

Uni-ANHANGURERA – CENTRO UNIVERSITÁRIO DE GOIÁS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

REDIMENSIONAMENTO DE UM EDIFÍCIO COMERCIAL EM
ESTRUTURAS METÁLICAS: ESTUDO DE CASO

CAMILLA BATISTA DOS ANJOS GRIGOLETTO

GOIÂNIA
Novembro/2018

CAMILLA BATISTA DOS ANJOS GRIGOLETTO

**REDIMENSIONAMENTO DE UM EDIFÍCIO COMERCIAL EM
ESTRUTURAS METÁLICAS: ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro Universitário de Goiás – Uni-ANHANGUERA, sob orientação do Professor Me. Eduardo Mariano Cavalcante de Castro, como requisito parcial para obtenção do bacharelado em Engenharia Civil.

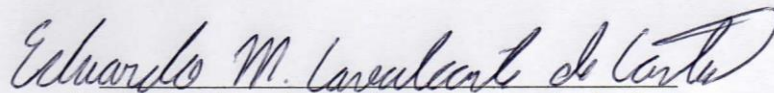
GOIÂNIA
Novembro/2018

FOLHA DE APROVAÇÃO

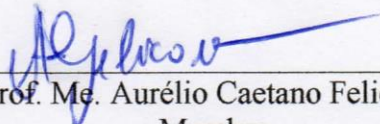
CAMILLA BATISTA DOS ANJOS GRIGOLETTO

REDIMENSIONAMENTO DE UM EDIFÍCIO COMERCIAL EM ESTRUTURAS
METÁLICAS: ESTUDO DE CASO

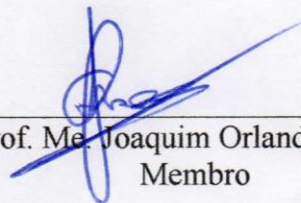
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à banca examinadora como requisito parcial para obtenção do Bacharelado em Engenharia Civil do Centro Universitário de Goiás - Uni-ANHANGUERA, defendido e aprovado em 12 de novembro de 2018 pela banca examinadora constituída por:



Prof. Me. Eduardo Mariano Cavalcante de Castro
Orientador



Prof. Me. Aurélio Caetano Feliciano
Membro



Prof. Me. Joaquim Orlando Parada
Membro

Resumo

Ainda que a escolha do sistema estrutural de um edifício seja influenciada por imposições arquitetônicas, por rotinas construtivas ou ainda pela infraestrutura da região, compete ao engenheiro de estruturas determinar, dentre as várias alternativas estruturais, aquela que garanta maior economia para o seu projeto. Com este trabalho pretende-se estabelecer uma análise comparativa e de custos entre a utilização de estruturas metálicas e de concreto armado, através de um estudo de caso realizado a partir do projeto estrutural de um edifício comercial concebido originalmente em concreto armado. Para efeitos de comparação, o edifício foi redimensionado com pilares e vigas em perfis metálicos, preservando a locação original dos mesmos, conforme plantas de fôrma do projeto original. As ligações, cargas e demais parâmetros considerados no redimensionamento seguiram padrões e diretrizes dispostos em normas vigentes. Também foram acrescentados recursos necessários à estabilidade vertical da estrutura, segundo a necessidade e atendendo os requisitos definidos no projeto arquitetônico. Para que o levantamento de custos de cada alternativa seja o mais real possível, foram comparados apenas os elementos estruturais alterados no projeto estrutural, ou seja, pilares e vigas, não levando em consideração o projeto de lajes maciças e demais elementos construtivos. Os resultados do redimensionamento indicaram tanto vigas como pilares metálicos mais baixos do que em concreto armado, porém mais robustos. Por fim, a análise de comparação sintética de custos mostrou que apesar da solução em estrutura metálica ser mais onerosa do que a opção em concreto armado, este valor pode ser compensado pela rapidez de construção e pela redução nos custos com as fundações.

PALAVRAS-CHAVE: Estruturas de aço. Estruturas mistas. Projeto estrutural. Sistemas construtivos. Comparativo de custos.

1 INTRODUÇÃO

Dimensionar é um processo interativo entre requisitos de ordem funcional, forma e resistência que resulta na determinação das dimensões de um objeto (DICIO, 2018). O dimensionamento estrutural deve favorecer tanto a segurança como o desempenho da estrutura diante das ações previstas para atuarem nesta sob condições normais de uso ao longo da sua vida útil.

De acordo com Vasconcelos (2012), Louis Marie Henri Navier (1785-1936) foi o primeiro engenheiro a quantificar a segurança. Nessa época, as estruturas modernas existentes eram principalmente metálicas. Navier decidiu pesquisá-las e chegou à conclusão de que as estruturas satisfatórias eram aquelas existentes que se comportavam bem, isto é, aquelas que, durante vários anos, haviam resistido às cargas a que eram submetidas sem apresentar deformações excessivas. Verificou, caso por caso, que aquelas que não possuíam deformações que pudessem comprometer seu funcionamento, mesmo que fossem somente de efeito estético, seriam consideradas aceitáveis. Chegou ao valor da deformação máxima aceitável das barras de $\varepsilon = 0,5 \text{ ‰}$ (mm/m) ou seja, cerca de 1/4 da tensão de ruptura do material.

Mais tarde houve contestações, será que com a tensão admissível, ou tensão limitada, algumas estruturas não estariam funcionando muito próximas da ruptura? Como o comportamento do material raramente é linear nas proximidades da ruptura, seria necessário verificar qual o afastamento real da ruptura. Daí em diante, as modificações foram surgindo rapidamente, e novas exigências e parâmetros agregados às normas, contemplando, além da segurança, a durabilidade (VASCONCELOS, 2012).

Apesar das constantes revisões das normas de procedimento vigentes, até os dias de hoje não se sabe com precisão qual a segurança que deve ter uma estrutura para que ela seja aceitável. Atualmente, o dimensionamento estrutural é realizado mediante verificações nos métodos dos Estados Limites Último (ELU) e de Serviço (ELS).

A concepção estrutural deve levar em conta a finalidade da edificação e cumprir, tanto quanto possível, as condições impostas pela arquitetura, já que o projeto arquitetônico representa a base para a elaboração do projeto estrutural. Sendo assim, ao criar um arranjo estrutural, o engenheiro de estruturas tem que atender, simultaneamente, os aspectos de segurança, durabilidade, economia e os relativos ao projeto arquitetônico – estética e funcionalidade (ALBUQUERQUE, 1999).

Ao elaborar o projeto estrutural, o engenheiro precisa definir, dentre os diversos sistemas estruturais, qual é o mais adequado para aquela edificação. Um sistema estrutural adequado é aquele que prioriza a segurança da estrutura. Para isso, é necessário conhecer as propriedades físicas e químicas dos materiais que constituem os elementos estruturais; conhecendo suas propriedades pode-se prever o comportamento estrutural diante das cargas aplicadas nesta.

A opção estrutural adotada neste estudo de caso, que consiste no redimensionamento de um edifício comercial de concreto armado é o sistema de estruturas metálicas.

O aço é uma denominação geral de ligas de Ferro e Carbono que contêm em sua composição diferentes elementos químicos como Carbono, Silício, Manganês, Enxofre e Fósforo em quantidade limitada. O Carbono aumenta a dureza e a resistência, mas, em contrapartida, afeta a ductilidade e a soldabilidade, sendo necessária a utilização de pequenas quantidades de outros elementos de liga para melhorar as propriedades do aço. Aços-carbono estruturais tem mais de 98% de Ferro, de 0,2 a 1% de Carbono e aproximadamente 1% de Manganês, em peso (CENTRO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO EM AÇO, 2018).

Na construção civil, destacam-se os aços estruturais de média e alta resistência mecânica, isto é, aços que devido à sua resistência, ductilidade e outras propriedades, são adequados para utilização em elementos da construção sujeitos a carregamento. As principais condições para aços destinados à aplicação estrutural são que estes apresentem elevada tensão de escoamento, elevada tenacidade, boa soldabilidade, homogeneidade microestrutural, susceptibilidade de corte por chama sem endurecimento e boa trabalhabilidade em operações tais como corte, furação e dobramento, sem que se originem fissuras ou outros defeitos (INSTITUTO BRASILEIRO DE SIDERURGIA, 2004).

Os aços estruturais não podem ser substituídos por aços comerciais sem qualificação estrutural em obra de engenharia, pois estes não possuem requisitos de propriedades mecânicas. Para realizar o dimensionamento estrutural, é preciso conhecer as propriedades mecânicas do aço, sobretudo, sua resistência ao escoamento (f_y) e à ruptura (f_u). Embora o aço mais indicado para aplicação estrutural atualmente seja o microligado de alta resistência ($f_y \geq 300$ MPa), estes são mais difíceis de se obter combinações desejáveis de espessuras, alturas e larguras (levando à redução do peso da estrutura) do que o aço Carbono de média resistência (SILVA, 2012).

Portanto, no redimensionamento do edifício modelo, serão adotados perfis I de aço estrutural ASTM-A36 soldados por arco elétrico, que são classificados como aço Carbono de

média resistência mecânica, tendo seu limite de escoamento mínimo entre 200 e 250 MPa e limite de ruptura de 400 MPa.

A partir do projeto estrutural original, a alternativa em estruturas metálicas será analisada, dimensionada e detalhada por inteiro, considerando lajes maciças, vigas e pilares metálicos, levando-se em conta todas as ações atuantes, inclusive o vento. Para tal, serão utilizados os módulos de dimensionamento estrutural dos programas mCalcAC®, mCalcLig® e mCalcPerfis® do sistema ST_Stabile, bem como o programa de cálculo automático e análise estrutural SAP2000®.

Ao longo da elaboração do projeto foi de fundamental importância recorrer a um conjunto de normas e regulamentos, quer para definir características dos materiais, tipos de análises estruturais, quantificações de ações, disposições construtivas, etc.

Em relação a economia na obra, Albuquerque (1999) salienta que esta começa pela qualidade dos projetos, com destaque para o estrutural, uma vez que este, individualmente, responde pela etapa de maior representatividade no custo total da construção; de 15% a 20% do custo total. Justifica-se então um estudo prévio para a escolha do sistema estrutural a ser adotado. Se o processo construtivo apresentar padronização das formas, o que facilita a produtividade da mão-de-obra e o reaproveitamento, simplicidade dos detalhamentos, disponibilidade comercial dos materiais necessários, o tempo de execução será menor, e o retorno financeiro, mais rápido.

Visando a comparação de custos entre as duas soluções estruturais — concreto armado e estruturas metálicas —, por meio de um orçamento sintético, os consumos de aço são apresentados em função do metro, e o consumo de concreto armado, em função do metro (aço), área (forma) e volume (concreto).

O presente trabalho pretende contribuir para um melhor conhecimento sobre a utilização de estruturas metálicas em edificações com vários pavimentos. O objetivo principal do trabalho consiste em dimensionar um edifício comercial de quatro pavimentos com subsolo. Para tal, foram empregadas um conjunto de normas que as estruturas metálicas devem obedecer. Não se pretende indicar uma solução estrutural ideal, mas demonstrar a viabilidade da análise das diversas alternativas estruturais no meio acadêmico através deste tipo de estudo, ao servir-se de softwares que minimizam o tempo de cálculo, de detalhamento e de orçamento dos projetos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O projeto estrutural do edifício modelo foi cedido gentilmente pelo escritório Primus Engenharia E Construções LTDA, situado em Goiânia. Trata-se do projeto do Laboratório Atalaia, ilustrado na Figura 1, de autoria do engenheiro Sandro de Paula da Cunha Matos, representante legal do escritório acima mencionado.



Figura 1. Fachada frontal do edifício modelo.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

O edifício comercial, destinado à utilização como laboratório, está localizado na Av. das Bandeiras Quadra 23, Lote 05/06 N° 300 - Vila Brasília, Aparecida de Goiânia-GO e possui área construída de 2.953,13m², com subsolo, pavimento térreo e três pavimentos tipo. No topo da edificação, encontram-se a casa de máquinas e o reservatório superior. Suas dimensões em planta são 23,57 m de largura e 24,97 m de comprimento, pé-direito de 3,40 m (exceto subsolo, com 2,89 m), altura total de 20,52 m, espessura da laje de 10 cm (exceto tampa do reservatório, barrilete e mesa para motores com 8 cm) e paredes internas e externas com 15 cm de espessura. As fachadas do edifício calculado são mostradas no Anexo A.

A partir dos projetos arquitetônico e estrutural original, foi criado um arranjo unifilar tridimensional dos pilares e vigas usando o software AutoCAD® e, posteriormente, exportado

para o SAP2000®, onde foram lançadas todas as barras com suas respectivas seções geométricas resultantes do pré-dimensionamento, calculadas no Excel.

Em seguida, foi definido a posição dos elementos aporticados, onde os nós das ligações vigas-pilares permaneceram engastados; o restante das ligações tiveram seus momentos liberados em torno dos eixos de maior e menor inércia, simulando ligações rotuladas (estruturas estaticamente indeterminadas). A estabilidade no plano horizontal foi alcançada pela inserção de diafragmas (artifício que simula laje e ajuda a distribuir a pressão do vento) nos nós da estrutura.

Também, as ações gravitacionais e horizontais atuantes na estrutura, assim como as ações combinadas, foram inseridas no modelo representativo geométrico do SAP2000®, que realizou a análise estático linear da estrutura de forma a determinar os efeitos mais desfavoráveis nesta.

Com base nos resultados obtidos na análise estrutural, foi realizado o dimensionamento dos perfis que compõem a estrutura através dos módulos de dimensionamento dos programas mCalcAC®, mCalcLig® e mCalcPerfis®, que verificaram se os perfis têm suficiente capacidade para atender as solicitações do projeto. O dimensionamento foi feito baseado no método dos Estados Limites Último (ELU) na verificação da resistência e de Serviço (ELS) na verificação da deformação excessiva.

Todos os pilares e vigas que foram engastadas nos pilares geram momento fletor positivo e negativo, por isso foram calculadas como vigas I simples pelo mCalcPerfis®; as vigas rotuladas nos pilares têm momento fletor apenas positivo, logo foram calculadas como vigas mistas pelo mCalcAC®. As ligações foram dimensionadas pelo mCalcLig®.

As características geométricas dos perfis I soldados utilizados no pré-dimensionamento e no dimensionamento definitivo são apresentadas na NBR 5884:2013 e são classificados em série simétrica, uma categoria composta por perfis que apresentam simetria na sua seção transversal em relação aos eixos X-X e Y-Y, conforme ilustrado na Figura 2.

A série simétrica é dividida em:

- Série CS, formada por perfis soldados tipo pilar, com relação $d/bf = 1$, cujas dimensões estão indicadas na NBR 5884;
- Série CVS, formada por perfis soldados tipo viga-pilar, com relação $1 < d/bf \leq 1,5$, cujas dimensões estão indicadas na NBR 5884;
- Série VS, formada por perfis soldados tipo viga, com relação $1,5 < d/bf \leq 4$, cujas dimensões estão indicadas na NBR 5884;

- Série PS, formada por perfis soldados simétricos cujas dimensões não estão indicadas na NBR 5884, mas que seguem as demais especificações da Norma Brasileira.

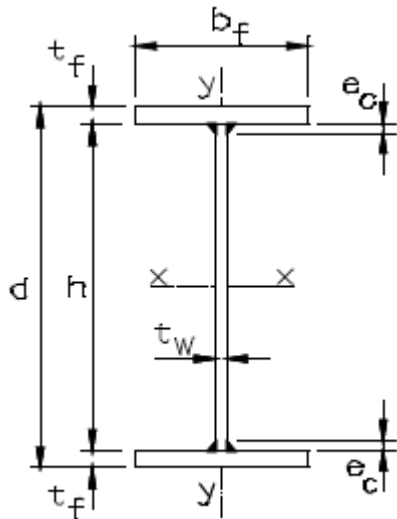


Figura 2. Série simétrica.
Fonte: SILVA, 2012.

Foram adotados perfis soldados da série CS para os pilares, VS para as vigas e CVS para as vigas da escada. Também se utilizou a série PS para obtenção das seções das vigas de 150 mm de altura, visto que perfis com essa altura não estão tabelados na Norma supramencionada.

Por se tratar de perfis soldados e laminados, o dimensionamento dos pilares, vigas e conectores de cisalhamento deverá seguir as diretrizes da NBR 8800:2008, além de empregar os procedimentos de análise estrutural da referida Norma.

Os valores das propriedades mecânicas do aço ASTM-A36, utilizado nos cálculos foram adotadas conforme Item 4.5.2.9 da NBR 8800:2008 (p. 13):

- Peso específico, $\gamma_a=78,5 \text{ KN/m}^3$;
- Módulo de elasticidade, $E_a=200.000 \text{ MPa}$,
- Coeficiente de Poisson, $\nu =0,3$;
- Módulo de elasticidade transversal, $G_a=77.000 \text{ MPa}$;
- Coeficiente de dilatação térmica , $\beta_a=1,2 \times 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Concepção da Estrutura

A primeira etapa de um projeto estrutural é a escolha de um sistema estrutural que atenda aos requisitos de estabilidade, resistência, desempenho em serviço e durabilidade da estrutura. Esta fase implica em escolher os elementos a serem utilizados e definir suas posições, de forma que componha um sistema estrutural capaz de absorver os esforços produzidos pelas ações e os transmita ao solo de fundações (MADEIRA, 2009).

O projeto arquitetônico baliza o engenheiro de estruturas na elaboração do projeto estrutural definitivo, que é desenvolvido levando em conta a compatibilização de todos os projetos. A escolha da solução estrutural é tomada em conjunto entre cliente, arquiteto e engenheiro projetista (ALBUQUERQUE, 1999).

Segundo o mesmo autor, é importante lembrar que a estruturação segue alguns critérios. Geralmente se inicia pela locação dos pilares no primeiro nível, que segue a seguinte ordem: pilares de canto, pilares nas áreas comuns a todos os pavimentos (região da escada e dos elevadores), pilares de extremidade (situados no contorno do pavimento) e finalmente pilares internos.

O estudo de caso consistiu em redimensionar apenas os pilares e vigas em estruturas metálicas, preservando o projeto de lajes maciças. O sistema estrutural foi modificado, porém, no contexto intencional deste projeto, optou-se por locar os pilares e vigas seguindo as plantas de fôrma do projeto original em concreto armado (ver Anexo B), com intuito de não se fazer modificações que possam descaracterizar a comparação entre os projetos.

A estrutura é modelada a partir do projeto arquitetônico. No caso deste projeto, a estrutura foi modelada a partir do estrutural guardando algumas particularidades; por exemplo, embora nos projetos de estruturas metálicas os nomes das vigas não se repitam, os nomes das vigas seguiram a nomenclatura do concreto armado, se repetindo de um pavimento pro outro para poder identificar com rapidez e precisão, quando necessário, as vigas de mesma posição nas plantas de concreto armado.

Utilizou-se para modelar a estrutura o software AutoCAD®, como mostra a Figura 3. As barras são os pilares e as vigas, representados pelos seus eixos. A estrutura foi desenhada por inteiro, desde o subsolo até a cobertura.

Uma estrutura tridimensional possui seis graus de liberdade no espaço: três translações (esforço axial + duas componentes de cisalhamento) e três rotações (torção + duas componentes de flexão), segundo três eixos ortogonais. A liberação ou restrição desses movimentos nos apoios é que determina o grau de estaticidade da estrutura (SILVA, 2012).

Sabendo que edificações estruturadas em aço são estaticamente determinadas, com ligações articuladas entre as barras, e que estas necessitam de um sistema de estabilização, analisou-se os vários tipos recurso para estabilização vertical do edifício, já que no plano horizontal as placas de laje maciça garantem a rigidez necessária.

Após avaliar todas as opções de enrijecimento vertical do sistema estrutural por meio de contraventamentos dispostos na diagonal do quadro metálico, verificou-se que a posição das barras de contraventamento obstruiu passagens de portas, janelas e vagas de garagem definidos no projeto arquitetônico, portanto, optou-se por admitir o uso do sistema aporticado, garantindo todos os vãos entre colunas livres para utilização.

O sistema aporticado, ou quadro rígido, manterá o pórtico estável através do engastamento das ligações vigas-pilares pela adição de placas de ligação e parafusos. As demais vigas que não fazem parte dos pórticos rígidos continuarão rotuladas nos pilares.

Foram enrijecidos os pórticos centrais externos ao longo de toda a altura do edifício, nas quatro faces da edificação. Os pórticos P22-V16c-P23 foram enrijecidos desde o térreo até a cobertura. Os pórticos P3-V1c-P4, P7-V2b-P16 e P12-V14b-P15 foram enrijecidos desde o subsolo até a cobertura. A partir do nível da cobertura, todas as vigas foram engastadas nos pilares.

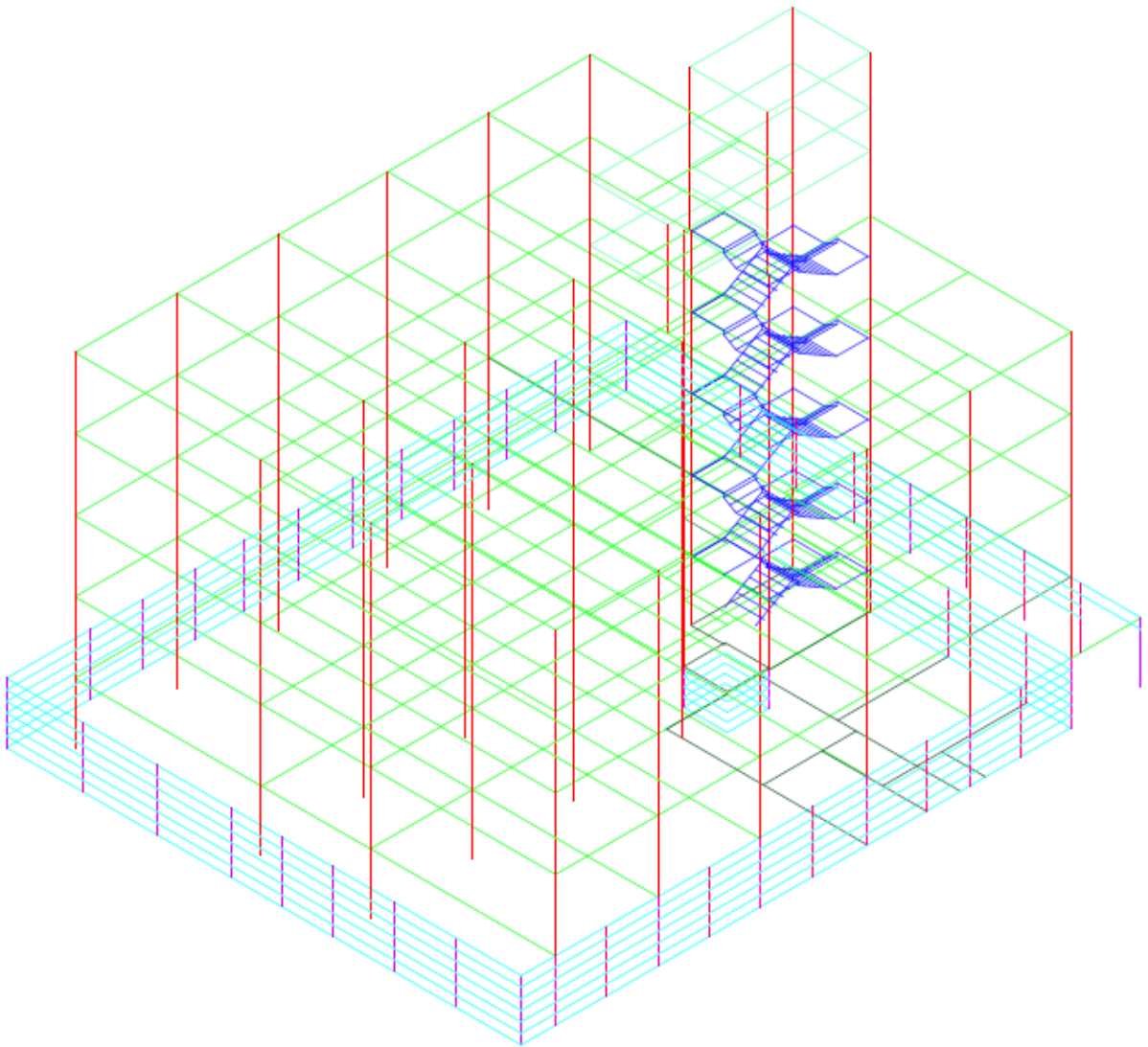


Figura 3. Modelo estrutural tridimensional.
Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

3.2 Ações Consideradas

De acordo com a ABNT NBR 8800:2008, devem ser consideradas todas as ações que possam produzir efeitos significativos para a segurança da estrutura, levando-se em conta os possíveis estados-limites últimos e os de serviço.

