANT.	TIPO	QUANT.
Bloco Inteiro 14x19x29	79	Bloco Inteiro 14x19x29	401
Meio Bloco 14x19x14	10	Meio Bloco 14x19x14	26
Bloco Inteiro Canaleta 14x19x29	16	Bloco Inteiro Canaleta 14x19x29	82
Meio Bloco Canaleta 14x19x14	0	Meio Bloco Canaleta 14x19x14	4
Bloco e Meio 14x19x44	0	Bloco e Meio 14x19x44	6
Bloco e Meio Canaleta 14x19x44	0	Bloco e Meio Canaleta 14x19x44	3
Parede N° 5		Parede N° 13	
TIPO	QUANT.	TIPO	QUANT.
Bloco Inteiro 14x19x29	330	Bloco Inteiro 14x19x29	208
Meio Bloco 14x19x14	0	Meio Bloco 14x19x14	0
Bloco Inteiro Canaleta 14x19x29	55	Bloco Inteiro Canaleta 14x19x29	16
Meio Bloco Canaleta 14x19x14	0	Meio Bloco Canaleta 14x19x14	0
Bloco e Meio 14x19x44	6	Bloco e Meio 14x19x44	0
Bloco e Meio Canaleta 14x19x44	1	Bloco e Meio Canaleta 14x19x44	0
Parede N° 6		Parede N° 14	
TIPO	QUANT.	TIPO	QUANT.
Bloco Inteiro 14x19x29	106	Bloco Inteiro 14x19x29	208
Meio Bloco 14x19x14	11	Meio Bloco 14x19x14	0
Bloco Inteiro Canaleta 14x19x29	14	Bloco Inteiro Canaleta 14x19x29	16
Meio Bloco Canaleta 14x19x14	2	Meio Bloco Canaleta 14x19x14	0
Bloco e Meio 14x19x44	0	Bloco e Meio 14x19x44	0
Bloco e Meio Canaleta 14x19x44	0	Bloco e Meio Canaleta 14x19x44	0
Parede N° 7		Parede N° 15	
TIPO	QUANT.	TIPO	QUANT.
Bloco Inteiro 14x19x29	86	Bloco Inteiro 14x19x29	389
Meio Bloco 14x19x14	11	Meio Bloco 14x19x14	26
Bloco Inteiro Canaleta 14x19x29	14	Bloco Inteiro Canaleta 14x19x29	78
Meio Bloco Canaleta 14x19x14	0	Meio Bloco Canaleta 14x19x14	0
Bloco e Meio 14x19x44	0	Bloco e Meio 14x19x44	17
Bloco e Meio Canaleta 14x19x44	0	Bloco e Meio Canaleta 14x19x44	4
Parede N° 8		QUANTITATIVO FINAL POR PAVIMENTO	
TIPO	QUANT.	TIPO	QUANT.
Bloco Inteiro 14x19x29	79	Bloco Inteiro 14x19x29	3355
Meio Bloco 14x19x14	10	Meio Bloco 14x19x14	217
Bloco Inteiro Canaleta 14x19x29	16	Bloco Inteiro Canaleta 14x19x29	721
Meio Bloco Canaleta 14x19x14	0	Meio Bloco Canaleta 14x19x14	19
Bloco e Meio 14x19x44	0	Bloco e Meio 14x19x44	81
Bloco e Meio Canaleta 14x19x44	0	Bloco e Meio Canaleta 14x19x44	15

**Figura 5.23 – Quantitativo de blocos das paredes e quantitativo final do pavimento.**

IDENTIFICAÇÃO DOS BLOCOS	
Bloco Inteiro 14x19x29	
Meio Bloco 14x19x14	
Bloco Inteiro Canaleta 14x19x29	
Meio Bloco Canaleta 14x19x14	
Bloco e Meio 14x19x44	
Bloco e Meio Canaleta 14x19x44	

**Figura 5.24 – Identificação dos blocos.**

### 5.2.3 Análise e dimensionamento da estrutura

A fim de se comparar e avaliar os resultados obtidos pelo “*Módulo de Dimensionamento e Análise*” desenvolvido neste trabalho, foram efetuados a análise e o dimensionamento do edifício também por meio de planilhas eletrônicas.

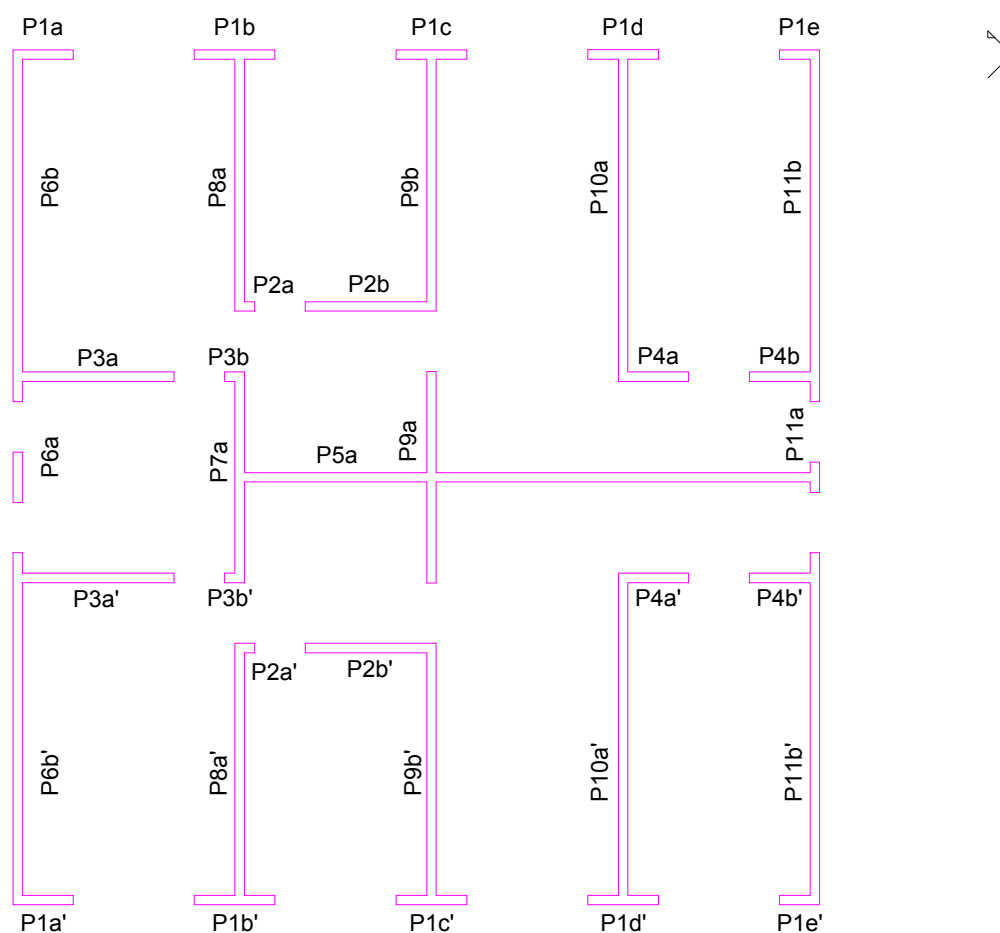
#### 5.2.3.1 Levantamento das ações verticais

Para os exemplos, foram utilizadas lajes maciças de concreto armado de espessura igual a 10 cm e concreto da classe C-20, além de aços da classe CA-50 e CA-60. O peso próprio das paredes estruturais foi calculado utilizando o peso específico da alvenaria estrutural ( $\gamma_{alv}$ ) de 15 kN/m<sup>3</sup>.

Para determinação das ações permanentes e variáveis atuantes nas lajes, foram considerados:

- ✓ Peso próprio = 25 kN/m<sup>3</sup> \* 0,10 m = 2,5 kN/m<sup>2</sup>.
- ✓ Revestimento e/ou pavimentação = 1,0 kN/m<sup>2</sup>.
- ✓ Sobrecarga de utilização = 2,0 kN/m<sup>2</sup>.

Na Figura 5.25 estão indicadas as paredes, separadas nas aberturas, e nomeadas de acordo com o projeto. O procedimento utilizado para a distribuição do carregamento vertical foi o de Grupos de Paredes sem Interação, tendo em vista que esse procedimento é rápido, econômico e seguro, e apresenta resultados que se aproximam do comportamento real da estrutura.



**Figura 5.25 – Paredes Isoladas.**

Os grupos de paredes considerados foram definidos pelo programa, a partir da interação com o usuário, que define as paredes que pertencem a determinado grupo. Em seguida, o programa calcula as ações verticais provenientes das áreas de influência das lajes e das paredes estruturais e as distribui nos respectivos grupos de paredes. A Figura 5.26 mostra os grupos de paredes e suas respectivas áreas de influência das lajes. São mostrados na Tabela 5.1 e na Tabela 5.2 o levantamento das ações verticais pelo Método de Grupos de Paredes sem interação e o valor das tensões normais atuantes no primeiro pavimento, respectivamente.

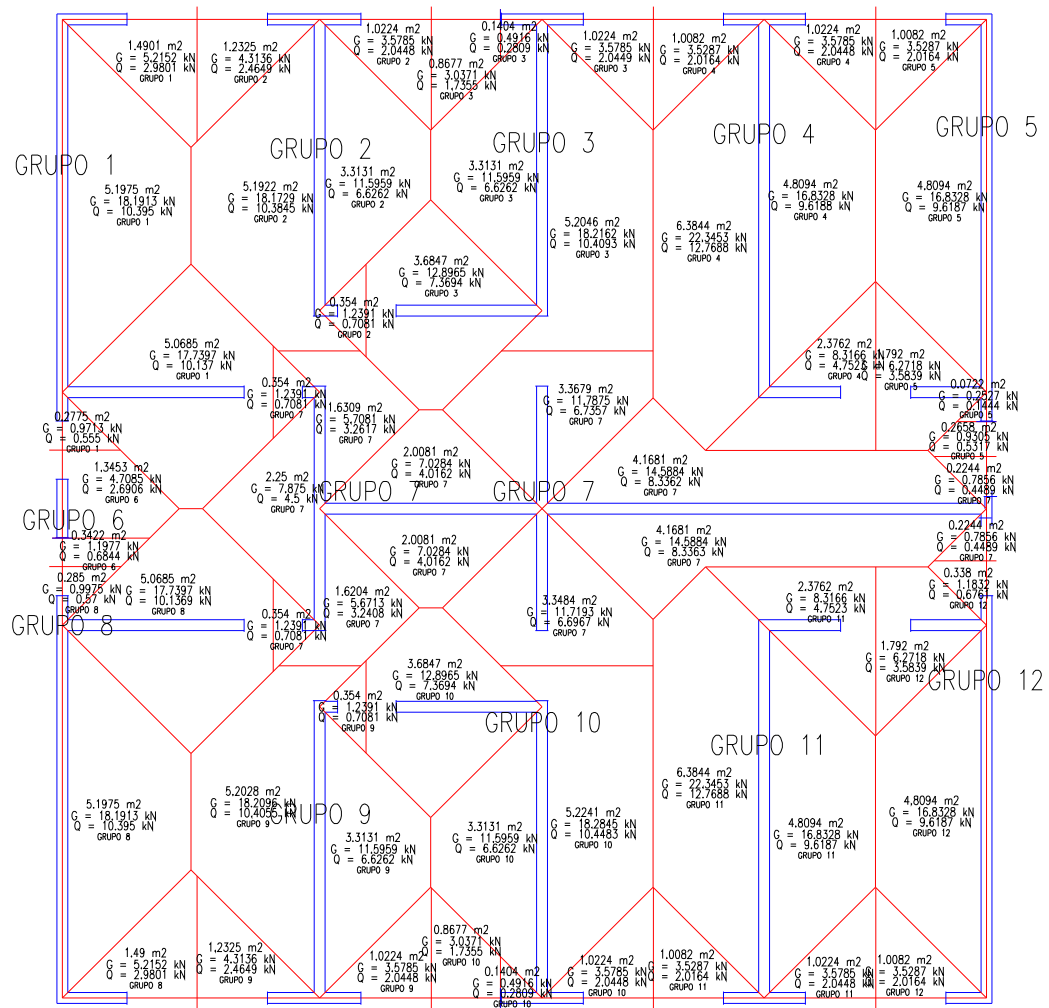


Figura 5.26 – Grupos de paredes.

Tabela 5.1 – Levantamento das Ações Verticais (Grupo de Paredes sem interação).

Grupo de paredes sem interação																	
N	Grupo	Dados		Carga permanente						Carga acidental			Grupo	carga - 4º pav.		carga - 1º pav.	
		Área das paredes (m²)	Área da laje (m²)	Laje (kN)	P <sub>pparede</sub> (kN)	Largura de Portas (m)	Largura de Janelas (m)	G <sub>par</sub> sobre esquadrias (kN)	total (kN) F <sub>G,K</sub>	q <sub>pp</sub> (kN/m²)	Tipo de utilização	Laje (kN) F <sub>Q,K</sub>		F <sub>G,K</sub> (kN)	F <sub>Q,K</sub> (kN)	F <sub>G,K</sub> (kN)	F <sub>Q,K</sub> (kN)
2	G1	1,16	12,03	42,12	48,57	0,75	2,55	4,84	95,52	2	red2	24,07	G1	95,52	24,07	382,09	96,27
2	G2	0,72	11,11	38,90	30,05	0,75	3,60	6,60	75,55	2	red2	22,23	G2	75,55	22,23	302,18	88,91
2	G3	0,92	14,23	49,82	38,81	3,45	1,80	5,56	94,18	2	red2	28,47	G3	94,18	28,47	376,73	113,86
2	G4	0,95	15,60	54,60	39,75	2,70	1,80	5,01	99,36	2	red2	31,20	G4	99,36	31,20	397,44	124,80
2	G5	0,92	7,95	27,82	38,75	1,80	1,80	4,35	70,91	2	red2	15,90	G5	70,91	15,90	283,65	63,58
1	G6	0,11	1,69	5,91	4,41		1,50	2,52	12,84	2	red2	3,38	G6	12,84	3,38	51,35	13,50
1	G7	2,14	25,73	90,04	90,08	6,90		5,07	185,20	2	red2	51,45	G7	185,20	51,45	740,79	205,82

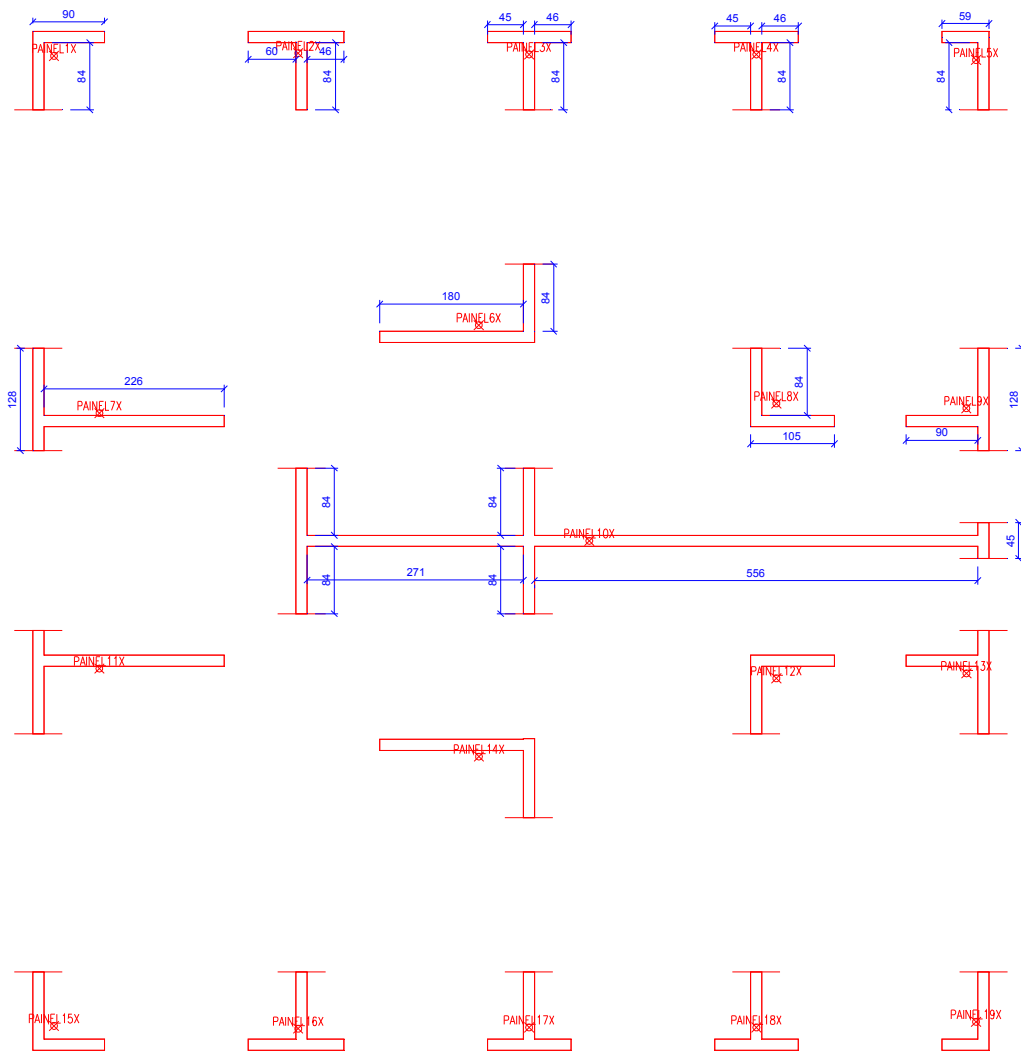
Tabela 5.2 – Tensões normais devidas às ações verticais.

Grupos de paredes sem interações					
Dados		carga - 1º pav.		$\sigma$ (MPa) - 1º pav.	
Grupo	Área das paredes (m <sup>2</sup> )	$F_{G,K}$ (kN)	$F_{Q,K}$ (kN)	$\sigma_G$ (MPa)	$\sigma_Q$ (MPa)
G1	1,16	382,09	96,27	0,330	0,083
G2	0,72	302,18	88,91	0,422	0,124
G3	0,92	376,73	113,86	0,408	0,123
G4	0,95	397,44	124,80	0,420	0,132
G5	0,92	283,65	63,58	0,307	0,069
G6	0,11	51,35	13,50	0,489	0,129
G7	2,14	740,79	205,82	0,345	0,096

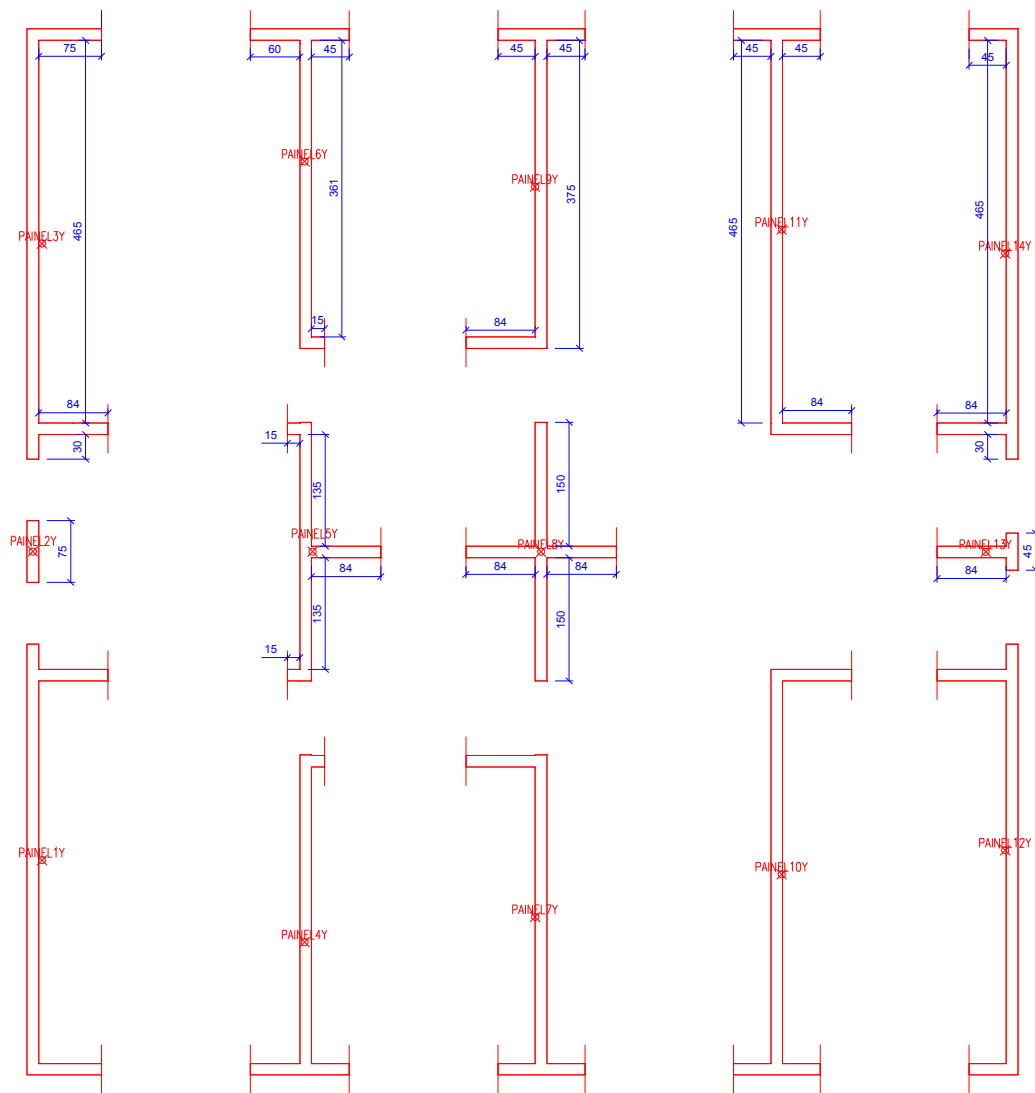
### 5.2.3.2 Definição dos painéis de contraventamento

A atuação do vento nas direções longitudinal (X) e transversal (Y) foi aqui considerada sem excentricidades. Para a distribuição dessas ações, foi escolhido o procedimento das Paredes Isoladas com a Consideração de Abas. Para a aplicação desse procedimento, é necessário determinar, em cada uma das direções, o momento de inércia de flexão de cada um dos painéis de contraventamento, relativo ao eixo baricêntrico ortogonal à direção de atuação do vento.

Os painéis de contraventamento são definidos no programa pelo usuário. A Figura 5.27 mostra os painéis de contraventamento na direção X e a Figura 5.28, aqueles que estão na direção Y. O máximo comprimento adotado para as abas foi de seis vezes a espessura do bloco, o que segue as prescrições normativas.



**Figura 5.27 – Painéis de contraventamento na direção X.**



**Figura 5.28 – Painéis de contraventamento na direção Y.**

Na Tabela 5.3 e na Tabela 5.4 apresentam-se as rigidezes relativas dos painéis de contraventamento.

Tabela 5.3 – Rigidez relativa na direção X.

Painéis na Direção x				
Painel	Inércia (cm <sup>4</sup> )	Quantidade	Inércia Total (cm <sup>4</sup> )	R <sub>i</sub>
	I <sub>y</sub>			
P1X	1748058,34	2	3496116,68	0,00128
P2X	2069104,47	2	4138208,94	0,00152
P3X	1369933,83	2	2739867,66	0,00101
P4X	1369933,83	2	2739867,66	0,00101
P5X	504450,75	2	1008901,50	0,00037
P6X	15184850,48	2	30369700,96	0,01116
P7X	29970558,85	2	59941117,70	0,02202
P8X	2722333,83	2	5444667,66	0,00200
P9X	2880233,19	2	5760466,38	0,00212
P10X	1245503062,77	1	1245503062,77	0,91504
		Σ=	1361141977,91	1

Tabela 5.4 – Rigidez relativa na direção Y.

Painéis na Direção y				
Painel	Inércia (cm <sup>4</sup> )	Quantidade	Inércia Total (cm <sup>4</sup> )	R <sub>i</sub>
	I <sub>x</sub>			
P2Y	492187,50	1	492187,50	0,0002
P3Y	296610932,21	2	593221864,42	0,1275
P5Y	45941548,47	1	45941548,47	0,0198
P6Y	120947488,22	2	241894976,44	0,0520
P8Y	36503986,98	1	36503986,98	0,0157
P9Y	154804582,03	2	309609164,06	0,0666
P11Y	281747034,32	2	563494068,64	0,1211
P13Y	125623,06	1	125623,06	0,0001
P14Y	267205735,75	2	534411471,50	0,1149
		Σ=	2325694891,07	1

### 5.2.3.3 Determinação das ações horizontais

As ações horizontais consideradas foram: as ações devidas ao vento e as devidas ao desaprumo. As ações devidas ao vento são determinadas a partir de expressões definidas pela ABNT NBR 6123:1988. Foram considerados para o cálculo os seguintes parâmetros: velocidade básica ( $V_0$ ) igual a 32,5 m/s, que corresponde à velocidade básica do vento para a região de Viçosa-MG; fator topográfico ( $S_1$ ) igual a 1,0 (terreno plano ou fracamente acidentado); fator de rugosidade para edificação de categoria IV e classe A e fator estatístico ( $S_3$ ) igual a 1,0 e foi adotado o coeficiente de arrasto ( $Ca$ )

para edificações paralelepípedicas em vento de baixa turbulência. Na Tabela 5.5 são mostrados os dados utilizados para o cálculo da ação do vento.

**Tabela 5.5 – Dados adotados para o cálculo da ação do vento.**

Pavimento	Pé-direito (m)	Pé direito acumulado (m)	S <sub>2</sub>	Dados	
<b>Térreo</b>	2,8	2,80	0,790	v <sub>0</sub>	32,5 m/s
<b>1</b>	2,8	5,60	0,798	S <sub>1</sub>	1,0
<b>2</b>	2,8	8,40	0,838	S <sub>3</sub>	1,0
<b>3</b>	2,8	11,20	0,870	a	12,00 m
<b>4</b>	2,8	14,00	0,892	b	12,75 m
<b>h total (m)</b>	14			h	14,00
Classe <input type="text" value="A"/> Categoria <input type="text" value="IV"/>				(L1/L2)w <sub>0</sub>	1,06
				(h/L1)w <sub>0</sub>	1,10
				(L1/L2)w <sub>90</sub>	0,94
				(h/L1)w <sub>90</sub>	1,17

O cálculo da força de arrasto (Fa) nas direções X (W<sub>0</sub>) e Y (W<sub>90</sub>) em cada pavimento está definido na Tabela 5.6 e na Tabela 5.7, respectivamente.

**Tabela 5.6 – Força de arrasto em X.**

Vento atuando em W <sub>0</sub>									
Pvto	Pé direito (m)	Pé direito acumulado (m)	S <sub>2</sub>	v <sub>k</sub> (m/s)	q (N/m <sup>2</sup> )	q (kN/m <sup>2</sup> )	Área de influência (m <sup>2</sup> )	Ca	Fa (kN)
<b>Térreo</b>	2,8	2,80	0,790	25,68	404,1	0,404	35,70	1,2	17,31
<b>1</b>	2,8	5,60	0,798	25,95	412,7	0,413	35,70		17,68
<b>2</b>	2,8	8,40	0,838	27,22	454,3	0,454	35,70		19,46
<b>3</b>	2,8	11,20	0,870	28,26	489,6	0,490	35,70		20,98
<b>4</b>	2,8	14,00	0,892	28,99	515,2	0,515	17,85		11,04

Tabela 5.7 – Força de arrasto em Y.

Vento atuando em $W_{90}$									
Pavto	Pé direito (m)	Pé direito acumulado (m)	S2	$v_k$ (m/s)	$q$ (N/m <sup>2</sup> )	$q$ (kN/m <sup>2</sup> )	Área de influência (m <sup>2</sup> )	Ca	Fa (kN)
<b>Térreo</b>	2,8	2,80	0,790	25,68	404,1	0,404	33,60	1,18	16,02
<b>1</b>	2,8	5,60	0,798	25,95	412,7	0,413	33,60		16,36
<b>2</b>	2,8	8,40	0,838	27,22	454,3	0,454	33,60		18,01
<b>3</b>	2,8	11,20	0,870	28,26	489,6	0,490	33,60		19,41
<b>4</b>	2,8	14,00	0,892	28,99	515,2	0,515	16,80		10,21

A ação lateral que produz efeito equivalente ao desaprumo ( $F_d$ ) é calculada pelo produto do ângulo de desaprumo  $\theta_a$  pelo peso de cada pavimento ( $\Delta P$ ), conforme expressões (2.3) e (2.4), do Capítulo 2 desta dissertação. A Tabela 5.8 mostra o valor da força lateral equivalente ao desaprumo para cada pavimento.

Tabela 5.8 – Cálculo do desaprumo.

Desaprumo				
H (m)	$1/(100\sqrt{H})$	$1/40H$	$\Delta P$ (kN)	$F_d$ (kN)
14,00	0,002673	0,001786	1069,08	1,91

#### 5.2.3.4 Distribuição das ações horizontais nos painéis de contraventamento

As forças horizontais atuantes em cada um dos painéis de contraventamento são obtidas a partir da rigidez relativa de cada painel e dos valores das forças horizontais totais aplicadas ao nível de cada pavimento. Conhecidas essas forças em cada painel, é possível calcular as tensões normais ao longo da altura do edifício. Na Tabela 5.9 e na Tabela 5.10 são mostrados os valores dos momentos fletores atuantes em cada painel, devidos às forças horizontais nas direções X e Y, respectivamente. Na Tabela 5.11 e na

Tabela 5.12 são mostrados os valores das tensões normais devidas aos momentos fletores causados pelas forças horizontais em X e em Y, no primeiro e segundo pavimento, respectivamente.

Tabela 5.9 – Momentos fletores atuantes nos painéis dispostos na direção X, devidos às forças horizontais.

Painel P1X							
Pav.	F <sub>Horizontal</sub> (kN)		R <sub>i</sub>	F <sub>relativa</sub> (kN)		M <sub>fletor</sub> (kN.m)	
	F <sub>d</sub>	F <sub>a</sub>		F <sub>d</sub>	F <sub>a</sub>	Vento	Desaprumo
4	1,91	11,04	0,0013	0,002	0,014	0,040	0,007
3	1,91	20,98	0,0013	0,002	0,027	0,155	0,021
2	1,91	19,46	0,0013	0,002	0,025	0,340	0,041
1	1,91	17,68	0,0013	0,002	0,023	0,589	0,069
Painel P2X							
Pav.	F <sub>Horizontal</sub> (kN)		R <sub>i</sub>	F <sub>relativa</sub> (kN)		M <sub>fletor</sub> (kN.m)	
	F <sub>d</sub>	F <sub>a</sub>		F <sub>d</sub>	F <sub>a</sub>	Vento	Desaprumo
4	1,91	11,04	0,0015	0,003	0,017	0,047	0,008
3	1,91	20,98	0,0015	0,003	0,032	0,183	0,024
2	1,91	19,46	0,0015	0,003	0,030	0,402	0,049
1	1,91	17,68	0,0015	0,003	0,027	0,697	0,081
Painel P3X							
Pav.	F <sub>Horizontal</sub> (kN)		R <sub>i</sub>	F <sub>relativa</sub> (kN)		M <sub>fletor</sub> (kN.m)	
	F <sub>d</sub>	F <sub>a</sub>		F <sub>d</sub>	F <sub>a</sub>	Vento	Desaprumo
4	1,91	11,04	0,0010	0,002	0,011	0,031	0,005
3	1,91	20,98	0,0010	0,002	0,021	0,121	0,016
2	1,91	19,46	0,0010	0,002	0,020	0,266	0,032
1	1,91	17,68	0,0010	0,002	0,018	0,461	0,054

Painel P4X							
Pav.	F <sub>Horizontal</sub> (kN)		R <sub>i</sub>	F <sub>relativa</sub> (kN)		M <sub>fletor</sub> (kN.m)	
	F <sub>d</sub>	F <sub>a</sub>		F <sub>d</sub>	F <sub>a</sub>	Vento	Desaprumo
4	1,91	11,04	0,0010	0,002	0,011	0,031	0,005
3	1,91	20,98	0,0010	0,002	0,021	0,121	0,016
2	1,91	19,46	0,0010	0,002	0,020	0,266	0,032
1	1,91	17,68	0,0010	0,002	0,018	0,461	0,054
Painel P5X							
Pav.	F <sub>Horizontal</sub> (kN)		R <sub>i</sub>	F <sub>relativa</sub> (kN)		M <sub>fletor</sub> (kN.m)	
	F <sub>d</sub>	F <sub>a</sub>		F <sub>d</sub>	F <sub>a</sub>	Vento	Desaprumo
4	1,91	11,04	0,0004	0,001	0,004	0,011	0,002
3	1,91	20,98	0,0004	0,001	0,008	0,045	0,006
2	1,91	19,46	0,0004	0,001	0,007	0,098	0,012
1	1,91	17,68	0,0004	0,001	0,007	0,170	0,020
Painel P6X							
Pav.	F <sub>Horizontal</sub> (kN)		R <sub>i</sub>	F <sub>relativa</sub> (kN)		M <sub>fletor</sub> (kN.m)	
	F <sub>d</sub>	F <sub>a</sub>		F <sub>d</sub>	F <sub>a</sub>	Vento	Desaprumo
4	1,91	11,04	0,0112	0,021	0,123	0,34	0,06
3	1,91	20,98	0,0112	0,021	0,234	1,34	0,18
2	1,91	19,46	0,0112	0,021	0,217	2,95	0,36
1	1,91	17,68	0,0112	0,021	0,197	5,11	0,60

Tabela 5.9 – Momentos fletores atuantes nos painéis dispostos na direção X, devidos às forças horizontais. (Continuação)

Painel P7X							
Pav.	F <sub>Horizontal</sub> (kN)		R <sub>i</sub>	F <sub>relativa</sub> (kN)		M <sub>fletor</sub> (kN.m)	
	F <sub>d</sub>	F <sub>a</sub>		F <sub>d</sub>	F <sub>a</sub>	Vento	Desaprumo
4	1,91	11,04	0,0220	0,042	0,243	0,68	0,12
3	1,91	20,98	0,0220	0,042	0,462	2,65	0,35
2	1,91	19,46	0,0220	0,042	0,428	5,83	0,71
1	1,91	17,68	0,0220	0,042	0,389	10,09	1,18

Painel P8X							
Pav.	F <sub>Horizontal</sub> (kN)		R <sub>i</sub>	F <sub>relativa</sub> (kN)		M <sub>fletor</sub> (kN.m)	
	F <sub>d</sub>	F <sub>a</sub>		F <sub>d</sub>	F <sub>a</sub>	Vento	Desaprumo
4	1,91	11,04	0,0020	0,004	0,022	0,06	0,01
3	1,91	20,98	0,0020	0,004	0,042	0,24	0,03
2	1,91	19,46	0,0020	0,004	0,039	0,53	0,06
1	1,91	17,68	0,0020	0,004	0,035	0,92	0,11

Painel P9X							
Pav.	F <sub>Horizontal</sub> (kN)		R <sub>i</sub>	F <sub>relativa</sub> (kN)		M <sub>fletor</sub> (kN.m)	
	F <sub>d</sub>	F <sub>a</sub>		F <sub>d</sub>	F <sub>a</sub>	Vento	Desaprumo
4	1,91	11,04	0,0021	0,004	0,023	0,07	0,01
3	1,91	20,98	0,0021	0,004	0,044	0,26	0,03
2	1,91	19,46	0,0021	0,004	0,041	0,56	0,07
1	1,91	17,68	0,0021	0,004	0,037	0,97	0,11

Painel P10X							
Pav.	F <sub>Horizontal</sub> (kN)		R <sub>i</sub>	F <sub>relativa</sub> (kN)		M <sub>fletor</sub> (kN.m)	
	F <sub>d</sub>	F <sub>a</sub>		F <sub>d</sub>	F <sub>a</sub>	Vento	Desaprumo
4	1,91	11,04	0,9150	1,747	10,098	28,27	4,89
3	1,91	20,98	0,9150	1,747	19,194	110,29	14,67
2	1,91	19,46	0,9150	1,747	17,807	242,16	29,35
1	1,91	17,68	0,9150	1,747	16,179	419,34	48,91

Tabela 5.10 – Momentos fletores atuantes nos painéis dispostos na direção Y, devidos às forças horizontais.

Painel P2Y							
Pav.	F <sub>Horizontal</sub> (kN)		R <sub>i</sub>	F <sub>relativa</sub> (kN)		M <sub>fletor</sub> (kN.m)	
	F <sub>d</sub>	F <sub>a</sub>		F <sub>d</sub>	F <sub>a</sub>	Vento	Desaprumo
4	1,91	10,21	0,0002	0,0004	0,0022	0,006	0,001
3	1,91	19,41	0,0002	0,0004	0,0041	0,024	0,003
2	1,91	18,01	0,0002	0,0004	0,0038	0,052	0,007
1	1,91	16,36	0,0002	0,0004	0,0035	0,090	0,011

Painel P3Y							
Pav.	F <sub>Horizontal</sub> (kN)		R <sub>i</sub>	F <sub>relativa</sub> (kN)		M <sub>fletor</sub> (kN.m)	
	F <sub>d</sub>	F <sub>a</sub>		F <sub>d</sub>	F <sub>a</sub>	Vento	Desaprumo
4	1,91	10,21	0,1275	0,2435	1,3025	3,647	0,682
3	1,91	19,41	0,1275	0,2435	2,4758	14,226	2,045
2	1,91	18,01	0,1275	0,2435	2,2970	31,237	4,090
1	1,91	16,36	0,1275	0,2435	2,0870	54,092	6,817

Painel P5Y							
Pav.	F <sub>Horizontal</sub> (kN)		R <sub>i</sub>	F <sub>relativa</sub> (kN)		M <sub>fletor</sub> (kN.m)	
	F <sub>d</sub>	F <sub>a</sub>		F <sub>d</sub>	F <sub>a</sub>	Vento	Desaprumo
4	1,91	10,21	0,0198	0,0377	0,2017	0,565	0,106
3	1,91	19,41	0,0198	0,0377	0,3835	2,204	0,317
2	1,91	18,01	0,0198	0,0377	0,3558	4,838	0,634
1	1,91	16,36	0,0198	0,0377	0,3233	8,378	1,056

Painel P6Y							
Pav.	F <sub>Horizontal</sub> (kN)		R <sub>i</sub>	F <sub>relativa</sub> (kN)		M <sub>fletor</sub> (kN.m)	
	F <sub>d</sub>	F <sub>a</sub>		F <sub>d</sub>	F <sub>a</sub>	Vento	Desaprumo
4	1,91	10,21	0,0520	0,0993	0,5311	1,487	0,278
3	1,91	19,41	0,0520	0,0993	1,0096	5,801	0,834
2	1,91	18,01	0,0520	0,0993	0,9366	12,737	1,668
1	1,91	16,36	0,0520	0,0993	0,8510	22,057	2,780

Painel P8Y							
Pav.	F <sub>Horizontal</sub> (kN)		R <sub>i</sub>	F <sub>relativa</sub> (kN)		M <sub>fletor</sub> (kN.m)	
	F <sub>d</sub>	F <sub>a</sub>		F <sub>d</sub>	F <sub>a</sub>	Vento	Desaprumo
4	1,91	10,21	0,0157	0,0300	0,1603	0,449	0,084
3	1,91	19,41	0,0157	0,0300	0,3047	1,751	0,252
2	1,91	18,01	0,0157	0,0300	0,2827	3,844	0,503
1	1,91	16,36	0,0157	0,0300	0,2568	6,657	0,839

Painel P9Y							
Pav.	F <sub>Horizontal</sub> (kN)		R <sub>i</sub>	F <sub>relativa</sub> (kN)		M <sub>fletor</sub> (kN.m)	
	F <sub>d</sub>	F <sub>a</sub>		F <sub>d</sub>	F <sub>a</sub>	Vento	Desaprumo
4	1,91	10,21	0,0666	0,1271	0,6798	1,903	0,356
3	1,91	19,41	0,0666	0,1271	1,2922	7,425	1,067
2	1,91	18,01	0,0666	0,1271	1,1988	16,303	2,135
1	1,91	16,36	0,0666	0,1271	1,0892	28,231	3,558

Tabela 5.10 – Momentos fletores atuantes nos painéis dispostos na direção Y, devidos às forças horizontais. (Continuação)

Painel P11Y							
Pav.	F <sub>Horizontal</sub> (kN)		R <sub>i</sub>	F <sub>relativa</sub> (kN)		M <sub>fletor</sub> (kN.m)	
	F <sub>d</sub>	F <sub>a</sub>		F <sub>d</sub>	F <sub>a</sub>	Vento	Desaprumo
4	1,91	10,21	0,1211	0,2313	1,2372	3,464	0,648
3	1,91	19,41	0,1211	0,2313	2,3518	13,514	1,943
2	1,91	18,01	0,1211	0,2313	2,1819	29,672	3,885
1	1,91	16,36	0,1211	0,2313	1,9824	51,381	6,476

Painel P13Y							
Pav.	F <sub>Horizontal</sub> (kN)		R <sub>i</sub>	F <sub>relativa</sub> (kN)		M <sub>fletor</sub> (kN.m)	
	F <sub>d</sub>	F <sub>a</sub>		F <sub>d</sub>	F <sub>a</sub>	Vento	Desaprumo
4	1,91	10,21	0,0001	0,0001	0,0006	0,002	0,000
3	1,91	19,41	0,0001	0,0001	0,0010	0,006	0,001
2	1,91	18,01	0,0001	0,0001	0,0010	0,013	0,002
1	1,91	16,36	0,0001	0,0001	0,0009	0,023	0,003

Painel P14Y							
Pav.	F <sub>Horizontal</sub> (kN)		R <sub>i</sub>	F <sub>relativa</sub> (kN)		M <sub>fletor</sub> (kN.m)	
	F <sub>d</sub>	F <sub>a</sub>		F <sub>d</sub>	F <sub>a</sub>	Vento	Desaprumo
4	1,91	10,21	0,1149	0,2193	1,1734	3,285	0,614
3	1,91	19,41	0,1149	0,2193	2,2304	12,816	1,842
2	1,91	18,01	0,1149	0,2193	2,0693	28,141	3,685
1	1,91	16,36	0,1149	0,2193	1,8801	48,729	6,141

Tabela 5.11 – Tensões normais devidas às forças horizontais no primeiro pavimento.

Painéis em x ( $W_0$ )													
Painel	Pav.	$M_{fletor}$ (kN.m)		Inércia $cm^4$	Distacia à Linha Neutra		Modulo Resistente		$\sigma$ (MPa)			Forças horizontais	
		Desaprumo	Vento		$X_1$ cm	$X_2$ cm	$W_0$ $cm^3$	$W_{180}$ $cm^3$	$\sigma_{Desaprumo}$	$\sigma_{W0}$	$\sigma_{W180}$	$F_d$	$F_a$
P1X	1	0,069	0,589	1748058,34	26,66	63,34	65568,58	27598,02	0,00249	0,00898	0,02133	0,010	0,089
P2X	1	0,081	0,697	2069104,47	62,88	57,12	32905,61	36223,82	0,00247	0,02117	0,01923	0,012	0,105
P3X	1	0,054	0,461	1369933,83	52,28	52,72	26203,78	25985,09	0,00207	0,01760	0,01775	0,008	0,070
P4X	1	0,054	0,461	1369933,83	52,28	52,78	26203,78	25955,55	0,00207	0,01760	0,01777	0,008	0,070
P5X	1	0,020	0,170	504450,75	42,72	16,28	11808,30	30985,92	0,00168	0,01438	0,00548	0,003	0,026
P6X	1	0,596	5,112	15184850,48	124,19	69,81	122271,12	217516,84	0,00488	0,04181	0,02350	0,085	0,771
P7X	1	1,177	10,091	29970558,85	83,61	156,39	358456,63	191639,87	0,00614	0,02815	0,05265	0,168	1,523
P8X	1	0,107	0,917	2722333,83	32,28	72,72	84335,00	37435,83	0,00286	0,01087	0,02448	0,015	0,138
P9X	1	0,113	0,970	2880233,19	75,53	28,47	38133,63	101167,31	0,00297	0,02543	0,00959	0,016	0,146
P10X	1	48,913	419,341	1245503062,77	367,75	501,25	3386820,02	2484794,14	0,01968	0,12382	0,16876	6,988	63,278
Painéis em y ( $W_{90}$ )													
Painel	Pav.	$M_{fletor}$ (kN.m)		Inércia $cm^4$	Distacia à Linha Neutra		Modulo Resistente		$\sigma$ (MPa)			Forças horizontais	
		Desaprumo	Vento		$Y_1$ cm	$Y_2$ cm	$W_{90}$ $cm^3$	$W_{270}$ $cm^3$	$\sigma_{Desaprumo}$	$\sigma_{W90}$	$\sigma_{W270}$	$F_d$	$F_a$
P2Y	1	0,01	0,09	492187,50	37,50	37,50	13125,00	13125,00	0,00086	0,00684	0,00684	0,002	0,014
P3Y	1	6,82	54,09	296610932,21	262,70	261,30	1129086,15	1135135,60	0,00604	0,04791	0,04765	0,974	8,162
P5Y	1	1,06	8,38	45941548,47	157,00	157,00	292621,33	292621,33	0,00361	0,02863	0,02863	0,151	1,264
P6Y	1	2,78	22,06	120947488,22	227,52	161,48	531590,58	748993,61	0,00523	0,04149	0,02945	0,397	3,328
P8Y	1	0,84	6,66	36503986,98	157,50	157,50	231771,35	231771,35	0,00362	0,02872	0,02872	0,120	1,005
P9Y	1	3,56	28,23	154804582,03	196,83	192,38	786488,76	804681,27	0,00452	0,03590	0,03508	0,508	4,260
P11Y	1	6,48	51,38	281747034,32	249,51	244,49	1129201,37	1152386,74	0,00573	0,04550	0,04459	0,925	7,753
P13Y	1	0,00	0,02	125623,06	22,50	22,50	5583,25	5583,25	0,00052	0,00410	0,00410	0,000	0,003
P14Y	1	6,14	48,73	267205735,75	250,63	273,37	1066136,28	977450,84	0,00628	0,04571	0,04985	0,877	7,353

Tabela 5.12 – Tensões normais devidas às forças horizontais no segundo pavimento.

Painéis em x													
Painel	Pav.	M <sub>fletor</sub> (kN.m)		Inércia cm <sup>4</sup>	Distacia à Linha Neutra		Modulo Resistente		σ (MPa)			Forças horizontais	
		Desaprumo	Vento		X <sub>1</sub> cm	X <sub>2</sub> cm	W <sub>0</sub> cm <sup>3</sup>	W <sub>180</sub> cm <sup>3</sup>	σ <sub>Desaprumo</sub>	σ <sub>W0</sub>	σ <sub>W180</sub>	F <sub>d</sub>	F <sub>a</sub>
P1X	2	0,041	0,340	1748058,34	26,66	63,34	65568,58	27598,02	0,00149	0,00518	0,01232	0,007	0,066
P2X	2	0,049	0,402	2069104,47	62,88	57,12	32905,61	36223,82	0,00148	0,01223	0,01111	0,009	0,078
P3X	2	0,032	0,266	1369933,83	52,28	52,72	26203,78	25985,09	0,00124	0,01016	0,01025	0,006	0,052
P4X	2	0,032	0,266	1369933,83	52,28	52,78	26203,78	25955,55	0,00124	0,01016	0,01026	0,006	0,052
P5X	2	0,012	0,098	504450,75	42,72	16,28	11808,30	30985,92	0,00101	0,00831	0,00317	0,002	0,019
P6X	2	0,358	2,952	15184850,48	124,19	69,81	122271,12	217516,84	0,00293	0,02415	0,01357	0,064	0,574
P7X	2	0,706	5,827	29970558,85	83,61	156,39	358456,63	191639,87	0,00368	0,01626	0,03041	0,126	1,133
P8X	2	0,064	0,529	2722333,83	32,28	72,72	84335,00	37435,83	0,00171	0,00628	0,01414	0,011	0,103
P9X	2	0,068	0,560	2880233,19	75,53	28,47	38133,63	101167,31	0,00178	0,01469	0,00554	0,012	0,109
P10X	2	29,348	242,164	1245503062,77	367,75	501,25	3386820,02	2484794,14	0,01181	0,07150	0,09746	5,241	47,098
Painéis em y													
Painel	Pav.	M <sub>fletor</sub> (kN.m)		Inércia cm <sup>4</sup>	Distacia à Linha Neutra		Modulo Resistente		σ (MPa)			Forças horizontais	
		Desaprumo	Vento		Y <sub>1</sub> cm	Y <sub>2</sub> cm	W <sub>90</sub> cm <sup>3</sup>	W <sub>270</sub> cm <sup>3</sup>	σ <sub>Desaprumo</sub>	σ <sub>W90</sub>	σ <sub>W270</sub>	F <sub>d</sub>	F <sub>a</sub>
P2Y	2	0,01	0,05	492187,50	37,50	37,50	13125,00	13125,00	0,00052	0,00395	0,00395	0,001	0,010
P3Y	2	4,09	31,24	296610932,21	262,82	261,68	1128570,63	1133487,21	0,00362	0,02768	0,02756	0,730	6,075
P5Y	2	0,63	4,84	45941548,47	157,00	157,00	292621,33	292621,33	0,00217	0,01653	0,01653	0,113	0,941
P6Y	2	1,67	12,74	120947488,22	228,00	161,50	530471,44	748900,86	0,00314	0,02401	0,01701	0,298	2,477
P8Y	2	0,50	3,84	36503986,98	157,50	157,50	231771,35	231771,35	0,00217	0,01659	0,01659	0,090	0,748
P9Y	2	2,13	16,30	154804582,03	197,08	192,42	785491,08	804513,99	0,00272	0,02076	0,02026	0,381	3,171
P11Y	2	3,89	29,67	281747034,32	249,61	244,42	1128748,99	1152716,78	0,00344	0,02629	0,02574	0,694	5,771
P13Y	2	0,00	0,01	125623,06	22,50	22,50	5583,25	5583,25	0,00031	0,00237	0,00237	0,000	0,003
P14Y	2	3,68	28,14	267205735,75	251,14	273,36	1063971,23	977486,60	0,00377	0,02645	0,02879	0,658	5,473

### 5.2.3.5 Dimensionamento

O dimensionamento, segundo a ABNT NBR 15961-1:2011, é feito pelo Método dos Estados-Limite, que consiste na capacidade que uma estrutura possui de suportar as diversas ações que vierem a solicitá-la durante a sua vida útil, sem atingir nenhum dos estados-limite último (ELU) ou de serviço (ELS).

O edifício utilizado como teste apresenta pé-direito arquitetônico ( $h$ ) de 2,80 m e utiliza blocos cuja largura é de 14 cm. Logo, todos os seus elementos apresentam esbeltez ( $\lambda$ ) igual a 20, que é um valor menor que o limite de 24 para elemento não armado.

A resistência do bloco deve ser tal que atenda às solicitações de compressão simples, provenientes das ações verticais, e de compressão na flexão, provenientes das ações verticais combinadas com ações horizontais, para as paredes estruturais do edifício. As vigas e vergas devem ser verificadas à flexão simples. Além disso, os elementos devem ser verificados à tração na flexão.

A verificação à compressão simples é dada de acordo com a expressão (5.12), citada no item 2.9.1, e transcrita a seguir:

$$\gamma_f \cdot N_k \leq \left\{ \begin{array}{l} 1,0 \text{ paredes} \\ 0,9 \text{ pilares} \end{array} \right\} \cdot \frac{f_k}{\gamma_m} \cdot R \cdot A \quad (5.12)$$

Foram adotados os seguintes valores para o cálculo:  $\gamma_m = 2.0$  ;  $\gamma_f = 1.4$ ; resistência característica da alvenaria igual a 70% da resistência característica do prisma ( $f_k = 0,7f_{pk}$ ); e resistência característica do prisma igual a 80% da resistência característica do bloco ( $f_{pk} = 0,8f_{bk}$ ).

Já a verificação da compressão na flexão, quando se considera a ação do vento, é dada pelas expressões (5.13) e (5.14), citadas no item 2.9.3, e transcritas a seguir:

$$\frac{\gamma_{fg} G + \gamma_{fq} Q_{acidental}}{R} + \frac{\psi_0 \gamma_{fq} Q_{vento} + \gamma_{fg} D}{1,5} \leq \frac{f_k}{\gamma_m} \quad (5.13)$$

$$\frac{\gamma_{fg}G + \psi_0\gamma_{fq}Q_{acidental}}{R} + \frac{\gamma_{fq}Q_{vento} + \gamma_{fg}D}{1,5} \leq \frac{f_k}{\gamma_m} \quad (5.14)$$

Os valores obtidos para a resistência característica dos blocos no dimensionamento à compressão simples e à compressão na flexão são mostrados na Tabela 5.13 e na Tabela 5.14, respectivamente. Observa-se que a resistência característica exigida para o bloco no primeiro pavimento foi de apenas 4 MPa, desta forma, não se faz necessário verificar os outros pavimentos, os quais exigiriam resistências ainda menores.

**Tabela 5.13 – Dimensionamento dos blocos à compressão simples.**

<i>Compressão Simples</i>						
<i>Grupo</i>	<i>1 ° pav.</i>		<i>Resist. Min. Prisma</i>		<i>Resist. Min. Bloco</i>	
	<i>σ (MPa)</i>		<i>1 ° pav.</i>		<i>1 ° pav.</i>	
	<i>G</i>	<i>Q</i>	<i>(MPa)</i>		<i>(MPa)</i>	
P1X	0,4626	0,1165	1,89		2,36	
P2X	0,5914	0,1740	2,50		3,12	
P3X	0,5708	0,1725	2,43		3,03	
P4X	0,5879	0,1846	2,52		3,15	
P5X	0,4304	0,0965	1,72		2,15	
P6X	0,5708	0,1725	2,43		3,03	
P7X	0,4626	0,1165	1,89		2,36	
P8X	0,5879	0,1846	2,52		3,15	
P9X	0,4304	0,0965	1,72		2,15	
P10X	0,4835	0,1343	2,02		2,52	
P2Y	0,6846	0,1800	2,82		3,53	
P3Y	0,4626	0,1165	1,89		2,36	
P5Y	0,4835	0,1343	2,02		2,52	
P6Y	0,5914	0,1740	2,50		3,12	
P8Y	0,4835	0,1343	2,02		2,52	
P9Y	0,5708	0,1725	2,43		3,03	
P11Y	0,5879	0,1846	2,52		3,15	
P13Y	0,4835	0,1343	2,02		2,52	
P14Y	0,4304	0,0965	1,72		2,15	

Tabela 5.14 – Dimensionamento dos blocos à compressão na flexão.

<b>Compressão por Flexão Composta</b>								
<b>Painel</b>	<b>Comb*</b>	<b>Pavto</b>			<b>1</b>		<b>Resist. Min. Prisma 1<sup>o</sup> pavto (MPa)</b>	<b>Resist. Min. Bloco 1<sup>o</sup> pavto (MPa)</b>
		<b>σ (MPa) Valores de Cálculo</b>						
		<b>G</b>	<b>Q</b>	<b>Desaprumo</b>	<b>W (+)</b>	<b>W (-)</b>		
P1X	1	0,4626	0,1165	0,0035	0,0075	0,0179	1,93	2,41
P2X	1	0,5914	0,1740	0,0035	0,0178	0,0162	2,54	3,17
P3X	1	0,5708	0,1725	0,0029	0,0148	0,0149	2,46	3,08
P4X	1	0,5879	0,1846	0,0029	0,0148	0,0149	2,56	3,20
P5X	1	0,4304	0,0965	0,0023	0,0121	0,0046	1,75	2,19
P6X	1	0,5708	0,1725	0,0068	0,0351	0,0197	2,51	3,13
P7X	1	0,4626	0,1165	0,0086	0,0236	0,0442	1,99	2,49
P8X	1	0,5879	0,1846	0,0040	0,0091	0,0206	2,57	3,21
P9X	1	0,4304	0,0965	0,0042	0,0214	0,0081	1,77	2,21
P10X	1	0,4835	0,1343	0,0276	0,1040	0,1418	2,34	2,93
P2Y	1	0,6846	0,1800	0,0012	0,0057	0,0057	2,84	3,55
P3Y	1	0,4626	0,1165	0,0085	0,0402	0,0400	1,98	2,48
P5Y	1	0,4835	0,1343	0,0051	0,0241	0,0241	2,07	2,59
P6Y	1	0,5914	0,1740	0,0073	0,0349	0,0247	2,58	3,22
P8Y	1	0,4835	0,1343	0,0051	0,0241	0,0241	2,07	2,59
P9Y	1	0,5708	0,1725	0,0063	0,0302	0,0295	2,50	3,12
P11Y	1	0,5879	0,1846	0,0080	0,0382	0,0375	2,61	3,26
P13Y	1	0,4835	0,1343	0,0007	0,0034	0,0034	2,03	2,53
P14Y	1	0,4304	0,0965	0,0088	0,0384	0,0419	1,82	2,27
P1X	2	0,4626	0,0583	0,0035	0,0126	0,0299	1,76	2,21
P2X	2	0,5914	0,0870	0,0035	0,0296	0,0269	2,28	2,85
P3X	2	0,5708	0,0863	0,0029	0,0246	0,0248	2,20	2,75
P4X	2	0,5879	0,0923	0,0029	0,0246	0,0249	2,27	2,84
P5X	2	0,4304	0,0482	0,0023	0,0201	0,0077	1,61	2,01
P6X	2	0,5708	0,0863	0,0068	0,0585	0,0329	2,27	2,84
P7X	2	0,4626	0,0583	0,0086	0,0394	0,0737	1,86	2,32
P8X	2	0,5879	0,0923	0,0040	0,0152	0,0343	2,29	2,87
P9X	2	0,4304	0,0482	0,0042	0,0356	0,0134	1,64	2,05
P10X	2	0,4835	0,0672	0,0276	0,1733	0,2363	2,30	2,88
P2Y	2	0,6846	0,0900	0,0012	0,0096	0,0096	2,55	3,19
P3Y	2	0,4626	0,0583	0,0085	0,0671	0,0667	1,84	2,31
P5Y	2	0,4835	0,0672	0,0051	0,0401	0,0401	1,88	2,36
P6Y	2	0,5914	0,0870	0,0073	0,0581	0,0412	2,34	2,92
P8Y	2	0,4835	0,0672	0,0051	0,0402	0,0402	1,88	2,36
P9Y	2	0,5708	0,0863	0,0063	0,0503	0,0491	2,25	2,82
P11Y	2	0,5879	0,0923	0,0080	0,0637	0,0624	2,36	2,95
P13Y	2	0,4835	0,0672	0,0007	0,0057	0,0057	1,81	2,26
P14Y	2	0,4304	0,0482	0,0088	0,0640	0,0698	1,71	2,14

$$* \text{ Comb 1 - } \frac{1,4G + 1,4Q_{\text{acidental}}}{R} + \frac{1,4 \times 0,6 \times Q_{\text{vento}} + 1,4D}{1,5} \leq 0,7 \times 0,8 f_{bk} / 2,0$$

$$\text{ Comb 2 - } \frac{1,4G + 1,4 \times 0,7 \times Q_{\text{acidental}}}{R} + \frac{1,4 \times Q_{\text{vento}} + 1,4D}{1,5} \leq 0,7 \times 0,8 f_{bk} / 2,0$$

Depois de feito o dimensionamento através do uso de planilhas eletrônicas, o mesmo foi realizado utilizando-se do módulo desenvolvido neste trabalho, sendo aplicadas as mesmas decisões de projeto e os mesmos valores para as variáveis utilizadas. O memorial de cálculo para as tensões e para o dimensionamento gerados pelo programa encontram-se no **APÊNDICE A** e no **APÊNDICE B**, respectivamente.

Comparando os resultados do dimensionamento feito em planilhas com aqueles gerados pelo aplicativo, nota-se que todos os cálculos executados pelo programa foram efetuados corretamente, desde as etapas iniciais de levantamento e distribuição de ações até as que se destinam ao dimensionamento da alvenaria. Os valores finais obtidos nos dois casos apresentaram diferenças menores que 2,0% na determinação da resistência do bloco, que pode ser justificada pelos pequenos arredondamentos de coeficientes adotados durante os cálculos na planilha e no programa.

A Tabela 5.15 mostra a comparação entre os valores obtidos para a resistência característica dos blocos no dimensionamento à compressão simples, para o primeiro pavimento. A Figura 5.29 mostra a comparação entre os painéis que apresentaram as maiores e as menores diferenças observadas. A maior diferença verificada foi de 1,94%, nos painéis P10X, P5Y e P8Y, e a menor foi de 0,17%, encontrada no painel P3X.

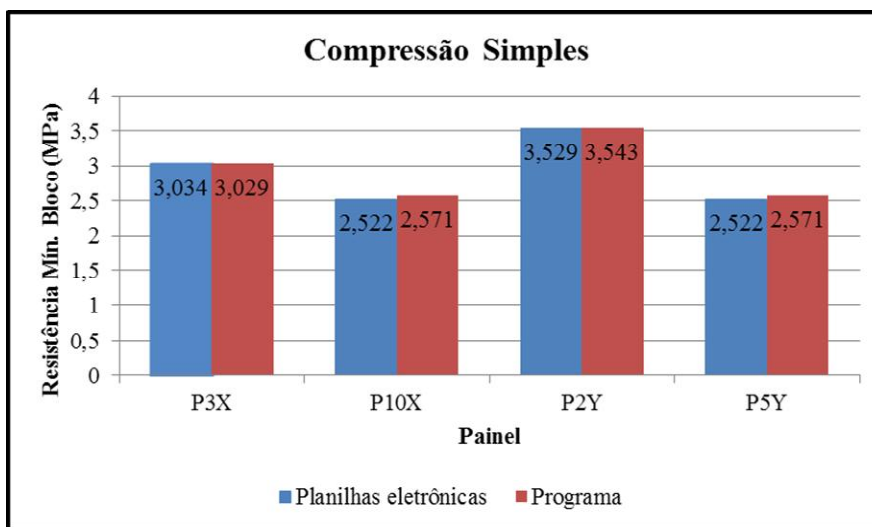


Figura 5.29 – Comparação entre o dimensionamento dos blocos à compressão simples pelo uso de planilhas eletrônicas e pelo programa.

**Tabela 5.15 – Comparação entre os valores obtidos para a resistência característica dos blocos no dimensionamento à compressão simples no primeiro pavimento.**

<i>Compressão Simples</i>					
<i>Parede</i>	<i>Resist.Mín. Bloco Planilhas</i>		<i>Resist.Mín. Bloco Programa</i>		<i>diferença (%)</i>
	<i>1º Pav.</i>		<i>1º Pav.</i>		
	<i>(MPa)</i>		<i>(MPa)</i>		
P1X	2,364		2,343		-0,88
P2X	3,124		3,086		-1,21
P3X	3,034		3,029		-0,17
P4X	3,153		3,143		-0,32
P5X	2,151		2,172		0,98
P6X	3,034		3,029		-0,17
P7X	2,364		2,343		-0,88
P8X	3,153		3,143		-0,32
P9X	2,151		2,171		0,95
P10X	2,522		2,571		1,94
P2Y	3,529		3,543		0,40
P3Y	2,364		2,343		-0,88
P5Y	2,522		2,571		1,94
P6Y	3,124		3,086		-1,21
P8Y	2,522		2,571		1,94
P9Y	3,034		3,029		-0,17
P11Y	3,153		3,143		-0,32
P13Y	2,522		2,570		1,90
P14Y	2,151		2,171		0,95

A comparação entre os valores obtidos para a resistência característica dos blocos no dimensionamento à compressão na flexão é apresentada na Tabela 5.16, e as Figuras 5.30 e 5.31 mostram a comparação entre os painéis que apresentaram as maiores e as menores diferenças observadas para as combinações 1 e 2, respectivamente. A maior diferença verificada foi 1,98%, no painel P13Y, e a menor foi de 0,12%, encontrada nos painéis P6X e P9Y.

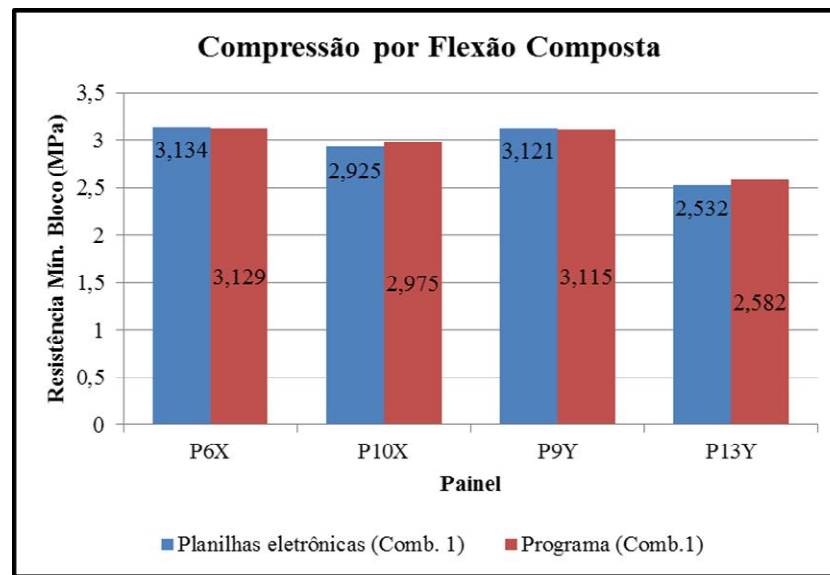


Figura 5.30 – Comparação entre a resistência característica dos blocos no dimensionamento à compressão na flexão, pelo uso de planilhas eletrônicas e pelo programa (Comb. 1).