As ações permanentes são constituídas pelo peso próprio da estrutura e pelos pesos próprios dos elementos construtivos fixos e das instalações permanentes. As ações variáveis são as que ocorrem com valores que apresentam variações significativas durante a vida da construção (ABNT NBR 8681, 2003).

3.2.1 Carregamentos Verticais

As cargas gravitacionais foram determinadas conforme as diretrizes da NBR 6120:1980. Para laboratório, as cargas de uso e ocupação nos pavimentos com acesso ao público, bem como para as escadas é de 3 kN/m² (Tabela 2 da NBR 6120:1980) e 1 kN/m² para sobrecarga na laje da cobertura. Adotou-se 1 kN/m² de carga permanente referente ao revestimento e forro. e nos pavimentos onde existem paredes divisórias esta carga foi acrescida de 0,5 kN/m², observando o Item 2.1.2 da mesma Norma.

Já que a Norma permite, no cálculo dos pilares, reduzir o efeito da sobrecarga em edificações com mais de 3 pisos (contado de cima para baixo), foi reduzida a sobrecarga do pavimento térreo em 20% (valor indicado na Tabela 4 da NBR 6120) na combinação de ações.

Os pesos próprios da laje e alvenaria foram obtidos multiplicando-se suas espessuras pelos respectivos pesos específicos desses materiais, encontrados na Tabela 1 da NBR 6120:1980. Logo, para alvenaria de tijolo cerâmico furado de 9 cm com 3 cm de emboço de cada lado, tem-se: $PP_{alvenaria} = 13kN/m^3 * 0,09 m + 21kN/m^3 * 0,06 m = 2,5k N/m^2$. O peso próprio das lajes de 10 cm e 8 cm são $PP_{laje de 10cm} = 25kN/m^3 * 0,1 m = 2,5 kN/m^2$ e $PP_{laje de 0.8cm} = 25kN/m^3 * 0,8 m = 2,0 kN/m^2$.

3.2.2 Empuxo de Terra nas Paredes-cortina

As paredes-cortina e seus pilares, as vigas baldrame e a caixa do elevador foram mantidas em concreto armado, portanto, não foram dimensionadas. No entanto, as cargas horizontais devido ao empuxo de terra foram calculadas e lançadas nas combinações de ações para verificar se os esforços decorrentes do empuxo produziram efeito significativo no cálculo dos pilares P15 e P12.

Por não dispor do projeto de fundações ou qualquer outro dado que contemple informações a respeito do tipo de solo edificado, as ações devido ao empuxo de terra nas paredes-cortina foram calculadas a partir do peso específico da argila arenosa (retirado da Tabela 3 da NBR 6120:1980), um solo corriqueiro no Município de Goiânia e entorno. O carregamento uniforme do empuxo foi calculado: $PP_{empuxo} = 18kN/m^3 * 2,89 m = 52,02 kN/m^2$. Posteriormente, esse valor foi multiplicado pelo comprimento de cada parede-cortina e a carga, repartida nos pilares adjacentes.

3.2.3 Ação do Vento na Estrutura

Os esforços gerados pela ação do vento são determinados de acordo com a NBR 6123:1988. A estrutura foi modelada no software VisualVentos® para o vento longitudinal (0° e 180°) e vento transversal (90° e 270°). Para o cálculo da velocidade característica do vento, adotou-se:

- Velocidade básica $V_0=35$ m/s, por se tratar de uma edificação na cidade de Aparecida de Goiânia/GO;
- Fator topográfico $S_1=1,0$, considerando o terreno plano ou fracamente acidentado;
- Rugosidade do terreno, dimensões da edificação e altura sobre o terreno: $S_2=0,95$; em se tratando de centro periférico, classifica-se como categoria III, e como classe B por ser uma edificação na qual a maior dimensão está entre 20m e 50m;
- Fator estatístico $S_3=1,0$; grupo 2: edificações para comércio;
- Coeficientes de pressão interna, encontradas na seção 6.2 da NBR 6123:1988: Quatro faces igualmente permeáveis → $C_{pi} = -0,30$ ou $0,00$ (Item 6.2.5).

De posse do valor da pressão dinâmica do vento e das combinações de coeficientes de pressão (interno e externo), extraídos do relatório gerado pelo VisualVentos®, os carregamentos devido a ação do vento incidindo nas paredes foram calculados para as combinações de coeficientes de pressão mais nocivas pela seguinte equação: $\Delta p = (C_{pe} - C_{pi})$ * pressão dinâmica * distância entre pórticos.

Como o telhado é assimétrico, contendo mesa de motor, barrilete e caixa d'água acima do nível da cobertura e que telhados assimétricos não estão previstos na Norma de vento, adotou-se uma hipótese simplificadora para fins de cálculo, considerando que as cargas incidentes nas paredes acima do nível da cobertura também poderiam ser dimensionadas a partir das combinações dos coeficientes de pressão das paredes.

Assim, obteve-se as cargas de vento na estrutura (ver Quadro 3 do Apêndice A), distribuídas respeitando a direção de atuação do vento, conforme Figura 4.

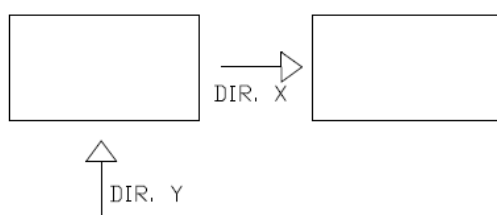


Figura 4. Direções de atuação do vento.
Fonte: ALBUQUERQUE, 1999.

3.3 Pré-Dimensionamento

O pré-dimensionamento consiste em uma estimativa inicial das dimensões das seções transversais dos elementos estruturais para poder calcular o peso próprio da estrutura. O conhecimento das dimensões permite determinar os vãos equivalentes e as rigidezes, necessários no cálculo das ligações entre os elementos. Nessa fase normalmente se considera a estrutura submetida apenas ao carregamento vertical (PAIVA, 2009).

O carregamento dos pilares metálicos foi estimado pelo método das áreas de influência, que é determinada a partir da metade da distância entre os pilares vizinhos. Considerou-se que cada m² de área de influência de cada laje contribuiu com 1000 kgf de carga para o pilar, aí estando incluídos o peso próprio da laje, o peso da alvenaria, o peso dos revestimentos e as cargas acidentais.

O carregamento das vigas foi estimado dividindo-se a contribuição de carregamento da alvenaria e da área de influência da laje pelo comprimento da viga. Os vãos das janelas foram descontados no cálculo da carga de alvenaria das paredes externas. Como medida simplificativa para estimar o peso da alvenaria e o peso das esquadrias, adotou-se a altura construída dessas paredes acrescida de 20 cm. Nas vigas do perímetro da cobertura, foi considerada a carga proveniente de uma platibanda de 1,20 m de altura. Mais uma vez, como hipótese simplificadora, admitiu-se um acréscimo percentual de 50% sobre o carregamento tanto dos pilares quanto das vigas como estimativa média dos pesos próprios destes elementos visto que as seções dos perfis ainda não são conhecidas.

O pré-dimensionamento das seções transversais dos pilares e vigas baseou-se em funções simplificadas. As vigas metálicas são consideradas bi-apoiadas, portanto, foram calculadas para o momento máximo aproximado ($M_{m\acute{a}x} = q * l^2 / 8$). Cada viga foi calculada individualmente. Já os pilares foram calculados, nesta fase de pré-dimensionamento, apenas para os esforços axiais de compressão (N_c), ou seja, desconsiderando qualquer excentricidade.

A primeira estimativa da seção transversal dos pilares e vigas metálicas foi feita através do software VisualMetal®, bastando entrar com os valores dos comprimentos de flambagem, comprimento destravado e as respectivas solicitações de cálculo (Momento fletor para vigas ou Normal para pilares). Este programa indica perfis em conformidade com a NBR 5884:2013 após verificar as condições de resistência especificadas na NBR 8800:2008. Os carregamentos, assim como a geometria inicial dos elementos estruturais resultante do pré-dimensionamento estão indicados nos Quadros 1 e 2 (Apêndice A).

Vale lembrar que nesta etapa só se levou em conta as solicitações devido às ações verticais, enquanto que na fase de dimensionamento definitivo serão considerados os efeitos tanto das ações verticais quanto horizontais e também ações combinadas para a obtenção dos esforços necessários ao dimensionamento dos elementos.

3.4 Análise Estrutural

3.4.1 Preparando a Estrutura

Após definir a geometria e as combinações de ações para cada seção do pórtico, inicia-se a análise do arranjo estrutural. Segundo PFEIL et al. (2008), no dimensionamento e verificação da segurança de uma estrutura, a obtenção de um conjunto de resultados (esforços e deslocamentos) indispensáveis ao seu dimensionamento só é possível através da realização de uma análise aprofundada.

A análise estrutural busca determinar os efeitos das ações na estrutura por meio das verificações de estados-limites últimos (ELU) e de serviço (ELS), devendo ser feita com base em um modelo realista, que permita representar a resposta da estrutura e dos materiais estruturais, levando em consideração as deformações causadas por todos os esforços solicitantes relevantes (ABNT NBR 8800, 2008).

A configuração unifilar da estrutura criada no AutoCAD® foi transferida para o SAP2000®, um programa de análise estrutural, tendo o cuidado de definir o material e associar as barras às suas respectivas seções, determinadas no pré-dimensionamento.

Em seguida, foi liberado o movimento para duas componentes de rotação, em torno dos eixos de maior e menor inércia, nas ligações das vigas que não fazem parte dos pórticos rígidos, simulando um sistema rotulado onde pequenas movimentações são permitidas sem que isso produza tensões na estrutura. As demais vigas, consideradas engastadas, permaneceram com os seis graus de liberdade restringidos. Como as fundações são desconhecidas, optou-se por engastar todos apoios.

A contenção lateral da viga é feita pela laje, que impede a flambagem com torção da seção transversal (alma e mesa) ao longo do seu eixo longitudinal. Essa interação da laje com as vigas (vigas-mistas) assegura a estabilização horizontal e ajuda a distribuir a pressão do vento nos pórticos. Para que o modelo estrutural se comportasse de maneira fiel a um modelo realista

ao processar a análise foram inseridos diafragmas, dispositivos que dão rigidez ao quadro proporcional a rigidez das lajes no seu plano.

O esquema do edifício a ser analisado é mostrado na Figura 5.

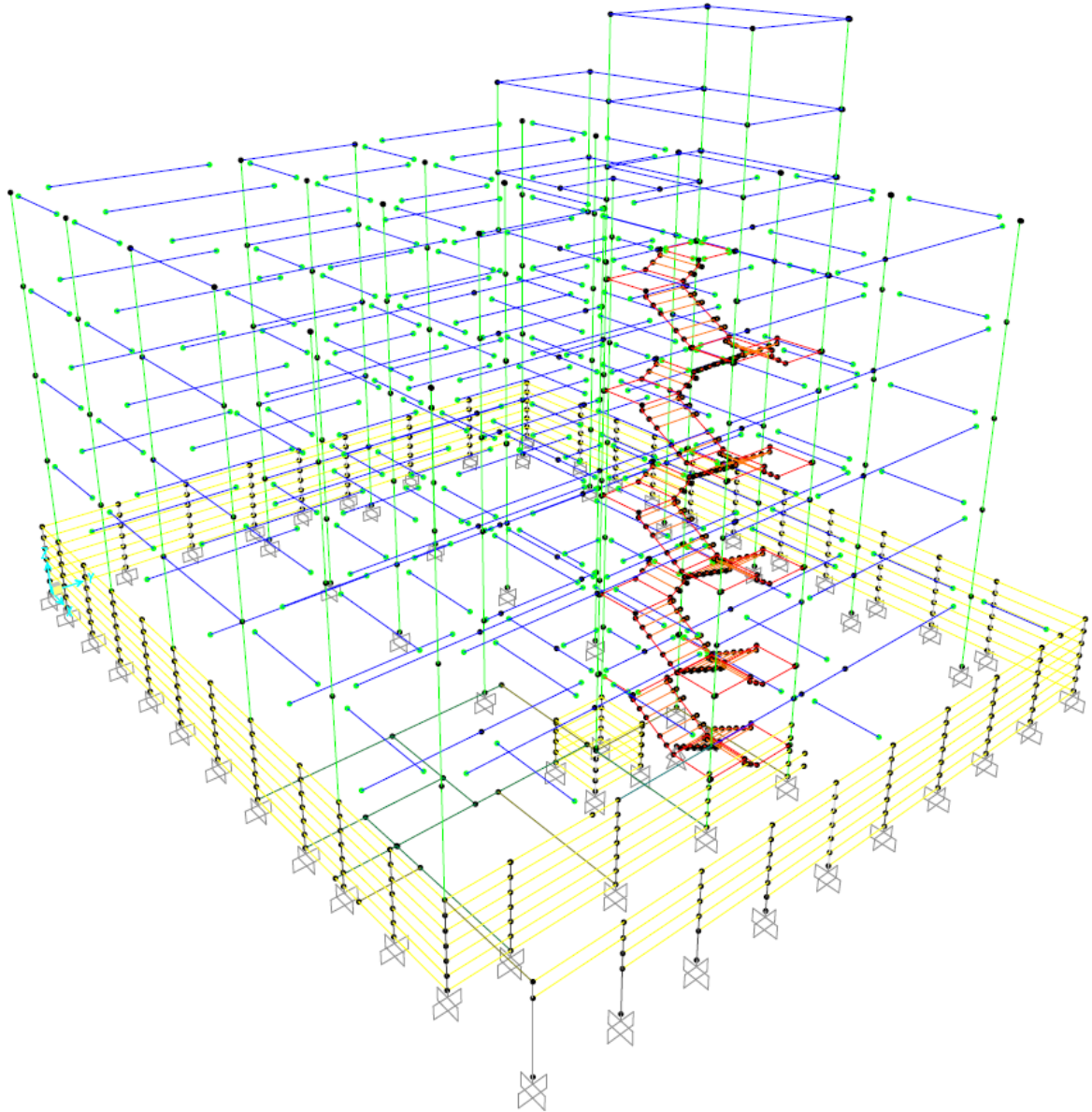


Figura 5. Estrutura pronta para receber os carregamentos.
Fonte: SAP2000®.

3.4.2 Combinações de Ações

O Centro Brasileiro de Construção em Aço (2010), em seu manual "Galpões para Usos Gerais", explica que os estados-limites estão relacionados às chances de a "ruína" ocorrer, seja em relação à resistência (ELU) ou à utilização (ELS). Os estados-limites últimos estão

relacionados com a segurança da estrutura quando exposta às combinações mais desfavoráveis de ações previstas para atuarem ao longo de sua vida útil, durante sua construção ou quando atuar uma ação especial ou excepcional. Os estados-limites de serviço estão relacionados com o desempenho da estrutura sob condições normais de utilização.

Este método, o dos estados-limites, não admite que nenhum estado-limite aplicável seja excedido quando a estrutura for submetida a todas as combinações de ações previstas para atuarem nela (MADEIRA, 2009).

Depois da estrutura concebida, colocou-se as ações atuantes nos pavimentos, como nas Figuras 6 e 7. Uma vez a estrutura carregada, passou-se à combinação de ações para cada seção do pórtico a fim de determinar os efeitos produzidos por essas combinações em cada elemento estrutural. Os efeitos da combinação mais crítica serão usados nas verificações de resistência e estabilidade.

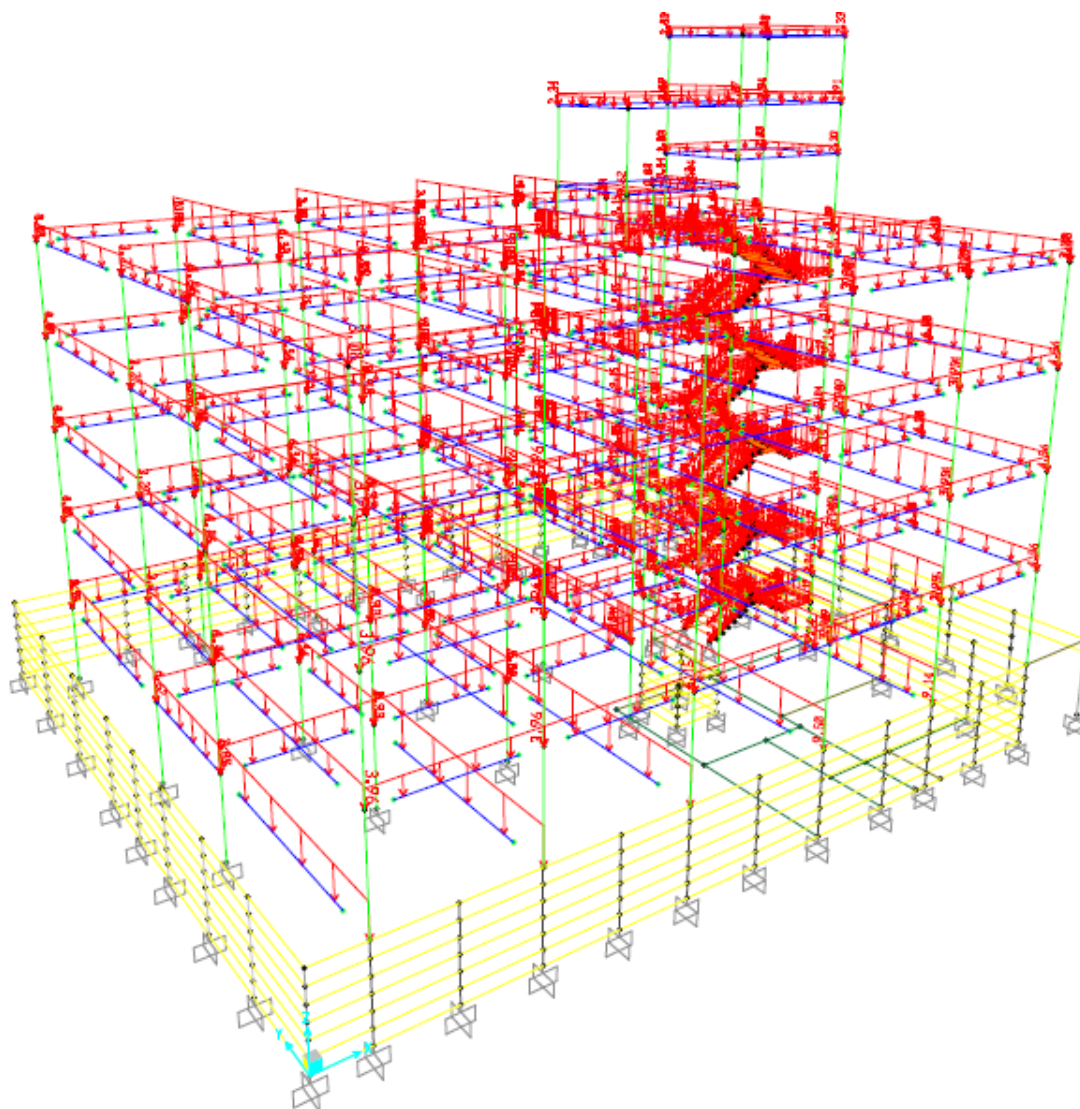


Figura 6. Estrutura carregada com o peso próprio da laje.
Fonte: SAP2000®.

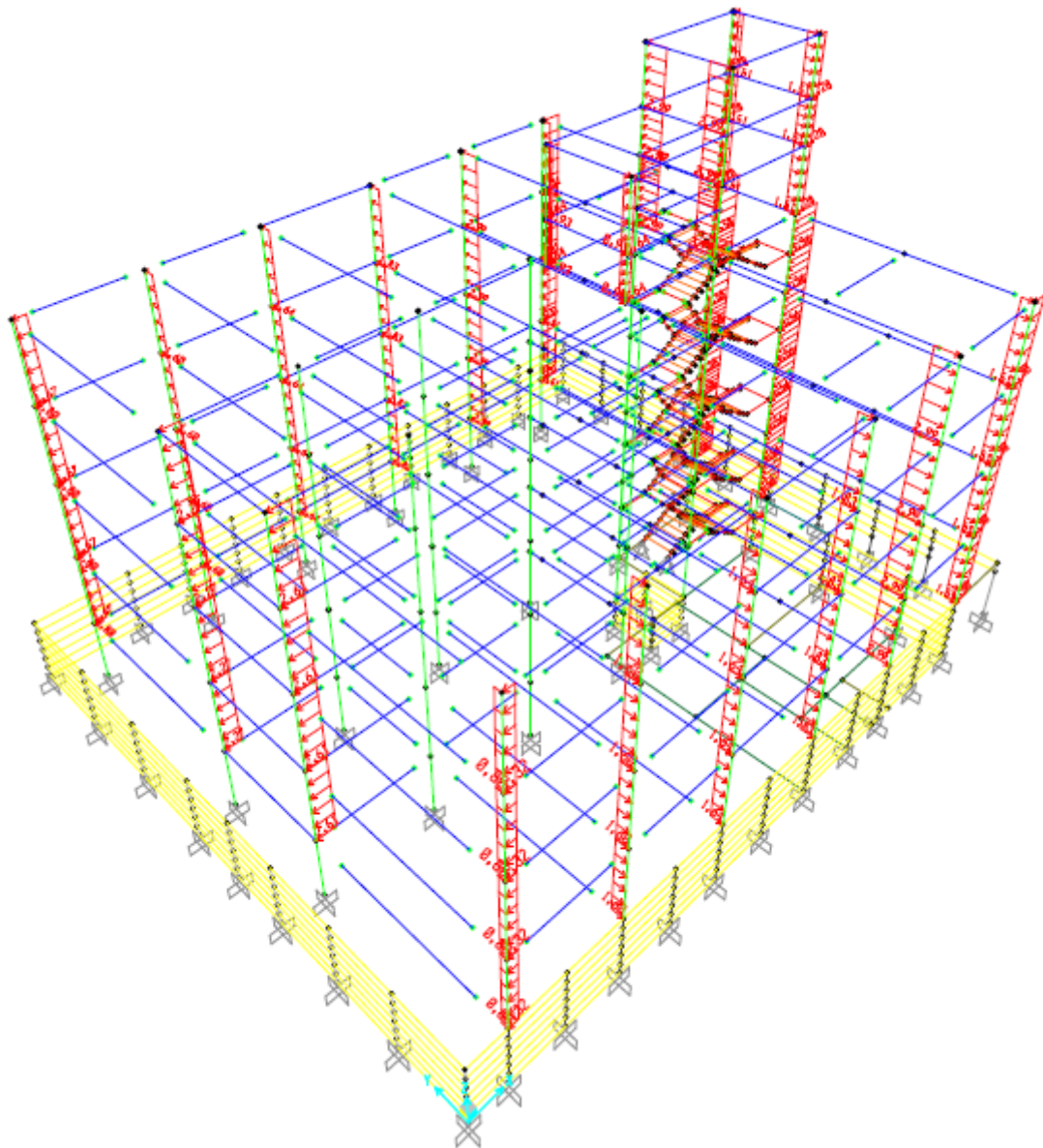


Figura 7. Estrutura carregada com o vento 0°.
Fonte: SAP2000®.

As ações permanentes (PP [Peso Próprio e Carga Permanente]) e as ações variáveis (SC [Sobrecarga e Empuxo de terra] e V [Vento]) foram combinadas de acordo com a seção 4.8 da NBR 8800:2008 da seguinte forma:

- 1) $\gamma_g (PP) + \gamma_q^1 (SC)$
- 2) $\gamma_g (PP) + \gamma_q^2 (V)$
- 3) $\gamma_g (PP) + \gamma_q^1 (SC) + \gamma_q^2 \psi_0 (V)$
- 4) $\gamma_g (PP) + \gamma_q^2 (V) + \gamma_q^1 \psi_0 (SC)$

Os valores dos coeficientes de ponderação e os fatores de combinação para verificação dos estados-limites últimos e de serviço foram retirados das Tabelas 1 e 2 da NBR 8800:2008.

Na verificação das combinações nos estados-limites últimos, os coeficientes de ponderação da ação permanente são $\gamma_g = 1,3$ (antes da cura do concreto) e $\gamma_g = 1,4$ (depois da cura do concreto), $\gamma_q^1 = 1,5$ para SC e $\gamma_q^2 = 1,4$ para V; os fatores de combinação usados são $\psi_0 = 0,5$ e $0,8$ para SC e $\psi_0 = 0,6$ para V.

Antes da cura do concreto, se considerou apenas o peso próprio da laje e o peso médio das vigas metálicas. Após a cura do concreto, além do peso próprio da laje e o peso médio das vigas, também se considerou o peso do revestimento e forro, das paredes e sobrecargas no piso.

Para as verificações nos estados-limites de serviço, em geral, os coeficientes de ponderação das ações permanentes e variáveis são iguais a 1,0.

Foram realizadas 13 combinações normais de ações no SAP200® para se proceder à análise estrutural:

1. *Comb.01_MD*: $1,4.PP + 1,50.SC$ (combinação última, sem fator de redução)
2. *Comb.02_MDI*: $1,3.PP$ (combinação antes da cura do concreto)
3. *Comb.03_MG*: $1,0.PP$ (combinação para processo de produção da viga mista em laje não escorada)
4. *Comb.04_ML*: $1,0.PP + 1,0.V$ (combinação de serviço)
5. *Comb.05_MS*: $1,0.PP + 1,0.SC$ (combinação de serviço)
 - Combinação de redução da carga no pilar:
6. *Comb.10_PILAR REDUZIDA*: $1,4.PP + 1,5.V_{180^\circ} + 1,5.SC_{(\text{exceto o SC do 1}^\circ \text{ Pav.})} + 1,2.SC_{(\text{do 1}^\circ \text{ Pav.})}$
 - Combinações últimas, com SC principal e V secundário:
7. *Comb.11_SC V_{0°}*: $1,4.PP + 1,5.SC + 0,84.V_{0^\circ}$
8. *Comb.12_SC V_{90°}*: $1,4.PP + 1,5.SC + 0,84.V_{90^\circ}$
9. *Comb.13_SC V_{180°}*: $1,4.PP + 1,5.SC + 0,84.V_{180^\circ}$
10. *Comb.14_SC V_{270°}*: $1,40.PP + 1,50.SC + 0,84.V_{270^\circ}$
 - Combinações últimas, com V principal e SC secundário:
11. *Comb.20_V_{0°} SC*: $1,4.PP + 1,4.V_{0^\circ} + 1,20.SC_{(\text{exceto o SC da Tampa cx.d'Água.})} + 0,75.SC_{(\text{Tampa cx.d'água})}$
12. *Comb.21_V_{90°} SC*: $1,4.PP + 1,4.V_{90^\circ} + 1,20.SC_{(\text{exceto o SC da Tampa cx.d'Água.})} + 0,75.SC_{(\text{Tampa cx.d'água})}$
13. *Comb.22_V_{180°} SC*: $1,4.PP + 1,4.V_{180^\circ} + 1,20.SC_{(\text{exceto o SC da Tampa cx.d'Água.})} + 0,75.SC_{(\text{Tampa cx.d'água})}$
14. *Comb.23_V_{270°} SC*: $1,4.PP + 1,4.V_{270^\circ} + 1,20.SC_{(\text{exceto o SC da Tampa cx.d'Água.})} + 0,75.SC_{(\text{Tampa cx.d'água})}$

3.4.3 Executando a Análise

A análise estrutural é a etapa do projeto estrutural onde é feita uma previsão sobre o comportamento da estrutura, isto é, uma simulação de como a estrutura responde a todas as solicitações. Para esta simulação é criado um modelo matemático, denominado Modelo Estrutural (SOARES, 2001).

Definida a geometria e as combinações de ações, iniciou-se a análise do arranjo estrutural no SAP2000®. Após validar todas as análises lineares estáticas, o programa gerou os diagramas de esforços e sua respectiva geometria deformada para todas as combinações previstas.

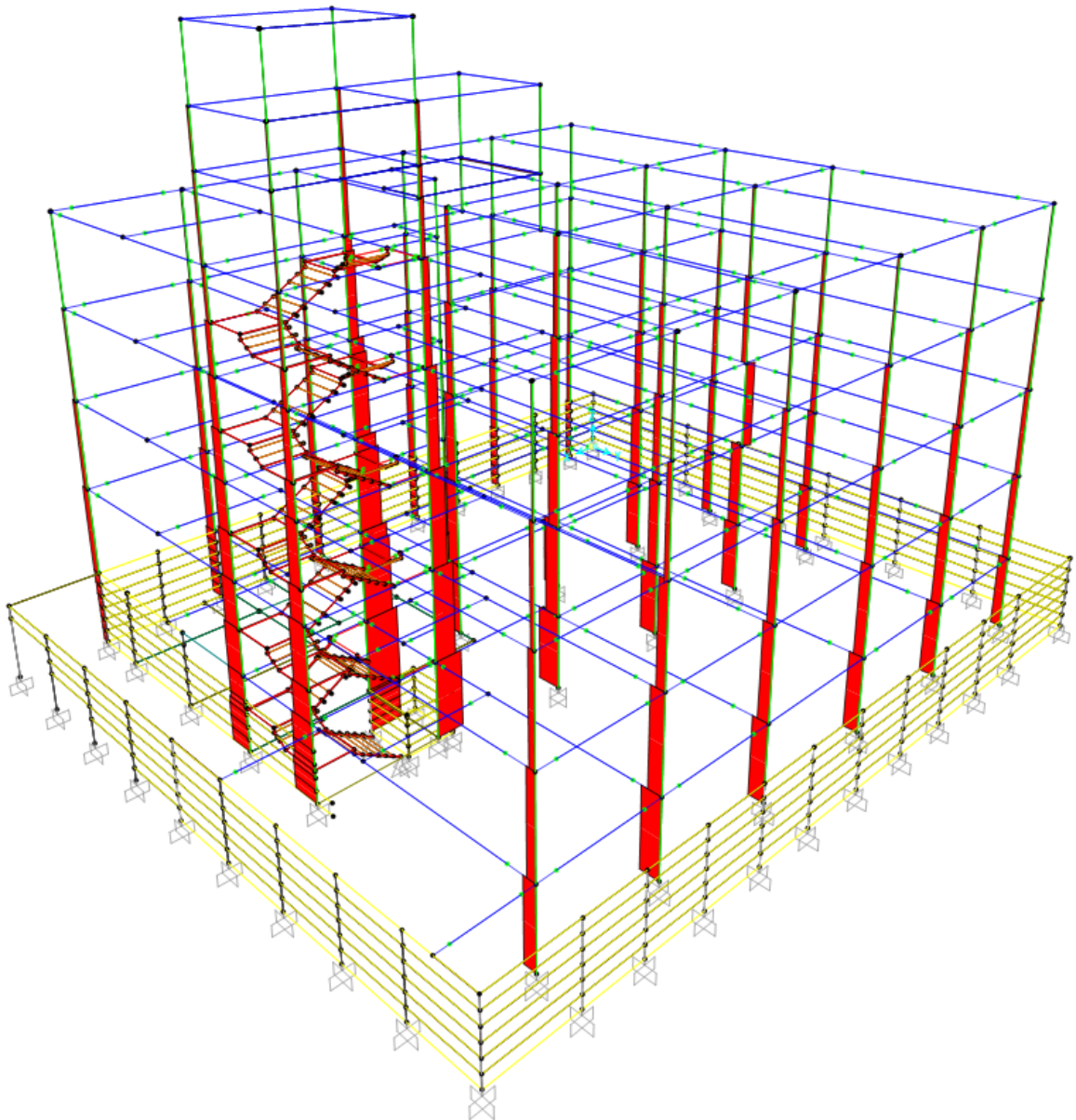


Figura 8. Diagrama de esforço normal (Comb.14-SC V270°).
Fonte: SAP2000®.

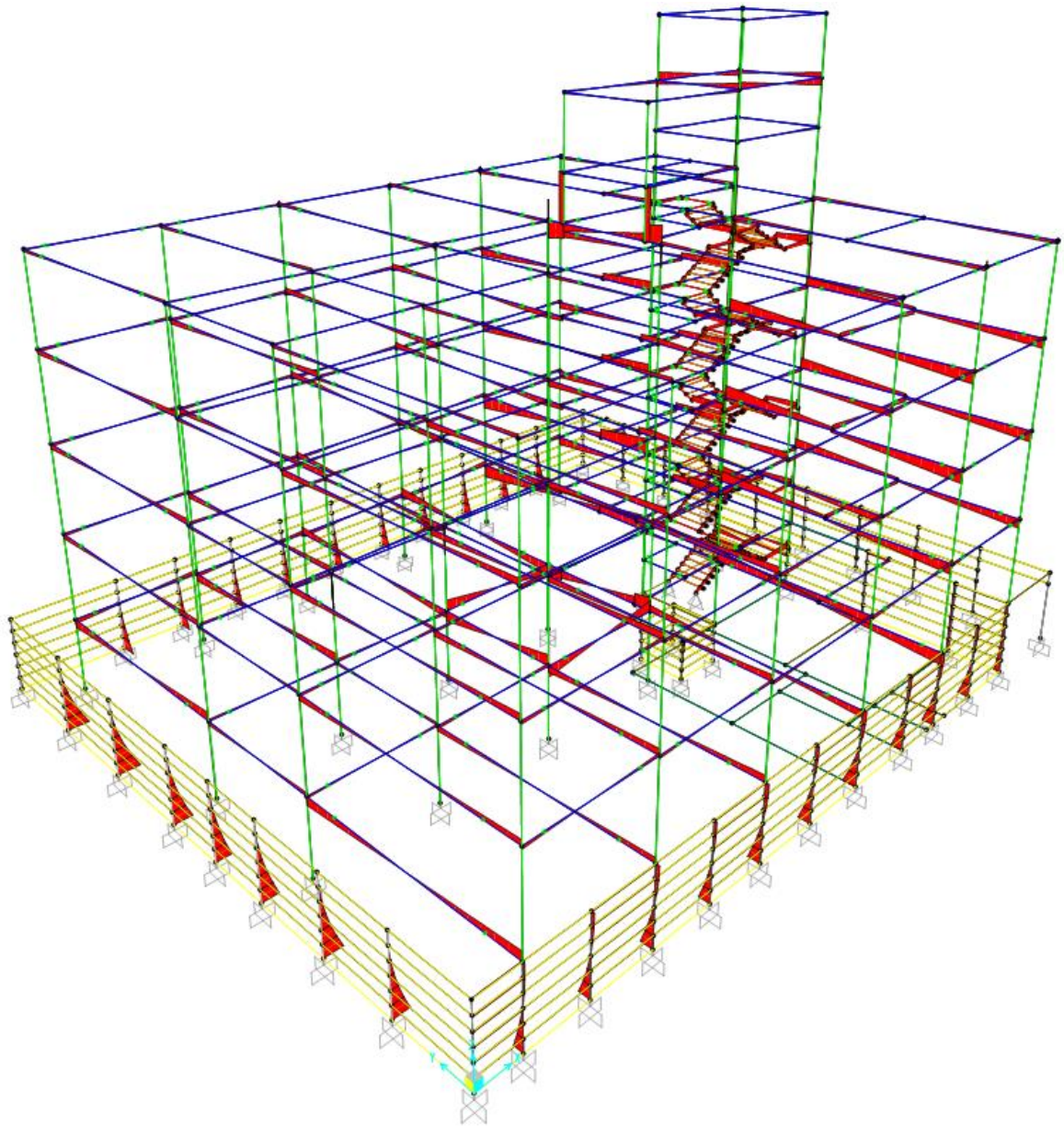


Figura 9. Diagrama de esforço cortante no eixo de maior inércia (Comb.04-ML).
 Fonte: SAP2000®.

As reações obtidas na análise estrutural, segundo a convenção do Sap2000®, são P e T (no eixo normal ao plano), V_2 e M_3 (no eixo de maior inércia) e V_3 e M_2 (no eixo de menor inércia), como também a deflexão.

As Figuras 8, 9 e 10 ilustram os diagramas de esforços e momentos fletores de algumas das combinações utilizadas no dimensionamento dos elementos estruturais.

No final realizou-se o dimensionamento de todos os elementos que constituem a estrutura metálica, isto é, vigas e pilares, placas de base e ligações.

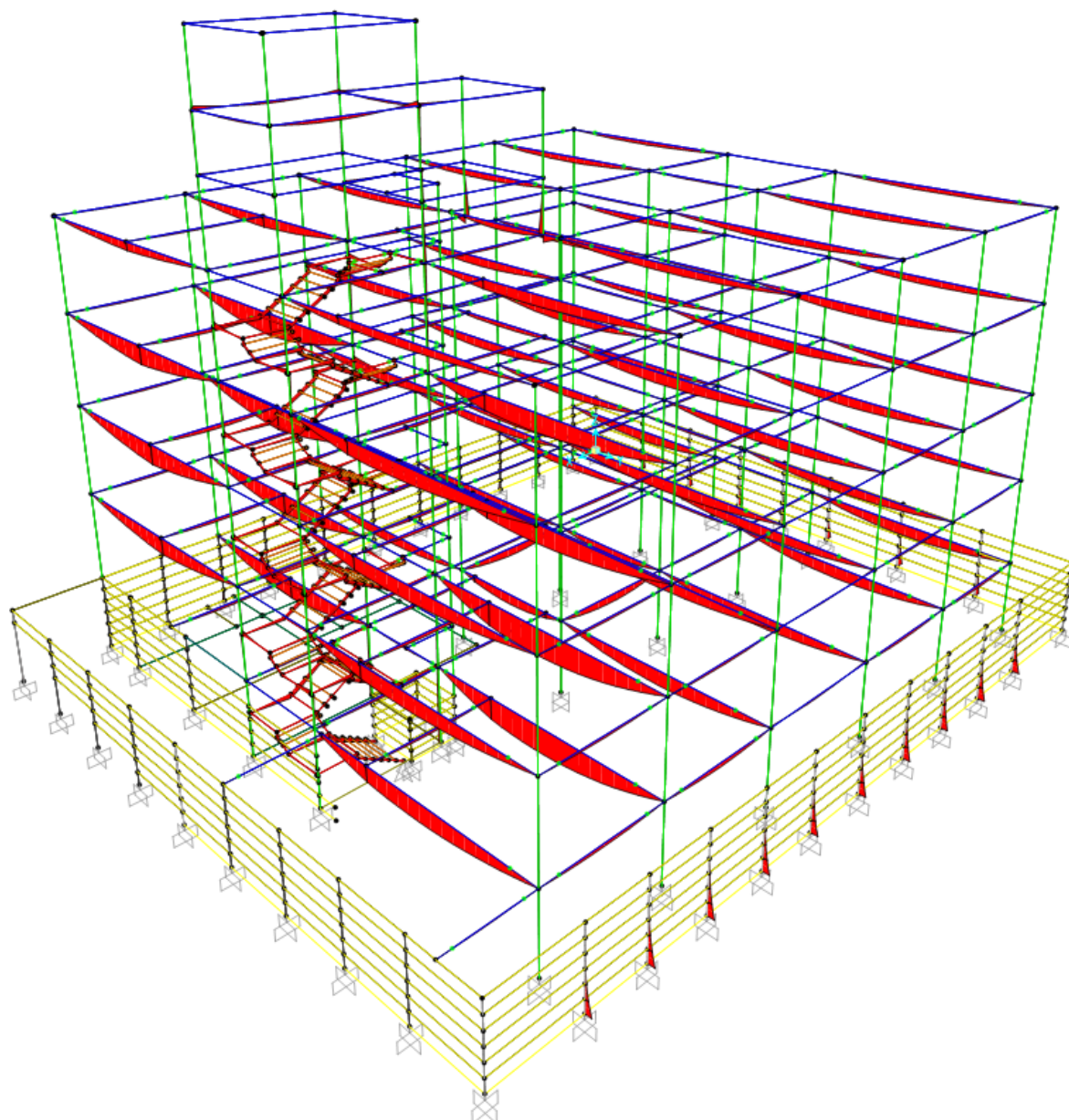


Figura 10. Diagrama de momento fletor no eixo de maior inércia (Comb.01-MD).
Fonte: SAP2000®.

3.5 Dimensionamento dos Elementos Metálicos

Com base nos resultados obtidos na análise estrutural, partiu-se para o dimensionamento dos perfis que compõem os pórticos. A condição de dimensionamento na verificação do estado-limite último é que a as resistências de cálculo do perfil escolhido seja maior ou, no mínimo, igual às solicitações de cálculo obtidas na análise estrutural. Para que não ocorram estados-limites de serviço, os deslocamentos da estrutura, obtidos a partir de uma combinação de ações de serviço, não podem superar valores máximos permitidos.

Primeiramente, se verificou a resistência mecânica, depois, o deslocamento máximo, de acordo com as prescrições da NBR 8800:2008. Uma vez o elemento dimensionado para a resistência mecânica, voltava-se no modelo representativo da estrutura no SAP2000®, atribuía a nova geometria do elemento e se procedia à verificação da deformação excessiva por meio de uma nova análise estrutural. A escolha da seção se fez por tentativas, até encontrar um perfil que atendessem as verificações dos estados-limites últimos e de serviço ao mesmo tempo.

3.5.1 Dimensionamento das Vigas Mistas

Segundo Oliveira (2004), as vigas mistas resultam da associação de uma viga de aço com uma laje de concreto, sendo a ligação laje-viga realizada por meio de conectores. Esse trabalho solidário, faz com que os elementos trabalhem como se fosse formado por um só material estrutural, o que proporciona grande economia no peso das vigas de aço, principalmente quando se tratar de vigas simplesmente apoiadas. No caso da utilização de perfis “I”, a laje de concreto recebe boa parte dos esforços de compressão que deveriam ser absorvidos pela mesa superior do perfil, enquanto os esforços de tração são normalmente absorvidos pela mesa inferior do perfil de aço. Os conectores cumprem a função de absorver os esforços de cisalhamento horizontal e impedir o afastamento vertical entre a laje e a viga.

As vigas que foram consideradas rotuladas foram dimensionadas como vigas mistas no módulo de dimensionamento do mCalcAC®. Os maiores esforços de flexão nestas vigas foram constatados na combinação MD, e o momento fletor antes da cura do concreto foi estipulado pelo próprio programa como sendo igual a 67% do momento fletor de cálculo.

Supôs-se a construção não escorada durante a concretagem, o que significa que além da verificação como viga mista, elas tiveram que ser verificadas como viga metálica isolada à flexão durante a cura. Admitiu-se ainda que a forma das lajes (treliça telescópica e escoras de madeira) seria suficiente para impedir a flambagem lateral com torção, promovendo o travamento lateral da alma e da mesa comprimida das vigas metálicas na fase de cura. Porém foi necessário verificar a limitação de tensões de serviço na mesa tracionada, de acordo com a NBR 8800 (Item O.2.3.2).

Para garantir que não haja deslizamento na interface aço/concreto, adotou-se a interação completa, com o número de conectores suficiente para resistir a força de cisalhamento, impedindo o escoamento da viga de aço ou o esmagamento da laje de concreto.

Os conectores de cisalhamento utilizados no cálculo foram do tipo perfil U laminado 76.2x35.8x6.9x4.32, com 100 mm de comprimento, totalmente embutido na laje maciça de concreto diretamente apoiada sobre a viga de aço.

A partir dos dados gerais da viga mista, como exemplifica a Figura 11, a rotina de cálculo do mCalcAC® efetuou as seguintes verificações:

- Largura efetiva da laje (NBR 8800:2008, seção O.2.2);
- Verificação da esbeltez das componentes do perfil (NBR 8800:2008, seção O.1.1.2);
- Verificação ao esforço cortante (NBR 8800:2008, seção O.3);
- Distribuição dos conectores de cisalhamento (NBR 8800:2008, seção O.4);
- Determinação da inércia transformada da viga mista (NBR 8800:2008, seção O.1.2.1);
- Posição da linha neutra plástica na laje de concreto (se na viga de aço ou na laje de concreto);
- Determinação do momento resistente de cálculo;

O dimensionamento da viga de aço foi feito de acordo com o Anexo G da NBR 8800:2008:

- Verificação da flambagem local na mesa - FLM;
- Verificação da flambagem local na alma - FLA.

Na verificação da flecha excessiva, o valor máximo recomendado para deformação de vigas de piso, conforme Tabela C.1 da NBR 8800:2008, é de 1/350 do vão. Há ainda uma observação descrita na alínea "h" da mesma tabela, que diz "Caso haja paredes de alvenaria sobre ou sob uma viga, solidarizadas com essa viga, o deslocamento vertical também não deve exceder a 15 mm".

A flecha limite do perfil de aço isolado depende da sua inércia e pode ser calculada pela seguinte formulação simplificada: $\delta = 5.q.L^4/384.E.I_a$. No caso de vigas mistas, I_a é substituída por I_{tr} , onde I_{tr} é a inércia da seção homogeneizada.

Sendo assim, a flecha da viga foi verificada de forma que não excedesse L/350 ou, na condição de haver paredes de alvenaria sobre ou sob a viga analisada, não excedesse 15 mm.

Os resultados do dimensionamento das vigas mistas, estão detalhados no Quadro 4 do Apêndice A.

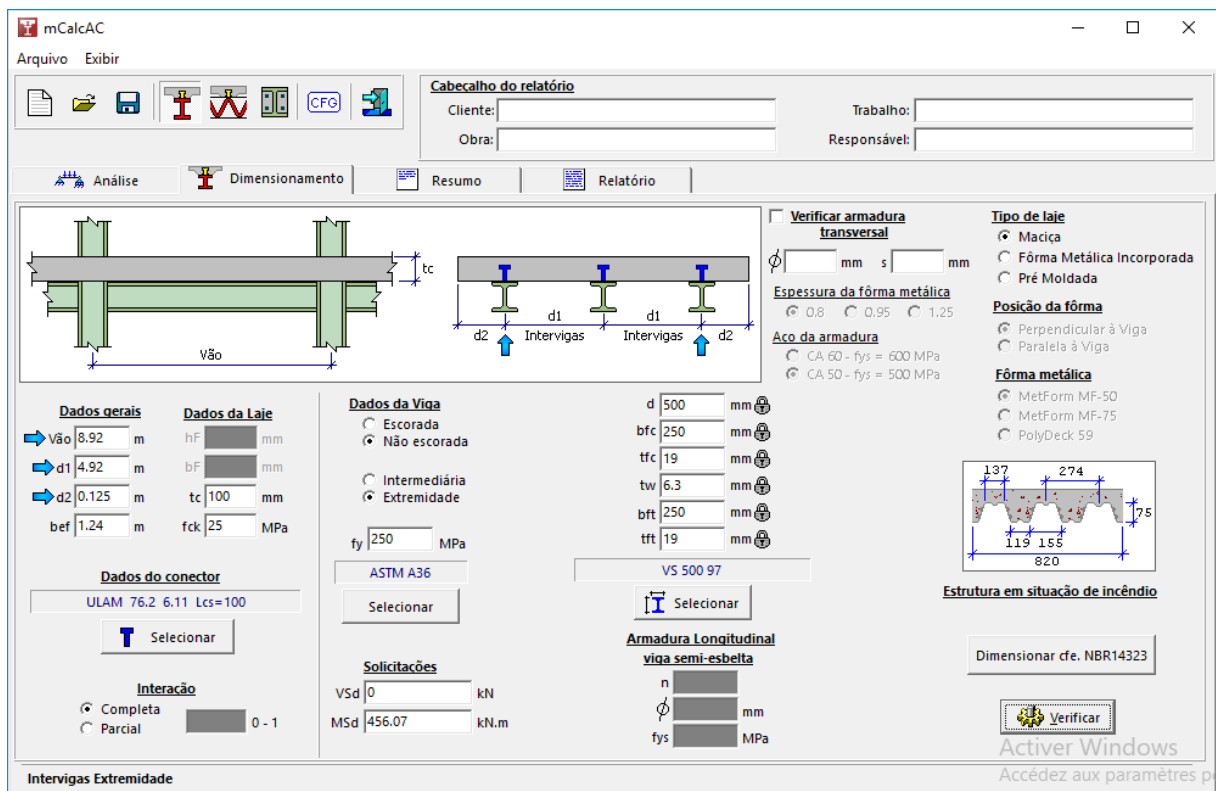


Figura 11. Dimensionamento da viga mista VM2a, do pavimento térreo, que teve sua inércia aumentada para passar na verificação da deformação.