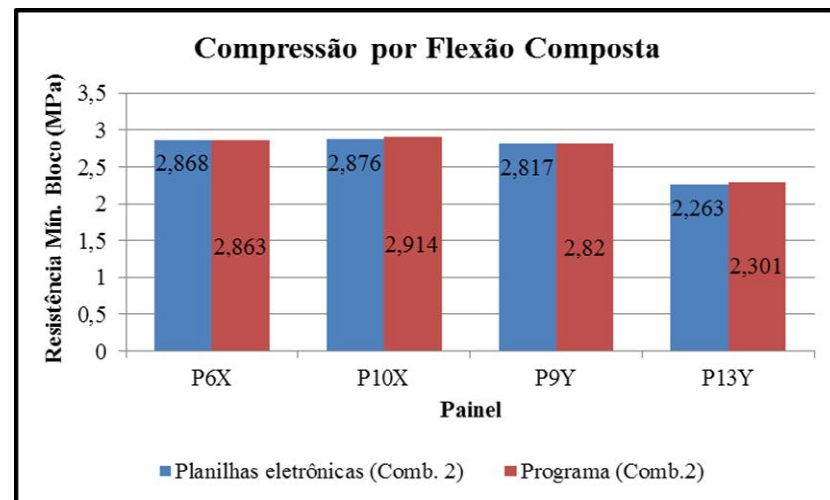


Figura 5.31 – Comparação entre a resistência característica dos blocos no dimensionamento à compressão na flexão, pelo uso de planilhas eletrônicas e pelo programa (Comb. 2).

**Tabela 5.16 – Comparação entre os valores obtidos para a resistência característica dos blocos no dimensionamento à compressão na flexão no primeiro pavimento.**

<b>Compressão por Flexão Composta</b>				
<b>Painel</b>	<b>Comb</b>	<b>Resist. Mín. Bloco</b>	<b>Resist. Mín. Bloco</b>	<b>diferença (%)</b>
		<b>1º Pav. Planilhas</b>	<b>1º Pav. Programa</b>	
		<b>(MPa)</b>	<b>(MPa)</b>	
P1X	1	2,415	2,394	-0,86
P2X	1	3,174	3,136	-1,21
P3X	1	3,076	3,071	-0,18
P4X	1	3,196	3,185	-0,33
P5X	1	2,185	2,206	0,96
P6X	1	3,134	3,129	-0,16
P7X	1	2,490	2,469	-0,82
P8X	1	3,212	3,201	-0,33
P9X	1	2,211	2,232	0,93
P10X	1	2,925	2,975	1,70
P2Y	1	3,546	3,559	0,38
P3Y	1	2,480	2,459	-0,83
P5Y	1	2,591	2,641	1,92
P6Y	1	3,224	3,186	-1,19
P8Y	1	2,592	2,641	1,91
P9Y	1	3,121	3,115	-0,19
P11Y	1	3,263	3,253	-0,32
P13Y	1	2,532	2,582	1,98
P14Y	1	2,271	2,292	0,91
P1X	2	2,205	2,194	-0,51
P2X	2	2,848	2,822	-0,90
P3X	2	2,748	2,752	0,15
P4X	2	2,843	2,838	-0,16
P5X	2	2,007	2,025	0,88
P6X	2	2,838	2,841	0,12
P7X	2	2,322	2,310	-0,51
P8X	2	2,868	2,863	-0,16
P9X	2	2,048	2,066	0,86
P10X	2	2,876	2,914	1,32
P2Y	2	3,187	3,197	0,30
P3Y	2	2,306	2,294	-0,51
P5Y	2	2,355	2,394	1,64
P6Y	2	2,925	2,899	-0,87
P8Y	2	2,356	2,394	1,63
P9Y	2	2,817	2,820	0,12
P11Y	2	2,947	2,942	-0,18
P13Y	2	2,263	2,301	1,67
P14Y	2	2,141	2,158	0,80

### 5.2.3.6 Verificação à tração e ao cisalhamento

Os elementos de alvenaria não armada foram calculados no estágio I, em que a alvenaria absorve as tensões de tração e de compressão. Nesse caso, é necessário que a tensão atuante de tração de cálculo não exceda a resistência de cálculo da alvenaria. Adotando como resistência média da argamassa valores no intervalo de 3,5 a 7,0 MPa e considerando a direção de atuação da tração, normal à fiada, tem-se que a resistência característica de tração na flexão ( $f_{tk}$ ) é igual a 0,20 MPa, conforme Tabela 3 da ABNT NBR 15961:2011.

A Tabela 5.17 mostra a verificação das tensões de tração e a Tabela 5.18 mostra a comparação entre o programa e as planilhas eletrônicas. Pelos resultados da verificação à tração na flexão, percebe-se que predominaram as tensões de compressão, o que resulta em elementos de alvenaria não armados. No que concerne à comparação entre o programa e as planilhas eletrônicas, observa-se que os valores obtidos foram bem próximos. A máxima diferença encontrada foi de 1,88%, no painel P10X.

**Tabela 5.17 – Verificação da tensão de tração.**

<i>Tensões de Tração</i>									
<i>Comb*</i>	<i>Pavto</i>	<i>Dados</i>		<i><math>\sigma</math> (MPa) Valores de Cálculo</i>					<i>Elemento</i>
		<i>Grupo</i>	<i>Painel</i>	<i>G</i>	<i>W (+)</i>	<i>W (-)</i>	<i>Desaprumo</i>	<i>Total</i>	
3	1	G1	P1X	0,2974	0,013	0,030	0,0035	-0,26	Nao Armado
3	1	G2	P2X	0,3802	0,030	0,027	0,0035	-0,35	Nao Armado
3	1	G3	P3X	0,3669	0,025	0,025	0,0029	-0,34	Nao Armado
3	1	G4	P4X	0,3780	0,025	0,025	0,0029	-0,35	Nao Armado
3	1	G5	P5X	0,2767	0,020	0,008	0,0023	-0,25	Nao Armado
3	1	G3	P6X	0,3669	0,059	0,033	0,0068	-0,30	Nao Armado
3	1	G1	P7X	0,2974	0,039	0,074	0,0086	-0,22	Nao Armado
3	1	G4	P8X	0,3780	0,015	0,034	0,0040	-0,34	Nao Armado
3	1	G5	P9X	0,2767	0,036	0,013	0,0042	-0,24	Nao Armado
3	1	G7	P10X	0,3108	0,173	0,236	0,0276	-0,05	Nao Armado
3	1	G6	P2Y	0,4401	0,010	0,010	0,0012	-0,43	Nao Armado
3	1	G1	P3Y	0,2974	0,067	0,067	0,0085	-0,22	Nao Armado
3	1	G7	P5Y	0,3108	0,040	0,040	0,0051	-0,27	Nao Armado
3	1	G2	P6Y	0,3802	0,058	0,041	0,0073	-0,31	Nao Armado
3	1	G7	P8Y	0,3108	0,040	0,040	0,0051	-0,27	Nao Armado
3	1	G3	P9Y	0,3669	0,050	0,049	0,0063	-0,31	Nao Armado
3	1	G4	P11Y	0,3780	0,064	0,062	0,0080	-0,31	Nao Armado
3	1	G7	P13Y	0,3108	0,006	0,006	0,0007	-0,30	Nao Armado
3	1	G5	P14Y	0,2767	0,064	0,070	0,0088	-0,20	Nao Armado

$$*1,4 \cdot Q_{\text{vento}} + 1,4 \cdot D - 0,9 \cdot G \leq \frac{f_{tk}}{\gamma_m}$$

**Tabela 5.18 – Comparação entre as tensões resistentes e atuantes à tração de cálculo, no primeiro pavimento, obtidas pelo cálculo manual e pelo uso do programa.**

<i>Tensões de Tração</i>					
<i>Pavto</i>	<i>Dados</i>		<i>σ (MPa)</i>		<i>diferença (%)</i>
	<i>Grupo</i>	<i>Painel</i>	<i>Total planilhas</i>	<i>Total programa</i>	
1	G1	P1X	-0,26403	-0,26400	-0,01
1	G2	P2X	-0,34706	-0,34487	-0,63
1	G3	P3X	-0,33920	-0,34123	0,60
1	G4	P4X	-0,35017	-0,35023	0,02
1	G5	P5X	-0,25422	-0,25650	0,90
1	G3	P6X	-0,30158	-0,30358	0,66
1	G1	P7X	-0,21505	-0,21461	-0,20
1	G4	P8X	-0,33968	-0,33969	0,00
1	G5	P9X	-0,23695	-0,23921	0,95
1	G7	P10X	-0,05000	-0,05094	1,88
1	G6	P2Y	-0,42932	-0,43000	0,16
1	G1	P3Y	-0,22184	-0,22200	0,07
1	G7	P5Y	-0,26571	-0,26970	1,50
1	G2	P6Y	-0,31475	-0,31261	-0,68
1	G7	P8Y	-0,26557	-0,26969	1,55
1	G3	P9Y	-0,31036	-0,31243	0,67
1	G4	P11Y	-0,30622	-0,30629	0,02
1	G7	P13Y	-0,30438	-0,30844	1,33
1	G5	P14Y	-0,19811	-0,20043	1,17

O valor da resistência característica ao cisalhamento ( $f_{vk}$ ) foi dado pela expressão  $0,15 + 0,5\sigma \leq 1,0$ , que é utilizada nos casos em que a resistência média da argamassa apresenta valores no intervalo de 3,5 a 7,0 MPa, onde a tensão de pré-compressão ( $\sigma$ ) deve ser calculada considerando 90% das ações permanentes, tendo em vista que, neste caso, ela é uma ação favorável.

A verificação ao cisalhamento consiste em averiguar se a tensão de cisalhamento atuante de cálculo,  $\tau_{vd}$ , não ultrapassa a parcela da direita que representa a resistência de cálculo ao cisalhamento,  $f_{vd}$ , ou seja,  $\tau_{vd} \leq f_{vd}$ .

A Tabela 5.19 mostra a verificação ao cisalhamento e a Tabela 5.20 mostra a comparação entre o programa e as planilhas eletrônicas para este item. Como se pode observar nos resultados, todos os elementos portantes da edificação poderão ser executados como elementos não armados, que é o desejado. No que se concerne à comparação entre o programa e as planilhas eletrônicas, observa-se que os valores obtidos foram próximos e que a máxima diferença encontrada foi de 0,28%, no painel P8Y.

**Tabela 5.19 – Verificação ao cisalhamento.**

<i>Verificação ao cisalhamento</i>													
<i>Pav.</i>	<i>Dados</i>			<i>d (m)</i>	<i>σ (MPa)</i>		<i>Carga (kN)</i>		<i>σ (MPa)</i>	<i>f<sub>vk</sub> (MPa)</i>	<i>f<sub>vd</sub> (MPa)</i>	<i>τ<sub>vd</sub> (MPa)</i>	<i>Verif.</i>
	<i>Parede</i>	<i>Grupo</i>	<i>Painel</i>		<i>σ<sub>G,k</sub></i>	<i>σ<sub>Q,k</sub></i>	<i>F<sub>w,k</sub></i>	<i>F<sub>D,k</sub></i>					
1	P1a	G1	P1X	0,90	0,33	0,08	0,089	0,010	0,30	0,30	0,15	0,001	ok
1	P1b	G2	P2X	1,20	0,42	0,12	0,105	0,012	0,38	0,34	0,17	0,001	ok
1	P1c	G3	P3X	1,05	0,41	0,12	0,070	0,008	0,37	0,33	0,17	0,001	ok
1	P1d	G4	P4X	1,05	0,42	0,13	0,070	0,008	0,38	0,34	0,17	0,001	ok
1	P1e	G5	P5X	0,59	0,31	0,07	0,026	0,003	0,28	0,29	0,14	0,000	ok
1	P2b	G3	P6X	1,94	0,41	0,12	0,771	0,085	0,37	0,33	0,17	0,004	ok
1	P3a	G1	P7X	2,40	0,33	0,08	1,523	0,168	0,30	0,30	0,15	0,007	ok
1	P4a	G4	P8X	1,05	0,42	0,13	0,138	0,015	0,38	0,34	0,17	0,001	ok
1	P4b	G5	P9X	1,04	0,31	0,07	0,146	0,016	0,28	0,29	0,14	0,002	ok
1	P5a	G7	P10X	8,69	0,35	0,10	63,278	6,988	0,31	0,31	0,15	0,081	ok
1	P6a	G6	P2Y	0,75	0,49	0,13	0,014	0,002	0,44	0,37	0,19	0,000	ok
1	P6b	G1	P3Y	5,24	0,33	0,08	8,162	0,974	0,30	0,30	0,15	0,017	ok
1	P7a	G7	P5Y	3,15	0,35	0,10	1,264	0,151	0,31	0,31	0,15	0,004	ok
1	P8a	G2	P6Y	3,89	0,42	0,12	3,328	0,397	0,38	0,34	0,17	0,010	ok
1	P9a	G7	P8Y	3,14	0,35	0,10	1,005	0,120	0,31	0,31	0,15	0,004	ok
1	P9b	G3	P9Y	3,89	0,41	0,12	4,260	0,508	0,37	0,33	0,17	0,012	ok
1	P10a	G4	P11Y	4,94	0,42	0,13	7,753	0,925	0,38	0,34	0,17	0,018	ok
1	P11a	G7	P13Y	0,45	0,35	0,10	0,003	0,000	0,31	0,31	0,15	0,000	ok
1	P11b	G5	P14Y	5,24	0,31	0,07	7,353	0,877	0,28	0,29	0,14	0,016	ok

**Tabela 5.20 – Comparação entre as tensões cisalhantes atuantes de cálculo, no primeiro pavimento, obtidas pelo cálculo manual e pelo uso do programa.**

Verificação ao cisalhamento							
Pav.	Dados			$f_{vd}$ (MPa)	Planilhas	Programa	dif. (%)
	Parede	Grupo	Painel		$\tau_{vd}$ (MPa)	$\tau_{vd}$ (MPa)	
1	P1a	G1	P1X	0,15	0,00110	0,00110	0,00
1	P1b	G2	P2X	0,16	0,00097	0,00097	0,00
1	P1c	G3	P3X	0,16	0,00074	0,00074	0,00
1	P1d	G4	P4X	0,17	0,00074	0,00074	0,00
1	P1e	G5	P5X	0,14	0,00048	0,00048	0,00
1	P2b	G3	P6X	0,16	0,00442	0,00441	-0,23
1	P3a	G1	P7X	0,15	0,00704	0,00705	0,14
1	P4a	G4	P8X	0,17	0,00146	0,00146	0,00
1	P4b	G5	P9X	0,14	0,00156	0,00156	0,00
1	P5a	G7	P10X	0,15	0,08086	0,08093	0,09
1	P6a	G6	P2Y	0,17	0,00020	0,00020	0,00
1	P6b	G1	P3Y	0,15	0,01744	0,01743	-0,06
1	P7a	G7	P5Y	0,15	0,00449	0,00449	0,00
1	P8a	G2	P6Y	0,16	0,00958	0,00957	-0,10
1	P9a	G7	P8Y	0,15	0,00358	0,00357	-0,28
1	P9b	G3	P9Y	0,16	0,01226	0,01225	-0,08
1	P10a	G4	P11Y	0,17	0,01757	0,01756	-0,06
1	P11a	G7	P13Y	0,15	0,00009	0,00009	0,00
1	P11b	G5	P14Y	0,14	0,01571	0,01568	-0,19

## **6. CONCLUSÕES**

### **6.1 Conclusões gerais**

Neste trabalho, foi elaborado um módulo de análise e dimensionamento de edifícios de alvenaria estrutural pelo método dos estados-limite, desenvolvido na plataforma AutoCAD e implementado através das linguagens AutoLISP e DCL.

O software desenvolvido no presente trabalho representa uma contribuição para o desenvolvimento e a divulgação da alvenaria estrutural na região de Viçosa, visto que ele apresenta diversas informações sobre os procedimentos de cálculo estrutural, e diversos menus de ajuda que facilitam a utilização pelo usuário.

O objetivo principal deste trabalho, que foi a elaboração de uma ferramenta computacional para análise e dimensionamento de edifícios de alvenaria estrutural, submetidos a ações verticais e horizontais, foi alcançado, sendo o aplicativo desenvolvido capaz de realizar a análise e o dimensionamento de forma rápida e eficaz.

A fim de validar o programa, foi apresentado um exemplo de cálculo em que se comparou, para um edifício padrão de alvenaria estrutural, o cálculo manual, feito através do uso de planilhas eletrônicas, com o cálculo gerado pelo aplicativo. Observou-se, através do Capítulo 5, que o aplicativo apresentou resultados satisfatórios, fornecendo valores muito próximos dos obtidos manualmente.

A utilização do aplicativo em projetos de edifícios em alvenaria estrutural, além de propiciar ganhos em tempo de execução e precisão no projeto, se mostra bastante vantajosa no que se refere à documentação, uma vez que a apresentação de um memorial de cálculo, contendo os detalhes das informações processadas, consiste em

um importante recurso para a verificação dos cálculos por parte do projetista e para a orientação dos resultados fornecidos.

É importante assinalar que a utilização correta do programa e o sucesso de seus resultados exigem do usuário, além dos conhecimentos básicos do programa AutoCAD, o conhecimento dos conceitos e das normas de dimensionamento relativos à alvenaria estrutural.

As mudanças nas normas possibilitaram elucidar muitos tópicos que geravam dúvidas em normas anteriores. As principais mudanças foram: a permissão para a utilização do estágio III para o caso de dimensionamento à flexão; a utilização do critério de Coulomb para o dimensionamento ao cisalhamento; a consideração da diminuição de 20% da resistência à compressão no caso da argamassa disposta apenas em cordões laterais; a alteração do limite de esbeltez e a adoção de valores característicos para resistência à compressão de paredes e prisma.

Uma inovação apresentada pelas novas normas de alvenaria estrutural refere-se à utilização do conceito de elemento armado ao invés de alvenaria armada. Desta forma, apenas serão armados os elementos submetidos a tensões de tração superiores à resistência à tração da alvenaria, o que gera maior racionalização e economia.

Conclui-se que o aplicativo desenvolvido é adequado para a análise e para o dimensionamento de edifícios de alvenaria estrutural pelo método dos estados-limite e que as novas normas apresentam conceitos mais racionais e correções que são importantes em relação às normas anteriores.

## **6.2 Sugestões para trabalhos futuros**

Após a realização deste trabalho, uma série de sugestões pode ser levantada, o que torna necessário outras investigações, dentre as quais se podem citar as seguintes:

- ✓ elaboração de rotinas que gerem o detalhamento dos elementos armados;

- ✓ estudos referentes a outros tipos de lajes, como pré-moldadas, protendidas, e a implementação de rotinas de distribuição e dimensionamento destas lajes;
- ✓ implementação de novos métodos para distribuição das ações horizontais entre as paredes de contraventamentos, tal como o método das paredes com abertura.
- ✓ Elaboração de um modelo numérico 3D de um edifício com elementos finitos do tipo *shell* para comparação das tensões obtidas via o programa SIPALex (procedimentos normatizados) com as obtidas por uma análise numérica mais realista.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCI (1990) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA (1990). Manual técnico de alvenaria. São Paulo, ABCI/Projeto.

ACETTI, K. M. *Contribuição ao projeto estrutural de edifícios em alvenaria*. São Carlos. 247 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1998.

ALVARENGA, R. C. S. S.; CARVALHO, J. M. F.; PAIVA, L. M. *Alvenaria Estrutural: Projeto Piloto de um edifício*. Notas de Aulas, UFV:DEC, 2002.

ALVARENGA, R. C. S. S.; MAIA, W.F.; COUTO, L. G.; FASSONI, D. P. *O Sistema Construtivo em Alvenaria Estrutural*. Notas de aulas, UFV:DEC, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 6120: Cargas para o cálculo de estruturas de edificações*. Rio de Janeiro, 1980.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 8798: Execução e controle de obras em alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto*. Rio de Janeiro, 1985.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 10.837: Cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto*. Rio de Janeiro, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 6136: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Requisitos*. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento*. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 8681: Ações e segurança nas estruturas - Procedimento*. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 15270-2: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural – Terminologia e requisitos*. Rio de Janeiro, 2005.

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

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 15961-1: Alvenaria estrutural – Blocos de concreto Parte 1: Projeto*. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 15961-2: Alvenaria estrutural – Blocos de concreto Parte 2: Execução e controle de obras*. Rio de Janeiro, 2011.

ATAIDE; C. A. V. *Estudo comparativo entre o método das tensões admissíveis e o dos estados limites para alvenaria estrutural*. São Carlos. 144p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, 2005.

ATAÍDE, C.A.V.; CORRÊA M.R.S. *Estudo comparativo entre o método das tensões admissíveis e o método dos estados limites para a alvenaria estrutural*. Cadernos de engenharia de estruturas, São Carlos, v.8, n. 34, p. 105-134, 2006.

AUTODESK, INC.(2004) *Visual Lisp Developer's Guide*.

AUTODESK, INC.(2004) *AutoLisp Tutorial*.

CAMACHO, J. S. *Alvenaria estrutural não armada - parâmetros básicos a serem considerados no projeto dos elementos resistentes*. Porto Alegre. 153p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1986.

CAMACHO, J. S.; *Projeto de edifícios de alvenaria estrutural*. Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2006. 48p.

CÉSAR JÚNIOR, K. M. L. *Visual Lisp: um guia básico para programação em AutoCAD*. São Paulo: Market Press, 2001. 388 p.

DEUTSCH INDUSTRIE NORMEN. *DIN 1053 – Alvenaria: cálculo e execução*. Tradução de H. J. Okom. São Paulo, 1974.

FRANCO, L.S. *Desempenho estrutural do elemento parede de alvenaria empregado na alvenaria estrutural não armada, quando submetidas a esforços de compressão*. São Paulo: USP, 1987. 136p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 1987.

HENDRY, A. W. (1981). *Structural brickwork*. London, MacMillan Press.

LAVANDOSCKI, F. I. *Estudo comparativo entre soluções para edifícios de alvenaria estrutural em função do número de paredes estruturais e o tipo de laje*. São Carlos. 123p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, 2011.

LEAL, D. F. *Sistema Integrado Para Projeto de Edifícios em Alvenaria Estrutural*. Viçosa, 2008, 97 p. (relatório PROBIC/FAPEMIG).

OLIVEIRA, D. S. *Sistema Integrado Para Projeto Executivo Em Alvenaria Estrutural E Avaliações Experimentais: Módulo “Hidrossanitário”*. Viçosa, 2010, 48 p. (relatório PIBIC/CNPq).

OLIVEIRA JR., V.; PINHEIRO, L. M. *Método prático para distribuição das ações verticais em paredes de alvenaria*. In: INTERNATIONAL SEMINAR ON STRUCTURAL MASONRY FOR DEVELOPING COUNTRIES, 5., Florianópolis, Brazil, 21-24 Aug. 1994. Proceedings. Florianópolis, Univ. Fed. Santa Catarina / University of Edinburgh/ ANTAC, p.315-322, 1994b.

PARSEKIAN, G. A.; Soares, M. M. *Alvenaria Estrutural em blocos cerâmicos: projeto, execução e controle*. 1º ed. São Paulo: O Nome da Rosa, 2010. 238p.

PARSEKIAN, G. A. *Parâmetros de projeto de alvenaria estrutural com blocos de concreto*. 1º ed. São Carlos: Edufscar, 2012. 85 p.

PARSEKIAN, G. A. *A Nova Norma Brasileira de Projeto d Execução de Alvenaria Estrutural de Blocos de Concreto – Parte 1: Projetos*. TÉCNICA, n. 168, p. 70-77, Março 2011.

RAMALHO, M. A.; CORRÊA, M. R. S. *Projeto de edifícios de alvenaria estrutural*. 1º ed. São Paulo: PINI, 2003. 188p.

SANTOS, A. A. *Sistema Integrado Para Projeto Executivo Em Alvenaria Estrutural e Avaliações Experimentais: Módulo “Instalações Elétricas”*. Viçosa, 2010, 60 p. (relatório PROBIC/FAPEMIG).

USUDA, F. *A integração do projeto estrutural e projetos associados*. 130p. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2003.

ZAGOTTIS, D. A. *Introdução da segurança no projeto estrutural*. São Paulo: Construção pesada, 1974.

## **APENDICE A – Memorial de cálculo: tensões**

PROJETO DE EDIFÍCIOS EM ALVENARIA ESTRUTURAL

UTILIZANDO FERRAMENTAS AutoLISP E DCL PARA AutoCAD 2004 a 2009

DESENVOLVIDAS POR: Andreilton de Paula Santos, Cássio de Sá Seron,

Davi Fagundes Leal, José Maria Franco de Carvalho,

Diôgo Silva de Oliveira e Aruac Alves Santos.

SIPALEX - Sistema Integrado Para Projeto De Edifícios Em Alvenaria Estrutural – Projeto Executivo

CNPq - FAPEMIG

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

ORIENTADORA: PROF<sup>a</sup>. RITA DE CÁSSIA SILVA SANT'ANNA ALVARENGA

Projeto Edifício Teste

03/04/13

12:42:3

Memorial Descritivo - Dados técnicos

---

Responsável Técnico: Aruac Alves Santos

CREA: 0000-MG

Proprietário: Rita de Cássia S. S. Alvarenga

Logradouro: Universidade Federal de Viçosa - UFV

---

Memorial Descritivo - Dados de entrada

---

Espessura das paredes estruturais: 15 cm

Comprimento do Edifício: 11.85 m

Largura do Edifício: 12.6 m

Pé-direito Estrutural: 2.8 m

Número de pavimentos: 4

Altura total do edifício: 11.2 m

---

DETERMINAÇÃO DE CARREGAMENTO VERTICAL EM GRUPOS DE PAREDES ESTRUTURAIIS

MÉTODO DOS GRUPOS ISOLADOS

---

25/04/13

15:04:47

---

## IDENTIFICAÇÃO =&gt; GRUPO 1

ÁREA DE PAREDES DO GRUPO: 1.1564 m<sup>2</sup>  
PÉ DIREITO: 2.8 m  
VOLUME DO GRUPO: 3.5603 m<sup>3</sup>  
PESO PRÓPRIO DO GRUPO: 53.4041 kN  
ÁREA TOTAL DE LAJE DESCARREGANDO SOBRE O GRUPO: 12.0335 m<sup>2</sup>  
CARGA PERMANENTE DA LAJE SOBRE O GRUPO: 42.1174 kN  
CARGA VARIÁVEL DA LAJE SOBRE O GRUPO: 24.0671 kN  
CARGA PERMANENTE ESPECIAL DE COBERTURA NO GRUPO: 0 kN  
CARGA VARIÁVEL ESPECIAL DE COBERTURA NO GRUPO: 0 kN  
CARGA PERMANENTE NA BASE DE CADA NÍVEL: 95.5214 kN  
CARGA VARIÁVEL NA BASE DE CADA NÍVEL: 24.0671 kN

CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 4 = 95.52 kN  
CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 4 = 24.07 kN  
TENSÃO DEVIDO À CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 4 = 0.08 MPa  
TENSÃO DEVIDO À CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 4 = 0.02 MPa

CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 3 = 191.04 kN  
CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 3 = 48.13 kN  
TENSÃO DEVIDO À CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 3 = 0.17 MPa  
TENSÃO DEVIDO À CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 3 = 0.04 MPa

CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 2 = 286.56 kN  
CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 2 = 72.2 kN  
TENSÃO DEVIDO À CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 2 = 0.25 MPa  
TENSÃO DEVIDO À CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 2 = 0.06 MPa

CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 1 = 382.09 kN  
CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 1 = 96.27 kN  
TENSÃO DEVIDO À CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 1 = 0.33 MPa  
TENSÃO DEVIDO À CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 1 = 0.08 MPa

---

25/04/1315:10:02

---

## IDENTIFICAÇÃO =&gt; GRUPO 2

ÁREA DE PAREDES DO GRUPO: 0.7154 m<sup>2</sup>  
PÉ DIREITO: 2.8 m  
VOLUME DO GRUPO: 2.4431 m<sup>3</sup>  
PESO PRÓPRIO DO GRUPO: 36.6461 kN  
ÁREA TOTAL DE LAJE DESCARREGANDO SOBRE O GRUPO: 11.1143 m<sup>2</sup>  
CARGA PERMANENTE DA LAJE SOBRE O GRUPO: 38.9 kN  
CARGA VARIÁVEL DA LAJE SOBRE O GRUPO: 22.2286 kN  
CARGA PERMANENTE ESPECIAL DE COBERTURA NO GRUPO: 0 kN  
CARGA VARIÁVEL ESPECIAL DE COBERTURA NO GRUPO: 0 kN  
CARGA PERMANENTE NA BASE DE CADA NÍVEL: 75.546 kN  
CARGA VARIÁVEL NA BASE DE CADA NÍVEL: 22.2286 kN

CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 4 = 75.55 kN  
CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 4 = 22.23 kN  
TENSÃO DEVIDO À CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 4 = 0.11 MPa  
TENSÃO DEVIDO À CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 4 = 0.03 MPa

CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 3 = 151.09 kN  
 CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 3 = 44.46 kN  
 TENSÃO DEVIDO À CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 3 = 0.21 MPa  
 TENSÃO DEVIDO À CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 3 = 0.06 MPa

CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 2 = 226.64 kN  
 CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 2 = 66.69 kN  
 TENSÃO DEVIDO À CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 2 = 0.32 MPa  
 TENSÃO DEVIDO À CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 2 = 0.09 MPa

CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 1 = 302.18 kN  
 CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 1 = 88.91 kN  
 TENSÃO DEVIDO À CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 1 = 0.42 MPa  
 TENSÃO DEVIDO À CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 1 = 0.12 MPa

---

25/04/13

15:14:12

---

IDENTIFICAÇÃO => GRUPO 3

ÁREA DE PAREDES DO GRUPO: 0.924 m<sup>2</sup>  
 PÉ DIREITO: 2.8 m  
 VOLUME DO GRUPO: 2.9578 m<sup>3</sup>  
 PESO PRÓPRIO DO GRUPO: 44.3677 kN  
 ÁREA TOTAL DE LAJE DESCARREGANDO SOBRE O GRUPO: 14.2331 m<sup>2</sup>  
 CARGA PERMANENTE DA LAJE SOBRE O GRUPO: 49.8159 kN  
 CARGA VARIÁVEL DA LAJE SOBRE O GRUPO: 28.4662 kN  
 CARGA PERMANENTE ESPECIAL DE COBERTURA NO GRUPO: 0 kN  
 CARGA VARIÁVEL ESPECIAL DE COBERTURA NO GRUPO: 0 kN  
 CARGA PERMANENTE NA BASE DE CADA NÍVEL: 94.1836 kN  
 CARGA VARIÁVEL NA BASE DE CADA NÍVEL: 28.4662 kN

CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 4 = 94.18 kN  
 CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 4 = 28.47 kN  
 TENSÃO DEVIDO À CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 4 = 0.1 MPa  
 TENSÃO DEVIDO À CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 4 = 0.03 MPa

CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 3 = 188.37 kN  
 CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 3 = 56.93 kN  
 TENSÃO DEVIDO À CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 3 = 0.2 MPa  
 TENSÃO DEVIDO À CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 3 = 0.06 MPa

CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 2 = 282.55 kN  
 CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 2 = 85.4 kN  
 TENSÃO DEVIDO À CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 2 = 0.31 MPa  
 TENSÃO DEVIDO À CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 2 = 0.09 MPa

CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 1 = 376.73 kN  
 CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 1 = 113.86 kN  
 TENSÃO DEVIDO À CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 1 = 0.41 MPa  
 TENSÃO DEVIDO À CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 1 = 0.12 MPa

---

25/04/13

15:19:27

---

IDENTIFICAÇÃO => GRUPO 4

ÁREA DE PAREDES DO GRUPO: 0.9464 m<sup>2</sup>  
 PÉ DIREITO: 2.8 m

VOLUME DO GRUPO: 2.9838 m<sup>3</sup>  
 PESO PRÓPRIO DO GRUPO: 44.7573 kN  
 ÁREA TOTAL DE LAJE DESCARREGANDO SOBRE O GRUPO: 15.6005 m<sup>2</sup>  
 CARGA PERMANENTE DA LAJE SOBRE O GRUPO: 54.6019 kN  
 CARGA VARIÁVEL DA LAJE SOBRE O GRUPO: 31.2011 kN  
 CARGA PERMANENTE ESPECIAL DE COBERTURA NO GRUPO: 0 kN  
 CARGA VARIÁVEL ESPECIAL DE COBERTURA NO GRUPO: 0 kN  
 CARGA PERMANENTE NA BASE DE CADA NÍVEL: 99.3592 kN  
 CARGA VARIÁVEL NA BASE DE CADA NÍVEL: 31.2011 kN

CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 4 = 99.36 kN  
 CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 4 = 31.2 kN  
 TENSÃO DEVIDO À CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 4 = 0.1 MPa  
 TENSÃO DEVIDO À CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 4 = 0.03 MPa

CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 3 = 198.72 kN  
 CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 3 = 62.4 kN  
 TENSÃO DEVIDO À CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 3 = 0.21 MPa  
 TENSÃO DEVIDO À CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 3 = 0.07 MPa

CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 2 = 298.08 kN  
 CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 2 = 93.6 kN  
 TENSÃO DEVIDO À CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 2 = 0.31 MPa  
 TENSÃO DEVIDO À CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 2 = 0.1 MPa

CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 1 = 397.44 kN  
 CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 1 = 124.8 kN  
 TENSÃO DEVIDO À CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 1 = 0.42 MPa  
 TENSÃO DEVIDO À CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 1 = 0.13 MPa

---

25/04/13

15:21:35

---

IDENTIFICAÇÃO => GRUPO 5

ÁREA DE PAREDES DO GRUPO: 0.9226 m<sup>2</sup>  
 PÉ DIREITO: 2.8 m  
 VOLUME DO GRUPO: 2.8731 m<sup>3</sup>  
 PESO PRÓPRIO DO GRUPO: 43.0962 kN  
 ÁREA TOTAL DE LAJE DESCARREGANDO SOBRE O GRUPO: 7.9476 m<sup>2</sup>  
 CARGA PERMANENTE DA LAJE SOBRE O GRUPO: 27.8165 kN  
 CARGA VARIÁVEL DA LAJE SOBRE O GRUPO: 15.8951 kN  
 CARGA PERMANENTE ESPECIAL DE COBERTURA NO GRUPO: 0 kN  
 CARGA VARIÁVEL ESPECIAL DE COBERTURA NO GRUPO: 0 kN  
 CARGA PERMANENTE NA BASE DE CADA NÍVEL: 70.9127 kN  
 CARGA VARIÁVEL NA BASE DE CADA NÍVEL: 15.8951 kN

CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 4 = 70.91 kN  
 CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 4 = 15.9 kN  
 TENSÃO DEVIDO À CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 4 = 0.08 MPa  
 TENSÃO DEVIDO À CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 4 = 0.02 MPa

CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 3 = 141.83 kN  
 CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 3 = 31.79 kN  
 TENSÃO DEVIDO À CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 3 = 0.15 MPa  
 TENSÃO DEVIDO À CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 3 = 0.03 MPa

CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 2 = 212.74 kN  
 CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 2 = 47.69 kN

TENSÃO DEVIDO À CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 2 = 0.23 MPa  
 TENSÃO DEVIDO À CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 2 = 0.05 MPa

CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 1 = 283.65 kN  
 CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 1 = 63.58 kN  
 TENSÃO DEVIDO À CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 1 = 0.31 MPa  
 TENSÃO DEVIDO À CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 1 = 0.07 MPa

25/04/13

15:23:2

IDENTIFICAÇÃO => GRUPO 6

ÁREA DE PAREDES DO GRUPO: 0.105 m<sup>2</sup>  
 PÉ DIREITO: 2.8 m  
 VOLUME DO GRUPO: 0.462 m<sup>3</sup>  
 PESO PRÓPRIO DO GRUPO: 6.93 kN  
 ÁREA TOTAL DE LAJE DESCARREGANDO SOBRE O GRUPO: 1.6875 m<sup>2</sup>  
 CARGA PERMANENTE DA LAJE SOBRE O GRUPO: 5.9062 kN  
 CARGA VARIÁVEL DA LAJE SOBRE O GRUPO: 3.375 kN  
 CARGA PERMANENTE ESPECIAL DE COBERTURA NO GRUPO: 0 kN  
 CARGA VARIÁVEL ESPECIAL DE COBERTURA NO GRUPO: 0 kN  
 CARGA PERMANENTE NA BASE DE CADA NÍVEL: 12.8362 kN  
 CARGA VARIÁVEL NA BASE DE CADA NÍVEL: 3.375 kN

CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 4 = 12.84 kN  
 CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 4 = 3.37 kN  
 TENSÃO DEVIDO À CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 4 = 0.12 MPa  
 TENSÃO DEVIDO À CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 4 = 0.03 MPa

CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 3 = 25.67 kN  
 CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 3 = 6.75 kN  
 TENSÃO DEVIDO À CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 3 = 0.24 MPa  
 TENSÃO DEVIDO À CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 3 = 0.06 MPa

CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 2 = 38.51 kN  
 CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 2 = 10.12 kN  
 TENSÃO DEVIDO À CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 2 = 0.37 MPa  
 TENSÃO DEVIDO À CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 2 = 0.1 MPa

CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 1 = 51.34 kN  
 CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 1 = 13.5 kN  
 TENSÃO DEVIDO À CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 1 = 0.49 MPa  
 TENSÃO DEVIDO À CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 1 = 0.13 MPa

25/04/13

15:29:5

IDENTIFICAÇÃO => GRUPO 7

ÁREA DE PAREDES DO GRUPO: 2.1448 m<sup>2</sup>  
 PÉ DIREITO: 2.8 m  
 VOLUME DO GRUPO: 6.3582 m<sup>3</sup>  
 PESO PRÓPRIO DO GRUPO: 95.3736 kN  
 ÁREA TOTAL DE LAJE DESCARREGANDO SOBRE O GRUPO: 25.7269 m<sup>2</sup>  
 CARGA PERMANENTE DA LAJE SOBRE O GRUPO: 90.0442 kN  
 CARGA VARIÁVEL DA LAJE SOBRE O GRUPO: 51.4538 kN  
 CARGA PERMANENTE ESPECIAL DE COBERTURA NO GRUPO: 0 kN  
 CARGA VARIÁVEL ESPECIAL DE COBERTURA NO GRUPO: 0 kN

CARGA PERMANENTE NA BASE DE CADA NÍVEL: 185.4178 kN  
 CARGA VARIÁVEL NA BASE DE CADA NÍVEL: 51.4538 kN

CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 4 = 185.42 kN  
 CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 4 = 51.45 kN  
 TENSÃO DEVIDO À CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 4 = 0.09 MPa  
 TENSÃO DEVIDO À CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 4 = 0.02 MPa

CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 3 = 370.84 kN  
 CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 3 = 102.91 kN  
 TENSÃO DEVIDO À CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 3 = 0.17 MPa  
 TENSÃO DEVIDO À CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 3 = 0.05 MPa

CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 2 = 556.25 kN  
 CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 2 = 154.36 kN  
 TENSÃO DEVIDO À CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 2 = 0.26 MPa  
 TENSÃO DEVIDO À CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 2 = 0.07 MPa

CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 1 = 741.67 kN  
 CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 1 = 205.82 kN  
 TENSÃO DEVIDO À CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 1 = 0.35 MPa  
 TENSÃO DEVIDO À CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 1 = 0.1 MPa

---

25/04/13

15:34:1

---

IDENTIFICAÇÃO => GRUPO 8

ÁREA DE PAREDES DO GRUPO: 1.1578 m<sup>2</sup>  
 PÉ DIREITO: 2.8 m  
 VOLUME DO GRUPO: 3.5642 m<sup>3</sup>  
 PESO PRÓPRIO DO GRUPO: 53.4628 kN  
 ÁREA TOTAL DE LAJE DESCARREGANDO SOBRE O GRUPO: 12.041 m<sup>2</sup>  
 CARGA PERMANENTE DA LAJE SOBRE O GRUPO: 42.1436 kN  
 CARGA VARIÁVEL DA LAJE SOBRE O GRUPO: 24.0821 kN  
 CARGA PERMANENTE ESPECIAL DE COBERTURA NO GRUPO: 0 kN  
 CARGA VARIÁVEL ESPECIAL DE COBERTURA NO GRUPO: 0 kN  
 CARGA PERMANENTE NA BASE DE CADA NÍVEL: 95.6065 kN  
 CARGA VARIÁVEL NA BASE DE CADA NÍVEL: 24.0821 kN

CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 4 = 95.61 kN  
 CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 4 = 24.08 kN  
 TENSÃO DEVIDO À CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 4 = 0.08 MPa  
 TENSÃO DEVIDO À CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 4 = 0.02 MPa

CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 3 = 191.21 kN  
 CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 3 = 48.16 kN  
 TENSÃO DEVIDO À CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 3 = 0.17 MPa  
 TENSÃO DEVIDO À CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 3 = 0.04 MPa

CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 2 = 286.82 kN  
 CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 2 = 72.25 kN  
 TENSÃO DEVIDO À CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 2 = 0.25 MPa  
 TENSÃO DEVIDO À CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 2 = 0.06 MPa

CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 1 = 382.43 kN  
 CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 1 = 96.33 kN  
 TENSÃO DEVIDO À CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 1 = 0.33 MPa  
 TENSÃO DEVIDO À CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 1 = 0.08 MPa

---

25/04/13

15:34:53

---

IDENTIFICAÇÃO => GRUPO 9

ÁREA DE PAREDES DO GRUPO: 0.7168 m<sup>2</sup>

PÉ DIREITO: 2.8 m

VOLUME DO GRUPO: 2.447 m<sup>3</sup>

PESO PRÓPRIO DO GRUPO: 36.7049 kN

ÁREA TOTAL DE LAJE DESCARREGANDO SOBRE O GRUPO: 11.1248 m<sup>2</sup>

CARGA PERMANENTE DA LAJE SOBRE O GRUPO: 38.9367 kN

CARGA VARIÁVEL DA LAJE SOBRE O GRUPO: 22.2496 kN

CARGA PERMANENTE ESPECIAL DE COBERTURA NO GRUPO: 0 kN

CARGA VARIÁVEL ESPECIAL DE COBERTURA NO GRUPO: 0 kN

CARGA PERMANENTE NA BASE DE CADA NÍVEL: 75.6416 kN

CARGA VARIÁVEL NA BASE DE CADA NÍVEL: 22.2496 kN

CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 4 = 75.64 kN

CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 4 = 22.25 kN

TENSÃO DEVIDO À CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 4 = 0.11 MPa

TENSÃO DEVIDO À CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 4 = 0.03 MPa

CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 3 = 151.28 kN

CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 3 = 44.5 kN

TENSÃO DEVIDO À CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 3 = 0.21 MPa

TENSÃO DEVIDO À CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 3 = 0.06 MPa

CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 2 = 226.92 kN

CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 2 = 66.75 kN

TENSÃO DEVIDO À CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 2 = 0.32 MPa

TENSÃO DEVIDO À CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 2 = 0.09 MPa

CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 1 = 302.57 kN

CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 1 = 89 kN

TENSÃO DEVIDO À CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 1 = 0.42 MPa

TENSÃO DEVIDO À CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 1 = 0.12 MPa

---

25/04/13

15:35:59

---

IDENTIFICAÇÃO => GRUPO 10

ÁREA DE PAREDES DO GRUPO: 0.9254 m<sup>2</sup>

PÉ DIREITO: 2.8 m

VOLUME DO GRUPO: 2.9618 m<sup>3</sup>

PESO PRÓPRIO DO GRUPO: 44.4265 kN

ÁREA TOTAL DE LAJE DESCARREGANDO SOBRE O GRUPO: 14.2526 m<sup>2</sup>

CARGA PERMANENTE DA LAJE SOBRE O GRUPO: 49.8841 kN

CARGA VARIÁVEL DA LAJE SOBRE O GRUPO: 28.5052 kN

CARGA PERMANENTE ESPECIAL DE COBERTURA NO GRUPO: 0 kN

CARGA VARIÁVEL ESPECIAL DE COBERTURA NO GRUPO: 0 kN

CARGA PERMANENTE NA BASE DE CADA NÍVEL: 94.3107 kN

CARGA VARIÁVEL NA BASE DE CADA NÍVEL: 28.5052 kN

CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 4 = 94.31 kN

CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 4 = 28.51 kN  
 TENSÃO DEVIDO À CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 4 = 0.1 MPa  
 TENSÃO DEVIDO À CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 4 = 0.03 MPa

CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 3 = 188.62 kN  
 CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 3 = 57.01 kN  
 TENSÃO DEVIDO À CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 3 = 0.2 MPa  
 TENSÃO DEVIDO À CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 3 = 0.06 MPa

CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 2 = 282.93 kN  
 CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 2 = 85.52 kN  
 TENSÃO DEVIDO À CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 2 = 0.31 MPa  
 TENSÃO DEVIDO À CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 2 = 0.09 MPa

CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 1 = 377.24 kN  
 CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 1 = 114.02 kN  
 TENSÃO DEVIDO À CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 1 = 0.41 MPa  
 TENSÃO DEVIDO À CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 1 = 0.12 MPa

---

25/04/13

15:37:12

---

IDENTIFICAÇÃO => GRUPO 11

ÁREA DE PAREDES DO GRUPO: 0.9464 m<sup>2</sup>  
 PÉ DIREITO: 2.8 m  
 VOLUME DO GRUPO: 2.9838 m<sup>3</sup>  
 PESO PRÓPRIO DO GRUPO: 44.7573 kN  
 ÁREA TOTAL DE LAJE DESCARREGANDO SOBRE O GRUPO: 15.6005 m<sup>2</sup>  
 CARGA PERMANENTE DA LAJE SOBRE O GRUPO: 54.6019 kN  
 CARGA VARIÁVEL DA LAJE SOBRE O GRUPO: 31.2011 kN  
 CARGA PERMANENTE ESPECIAL DE COBERTURA NO GRUPO: 0 kN  
 CARGA VARIÁVEL ESPECIAL DE COBERTURA NO GRUPO: 0 kN  
 CARGA PERMANENTE NA BASE DE CADA NÍVEL: 99.3592 kN  
 CARGA VARIÁVEL NA BASE DE CADA NÍVEL: 31.2011 kN

CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 4 = 99.36 kN  
 CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 4 = 31.2 kN  
 TENSÃO DEVIDO À CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 4 = 0.1 MPa  
 TENSÃO DEVIDO À CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 4 = 0.03 MPa

CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 3 = 198.72 kN  
 CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 3 = 62.4 kN  
 TENSÃO DEVIDO À CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 3 = 0.21 MPa  
 TENSÃO DEVIDO À CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 3 = 0.07 MPa

CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 2 = 298.08 kN  
 CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 2 = 93.6 kN  
 TENSÃO DEVIDO À CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 2 = 0.31 MPa  
 TENSÃO DEVIDO À CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 2 = 0.1 MPa

CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 1 = 397.44 kN  
 CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 1 = 124.8 kN  
 TENSÃO DEVIDO À CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 1 = 0.42 MPa  
 TENSÃO DEVIDO À CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 1 = 0.13 MPa

---

25/04/13

15:38:46

---

IDENTIFICAÇÃO => GRUPO 12

ÁREA DE PAREDES DO GRUPO: 0.924 m<sup>2</sup>  
 PÉ DIREITO: 2.8 m  
 VOLUME DO GRUPO: 2.877 m<sup>3</sup>  
 PESO PRÓPRIO DO GRUPO: 43.155 kN  
 ÁREA TOTAL DE LAJE DESCARREGANDO SOBRE O GRUPO: 7.9476 m<sup>2</sup>  
 CARGA PERMANENTE DA LAJE SOBRE O GRUPO: 27.8165 kN  
 CARGA VARIÁVEL DA LAJE SOBRE O GRUPO: 15.8951 kN  
 CARGA PERMANENTE ESPECIAL DE COBERTURA NO GRUPO: 0 kN  
 CARGA VARIÁVEL ESPECIAL DE COBERTURA NO GRUPO: 0 kN  
 CARGA PERMANENTE NA BASE DE CADA NÍVEL: 70.9715 kN  
 CARGA VARIÁVEL NA BASE DE CADA NÍVEL: 15.8951 kN

CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 4 = 70.97 kN  
 CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 4 = 15.9 kN  
 TENSÃO DEVIDO À CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 4 = 0.08 MPa  
 TENSÃO DEVIDO À CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 4 = 0.02 MPa

CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 3 = 141.94 kN  
 CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 3 = 31.79 kN  
 TENSÃO DEVIDO À CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 3 = 0.15 MPa  
 TENSÃO DEVIDO À CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 3 = 0.03 MPa

CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 2 = 212.91 kN  
 CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 2 = 47.69 kN  
 TENSÃO DEVIDO À CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 2 = 0.23 MPa  
 TENSÃO DEVIDO À CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 2 = 0.05 MPa

CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 1 = 283.89 kN  
 CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 1 = 63.58 kN  
 TENSÃO DEVIDO À CARGA PERMANENTE POR PAVIMENTO 1 = 0.31 MPa  
 TENSÃO DEVIDO À CARGA VARIÁVEL POR PAVIMENTO 1 = 0.07 MPa

---

Carga total do pavto: 1069.67 kN

---

#### DETERMINAÇÃO DOS PAINÉIS DE CONTRAVENTAMENTO MÉTODO DOS GRUPOS ISOLADOS

25/04/13

15:45:16

\*\*\*

\*\*\*

PAINEL 1X

25/04/13

15:51:15

\*\*\*

DIREÇÃO:

X

MOMENTO DE INÉRCIA EM TORNO DO EIXO X (cm<sup>4</sup>):

2172538.34

MOMENTO DE INÉRCIA EM TORNO DO EIXO Y (cm<sup>4</sup>):

1748058.34

CENTRÓIDE (cm , cm):

(219.655 , 1436.345)

C máx (cm):

63.34

ÁREA DE PAREDE SEM ABA DO PAINEL (m<sup>2</sup>):

0.126

GRUPO AO QUAL PERTENCE:

GRUPO 1

\*\*\*

\*\*\*

PAINEL2X

25/04/13

15:51:51

\*\*\*

DIREÇÃO:

X

MOMENTO DE INÉRCIA EM TORNO DO EIXO X (cm<sup>4</sup>):

2379855.06

MOMENTO DE INÉRCIA EM TORNO DO EIXO Y (cm<sup>4</sup>):

2069104.47

CENTRÓIDE (cm , cm):

(525.882 , 1439.824)

C máx (cm):

62.88

ÁREA DE PAREDE SEM ABA DO PAINEL (m<sup>2</sup>):

0.168

GRUPO AO QUAL PERTENCE:

GRUPO 2

\*\*\*

\*\*\*

PAINEL3X

25/04/13

15:52:24

\*\*\*

DIREÇÃO:

X

MOMENTO DE INÉRCIA EM TORNO DO EIXO X (cm<sup>4</sup>):

2284151.33

MOMENTO DE INÉRCIA EM TORNO DO EIXO Y (cm<sup>4</sup>):

1369933.83

CENTRÓIDE (cm , cm):

(815.278 , 1438.222)

C máx (cm):

52.72

ÁREA DE PAREDE SEM ABA DO PAINEL (m<sup>2</sup>):

0.147

GRUPO AO QUAL PERTENCE:

GRUPO 3

\*\*\*

\*\*\*

PAINEL4X

25/04/13

15:52:48

\*\*\*

DIREÇÃO:

X

MOMENTO DE INÉRCIA EM TORNO DO EIXO X (cm<sup>4</sup>):

2284151.33

MOMENTO DE INÉRCIA EM TORNO DO EIXO Y (cm<sup>4</sup>):

1369933.83

CENTRÓIDE (cm , cm):

(1100.278 , 1438.222)

C máx (cm):

52.72

ÁREA DE PAREDE SEM ABA DO PAINEL (m2):

0.147

GRUPO AO QUAL PERTENCE:

GRUPO 4

\*\*\*

\*\*\*

PAINEL5X

25/04/13

15:53:39

\*\*\*

DIREÇÃO:

X

MOMENTO DE INÉRCIA EM TORNO DO EIXO X (cm4):

1869951.25

MOMENTO DE INÉRCIA EM TORNO DO EIXO Y (cm4):

504450.75

CENTRÓIDE (cm , cm):

(1375.717 , 1431.217)

C máx (cm):

42.72

ÁREA DE PAREDE SEM ABA DO PAINEL (m2):

0.083

GRUPO AO QUAL PERTENCE:

GRUPO 5

\*\*\*

\*\*\*

PAINEL6X

25/04/13

15:58:6

\*\*\*

DIREÇÃO:

X

MOMENTO DE INÉRCIA EM TORNO DO EIXO X (cm4):

2706258.48

MOMENTO DE INÉRCIA EM TORNO DO EIXO Y (cm4):

15184850.48

CENTRÓIDE (cm , cm):

(752.194 , 1099.806)

C máx (cm):

124.19

ÁREA DE PAREDE SEM ABA DO PAINEL (m2):

0.272

GRUPO AO QUAL PERTENCE:

GRUPO 3

\*\*\*

\*\*\*

PAINEL7X

25/04/13

15:59:55

\*\*\*

DIREÇÃO:

X

MOMENTO DE INÉRCIA EM TORNO DO EIXO X (cm4):

3332364.95

MOMENTO DE INÉRCIA EM TORNO DO EIXO Y (cm4):

29970558.85

CENTRÓIDE (cm , cm):

(276.61 , 989.763)

C máx (cm):

156.39  
ÁREA DE PAREDE SEM ABA DO PAINEL (m2):  
0.336  
GRUPO AO QUAL PERTENCE:  
GRUPO 1  
\*\*\*  
\*\*\*  
PAINEL8X  
25/04/13  
16:00:27  
\*\*\*  
DIREÇÃO:  
X  
MOMENTO DE INÉRCIA EM TORNO DO EIXO X (cm4):  
2284151.33  
MOMENTO DE INÉRCIA EM TORNO DO EIXO Y (cm4):  
2722333.83  
CENTRÓIDE (cm , cm):  
(1125.278 , 1001.778)  
C máx (cm):  
72.72  
ÁREA DE PAREDE SEM ABA DO PAINEL (m2):  
0.147  
GRUPO AO QUAL PERTENCE:  
GRUPO 4  
\*\*\*  
\*\*\*  
PAINEL9X  
25/04/13  
16:01:12  
\*\*\*  
DIREÇÃO:  
X  
MOMENTO DE INÉRCIA EM TORNO DO EIXO X (cm4):  
3006583.57  
MOMENTO DE INÉRCIA EM TORNO DO EIXO Y (cm4):  
2880233.19  
CENTRÓIDE (cm , cm):  
(1363.532 , 995.853)  
C máx (cm):  
75.53  
ÁREA DE PAREDE SEM ABA DO PAINEL (m2):  
0.146  
GRUPO AO QUAL PERTENCE:  
GRUPO 5  
\*\*\*  
\*\*\*  
PAINEL10X  
25/04/13  
16:02:57  
\*\*\*  
DIREÇÃO:  
X  
MOMENTO DE INÉRCIA EM TORNO DO EIXO X (cm4):  
14362230.27  
MOMENTO DE INÉRCIA EM TORNO DO EIXO Y (cm4):  
1245503062.77  
CENTRÓIDE (cm , cm):  
(890.746 , 830.018)

C máx (cm):

501.25

ÁREA DE PAREDE SEM ABA DO PAINEL (m2):

1.217

GRUPO AO QUAL PERTENCE:

GRUPO 7

\*\*\*

\*\*\*

PAINEL11X

25/04/13

16:08:6

\*\*\*

DIREÇÃO:

X

MOMENTO DE INÉRCIA EM TORNO DO EIXO X (cm4):

3363550.72

MOMENTO DE INÉRCIA EM TORNO DO EIXO Y (cm4):

30052723.71

CENTRÓIDE (cm , cm):

(276.394 , 670.37)

C máx (cm):

156.61

ÁREA DE PAREDE SEM ABA DO PAINEL (m2):

0.336

GRUPO AO QUAL PERTENCE:

GRUPO 8

\*\*\*

\*\*\*

PAINEL12X

25/04/13

16:09:19

\*\*\*

DIREÇÃO:

X

MOMENTO DE INÉRCIA EM TORNO DO EIXO X (cm4):

2284151.33

MOMENTO DE INÉRCIA EM TORNO DO EIXO Y (cm4):

2722333.83

CENTRÓIDE (cm , cm):

(1125.278 , 658.222)

C máx (cm):

72.72

ÁREA DE PAREDE SEM ABA DO PAINEL (m2):

0.147

GRUPO AO QUAL PERTENCE:

GRUPO 11

\*\*\*

\*\*\*

PAINEL13X

25/04/13

16:09:46

\*\*\*

DIREÇÃO:

X

MOMENTO DE INÉRCIA EM TORNO DO EIXO X (cm4):

3046254.68

MOMENTO DE INÉRCIA EM TORNO DO EIXO Y (cm4):

2886884.58

CENTRÓIDE (cm , cm):

(1363.63 , 664.39)

C máx (cm):

75.63

ÁREA DE PAREDE SEM ABA DO PAINEL (m2):

0.146

GRUPO AO QUAL PERTENCE:

GRUPO 12

\*\*\*

\*\*\*

PAINEL14X

25/04/13

16:10:18

\*\*\*

DIREÇÃO:

X

MOMENTO DE INÉRCIA EM TORNO DO EIXO X (cm4):

2713200.34

MOMENTO DE INÉRCIA EM TORNO DO EIXO Y (cm4):

15240105.1

CENTRÓIDE (cm , cm):

(752.419 , 560.274)

C máx (cm):

124.42

ÁREA DE PAREDE SEM ABA DO PAINEL (m2):

0.272

GRUPO AO QUAL PERTENCE:

GRUPO 10

\*\*\*

\*\*\*

PAINEL15X

25/04/13

16:10:56

\*\*\*

DIREÇÃO:

X

MOMENTO DE INÉRCIA EM TORNO DO EIXO X (cm4):

2172538.34

MOMENTO DE INÉRCIA EM TORNO DO EIXO Y (cm4):

1748058.34

CENTRÓIDE (cm , cm):

(219.655 , 223.655)

C máx (cm):

63.34

ÁREA DE PAREDE SEM ABA DO PAINEL (m2):

0.126

GRUPO AO QUAL PERTENCE:

GRUPO 8

\*\*\*

\*\*\*

PAINEL16X

25/04/13

16:11:23

\*\*\*

DIREÇÃO:

X

MOMENTO DE INÉRCIA EM TORNO DO EIXO X (cm4):

2379855.06

MOMENTO DE INÉRCIA EM TORNO DO EIXO Y (cm4):

2069104.47

CENTRÓIDE (cm , cm):

(525.882 , 220.176)

C máx (cm):

62.88

ÁREA DE PAREDE SEM ABA DO PAINEL (m2):

0.168

GRUPO AO QUAL PERTENCE:

GRUPO 9

\*\*\*

\*\*\*

PAINEL17X

25/04/13

16:12:4

\*\*\*

DIREÇÃO:

X

MOMENTO DE INÉRCIA EM TORNO DO EIXO X (cm4):

2284151.33

MOMENTO DE INÉRCIA EM TORNO DO EIXO Y (cm4):

1369933.83

CENTRÓIDE (cm , cm):

(815.278 , 221.778)

C máx (cm):

52.72

ÁREA DE PAREDE SEM ABA DO PAINEL (m2):

0.147

GRUPO AO QUAL PERTENCE:

GRUPO 10

\*\*\*

\*\*\*

PAINEL18X

25/04/13

16:13:15

\*\*\*

DIREÇÃO:

X

MOMENTO DE INÉRCIA EM TORNO DO EIXO X (cm4):

2284151.33

MOMENTO DE INÉRCIA EM TORNO DO EIXO Y (cm4):

1369933.83

CENTRÓIDE (cm , cm):

(1100.278 , 221.778)

C máx (cm):

52.72

ÁREA DE PAREDE SEM ABA DO PAINEL (m2):

0.147

GRUPO AO QUAL PERTENCE:

GRUPO 11

\*\*\*

\*\*\*

PAINEL19X

25/04/13

16:13:31

\*\*\*

DIREÇÃO:

X

MOMENTO DE INÉRCIA EM TORNO DO EIXO X (cm4):

1869951.25

MOMENTO DE INÉRCIA EM TORNO DO EIXO Y (cm4):

504450.75  
CENTRÓIDE (cm , cm):  
(1375.717 , 228.783)  
C máx (cm):  
42.72  
ÁREA DE PAREDE SEM ABA DO PAINEL (m2):  
0.083  
GRUPO AO QUAL PERTENCE:  
GRUPO 12  
\*\*\*  
\*\*\*  
PAINEL1Y  
25/04/13  
16:18:2  
\*\*\*  
DIREÇÃO:  
Y  
MOMENTO DE INÉRCIA EM TORNO DO EIXO X (cm4):  
297579369.82  
MOMENTO DE INÉRCIA EM TORNO DO EIXO Y (cm4):  
5141154.65  
CENTRÓIDE (cm , cm):  
(211.001 , 454.682)  
C máx (cm):  
263.32  
ÁREA DE PAREDE SEM ABA DO PAINEL (m2):  
0.735  
GRUPO AO QUAL PERTENCE:  
GRUPO 8  
\*\*\*  
\*\*\*  
PAINEL2Y  
25/04/13  
16:19:  
\*\*\*  
DIREÇÃO:  
Y  
MOMENTO DE INÉRCIA EM TORNO DO EIXO X (cm4):  
492187.5  
MOMENTO DE INÉRCIA EM TORNO DO EIXO Y (cm4):  
17150  
CENTRÓIDE (cm , cm):  
(200 , 830.5)  
C máx (cm):  
37.5  
ÁREA DE PAREDE SEM ABA DO PAINEL (m2):  
0.105  
GRUPO AO QUAL PERTENCE:  
GRUPO 6  
\*\*\*  
\*\*\*  
PAINEL3Y  
25/04/13  
16:19:59  
\*\*\*  
DIREÇÃO:  
Y  
MOMENTO DE INÉRCIA EM TORNO DO EIXO X (cm4):  
296610932.21

MOMENTO DE INÉRCIA EM TORNO DO EIXO Y (cm4):

5139229.05

CENTRÓIDE (cm , cm):

(211.018 , 1205.702)

C máx (cm):

262.7

ÁREA DE PAREDE SEM ABA DO PAINEL (m2):

0.734

GRUPO AO QUAL PERTENCE:

GRUPO 1

\*\*\*

\*\*\*

PAINEL4Y

25/04/13

16:23:45

\*\*\*

DIREÇÃO:

Y

MOMENTO DE INÉRCIA EM TORNO DO EIXO X (cm4):

121673993.58

MOMENTO DE INÉRCIA EM TORNO DO EIXO Y (cm4):

2229633.58

CENTRÓIDE (cm , cm):

(528.828 , 354.922)

C máx (cm):

228.08

ÁREA DE PAREDE SEM ABA DO PAINEL (m2):

0.546

GRUPO AO QUAL PERTENCE:

GRUPO 9

\*\*\*

\*\*\*

PAINEL5Y

25/04/13

16:24:26

\*\*\*

DIREÇÃO:

Y

MOMENTO DE INÉRCIA EM TORNO DO EIXO X (cm4):

45941548.47

MOMENTO DE INÉRCIA EM TORNO DO EIXO Y (cm4):

3241090.66

CENTRÓIDE (cm , cm):

(538.58 , 830.367)

C máx (cm):

157.63

ÁREA DE PAREDE SEM ABA DO PAINEL (m2):

0.441

GRUPO AO QUAL PERTENCE:

GRUPO 7

\*\*\*

\*\*\*

PAINEL6Y

25/04/13

16:25:12

\*\*\*

DIREÇÃO:

Y

MOMENTO DE INÉRCIA EM TORNO DO EIXO X (cm4):

120947488.22  
MOMENTO DE INÉRCIA EM TORNO DO EIXO Y (cm<sup>4</sup>):  
2229385.65  
CENTRÓIDE (cm , cm):  
(528.826 , 1305.523)  
C máx (cm):  
227.52  
ÁREA DE PAREDE SEM ABA DO PAINEL (m<sup>2</sup>):  
0.545  
GRUPO AO QUAL PERTENCE:  
GRUPO 2  
\*\*\*  
\*\*\*  
PAINEL7Y  
25/04/13  
16:26:04  
\*\*\*  
DIREÇÃO:  
Y  
MOMENTO DE INÉRCIA EM TORNO DO EIXO X (cm<sup>4</sup>):  
155348750.29  
MOMENTO DE INÉRCIA EM TORNO DO EIXO Y (cm<sup>4</sup>):  
4542824.96  
CENTRÓIDE (cm , cm):  
(807.808 , 385.522)  
C máx (cm):  
197.48  
ÁREA DE PAREDE SEM ABA DO PAINEL (m<sup>2</sup>):  
0.546  
GRUPO AO QUAL PERTENCE:  
GRUPO 10  
\*\*\*  
\*\*\*  
PAINEL8Y  
25/04/13  
16:26:25  
\*\*\*  
DIREÇÃO:  
Y  
MOMENTO DE INÉRCIA EM TORNO DO EIXO X (cm<sup>4</sup>):  
36503986.98  
MOMENTO DE INÉRCIA EM TORNO DO EIXO Y (cm<sup>4</sup>):  
7102158  
CENTRÓIDE (cm , cm):  
(815 , 830.326)  
C máx (cm):  
157.67  
ÁREA DE PAREDE SEM ABA DO PAINEL (m<sup>2</sup>):  
0.441  
GRUPO AO QUAL PERTENCE:  
GRUPO 7  
\*\*\*  
\*\*\*  
PAINEL9Y  
25/04/13  
16:27:04  
\*\*\*  
DIREÇÃO:  
Y

MOMENTO DE INÉRCIA EM TORNO DO EIXO X (cm<sup>4</sup>):  
154804582.03

MOMENTO DE INÉRCIA EM TORNO DO EIXO Y (cm<sup>4</sup>):  
4541870.86

CENTRÓIDE (cm , cm):  
(807.795 , 1274.827)