Fonte: mCalcAC®.

3.5.2 Dimensionamento das Vigas I Isoladas

Ao analisar os diagramas de momentos fletores das vigas que foram engastadas nos pilares, pôde-se observar que estas ligações geraram momentos fletores negativos e positivos nestas vigas. Como a flexão negativa causa compressão embaixo e tração em cima, estas vigas não puderam ser dimensionadas como vigas mistas, já que este comportamento causaria a tração do concreto nos trechos de momento negativo; por isso foram então dimensionadas como vigas de aço isoladas.

A desvantagem de utilizar esse tipo de viga é que as lajes, estando simplesmente apoiadas sobre estas, transferem as cargas de maneira direta, não distribuindo-as igualmente sobre o quadro horizontal; e como os dois materiais trabalham separadamente, estas vigas precisam de mais inércia.

As combinações predominantes nestas vigas foram as combinações devido ao efeito do vento, com momentos fletores máximos no eixo de maior inércia. Os demais esforços de

cálculo: normal, torção, cisalhamento e flexão, no eixo de menor inércia, foram praticamente nulos, como ilustra a Figura 12.

Além disso, as vigas da escada devem trabalhar à flexão composta oblíqua, portanto, efetuou-se cinco verificações, uma para cada esforço máximo, adotando o perfil que atendesse todas as solicitações máximas ao mesmo tempo, encontradas na combinação MD.

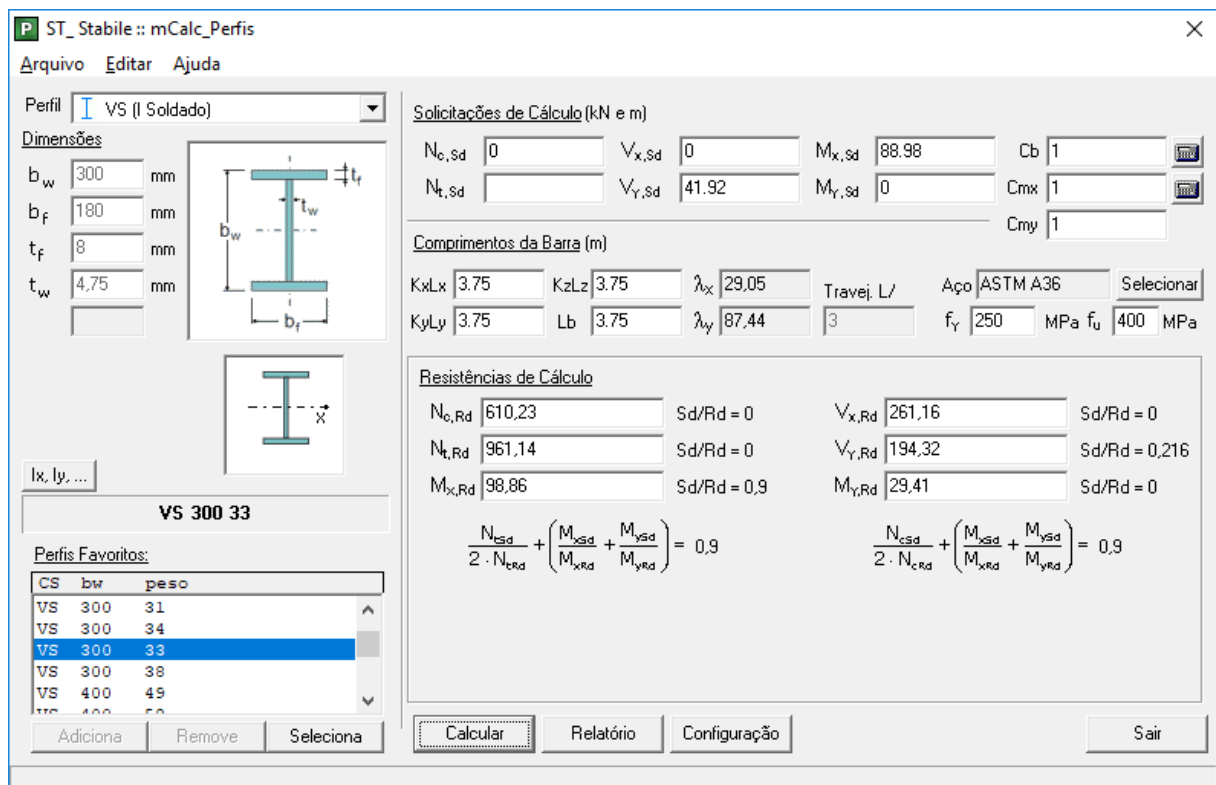


Figura 12. Dimensionamento da viga de aço VI14b, do pavimento térreo.
Fonte: mCalcPerfis®.

O módulo de dimensionamento do mCalcPerfis® efetuou a verificação dos esforços a partir das propriedades geométricas dos elementos das vigas de aço:

- Verificação da esbeltez da seção (NBR 8800:2008, seção 5.3.4);
- Verificação da capacidade à tração (NBR 8800:2008, seção 6.5.3);
- Verificação da capacidade à compressão (NBR 8800:2008, seção 6.5.4);
- Cálculo da resistência à flexão - eixo X (NBR 8800:2008, Anexo G):
- Verificação da flambagem lateral com torção - FLT;
- Verificação da flambagem local na mesa - FLM;
- Verificação da flambagem local na alma - FLA;
- Cálculo da resistência à flexão - eixo Y (NBR 8800:2008, Anexo G):
- Verificação da flambagem local na mesa - FLM;

- Cálculo da resistência ao cortante - eixo X (NBR 8800:2008, seção 5.4.3);
- Cálculo da resistência ao cortante - eixo Y (NBR 8800:2008, seção 5.4.3);
- Verificação da atuação simultânea da força axial de tração ou compressão e de momentos fletores (NBR 8800:2008, seção 5.5.1.2).

A verificação da flecha excessiva nas vigas foi calculada conforme anteriormente, obedecendo a limitação entre o valor máximo admissível para vigas de piso e a o valor da flecha de projeto. O Quadro 6 do Apêndice A reúne os resultados do dimensionamento das vigas I de alma cheia.

3.5.3 Dimensionamento dos Pilares I

Usando-se as mesmas verificações adotadas para o dimensionamento das vigas I isoladas, obteve-se os resultados para os pilares submetidos à compressão.

A fim de simplificar o processo de dimensionamento, todos os pilares com perfis iguais foram dimensionados conjuntamente, considerando-se os maiores esforços solicitantes de cálculo, que incluem os momentos fletores (M_x e M_y), esforços cortantes (V_x e V_y) e axiais (N_c), ou seja, a segurança foi verificada isoladamente em relação a cada um dos esforços atuantes. O perfil adotado foi aquele que atendeu todas as solicitações máximas ao mesmo tempo, além de possuir dimensões que permita que a união entre os perfis das vigas e pilares sejam trabalhadas (soldados/parafusados) sem problemas.

No dimensionamento dos pilares, percebeu-se que, na maior parte dos casos, os eixos dos pilares não coincidem com o encontro dos eixos das vigas; alguns pilares até cruzam com os eixos das vigas longitudinais, mas apresentam deslocamento em relação aos eixos das vigas transversais. Essas ligações entre vigas e pilares geraram excentricidade. Portanto, também se considerou o momento fletor gerado pela excentricidade, somando-o ao momento fletor da combinação predominante no dimensionamento do pilar; o que resultou em perfis mais robustos. Os resultados do dimensionamento dos pilares metálicos, calculados no módulo de dimensionamento do mCalcPerfis® (Figura 13), estão agrupados no Quadro 5 do Apêndice A.

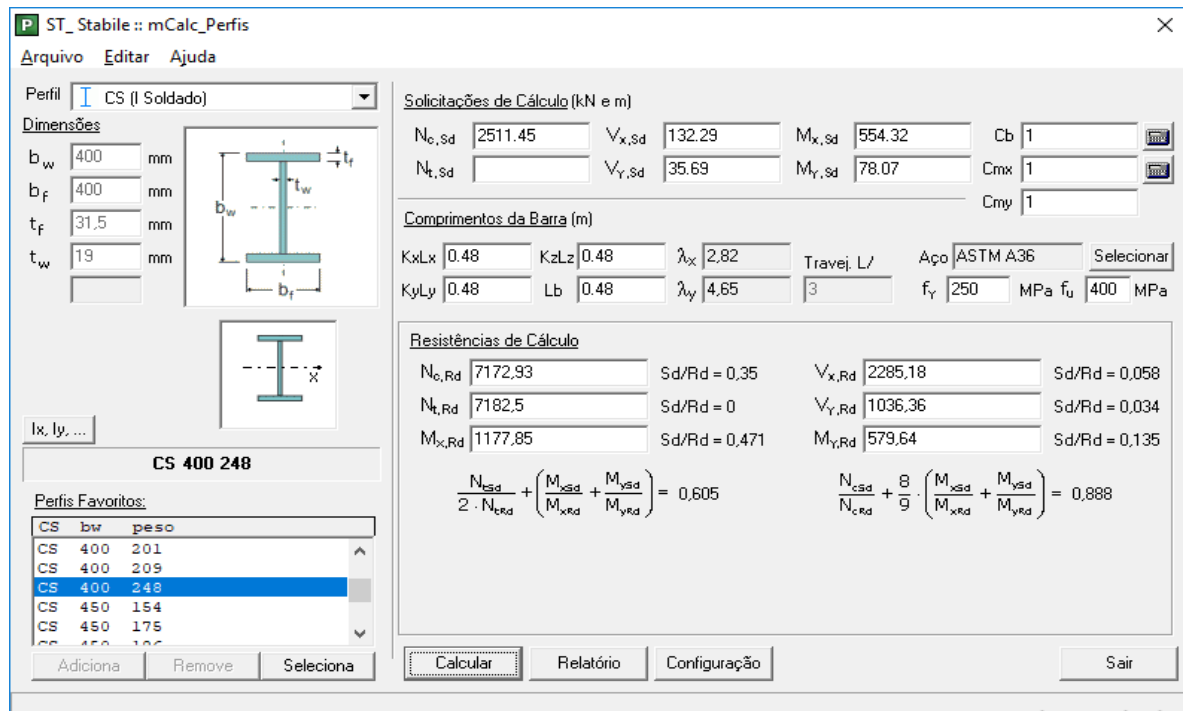


Figura 13. Dimensionamento dos pilares intermediários P11 e P14, adicionando a M_x e M_y seus respectivos momentos excêntricos, gerados por N_c a uma distância de 200mm do centro geométrico do pilar.

Fonte: mCalcPerfis@.

Na elaboração das plantas de montagem observou-se que as mesas das vigas metálicas que chegavam às mesas dos pilares metálicos P6 e P25 tinham seção maior do que a destes pilares, por isso tiveram suas seções, definidas no dimensionamento, alteradas para CS 300x300x22.4x12.5, como se constata nas Plantas de Montagem (ver Apêndice B).

3.6 Ligações

Martins (2005) considera que as propriedades mecânicas das uniões influem decisivamente no conjunto das mais importantes características da estrutura, a resistência, rigidez e estabilidade. Todas as ligações devem ter uma resistência de cálculo que permita à estrutura permanecer funcional e satisfazer as exigências fundamentais de dimensionamento para o estado-limite último.

As ligações articuladas permitem a rotação e devem ser dimensionadas de modo a impedirem o aparecimento de momentos significativos que possam afetar desfavoravelmente os elementos da estrutura. As ligações rígidas devem ser dimensionadas de maneira a que a sua

deformação não tenha uma influência significativa na distribuição dos esforços na estrutura, nem na sua deformação global e devem ser capazes de transmitir os esforços calculados no dimensionamento (CENTRO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO EM AÇO, 2010).

O dimensionamento das ligações foi realizado pelo mCalcLIG®, que verificou a resistência de todos os componentes de ligação, tais como parafusos, soldas, chapas de ligação e reforço e chumbadores, ao utilizar procedimentos de cálculo baseados na NBR 8800:2008.

As ligações da base de pilar foram calculadas considerando o esforço predominante à compressão, com a placa de base engastada transmitindo às fundações efeitos de momento (ver Figura 14). As deformações destas ligações não devem reduzir em mais de 5% a resistência da estrutura.

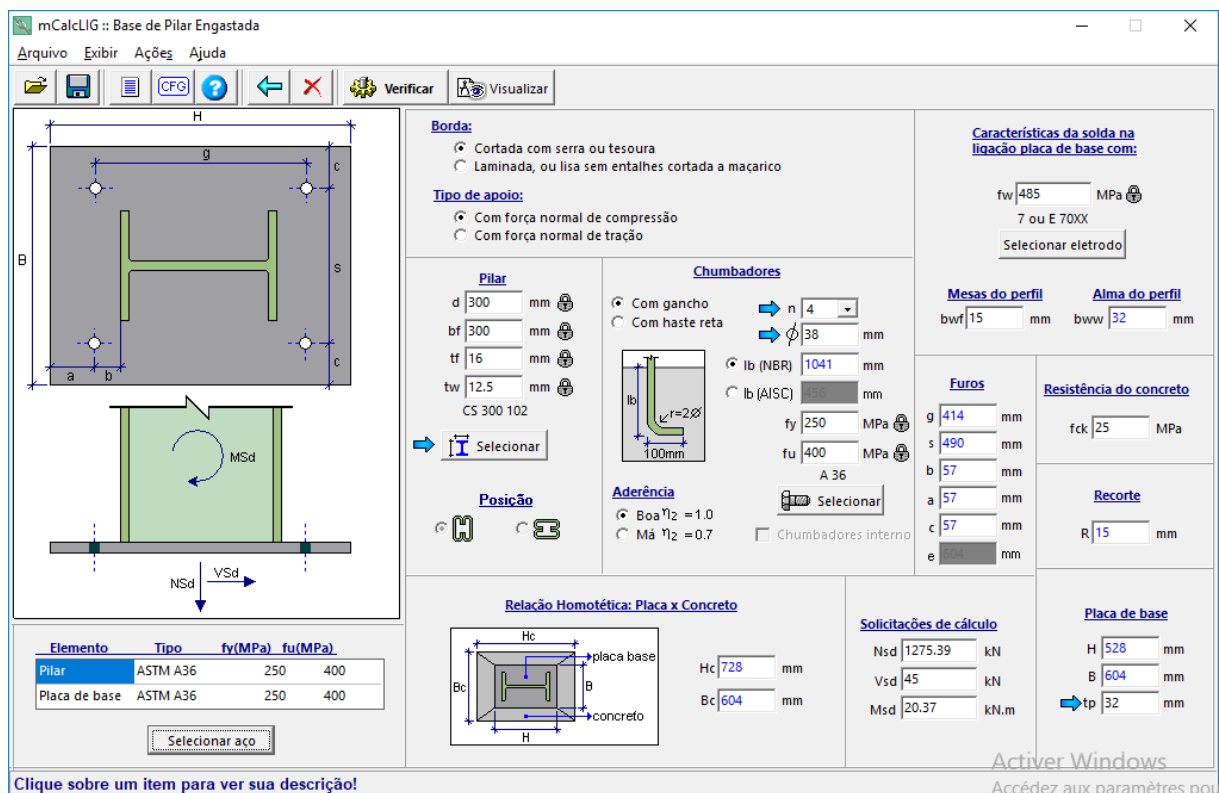


Figura 14. Dimensionamento da ligação da base de pilar engastada, P7 e P16.
Fonte: mCalcLIG®.

Foram verificados dois estados-limites últimos para as placas de base. O primeiro é o estado-limite da resistência à pressão de contato do concreto que suporta a placa de base (ver Item 6.5.5 da NBR 8800:2008), e o segundo é o estado-limite de formação de uma rótula plástica na placa de base devido à flexão.

Os chumbadores foram dimensionados para os esforços atuantes de compressão, tração e efeito combinado, segundo a NBR 6118:2014. Todas as ligações das bases dos pilares do subsolo estão representadas no Apêndice B.

É importante salientar que independente dos esforços a que uma ligação está sujeita, a NBR 8800:2008, Item 6.1.5.2, recomenda uma resistência mínima de 45 kN, em qualquer direção, como medida de segurança.

No cálculo das ligações de viga com viga, optou-se por utilizar ligações com dupla tala de alma (ver Figura 15), que consiste na união entre vigas através de duas cantoneiras que são parafusadas na alma da viga de apoio. Nestas ligações foram verificados tanto os parafusos da alma do apoio quanto os que estão dispostos na alma da viga ao cisalhamento, à tração, ao duplo corte e ao momento gerado devido à excentricidade de atuação da solicitação cortante. As solicitações de cálculo necessárias ao dimensionamento são os esforços normal (N_{Sd}) e cortante (V_{Sd}).

The screenshot shows the mCalcLIG software interface for designing a beam-beam connection with double flange plates. The main window displays a diagram of the connection and a table of material properties.

Elemento	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Viga	ASTM A36	250	400
Viga de apoio	ASTM A36	250	400
Cantoneiras	ASTM A36	250	400

The interface also includes sections for defining the connection type (Parafusada or Soldada), material properties (Características da solda and Característica dos Parafusos), and dimensions (Distância viga-viga, Furos, Espacamentos, Perfil do apoio, and Perfil da viga). The calculated design forces are shown as $N_{Sd} = 45$ kN and $V_{Sd} = 82.89$ kN.

Figura 15. Ligação viga-viga com dupla tala de alma (V3 apoiada em V14c e V16c, 2º pavimento).

Fonte: mCalcLIG®.

As ligações flexíveis de viga com pilar foram calculadas de maneira análoga à anterior, com duas cantoneiras ligadas na alma ou na mesa do pilar (ver Figura 16). A ligação das cantoneiras é feita por parafusos solicitados à tração e ao cisalhamento. O funcionamento da ligação da viga chegando na mesa ou na alma do pilar é idêntico, diferenciando-se apenas pelo aspecto geométrico da conexão entre as peças, pois deve haver compatibilidade entre a altura da alma do pilar e a largura das mesas da viga.

Elemento	Tipo	fy(MPa)	fu(MPa)
Viga	ASTM A36	250	400
Pilar	ASTM A36	250	400
Cantoneiras	ASTM A36	250	400

Figura 16. Ligação viga-pilar com dupla tala de alma (V1a ligada na alma do pilar P1, pavimento térreo).

Fonte: mCalcLIG®.

Em ligações de viga-pilar rígidas, os elementos de conexão devem contribuir para uma continuidade perfeita do material resultante do comportamento idêntico entre o aço e as ligações. Para isso, as propriedades dos componentes de ligações devem ser semelhantes às do aço, tanto em termos de resistência e rigidez como de capacidade de deformação (MARTINS, 2005).

No cálculo das conexões rígidas entre vigas e pilares adotou-se chapa de topo para fornecer a resistência entre os elementos vinculados (Figura 17). Nesse tipo de ligação, a chapa é soldada na viga e parafusada na mesa do pilar. Os parafusos foram dimensionados para resistir às tensões de tração e cisalhamento. As chapas que compõem a ligação tiveram suas resistências verificadas para o rasgamento e alargamento dos furos, além da distância mínima dos furos até as bordas e os espaçamentos mínimo e máximo entre furos.

The screenshot shows the mCalcLIG software interface for designing a beam-column connection with a top plate. The main window displays several technical drawings: a side view of the connection, a top view of the diagonal stiffeners, and a plan view of the stiffeners. The drawings are annotated with dimensions and forces. The software interface is divided into several panels:

- Característica dos Parafusos:** n 8, ϕ 16 mm, f_y 635 MPa, f_u 825 MPa, ASTM A325.
- Furação:** s 132.0 mm, e1 24.0 mm, g 24.0 mm, e2 24.0 mm.
- Ângulo Viga-Pilar:** alfa 90°.
- Nervuras:** bn 75.0 mm, tn 4.75 mm. Utilizar nervuras. Efeito Alavanca não será avaliado.
- Características da solda na Ligação:** fw 485 MPa, 7 ou E 70XX.
- Recorte:** R 15 mm.
- Dados da Viga:** d 350 mm, bf 180 mm, tf 8 mm, tw 4.75 mm, PS 350 x 180 x 8 x 4.75.
- Dados do Pilar:** d 300 mm, bf 300 mm, tf 22.4 mm, tw 12.5 mm, CS 300 131.
- Elemento Tipo fy(MPa) fu(MPa):**

Elemento	Tipo	fy(MPa)	fu(MPa)
Pilar	ASTM A36	250	400
Viga	ASTM A36	250	400
Nervuras	ASTM A36	250	400
Enrijecedores	ASTM A36	250	400
Chapa de topo	ASTM A36	250	400
- Solicitações de cálculo:**

Força	Valor	Força	Valor	Força	Valor
NSd1	1051.16 kN	NSd2	45 kN	NSd3	1516 kN
VSd1	45 kN	VSd2	101.34 kN	VSd3	45 kN
MSd1	5.58 kN.m	MSd2	82.23 kN.m	MSd3	5.58 kN.m
- Chapa de topo:** bch 180 mm, tch 20 mm. Enrijecedores: bs 143.75 mm, ts 4.0 mm, tsd 6.4 mm.

At the bottom of the interface, the text "Esforço normal no trecho superior do pilar" is displayed.

Figura 17. Ligação viga-pilar com chapa de topo (V1c ligada nos pilares P3 e P4, pavimento térreo).

Fonte: mCalcLIG®.

Assim, após dimensionar todos os elementos metálicos e suas respectivas ligações obteve-se a configuração representativa em 3D da solução final da estrutura, como mostra a Figura 18.

O cálculo e o detalhamento integral das ligações viga-viga e viga-pilar não serão mostrados nesse trabalho, mas, apenas o detalhamento de uma ligação de cada tipo, representada de forma ilustrativa, no Apêndice B.

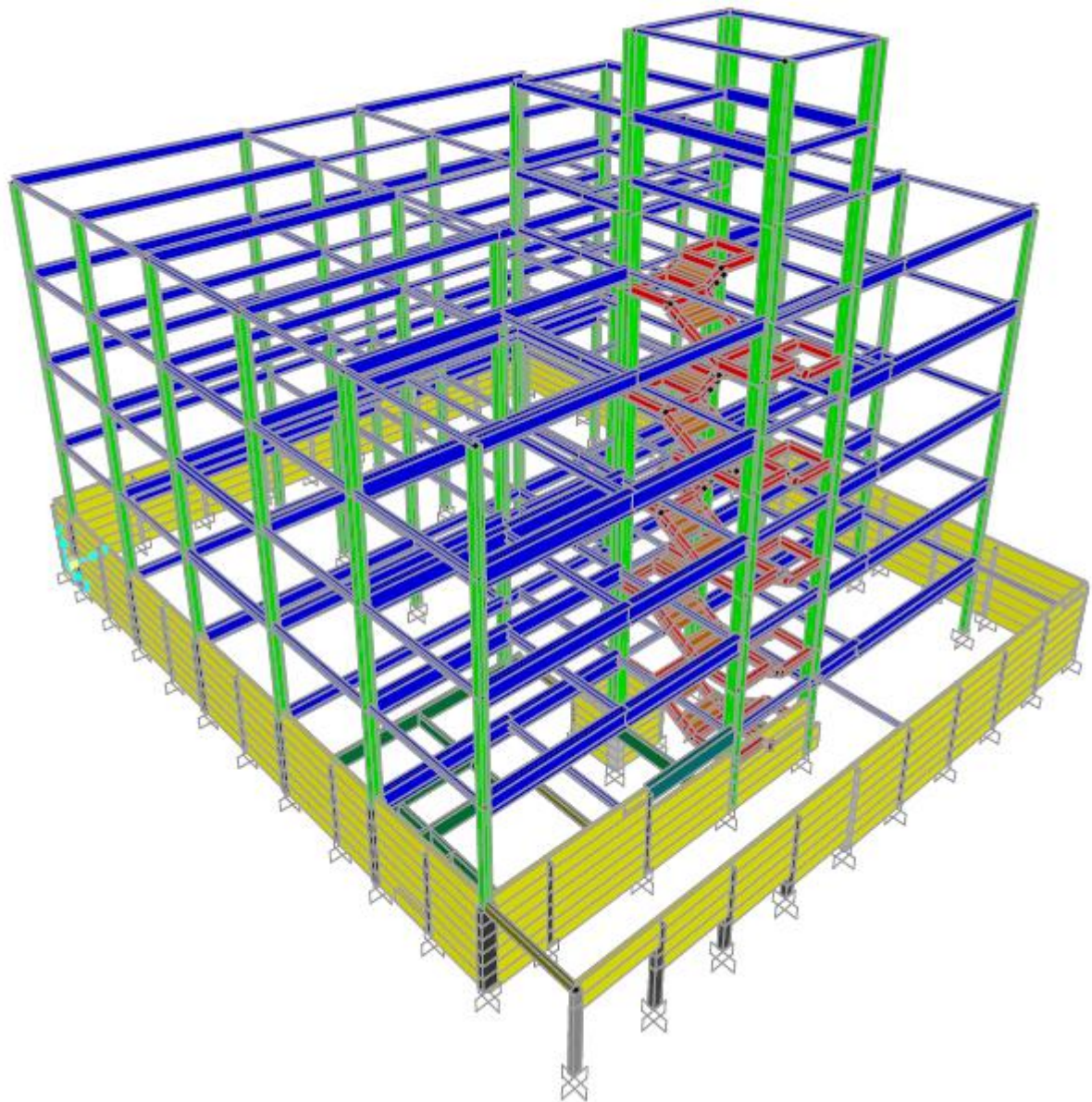


Figura 18. Modelo representativo da geometria final da estrutura metálica.
Fonte: SAP2000®.

3.7 Comparativo de Custos

Ao confrontar os custos da estrutura metálica com os do concreto armado, constatou-se que a segunda opção seria a mais econômica. A concepção com estruturas metálicas ficou 35,16% mais onerosa, mas com esta solução consegue-se executar a fabricação mais a montagem da estrutura completa na metade do prazo que na opção em concreto armado.

Tem-se também uma construção mais esbelta, com pilares e vigas de seções reduzidas em relação à solução em concreto, fundamental para os conceitos e pré-requisitos de estética e

layout do projeto arquitetônico. Além disso, como as cargas que chegam à fundação são menores, com redução global de 76,15% em relação ao peso do concreto armado, a redução nos custos referente às fundações é considerável.

OPÇÃO A - ESTRUTURA METÁLICA

DESCRIÇÃO	Unid.	Qtde	Custo Unitário (R\$)		Custo Total (R\$)	
			Material	Mão de obra	Material	Mão de obra
Estrutura metálica (vão 1,95 m a 9,73 m/sobrecarga útil: 400 kgf/m ²)	kg	168.145,11	8,96	3,84	1.506.580,19	645.677,23
Despesas fixas de canteiro e de fiscalização: engenharia, equipe técnica, operacionalização e manuseio de canteiro	vb/dia	60,00		3.343,68		200.620,80
Custo total (R\$)					1.506.580,19	846.298,03
Custo total geral (R\$)					2.352.878,22	

OPÇÃO B - ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO

DESCRIÇÃO	Unid.	Qtde	Custo Unitário (R\$)		Custo Total (R\$)	
			Material	Mão de obra	Material	Mão de obra
Concreto usinado dosado em central, brita 1 de 25 MPa, abatimento 10±2 cm. Lançamento com bomba	m ³	264,20	618,65	154,81	163.447,33	40.900,80
Fornecimento e montagem de fôrma em chapa compensada resinada (largura: 1,10m/comprimento: 2,20 m/espessura: 12 mm)	m ²	2.686,80	35,71	91,78	95.945,63	246.594,50
Fornecimento e montagem de armadura média (bitola de 5,00 mm a 25 mm) — CA-50/CA-60	kg	44.491,00	5,90	7,08	262.496,90	314.996,28
Despesas fixas de canteiro e de fiscalização: engenharia, equipe técnica, operacionalização e manuseio de canteiro	vb/dia	120,00		3.343,68		401.241,60
Custo total (R\$)					521.889,86	1.003.733,19
Custo total geral (R\$)					1.525.623,04	

Os valores dos insumos e composições foram retirados da Tabela SINAPI GO (2017). Já o valor do aço foi orçado em um fabricante local.

4 CONCLUSÃO

Ao comparar os dois projetos, há algumas discordâncias. Durante a elaboração do projeto em estruturas metálicas, foi necessário inúmeras vezes consultar o projeto original em concreto armado. Nesses informes apareceram as dissidências descritas abaixo.

Ao pesquisar as cargas por m^2 descritas nas notas do projeto original em concreto armado, como mostra o Anexo B, algumas delas se mostraram discrepantes com os resultados das cargas obtidas por método simplificado de cálculo e os valores fornecidos pela NBR 6120:1980. Pela carga da alvenaria, pressupõe-se que foram usados tijolos cerâmicos específicos não compatíveis com os blocos disponíveis no mercado regional. Ademais, o jardim interno foi dimensionado para carga de $15,6 \text{ kN/m}^2$ (com exceção do peso próprio), entretanto, ao considerar a possibilidade mais desfavorável, isto é, todos os drenos obstruídos e água e/ou terra até a altura de escoamento, este carregamento não atenderia à solicitação de projeto. Portanto, fez-se um novo pré-dimensionamento em estruturas metálicas adotando carga de $30,4 \text{ kN/m}^2$ para o jardim interno e se trabalhar com tijolos cerâmicos de 8 furos ($9 \times 19 \times 19 \text{ cm}$) encontrados no mercado local, para uma parede finalizada de 15 cm.

Foram encontradas falhas de concepção, como problemas de esbeltez de alvenaria. Foram identificadas paredes internas no térreo e primeiro pavimento com comprimento que vão de 7,87 m até 9,35 m. Porém as paredes externas são as que merecem atenção especial; são quatro (4) paredes externas por pavimento que possuem comprimento maior do que 4,50 m: Parede externa com 8,48 m limitada pelos pilares P1 e P7; parede externa com 8,43 m limitada pelos pilares P16 e P20, parede externa com 9,18 m limitada pelos pilares P15 e P25 e parede externa com 9,23 m limitada pelos pilares P6 e P12.

Paredes de alvenaria de vedação de estruturas convencionais com 15 cm de espessura devem ser limitadas na sua dimensão máxima a 4,50 m para paredes de vedação externas e 7,20 m para paredes de vedação internas. Se excedido esse comprimento destravado, começam a surgir patologias, tais como fissuras, trincas, rachaduras e movimentações na alvenaria, e se muito excedido, pode ocorrer o desprendimento da alvenaria da parte estrutural.

Outra não conformidade do projeto original em concreto é que os pilares que sustentam as vigas-parede estão representados para morrer no térreo, mas o projeto arquitetônico destaca um muro de 2,10 m de altura acima do nível do pavimento térreo que contorna três (3) faces da edificação. Isso também acontece na cobertura, segundo o projeto arquitetônico uma parede platibanda deveria subir 1,20 m acima no nível da cobertura para esconder o telhado de

fibrocimento com 15% de inclinação, mas não foram dimensionados pilares para a platibanda. Nesses dois casos, a esbeltez da alvenaria também não é atendida.

Portanto, seguindo o projeto de concreto não foi representado os pilares da platibanda no projeto de estruturas metálicas, embora as vigas tenham sido dimensionadas para esse tipo de cobertura.

A ideia inicial era também substituir os pilares de contorno por perfis metálicos e as paredes-cortina por placas pré-moldadas, porém após análise do projeto original, verificou-se que para tal seria necessário inserir mais pilares a fim de diminuir o vão entre pilares para aproximadamente 2m, para comportar as placas pré-fabricadas que demandam vãos máximos de 2 m, segundo fabricantes. Portanto, os pilares e paredes-cortinas foram mantidos em concreto armado para que não haja alterações radicais entre o projeto em estruturas metálicas e o projeto original. Também se optou por embutir a estrutura dentro da alvenaria respeitando a estética do projeto arquitetônico.

Os resultados do redimensionamento determinaram tanto vigas como pilares metálicos mais baixos do que em concreto armado, porém mais robustos.

Houve diferenças significativas com relação aos custos, no entanto a solução em estrutura metálica poderia ficar mais econômica se tivesse feito a redução da seção dos pilares ao longo da altura da edificação e criado contra flechas nas vigas, o que reduziria a seção transversal destes elementos e aliviaria ainda mais as fundações. Isso aproximaria o valor entre as duas soluções.

Embora das considerações e ressalvas acima apontadas e das divergências de parecer, o objetivo deste estudo de caso consistiu na comparação entre os projetos de concreto e de estruturas metálicas, sem quaisquer tipos de ajustes no novo projeto que pudesse descaracterizar essa confrontação. Logo, as duas soluções estruturais atendem, cada qual com suas particularidades, à mesma concepção arquitetônica, garantido sistemas seguros e economicamente viáveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5884**: Perfil I estrutural de aço soldado por arco elétrico – Requisitos gerais. Rio de Janeiro. 2013.

_____. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro. 2014.

_____. **NBR 6120**: Cargas para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro. 1980.

_____. **NBR 6123**: Forças devidas ao vento em edificações. Rio de Janeiro. 1988.

_____. **NBR 8681**: Ações e segurança nas estruturas – Procedimento. Rio de Janeiro. 2003.

_____. **NBR 8800**: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Rio de Janeiro. 2008.

ALBUQUERQUE, A. T. **Análise de alternativas estruturais para edifícios em concreto armado**. 1999. 100 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 1999.

AUTOCAD®, v.2017: Computer Aided Design (Software). Version Free Student: Autodesk, Inc.

CENTRO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO EM AÇO. CBCA@AÇOBRASIL.Org.Br. **Construção em aço**: Aços estruturais. 2018. Disponível em: <<http://www.cbca-acobrasil.org.br/site/construcao-em-aco-acos-estruturais.php>>. Acesso em: 15 set. 2018

CENTRO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO EM AÇO. **Galpões para usos gerais**. 4. ed. rev. e atual. Rio de Janeiro: IAB, 2010. 74 p. (Série Manual de Construção em Aço).

[DIMENSIONAMENTO]. In: DICIO, Dicionário Online de Português. Porto: 7Graus, 2018. Disponível em: <<https://www.dicio.com.br/dimensionamento/>>. Acesso em: 19 out. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE SIDERURGIA. Centro Brasileiro de Construção em Aço. **Edifícios de pequeno porte estruturados em aço**. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2004. 75 p.

MADEIRA, A. R. **Estrutura em aço para pavilhão industrial**: comparação entre soluções com elementos treliçados e de alma cheia. 2009. 74 f. Dissertação (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

MARTINS, J. G. **Cap. 6 – Ligações**. 1. ed. Porto: EC3/ ESDEP, 2005. 176 p. (Série Estruturas Metálicas).

mCalcAC, v5.0.: Cálculo e detalhamento de estruturas mistas. Copyright© Stabile Engenharia Ltda, 2009.

mCalcLIG, v4.0.: Programa para cálculo e detalhamento de bases de pilar, ligações e emendas. Copyright© Stabile Engenharia Ltda, 2009.

mCalcPerfis, v3.0.: Verificação de perfis laminados, soldados e formados a frio. Copyright© Stabile Engenharia Ltda, 2009.

Microsoft Excel® pour Office 365, v16.0.10827.20118: Part of Microsoft Office Personnel 2016. 32 bits. Copyright© Microsoft Corporation.

OLIVEIRA, D. R. A. de. **Desenvolvimento do projeto arquitetônico em estruturas de aço**. 2004. 51 f. Tese (Especialização em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004.

PAIVA, F. M. **Análise da estabilidade e dimensionamento de pórticos metálicos de sinalização em auto-estradas**. 2009. 232 f. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia da Universidade Porto, Porto, 2009.

PFEIL, W.; PFEIL, M. **Estruturas de aço: Dimensionamento prático de acordo com a NBR 8800:2008**. 8. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, 2008. 380 p.

SAP2000, v14.2.2.: Structural Analysis Program. Software para análise estrutural e dinâmica, linear e não-linear por elementos finitos. Copyright©1976-2010 Computers and Structures, Inc., 1995.

SINAPI - SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL. Custos de Composição Sintético. Localidade: GOIANIA. Emissão: 20/08/2018. Disponível em: <
http://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria_646>. Acesso em: 02 set. 2018.

VisualVentos, v1.5.0 - Abril 2005 (Build 27052005): Programa para cálculo de esforço devido ao vento de edificações com planta retangular e telhado a duas águas, segundo NBR 6123/1988. Desenvolvedor: Zacarias M. Chamberlain Pravia / FEAR-Universidade de Passo Fundo. Apoio: FAPERGS. Registro INPI 00062090.

VisualMetal, v1.5 - Abril de 2006 (Build 02042006): Programa para verificação de elementos de aço Laminados e Soldados segundo a NBR8800/1988. Desenvolvedor: Zacarias M. Chamberlain Pravia / FEAR-Universidade de Passo Fundo. Apoio: CBCA-IBS. Registro INPI 0062085

SILVA, V. P. e. **Dimensionamento de Estruturas de Aço**. Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotécnica. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2012. Apostila da disciplina de Estruturas Metálicas e de Madeira. 150 p.

SOARES, A. M. M. Análise estrutural de pórticos planos de elementos pré-fabricados de concreto considerando a deformabilidade das ligações. **Caderno de Engenharia de Estruturas**, São Carlos, n. 17, p. 29-57, 2001.

VASCONCELOS, A. C. de. Evolução do cálculo de estruturas. **TQS**, São Paulo, 34. ed., fev. 2012. Disponível em: < <http://www.tqs.com.br/tqs-news/consulta/58-artigos/1035-evolucao-do-calculo-de-estruturas>>. Acesso em: 15 set. 2018.

ANEXO A. Arquitetura

1. Corte A-A e Corte B-B
2. Fachada Sudeste e Fachada Sudoeste
3. Fachada Noroeste e Fachada Nordeste

ANEXO B. Projeto Estrutural em Concreto Armado

1. Planta de Forma do subsolo
2. Planta de Forma do Pavimento Térreo
3. Planta de Forma dos Pavimentos Tipo (1º, 2º e 3º Pavimentos)
4. Planta de Forma da Cobertura

APÊNDICE A. Quadros de Cargas e Dimensionamento dos Elementos Metálicos

1. Quadro 1 - Pré-Dimensionamento de Vigas Metálicas
2. Quadro 2 - Pré-Dimensionamento de Pilares Metálicos
3. Quadro 3 - Cargas de Vento (kN/m)
4. Quadro 4 - Verificação e Dimensionamento de Vigas Mistas
5. Quadro 5 - Verificação e Dimensionamento de Colunas I
6. Quadro 6 - Verificação e Dimensionamento de Vigas I Isoladas

Quadro 1 - Pré-Dimensionamento de Vigas Metálicas

	VIGA	LAJES						ALVENARIA					Perfil I soldado	
		L viga	Ai laje	t laje	CP	SC	PP laje	h alv	L alv	q alv	q total vigas	MF		
		m	m2	m	KN/m2	KN/m2	KN/m2	m	m	KN/m	KN/m	KN.m	Série VS	Dimensão
TAMPA RESERV.	V1	4,95	5,77	0,08	1,00	1,00	2,00	-	-	-	6,99	21,40	VS 150 x 15	150 x 100 x 6.3 x 4.75
	V2	3,75	3,52	0,08	1,00	1,00	2,00	-	-	-	5,62	9,89	VS 150 x 15	150 x 100 x 6.3 x 4.75
	V3	4,95	5,77	0,08	1,00	1,00	2,00	-	-	-	6,99	21,40	VS 150 x 15	150 x 100 x 6.3 x 4.75
	V4	3,75	3,52	0,08	1,00	1,00	2,00	-	-	-	5,62	9,89	VS 150 x 15	150 x 100 x 6.3 x 4.75
FUNDO RESERV. SUPERIOR	V1 a	4,84	5,55	0,10	1,00	1,00	2,50	2,30	4,84	5,75	16,37	47,84	VS 250 x 21	250 x 120 x 6.3 x 4.75
	V1 b	4,95	5,77	0,10	1,00	23,00	2,50	2,30	4,95	5,75	54,92	168,22	VS 400 x 38	400 x 160 x 9.5 x 4.75
	V2	3,75	3,52	0,10	1,00	1,00	2,50	2,30	3,75	5,75	14,95	26,28	VS 150 x 18	150 x 100 x 8 x 4.75
	V3 a	4,84	5,55	0,10	1,00	1,00	2,50	2,30	4,84	5,75	16,37	47,84	VS 250 x 21	250 x 120 x 6.3 x 4.75
	V3 b	4,95	5,77	0,10	1,00	23,00	2,50	2,30	4,95	5,75	54,92	168,22	VS 400 x 38	400 x 160 x 9.5 x 4.75
	V4	3,75	3,52	0,10	1,00	1,00	2,50	2,30	3,75	5,75	52,22	91,79	VS 350 x 26	350 x 140 x 6.3 x 4.75
BARRILETE E MESA PARA MOTORES	V1	4,84	-	-	-	-	-	2,72	4,84	6,80	10,20	29,81	VS 150 x 18	150 x 100 x 8 x 4.75
	V2	3,75	-	-	-	-	-	2,72	3,75	6,80	10,20	17,93	VS 150 x 15	150 x 100 x 6.3 x 4.75
	V3	4,95	5,77	0,08	1,00	1,00	2,00	1,80	4,95	4,50	13,74	42,08	VS 200 x 19	200 x 120 x 6.3 x 4.75
	V4	2,10	1,10	0,08	1,00	7,50	2,00	2,72	2,10	6,80	18,43	10,16	VS 150 x 15	150 x 100 x 6.3 x 4.75
	V5	1,95	0,95	0,08	1,00	7,50	2,00	2,72	1,95	6,80	17,88	8,50	VS 150 x 15	150 x 100 x 6.3 x 4.75
	V6	3,75	1,57	0,08	1,00	7,50	2,00	0,92	3,75	2,30	10,05	17,67	VS 150 x 15	150 x 100 x 6.3 x 4.75
	V7	3,75	3,52	0,08	1,00	1,00	2,00	1,80	3,75	4,50	12,37	21,75	VS 150 x 15	150 x 100 x 6.3 x 4.75
	V8	3,75	3,52	0,08	1,00	1,00	2,00	1,80	3,75	4,50	12,37	21,75	VS 150 x 15	150 x 100 x 6.3 x 4.75
	V9	4,84	1,50	0,08	1,00	7,50	2,00	2,72	4,84	6,80	15,08	44,07	VS 200 x 20	200 x 130 x 6.3 x 4.75
	V10	4,95	5,77	0,08	1,00	1,00	2,00	1,80	4,95	4,50	13,74	42,08	VS 200 x 19	200 x 120 x 6.3 x 4.75
COBERTURA	V1 a	4,93	6,06	0,10	1,00	1,00	2,50	1,20	4,93	3,00	12,81	38,84	VS 200 x 19	200 x 120 x 6.3 x 4.75
	V1 b	4,86	5,90	0,10	1,00	1,00	2,50	1,20	4,86	3,00	12,70	37,50	VS 200 x 19	200 x 120 x 6.3 x 4.75
	V1 c	5,28	6,97	0,10	1,00	1,00	2,50	1,20	5,28	3,00	13,41	46,73	VS 250 x 21	250 x 120 x 6.3 x 4.75
	V1 d	4,84	5,84	0,10	1,00	1,00	2,50	1,20	4,84	3,00	12,66	36,99	VS 200 x 19	200 x 120 x 6.3 x 4.75
	V1 e	4,95	6,13	0,10	1,00	1,00	2,50	1,20	4,95	3,00	12,85	39,37	VS 200 x 19	200 x 120 x 6.3 x 4.75
	V2 a	8,92	15,91	0,10	1,00	1,00	2,50	1,20	8,92	3,00	16,54	164,53	VS 400 x 38	400 x 160 x 9.5 x 4.75
	V2 b	5,25	6,86	0,10	1,00	1,00	2,50	1,20	5,25	3,00	13,33	45,91	VS 250 x 21	250 x 120 x 6.3 x 4.75
	V2 c	8,97	16,04	0,10	1,00	1,00	2,50	1,20	8,97	3,00	16,57	166,62	VS 400 x 38	400 x 160 x 9.5 x 4.75
	V3	4,95	10,81	0,10	1,00	1,00	2,50	-	-	-	14,74	45,15	VS 250 x 21	250 x 120 x 6.3 x 4.75
	V4 a	8,92	31,70	0,10	1,00	1,00	2,50	-	-	-	23,99	238,56	VS 450 x 51	450 x 200 x 9.5 x 6.3
	V4 b	5,25	13,72	0,10	1,00	1,00	2,50	-	-	-	17,64	60,76	VS 300 x 23	300 x 120 x 6.3 x 4.75
	V4 c	8,97	31,94	0,10	1,00	1,00	2,50	-	-	-	24,04	241,75	VS 450 x 51	450 x 200 x 9.5 x 6.3
	V5 a	4,92	12,13	0,10	1,00	1,00	2,50	-	-	-	16,64	50,35	VS 250 x 21	250 x 120 x 6.3 x 4.75
	V5 b	4,86	11,81	0,10	1,00	1,00	2,50	-	-	-	16,40	48,43	VS 250 x 21	250 x 120 x 6.3 x 4.75
	V5 c	5,28	6,97	0,10	1,00	1,00	2,50	1,20	5,28	3,00	13,41	46,73	VS 250 x 21	250 x 120 x 6.3 x 4.75
	V6 a	8,92	32,38	0,10	1,00	1,00	2,50	-	-	-	24,50	243,66	VS 450 x 51	450 x 200 x 9.5 x 6.3
	V6 b	5,25	6,85	0,10	1,00	1,00	2,50	1,20	5,25	3,00	13,31	45,86	VS 250 x 21	250 x 120 x 6.3 x 4.75
	V6 c	8,97	32,63	0,10	1,00	1,00	2,50	-	-	-	24,55	246,95	VS 450 x 51	450 x 200 x 9.5 x 6.3
	V7 a	4,83	5,84	0,10	1,00	1,00	2,50	1,80	4,83	4,50	22,37	65,22	VS 300 x 23	300 x 120 x 6.3 x 4.75
	V7 b	4,95	6,13	0,10	1,00	1,00	2,50	2,72	4,95	6,80	18,55	56,82	VS 300 x 23	300 x 120 x 6.3 x 4.75
	V8 a	8,92	33,86	0,10	1,00	1,00	2,50	-	-	-	25,62	254,81	VS 400 x 53	400 x 200 x 12.5 x 4.75
	V8 b	5,25	3,89	0,10	1,00	3,00	2,50	1,80	5,25	4,50	107,76	371,27	VS 450 x 60	450 x 200 x 12.5 x 6.3
	V8 c	8,97	34,11	0,10	1,00	1,00	2,50	-	-	-	25,67	258,15	VS 450 x 59	450 x 250 x 9.5 x 6.3
V9	1,95	1,61	0,10	1,00	3,00	2,50	1,80	1,95	4,50	14,79	7,03	VS 150 x 15	150 x 100 x 6.3 x 4.75	
V10	2,10	2,65	0,10	1,00	3,00	2,50	1,80	2,10	4,50	19,04	10,50	VS 150 x 15	150 x 100 x 6.3 x 4.75	
V11 a	4,83	5,84	0,10	1,00	1,00	2,50	1,80	4,83	4,50	23,29	67,92	VS 300 x 23	300 x 120 x 6.3 x 4.75	
V11 b	4,95	6,13	0,10	1,00	1,00	2,50	2,72	4,95	6,80	18,55	56,82	VS 300 x 23	300 x 120 x 6.3 x 4.75	
V12 a	9,68	35,37	0,10	1,00	1,00	2,50	-	-	-	24,67	288,69	VS 450 x 60	450 x 200 x 12.5 x 6.3	
V12 b	3,75	1,48	0,10	1,00	3,00	2,50	1,80	2,10	2,52	7,64	13,43	VS 150 x 15	150 x 100 x 6.3 x 4.75	
V12 c	9,73	35,61	0,10	1,00	1,00	2,50	-	-	-	24,72	292,19	VS 450 x 60	450 x 200 x 12.5 x 6.3	
V13 a	4,92	12,13	0,10	1,00	1,00	2,50	-	-	-	16,64	50,34	VS 250 x 21	250 x 120 x 6.3 x 4.75	