C máx (cm):  
196.83

ÁREA DE PAREDE SEM ABA DO PAINEL (m<sup>2</sup>):  
0.545

GRUPO AO QUAL PERTENCE:  
GRUPO 3

\*\*\*

\*\*\*

PAINEL10Y

25/04/13

16:27:42

\*\*\*

DIREÇÃO:

Y

MOMENTO DE INÉRCIA EM TORNO DO EIXO X (cm<sup>4</sup>):  
281747034.32

MOMENTO DE INÉRCIA EM TORNO DO EIXO Y (cm<sup>4</sup>):  
4612122.47

CENTRÓIDE (cm , cm):  
(1106.231 , 437.489)

C máx (cm):  
249.51

ÁREA DE PAREDE SEM ABA DO PAINEL (m<sup>2</sup>):  
0.692

GRUPO AO QUAL PERTENCE:  
GRUPO 11

\*\*\*

\*\*\*

PAINEL11Y

25/04/13

16:28:18

\*\*\*

DIREÇÃO:

Y

MOMENTO DE INÉRCIA EM TORNO DO EIXO X (cm<sup>4</sup>):  
281747034.32

MOMENTO DE INÉRCIA EM TORNO DO EIXO Y (cm<sup>4</sup>):  
4612122.47

CENTRÓIDE (cm , cm):  
(1106.231 , 1222.511)

C máx (cm):  
249.51

ÁREA DE PAREDE SEM ABA DO PAINEL (m<sup>2</sup>):  
0.692

GRUPO AO QUAL PERTENCE:  
GRUPO 4

\*\*\*

\*\*\*

PAINEL12Y

25/04/13

16:28:45

\*\*\*

DIREÇÃO:

Y  
MOMENTO DE INÉRCIA EM TORNO DO EIXO X (cm<sup>4</sup>):  
268087310.55  
MOMENTO DE INÉRCIA EM TORNO DO EIXO Y (cm<sup>4</sup>):  
3655366.43  
CENTRÓIDE (cm , cm):  
(1376.677 , 466.755)  
C máx (cm):  
273.75  
ÁREA DE PAREDE SEM ABA DO PAINEL (m<sup>2</sup>):  
0.735  
GRUPO AO QUAL PERTENCE:  
GRUPO 12

\*\*\*

\*\*\*

PAINEL13Y

25/04/13

16:29:12

\*\*\*

DIREÇÃO:

Y

MOMENTO DE INÉRCIA EM TORNO DO EIXO X (cm<sup>4</sup>):  
125623.06

MOMENTO DE INÉRCIA EM TORNO DO EIXO Y (cm<sup>4</sup>):  
1686746.37

CENTRÓIDE (cm , cm):  
(1353.093 , 830.174)

C máx (cm):  
22.83

ÁREA DE PAREDE SEM ABA DO PAINEL (m<sup>2</sup>):  
0.063

GRUPO AO QUAL PERTENCE:  
GRUPO 7

\*\*\*

\*\*\*

PAINEL14Y

25/04/13

16:29:39

\*\*\*

DIREÇÃO:

Y

MOMENTO DE INÉRCIA EM TORNO DO EIXO X (cm<sup>4</sup>):  
267205735.75

MOMENTO DE INÉRCIA EM TORNO DO EIXO Y (cm<sup>4</sup>):  
3654166.37

CENTRÓIDE (cm , cm):  
(1376.664 , 1193.629)

C máx (cm):  
273.37

ÁREA DE PAREDE SEM ABA DO PAINEL (m<sup>2</sup>):  
0.734

GRUPO AO QUAL PERTENCE:  
GRUPO 5

Soma das inércias das paredes com relação ao eixo x: 2328815577.1 cm<sup>4</sup>

---

Soma das inércias das paredes com relação ao eixo y: 1361286048.78 cm<sup>4</sup>

---

#### DETERMINAÇÃO DAS AÇÕES DEVIDO A FORÇAS HORIZONTAIS MÉTODO DOS GRUPOS ISOLADOS DE PAREDES

13/05/13

02:57:18

#### PAINEL1X (GRUPO 1) - Tensões ao longo do edifício

13/05/13

02:57:18

##### Pavimento: 4

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 95.52 kN

Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 24.07 kN

Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.08 MPa

Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.02 MPa

Força horizontal no nível devida à ação do vento => 11.05 kN - direção X

Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção X

Inércia total das paredes em torno do eixo Y => 1.3613E+09 cm<sup>4</sup>

Inércia da parede em análise em torno do eixo Y => 1.7481E+06 cm<sup>4</sup>

Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.014 kN - direção X

Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.002 kN - direção X

Momento fletor devido à ação do vento => 0.04 kNm - direção X

Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.007 kNm - direção X

Força Cortante devida à ação do vento => 0.014 kN - direção X

Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.002 kN - direção X

Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.00143962 MPa

Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00024884 MPa

Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00011262 MPa

Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00001947 MPa

##### Pavimento: 3

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 191.04 kN

Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 48.13 kN

Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.17 MPa

Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.04 MPa

Força horizontal no nível devida à ação do vento => 20.95 kN - direção X

Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção X

Inércia total das paredes em torno do eixo Y => 1.3613E+09 cm<sup>4</sup>

Inércia da parede em análise em torno do eixo Y => 1.7481E+06 cm<sup>4</sup>

Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.027 kN - direção X

Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.002 kN - direção X

Momento fletor devido à ação do vento => 0.155 kNm - direção X

Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.021 kNm - direção X

Força Cortante devida à ação do vento => 0.041 kN - direção X

Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.005 kN - direção X

Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.00560867 MPa

Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00074652 MPa

Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00032613 MPa

Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00003893 MPa

##### Pavimento: 2

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 286.56 kN

Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 72.2 kN

Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.25 MPa

Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.06 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 19.54 kN - direção X  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção X  
 Inércia total das paredes em torno do eixo Y => 1.3613E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo Y => 1.7481E+06 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.025 kN - direção X  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.002 kN - direção X  
 Momento fletor devido à ação do vento => 0.34 kNm - direção X  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.041 kNm - direção X  
 Força Cortante devida à ação do vento => 0.066 kN - direção X  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.007 kN - direção X  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.01232344 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00149304 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00052527 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.0000584 MPa

Pavimento: 1

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 382.09 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 96.27 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.33 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.08 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 17.71 kN - direção X  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção X  
 Inércia total das paredes em torno do eixo Y => 1.3613E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo Y => 1.7481E+06 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.023 kN - direção X  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.002 kN - direção X  
 Momento fletor devido à ação do vento => 0.589 kNm - direção X  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.069 kNm - direção X  
 Força Cortante devida à ação do vento => 0.089 kN - direção X  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.01 kN - direção X  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.02134551 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.0024884 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00070576 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00007786 MPa

PAINEL2X (GRUPO 2) - Tensões ao longo do edifício

13/05/13

02:57:18

Pavimento: 4

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 75.55 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 22.23 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.11 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.03 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 11.05 kN - direção X  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção X  
 Inércia total das paredes em torno do eixo Y => 1.3613E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo Y => 2.0691E+06 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.017 kN - direção X  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.003 kN - direção X  
 Momento fletor devido à ação do vento => 0.047 kNm - direção X  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.008 kNm - direção X  
 Força Cortante devida à ação do vento => 0.017 kN - direção X  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.003 kN - direção X  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.00142917 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00024703 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00009997 MPa

Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00001728 MPa

Pavimento: 3

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 151.09 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 44.46 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.21 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.06 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 20.95 kN - direção X  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção X  
 Inércia total das paredes em torno do eixo Y => 1.3613E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo Y => 2.0691E+06 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.032 kN - direção X  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.003 kN - direção X  
 Momento fletor devido à ação do vento => 0.183 kNm - direção X  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.024 kNm - direção X  
 Força Cortante devida à ação do vento => 0.049 kN - direção X  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.006 kN - direção X  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.00556794 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.0007411 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00028952 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00003456 MPa

Pavimento: 2

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 226.64 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 66.69 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.32 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.09 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 19.54 kN - direção X  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção X  
 Inércia total das paredes em torno do eixo Y => 1.3613E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo Y => 2.0691E+06 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.03 kN - direção X  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.003 kN - direção X  
 Momento fletor devido à ação do vento => 0.403 kNm - direção X  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.049 kNm - direção X  
 Força Cortante devida à ação do vento => 0.078 kN - direção X  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.009 kN - direção X  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.01223394 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.0014822 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.0004663 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00005184 MPa

Pavimento: 1

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 302.18 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 88.91 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.42 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.12 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 17.71 kN - direção X  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção X  
 Inércia total das paredes em torno do eixo Y => 1.3613E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo Y => 2.0691E+06 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.027 kN - direção X  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.003 kN - direção X  
 Momento fletor devido à ação do vento => 0.697 kNm - direção X  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.081 kNm - direção X  
 Força Cortante devida à ação do vento => 0.105 kN - direção X  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.012 kN - direção X  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.0211905 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00247033 MPa

Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00062653 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00006912 MPa

#### PAINEL3X (GRUPO 3) - Tensões ao longo do edifício

13/05/13

02:57:18

##### Pavimento: 4

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 94.18 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 28.47 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.1 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.03 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 11.05 kN - direção X  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção X  
 Inércia total das paredes em torno do eixo Y => 1.3613E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo Y => 1.3699E+06 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.011 kN - direção X  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.002 kN - direção X  
 Momento fletor devido à ação do vento => 0.031 kNm - direção X  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.005 kNm - direção X  
 Força Cortante devida à ação do vento => 0.011 kN - direção X  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.002 kN - direção X  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.00119825 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00020712 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00007565 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00001308 MPa

##### Pavimento: 3

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 188.37 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 56.93 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.2 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.06 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 20.95 kN - direção X  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção X  
 Inércia total das paredes em torno do eixo Y => 1.3613E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo Y => 1.3699E+06 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.021 kN - direção X  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.002 kN - direção X  
 Momento fletor devido à ação do vento => 0.121 kNm - direção X  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.016 kNm - direção X  
 Força Cortante devida à ação do vento => 0.032 kN - direção X  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.004 kN - direção X  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.00466828 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00062135 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00021907 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00002615 MPa

##### Pavimento: 2

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 282.55 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 85.4 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.31 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.09 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 19.54 kN - direção X  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção X  
 Inércia total das paredes em torno do eixo Y => 1.3613E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo Y => 1.3699E+06 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.02 kN - direção X  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.002 kN - direção X

Momento fletor devido à ação do vento => 0.267 kNm - direção X  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.032 kNm - direção X  
 Força Cortante devida à ação do vento => 0.052 kN - direção X  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.006 kN - direção X  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.01025721 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00124271 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00035284 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00003923 MPa

Pavimento: 1

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 376.73 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 113.86 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.41 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.12 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 17.71 kN - direção X  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção X  
 Inércia total das paredes em torno do eixo Y => 1.3613E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo Y => 1.3699E+06 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.018 kN - direção X  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.002 kN - direção X  
 Momento fletor devido à ação do vento => 0.462 kNm - direção X  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.054 kNm - direção X  
 Força Cortante devida à ação do vento => 0.07 kN - direção X  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.008 kN - direção X  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.01776659 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00207118 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00047408 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.0000523 MPa

PAINEL4X (GRUPO 4) - Tensões ao longo do edifício

13/05/13

02:57:18

Pavimento: 4

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 99.36 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 31.2 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.1 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.03 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 11.05 kN - direção X  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção X  
 Inércia total das paredes em torno do eixo Y => 1.3613E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo Y => 1.3699E+06 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.011 kN - direção X  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.002 kN - direção X  
 Momento fletor devido à ação do vento => 0.031 kNm - direção X  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.005 kNm - direção X  
 Força Cortante devida à ação do vento => 0.011 kN - direção X  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.002 kN - direção X  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.00119825 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00020712 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00007565 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00001308 MPa

Pavimento: 3

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 198.72 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 62.4 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.21 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.07 MPa

Força horizontal no nível devida à ação do vento => 20.95 kN - direção X  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção X  
 Inércia total das paredes em torno do eixo Y => 1.3613E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo Y => 1.3699E+06 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.021 kN - direção X  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.002 kN - direção X  
 Momento fletor devido à ação do vento => 0.121 kNm - direção X  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.016 kNm - direção X  
 Força Cortante devida à ação do vento => 0.032 kN - direção X  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.004 kN - direção X  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.00466828 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00062135 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00021907 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00002615 MPa

#### Pavimento: 2

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 298.08 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 93.6 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.31 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.1 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 19.54 kN - direção X  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção X  
 Inércia total das paredes em torno do eixo Y => 1.3613E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo Y => 1.3699E+06 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.02 kN - direção X  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.002 kN - direção X  
 Momento fletor devido à ação do vento => 0.267 kNm - direção X  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.032 kNm - direção X  
 Força Cortante devida à ação do vento => 0.052 kN - direção X  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.006 kN - direção X  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.01025721 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00124271 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00035284 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00003923 MPa

#### Pavimento: 1

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 397.44 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 124.8 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.42 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.13 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 17.71 kN - direção X  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção X  
 Inércia total das paredes em torno do eixo Y => 1.3613E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo Y => 1.3699E+06 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.018 kN - direção X  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.002 kN - direção X  
 Momento fletor devido à ação do vento => 0.462 kNm - direção X  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.054 kNm - direção X  
 Força Cortante devida à ação do vento => 0.07 kN - direção X  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.008 kN - direção X  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.01776659 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00207118 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00047408 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.0000523 MPa

## Pavimento: 4

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 70.91 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 15.9 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.08 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.02 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 11.05 kN - direção X  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção X  
 Inércia total das paredes em torno do eixo Y => 1.3613E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo Y => 5.0445E+05 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.004 kN - direção X  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.001 kN - direção X  
 Momento fletor devido à ação do vento => 0.011 kNm - direção X  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.002 kNm - direção X  
 Força Cortante devida à ação do vento => 0.004 kN - direção X  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.001 kN - direção X  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.00097096 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00016783 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00004933 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00000853 MPa

## Pavimento: 3

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 141.83 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 31.79 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.15 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.03 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 20.95 kN - direção X  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção X  
 Inércia total das paredes em torno do eixo Y => 1.3613E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo Y => 5.0445E+05 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.008 kN - direção X  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.001 kN - direção X  
 Momento fletor devido à ação do vento => 0.045 kNm - direção X  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.006 kNm - direção X  
 Força Cortante devida à ação do vento => 0.012 kN - direção X  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.001 kN - direção X  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.0037828 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00050349 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00014287 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00001706 MPa

## Pavimento: 2

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 212.74 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 47.69 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.23 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.05 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 19.54 kN - direção X  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção X  
 Inércia total das paredes em torno do eixo Y => 1.3613E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo Y => 5.0445E+05 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.007 kN - direção X  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.001 kN - direção X  
 Momento fletor devido à ação do vento => 0.098 kNm - direção X  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.012 kNm - direção X  
 Força Cortante devida à ação do vento => 0.019 kN - direção X  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.002 kN - direção X  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.00831161 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00100699 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00023011 MPa

Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00002558 MPa

Pavimento: 1

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 283.65 kN

Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 63.58 kN

Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.31 MPa

Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.07 MPa

Força horizontal no nível devida à ação do vento => 17.71 kN - direção X

Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção X

Inércia total das paredes em torno do eixo Y => 1.3613E+09 cm<sup>4</sup>

Inércia da parede em análise em torno do eixo Y => 5.0445E+05 cm<sup>4</sup>

Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.007 kN - direção X

Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.001 kN - direção X

Momento fletor devido à ação do vento => 0.17 kNm - direção X

Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.02 kNm - direção X

Força Cortante devida à ação do vento => 0.026 kN - direção X

Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.003 kN - direção X

Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.0143966 MPa

Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00167831 MPa

Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00030918 MPa

Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00003411 MPa

PAINEL6X (GRUPO 3) - Tensões ao longo do edificio

13/05/13

02:57:18

Pavimento: 4

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 94.18 kN

Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 28.47 kN

Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.1 MPa

Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.03 MPa

Força horizontal no nível devida à ação do vento => 11.05 kN - direção X

Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção X

Inércia total das paredes em torno do eixo Y => 1.3613E+09 cm<sup>4</sup>

Inércia da parede em análise em torno do eixo Y => 1.5185E+07 cm<sup>4</sup>

Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.123 kN - direção X

Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.021 kN - direção X

Momento fletor devido à ação do vento => 0.345 kNm - direção X

Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.06 kNm - direção X

Força Cortante devida à ação do vento => 0.123 kN - direção X

Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.021 kN - direção X

Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.00282265 MPa

Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.0004879 MPa

Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00045316 MPa

Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00007833 MPa

Pavimento: 3

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 188.37 kN

Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 56.93 kN

Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.2 MPa

Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.06 MPa

Força horizontal no nível devida à ação do vento => 20.95 kN - direção X

Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção X

Inércia total das paredes em torno do eixo Y => 1.3613E+09 cm<sup>4</sup>

Inércia da parede em análise em torno do eixo Y => 1.5185E+07 cm<sup>4</sup>

Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.234 kN - direção X

Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.021 kN - direção X

Momento fletor devido à ação do vento => 1.345 kNm - direção X

Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.179 kNm - direção X  
 Força Cortante devida à ação do vento => 0.357 kN - direção X  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.043 kN - direção X  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.01099685 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00146369 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00131233 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00015666 MPa

Pavimento: 2

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 282.55 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 85.4 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.31 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.09 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 19.54 kN - direção X  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção X  
 Inércia total das paredes em torno do eixo Y => 1.3613E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo Y => 1.5185E+07 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.218 kN - direção X  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.021 kN - direção X  
 Momento fletor devido à ação do vento => 2.954 kNm - direção X  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.358 kNm - direção X  
 Força Cortante devida à ação do vento => 0.575 kN - direção X  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.064 kN - direção X  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.02416242 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00292739 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00211367 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00023499 MPa

Pavimento: 1

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 376.73 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 113.86 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.41 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.12 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 17.71 kN - direção X  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção X  
 Inércia total das paredes em torno do eixo Y => 1.3613E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo Y => 1.5185E+07 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.198 kN - direção X  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.021 kN - direção X  
 Momento fletor devido à ação do vento => 5.117 kNm - direção X  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.597 kNm - direção X  
 Força Cortante devida à ação do vento => 0.772 kN - direção X  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.085 kN - direção X  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.0418519 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00487898 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00283996 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00031332 MPa

PAINEL7X (GRUPO 1) - Tensões ao longo do edifício

13/05/13

02:57:18

Pavimento: 4

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 95.52 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 24.07 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.08 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.02 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 11.05 kN - direção X

Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção X  
 Inércia total das paredes em torno do eixo Y => 1.3613E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo Y => 2.9971E+07 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.243 kN - direção X  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.042 kN - direção X  
 Momento fletor devido à ação do vento => 0.681 kNm - direção X  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.118 kNm - direção X  
 Força Cortante devida à ação do vento => 0.243 kN - direção X  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.042 kN - direção X  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.00355451 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.0006144 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00072405 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00012515 MPa

#### Pavimento: 3

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 191.04 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 48.13 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.17 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.04 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 20.95 kN - direção X  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção X  
 Inércia total das paredes em torno do eixo Y => 1.3613E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo Y => 2.9971E+07 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.461 kN - direção X  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.042 kN - direção X  
 Momento fletor devido à ação do vento => 2.654 kNm - direção X  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.353 kNm - direção X  
 Força Cortante devida à ação do vento => 0.705 kN - direção X  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.084 kN - direção X  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.01384812 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.0018432 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.0020968 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00025031 MPa

#### Pavimento: 2

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 286.56 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 72.2 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.25 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.06 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 19.54 kN - direção X  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção X  
 Inércia total das paredes em torno do eixo Y => 1.3613E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo Y => 2.9971E+07 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.43 kN - direção X  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.042 kN - direção X  
 Momento fletor devido à ação do vento => 5.831 kNm - direção X  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.706 kNm - direção X  
 Força Cortante devida à ação do vento => 1.135 kN - direção X  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.126 kN - direção X  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.03042726 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.0036864 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00337715 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00037546 MPa

#### Pavimento: 1

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 382.09 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 96.27 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.33 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.08 MPa

Força horizontal no nível devida à ação do vento => 17.71 kN - direção X  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção X  
 Inércia total das paredes em torno do eixo Y => 1.3613E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo Y => 2.9971E+07 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.39 kN - direção X  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.042 kN - direção X  
 Momento fletor devido à ação do vento => 10.1 kNm - direção X  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 1.177 kNm - direção X  
 Força Cortante devida à ação do vento => 1.525 kN - direção X  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.168 kN - direção X  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.05270327 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.006144 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.0045376 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00050061 MPa

#### PAINEL8X (GRUPO 4) - Tensões ao longo do edifício

13/05/13

02:57:18

##### Pavimento: 4

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 99.36 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 31.2 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.1 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.03 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 11.05 kN - direção X  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção X  
 Inércia total das paredes em torno do eixo Y => 1.3613E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo Y => 2.7223E+06 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.022 kN - direção X  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.004 kN - direção X  
 Momento fletor devido à ação do vento => 0.062 kNm - direção X  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.011 kNm - direção X  
 Força Cortante devida à ação do vento => 0.022 kN - direção X  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.004 kN - direção X  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.00165282 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00028569 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00015033 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00002598 MPa

##### Pavimento: 3

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 198.72 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 62.4 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.21 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.07 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 20.95 kN - direção X  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção X  
 Inércia total das paredes em torno do eixo Y => 1.3613E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo Y => 2.7223E+06 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.042 kN - direção X  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.004 kN - direção X  
 Momento fletor devido à ação do vento => 0.241 kNm - direção X  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.032 kNm - direção X  
 Força Cortante devida à ação do vento => 0.064 kN - direção X  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.008 kN - direção X  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.00643926 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00085707 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00043534 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00005197 MPa

## Pavimento: 2

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 298.08 kN  
Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 93.6 kN  
Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.31 MPa  
Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.1 MPa  
Força horizontal no nível devida à ação do vento => 19.54 kN - direção X  
Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção X  
Inércia total das paredes em torno do eixo Y => 1.3613E+09 cm<sup>4</sup>  
Inércia da parede em análise em torno do eixo Y => 2.7223E+06 cm<sup>4</sup>  
Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.039 kN - direção X  
Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.004 kN - direção X  
Momento fletor devido à ação do vento => 0.53 kNm - direção X  
Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.064 kNm - direção X  
Força Cortante devida à ação do vento => 0.103 kN - direção X  
Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.011 kN - direção X  
Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.01414841 MPa  
Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00171414 MPa  
Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00070116 MPa  
Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00007795 MPa

## Pavimento: 1

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 397.44 kN  
Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 124.8 kN  
Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.42 MPa  
Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.13 MPa  
Força horizontal no nível devida à ação do vento => 17.71 kN - direção X  
Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção X  
Inércia total das paredes em torno do eixo Y => 1.3613E+09 cm<sup>4</sup>  
Inércia da parede em análise em torno do eixo Y => 2.7223E+06 cm<sup>4</sup>  
Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.035 kN - direção X  
Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.004 kN - direção X  
Momento fletor devido à ação do vento => 0.917 kNm - direção X  
Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.107 kNm - direção X  
Força Cortante devida à ação do vento => 0.138 kN - direção X  
Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.015 kN - direção X  
Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.02450657 MPa  
Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00285691 MPa  
Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00094209 MPa  
Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00010394 MPa

---

PAINEL9X (GRUPO 5) - Tensões ao longo do edifício

13/05/13

02:57:18

Pavimento: 4

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 70.91 kN  
Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 15.9 kN  
Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.08 MPa  
Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.02 MPa  
Força horizontal no nível devida à ação do vento => 11.05 kN - direção X  
Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção X  
Inércia total das paredes em torno do eixo Y => 1.3613E+09 cm<sup>4</sup>  
Inércia da parede em análise em torno do eixo Y => 2.8802E+06 cm<sup>4</sup>  
Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.023 kN - direção X  
Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.004 kN - direção X  
Momento fletor devido à ação do vento => 0.065 kNm - direção X  
Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.011 kNm - direção X  
Força Cortante devida à ação do vento => 0.023 kN - direção X  
Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.004 kN - direção X  
Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.00171668 MPa  
Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00029673 MPa  
Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00016014 MPa  
Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00002768 MPa

Pavimento: 3

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 141.83 kN  
Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 31.79 kN  
Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.15 MPa  
Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.03 MPa  
Força horizontal no nível devida à ação do vento => 20.95 kN - direção X  
Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção X  
Inércia total das paredes em torno do eixo Y => 1.3613E+09 cm<sup>4</sup>  
Inércia da parede em análise em torno do eixo Y => 2.8802E+06 cm<sup>4</sup>  
Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.044 kN - direção X  
Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.004 kN - direção X  
Momento fletor devido à ação do vento => 0.255 kNm - direção X  
Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.034 kNm - direção X  
Força Cortante devida à ação do vento => 0.068 kN - direção X  
Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.008 kN - direção X  
Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.00668808 MPa  
Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00089019 MPa  
Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00046374 MPa  
Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00005536 MPa

Pavimento: 2

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 212.74 kN  
Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 47.69 kN  
Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.23 MPa  
Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.05 MPa  
Força horizontal no nível devida à ação do vento => 19.54 kN - direção X  
Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção X  
Inércia total das paredes em torno do eixo Y => 1.3613E+09 cm<sup>4</sup>  
Inércia da parede em análise em torno do eixo Y => 2.8802E+06 cm<sup>4</sup>  
Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.041 kN - direção X  
Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.004 kN - direção X  
Momento fletor devido à ação do vento => 0.56 kNm - direção X

Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.068 kNm - direção X  
 Força Cortante devida à ação do vento => 0.109 kN - direção X  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.012 kN - direção X  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.01469513 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00178038 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00074691 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00008304 MPa

Pavimento: 1

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 283.65 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 63.58 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.31 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.07 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 17.71 kN - direção X  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção X  
 Inércia total das paredes em torno do eixo Y => 1.3613E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo Y => 2.8802E+06 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.037 kN - direção X  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.004 kN - direção X  
 Momento fletor devido à ação do vento => 0.971 kNm - direção X  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.113 kNm - direção X  
 Força Cortante devida à ação do vento => 0.147 kN - direção X  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.016 kN - direção X  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.02545353 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.0029673 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00100356 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00011072 MPa

PAINEL10X (GRUPO 7) - Tensões ao longo do edifício

13/05/13

02:57:18

Pavimento: 4

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 185.42 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 51.45 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.09 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.02 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 11.05 kN - direção X  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção X  
 Inércia total das paredes em torno do eixo Y => 1.3613E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo Y => 1.2455E+09 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 10.11 kN - direção X  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 1.748 kN - direção X  
 Momento fletor devido à ação do vento => 28.308 kNm - direção X  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 4.893 kNm - direção X  
 Força Cortante devida à ação do vento => 10.11 kN - direção X  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 1.748 kN - direção X  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.01139266 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00196923 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00830744 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00143595 MPa

Pavimento: 3

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 370.84 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 102.91 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.17 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.05 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 20.95 kN - direção X

Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção X  
 Inércia total das paredes em torno do eixo Y => 1.3613E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo Y => 1.2455E+09 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 19.168 kN - direção X  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 1.748 kN - direção X  
 Momento fletor devido à ação do vento => 110.288 kNm - direção X  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 14.679 kNm - direção X  
 Força Cortante devida à ação do vento => 29.278 kN - direção X  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 3.495 kN - direção X  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.044385 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00590769 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.02405774 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00287189 MPa

#### Pavimento: 2

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 556.25 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 154.36 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.26 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.07 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 19.54 kN - direção X  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção X  
 Inércia total das paredes em torno do eixo Y => 1.3613E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo Y => 1.2455E+09 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 17.878 kN - direção X  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 1.748 kN - direção X  
 Momento fletor devido à ação do vento => 242.325 kNm - direção X  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 29.359 kNm - direção X  
 Força Cortante devida à ação do vento => 47.156 kN - direção X  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 5.243 kN - direção X  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.09752327 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.01181538 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.038748 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00430784 MPa

#### Pavimento: 1

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 741.67 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 205.82 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.35 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.1 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 17.71 kN - direção X  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção X  
 Inércia total das paredes em torno do eixo Y => 1.3613E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo Y => 1.2455E+09 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 16.204 kN - direção X  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 1.748 kN - direção X  
 Momento fletor devido à ação do vento => 419.733 kNm - direção X  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 48.931 kNm - direção X  
 Força Cortante devida à ação do vento => 63.36 kN - direção X  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 6.99 kN - direção X  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.16892074 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.0196923 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.05206245 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00574379 MPa

## Pavimento: 4

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 95.61 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 24.08 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.08 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.02 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 11.05 kN - direção X  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção X  
 Inércia total das paredes em torno do eixo Y => 1.3613E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo Y => 3.0053E+07 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.244 kN - direção X  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.042 kN - direção X  
 Momento fletor devido à ação do vento => 0.683 kNm - direção X  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.118 kNm - direção X  
 Força Cortante devida à ação do vento => 0.244 kN - direção X  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.042 kN - direção X  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.00355951 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00061526 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00072603 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.0001255 MPa

## Pavimento: 3

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 191.21 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 48.16 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.17 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.04 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 20.95 kN - direção X  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção X  
 Inércia total das paredes em torno do eixo Y => 1.3613E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo Y => 3.0053E+07 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.463 kN - direção X  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.042 kN - direção X  
 Momento fletor devido à ação do vento => 2.661 kNm - direção X  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.354 kNm - direção X  
 Força Cortante devida à ação do vento => 0.706 kN - direção X  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.084 kN - direção X  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.0138676 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00184579 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00210254 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00025099 MPa

## Pavimento: 2

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 286.82 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 72.25 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.25 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.06 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 19.54 kN - direção X  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção X  
 Inércia total das paredes em torno do eixo Y => 1.3613E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo Y => 3.0053E+07 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.431 kN - direção X  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.042 kN - direção X  
 Momento fletor devido à ação do vento => 5.847 kNm - direção X  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.708 kNm - direção X  
 Força Cortante devida à ação do vento => 1.138 kN - direção X  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.126 kN - direção X  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.03047006 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00369158 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00338641 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00037649 MPa

## Pavimento: 1

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 382.43 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 96.33 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.33 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.08 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 17.71 kN - direção X  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção X  
 Inércia total das paredes em torno do eixo Y => 1.3613E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo Y => 3.0053E+07 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.391 kN - direção X  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.042 kN - direção X  
 Momento fletor devido à ação do vento => 10.128 kNm - direção X  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 1.181 kNm - direção X  
 Força Cortante devida à ação do vento => 1.529 kN - direção X  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.169 kN - direção X  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.05277741 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00615264 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00455004 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00050198 MPa

## PAINEL12X (GRUPO 11) - Tensões ao longo do edifício

13/05/13

02:57:18

## Pavimento: 4

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 99.36 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 31.2 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.1 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.03 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 11.05 kN - direção X  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção X  
 Inércia total das paredes em torno do eixo Y => 1.3613E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo Y => 2.7223E+06 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.022 kN - direção X  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.004 kN - direção X  
 Momento fletor devido à ação do vento => 0.062 kNm - direção X  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.011 kNm - direção X  
 Força Cortante devida à ação do vento => 0.022 kN - direção X  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.004 kN - direção X  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.00165282 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00028569 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00015033 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00002598 MPa

## Pavimento: 3

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 198.72 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 62.4 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.21 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.07 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 20.95 kN - direção X  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção X  
 Inércia total das paredes em torno do eixo Y => 1.3613E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo Y => 2.7223E+06 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.042 kN - direção X  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.004 kN - direção X  
 Momento fletor devido à ação do vento => 0.241 kNm - direção X  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.032 kNm - direção X

Força Cortante devida à ação do vento => 0.064 kN - direção X  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.008 kN - direção X  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.00643926 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00085707 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00043534 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00005197 MPa

Pavimento: 2

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 298.08 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 93.6 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.31 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.1 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 19.54 kN - direção X  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção X  
 Inércia total das paredes em torno do eixo Y => 1.3613E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo Y => 2.7223E+06 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.039 kN - direção X  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.004 kN - direção X  
 Momento fletor devido à ação do vento => 0.53 kNm - direção X  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.064 kNm - direção X  
 Força Cortante devida à ação do vento => 0.103 kN - direção X  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.011 kN - direção X  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.01414841 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00171414 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00070116 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00007795 MPa

Pavimento: 1

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 397.44 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 124.8 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.42 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.13 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 17.71 kN - direção X  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção X  
 Inércia total das paredes em torno do eixo Y => 1.3613E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo Y => 2.7223E+06 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.035 kN - direção X  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.004 kN - direção X  
 Momento fletor devido à ação do vento => 0.917 kNm - direção X  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.107 kNm - direção X  
 Força Cortante devida à ação do vento => 0.138 kN - direção X  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.015 kN - direção X  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.02450657 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00285691 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00094209 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00010394 MPa

PAINEL13X (GRUPO 12) - Tensões ao longo do edifício

13/05/13

02:57:18

Pavimento: 4

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 70.97 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 15.9 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.08 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.02 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 11.05 kN - direção X  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção X