VIGA	L viga m	LAJES					ALVENARIA					Perfil I soldado		
		Ai laje m2	t laje m	CP KN/m2	SC KN/m2	PP laje KN/m2	h alv m	L alv m	q alv KN/m	q total vigas KN/m	MF KN.m	Série VS	Dimensão	
COBERTURA	V13 b	4,86	11,81	0,10	1,00	1,00	2,50	-	-	-	16,40	48,43	VS 250 x 21	250 x 120 x 6.3 x 4.75
	V13 c	5,28	6,97	0,10	1,00	1,00	2,50	1,20	5,28	3,00	13,41	46,73	VS 250 x 21	250 x 120 x 6.3 x 4.75
	V14 a	9,68	17,82	0,10	1,00	1,00	2,50	1,20	9,68	3,00	16,93	198,12	VS 400 x 44	400 x 200 x 9.5 x 4.75
	V14 c	9,73	17,94	0,10	1,00	1,00	2,50	1,20	9,73	3,00	16,95	200,43	VS 400 x 44	400 x 200 x 9.5 x 4.75
	V15	4,95	12,24	0,10	1,00	1,00	2,50	-	-	-	16,68	51,10	VS 250 x 21	250 x 120 x 6.3 x 4.75
	V16 a	4,92	6,06	0,10	1,00	1,00	2,50	1,20	4,92	3,00	12,82	38,79	VS 200 x 19	200 x 120 x 6.3 x 4.75
	V16 b	4,86	5,90	0,10	1,00	1,00	2,50	1,20	4,86	3,00	12,70	37,50	VS 200 x 19	200 x 120 x 6.3 x 4.75
	V16 c	5,28	6,97	0,10	1,00	1,00	2,50	1,20	5,28	3,00	13,41	46,73	VS 250 x 21	250 x 120 x 6.3 x 4.75
	V16 d	4,83	5,84	0,10	1,00	1,00	2,50	1,20	4,83	3,00	12,67	36,94	VS 200 x 19	200 x 120 x 6.3 x 4.75
	V16 e	4,95	6,13	0,10	1,00	1,00	2,50	1,20	4,95	3,00	12,85	39,37	VS 200 x 19	200 x 120 x 6.3 x 4.75
TERCEIRO PAVIMENTO	V1 a	4,92	6,06	0,10	1,00	3,00	2,50	3,00	4,92	7,50	23,27	70,40	VS 300 x 23	300 x 120 x 6.3 x 4.75
	V1 b	4,90	6,00	0,10	1,00	3,00	2,50	3,00	4,90	7,50	23,19	69,61	VS 300 x 23	300 x 120 x 6.3 x 4.75
	V1 c	5,20	6,76	0,10	1,00	3,00	2,50	3,00	5,20	7,50	23,93	80,87	VS 300 x 26	300 x 120 x 8 x 4.75
	V1 d	4,91	6,04	0,10	1,00	3,00	2,50	3,00	4,91	7,50	23,24	70,04	VS 300 x 23	300 x 120 x 6.3 x 4.75
	V1 e	4,87	5,93	0,10	1,00	3,00	2,50	3,00	4,87	7,50	23,12	68,54	VS 300 x 23	300 x 120 x 6.3 x 4.75
	V2 a	8,92	15,92	0,10	1,00	3,00	2,50	2,40	8,92	6,00	26,40	262,56	VS 450 x 59	450 x 250 x 9.5 x 6.3
	V2 b	5,25	6,86	0,10	1,00	3,00	2,50	2,40	5,25	6,00	21,75	74,93	VS 300 x 25	300 x 140 x 6.3 x 4.75
	V2 c	8,97	16,04	0,10	1,00	3,00	2,50	2,40	8,97	6,00	26,43	265,84	VS 450 x 59	450 x 250 x 9.5 x 6.3
	V3	4,87	10,52	0,10	1,00	3,00	2,50	3,40	4,87	8,50	33,81	100,24	VS 400 x 28	400 x 140 x 6.3 x 4.75
	V4 a	8,92	31,78	0,10	1,00	3,00	2,50	-	-	-	34,73	345,46	VS 550 x 64	550 x 250 x 9.5 x 6.3
	V4 b	5,25	13,72	0,10	1,00	3,00	2,50	-	-	-	25,49	87,81	VS 350 x 26	350 x 140 x 6.3 x 4.75
	V4 c	8,97	32,02	0,10	1,00	3,00	2,50	-	-	-	34,81	350,08	VS 550 x 64	550 x 250 x 9.5 x 6.3
	V5 a	4,92	12,13	0,10	1,00	3,00	2,50	-	-	-	24,03	72,72	VS 300 x 25	300 x 140 x 6.3 x 4.75
	V5 b	4,90	12,01	0,10	1,00	3,00	2,50	-	-	-	23,89	71,69	VS 300 x 23	300 x 120 x 6.3 x 4.75
	V5 c	5,20	6,76	0,10	1,00	3,00	2,50	1,05	5,20	2,63	16,61	56,15	VS 250 x 21	250 x 120 x 6.3 x 4.75
	V6 a	8,92	32,31	0,10	1,00	3,00	2,50	-	-	-	35,31	351,23	VS 550 x 64	550 x 250 x 9.5 x 6.3
	V6 b	5,25	6,86	0,10	1,00	3,00	2,50	1,05	5,25	2,63	16,68	57,46	VS 300 x 23	300 x 120 x 6.3 x 4.75
	V6 c	8,97	32,56	0,10	1,00	3,00	2,50	-	-	-	35,39	355,97	VS 450 x 70	450 x 250 x 12.5 x 6.3
	V7 a	4,91	9,82	0,10	1,00	3,00	2,50	3,40	1,16	2,01	22,51	67,84	VS 300 x 23	300 x 120 x 6.3 x 4.75
	V7 b	4,87	5,93	0,10	1,00	3,00	2,50	3,40	4,87	8,50	24,62	72,99	VS 300 x 25	300 x 140 x 6.3 x 4.75
	V8 a	8,92	33,86	0,10	1,00	3,00	2,50	-	-	-	37,01	368,06	VS 450 x 70	450 x 250 x 12.5 x 6.3
	V8 b	5,25	13,55	0,10	1,00	3,00	2,50	1,05	5,25	2,63	29,11	100,29	VS 400 x 28	400 x 140 x 6.3 x 4.75
	V8 c	8,97	34,11	0,10	1,00	3,00	2,50	-	-	-	37,08	372,89	VS 450 x 71	450 x 200 x 16 x 6.3
	V9	1,99	1,64	0,10	1,00	3,00	2,50	3,40	2,57	10,98	24,51	12,13	VS 150 x 15	150 x 100 x 6.3 x 4.75
	V10	2,10	2,67	0,10	1,00	3,00	2,50	3,40	2,10	8,50	25,13	13,85	VS 150 x 15	150 x 100 x 6.3 x 4.75
	V11 a	4,91	9,51	0,10	1,00	3,00	2,50	3,40	2,90	5,02	26,41	79,58	VS 300 x 25	300 x 140 x 6.3 x 4.75
	V11 b	4,87	5,92	0,10	1,00	3,00	2,50	3,40	7,22	12,60	30,76	91,19	VS 350 x 26	350 x 140 x 6.3 x 4.75
	V12 a	9,67	35,37	0,10	1,00	3,00	2,50	3,40	10,72	9,42	49,79	582,02	VS 600 x 95	600 x 300 x 12.5 x 8
	V12 b	3,75	1,55	0,10	1,00	3,00	2,50	3,40	6,32	14,33	25,52	44,86	VS 200 x 20	200 x 130 x 6.3 x 4.75
	V12 c	9,72	35,59	0,10	1,00	3,00	2,50	3,40	4,99	4,36	42,25	498,93	VS 500 x 86	500 x 250 x 16 x 6.3
	V13 a	4,92	12,13	0,10	1,00	3,00	2,50	-	-	-	24,03	72,72	VS 300 x 25	300 x 140 x 6.3 x 4.75
	V13 b	4,90	12,01	0,10	1,00	3,00	2,50	-	-	-	23,89	71,69	VS 300 x 23	300 x 120 x 6.3 x 4.75
	V13 c	5,20	6,76	0,10	1,00	3,00	2,50	1,05	5,20	2,63	16,61	56,15	VS 250 x 21	250 x 120 x 6.3 x 4.75
	V14 a	9,67	17,63	0,10	1,00	3,00	2,50	3,00	14,55	11,28	34,70	405,63	VS 500 x 73	500 x 250 x 12.5 x 6.3
VE	3,75	9,28	0,10	1,00	3,00	2,50	4,42	5,85	17,24	49,99	87,87	VS 350 x 26	350 x 140 x 6.3 x 4.75	
V14 c	9,72	17,76	0,10	1,00	3,00	2,50	3,00	12,16	9,38	31,89	376,57	VS 500 x 73	500 x 250 x 12.5 x 6.3	
V15	4,87	11,85	0,10	1,00	3,00	2,50	3,40	7,90	13,79	44,41	131,66	VS 400 x 32	400 x 140 x 8 x 4.75	
V16 a	4,92	7,79	0,10	1,00	3,00	2,50	1,90	4,92	4,75	22,55	68,24	VS 300 x 23	300 x 120 x 6.3 x 4.75	
V16 b	4,90	7,77	0,10	1,00	3,00	2,50	1,90	4,90	4,75	22,58	67,76	VS 300 x 23	300 x 120 x 6.3 x 4.75	
V16 c	5,20	8,63	0,10	1,00	3,00	2,50	1,90	5,20	4,75	23,31	78,79	VS 300 x 25	300 x 140 x 6.3 x 4.75	
V16 d	4,91	7,81	0,10	1,00	3,00	2,50	1,90	4,91	4,75	22,63	68,20	VS 300 x 23	300 x 120 x 6.3 x 4.75	
V16 e	4,87	7,65	0,10	1,00	3,00	2,50	1,90	4,87	4,75	22,43	66,51	VS 300 x 23	300 x 120 x 6.3 x 4.75	
SEGUNDO PAVIMENTO	V1 a	4,92	6,06	0,10	1,50	3,00	2,50	3,00	4,92	7,50	24,19	73,20	VS 300 x 25	300 x 140 x 6.3 x 4.75
	V1 b	4,90	6,00	0,10	1,50	3,00	2,50	3,00	4,90	7,50	24,11	72,37	VS 300 x 25	300 x 140 x 6.3 x 4.75
	V1 c	5,20	6,76	0,10	1,50	3,00	2,50	3,00	5,20	7,50	24,90	84,16	VS 300 x 26	300 x 120 x 8 x 4.75
	V1 d	4,91	6,04	0,10	1,50	3,00	2,50	3,00	4,91	7,50	24,17	72,82	VS 300 x 25	300 x 140 x 6.3 x 4.75
	V1 e	4,87	5,93	0,10	1,50	3,00	2,50	3,00	4,87	7,50	24,03	71,25	VS 300 x 23	300 x 120 x 6.3 x 4.75

VIGA	L viga m	LAJES					ALVENARIA					Perfil I soldado	
		Ai laje m ²	t laje m	CP KN/m ²	SC KN/m ²	PP laje KN/m ²	h alv m	L alv m	q alv KN/m	q total vigas KN/m	MF KN.m		
		Série VS		Dimensão									
V1 e	4,87	5,93	0,10	1,50	3,00	2,50	3,00	4,87	7,50	24,03	71,25	VS 300 x 23	300 x 120 x 6.3 x 4.75
V2 a	8,92	15,92	0,10	1,50	3,00	2,50	2,40	8,92	6,00	27,74	275,87	VS 450 x 60	450 x 200 x 12.5 x 6.3
V2 b	5,25	6,86	0,10	1,50	3,00	2,50	2,40	5,25	6,00	22,73	78,31	VS 300 x 25	300 x 140 x 6.3 x 4.75
V2 c	8,97	16,04	0,10	1,50	3,00	2,50	2,40	8,97	6,00	27,77	279,32	VS 450 x 60	450 x 200 x 12.5 x 6.3
V3	4,87	10,52	0,10	1,50	3,00	2,50	3,40	4,87	8,50	35,43	105,05	VS 400 x 28	400 x 140 x 6.3 x 4.75
V4 a	8,92	31,78	0,10	1,50	3,00	2,50	-	-	-	37,41	372,04	VS 450 x 71	450 x 200 x 16 x 6.3
V4 b	5,25	13,72	0,10	1,50	3,00	2,50	-	-	-	27,45	94,57	VS 350 x 26	350 x 140 x 6.3 x 4.75
V4 c	8,97	32,02	0,10	1,50	3,00	2,50	-	-	-	37,49	377,01	VS 500 x 73	500 x 250 x 12.5 x 6.3
V5 a	4,92	12,13	0,10	1,50	3,00	2,50	-	-	-	25,88	78,32	VS 300 x 25	300 x 140 x 6.3 x 4.75
V5 b	4,90	12,01	0,10	1,50	3,00	2,50	-	-	-	25,73	77,21	VS 300 x 25	300 x 140 x 6.3 x 4.75
V5 c	5,20	6,76	0,10	1,50	3,00	2,50	1,05	5,20	2,63	17,59	59,45	VS 300 x 23	300 x 120 x 6.3 x 4.75
V6 a	8,92	32,31	0,10	1,50	3,00	2,50	-	-	-	38,03	378,24	VS 500 x 73	500 x 250 x 12.5 x 6.3
V6 b	5,25	6,86	0,10	1,50	3,00	2,50	1,05	5,25	2,63	17,66	60,84	VS 300 x 23	300 x 120 x 6.3 x 4.75
V6 c	8,97	32,56	0,10	1,50	3,00	2,50	-	-	-	38,12	383,35	VS 500 x 73	500 x 250 x 12.5 x 6.3
V7 a	4,91	9,82	0,10	1,50	3,00	2,50	3,40	1,16	2,01	24,01	72,36	VS 300 x 25	300 x 140 x 6.3 x 4.75
V7 b	4,87	5,93	0,10	1,50	3,00	2,50	3,40	4,87	8,50	25,53	75,70	VS 300 x 25	300 x 140 x 6.3 x 4.75
V8 a	8,92	33,86	0,10	1,50	3,00	2,50	-	-	-	39,85	396,37	VS 500 x 73	500 x 250 x 12.5 x 6.3
V8 b	5,25	13,55	0,10	1,50	3,00	2,50	1,05	5,25	2,63	31,05	106,97	VS 400 x 28	400 x 140 x 6.3 x 4.75
V8 c	8,97	34,11	0,10	1,50	3,00	2,50	-	-	-	39,93	401,57	VS 500 x 73	500 x 250 x 12.5 x 6.3
V9	1,99	1,64	0,10	1,50	3,00	2,50	3,40	2,57	10,98	25,13	12,44	VS 150 x 15	150 x 100 x 6.3 x 4.75
V10	2,10	2,67	0,10	1,50	3,00	2,50	3,40	2,10	8,50	26,08	14,38	VS 150 x 15	150 x 100 x 6.3 x 4.75
V11 a	4,91	9,51	0,10	1,50	3,00	2,50	3,40	2,90	5,02	27,86	83,96	VS 350 x 26	350 x 140 x 6.3 x 4.75
V11 b	4,87	5,92	0,10	1,50	3,00	2,50	3,40	7,22	12,60	31,67	93,89	VS 350 x 26	350 x 140 x 6.3 x 4.75
V12 a	9,67	35,37	0,10	1,50	3,00	2,50	3,40	10,72	9,42	52,54	614,08	VS 600 x 95	600 x 300 x 12.5 x 8
V12 b	3,75	1,55	0,10	1,00	3,00	2,50	3,40	6,32	14,33	25,52	44,86	VS 200 x 20	200 x 130 x 6.3 x 4.75
V12 c	9,72	35,59	0,10	1,50	3,00	2,50	3,40	4,99	4,36	44,99	531,37	VS 550 x 88	550 x 250 x 16 x 6.3
V13 a	4,92	12,13	0,10	1,50	3,00	2,50	-	-	-	25,88	78,32	VS 300 x 25	300 x 140 x 6.3 x 4.75
V13 b	4,90	12,01	0,10	1,50	3,00	2,50	-	-	-	25,73	77,21	VS 300 x 25	300 x 140 x 6.3 x 4.75
V13 c	5,20	6,76	0,10	1,50	3,00	2,50	1,05	5,20	2,63	17,59	59,45	VS 300 x 23	300 x 120 x 6.3 x 4.75
V14 a	9,67	17,63	0,10	1,50	3,00	2,50	3,00	16,78	13,01	38,66	451,93	VS 550 x 75	550 x 250 x 12.5 x 6.3
VE	3,75	9,28	0,10	1,00	3,00	2,50	3,40	5,85	13,26	44,02	77,38	VS 300 x 25	300 x 140 x 6.3 x 4.75
V14 c	9,72	17,76	0,10	1,50	3,00	2,50	3,00	12,16	9,38	33,26	392,75	VS 500 x 73	500 x 250 x 12.5 x 6.3
V15	4,87	11,85	0,10	1,50	3,00	2,50	3,40	9,55	16,67	50,55	149,87	VS 400 x 34	400 x 160 x 8 x 4.75
V16 a	4,92	7,79	0,10	1,50	3,00	2,50	2,40	4,92	6,00	25,61	77,50	VS 300 x 25	300 x 140 x 6.3 x 4.75
V16 b	4,90	7,77	0,10	1,50	3,00	2,50	2,40	4,90	6,00	25,64	76,96	VS 300 x 25	300 x 140 x 6.3 x 4.75
V16 c	5,20	8,63	0,10	1,50	3,00	2,50	2,40	5,20	6,00	26,43	89,33	VS 350 x 26	350 x 140 x 6.3 x 4.75
V16 d	4,91	7,81	0,10	1,50	3,00	2,50	2,40	4,91	6,00	25,70	77,44	VS 300 x 25	300 x 140 x 6.3 x 4.75
V16 e	4,87	7,65	0,10	1,50	3,00	2,50	2,40	4,87	6,00	25,49	75,56	VS 300 x 25	300 x 140 x 6.3 x 4.75
V1 a	4,92	6,06	0,10	1,50	3,00	2,50	3,00	4,92	7,50	24,19	73,20	VS 300 x 25	300 x 140 x 6.3 x 4.75
V1 b	4,90	6,00	0,10	1,50	3,00	2,50	3,00	4,90	7,50	24,11	72,37	VS 300 x 25	300 x 140 x 6.3 x 4.75
V1 c	5,20	6,76	0,10	1,50	3,00	2,50	3,00	5,20	7,50	24,90	84,16	VS 300 x 26	300 x 120 x 8 x 4.75
V1 d	4,91	6,04	0,10	1,50	3,00	2,50	3,00	6,59	10,07	28,02	84,42	VS 300 x 26	300 x 120 x 8 x 4.75
V1 e	4,87	5,93	0,10	1,50	3,00	2,50	3,00	6,09	9,38	26,85	79,60	VS 300 x 25	300 x 140 x 6.3 x 4.75
V2 a	8,92	15,92	0,10	1,50	3,00	2,50	2,40	8,92	6,00	27,74	275,87	VS 450 x 60	450 x 200 x 12.5 x 6.3
V2 b	5,25	6,86	0,10	1,50	3,00	2,50	2,40	5,25	6,00	22,73	78,31	VS 300 x 25	300 x 140 x 6.3 x 4.75
V2 c	8,97	16,04	0,10	1,50	3,00	2,50	2,40	8,97	6,00	27,77	279,32	VS 450 x 60	450 x 200 x 12.5 x 6.3
V3	4,87	10,52	0,10	1,50	3,00	2,50	3,40	7,09	12,37	41,25	122,28	VS 400 x 32	400 x 140 x 8 x 4.75
V4 a	8,92	31,78	0,10	1,50	3,00	2,50	-	-	-	37,41	372,04	VS 450 x 71	450 x 200 x 16 x 6.3
V4 b	5,25	13,72	0,10	1,50	3,00	2,50	-	-	-	27,45	94,57	VS 350 x 26	350 x 140 x 6.3 x 4.75
V4 c	8,97	32,02	0,10	1,50	3,00	2,50	-	-	-	37,49	377,01	VS 500 x 73	500 x 250 x 12.5 x 6.3
V5 a	4,92	12,13	0,10	1,50	3,00	2,50	-	-	-	25,88	78,32	VS 300 x 25	300 x 140 x 6.3 x 4.75
V5 b	4,90	12,01	0,10	1,50	3,00	2,50	-	-	-	25,73	77,21	VS 300 x 25	300 x 140 x 6.3 x 4.75
V5 c	5,20	6,76	0,10	1,50	3,00	2,50	1,05	5,20	2,63	17,59	59,45	VS 300 x 23	300 x 120 x 6.3 x 4.75
V6 a	8,92	32,31	0,10	1,50	3,00	2,50	-	-	-	38,03	378,24	VS 500 x 73	500 x 250 x 12.5 x 6.3
V6 b	5,25	6,86	0,10	1,50	3,00	2,50	1,05	5,25	2,63	17,66	60,84	VS 300 x 23	300 x 120 x 6.3 x 4.75
V6 c	8,97	32,56	0,10	1,50	3,00	2,50	-	-	-	38,12	383,35	VS 500 x 73	500 x 250 x 12.5 x 6.3
V7 a	4,91	9,82	0,10	1,50	3,00	2,50	3,40	1,16	2,01	24,01	72,36	VS 300 x 25	300 x 140 x 6.3 x 4.75

		LAJES					ALVENARIA								
VIGA	L	Ai	t	CP	SC	PP	h	L	q alv	q total	MF	Perfil I soldado			
	viga	laje	laje	KN/m2	KN/m2	KN/m2	alv	alv	KN/m	KN/m	KN.m	Série VS	Dimensão		
	m	m2	m				m	m							
PRIMEIRO PAVIMENTO	V7 b	4,87	5,93	0,10	1,50	3,00	2,50	3,40	4,87	8,50	25,53	75,70	VS 300 x 25	300 x 140 x 6.3 x 4.75	
	V8 a	8,92	33,86	0,10	1,50	3,00	2,50	3,40	6,22	5,93	48,74	484,80	VS 500 x 86	500 x 250 x 16 x 6.3	
	V8 b	5,25	13,55	0,10	1,50	3,00	2,50	1,05	5,25	2,63	31,05	106,97	VS 400 x 28	400 x 140 x 6.3 x 4.75	
	V8 c	8,97	34,11	0,10	1,50	3,00	2,50	-	-	-	39,93	401,57	VS 500 x 73	500 x 250 x 12.5 x 6.3	
	V9	1,99	1,64	0,10	1,50	3,00	2,50	3,40	2,57	10,98	25,13	12,44	VS 150 x 15	150 x 100 x 6.3 x 4.75	
	V10	2,10	2,67	0,10	1,50	3,00	2,50	3,40	2,10	8,50	26,08	14,38	VS 150 x 15	150 x 100 x 6.3 x 4.75	
	V11 a	4,91	9,51	0,10	1,50	3,00	2,50	3,40	3,30	5,71	28,90	87,09	VS 350 x 26	350 x 140 x 6.3 x 4.75	
	V11 b	4,87	5,92	0,10	1,50	3,00	2,50	3,40	7,22	12,60	31,67	93,89	VS 350 x 26	350 x 140 x 6.3 x 4.75	
	V12 a	9,67	35,37	0,10	1,50	3,00	2,50	3,40	6,82	5,99	47,39	553,97	VS 550 x 88	550 x 250 x 16 x 6.3	
	V12 b	3,75	1,55	0,10	1,00	3,00	2,50	3,40	6,32	14,33	25,52	44,86	VS 200 x 20	200 x 130 x 6.3 x 4.75	
	V12 c	9,72	35,59	0,10	1,50	3,00	2,50	3,40	24,42	21,35	70,48	832,36	VS 750 x 108	750 x 320 x 12.5 x 8	
	V13 a	4,92	12,13	0,10	1,50	3,00	2,50	-	-	-	25,88	78,32	VS 300 x 25	300 x 140 x 6.3 x 4.75	
	V13 b	4,90	12,01	0,10	1,50	3,00	2,50	-	-	-	25,73	77,21	VS 300 x 25	300 x 140 x 6.3 x 4.75	
	V13 c	5,20	6,76	0,10	1,50	3,00	2,50	1,05	5,20	2,63	17,59	59,45	VS 300 x 23	300 x 120 x 6.3 x 4.75	
	V14 a	9,67	17,63	0,10	1,50	3,00	2,50	3,00	14,55	11,28	36,07	421,61	VS 500 x 73	500 x 250 x 12.5 x 6.3	
	VE	3,75	9,28	0,10	1,00	3,00	2,50	3,40	5,85	13,26	44,02	77,38	VS 300 x 25	300 x 140 x 6.3 x 4.75	
	V14 c	9,72	17,76	0,10	1,50	3,00	2,50	3,00	14,60	11,27	36,08	426,10	VS 550 x 75	550 x 250 x 12.5 x 6.3	
	V15	4,87	11,85	0,10	1,50	3,00	2,50	3,40	5,44	9,49	39,79	117,97	VS 400 x 30	400 x 160 x 6.3 x 4.75	
	V16 a	4,92	7,79	0,10	1,50	3,00	2,50	2,40	4,92	6,00	25,61	77,50	VS 300 x 25	300 x 140 x 6.3 x 4.75	
	V16 b	4,90	7,77	0,10	1,50	3,00	2,50	2,40	4,90	6,00	25,64	76,96	VS 300 x 25	300 x 140 x 6.3 x 4.75	
	V16 c	5,20	8,63	0,10	1,50	3,00	2,50	2,40	5,20	6,00	26,43	89,33	VS 350 x 26	350 x 140 x 6.3 x 4.75	
	V16 d	4,91	7,81	0,10	1,50	3,00	2,50	3,40	7,22	12,50	35,45	106,82	VS 400 x 28	400 x 140 x 6.3 x 4.75	
	V16 e	4,87	7,65	0,10	1,50	3,00	2,50	3,40	4,87	8,50	29,24	86,67	VS 350 x 26	350 x 140 x 6.3 x 4.75	
	PAVIMENTO TÉRREO	V1 a	4,92	13,70	0,10	1,00	3,00	2,50	3,60 *	6,27	11,47	44,36	134,22	VS 400 x 32	400 x 140 x 8 x 4.75
		V1 b	4,90	12,68	0,10	1,00	3,00	2,50	3,60 *	4,90	9,00	38,73	116,23	VS 400 x 28	400 x 140 x 6.3 x 4.75
		V1 c	5,20	13,84	0,10	1,00	3,00	2,50	3,60 *	5,20	9,00	39,46	133,37	VS 400 x 32	400 x 140 x 8 x 4.75
		V1 d	4,91	12,73	0,10	1,00	3,00	2,50	3,60 *	9,06	16,61	50,18	151,23	VS 400 x 34	400 x 160 x 8 x 4.75
V1 e		4,87	12,55	0,10	1,00	3,00	2,50	3,60 *	4,87	9,00	38,62	114,49	VS 400 x 28	400 x 140 x 6.3 x 4.75	
V1 f		3,39	7,48	0,10	1,00	3,00	2,50	-	-	-	21,51	30,90	VS 200 x 19	200 x 120 x 6.3 x 4.75	
V2 a		8,92	28,01	0,10	1,00	3,00	2,50	3,00	13,57	11,41	47,73	474,69	VS 550 x 75	550 x 250 x 12.5 x 6.3	
V2 b		5,25	13,91	0,10	1,00	3,00	2,50	3,00	5,25	7,50	37,08	127,75	VS 400 x 32	400 x 140 x 8 x 4.75	
V2 c		8,97	29,25	0,10	1,00	3,00	2,50	3,00	13,62	11,39	48,87	491,55	VS 500 x 86	500 x 250 x 16 x 6.3	
V3		4,87	10,51	0,10	1,00	3,00	2,50	3,40	4,87	8,50	33,80	100,20	VS 400 x 28	400 x 140 x 6.3 x 4.75	
V4 a		8,92	31,78	0,10	1,00	3,00	2,50	-	-	-	34,73	345,46	VS 550 x 64	550 x 250 x 9.5 x 6.3	
V4 b		5,25	13,72	0,10	1,00	3,00	2,50	3,40	1,88	3,04	30,05	103,54	VS 400 x 28	400 x 140 x 6.3 x 4.75	
V4 c		8,97	32,02	0,10	1,00	3,00	2,50	3,40	10,32	9,78	49,48	497,62	VS 500 x 86	500 x 250 x 16 x 6.3	
V5 a		4,92	12,13	0,10	1,00	3,00	2,50	-	-	-	24,03	72,72	VS 300 x 25	300 x 140 x 6.3 x 4.75	
V5 b		4,90	12,01	0,10	1,00	3,00	2,50	3,40	2,97	5,15	31,62	94,89	VS 350 x 26	350 x 140 x 6.3 x 4.75	
V5 c		5,20	6,76	0,10	1,00	3,00	2,50	3,40	6,80	11,12	93,50	316,04	VS 550 x 64	550 x 250 x 9.5 x 6.3	
			6,76			29,40									
V6 a		8,92	32,31	0,10	1,00	3,00	2,50	3,40	4,05	3,86	41,10	408,81	VS 500 x 73	500 x 250 x 12.5 x 6.3	
V6 b		5,25	6,86	0,10	1,00	3,00	2,50	3,40	5,77	9,34	91,52	315,31	VS 550 x 64	550 x 250 x 9.5 x 6.3	
			6,89			29,40									
V6 c		8,97	32,56	0,10	1,00	3,00	2,50	3,40	7,55	7,15	46,12	463,90	VS 550 x 75	550 x 250 x 12.5 x 6.3	
V7 a		4,91	9,82	0,10	1,00	3,00	2,50	3,40	1,16	2,01	22,51	67,84	VS 300 x 23	300 x 120 x 6.3 x 4.75	
V7 b		4,87	5,93	0,10	1,00	3,00	2,50	3,40	4,87	8,50	24,62	72,99	VS 300 x 25	300 x 140 x 6.3 x 4.75	
V8 a		8,92	33,90	0,10	1,00	3,00	2,50	3,40	4,40	4,19	43,35	431,10	VS 550 x 75	550 x 250 x 12.5 x 6.3	
V8 b		5,25	13,55	0,10	1,00	3,00	2,50	3,40	5,25	8,50	102,69	353,80	VS 550 x 64	550 x 250 x 9.5 x 6.3	
			6,89			29,40									
V8 c		8,97	34,15	0,10	1,00	3,00	2,50	3,40	14,03	13,29	57,07	573,95	VS 550 x 88	550 x 250 x 16 x 6.3	
V9	1,99	1,64	0,10	1,00	3,00	2,50	3,40	2,57	10,98	24,51	12,13	VS 150 x 15	150 x 100 x 6.3 x 4.75		
V10	2,10	2,67	0,10	1,00	3,00	2,50	3,40	2,10	8,50	25,12	13,85	VS 150 x 15	150 x 100 x 6.3 x 4.75		
V11 a	4,91	9,51	0,10	1,00	3,00	2,50	3,40	3,30	5,71	27,45	82,72	VS 300 x 26	300 x 120 x 8 x 4.75		
V11 b	4,87	5,92	0,10	1,00	3,00	2,50	3,40	7,22	12,60	30,76	91,19	VS 350 x 26	350 x 140 x 6.3 x 4.75		
V12 a	9,67	35,37	0,10	1,00	3,00	2,50	3,40	15,02	13,20	55,46	648,29	VS 650 x 98	650 x 300 x 12.5 x 8		
V12 b	3,75	1,55	0,10	1,00	3,00	2,50	3,40	6,32	14,33	25,52	44,86	VS 200 x 20	200 x 130 x 6.3 x 4.75		
V12 c	9,72	35,61	0,10	1,00	3,00	2,50	3,40	27,47	24,02	71,75	847,40	VS 800 x 111	800 x 320 x 12.5 x 8		

	VIGA	L viga m	LAJES					ALVENARIA					Perfil I soldado	
			Ai laje m ²	t laje m	CP KN/m ²	SC KN/m ²	PP laje KN/m ²	h Alv m	L alv m	q alv KN/m	q total vigas KN/m	MF KN.m		
			Série VS		Dimensão									
PAVIMENTO TÉRREO	V13 a	4,92	12,13	0,10	1,00	3,00	2,50				24,03	72,72	VS 300 x 25	300 x 140 x 6.3 x 4.75
	V13 b	4,90	12,01	0,10	1,00	3,00	2,50	3,40	3,33	5,78	32,55	97,70	VS 350 x 26	350 x 140 x 6.3 x 4.75
	V13 c	5,20	6,76	0,10	1,00	3,00	2,50	3,40	7,70	12,59	95,71	323,50	VS 550 x 64	550 x 250 x 9.5 x 6.3
			6,76			29,40								
	VE	3,75	9,28	0,10	1,00	3,00	2,50	3,40	5,85	13,26	44,02	77,38	VS 300 x 25	300 x 140 x 6.3 x 4.75
	V14 c	9,72	30,74	0,10	1,00	3,00	2,50	3,00	14,59	11,26	47,72	563,52	VS 550 x 88	550 x 250 x 16 x 6.3
	V15	4,87	11,85	0,10	1,00	3,00	2,50	3,40	3,49	6,09	32,86	97,43	VS 350 x 26	350 x 140 x 6.3 x 4.75
V Mureta	3,39	2,87	0,10	1,00	3,00	2,50	-	-	-	8,26	11,87	VS 150 x 15	150 x 100 x 6.3 x 4.75	
ESCA DA	VE	4,87	4,38	0,10	1,00	3,00	2,50	3,40	2,10	3,67	14,26	42,29	VS 200 x 19	200 x 120 x 6.3 x 4.75

* Sobre as vigas com altura de alvenaria de 3,60 m, a área de influência recebeu a contribuição da metade da laje em balanço que está apoiada sobre as vigas-paredes Par1 e Par2 ver Anexo B e a altura total da alvenaria recebeu a contribuição da parede de ventilação h=60cm.

Quadro 2 - Pré-Dimensionamento de Pilares Metálicos

PILAR	Nr. De lajes	Influência	CP	SC	pp	Carga da	Peso	Perfil I Soldado	
		da laje	(adotada)	(NBR 6120)	da laje	Alvenaria	do pilar		
		m ²	KN/m ²	KN/m ²	KN/m ²	KN/m ²	KN/m ²	KN	Série CS
P1	5	11,05	1,50	3,00	2,50	3,00	828,75	CS 250 x 43	250 x 250 x 8 x 6.3
P2	5	21,96	1,50	3,00	2,50	3,00	1646,65	CS 300 x 76	300 x 300 x 12.5 x 8
P3	5	22,75	1,50	3,00	2,50	3,00	1706,37	CS 300 x 76	300 x 300 x 12.5 x 8
P4	5	22,70	1,50	3,00	2,50	3,00	1702,16	CS 300 x 76	300 x 300 x 12.5 x 8
P5	5	21,96	1,50	3,00	2,50	3,00	1646,63	CS 300 x 76	300 x 300 x 12.5 x 8
P6	5	11,11	1,50	3,00	2,50	3,00	832,99	CS 250 x 43	250 x 250 x 8 x 6.3
P7	5	17,52	1,50	3,00	2,50	3,00	1313,75	CS 300 x 62	300 x 300 x 9.5 x 8
P8	5	34,80	1,50	3,00	2,50	3,00	2610,32	CS 400 x 106	400 x 400 x 12.5 x 9.5
P9	5	36,06	1,50	3,00	2,50	3,00	2704,52	CS 350 x 112	350 x 350 x 16 x 9.5
P10	7	34,95	1,50	3,00	2,50	3,00	3669,51	CS 450 x 144	450 x 450 x 16 x 9.5
PA	2	4,53	1,50	3,00	2,50	3,00	135,98	CS 150 x 25	150 x 150 x 8 x 6.3
PB	2	4,53	1,50	3,00	2,50	3,00	135,98	CS 150 x 25	150 x 150 x 8 x 6.3
P11	8	33,28	1,50	3,00	2,50	3,00	3993,98	CS 400 x 165	400 x 400 x 19 x 16
P12	8	17,60	1,50	3,00	2,50	3,00	2112,41	CS 350 x 89	350 x 350 x 12.5 x 8
P13	6	4,71	1,50	3,00	2,50	3,00	424,28	CS 150 x 29	150 x 150 x 9.5 x 6.3
P14	8	33,38	1,50	3,00	2,50	3,00	4005,26	CS 400 x 165	400 x 400 x 19 x 16
P15	8	17,54	1,50	3,00	2,50	3,00	2104,98	CS 350 x 89	350 x 350 x 12.5 x 8
P16	5	17,45	1,50	3,00	2,50	3,00	1308,93	CS 300 x 62	300 x 300 x 9.5 x 8
P17	5	34,68	1,50	3,00	2,50	3,00	2601,14	CS 400 x 106	400 x 400 x 12.5 x 9.5
P18	5	35,93	1,50	3,00	2,50	3,00	2695,02	CS 350 x 112	350 x 350 x 16 x 9.5
P19	7	34,97	1,50	3,00	2,50	3,00	3671,58	CS 450 x 144	450 x 450 x 16 x 9.5
P20	5	10,99	1,50	3,00	2,50	3,00	824,19	CS 250 x 43	250 x 250 x 8 x 6.3
P21	5	21,83	1,50	3,00	2,50	3,00	1637,45	CS 300 x 76	300 x 300 x 12.5 x 8
P22	5	22,62	1,50	3,00	2,50	3,00	1696,86	CS 300 x 76	300 x 300 x 12.5 x 8
P23	5	22,57	1,50	3,00	2,50	3,00	1692,68	CS 300 x 76	300 x 300 x 12.5 x 8
P24	5	21,83	1,50	3,00	2,50	3,00	1637,45	CS 300 x 76	300 x 300 x 12.5 x 8
P25	5	11,04	1,50	3,00	2,50	3,00	828,35	CS 250 x 43	250 x 250 x 8 x 6.3

Quadro3 - Cargas de Vento (kN/m)

	Elemento	d (m)	Vento 0°	Vento 90°	Vento 180°	Vento 270°	
PAREDES	P6	4,86	3,31	-2,98	-1,65	-1,65	
	P12	6,74	4,58	-4,12	-2,29	-2,29	
	P15	6,71	4,56	-2,28	-2,28	-4,11	
	P25	4,84	2,30	-1,64	-1,64	-2,96	
	P1	4,91	-1,67	-3,01	3,34	-1,67	
	P7	6,69	-2,27	-4,09	4,55	-2,27	
	P16	7,67	-2,61	-2,61	5,22	-4,69	
	P20	3,88	-1,32	-1,32	1,85	-2,37	
	P1	2,46	-0,80	1,67	-1,51	-0,33	
	P2	4,91	-1,60	3,34	-3,01	-0,67	
	P3	5,03	-1,64	3,42	-1,81	-0,68	
	P4	5,08	-1,83	3,45	-1,66	-0,69	
	P5	4,89	-2,99	3,33	-1,60	-0,67	
	P6	2,47	-1,51	1,68	-0,81	-0,34	
	P20	2,46	-0,80	-0,84	-1,51	1,67	
	P21	4,91	-1,60	-1,67	-3,01	3,34	
	P22	5,03	-1,64	-1,71	-1,81	3,42	
	P23	5,08	-1,83	-1,73	-1,64	3,45	
	P24	4,89	-2,99	-1,66	-1,60	3,33	
	P25	2,47	-1,51	-0,84	-0,81	1,68	
	NÍVEL SUPERIOR	P12	1,87	1,28	-1,15	-0,64	-0,64
		P15	1,87	1,28	-0,64	-0,64	-1,15
		PA	1,87	-0,64	-1,15	1,28	-0,82
		PB	1,87	-0,64	-0,64	1,28	1,64
		P12	2,47	-1,51	1,68	-0,81	-0,84
P11		4,89	-2,99	3,33	-1,60	-1,66	
PA		2,42	-0,93	1,64	-0,79	-0,64	
P15		2,47	-1,51	-0,84	-0,81	1,68	
P14		4,89	-2,99	-1,66	-1,60	3,33	
PB		2,42	-0,93	-0,82	-0,79	-1,15	

Quadro 4 - Verificação e Dimensionamento de Vigas Mistas

Aço estrutural..... ASTM A36, com $f_y=250$ MPa e $f_u=400$ MPa
 Módulo de Elasticidade do aço..... $E = 200\ 000$ MPa
 Sistema de construção Viga não escorada / Interação Completa
 Laje Maciça, com $f_{ck}=25$ MPa e $f_u=400$ MPa
 Espessura da laje 0.1 m
 Conectores tipo U laminado..... 76.2 6.11 $L_{cs}=100$ (76.2x35.8x6.9x4.32)

VIGA MISTA	MSd kN.m	MSd0 kN.m	Perfil I Soldado mm	Verificação no E.L.U				Verificação no E.L.S			
				MRd kN.m	MRd0 kN.m	MSd ≤ 1 MRd	MSd0 ≤ 1 MRd0	δ máx. m	v lim. m	v lim ≤ 1 d máx.	
COBERTURA	VM1 a	37,00	24,79	PS 150 x 100 x 8 x 4.75 x 100 x 8	77,12	30,66	0,48	0,81	0,0141	0,0106	0,75
	VM1 b	37,77	25,31	PS 150 x 100 x 8 x 4.75 x 100 x 8	76,96	30,66	0,49	0,83	0,0139	0,0088	0,63
	VM1 d	32,23	21,59	PS 150 x 100 x 8 x 4.75 x 100 x 8	76,96	30,66	0,42	0,70	0,0138	0,0097	0,71
	VM1 e	36,30	24,32	PS 150 x 100 x 8 x 4.75 x 100 x 8	77,13	30,66	0,47	0,79	0,0141	0,0101	0,72
	VM2 a	157,16	105,30	VS 400 x 200 x 16 x 6.3 x 200 x 16	494,19	271,80	0,32	0,39	0,0150	0,0139	0,93
	VM2 c	159,40	106,80	VS 400 x 200 x 16 x 6.3 x 200 x 16	494,95	247,48	0,32	0,43	0,0150	0,0107	0,71
	VM3	32,23	21,59	PS 150 x 100 x 8 x 4.75 x 100 x 8	82,09	30,66	0,39	0,70	0,0141	0,0106	0,75
	VM4 a	229,83	153,99	VS 400 x 200 x 9.5 x 6.3 x 200 x 9.5	372,04	223,22	0,62	0,69	0,0255	0,0205	0,81
	VM4 b	58,00	38,86	VS 200 x 120 x 6.3 x 4.75 x 120 x 6.3	101,69	61,01	0,57	0,64	0,0150	0,0107	0,71
	VM4 c	232,99	156,10	VS 400 x 200 x 9.5 x 6.3 x 200 x 9.5	372,43	223,46	0,63	0,70	0,0256	0,0210	0,82
	VM5 a	48,61	32,57	PS 150 x 100 x 9.5 x 4.75 x 100 x 9.5	91,52	34,97	0,53	0,93	0,0141	0,0109	0,77
	VM5 b	46,65	31,26	PS 150 x 100 x 8 x 6.3 x 100 x 8	88,88	32,25	0,52	0,97	0,0139	0,0105	0,76
	VM5 c	42,84	28,70	PS 150 x 100 x 8 x 4.75 x 100 x 8	82,50	30,66	0,52	0,94	0,0150	0,0114	0,76
	VM6 a	234,86	157,36	VS 400 x 200 x 9.5 x 6.3 x 200 x 9.5	373,19	223,91	0,63	0,70	0,0255	0,0209	0,82
	VM6 b	43,37	29,06	VS 200 x 120 x 6.3 x 4.75 x 120 x 6.3	101,69	61,01	0,43	0,48	0,0150	0,0089	0,59
	VM6 c	238,09	159,52	VS 400 x 200 x 12.5 x 6.3 x 200 x 12.5	432,12	259,27	0,55	0,62	0,0256	0,0184	0,72
	VM7 a	62,55	41,91	VS 200 x 120 x 6.3 x 4.75 x 120 x 6.3	101,07	42,76	0,62	0,98	0,0138	0,0100	0,72
	VM7 b	69,24	46,39	VS 200 x 120 x 8 x 4.75 x 120 x 8	116,29	51,03	0,60	0,91	0,0141	0,0101	0,71
	VM8 a	245,80	164,69	VS 350 x 200 x 12.5 x 4.75 x 200 x 12.5	376,31	225,79	0,65	0,73	0,0255	0,0229	0,90
	VM8 b	349,04	233,86	VS 400 x 200 x 12.5 x 4.75 x 200 x 12.5	402,63	258,12	0,87	0,91	0,0150	0,0103	0,69
	VM8 c	248,84	166,72	VS 350 x 200 x 12.5 x 4.75 x 200 x 12.5	376,46	225,88	0,66	0,74	0,0256	0,0234	0,91
	VM9	6,71	4,50	PS 150 x 100 x 6.3 x 4.75 x 100 x 6.3	63,37	25,67	0,11	0,18	0,0056	0,0004	0,06
	VM10	9,67	6,48	PS 150 x 100 x 6.3 x 4.75 x 100 x 6.3	64,10	25,67	0,15	0,25	0,0060	0,0006	0,10
	VM11 a	85,19	57,08	VS 200 x 120 x 9.5 x 4.75 x 120 x 9.5	128,85	58,20	0,66	0,98	0,0138	0,0111	0,80
	VM11 b	52,08	34,89	PS 150 x 100 x 9.5 x 4.75 x 100 x 9.5	91,59	34,97	0,57	1,00	0,0141	0,0114	0,80
	VM12 a	374,05	250,61	VS 450 x 200 x 12.5 x 6.3 x 200 x 12.5	520,87	312,52	0,72	0,80	0,0276	0,0237	0,86
	VM12 b	25,37	17,00	PS 150 x 100 x 6.3 x 4.75 x 100 x 6.3	65,15	25,67	0,39	0,66	0,0107	0,0046	0,43
	VM12 c	327,78	219,61	VS 450 x 200 x 12.5 x 6.3 x 200 x 12.5	525,81	315,49	0,62	0,70	0,0278	0,0216	0,78
	VM13 a	48,52	32,51	PS 150 x 100 x 9.5 x 4.75 x 100 x 9.5	91,52	34,97	0,53	0,93	0,0141	0,0108	0,77
	VM13 b	46,65	31,26	PS 150 x 100 x 8 x 6.3 x 100 x 8	88,88	32,25	0,52	0,97	0,0139	0,0105	0,76
VM13 c	42,84	28,70	PS 150 x 100 x 8 x 4.75 x 100 x 8	82,50	30,66	0,52	0,94	0,0150	0,0114	0,76	
VM14 a	285,00	190,95	VS 400 x 200 x 9.5 x 4.75 x 200 x 9.5	395,72	237,43	0,72	0,80	0,0150	0,0146	0,98	
VM14 c	238,35	159,69	VS 450 x 200 x 16 x 6.3 x 200 x 16	541,21	324,73	0,44	0,49	0,0150	0,0131	0,88	
VM15	49,19	32,96	PS 150 x 100 x 9.5 x 4.75 x 100 x 9.5	91,44	34,97	0,54	0,94	0,0141	0,0111	0,79	
VM16 a	37,00	24,79	PS 150 x 100 x 8 x 4.75 x 100 x 8	77,13	30,66	0,48	0,81	0,0141	0,0106	0,75	
VM16 b	37,77	25,31	PS 150 x 100 x 8 x 4.75 x 100 x 8	76,96	30,66	0,49	0,83	0,0139	0,0100	0,72	
VM16 d	35,28	23,64	PS 150 x 100 x 8 x 4.75 x 100 x 8	76,96	30,66	0,46	0,77	0,0138	0,0098	0,71	
VM16 e	36,30	24,32	PS 150 x 100 x 8 x 4.75 x 100 x 8	77,13	30,66	0,47	0,79	0,0141	0,0101	0,72	
TERCEIRO PAVIMENTO	VM1 a	67,33	45,11	VS 200 x 130 x 6.3 x 4.75 x 130 x 6.3	99,81	45,53	0,67	0,99	0,0141	0,0122	0,86
	VM1 b	66,47	44,53	VS 200 x 130 x 6.3 x 4.75 x 130 x 6.4	99,60	45,53	0,67	0,98	0,0140	0,0119	0,85
	VM1 d	67,02	44,90	VS 200 x 130 x 6.3 x 4.75 x 130 x 6.5	99,60	45,53	0,67	0,99	0,0140	0,0121	0,86
	VM1 e	65,39	43,81	VS 200 x 130 x 6.3 x 4.75 x 130 x 6.6	99,60	45,53	0,66	0,96	0,0139	0,0116	0,83
	VM2 a	252,30	169,04	VS 450 x 200 x 16 x 6.3 x 200 x 16	562,10	378,18	0,45	0,67	0,0150	0,0133	0,88
	VM2 c	255,58	171,24	VS 450 x 200 x 16 x 6.3 x 200 x 16	562,10	378,18	0,45	0,68	0,0150	0,0136	0,91
	VM3	96,11	64,39	VS 200 x 140 x 9.5 x 4.75 x 140 x 9.5	142,71	66,42	0,67	0,97	0,0139	0,0115	0,83
VM4 a	337,03	225,81	VS 400 x 200 x 12.5 x 4.75 x 200 x 12.5	427,27	258,12	0,79	0,87	0,0255	0,0245	0,96	