Inércia total das paredes em torno do eixo Y => 1.3613E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo Y => 2.8869E+06 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.023 kN - direção X  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.004 kN - direção X  
 Momento fletor devido à ação do vento => 0.066 kNm - direção X  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.011 kNm - direção X  
 Força Cortante devida à ação do vento => 0.023 kN - direção X  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.004 kN - direção X  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.00171896 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00029712 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00016051 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00002774 MPa

Pavimento: 3

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 141.94 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 31.79 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.15 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.03 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 20.95 kN - direção X  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção X  
 Inércia total das paredes em torno do eixo Y => 1.3613E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo Y => 2.8869E+06 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.044 kN - direção X  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.004 kN - direção X  
 Momento fletor devido à ação do vento => 0.256 kNm - direção X  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.034 kNm - direção X  
 Força Cortante devida à ação do vento => 0.068 kN - direção X  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.008 kN - direção X  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.00669693 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00089137 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00046481 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00005549 MPa

Pavimento: 2

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 212.91 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 47.69 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.23 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.05 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 19.54 kN - direção X  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção X  
 Inércia total das paredes em torno do eixo Y => 1.3613E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo Y => 2.8869E+06 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.041 kN - direção X  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.004 kN - direção X  
 Momento fletor devido à ação do vento => 0.562 kNm - direção X  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.068 kNm - direção X  
 Força Cortante devida à ação do vento => 0.109 kN - direção X  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.012 kN - direção X  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.01471458 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00178274 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00074864 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00008323 MPa

Pavimento: 1

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 283.89 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 63.58 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.31 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.07 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 17.71 kN - direção X

Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção X  
 Inércia total das paredes em torno do eixo Y => 1.3613E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo Y => 2.8869E+06 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.038 kN - direção X  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.004 kN - direção X  
 Momento fletor devido à ação do vento => 0.973 kNm - direção X  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.113 kNm - direção X  
 Força Cortante devida à ação do vento => 0.147 kN - direção X  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.016 kN - direção X  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.02548723 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00297123 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00100588 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00011097 MPa

#### PAINEL14X (GRUPO 10) - Tensões ao longo do edifício

13/05/13

02:57:18

##### Pavimento: 4

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 94.31 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 28.51 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.1 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.03 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 11.05 kN - direção X  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção X  
 Inércia total das paredes em torno do eixo Y => 1.3613E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo Y => 1.5240E+07 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.124 kN - direção X  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.021 kN - direção X  
 Momento fletor devido à ação do vento => 0.346 kNm - direção X  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.06 kNm - direção X  
 Força Cortante devida à ação do vento => 0.124 kN - direção X  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.021 kN - direção X  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.00282788 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.0004888 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00045481 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00007861 MPa

##### Pavimento: 3

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 188.62 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 57.01 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.2 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.06 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 20.95 kN - direção X  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção X  
 Inércia total das paredes em torno do eixo Y => 1.3613E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo Y => 1.5240E+07 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.235 kN - direção X  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.021 kN - direção X  
 Momento fletor devido à ação do vento => 1.349 kNm - direção X  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.18 kNm - direção X  
 Força Cortante devida à ação do vento => 0.358 kN - direção X  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.043 kN - direção X  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.01101722 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.0014664 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.0013171 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00015723 MPa

## Pavimento: 2

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 282.93 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 85.52 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.31 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.09 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 19.54 kN - direção X  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção X  
 Inércia total das paredes em torno do eixo Y => 1.3613E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo Y => 1.5240E+07 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.219 kN - direção X  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.021 kN - direção X  
 Momento fletor devido à ação do vento => 2.965 kNm - direção X  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.359 kNm - direção X  
 Força Cortante devida à ação do vento => 0.577 kN - direção X  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.064 kN - direção X  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.02420717 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00293281 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00212136 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00023584 MPa

## Pavimento: 1

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 377.24 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 114.02 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.41 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.12 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 17.71 kN - direção X  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção X  
 Inércia total das paredes em torno do eixo Y => 1.3613E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo Y => 1.5240E+07 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.198 kN - direção X  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.021 kN - direção X  
 Momento fletor devido à ação do vento => 5.136 kNm - direção X  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.599 kNm - direção X  
 Força Cortante devida à ação do vento => 0.775 kN - direção X  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.086 kN - direção X  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.04192941 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00488801 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00285029 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00031446 MPa

## PAINEL15X (GRUPO 8) - Tensões ao longo do edifício

13/05/13

02:57:18

## Pavimento: 4

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 95.61 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 24.08 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.08 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.02 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 11.05 kN - direção X  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção X  
 Inércia total das paredes em torno do eixo Y => 1.3613E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo Y => 1.7481E+06 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.014 kN - direção X  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.002 kN - direção X  
 Momento fletor devido à ação do vento => 0.04 kNm - direção X  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.007 kNm - direção X  
 Força Cortante devida à ação do vento => 0.014 kN - direção X

Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.002 kN - direção X  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.00143962 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00024884 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00011262 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00001947 MPa

Pavimento: 3

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 191.21 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 48.16 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.17 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.04 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 20.95 kN - direção X  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção X  
 Inércia total das paredes em torno do eixo Y => 1.3613E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo Y => 1.7481E+06 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.027 kN - direção X  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.002 kN - direção X  
 Momento fletor devido à ação do vento => 0.155 kNm - direção X  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.021 kNm - direção X  
 Força Cortante devida à ação do vento => 0.041 kN - direção X  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.005 kN - direção X  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.00560867 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00074652 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00032613 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00003893 MPa

Pavimento: 2

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 286.82 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 72.25 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.25 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.06 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 19.54 kN - direção X  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção X  
 Inércia total das paredes em torno do eixo Y => 1.3613E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo Y => 1.7481E+06 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.025 kN - direção X  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.002 kN - direção X  
 Momento fletor devido à ação do vento => 0.34 kNm - direção X  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.041 kNm - direção X  
 Força Cortante devida à ação do vento => 0.066 kN - direção X  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.007 kN - direção X  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.01232344 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00149304 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00052527 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.0000584 MPa

Pavimento: 1

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 382.43 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 96.33 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.33 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.08 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 17.71 kN - direção X  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção X  
 Inércia total das paredes em torno do eixo Y => 1.3613E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo Y => 1.7481E+06 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.023 kN - direção X  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.002 kN - direção X  
 Momento fletor devido à ação do vento => 0.589 kNm - direção X  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.069 kNm - direção X

Força Cortante devida à ação do vento => 0.089 kN - direção X  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.01 kN - direção X  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.02134551 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.0024884 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00070576 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00007786 MPa

---

#### PAINEL16X (GRUPO 9) - Tensões ao longo do edifício

13/05/13

02:57:18

##### Pavimento: 4

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 75.64 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 22.25 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.11 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.03 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 11.05 kN - direção X  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção X  
 Inércia total das paredes em torno do eixo Y => 1.3613E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo Y => 2.0691E+06 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.017 kN - direção X  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.003 kN - direção X  
 Momento fletor devido à ação do vento => 0.047 kNm - direção X  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.008 kNm - direção X  
 Força Cortante devida à ação do vento => 0.017 kN - direção X  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.003 kN - direção X  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.00142917 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00024703 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00009997 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00001728 MPa

##### Pavimento: 3

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 151.28 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 44.5 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.21 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.06 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 20.95 kN - direção X  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção X  
 Inércia total das paredes em torno do eixo Y => 1.3613E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo Y => 2.0691E+06 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.032 kN - direção X  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.003 kN - direção X  
 Momento fletor devido à ação do vento => 0.183 kNm - direção X  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.024 kNm - direção X  
 Força Cortante devida à ação do vento => 0.049 kN - direção X  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.006 kN - direção X  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.00556794 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.0007411 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00028952 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00003456 MPa

##### Pavimento: 2

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 226.92 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 66.75 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.32 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.09 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 19.54 kN - direção X  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção X

Inércia total das paredes em torno do eixo Y => 1.3613E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo Y => 2.0691E+06 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.03 kN - direção X  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.003 kN - direção X  
 Momento fletor devido à ação do vento => 0.403 kNm - direção X  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.049 kNm - direção X  
 Força Cortante devida à ação do vento => 0.078 kN - direção X  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.009 kN - direção X  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.01223394 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.0014822 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.0004663 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00005184 MPa

Pavimento: 1

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 302.57 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 89 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.42 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.12 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 17.71 kN - direção X  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção X  
 Inércia total das paredes em torno do eixo Y => 1.3613E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo Y => 2.0691E+06 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.027 kN - direção X  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.003 kN - direção X  
 Momento fletor devido à ação do vento => 0.697 kNm - direção X  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.081 kNm - direção X  
 Força Cortante devida à ação do vento => 0.105 kN - direção X  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.012 kN - direção X  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.0211905 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00247033 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00062653 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00006912 MPa

PAINEL17X (GRUPO 10) - Tensões ao longo do edifício

13/05/13

02:57:18

Pavimento: 4

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 94.31 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 28.51 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.1 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.03 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 11.05 kN - direção X  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção X  
 Inércia total das paredes em torno do eixo Y => 1.3613E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo Y => 1.3699E+06 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.011 kN - direção X  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.002 kN - direção X  
 Momento fletor devido à ação do vento => 0.031 kNm - direção X  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.005 kNm - direção X  
 Força Cortante devida à ação do vento => 0.011 kN - direção X  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.002 kN - direção X  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.00119825 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00020712 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00007565 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00001308 MPa

Pavimento: 3

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 188.62 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 57.01 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.2 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.06 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 20.95 kN - direção X  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção X  
 Inércia total das paredes em torno do eixo Y => 1.3613E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo Y => 1.3699E+06 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.021 kN - direção X  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.002 kN - direção X  
 Momento fletor devido à ação do vento => 0.121 kNm - direção X  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.016 kNm - direção X  
 Força Cortante devida à ação do vento => 0.032 kN - direção X  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.004 kN - direção X  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.00466828 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00062135 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00021907 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00002615 MPa

#### Pavimento: 2

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 282.93 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 85.52 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.31 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.09 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 19.54 kN - direção X  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção X  
 Inércia total das paredes em torno do eixo Y => 1.3613E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo Y => 1.3699E+06 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.02 kN - direção X  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.002 kN - direção X  
 Momento fletor devido à ação do vento => 0.267 kNm - direção X  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.032 kNm - direção X  
 Força Cortante devida à ação do vento => 0.052 kN - direção X  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.006 kN - direção X  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.01025721 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00124271 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00035284 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00003923 MPa

#### Pavimento: 1

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 377.24 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 114.02 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.41 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.12 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 17.71 kN - direção X  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção X  
 Inércia total das paredes em torno do eixo Y => 1.3613E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo Y => 1.3699E+06 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.018 kN - direção X  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.002 kN - direção X  
 Momento fletor devido à ação do vento => 0.462 kNm - direção X  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.054 kNm - direção X  
 Força Cortante devida à ação do vento => 0.07 kN - direção X  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.008 kN - direção X  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.01776659 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00207118 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00047408 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.0000523 MPa

---

## PAINEL18X (GRUPO 11) - Tensões ao longo do edifício

13/05/13

02:57:18

## Pavimento: 4

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 99.36 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 31.2 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.1 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.03 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 11.05 kN - direção X  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção X  
 Inércia total das paredes em torno do eixo Y => 1.3613E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo Y => 1.3699E+06 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.011 kN - direção X  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.002 kN - direção X  
 Momento fletor devido à ação do vento => 0.031 kNm - direção X  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.005 kNm - direção X  
 Força Cortante devida à ação do vento => 0.011 kN - direção X  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.002 kN - direção X  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.00119825 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00020712 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00007565 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00001308 MPa

## Pavimento: 3

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 198.72 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 62.4 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.21 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.07 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 20.95 kN - direção X  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção X  
 Inércia total das paredes em torno do eixo Y => 1.3613E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo Y => 1.3699E+06 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.021 kN - direção X  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.002 kN - direção X  
 Momento fletor devido à ação do vento => 0.121 kNm - direção X  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.016 kNm - direção X  
 Força Cortante devida à ação do vento => 0.032 kN - direção X  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.004 kN - direção X  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.00466828 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00062135 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00021907 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00002615 MPa

## Pavimento: 2

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 298.08 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 93.6 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.31 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.1 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 19.54 kN - direção X  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção X  
 Inércia total das paredes em torno do eixo Y => 1.3613E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo Y => 1.3699E+06 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.02 kN - direção X  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.002 kN - direção X  
 Momento fletor devido à ação do vento => 0.267 kNm - direção X  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.032 kNm - direção X  
 Força Cortante devida à ação do vento => 0.052 kN - direção X

Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.006 kN - direção X  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.01025721 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00124271 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00035284 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00003923 MPa

Pavimento: 1

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 397.44 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 124.8 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.42 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.13 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 17.71 kN - direção X  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção X  
 Inércia total das paredes em torno do eixo Y => 1.3613E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo Y => 1.3699E+06 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.018 kN - direção X  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.002 kN - direção X  
 Momento fletor devido à ação do vento => 0.462 kNm - direção X  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.054 kNm - direção X  
 Força Cortante devida à ação do vento => 0.07 kN - direção X  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.008 kN - direção X  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.01776659 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00207118 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00047408 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.0000523 MPa

PAINEL19X (GRUPO 12) - Tensões ao longo do edifício

13/05/13

02:57:18

Pavimento: 4

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 70.97 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 15.9 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.08 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.02 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 11.05 kN - direção X  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção X  
 Inércia total das paredes em torno do eixo Y => 1.3613E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo Y => 5.0445E+05 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.004 kN - direção X  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.001 kN - direção X  
 Momento fletor devido à ação do vento => 0.011 kNm - direção X  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.002 kNm - direção X  
 Força Cortante devida à ação do vento => 0.004 kN - direção X  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.001 kN - direção X  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.00097096 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00016783 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00004933 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00000853 MPa

Pavimento: 3

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 141.94 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 31.79 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.15 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.03 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 20.95 kN - direção X  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção X  
 Inércia total das paredes em torno do eixo Y => 1.3613E+09 cm<sup>4</sup>

Inércia da parede em análise em torno do eixo Y => 5.0445E+05 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.008 kN - direção X  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.001 kN - direção X  
 Momento fletor devido à ação do vento => 0.045 kNm - direção X  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.006 kNm - direção X  
 Força Cortante devida à ação do vento => 0.012 kN - direção X  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.001 kN - direção X  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.0037828 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00050349 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00014287 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00001706 MPa

Pavimento: 2

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 212.91 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 47.69 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.23 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.05 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 19.54 kN - direção X  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção X  
 Inércia total das paredes em torno do eixo Y => 1.3613E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo Y => 5.0445E+05 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.007 kN - direção X  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.001 kN - direção X  
 Momento fletor devido à ação do vento => 0.098 kNm - direção X  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.012 kNm - direção X  
 Força Cortante devida à ação do vento => 0.019 kN - direção X  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.002 kN - direção X  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.00831161 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00100699 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00023011 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00002558 MPa

Pavimento: 1

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 283.89 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 63.58 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.31 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.07 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 17.71 kN - direção X  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção X  
 Inércia total das paredes em torno do eixo Y => 1.3613E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo Y => 5.0445E+05 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.007 kN - direção X  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.001 kN - direção X  
 Momento fletor devido à ação do vento => 0.17 kNm - direção X  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.02 kNm - direção X  
 Força Cortante devida à ação do vento => 0.026 kN - direção X  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.003 kN - direção X  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.0143966 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00167831 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00030918 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00003411 MPa

PAINEL1Y (GRUPO 8) - Tensões ao longo do edificio

13/05/13

02:57:19

Pavimento: 4

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 95.61 kN

Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 24.08 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.08 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.02 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 10.23 kN - direção Y  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção Y  
 Inércia total das paredes em torno do eixo X => 2.3288E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo X => 2.9758E+08 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 1.307 kN - direção Y  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.244 kN - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do vento => 3.66 kNm - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.683 kNm - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do vento => 1.307 kN - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.244 kN - direção Y  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.00323879 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.0006047 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00177851 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00033206 MPa

#### Pavimento: 3

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 191.21 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 48.16 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.17 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.04 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 19.39 kN - direção Y  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção Y  
 Inércia total das paredes em torno do eixo X => 2.3288E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo X => 2.9758E+08 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 2.478 kN - direção Y  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.244 kN - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do vento => 14.258 kNm - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 2.05 kNm - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do vento => 3.785 kN - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.488 kN - direção Y  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.01261639 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.0018141 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.0051495 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00066412 MPa

#### Pavimento: 2

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 286.82 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 72.25 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.25 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.06 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 18.08 kN - direção Y  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção Y  
 Inércia total das paredes em torno do eixo X => 2.3288E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo X => 2.9758E+08 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 2.31 kN - direção Y  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.244 kN - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do vento => 31.324 kNm - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 4.1 kNm - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do vento => 6.095 kN - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.732 kN - direção Y  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.02771807 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.0036282 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00829275 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00099617 MPa

#### Pavimento: 1

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 382.43 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 96.33 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.33 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.08 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 16.39 kN - direção Y  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção Y  
 Inércia total das paredes em torno do eixo X => 2.3288E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo X => 2.9758E+08 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 2.094 kN - direção Y  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.244 kN - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do vento => 54.255 kNm - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 6.834 kNm - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do vento => 8.19 kN - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.976 kN - direção Y  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.04800877 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.006047 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.01114219 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00132823 MPa

---

#### PAINEL2Y (GRUPO 6) - Tensões ao longo do edifício

13/05/13

02:57:19

##### Pavimento: 4

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 12.84 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 3.37 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.12 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.03 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 10.23 kN - direção Y  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção Y  
 Inércia total das paredes em torno do eixo X => 2.3288E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo X => 4.9219E+05 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.002 kN - direção Y  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0 kN - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do vento => 0.006 kNm - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.001 kNm - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do vento => 0.002 kN - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0 kN - direção Y  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.00046124 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00008612 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00002059 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00000384 MPa

##### Pavimento: 3

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 25.67 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 6.75 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.24 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.06 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 19.39 kN - direção Y  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção Y  
 Inércia total das paredes em torno do eixo X => 2.3288E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo X => 4.9219E+05 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.004 kN - direção Y  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0 kN - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do vento => 0.024 kNm - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.003 kNm - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do vento => 0.006 kN - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.001 kN - direção Y

Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.00179673 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00025835 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00005962 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00000769 MPa

Pavimento: 2

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 38.51 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 10.12 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.37 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.1 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 18.08 kN - direção Y  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção Y  
 Inércia total das paredes em torno do eixo X => 2.3288E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo X => 4.9219E+05 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.004 kN - direção Y  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0 kN - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do vento => 0.052 kNm - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.007 kNm - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do vento => 0.01 kN - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.001 kN - direção Y  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.00394739 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.0005167 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00009601 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00001153 MPa

Pavimento: 1

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 51.34 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 13.5 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.49 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.13 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 16.39 kN - direção Y  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção Y  
 Inércia total das paredes em torno do eixo X => 2.3288E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo X => 4.9219E+05 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.003 kN - direção Y  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0 kN - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do vento => 0.09 kNm - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.011 kNm - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do vento => 0.014 kN - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.002 kN - direção Y  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.00683704 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00086117 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.000129 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00001538 MPa

PAINEL3Y (GRUPO 1) - Tensões ao longo do edifício

13/05/13

02:57:19

Pavimento: 4

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 95.52 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 24.07 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.08 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.02 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 10.23 kN - direção Y  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção Y  
 Inércia total das paredes em torno do eixo X => 2.3288E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo X => 2.9661E+08 cm<sup>4</sup>

Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 1.303 kN - direção Y  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.243 kN - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do vento => 3.648 kNm - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.681 kNm - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do vento => 1.303 kN - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.243 kN - direção Y  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.00323116 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00060328 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00177514 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00033143 MPa

#### Pavimento: 3

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 191.04 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 48.13 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.17 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.04 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 19.39 kN - direção Y  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção Y  
 Inércia total das paredes em torno do eixo X => 2.3288E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo X => 2.9661E+08 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 2.47 kN - direção Y  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.243 kN - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do vento => 14.211 kNm - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 2.043 kNm - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do vento => 3.773 kN - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.487 kN - direção Y  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.01258668 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00180983 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00513974 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00066286 MPa

#### Pavimento: 2

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 286.56 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 72.2 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.25 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.06 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 18.08 kN - direção Y  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção Y  
 Inércia total das paredes em torno do eixo X => 2.3288E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo X => 2.9661E+08 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 2.303 kN - direção Y  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.243 kN - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do vento => 31.222 kNm - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 4.087 kNm - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do vento => 6.075 kN - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.73 kN - direção Y  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.0276528 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00361966 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00827703 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00099428 MPa

#### Pavimento: 1

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 382.09 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 96.27 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.33 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.08 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 16.39 kN - direção Y  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção Y  
 Inércia total das paredes em torno do eixo X => 2.3288E+09 cm<sup>4</sup>

Inércia da parede em análise em torno do eixo X => 2.9661E+08 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 2.088 kN - direção Y  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.243 kN - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do vento => 54.078 kNm - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 6.812 kNm - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do vento => 8.163 kN - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.973 kN - direção Y  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.04789573 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00603276 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.01112106 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00132571 MPa

---

#### PAINEL4Y (GRUPO 9) - Tensões ao longo do edifício

13/05/13

02:57:19

##### Pavimento: 4

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 75.64 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 22.25 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.11 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.03 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 10.23 kN - direção Y  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção Y  
 Inércia total das paredes em torno do eixo X => 2.3288E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo X => 1.2167E+08 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.534 kN - direção Y  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.1 kN - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do vento => 1.497 kNm - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.279 kNm - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do vento => 0.534 kN - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.1 kN - direção Y  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.00280534 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00052377 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00097892 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00018277 MPa

##### Pavimento: 3

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 151.28 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 44.5 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.21 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.06 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 19.39 kN - direção Y  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção Y  
 Inércia total das paredes em torno do eixo X => 2.3288E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo X => 1.2167E+08 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 1.013 kN - direção Y  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.1 kN - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do vento => 5.83 kNm - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.838 kNm - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do vento => 1.548 kN - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.2 kN - direção Y  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.01092794 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00157132 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00283436 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00036554 MPa

##### Pavimento: 2

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 226.92 kN

Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 66.75 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.32 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.09 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 18.08 kN - direção Y  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção Y  
 Inércia total das paredes em torno do eixo X => 2.3288E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo X => 1.2167E+08 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.945 kN - direção Y  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.1 kN - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do vento => 12.808 kNm - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 1.677 kNm - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do vento => 2.492 kN - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.299 kN - direção Y  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.02400857 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00314264 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00456445 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00054831 MPa

Pavimento: 1

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 302.57 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 89 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.42 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.12 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 16.39 kN - direção Y  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção Y  
 Inércia total das paredes em torno do eixo X => 2.3288E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo X => 1.2167E+08 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.856 kN - direção Y  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.1 kN - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do vento => 22.184 kNm - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 2.794 kNm - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do vento => 3.349 kN - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.399 kN - direção Y  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.04158378 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00523773 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00613282 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00073108 MPa

PAINEL5Y (GRUPO 7) - Tensões ao longo do edifício

13/05/13

02:57:19

Pavimento: 4

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 185.42 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 51.45 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.09 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.02 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 10.23 kN - direção Y  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção Y  
 Inércia total das paredes em torno do eixo X => 2.3288E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo X => 4.5942E+07 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.202 kN - direção Y  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.038 kN - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do vento => 0.565 kNm - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.106 kNm - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do vento => 0.202 kN - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.038 kN - direção Y  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.00193882 MPa

Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00036199 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00045762 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00008544 MPa

Pavimento: 3

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 370.84 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 102.91 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.17 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.05 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 19.39 kN - direção Y  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção Y  
 Inércia total das paredes em torno do eixo X => 2.3288E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo X => 4.5942E+07 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.383 kN - direção Y  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.038 kN - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do vento => 2.201 kNm - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.317 kNm - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do vento => 0.584 kN - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.075 kN - direção Y  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.00755249 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00108597 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.001325 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00017088 MPa

Pavimento: 2

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 556.25 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 154.36 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.26 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.07 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 18.08 kN - direção Y  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção Y  
 Inércia total das paredes em torno do eixo X => 2.3288E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo X => 4.5942E+07 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.357 kN - direção Y  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.038 kN - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do vento => 4.836 kNm - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.633 kNm - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do vento => 0.941 kN - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.113 kN - direção Y  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.01659273 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00217193 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00213378 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00025632 MPa

Pavimento: 1

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 741.67 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 205.82 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.35 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.1 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 16.39 kN - direção Y  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção Y  
 Inércia total das paredes em torno do eixo X => 2.3288E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo X => 4.5942E+07 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.323 kN - direção Y  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.038 kN - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do vento => 8.376 kNm - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 1.055 kNm - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do vento => 1.264 kN - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.151 kN - direção Y

Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.02873926 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00361989 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00286696 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00034176 MPa

---

#### PAINEL6Y (GRUPO 2) - Tensões ao longo do edifício

13/05/13

02:57:19

##### Pavimento: 4

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 75.55 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 22.23 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.11 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.03 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 10.23 kN - direção Y  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção Y  
 Inércia total das paredes em torno do eixo X => 2.3288E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo X => 1.2095E+08 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.531 kN - direção Y  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.099 kN - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do vento => 1.488 kNm - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.278 kNm - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do vento => 0.531 kN - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.099 kN - direção Y  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.00279845 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00052249 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00097486 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00018201 MPa

##### Pavimento: 3

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 151.09 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 44.46 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.21 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.06 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 19.39 kN - direção Y  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção Y  
 Inércia total das paredes em torno do eixo X => 2.3288E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo X => 1.2095E+08 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 1.007 kN - direção Y  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.099 kN - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do vento => 5.795 kNm - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.833 kNm - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do vento => 1.538 kN - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.198 kN - direção Y  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.01090111 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00156746 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00282261 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00036402 MPa

##### Pavimento: 2

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 226.64 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 66.69 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.32 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.09 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 18.08 kN - direção Y  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção Y  
 Inércia total das paredes em torno do eixo X => 2.3288E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo X => 1.2095E+08 cm<sup>4</sup>

Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.939 kN - direção Y  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.099 kN - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do vento => 12.731 kNm - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 1.666 kNm - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do vento => 2.477 kN - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.298 kN - direção Y  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.02394962 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00313492 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00454552 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00054603 MPa

Pavimento: 1

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 302.18 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 88.91 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.42 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.12 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 16.39 kN - direção Y  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção Y  
 Inércia total das paredes em torno do eixo X => 2.3288E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo X => 1.2095E+08 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.851 kN - direção Y  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.099 kN - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do vento => 22.051 kNm - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 2.777 kNm - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do vento => 3.329 kN - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.397 kN - direção Y  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.04148168 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00522487 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00610739 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00072805 MPa

PAINEL7Y (GRUPO 10) - Tensões ao longo do edifício

13/05/13

02:57:19

Pavimento: 4

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 94.31 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 28.51 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.1 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.03 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 10.23 kN - direção Y  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção Y  
 Inércia total das paredes em torno do eixo X => 2.3288E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo X => 1.5535E+08 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.682 kN - direção Y  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.127 kN - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do vento => 1.911 kNm - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.357 kNm - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do vento => 0.682 kN - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.127 kN - direção Y  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.00242897 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.0004535 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00124984 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00023335 MPa

Pavimento: 3

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 188.62 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 57.01 kN

Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.2 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.06 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 19.39 kN - direção Y  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção Y  
 Inércia total das paredes em torno do eixo X => 2.3288E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo X => 1.5535E+08 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 1.293 kN - direção Y  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.127 kN - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do vento => 7.443 kNm - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 1.07 kNm - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do vento => 1.976 kN - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.255 kN - direção Y  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.00946181 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00136051 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.0036188 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00046671 MPa

#### Pavimento: 2

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 282.93 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 85.52 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.31 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.09 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 18.08 kN - direção Y  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção Y  
 Inércia total das paredes em torno do eixo X => 2.3288E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo X => 1.5535E+08 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 1.206 kN - direção Y  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.127 kN - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do vento => 16.353 kNm - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 2.141 kNm - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do vento => 3.182 kN - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.382 kN - direção Y  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.0207875 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00272101 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00582772 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00070006 MPa

#### Pavimento: 1

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 377.24 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 114.02 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.41 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.12 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 16.39 kN - direção Y  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção Y  
 Inércia total das paredes em torno do eixo X => 2.3288E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo X => 1.5535E+08 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 1.093 kN - direção Y  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.127 kN - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do vento => 28.323 kNm - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 3.568 kNm - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do vento => 4.275 kN - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.51 kN - direção Y  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.03600475 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00453502 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00783015 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00093341 MPa

13/05/13  
02:57:19

Pavimento: 4

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 185.42 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 51.45 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.09 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.02 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 10.23 kN - direção Y  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção Y  
 Inércia total das paredes em torno do eixo X => 2.3288E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo X => 3.6504E+07 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.16 kN - direção Y  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.03 kN - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do vento => 0.449 kNm - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.084 kNm - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do vento => 0.16 kN - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.03 kN - direção Y  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.00193931 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00036208 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00036362 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00006789 MPa

Pavimento: 3

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 370.84 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 102.91 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.17 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.05 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 19.39 kN - direção Y  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção Y  
 Inércia total das paredes em torno do eixo X => 2.3288E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo X => 3.6504E+07 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.304 kN - direção Y  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.03 kN - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do vento => 1.749 kNm - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.251 kNm - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do vento => 0.464 kN - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.06 kN - direção Y  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.00755441 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00108624 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00105281 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00013578 MPa

Pavimento: 2

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 556.25 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 154.36 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.26 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.07 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 18.08 kN - direção Y  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção Y  
 Inércia total das paredes em torno do eixo X => 2.3288E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo X => 3.6504E+07 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.283 kN - direção Y  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.03 kN - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do vento => 3.843 kNm - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.503 kNm - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do vento => 0.748 kN - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.09 kN - direção Y  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.01659694 MPa

Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00217248 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00169545 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00020367 MPa

Pavimento: 1

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 741.67 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 205.82 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.35 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.1 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 16.39 kN - direção Y  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção Y  
 Inércia total das paredes em torno do eixo X => 2.3288E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo X => 3.6504E+07 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.257 kN - direção Y  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.03 kN - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do vento => 6.655 kNm - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.838 kNm - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do vento => 1.005 kN - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.12 kN - direção Y  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.02874655 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00362081 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00227802 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00027156 MPa

PAINEL9Y (GRUPO 3) - Tensões ao longo do edifício

13/05/13

02:57:19

Pavimento: 4

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 94.18 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 28.47 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.1 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.03 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 10.23 kN - direção Y  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção Y  
 Inércia total das paredes em torno do eixo X => 2.3288E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo X => 1.5480E+08 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.68 kN - direção Y  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.127 kN - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do vento => 1.904 kNm - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.356 kNm - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do vento => 0.68 kN - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.127 kN - direção Y  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.00242097 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00045201 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00124775 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00023296 MPa

Pavimento: 3

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 188.37 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 56.93 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.2 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.06 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 19.39 kN - direção Y  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção Y  
 Inércia total das paredes em torno do eixo X => 2.3288E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo X => 1.5480E+08 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 1.289 kN - direção Y

Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.127 kN - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do vento => 7.417 kNm - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 1.067 kNm - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do vento => 1.969 kN - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.254 kN - direção Y  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.00943067 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00135603 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00361274 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00046592 MPa

Pavimento: 2

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 282.55 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 85.4 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.31 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.09 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 18.08 kN - direção Y  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção Y  
 Inércia total das paredes em torno do eixo X => 2.3288E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo X => 1.5480E+08 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 1.202 kN - direção Y  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.127 kN - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do vento => 16.295 kNm - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 2.133 kNm - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do vento => 3.171 kN - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.381 kN - direção Y  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.02071908 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00271206 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00581796 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00069889 MPa

Pavimento: 1

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 376.73 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 113.86 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.41 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.12 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 16.39 kN - direção Y  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção Y  
 Inércia total das paredes em torno do eixo X => 2.3288E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo X => 1.5480E+08 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 1.09 kN - direção Y  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.127 kN - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do vento => 28.224 kNm - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 3.555 kNm - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do vento => 4.26 kN - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.508 kN - direção Y  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.03588624 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.0045201 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00781704 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00093185 MPa

PAINEL10Y (GRUPO 11) - Tensões ao longo do edifício

13/05/13

02:57:19

Pavimento: 4

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 99.36 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 31.2 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.1 MPa

Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.03 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 10.23 kN - direção Y  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção Y  
 Inércia total das paredes em torno do eixo X => 2.3288E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo X => 2.8175E+08 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 1.238 kN - direção Y  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.231 kN - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do vento => 3.465 kNm - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.647 kNm - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do vento => 1.238 kN - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.231 kN - direção Y  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.00306893 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00057299 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00178852 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00033393 MPa

#### Pavimento: 3

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 198.72 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 62.4 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.21 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.07 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 19.39 kN - direção Y  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção Y  
 Inércia total das paredes em torno do eixo X => 2.3288E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo X => 2.8175E+08 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 2.346 kN - direção Y  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.231 kN - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do vento => 13.499 kNm - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 1.941 kNm - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do vento => 3.584 kN - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.462 kN - direção Y  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.01195471 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00171896 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00517849 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00066785 MPa

#### Pavimento: 2

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 298.08 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 93.6 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.31 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.1 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 18.08 kN - direção Y  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção Y  
 Inércia total das paredes em torno do eixo X => 2.3288E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo X => 2.8175E+08 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 2.187 kN - direção Y  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.231 kN - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do vento => 29.658 kNm - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 3.882 kNm - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do vento => 5.771 kN - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.693 kN - direção Y  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.02626437 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00343792 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00833943 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00100178 MPa

#### Pavimento: 1

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 397.44 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 124.8 kN

Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.42 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.13 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 16.39 kN - direção Y  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção Y  
 Inércia total das paredes em torno do eixo X => 2.3288E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo X => 2.8175E+08 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 1.983 kN - direção Y  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.231 kN - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do vento => 51.368 kNm - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 6.47 kNm - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do vento => 7.754 kN - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.924 kN - direção Y  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.04549091 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00572986 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.01120491 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00133571 MPa

---

#### PAINEL11Y (GRUPO 4) - Tensões ao longo do edifício

13/05/13

02:57:19

##### Pavimento: 4

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 99.36 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 31.2 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.1 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.03 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 10.23 kN - direção Y  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção Y  
 Inércia total das paredes em torno do eixo X => 2.3288E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo X => 2.8175E+08 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 1.238 kN - direção Y  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.231 kN - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do vento => 3.465 kNm - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.647 kNm - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do vento => 1.238 kN - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.231 kN - direção Y  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.00306893 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00057299 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00178852 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00033393 MPa

##### Pavimento: 3

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 198.72 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 62.4 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.21 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.07 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 19.39 kN - direção Y  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção Y  
 Inércia total das paredes em torno do eixo X => 2.3288E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo X => 2.8175E+08 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 2.346 kN - direção Y  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.231 kN - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do vento => 13.499 kNm - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 1.941 kNm - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do vento => 3.584 kN - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.462 kN - direção Y  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.01195471 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00171896 MPa

Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00517849 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00066785 MPa

Pavimento: 2

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 298.08 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 93.6 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.31 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.1 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 18.08 kN - direção Y  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção Y  
 Inércia total das paredes em torno do eixo X => 2.3288E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo X => 2.8175E+08 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 2.187 kN - direção Y  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.231 kN - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do vento => 29.658 kNm - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 3.882 kNm - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do vento => 5.771 kN - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.693 kN - direção Y  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.02626437 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00343792 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00833943 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00100178 MPa

Pavimento: 1

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 397.44 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 124.8 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.42 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.13 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 16.39 kN - direção Y  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção Y  
 Inércia total das paredes em torno do eixo X => 2.3288E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo X => 2.8175E+08 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 1.983 kN - direção Y  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.231 kN - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do vento => 51.368 kNm - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 6.47 kNm - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do vento => 7.754 kN - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.924 kN - direção Y  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.04549091 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00572986 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.01120491 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00133571 MPa

PAINEL12Y (GRUPO 12) - Tensões ao longo do edifício

13/05/13

02:57:19

Pavimento: 4

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 70.97 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 15.9 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.08 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.02 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 10.23 kN - direção Y  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção Y  
 Inércia total das paredes em torno do eixo X => 2.3288E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo X => 2.6809E+08 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 1.178 kN - direção Y  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.22 kN - direção Y

Momento fletor devido à ação do vento => 3.297 kNm - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.616 kNm - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do vento => 1.178 kN - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.22 kN - direção Y  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.00336707 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00062865 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00160225 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00029915 MPa

Pavimento: 3

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 141.94 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 31.79 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.15 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.03 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 19.39 kN - direção Y  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção Y  
 Inércia total das paredes em torno do eixo X => 2.3288E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo X => 2.6809E+08 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 2.232 kN - direção Y  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.22 kN - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do vento => 12.845 kNm - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 1.847 kNm - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do vento => 3.41 kN - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.44 kN - direção Y  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.01311612 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00188596 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00463915 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.0005983 MPa

Pavimento: 2

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 212.91 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 47.69 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.23 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.05 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 18.08 kN - direção Y  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção Y  
 Inércia total das paredes em torno do eixo X => 2.3288E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo X => 2.6809E+08 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 2.081 kN - direção Y  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.22 kN - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do vento => 28.22 kNm - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 3.694 kNm - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do vento => 5.491 kN - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.66 kN - direção Y  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.02881597 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00377191 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00747089 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00089745 MPa

Pavimento: 1

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 283.89 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 63.58 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.31 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.07 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 16.39 kN - direção Y  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção Y  
 Inércia total das paredes em torno do eixo X => 2.3288E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo X => 2.6809E+08 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 1.887 kN - direção Y

Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.22 kN - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do vento => 48.878 kNm - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 6.156 kNm - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do vento => 7.378 kN - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.879 kN - direção Y  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.04991038 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00628652 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.01003793 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00119659 MPa

---

#### PAINEL13Y (GRUPO 7) - Tensões ao longo do edifício

13/05/13

02:57:19

##### Pavimento: 4

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 185.42 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 51.45 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.09 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.02 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 10.23 kN - direção Y  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção Y  
 Inércia total das paredes em torno do eixo X => 2.3288E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo X => 1.2562E+05 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.001 kN - direção Y  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0 kN - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do vento => 0.002 kNm - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0 kNm - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do vento => 0.001 kN - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0 kN - direção Y  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.0002808 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00005243 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00000876 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00000164 MPa

##### Pavimento: 3

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 370.84 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 102.91 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.17 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.05 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 19.39 kN - direção Y  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção Y  
 Inércia total das paredes em torno do eixo X => 2.3288E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo X => 1.2562E+05 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.001 kN - direção Y  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0 kN - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do vento => 0.006 kNm - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.001 kNm - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do vento => 0.002 kN - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0 kN - direção Y  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.00109385 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00015728 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00002536 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00000327 MPa

##### Pavimento: 2

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 556.25 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 154.36 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.26 MPa

Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.07 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 18.08 kN - direção Y  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção Y  
 Inércia total das paredes em torno do eixo X => 2.3288E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo X => 1.2562E+05 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.001 kN - direção Y  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0 kN - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do vento => 0.013 kNm - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.002 kNm - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do vento => 0.003 kN - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0 kN - direção Y  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.00240317 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00031457 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00004084 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00000491 MPa

Pavimento: 1

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 741.67 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 205.82 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.35 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.1 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 16.39 kN - direção Y  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção Y  
 Inércia total das paredes em torno do eixo X => 2.3288E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo X => 1.2562E+05 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 0.001 kN - direção Y  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0 kN - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do vento => 0.023 kNm - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.003 kNm - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do vento => 0.003 kN - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0 kN - direção Y  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.00416239 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00052428 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00005488 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00000654 MPa

PAINEL14Y (GRUPO 5) - Tensões ao longo do edifício

13/05/13

02:57:19

Pavimento: 4

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 70.91 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 15.9 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.08 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.02 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 10.23 kN - direção Y  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção Y  
 Inércia total das paredes em torno do eixo X => 2.3288E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo X => 2.6721E+08 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 1.174 kN - direção Y  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.219 kN - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do vento => 3.287 kNm - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 0.614 kNm - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do vento => 1.174 kN - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.219 kN - direção Y  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.0033624 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00062778 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00159915 MPa

Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00029857 MPa

Pavimento: 3

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 141.83 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 31.79 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.15 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.03 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 19.39 kN - direção Y  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção Y  
 Inércia total das paredes em torno do eixo X => 2.3288E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo X => 2.6721E+08 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 2.225 kN - direção Y  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.219 kN - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do vento => 12.803 kNm - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 1.841 kNm - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do vento => 3.399 kN - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.438 kN - direção Y  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.01309791 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00188334 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.0046302 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00059714 MPa

Pavimento: 2

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 212.74 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 47.69 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.23 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.05 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 18.08 kN - direção Y  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção Y  
 Inércia total das paredes em torno do eixo X => 2.3288E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo X => 2.6721E+08 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 2.074 kN - direção Y  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.219 kN - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do vento => 28.127 kNm - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 3.682 kNm - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do vento => 5.473 kN - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.657 kN - direção Y  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.02877597 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.00376668 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.00745647 MPa  
 Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00089571 MPa

Pavimento: 1

Força Normal na Base devida às ações permanentes verticais => 283.65 kN  
 Força Normal na Base devida às ações variáveis verticais => 63.58 kN  
 Tensão normal na base gerada pelas ações permanentes verticais => 0.31 MPa  
 Tensão normal na base gerada pelas ações variáveis verticais => 0.07 MPa  
 Força horizontal no nível devida à ação do vento => 16.39 kN - direção Y  
 Força horizontal no nível devida à ação do desaprumo => 1.91 kN - direção Y  
 Inércia total das paredes em torno do eixo X => 2.3288E+09 cm<sup>4</sup>  
 Inércia da parede em análise em torno do eixo X => 2.6721E+08 cm<sup>4</sup>  
 Força Horizontal na parede devida à ação do vento => 1.881 kN - direção Y  
 Força Horizontal na parede devida à ação do desaprumo => 0.219 kN - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do vento => 48.717 kNm - direção Y  
 Momento fletor devido à ação do desaprumo => 6.136 kNm - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do vento => 7.354 kN - direção Y  
 Força Cortante devida à ação do desaprumo => 0.877 kN - direção Y  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo vento => 0.04984109 MPa  
 Tensão Normal de flexão provocada pelo desaprumo => 0.0062778 MPa

Tensão Cisalhante na Base provocada pelo vento => 0.01001855 MPa

Tensão Cisalhante na Base provocada pelo desaprumo => 0.00119428 MPa

## APÊNDICE B – Memorial de Cálculo: dimensionamento

### ***DIMENSIONAMENTO***

### ***DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA DOS BLOCOS ESTRUTURAIS***

### ***SEGUNDO A ABNT NBR 15961-1 13/05/13 02:57:23***

#### **• COMPRESSÃO NA FLEXÃO**

Deve-se verificar:

Combinações últimas para carregamentos permanentes e variáveis em termos de tensões (Estrutura de comportamento linear):

$$\gamma_g * G_{i,k} + \gamma_q(Q_{1,k} + \sum_{j \neq 1} \psi_{0j} * Q_{j,k}) \leq f_k / \gamma_m,$$

- As tensões normais devidas às ações verticais são ponderadas pelo fator de redução  $R$ ; par- As tensões normais devidas às ações horizontais são ponderadas pelo fator de redução 1,5.

Onde:

\*  $R$  = Fator redutor função da esbeltez, dado pela expressão:  $R = 1 - (h_{ef}/40 * t_{ef})^3$ ;

\*  $h_{ef}$  - Altura efetiva;

\*  $t_{ef}$  - Espessura efetiva;

\*  $f_k$  - resistência característica à compressão da alvenaria em MPa (onde  $f_k = 0.70 * f_{pk}$ );

\*  $f_{bk}$  - resistência característica à compressão do bloco em MPa (onde  $f_{pk} = 0.80 * f_{bk}$ );

\*  $\gamma_m$  - coeficiente de ponderação das resistências;

\*  $\gamma_q, \gamma_g$  - coeficientes de ponderação das tensões atuantes;

\*  $Q_{i,k}$  - tensão característica devida à ação variável principal;

\*  $\psi_{0j} * Q_{j,k}$  - tensão característica reduzida devida às demais ações variáveis.

\*  $G_{i,k}$  - tensão característica devida à ação permanente gerada pelo peso próprio (lajes e paredes);

LOGO:

COMB. 1 - Ação variável principal: carga acidental

$$1.40 * G + 1.40 * Q + 0.84 * W$$

COMB. 2 - Ação variável principal: vento

$$1.40 * G + 0.70 * Q + 1.40 * W$$

#### **• TRAÇÃO NA FLEXÃO**

Deve-se verificar:

$$\gamma_q * Q_{i,k} - \gamma_g * G_{i,k} + \gamma_{gd} * D_{i,k} \leq f_{tk} / \gamma_m$$

Onde:

\*  $\gamma_m$  - coeficiente de ponderação das resistências;

\*  $\gamma_q, \gamma_g$  e  $\gamma_{gd}$  - coeficientes de ponderação das tensões;

\*  $Q_{i,k}$  - tensão característica devida à ação variável (vento ou carga acidental);

\*  $G_k$  - tensão característica devida à ação permanente gerada pelo peso próprio (lajes e paredes);

\*  $D_k$  - tensão característica devida à ação permanente gerada pelo desaprumo.

Parâmetros de dimensionamento:

- Resistência média à compressão da argamassa → 3.5 a 7.0 MPa

- Direção da Tração → NORMAL À FIADA

- Valor característico da resistência à tração na flexão → 0.20 MPa

Logo:

COMB. 3

$$1.40 * F_w - 0.90 * F_g + 1.40 * F_{gd}$$

### •ALVENARIA ARMADA

Quando o elemento é curto, com esbeltez menor ou no máximo igual a 12, para seções retangulares, permite-se a adoção de armadura mínima quando a força normal de cálculo  $N_{sd}$  não excede a:

$$N_{Rd} = f_d b (h - 2e_x)$$

onde:

\*  $b$  - é a largura da seção;

\*  $e_x$  - é a excentricidade resultante no plano de flexão;

\*  $f_d$  - é a resistência de cálculo à compressão;

\*  $h$  - é a altura da seção no plano de flexão. presente aproximação não pode ser aplicada se a excentricidade  $e_x$  excede  $0,5 h$ .

Quando a força normal de cálculo excede o limite anterior, a resistência da seção pode ser estimada pelas seguintes equações:

$$N_{Rd} = f_d b y + f_{s1} A_{s1} - f_{s2} A_{s2}$$

$$M_{Rd} = 0,5 f_d b y (h - y) + f_{s1} A_{s1} (0,5h - d_1) + f_{s2} A_{s2} (0,5h - d_2)$$

onde:

\*  $A_{s1}$  - é a área de armadura comprimida na face de maior compressão;

\*  $A_{s2}$  - é a área de armadura na outra face;

\*  $b$  - é a largura da seção;

\*  $d_1$  - é a distância do centróide da armadura  $A_{s1}$  à borda mais comprimida;

\*  $d_2$  - é a distância do centróide da armadura  $A_{s2}$  à outra borda;

\*  $y$  - é a profundidade da região de compressão uniforme ( $y = 0,8x$ )

\*  $f_d$  - é a resistência à compressão de cálculo da alvenaria;

\*  $f_{s1}$  - é a tensão na armadura na face mais comprimida =  $0,5 f_{yd}$ ;

\*  $f_{s2}$  - é a tensão na armadura na outra face, podendo ser  $\pm 0,5 f_{yd}$ , se estiver tracionada ou comprimida, respectivamente;

\*  $h$  - é a altura da seção no plano de flexão.

Elemento curto submetido a uma flexão composta oblíqua, pode-se dimensionar uma seção com armaduras simétricas mediante a transformação em uma flexão reta composta, aumentando-se um dos momentos fletores de acordo com o seguinte:

$$M'_x = M_x + j \frac{p}{q} M_y \text{ para } \frac{M_x}{p} \geq \frac{M_y}{q}$$

ou

$$M'_y = M_y + j \frac{p}{q} M_x \text{ para } \frac{M_x}{p} \leq \frac{M_y}{q}$$

onde:

- \*  $M_x$  - é o momento fletor em torno do eixo x;
- \*  $M_y$  - é o momento fletor em torno do eixo y;
- \*  $M'_x$  - é o momento fletor efetivo em torno do eixo x;
- \*  $M'_y$  - é o momento fletor efetivo em torno do eixo y;
- \*  $p$  - é a dimensão da seção transversal na direção perpendicular ao eixo x;
- \*  $q$  - é a dimensão da seção transversal na direção perpendicular ao eixo y;
- \*  $j$  - é o coeficiente fornecido na Tabela 11 da ABNT NBR 15961-1: 2011.

#### → Elementos esbeltos

No caso de elementos comprimidos com índice de esbeltez superior a 12, o dimensionamento deve ser feito de acordo com o exposto acima, sendo que aos efeitos de primeira ordem é necessário adicionar os efeitos de segunda ordem. Na ausência de determinação mais precisa, o momento de segunda ordem pode ser aproximado por:

$$M_{2d} = \frac{N_d (h_e)^2}{2000 t}$$

onde:

- \*  $N_d$  - é a força normal de cálculo;
- \*  $h_e$  - é a altura efetiva do elemento comprimido;
- \*  $t$  - é a dimensão da seção transversal da peça no plano de flexão.

#### • CISALHAMENTO

Deve-se verificar:

$$(V_k \gamma_f) / (b \cdot d) \leq (f_{vk} / \gamma_m)$$

Onde:

- \*  $\gamma_m$  - coeficiente de ponderação das resistências;
  - \*  $\gamma_f$  - coeficiente de ponderação das ações;
  - \*  $V_k$  - valor do esforço cortante característico;
  - \*  $b$  - largura da seção transversal;
  - \*  $d$  - altura útil da seção transversal.
- Valor característico da resistência ao cisalhamento  $\rightarrow 0.15 + 0.5 \cdot \sigma \leq 1.4 \text{ MPa}$

#### • COMPRESSÃO SIMPLES

Deve-se verificar:

- EM PAREDES -  $\gamma_f \cdot N_k \leq f_k \cdot R \cdot A / \gamma_m$
- EM PILARES -  $\gamma_f \cdot N_k \leq 0.9 \cdot f_k \cdot R \cdot A / \gamma_m$

Onde:

- \*  $A$  - Área da seção resistente;
- \*  $f_k$  - resistência característica à compressão da alvenaria em MPa (onde  $f_k = 0.70 \cdot f_{pk}$ );
- \*  $f_{bk}$  - resistência característica à compressão do bloco em MPa (onde  $f_{pk} = 0.80 \cdot f_{bk}$ );
- \*  $N_k$  - força normal característica;
- \*  $\gamma_m$  - coeficiente de ponderação das resistências;
- \*  $\gamma_f$  - coeficiente de ponderação das ações.

#### · PAINEL1X

Pavimento: 1

→ Dimensionamento à compressão simples:

Resistência mínima do bloco: 4 MPa

Resistência mínima necessária: 2.343 MPa

Folga: 41.4

→ Dimensionamento à compressão na flexão:

##### - COMB.1

Resistência mínima necessária: 2.394 MPa

Folga: 40.2%

##### - COMB.2

Resistência mínima necessária: 2.194 MPa

Folga: 45.2 %

→ Verificação à tração na flexão

Resistência de cálculo à tração: 0.1 MPa

Tensão atuante à tração de cálculo: -0.26363 MPa

Conclusão: Tensão atuante de cálculo menor que Resistência de cálculo → OK!

→ Verificação ao cisalhamento:

Resistência de cálculo ao cisalhamento: 0.14925 MPa

Tensão cisalhante atuante de cálculo: 0.0011 MPa

Conclusão: Tensão cisalhante atuante de cálculo menor que Resistência de cálculo → OK!

#### · PAINEL2X

Pavimento: 1

→ Dimensionamento à compressão simples:

Resistência mínima do bloco: 4 MPa

Resistência mínima necessária: 3.086 MPa

Folga: 22.9

→ Dimensionamento à compressão na flexão:

##### - COMB.1

Resistência mínima necessária: 3.136 MPa

Folga: 21.6%

##### - COMB.2

Resistência mínima necessária: 2.822 MPa

Folga: 29.5 %

→ Verificação à tração na flexão

Resistência de cálculo à tração: 0.1 MPa

Tensão atuante à tração de cálculo: -0.34487 MPa

Conclusão: Tensão atuante de cálculo menor que Resistência de cálculo → OK!

→ Verificação ao cisalhamento:

Resistência de cálculo ao cisalhamento: 0.1695 MPa

Tensão cisalhante atuante de cálculo: 0.00097 MPa

Conclusão: Tensão cisalhante atuante de cálculo menor que Resistência de cálculo → OK!

· **PAINEL3X**

Pavimento: 1

→ Dimensionamento à compressão simples:

Resistência mínima do bloco: 4 MPa

Resistência mínima necessária: 3.029 MPa

Folga: 24.3

→ Dimensionamento à compressão na flexão:

- **COMB.1**

Resistência mínima necessária: 3.071 MPa

Folga: 23.2%

- **COMB.2**

Resistência mínima necessária: 2.752 MPa

Folga: 31.2 %

→ Verificação à tração na flexão

Resistência de cálculo à tração: 0.1 MPa

Tensão atuante à tração de cálculo: -0.34123 MPa

Conclusão: Tensão atuante de cálculo menor que Resistência de cálculo → OK!

→ Verificação ao cisalhamento:

Resistência de cálculo ao cisalhamento: 0.16725 MPa

Tensão cisalhante atuante de cálculo: 0.00074 MPa

Conclusão: Tensão cisalhante atuante de cálculo menor que Resistência de cálculo → OK!

· **PAINEL4X**

Pavimento: 1

→ Dimensionamento à compressão simples:

Resistência mínima do bloco: 4 MPa

Resistência mínima necessária: 3.143 MPa

Folga: 21.4

→ Dimensionamento à compressão na flexão:

- **COMB.1**

Resistência mínima necessária: 3.185 MPa

Folga: 20.4%

- **COMB.2**

Resistência mínima necessária: 2.838 MPa

Folga: 29.1 %

→ Verificação à tração na flexão

Resistência de cálculo à tração: 0.1 MPa

Tensão atuante à tração de cálculo: -0.35023 MPa

Conclusão: Tensão atuante de cálculo menor que Resistência de cálculo → OK!

→ Verificação ao cisalhamento:

Resistência de cálculo ao cisalhamento: 0.1695 MPa

Tensão cisalhante atuante de cálculo: 0.00074 MPa

Conclusão: Tensão cisalhante atuante de cálculo menor que Resistência de cálculo → OK!

· **PAINEL5X**

Pavimento: 1

→ Dimensionamento à compressão simples:

Resistência mínima do bloco: 4 MPa

Resistência mínima necessária: 2.413 MPa

Folga: 39.7

→ Dimensionamento à compressão na flexão:

- **COMB.1**

Resistência mínima necessária: 2.206 MPa

Folga: 44.9%

- **COMB.2**

Resistência mínima necessária: 2.025 MPa

Folga: 49.4 %

→ Verificação à tração na flexão

Resistência de cálculo à tração: 0.1 MPa

Tensão atuante à tração de cálculo: -0.2565 MPa

**Conclusão: Tensão atuante de cálculo menor que Resistência de cálculo → OK!**

→ Verificação ao cisalhamento:

Resistência de cálculo ao cisalhamento: 0.14475 MPa

Tensão cisalhante atuante de cálculo: 0.00048 MPa

**Conclusão: Tensão cisalhante atuante de cálculo menor que Resistência de cálculo → OK!**

#### · PAINEL6X

Pavimento: 1

→ Dimensionamento à compressão simples:

**Resistência mínima do bloco: 4 MPa**

Resistência mínima necessária: 3.029 MPa

Folga: 24.3

→ Dimensionamento à compressão na flexão:

**- COMB.1**

Resistência mínima necessária: 3.129 MPa

Folga: 21.8%

**- COMB.2**

Resistência mínima necessária: 2.841 MPa

Folga: 29 %

→ Verificação à tração na flexão

Resistência de cálculo à tração: 0.1 MPa

Tensão atuante à tração de cálculo: -0.30358 MPa

**Conclusão: Tensão atuante de cálculo menor que Resistência de cálculo → OK!**

→ Verificação ao cisalhamento:

Resistência de cálculo ao cisalhamento: 0.16725 MPa

Tensão cisalhante atuante de cálculo: 0.00441 MPa

**Conclusão: Tensão cisalhante atuante de cálculo menor que Resistência de cálculo → OK!**

#### · PAINEL7X

Pavimento: 1

→ Dimensionamento à compressão simples:

**Resistência mínima do bloco: 4 MPa**

Resistência mínima necessária: 2.343 MPa

Folga: 41.4

→ Dimensionamento à compressão na flexão:

**- COMB.1**

Resistência mínima necessária: 2.469 MPa

Folga: 38.3%

**- COMB.2**

Resistência mínima necessária: 2.31 MPa

Folga: 42.2 %

→ Verificação à tração na flexão

Resistência de cálculo à tração: 0.1 MPa

Tensão atuante à tração de cálculo: -0.21461 MPa

**Conclusão: Tensão atuante de cálculo menor que Resistência de cálculo → OK!**

→ Verificação ao cisalhamento:

Resistência de cálculo ao cisalhamento: 0.14925 MPa

Tensão cisalhante atuante de cálculo: 0.00705 MPa

**Conclusão: Tensão cisalhante atuante de cálculo menor que Resistência de cálculo → OK!**

#### · PAINEL8X

Pavimento: 1

→ Dimensionamento à compressão simples:

Resistência mínima do bloco: 4 MPa

Resistência mínima necessária: 3.143 MPa

Folga: 21.4

→ Dimensionamento à compressão na flexão:

- **COMB.1**

Resistência mínima necessária: 3.201 MPa

Folga: 20%

- **COMB.2**

Resistência mínima necessária: 2.863 MPa

Folga: 28.4 %

→ Verificação à tração na flexão

Resistência de cálculo à tração: 0.1 MPa

Tensão atuante à tração de cálculo: -0.33969 MPa

Conclusão: Tensão atuante de cálculo menor que Resistência de cálculo → OK!

→ Verificação ao cisalhamento:

Resistência de cálculo ao cisalhamento: 0.1695 MPa

Tensão cisalhante atuante de cálculo: 0.00146 MPa

Conclusão: Tensão cisalhante atuante de cálculo menor que Resistência de cálculo → OK!

#### · PAINEL9X

Pavimento: 1

→ Dimensionamento à compressão simples:

Resistência mínima do bloco: 4 MPa

Resistência mínima necessária: 2.171 MPa

Folga: 45.7

→ Dimensionamento à compressão na flexão:

- **COMB.1**

Resistência mínima necessária: 2.232 MPa

Folga: 44.2%

- **COMB.2**

Resistência mínima necessária: 2.066 MPa

Folga: 48.3 %

→ Verificação à tração na flexão

Resistência de cálculo à tração: 0.1 MPa

Tensão atuante à tração de cálculo: -0.23921 MPa

Conclusão: Tensão atuante de cálculo menor que Resistência de cálculo → OK!

→ Verificação ao cisalhamento:

Resistência de cálculo ao cisalhamento: 0.14475 MPa

Tensão cisalhante atuante de cálculo: 0.00156 MPa

Conclusão: Tensão cisalhante atuante de cálculo menor que Resistência de cálculo → OK!

#### · PAINEL10X

Pavimento: 1

→ Dimensionamento à compressão simples:

Resistência mínima do bloco: 4 MPa

Resistência mínima necessária: 2.571 MPa

Folga: 35.7

→ Dimensionamento à compressão na flexão:

- **COMB.1**

Resistência mínima necessária: 2.975 MPa

Folga: 25.6%

- **COMB.2**

Resistência mínima necessária: 2.914 MPa

Folga: 27.1 %

→ Verificação à tração na flexão

Resistência de cálculo à tração: 0.1 MPa

Tensão atuante à tração de cálculo: -0.05094 MPa

Conclusão: Tensão atuante de cálculo menor que Resistência de cálculo → OK!

→ Verificação ao cisalhamento:

Resistência de cálculo ao cisalhamento: 0.15375 MPa

Tensão cisalhante atuante de cálculo: 0.08093 MPa

Conclusão: Tensão cisalhante atuante de cálculo menor que Resistência de cálculo → OK!

#### · PAINEL11X

Pavimento: 1

→ Dimensionamento à compressão simples:

Resistência mínima do bloco: 4 MPa

Resistência mínima necessária: 2.343 MPa

Folga: 41.4

→ Dimensionamento à compressão na flexão:

- **COMB.1**

Resistência mínima necessária: 2.469 MPa

Folga: 38.3%

- **COMB.2**

Resistência mínima necessária: 2.311 MPa

Folga: 42.2 %

→ Verificação à tração na flexão

Resistência de cálculo à tração: 0.1 MPa

Tensão atuante à tração de cálculo: -0.2145 MPa

Conclusão: Tensão atuante de cálculo menor que Resistência de cálculo → OK!

→ Verificação ao cisalhamento:

Resistência de cálculo ao cisalhamento: 0.14925 MPa

Tensão cisalhante atuante de cálculo: 0.00707 MPa

Conclusão: Tensão cisalhante atuante de cálculo menor que Resistência de cálculo → OK!

#### · PAINEL12X

Pavimento: 1

→ Dimensionamento à compressão simples:

Resistência mínima do bloco: 4 MPa

Resistência mínima necessária: 3.143 MPa

Folga: 21.4

→ Dimensionamento à compressão na flexão:

- **COMB.1**

Resistência mínima necessária: 3.201 MPa

Folga: 20%

- **COMB.2**

Resistência mínima necessária: 2.863 MPa

Folga: 28.4 %

→ Verificação à tração na flexão

Resistência de cálculo à tração: 0.1 MPa

Tensão atuante à tração de cálculo: -0.33969 MPa

Conclusão: Tensão atuante de cálculo menor que Resistência de cálculo → OK!

→ Verificação ao cisalhamento:

Resistência de cálculo ao cisalhamento: 0.1695 MPa

Tensão cisalhante atuante de cálculo: 0.00146 MPa

Conclusão: Tensão cisalhante atuante de cálculo menor que Resistência de cálculo → OK!

#### · PAINEL13X

Pavimento: 1

→ Dimensionamento à compressão simples:

Resistência mínima do bloco: 4 MPa

Resistência mínima necessária: 2.171 MPa

Folga: 45.7

→ Dimensionamento à compressão na flexão:

- **COMB.1**

Resistência mínima necessária: 2.232 MPa

Folga: 44.2%

- **COMB.2**

Resistência mínima necessária: 2.066 MPa

Folga: 48.3 %

→ Verificação à tração na flexão

Resistência de cálculo à tração: 0.1 MPa

Tensão atuante à tração de cálculo: -0.23916 MPa

**Conclusão: Tensão atuante de cálculo menor que Resistência de cálculo → OK!**

→ Verificação ao cisalhamento:

Resistência de cálculo ao cisalhamento: 0.14475 MPa

Tensão cisalhante atuante de cálculo: 0.00156 MPa

**Conclusão: Tensão cisalhante atuante de cálculo menor que Resistência de cálculo → OK!**

#### · **PAINEL14X**

Pavimento: 1

→ Dimensionamento à compressão simples:

**Resistência mínima do bloco: 4 MPa**

Resistência mínima necessária: 3.029 MPa

Folga: 24.3

→ Dimensionamento à compressão na flexão:

- **COMB.1**

Resistência mínima necessária: 3.129 MPa

Folga: 21.8%

- **COMB.2**

Resistência mínima necessária: 2.842 MPa

Folga: 29 %

→ Verificação à tração na flexão

Resistência de cálculo à tração: 0.1 MPa

Tensão atuante à tração de cálculo: -0.30346 MPa

**Conclusão: Tensão atuante de cálculo menor que Resistência de cálculo → OK!**

→ Verificação ao cisalhamento:

Resistência de cálculo ao cisalhamento: 0.16725 MPa

Tensão cisalhante atuante de cálculo: 0.00443 MPa

**Conclusão: Tensão cisalhante atuante de cálculo menor que Resistência de cálculo → OK!**

#### · **PAINEL15X**

Pavimento: 1

→ Dimensionamento à compressão simples:

**Resistência mínima do bloco: 4 MPa**

Resistência mínima necessária: 2.343 MPa

Folga: 41.4

→ Dimensionamento à compressão na flexão:

- **COMB.1**

Resistência mínima necessária: 2.394 MPa

Folga: 40.2%

- **COMB.2**

Resistência mínima necessária: 2.194 MPa

Folga: 45.2 %

→ Verificação à tração na flexão

Resistência de cálculo à tração: 0.1 MPa

Tensão atuante à tração de cálculo: -0.26363 MPa

**Conclusão: Tensão atuante de cálculo menor que Resistência de cálculo → OK!**

→ Verificação ao cisalhamento:

Resistência de cálculo ao cisalhamento: 0.14925 MPa

Tensão cisalhante atuante de cálculo: 0.0011 MPa

Conclusão: Tensão cisalhante atuante de cálculo menor que Resistência de cálculo → OK!

· **PAINEL16X**

Pavimento: 1

→ Dimensionamento à compressão simples:

Resistência mínima do bloco: 4 MPa

Resistência mínima necessária: 3.086 MPa

Folga: 22.9

→ Dimensionamento à compressão na flexão:

- **COMB.1**

Resistência mínima necessária: 3.136 MPa

Folga: 21.6%

- **COMB.2**

Resistência mínima necessária: 2.822 MPa

Folga: 29.5 %

→ Verificação à tração na flexão

Resistência de cálculo à tração: 0.1 MPa

Tensão atuante à tração de cálculo: -0.34487 MPa

Conclusão: Tensão atuante de cálculo menor que Resistência de cálculo → OK!

→ Verificação ao cisalhamento:

Resistência de cálculo ao cisalhamento: 0.1695 MPa

Tensão cisalhante atuante de cálculo: 0.00097 MPa

Conclusão: Tensão cisalhante atuante de cálculo menor que Resistência de cálculo → OK!

· **PAINEL17X**

Pavimento: 1

→ Dimensionamento à compressão simples:

Resistência mínima do bloco: 4 MPa

Resistência mínima necessária: 3.029 MPa

Folga: 24.3

→ Dimensionamento à compressão na flexão:

- **COMB.1**

Resistência mínima necessária: 3.071 MPa

Folga: 23.2%

- **COMB.2**

Resistência mínima necessária: 2.752 MPa

Folga: 31.2 %

→ Verificação à tração na flexão

Resistência de cálculo à tração: 0.1 MPa

Tensão atuante à tração de cálculo: -0.34123 MPa

Conclusão: Tensão atuante de cálculo menor que Resistência de cálculo → OK!

→ Verificação ao cisalhamento:

Resistência de cálculo ao cisalhamento: 0.16725 MPa

Tensão cisalhante atuante de cálculo: 0.00074 MPa

Conclusão: Tensão cisalhante atuante de cálculo menor que Resistência de cálculo → OK!

· **PAINEL18X**

Pavimento: 1

→ Dimensionamento à compressão simples:

Resistência mínima do bloco: 4 MPa

Resistência mínima necessária: 3.143 MPa

Folga: 21.4

→ Dimensionamento à compressão na flexão:

- **COMB.1**

Resistência mínima necessária: 3.185 MPa

Folga: 20.4%

**- COMB.2**

Resistência mínima necessária: 2.838 MPa

Folga: 29.1 %

→ Verificação à tração na flexão

Resistência de cálculo à tração: 0.1 MPa

Tensão atuante à tração de cálculo: -0.35023 MPa

**Conclusão: Tensão atuante de cálculo menor que Resistência de cálculo → OK!**

→ Verificação ao cisalhamento:

Resistência de cálculo ao cisalhamento: 0.1695 MPa

Tensão cisalhante atuante de cálculo: 0.00074 MPa

**Conclusão: Tensão cisalhante atuante de cálculo menor que Resistência de cálculo → OK!**

· **PAINEL19X**

Pavimento: 1

→ Dimensionamento à compressão simples:

**Resistência mínima do bloco: 4 MPa**

Resistência mínima necessária: 2.413 MPa

Folga: 39.7

→ Dimensionamento à compressão na flexão:

**- COMB.1**

Resistência mínima necessária: 2.206 MPa

Folga: 44.9%

**- COMB.2**

Resistência mínima necessária: 2.025 MPa

Folga: 49.4 %

→ Verificação à tração na flexão

Resistência de cálculo à tração: 0.1 MPa

Tensão atuante à tração de cálculo: -0.2565 MPa

**Conclusão: Tensão atuante de cálculo menor que Resistência de cálculo → OK!**

→ Verificação ao cisalhamento:

Resistência de cálculo ao cisalhamento: 0.14475 MPa

Tensão cisalhante atuante de cálculo: 0.00048 MPa

**Conclusão: Tensão cisalhante atuante de cálculo menor que Resistência de cálculo → OK!**

· **PAINEL1Y**

Pavimento: 1

→ Dimensionamento à compressão simples:

**Resistência mínima do bloco: 4 MPa**

Resistência mínima necessária: 2.343 MPa

Folga: 41.4

→ Dimensionamento à compressão na flexão:

**- COMB.1**

Resistência mínima necessária: 2.459 MPa

Folga: 38.5%

**- COMB.2**

Resistência mínima necessária: 2.294 MPa

Folga: 42.6 %

→ Verificação à tração na flexão

Resistência de cálculo à tração: 0.1 MPa

Tensão atuante à tração de cálculo: -0.22132 MPa

**Conclusão: Tensão cisalhante atuante de cálculo menor que Resistência de cálculo → OK!**

→ Verificação ao cisalhamento:

Resistência de cálculo ao cisalhamento: 0.14925 MPa

Tensão cisalhante atuante de cálculo: 0.01746 MPa

**Conclusão: Tensão atuante de cálculo menor que Resistência de cálculo → OK!**

· **PAINEL2Y**

Pavimento: 1

→ Dimensionamento à compressão simples:

Resistência mínima do bloco: 4 MPa

Resistência mínima necessária: 3.543 MPa

Folga: 11.4

→ Dimensionamento à compressão na flexão:

- **COMB.1**

Resistência mínima necessária: 3.559 MPa

Folga: 11%

- **COMB.2**

Resistência mínima necessária: 3.197 MPa

Folga: 20.1 %

→ Verificação à tração na flexão

Resistência de cálculo à tração: 0.1 MPa

Tensão atuante à tração de cálculo: -0.43022 MPa

Conclusão: Tensão cisalhante atuante de cálculo menor que Resistência de cálculo → OK!

→ Verificação ao cisalhamento:

Resistência de cálculo ao cisalhamento: 0.18525 MPa

Tensão cisalhante atuante de cálculo: 0.0002 MPa

Conclusão: Tensão atuante de cálculo menor que Resistência de cálculo → OK!

· **PAINEL3Y**

Pavimento: 1

→ Dimensionamento à compressão simples:

Resistência mínima do bloco: 4 MPa

Resistência mínima necessária: 2.343 MPa

Folga: 41.4

→ Dimensionamento à compressão na flexão:

- **COMB.1**

Resistência mínima necessária: 2.459 MPa

Folga: 38.5%

- **COMB.2**

Resistência mínima necessária: 2.294 MPa

Folga: 42.6 %

→ Verificação à tração na flexão

Resistência de cálculo à tração: 0.1 MPa

Tensão atuante à tração de cálculo: -0.2215 MPa

Conclusão: Tensão cisalhante atuante de cálculo menor que Resistência de cálculo → OK!

→ Verificação ao cisalhamento:

Resistência de cálculo ao cisalhamento: 0.14925 MPa

Tensão cisalhante atuante de cálculo: 0.01743 MPa

Conclusão: Tensão atuante de cálculo menor que Resistência de cálculo → OK!

· **PAINEL4Y**

Pavimento: 1

→ Dimensionamento à compressão simples:

Resistência mínima do bloco: 4 MPa

Resistência mínima necessária: 3.086 MPa

Folga: 22.9

→ Dimensionamento à compressão na flexão:

- **COMB.1**

Resistência mínima necessária: 3.186 MPa

Folga: 20.3%

- **COMB.2**

Resistência mínima necessária: 2.899 MPa  
 Folga: 27.5 %  
 → Verificação à tração na flexão  
 Resistência de cálculo à tração: 0.1 MPa  
 Tensão atuante à tração de cálculo: -0.31245 MPa  
**Conclusão: Tensão cisalhante atuante de cálculo menor que Resistência de cálculo → OK!**  
 → Verificação ao cisalhamento:  
 Resistência de cálculo ao cisalhamento: 0.1695 MPa  
 Tensão cisalhante atuante de cálculo: 0.00961 MPa  
**Conclusão: Tensão atuante de cálculo menor que Resistência de cálculo → OK!**

· **PAINEL5Y**

Pavimento: 1  
 → Dimensionamento à compressão simples:  
**Resistência mínima do bloco: 4 MPa**  
 Resistência mínima necessária: 2.571 MPa  
 Folga: 35.7  
 → Dimensionamento à compressão na flexão:  
**- COMB.1**  
 Resistência mínima necessária: 2.641 MPa  
 Folga: 34%  
**- COMB.2**  
 Resistência mínima necessária: 2.394 MPa  
 Folga: 40.2 %  
 → Verificação à tração na flexão  
 Resistência de cálculo à tração: 0.1 MPa  
 Tensão atuante à tração de cálculo: -0.2697 MPa  
**Conclusão: Tensão cisalhante atuante de cálculo menor que Resistência de cálculo → OK!**  
 → Verificação ao cisalhamento:  
 Resistência de cálculo ao cisalhamento: 0.15375 MPa  
 Tensão cisalhante atuante de cálculo: 0.00449 MPa  
**Conclusão: Tensão atuante de cálculo menor que Resistência de cálculo → OK!**

· **PAINEL6Y**

Pavimento: 1  
 → Dimensionamento à compressão simples:  
**Resistência mínima do bloco: 4 MPa**  
 Resistência mínima necessária: 3.086 MPa  
 Folga: 22.9  
 → Dimensionamento à compressão na flexão:  
**- COMB.1**  
 Resistência mínima necessária: 3.186 MPa  
 Folga: 20.3%  
**- COMB.2**  
 Resistência mínima necessária: 2.899 MPa  
 Folga: 27.5 %  
 → Verificação à tração na flexão  
 Resistência de cálculo à tração: 0.1 MPa  
 Tensão atuante à tração de cálculo: -0.31261 MPa  
**Conclusão: Tensão cisalhante atuante de cálculo menor que Resistência de cálculo → OK!**  
 → Verificação ao cisalhamento:  
 Resistência de cálculo ao cisalhamento: 0.1695 MPa  
 Tensão cisalhante atuante de cálculo: 0.00957 MPa  
**Conclusão: Tensão atuante de cálculo menor que Resistência de cálculo → OK!**

· **PAINEL7Y**

Pavimento: 1

→ Dimensionamento à compressão simples:

Resistência mínima do bloco: 4 MPa

Resistência mínima necessária: 3.029 MPa

Folga: 24.3

→ Dimensionamento à compressão na flexão:

- **COMB.1**

Resistência mínima necessária: 3.116 MPa

Folga: 22.1%

- **COMB.2**

Resistência mínima necessária: 2.821 MPa

Folga: 29.5 %

→ Verificação à tração na flexão

Resistência de cálculo à tração: 0.1 MPa

Tensão atuante à tração de cálculo: -0.31224 MPa

Conclusão: Tensão cisalhante atuante de cálculo menor que Resistência de cálculo → OK!

→ Verificação ao cisalhamento:

Resistência de cálculo ao cisalhamento: 0.16725 MPa

Tensão cisalhante atuante de cálculo: 0.01227 MPa

Conclusão: Tensão atuante de cálculo menor que Resistência de cálculo → OK!

· **PAINEL8Y**

Pavimento: 1

→ Dimensionamento à compressão simples:

Resistência mínima do bloco: 4 MPa

Resistência mínima necessária: 2.571 MPa

Folga: 35.7

→ Dimensionamento à compressão na flexão:

- **COMB.1**

Resistência mínima necessária: 2.641 MPa

Folga: 34%

- **COMB.2**

Resistência mínima necessária: 2.394 MPa

Folga: 40.2 %

→ Verificação à tração na flexão

Resistência de cálculo à tração: 0.1 MPa

Tensão atuante à tração de cálculo: -0.26969 MPa

Conclusão: Tensão cisalhante atuante de cálculo menor que Resistência de cálculo → OK!

→ Verificação ao cisalhamento:

Resistência de cálculo ao cisalhamento: 0.15375 MPa

Tensão cisalhante atuante de cálculo: 0.00357 MPa

Conclusão: Tensão atuante de cálculo menor que Resistência de cálculo → OK!

· **PAINEL9Y**

Pavimento: 1

→ Dimensionamento à compressão simples:

Resistência mínima do bloco: 4 MPa

Resistência mínima necessária: 3.029 MPa

Folga: 24.3

→ Dimensionamento à compressão na flexão:

- **COMB.1**

Resistência mínima necessária: 3.115 MPa

Folga: 22.1%

- **COMB.2**

Resistência mínima necessária: 2.82 MPa

Folga: 29.5 %

→ Verificação à tração na flexão

Resistência de cálculo à tração: 0.1 MPa  
 Tensão atuante à tração de cálculo: -0.31243 MPa  
 Conclusão: Tensão cisalhante atuante de cálculo menor que Resistência de cálculo → OK!  
 → Verificação ao cisalhamento:  
 Resistência de cálculo ao cisalhamento: 0.16725 MPa  
 Tensão cisalhante atuante de cálculo: 0.01225 MPa  
 Conclusão: Tensão atuante de cálculo menor que Resistência de cálculo → OK!

· **PAINEL10Y**

Pavimento: 1  
 → Dimensionamento à compressão simples:  
 Resistência mínima do bloco: 4 MPa  
 Resistência mínima necessária: 3.143 MPa  
 Folga: 21.4  
 → Dimensionamento à compressão na flexão:  
 - **COMB.1**  
 Resistência mínima necessária: 3.253 MPa  
 Folga: 18.7%  
 - **COMB.2**  
 Resistência mínima necessária: 2.942 MPa  
 Folga: 26.4 %  
 → Verificação à tração na flexão  
 Resistência de cálculo à tração: 0.1 MPa  
 Tensão atuante à tração de cálculo: -0.30629 MPa  
 Conclusão: Tensão cisalhante atuante de cálculo menor que Resistência de cálculo → OK!  
 → Verificação ao cisalhamento:  
 Resistência de cálculo ao cisalhamento: 0.1695 MPa  
 Tensão cisalhante atuante de cálculo: 0.01756 MPa  
 Conclusão: Tensão atuante de cálculo menor que Resistência de cálculo → OK!

· **PAINEL11Y**

Pavimento: 1  
 → Dimensionamento à compressão simples:  
 Resistência mínima do bloco: 4 MPa  
 Resistência mínima necessária: 3.143 MPa  
 Folga: 21.4  
 → Dimensionamento à compressão na flexão:  
 - **COMB.1**  
 Resistência mínima necessária: 3.253 MPa  
 Folga: 18.7%  
 - **COMB.2**  
 Resistência mínima necessária: 2.942 MPa  
 Folga: 26.4 %  
 → Verificação à tração na flexão  
 Resistência de cálculo à tração: 0.1 MPa  
 Tensão atuante à tração de cálculo: -0.30629 MPa  
 Conclusão: Tensão cisalhante atuante de cálculo menor que Resistência de cálculo → OK!  
 → Verificação ao cisalhamento:  
 Resistência de cálculo ao cisalhamento: 0.1695 MPa  
 Tensão cisalhante atuante de cálculo: 0.01756 MPa  
 Conclusão: Tensão atuante de cálculo menor que Resistência de cálculo → OK!

· **PAINEL12Y**

Pavimento: 1  
 → Dimensionamento à compressão simples:  
 Resistência mínima do bloco: 4 MPa

Resistência mínima necessária: 2.171 MPa

Folga: 45.7

→ Dimensionamento à compressão na flexão:

- **COMB.1**

Resistência mínima necessária: 2.292 MPa

Folga: 42.7%

- **COMB.2**

Resistência mínima necessária: 2.159 MPa

Folga: 46 %

→ Verificação à tração na flexão

Resistência de cálculo à tração: 0.1 MPa

Tensão atuante à tração de cálculo: -0.20032 MPa

Conclusão: Tensão cisalhante atuante de cálculo menor que Resistência de cálculo → OK!

→ Verificação ao cisalhamento:

Resistência de cálculo ao cisalhamento: 0.14475 MPa

Tensão cisalhante atuante de cálculo: 0.01573 MPa

Conclusão: Tensão atuante de cálculo menor que Resistência de cálculo → OK!

#### · PAINEL13Y

Pavimento: 1

→ Dimensionamento à compressão simples:

Resistência mínima do bloco: 4 MPa

Resistência mínima necessária: 2.857 MPa

Folga: 28.6

→ Dimensionamento à compressão na flexão:

- **COMB.1**

Resistência mínima necessária: 2.582 MPa

Folga: 35.5%

- **COMB.2**

Resistência mínima necessária: 2.301 MPa

Folga: 42.5 %

→ Verificação à tração na flexão

Resistência de cálculo à tração: 0.1 MPa

Tensão atuante à tração de cálculo: -0.30844 MPa

Conclusão: Tensão cisalhante atuante de cálculo menor que Resistência de cálculo → OK!

→ Verificação ao cisalhamento:

Resistência de cálculo ao cisalhamento: 0.15375 MPa

Tensão cisalhante atuante de cálculo: 0.00009 MPa

Conclusão: Tensão atuante de cálculo menor que Resistência de cálculo → OK!

#### · PAINEL14Y

Pavimento: 1

→ Dimensionamento à compressão simples:

Resistência mínima do bloco: 4 MPa

Resistência mínima necessária: 2.171 MPa

Folga: 45.7

→ Dimensionamento à compressão na flexão:

- **COMB.1**

Resistência mínima necessária: 2.292 MPa

Folga: 42.7%

- **COMB.2**

Resistência mínima necessária: 2.158 MPa

Folga: 46 %

→ Verificação à tração na flexão

Resistência de cálculo à tração: 0.1 MPa

Tensão atuante à tração de cálculo: -0.20043 MPa

Conclusão: Tensão cisalhante atuante de cálculo menor que Resistência de cálculo → OK!

→ Verificação ao cisalhamento:

Resistência de cálculo ao cisalhamento: 0.14475 MPa

Tensão cisalhante atuante de cálculo: 0.0157 MPa

Conclusão: Tensão atuante de cálculo menor que Resistência de cálculo → OK!

## **APÊNDICE C – Memorial de Cálculo: dimensionamento ao cisalhamento de paredes**

### ***DIMENSIONAMENTO AO CISALHAMENTO SEGUNDO A ABNT NBR 15961-1 15/06/13 22:14:41***

#### **•CISALHAMENTO: VERIFICAÇÃO ELEMENTO NÃO ARMADO**

Deve-se verificar:

$$(V_k \cdot \gamma_f) / (b \cdot h) \leq (f_{vk} / \gamma_m) = f_{vd}$$

Onde:

- \*  $\gamma_m$  - coeficiente de ponderação das resistências para a alvenaria;
- \*  $\gamma_f$  - coeficiente de ponderação das ações;
- \*  $V_k$  - valor do esforço cortante característico;
- \*  $b$  - largura da seção transversal;
- \*  $d$  - altura da seção transversal;
- \*  $f_{vk}$  - Valor característico da resistência ao cisalhamento, obtida através da Tabela 4 da ABNT NBR 15961-1:2011.

#### **•CISALHAMENTO: VERIFICAÇÃO ELEMENTO ARMADO**

Para peças de alvenaria estrutural submetidas à flexão e quando existirem armaduras perpendiculares ao plano de cisalhamento e envoltas por graute, a resistência característica ao cisalhamento pode ser obtida por:

$$f_{vk} = 0,35 + 17,5 \cdot \rho \leq 0,7 \text{ MPa e } \rho = A_s / (b \cdot d)$$

Onde:

- \*  $f_{vk}$  - resistência característica ao cisalhamento;
- \*  $\rho$  - taxa geométrica de armadura longitudinal;
- \*  $A_s$  - área transversal da armadura longitudinal de tração;
- \*  $d$  - altura útil da seção transversal.

#### **•CISALHAMENTO: DIMENSIONAMENTO**

A armadura de cisalhamento paralela à direção de atuação da força é determinada por:

$$A_{sw} = (V_d - V_a) s / (0,5 \cdot f_{yd} \cdot d) \geq 0,05\% b \cdot s$$

Onde:

- \*  $V_a = f_{vd} \cdot b \cdot d$  e  $\rho = A_s / (b \cdot d)$ ;
- \*  $V_a$  - força cortante absorvida pela alvenaria;
- \*  $V_d$  - força cortante de cálculo;

- \*  $f_{vd}$  - resistência de cálculo ao cisalhamento da alvenaria;
- \*  $f_{yd}$  - resistência de cálculo de escoamento da armadura;
- \*  $s$  - espaçamento das barras da armadura de cisalhamento.

#### •DISPOSIÇÕES CONSTRUTIVAS

Devem-se dispor de estribos com espaçamentos que não excedam:

- a)  $d/2$ ;
- b) 60 cm para paredes;
- c) 30 cm para vigas.

Nos pilares armados, devem-se dispor de estribos de diâmetro mínimo 5mm, com espaçamentos que não excedam:

- a) a menor dimensão do pilar;
- b) 50 vezes o diâmetro do estribo;
- c) 20 vezes o diâmetro das barras longitudinais.

#### • DIMENSIONAMENTO:

##### • Paineis: teste

Pavimento: 2

→ Verificação ao cisalhamento: Elemento não armado

Resistência de cálculo ao cisalhamento: 0.188 MPa

Tensão cisalhante atuante de cálculo: 0.214 MPa

**Conclusão: Tensão cisalhante atuante de cálculo maior que Resistência de cálculo → dimensionamento como elemento armado**

→ Cisalhamento: Dimensionamento

$d = 210 \text{ cm}$

$A_{sw, \min} = 0.42 \text{ cm}^2$

$A_{sw} = 0.1 \text{ cm}^2$

Ø8.0 c/60

## APÊNDICE D – Memorial de Cálculo: dimensionamento de vergas e vigas

### ***DIMENSIONAMENTO DE VERGAS E VIGAS SEGUNDO A ABNT NBR 15961-1 07/06/13 16:14:37***

#### **•DIMENSIONAMENTO À FLEXÃO**

→ **Calcula-se o carregamento atuante sobre a verga:**

Deve-se verificar:

1º - Peso próprio da parede:

$$g_{pp} = (A_1 + A_2) \cdot e_p \cdot \gamma_{alv} / L$$

Onde:

\*  $A_1$  e  $A_2$  - áreas de paredes que descarregam sobre a verga;

\*  $e_p$  - espessura da parede revestida;

\*  $\gamma_{alv}$  - peso específico da parede revestida;

\*  $L$  - vão efetivo.

2º - Reação atuante da laje:

$$g_{pl} = R_L \cdot d_1 \cdot e_p / L$$

Onde:

\*  $R_L$  - reação da laje em kN/m;

\*  $d_1$  - comprimento da laje que apoia sobre a verga;

3º - Peso próprio do graute:

$$g_{pg} = b_1 \cdot d \cdot \gamma_c$$

Onde:

\*  $d$  - altura útil da viga;

\*  $b_1$  - espessura do bloco menos duas vezes a espessura da parede longitudinal;

\*  $\gamma_c$  - peso específico do graute.

→ **Calcula-se o Momento fletor de cálculo:**

$$M_d = 1,4 \cdot M_k = 1,4 \cdot (g_{pp} + g_{pl} + g_{pg}) \cdot L^2 / 8$$

→ **Seção retangular - Armadura Simples:**

Para cálculo da armadura, deve-se fazer o equilíbrio de força e momento da seção:

$$\bullet F_c = f_d \cdot 0,8x \cdot b = F_t = f_s \cdot d \cdot A_s$$

$$\bullet M_{Rd} = F_c \cdot z = F_t \cdot z \rightarrow z = d - 0,4x \leq 0,95d$$

• Com o valor de  $x$  para seção balanceada no domínio 3/4 e aço CA50:  $\phi$  CA50  $\rightarrow \epsilon_s = 0,207\%$  (CA50)

com  $\epsilon_c = 0,35\%$

$$\text{portanto, } x_{34} = 0,35 / (0,35 + 0,207) = 0,628$$

Quando for considerada armadura simples apenas, a solução leva a:

$$M_{Rd} = A_s \cdot f_s \cdot d \cdot z \leq 0,4 f_d \cdot b \cdot d; \text{ onde } f_{sd} \leq 50\% f_{yd}$$

$$z = d \left( 1 - 0,5 \frac{A_s \cdot f_{sd}}{b \cdot d \cdot f_d} \right) \leq 0,95d$$

Como é necessário saber o valor de  $A_s$  nas duas equações acima, é preciso deduzir o equilíbrio da seção para checar essa área:

- Inicialmente verifica-se o valor de  $M_{d,máx}$  para seção balanceada:

$$M_{d,máx} = f_d \cdot 0,8x \cdot b \cdot z \leq 0,4f_d \cdot b \cdot d$$

- Se  $M_d < M_{d,máx}$ , então dimensiona-se para **armadura simples**:

$$\text{Impondo } F_c = f_d \cdot 0,8x \cdot b, \text{ tem-se } M_d = (f_d \cdot 0,8x \cdot b)(d - 0,4x)$$

- Resolve-se o valor de  $x$
- Calcula-se  $z = d - 0,4x \leq 0,95d$
- Calcula-se  $A_s = M_d / [(50\% f_{yd}) \cdot z]$
- Verifica-se a armadura mínima igual a  $10\% x b \cdot d$ .
- Se  $M_d < M_{d,máx}$ , então é necessário **armadura dupla**.

→ **Seção retangular - Armadura dupla:**

No caso de armadura dupla, pode-se ainda contar com o binário das forças  $F_1$  e  $F_2$  dado pelas armaduras complementares  $A_{s1}$  e  $A_{s2}$ :

- $F_1 = 50\% f_{yd} \cdot A_{s1}$
- $F_2 = (d' / x \cdot 0,35\%) \cdot E_s \cdot A_{s2}$  [deformação na armadura negativa =  $d' / x \cdot 0,35\%$ ]
- $x_{34} = 0,35 \cdot d / [0,35 + 0,207] \rightarrow x_{34} / d = 0,628$  (Aço CA50)
- $z_{34} = d - 0,4x_{34}$
- $M_1 = f_d \cdot 0,8x_{34} \cdot b \cdot z_{34}$
- $\Delta M = M_{Rd} - M_1$
- $A_{s1} = \Delta M / [(50\% f_{yd}) \cdot (d - d')]$

Para a armadura negativa, deve-se verificar a tensão no aço:

- $f'_s = [(d' / x_{34} \cdot 0,35\%) \cdot E_s \leq 50\% f_{yd}]$
- $A_{s2} = \Delta M / [f'_s \cdot (d - d')]$
- $A_s = M_1 / [(50\% f_{yd}) \cdot z_{34}] + A_{s1}$
- $A_s = A_{s2}$

Onde:

- \*  $f_{pk,g} = f_{bk} \cdot \eta \cdot 0,80$ ;
- \*  $f_k = 0,70 \cdot f_{pk,g}$ ;
- \*  $f_d = f_k / \gamma_m$ ;
- \*  $f_{pk,g}$  - resistência característica à compressão do prisma grauteado em MPa;
- \*  $f_{bk}$  - resistência característica à compressão do bloco em MPa
- \*  $\eta$  - eficiência do graute;
- \*  $f_k$  - resistência característica à compressão da alvenaria em MPa;
- \*  $f_d$  - resistência de cálculo à compressão da alvenaria em MPa;
- \*  $\gamma_m$  - coeficiente de ponderação das resistências;
- \*  $b$  - espessura do bloco;
- \*  $f_{yd}$  - resistência de cálculo de escoamento da armadura.

• **DIMENSIONAMENTO AO CISALHAMENTO**

→ **Cisalhamento: Verificação elemento armado**

Para peças de alvenaria estrutural submetidas à flexão e quando existirem armaduras perpendiculares ao plano de cisalhamento e envoltas por graute, a resistência característica ao cisalhamento pode ser obtida por:

$$f_{vk} = 0.35 + 17.5 * \rho \leq 0.7 \text{ MPa e } \rho = A_s / (b * d)$$

Onde:

- \*  $f_{vk}$  - resistência característica ao cisalhamento;
- \*  $\rho$  - taxa geométrica de armadura longitudinal;
- \*  $A_s$  - área transversal da armadura longitudinal de tração;
- \*  $d$  - altura útil da seção transversal.

→ **Cisalhamento: Dimensionamento**

A armadura de cisalhamento paralela à direção de atuação da força é determinada por:

$$A_{sw} = (V_d - V_a) / (0.5 * f_{yd} * d) \geq 0.05\% * b * s$$

Onde:

- \*  $V_a = f_{vd} * b * d$  e  $\rho = A_s / (b * d)$ ;
- \*  $V_a$  - força cortante absorvida pela alvenaria;
- \*  $V_d$  - força cortante de cálculo;
- \*  $f_{vd}$  - resistência de cálculo ao cisalhamento da alvenaria;
- \*  $f_{yd}$  - resistência de cálculo de escoamento da armadura;
- \*  $s$  - espaçamento das barras da armadura de cisalhamento.

→ **Disposições construtivas:**

Armaduras alojadas em um espaço grauteado não podem ter área da seção transversal superior a 8% da área correspondente da seção do graute envolvente considerando-se eventuais regiões de traspasse.

As barras de armaduras não podem ter diâmetro superior a 6,3 mm, quando localizadas em juntas de assentamento e 25 mm em qualquer outro caso.

As barras de armaduras devem estar suficientemente separadas, de modo a permitir o correto lançamento e compactação do graute que as envolve.

A distância livre entre barras adjacentes não pode ser menor que:

- a) o diâmetro máximo do agregado mais 5 mm;
- b) 1,5 vez o diâmetro da armadura;
- c) 20 mm.

Devem-se dispor de estribos com espaçamentos que não excedam:

- a)  $d/2$ ;
- b) 60 cm para paredes;
- c) 30 cm para vigas.

Nos pilares armados, devem-se dispor de estribos de diâmetro mínimo 5mm, com espaçamentos que não

excedam:

- a) a menor dimensão do pilar;
- b) 50 vezes o diâmetro do estribo;
- c) 20 vezes o diâmetro das barras longitudinais.

• **DIMENSIONAMENTO:**

• **Verga ou viga biapoiada V1**

→ **Dimensionamento à flexão simples**

Vão efetivo = 1.70 m

$M_d = 1.22 \text{ kN.m}$

$b = 14 \text{ cm}; d = 15 \text{ cm}$

aço CA 50 →  $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$f_{pk} = 6.4 \text{ MPa}$  (canaleta totalmente grauteada, considerando 100% de eficiência do grauteamento )

$f_k = 4.48 \text{ MPa}$

seção balanceada:  $x/d = 0,628$

$x_{34} = 0.094 \text{ cm}$

$z_{34} = 0.112 \text{ cm}$

$M_{d,máx} = 2.64 \text{ kN.m}$

$M_{d,máx} > M_d$  → **Armadura simples**

$x = 0.036 \text{ m}$

$z = 0.136 \text{ m}$

$A_s = 0.41 \text{ cm}^2$

$A_{s,min} = 0.21 \text{ cm}^2$  → 1 x Ø 8.0 mm

→ **Verificação ao cisalhamento: Elemento armado**

Resistência de cálculo ao cisalhamento: 0.351 MPa

Tensão cisalhante atuante de cálculo: 0.137 MPa

$A_s = 0.50 \text{ cm}^2$

$V_k = 2.05 \text{ kN}$

**Conclusão:** Tensão cisalhante atuante de cálculo menor que Resistência de cálculo → OK!

## APÊNDICE E – Memorial de Cálculo: dimensionamento do painel 3X

### · PAINEL3X

Pavimento: 1

→ Dimensionamento à compressão simples:

Resistência mínima do bloco: 4 MPa

Resistência mínima necessária: 0.914 MPa

Folga: 77.1

→ Dimensionamento à compressão na flexão:

- **COMB.1**

Resistência mínima necessária: 1.334 MPa

Folga: 66.6%

- **COMB.2**

Resistência mínima necessária: 1.498 MPa

Folga: 62.5 %

→ Verificação à tração na flexão

Resistência de cálculo à tração: 0.1 MPa

Tensão atuante à tração de cálculo: 0.14329 MPa

**Conclusão:** Tensão atuante de cálculo maior que Resistência de cálculo → dimensionamento como elemento armado

$\lambda = 20 > 12$  → Adicionar  $M_{2d}$  para a direção de  $\lambda > 12$ .

$M_{2d} = 6.6$  kN.m

$N_d / (A f_k) = 0.359$  →  $j = 0.579$

$M_d' = 94.95$  kN.m

→ Verificação da tração (Alv. não-armada) com o acréscimo de  $M_{2d}$

Resistência de cálculo à tração: 0.1 MPa

Tensão atuante à tração de cálculo: 0.55 MPa

**Conclusão:** Tensão atuante de cálculo maior que Resistência de cálculo → dimensionamento como elemento armado

→ Verificação da compressão com o acréscimo de  $M_{2d}$

Resistência de cálculo à compressão da alvenaria : 1.12 MPa

Solicitação de cálculo à compressão:

- **COMB.1:** 0.64 MPa

- **COMB.2:** 0.69 MPa

**Conclusão:** Tensão de compressão atuante de cálculo menor que Resistência de cálculo à compressão → OK!

→ Dimensionamento à tração

$N_{Rd} = 201.32$  kN

$N_d = 235.58$  kN

$N_{Rd} < N_d$  → Cálculo da armadura feito pelo processo simplificado (Estádio II)

→ Verificação do bordo direito:

$A_{s,min} = 2.93$  cm<sup>2</sup>

$x = 0.52$  m

$A_s = 1.68$  cm<sup>2</sup>

$A_{s,adotado} = 2.93$  cm<sup>2</sup>

→ Verificação do bordo esquerdo:

$A_{s,min} = 2.93$  cm<sup>2</sup>

$x = 1.08$  m

$A_s = 1.91$  cm<sup>2</sup>

$A_{s,adotado} = 2.93$  cm<sup>2</sup>

→ Verificação ao cisalhamento:

Resistência de cálculo ao cisalhamento: 0.1065 MPa

Tensão cisalhante atuante de cálculo: 0.034 MPa

**Conclusão:** Tensão cisalhante atuante de cálculo menor que Resistência de cálculo → OK!