VIGA MISTA	MSd kN.m	MSd0 kN.m	Perfil I Soldado mm	Verificação no E.L.U				Verificação no E.L.S		
				MRd kN.m	MRd0 kN.m	MSd ≤ 1 MRd	MSd0 ≤ 1 MRd0	δ máx. m	v lim. m	v lim ≤ 1 d máx.
VM4 b	84,89	56,88	VS 200 x 120 x 9.5 x 4.75 x 120 x 9.5	129,91	58,20	0,65	0,98	0,0150	0,0127	0,85
VM4 c	341,55	228,84	VS 400 x 200 x 12.5 x 4.75 x 200 x 12.5	427,43	258,12	0,80	0,89	0,0256	0,0251	0,98
VM5 a	71,03	47,59	VS 200 x 120 x 8 x 4.75 x 120 x 8	116,20	51,03	0,61	0,93	0,0141	0,0105	0,74
VM5 b	69,87	46,81	VS 200 x 120 x 8 x 4.75 x 120 x 8	116,20	51,03	0,60	0,92	0,0140	0,0102	0,73
VM5 c	53,74	36,01	PS 150 x 100 x 9.5 x 6.3 x 100 x 9.5	98,67	36,48	0,54	0,99	0,0149	0,0126	0,85
VM6 a	342,62	229,56	VS 400 x 200 x 12.5 x 4.75 x 200 x 12.5	427,27	258,12	0,80	0,89	0,0255	0,0250	0,98
VM6 b	55,03	36,87	VS 200 x 120 x 6.3 x 4.75 x 120 x 6.3	101,69	42,76	0,54	0,86	0,0150	0,0102	0,68
VM6 c	347,29	232,68	VS 400 x 200 x 12.5 x 4.75 x 200 x 12.5	427,43	258,12	0,81	0,90	0,0256	0,0256	1,00
VM7 a	65,87	44,13	VS 200 x 130 x 6.3 x 4.75 x 130 x 6.3	106,07	45,53	0,62	0,97	0,0140	0,0104	0,74
VM7 b	170,41	114,17	VS 300 x 180 x 8 x 4.75 x 180 x 8	215,34	115,60	0,79	0,99	0,0139	0,0099	0,71
VM8 a	359,16	240,64	VS 450 x 200 x 16 x 6.3 x 200 x 16	604,98	378,18	0,59	0,95	0,0255	0,0170	0,67
VM8 b	89,84	60,19	VS 250 x 160 x 9.5 x 4.75 x 160 x 9.5	189,33	97,48	0,47	0,62	0,0150	0,0138	0,92
VM8 c	363,78	243,73	VS 450 x 200 x 16 x 6.3 x 200 x 16	427,43	258,12	0,85	0,94	0,0256	0,0174	0,68
VM9	11,48	7,69	PS 150 x 100 x 6.3 x 4.75 x 100 x 6.3	63,62	25,67	0,18	0,30	0,0057	0,0006	0,11
VM10	12,68	8,50	PS 150 x 100 x 6.3 x 4.75 x 100 x 6.3	64,10	25,67	0,20	0,33	0,0060	0,0008	0,13
VM11 a	103,80	69,55	VS 250 x 140 x 8 x 4.75 x 140 x 8	155,85	76,38	0,67	0,91	0,0140	0,0097	0,69
VM11 b	86,57	58,00	VS 200 x 120 x 9.5 x 4.75 x 120 x 9.5	128,97	58,20	0,67	1,00	0,0139	0,0114	0,82
VM12 a	809,94	809,94	VS 600 x 300 x 25 x 8 x 300 x 25	1504,40	1117,61	0,54	0,72	0,0150	0,0143	0,95
VM12 b	59,17	39,64	VS 200 x 120 x 6.3 x 4.75 x 120 x 6.3	98,74	42,76	0,60	0,93	0,0107	0,0037	0,34
VM12 c	588,48	588,48	VS 600 x 300 x 25 x 8 x 300 x 25	1268,16	896,22	0,46	0,66	0,0150	0,0128	0,85
VM13 a	71,03	47,59	VS 200 x 120 x 8 x 4.75 x 120 x 8	116,20	51,03	0,61	0,93	0,0141	0,0105	0,74
VM13 b	69,87	46,81	VS 200 x 120 x 8 x 4.75 x 120 x 8	116,20	51,03	0,60	0,92	0,0140	0,0102	0,73
VM13 c	53,74	36,01	PS 150 x 100 x 9.5 x 6.3 x 100 x 9.5	98,67	36,48	0,54	0,99	0,0149	0,0126	0,85
VM14 a	636,70	636,70	VS 600 x 300 x 19 x 8 x 300 x 19	1267,43	896,22	0,50	0,71	0,0150	0,0129	0,86
VM14 c	467,59	467,59	VS 600 x 300 x 19 x 8 x 300 x 19	1268,16	896,22	0,37	0,52	0,0150	0,0102	0,68
VM15	125,74	84,25	VS 250 x 140 x 9.5 x 4.75 x 140 x 9.5	172,44	87,10	0,73	0,97	0,0139	0,0105	0,75
VM16 a	65,76	44,06	VS 200 x 130 x 6.3 x 4.75 x 130 x 6.3	99,81	45,53	0,66	0,97	0,0141	0,0119	0,84
VM16 b	65,18	43,67	VS 200 x 130 x 6.3 x 4.75 x 130 x 6.3	99,60	45,53	0,65	0,96	0,0140	0,0117	0,83
VM16 d	65,71	44,03	VS 200 x 130 x 6.3 x 4.75 x 130 x 6.3	99,60	45,53	0,66	0,97	0,0140	0,0119	0,84
VM16 e	63,95	42,85	VS 200 x 130 x 6.3 x 4.75 x 130 x 6.3	99,60	45,53	0,64	0,94	0,0139	0,0113	0,81
VM1 a	70,15	47,00	VS 200 x 120 x 8 x 4.75 x 120 x 8	108,55	51,03	0,65	0,92	0,0141	0,0072	0,51
VM1 b	69,22	46,38	VS 200 x 120 x 8 x 4.75 x 120 x 8	108,29	51,03	0,64	0,91	0,0140	0,0070	0,50
VM1 d	69,82	46,78	VS 200 x 120 x 8 x 4.75 x 120 x 8	108,29	51,03	0,64	0,92	0,0140	0,0071	0,51
VM1 e	68,11	45,63	VS 200 x 120 x 8 x 4.75 x 120 x 8	108,29	51,03	0,63	0,89	0,0139	0,0068	0,49
VM2 a	265,74	178,05	VS 450 x 200 x 12.5 x 6.3 x 200 x 12.5	492,24	313,24	0,54	0,57	0,0150	0,0132	0,88
VM2 c	269,02	269,02	VS 450 x 200 x 12.5 x 6.3 x 200 x 12.6	492,80	313,24	0,55	0,86	0,0150	0,0135	0,90
VM3	100,91	67,61	VS 250 x 140 x 8 x 4.75 x 140 x 8	155,72	76,38	0,65	0,89	0,0139	0,0093	0,67
VM4 a	363,61	363,61	VS 450 x 250 x 12.5 x 6.3 x 250 x 12.5	598,61	375,38	0,61	0,97	0,0255	0,0173	0,68
VM4 b	91,56	61,35	VS 200 x 130 x 9.5 x 4.75 x 130 x 9.5	136,95	62,31	0,67	0,98	0,0150	0,0131	0,87
VM4 c	368,59	368,59	VS 450 x 250 x 12.5 x 6.3 x 250 x 12.5	598,88	375,38	0,62	0,98	0,0256	0,0178	0,69
VM5 a	76,63	51,34	VS 200 x 130 x 8 x 4.75 x 130 x 8	122,20	54,52	0,63	0,94	0,0141	0,0108	0,77
VM5 b	75,41	50,52	VS 200 x 130 x 8 x 4.75 x 130 x 8	122,20	54,52	0,62	0,93	0,0140	0,0105	0,75
VM5 c	57,01	38,20	VS 200 x 120 x 6.3 x 4.75 x 120 x 6.3	101,64	42,76	0,56	0,89	0,0149	0,0104	0,70
VM6 a	369,60	369,60	VS 450 x 250 x 12.5 x 6.3 x 250 x 12.5	598,61	375,38	0,62	0,98	0,0255	0,0176	0,69
VM6 b	58,25	39,03	VS 200 x 120 x 6.3 x 4.75 x 120 x 6.3	101,69	42,76	0,57	0,91	0,0150	0,0107	0,72
VM6 c	374,78	251,10	VS 450 x 250 x 12.5 x 6.3 x 250 x 12.5	427,43	258,12	0,88	0,97	0,0256	0,0181	0,71
VM7 a	70,40	47,17	VS 200 x 120 x 8 x 4.75 x 120 x 8	116,20	51,03	0,61	0,92	0,0140	0,0103	0,74
VM7 b	167,79	112,42	VS 300 x 180 x 8 x 4.75 x 180 x 8	215,34	115,60	0,78	0,97	0,0139	0,0102	0,73
VM8 a	387,38	387,38	VS 450 x 200 x 19 x 6.3 x 200 x 19	673,77	432,99	0,57	0,89	0,0255	0,0165	0,65
VM8 b	154,02	103,19	VS 300 x 160 x 8 x 4.75 x 160 x 8	202,26	106,71	0,76	0,97	0,0150	0,0118	0,79
VM8 c	392,47	392,47	VS 450 x 200 x 19 x 6.3 x 200 x 19	674,12	432,99	0,58	0,91	0,0256	0,0169	0,66
VM9	11,79	7,90	PS 150 x 100 x 6.3 x 4.75 x 100 x 6.3	63,62	25,67	0,19	0,31	0,0057	0,0007	0,12
VM10	13,18	8,83	PS 150 x 100 x 6.3 x 4.75 x 100 x 6.3	64,10	25,67	0,21	0,34	0,0060	0,0008	0,14
VM11 a	109,17	73,14	VS 250 x 140 x 8 x 4.75 x 140 x 8	155,85	76,38	0,70	0,96	0,0140	0,0102	0,73
VM11 b	89,24	59,79	VS 200 x 130 x 9.5 x 4.75 x 130 x 9.5	135,89	62,31	0,66	0,96	0,0139	0,0112	0,80
VM12 a	876,53	876,53	VS 650 x 300 x 22.4 x 8 x 300 x 22.4	1533,16	1125,00	0,57	0,78	0,0150	0,0144	0,96
VM12 b	63,27	42,39	VS 200 x 120 x 6.3 x 4.75 x 120 x 6.3	98,74	42,76	0,64	0,99	0,0107	0,0052	0,48
VM12 c	626,72	626,72	VS 600 x 300 x 19 x 8 x 300 x 19	1268,16	896,22	0,49	0,70	0,0150	0,0136	0,91
VM13 a	76,63	51,34	VS 200 x 130 x 8 x 4.75 x 130 x 8	122,20	54,52	0,63	0,94	0,0141	0,0108	0,77

	VIGA MISTA	MSd kN.m	MSd0 kN.m	Perfil I Soldado mm	Verificação no E.L.U				Verificação no E.L.S		
					MRd kN.m	MRd0 kN.m	MSd ≤ 1 MRd	MSd0 ≤ 1 MRd0	δ máx. m	v lim. m	v lim ≤ 1 d máx.
SEGUNDO PAVIMENTO	VM13 b	75,41	50,52	VS 200 x 130 x 8 x 4.75 x 130 x 8	122,20	54,52	0,62	0,93	0,0140	0,0105	0,75
	VM13 c	57,01	38,20	VS 200 x 120 x 6.3 x 4.75 x 120 x 6.3	101,64	42,76	0,56	0,89	0,0149	0,0104	0,70
	VM14 a	715,48	715,48	VS 600 x 300 x 19 x 8 x 300 x 19	1267,43	896,22	0,56	0,80	0,0150	0,0145	0,97
	VM14 c	489,13	489,13	VS 550 x 250 x 19 x 6.3 x 250 x 19	971,18	667,07	0,50	0,73	0,0150	0,0147	0,98
	VM15	143,12	95,89	VS 250 x 160 x 9.5 x 4.75 x 160 x 9.5	187,69	97,48	0,76	0,98	0,0139	0,0110	0,79
	VM16 a	74,66	50,02	VS 200 x 120 x 8 x 4.75 x 120 x 8	108,55	51,03	0,69	0,98	0,0141	0,0125	0,89
	VM16 b	74,00	49,58	VS 200 x 120 x 8 x 4.75 x 120 x 8	108,29	51,03	0,68	0,97	0,0140	0,0123	0,88
	VM16 d	74,62	50,00	VS 200 x 120 x 8 x 4.75 x 120 x 8	108,29	51,03	0,69	0,98	0,0140	0,0125	0,89
VM16 e	72,65	48,68	VS 200 x 120 x 8 x 4.75 x 120 x 8	108,29	51,03	0,67	0,95	0,0139	0,0120	0,86	
PRIMEIRO PAVIMENTO	VM1 a	70,45	47,20	VS 200 x 120 x 8 x 4.75 x 120 x 8	108,55	51,03	0,65	0,92	0,0141	0,0118	0,84
	VM1 b	69,22	46,38	VS 200 x 120 x 8 x 4.75 x 120 x 8	108,29	51,03	0,64	0,91	0,0140	0,0115	0,82
	VM1 d	80,68	54,06	VS 200 x 120 x 9.5 x 4.75 x 120 x 9.5	119,09	58,20	0,68	0,93	0,0140	0,0123	0,88
	VM1 e	75,92	50,87	VS 200 x 120 x 8 x 4.75 x 120 x 8	108,29	51,03	0,70	1,00	0,0139	0,0125	0,90
	VM2 a	265,74	265,74	VS 450 x 200 x 16 x 6.3 x 200 x 16	604,98	378,18	0,44	0,70	0,0150	0,0126	0,84
	VM2 c	269,02	269,02	VS 450 x 200 x 16 x 6.3 x 200 x 16	605,25	378,18	0,44	0,71	0,0150	0,0129	0,86
	VM3	116,98	78,38	VS 250 x 160 x 8 x 4.75 x 160 x 8	168,95	85,16	0,69	0,92	0,0139	0,0099	0,71
	VM4 a	363,62	363,62	VS 450 x 250 x 12.5 x 6.3 x 250 x 12.5	598,61	375,38	0,61	0,97	0,0255	0,0173	0,68
	VM4 b	91,39	61,23	VS 200 x 130 x 9.5 x 4.75 x 130 x 9.5	136,95	62,31	0,67	0,98	0,0150	0,0131	0,87
	VM4 c	368,59	368,59	VS 450 x 250 x 12.5 x 6.3 x 250 x 12.5	598,88	375,38	0,62	0,98	0,0256	0,0178	0,69
	VM5 a	76,55	51,29	VS 200 x 130 x 8 x 4.75 x 130 x 8	122,20	54,52	0,63	0,94	0,0141	0,0108	0,76
	VM5 b	75,41	50,52	VS 200 x 130 x 8 x 4.75 x 130 x 8	122,20	54,52	0,62	0,93	0,0140	0,0105	0,75
	VM5 c	57,00	38,19	VS 200 x 120 x 6.3 x 4.75 x 120 x 6.3	101,64	42,76	0,56	0,89	0,0149	0,0104	0,70
	VM6 a	369,60	369,60	VS 450 x 250 x 12.5 x 6.3 x 250 x 12.5	598,61	375,38	0,62	0,98	0,0255	0,0176	0,69
	VM6 b	58,25	39,03	VS 200 x 120 x 6.3 x 4.75 x 120 x 6.3	101,69	42,76	0,57	0,91	0,0150	0,0107	0,72
	VM6 c	374,78	374,78	VS 450 x 250 x 12.5 x 6.3 x 250 x 12.5	598,88	375,38	0,63	1,00	0,0256	0,0181	0,71
	VM7 a	70,40	47,17	VS 200 x 120 x 8 x 4.75 x 120 x 8	116,20	51,03	0,61	0,92	0,0140	0,0103	0,74
	VM7 b	169,51	113,57	VS 300 x 180 x 8 x 4.75 x 180 x 8	215,34	115,60	0,79	0,98	0,0139	0,0100	0,72
	VM8 a	470,05	470,05	VS 500 x 250 x 16 x 6.3 x 250 x 16	779,44	518,40	0,60	0,91	0,0255	0,0157	0,61
	VM8 b	154,91	103,79	VS 300 x 160 x 8 x 4.75 x 160 x 8	202,26	106,71	0,77	0,97	0,0150	0,0119	0,79
	VM8 c	392,47	392,47	VS 450 x 200 x 19 x 6.3 x 200 x 19	674,12	432,99	0,58	0,91	0,0256	0,0169	0,66
	VM9	11,79	7,90	PS 150 x 100 x 6.3 x 4.75 x 100 x 6.3	63,62	25,67	0,19	0,31	0,0057	0,0007	0,12
	VM10	13,18	8,83	PS 150 x 100 x 6.3 x 4.75 x 100 x 6.3	64,10	25,67	0,21	0,34	0,0060	0,0008	0,14
	VM11 a	111,98	75,03	VS 250 x 140 x 8 x 4.75 x 140 x 8	155,85	76,38	0,72	0,98	0,0140	0,0105	0,75
	VM11 b	89,24	59,79	VS 200 x 130 x 9.5 x 4.75 x 130 x 9.5	135,89	62,31	0,66	0,96	0,0139	0,0112	0,80
	VM12 a	761,40	761,40	VS 650 x 300 x 22.4 x 8 x 300 x 22.4	1533,16	1125,00	0,50	0,68	0,0150	0,0123	0,82
	VM12 b	67,15	44,99	VS 200 x 130 x 6.3 x 4.75 x 130 x 6.3	103,35	45,53	0,65	0,99	0,0107	0,0039	0,36
	VM12 c	924,22	924,22	VS 650 x 300 x 25 x 8 x 300 x 25	1644,50	1228,98	0,56	0,75	0,0150	0,0146	0,97
	VM13 a	76,63	51,34	VS 200 x 130 x 8 x 4.75 x 130 x 8	122,20	54,52	0,63	0,94	0,0141	0,0108	0,77
	VM13 b	75,41	50,52	VS 200 x 130 x 8 x 4.75 x 130 x 8	122,20	54,52	0,62	0,93	0,0140	0,0105	0,75
	VM13 c	57,00	38,19	VS 200 x 120 x 6.3 x 4.75 x 120 x 6.3	101,64	42,76	0,56	0,89	0,0149	0,0104	0,70
	VM14 a	628,00	628,00	VS 600 x 300 x 19 x 8 x 300 x 19	1267,43	896,22	0,50	0,70	0,0150	0,0128	0,85
VM14 c	539,25	539,25	VS 600 x 300 x 19 x 8 x 300 x 19	1268,16	896,22	0,43	0,60	0,0150	0,0117	0,78	
VM15	113,32	75,92	VS 250 x 140 x 8 x 4.75 x 140 x 8	155,72	76,38	0,73	0,99	0,0139	0,0104	0,75	
VM16 a	74,66	50,02	VS 200 x 120 x 8 x 4.75 x 120 x 8	108,55	51,03	0,69	0,98	0,0141	0,0125	0,89	
VM16 b	73,99	49,57	VS 200 x 120 x 8 x 4.75 x 120 x 8	108,29	51,03	0,68	0,97	0,0140	0,0123	0,88	
VM16 d	102,10	68,41	VS 250 x 140 x 8 x 4.75 x 140 x 8	144,46	76,38	0,71	0,90	0,0140	0,0108	0,77	
VM16 e	83,03	55,63	VS 200 x 120 x 9.5 x 4.75 x 120 x 9.5	119,09	58,20	0,70	0,96	0,0139	0,0125	0,90	
PAVIMENTO TÉRREDO	VM1 a	128,94	86,39	VS 250 x 140 x 9.5 x 4.75 x 140 x 9.5	177,92	87,10	0,72	0,99	0,0141	0,0103	0,73
	VM1 b	111,59	74,77	VS 250 x 120 x 9.5 x 4.75 x 120 x 9.5	156,92	76,71	0,71	0,97	0,0140	0,0097	0,69
	VM1 d	144,58	96,87	VS 300 x 160 x 8 x 4.75 x 160 x 8	206,63	106,71	0,70	0,91	0,0140	0,0086	0,61
	VM1 e	109,93	73,65	VS 250 x 140 x 8 x 4.75 x 140 x 8	160,01	76,38	0,69	0,96	0,0139	0,0095	0,68
	VM1 f	29,52	19,78	PS 150 x 100 x 6.3 x 4.75 x 100 x 6.3	71,89	25,67	0,41	0,77	0,0097	0,0035	0,36
	VM2 a	456,07	456,07	VS 500 x 250 x 19 x 6.3 x 250 x 19	866,99	595,66	0,53	0,77	0,0150	0,0137	0,91
	VM2 c	472,39	472,39	VS 500 x 250 x 19 x 6.3 x 250 x 19	867,54	595,66	0,54	0,79	0,0150	0,0143	0,95
	VM3	96,11	64,39	VS 250 x 120 x 8 x 4.75 x 120 x 8	142,20	67,58	0,68	0,95	0,0139	0,0096	0,69
	VM4 a	337,03	225,81	VS 400 x 200 x 12.5 x 4.75 x 200 x 12.5	427,27	258,12	0,79	0,87	0,0255	0,0245	0,96
	VM4 b	99,38	66,58	VS 250 x 120 x 8 x 4.75 x 120 x 8	143,08	67,58	0,69	0,99	0,0150	0,0114	0,76
	VM4 c	649,59	649,59	VS 550 x 250 x 19 x 6.3 x 250 x 19	971,18	667,07	0,67	0,97	0,0150	0,0118	0,79
	VM5 a	71,03	47,59	VS 200 x 120 x 8 x 4.75 x 120 x 8	116,20	51,03	0,61	0,93	0,0141	0,0105	0,74
	VM5 b	91,51	61,31	VS 200 x 130 x 9.5 x 4.75 x 130 x 9.5	136,01	62,31	0,67	0,98	0,0140	0,0116	0,83
	VM5 c	307,54	206,05	VS 350 x 200 x 12.5 x 4.75 x 200 x 12.5	352,94	220,27	0,87	0,94	0,0149	0,0107	0,72
VM6 a	396,51	396,51	VS 550 x 250 x 19 x 6.3 x 250 x 19	961,01	667,07	0,41	0,59	0,0150	0,0098	0,65	

VIGA MISTA	MSd kN.m	MSd0 kN.m	Perfil I Soldado mm	Verificação no E.L.U				Verificação no E.L.S		
				MRd kN.m	MRd0 kN.m	MSd ≤ 1 MRd	MSd0 ≤ 1 MRd0	δ máx. m	v lim. m	v lim ≤ 1 d máx.
				PAVIMENTO TÉRREO						
VM6 b	307,26	205,86	VS 400 x 200 x 9.5 x 4.75 x 200 x 9.5	341,61	207,80	0,90	0,99	0,0150	0,0100	0,67
VM6 c	448,08	448,08	VS 550 x 250 x 19 x 6.3 x 250 x 19	961,56	667,07	0,47	0,67	0,0150	0,0112	0,75
VM7 a	65,87	44,13	VS 200 x 130 x 6.3 x 4.75 x 130 x 6.3	106,07	45,53	0,62	0,97	0,0140	0,0104	0,74
VM7 b	162,87	109,12	VS 300 x 180 x 8 x 4.75 x 180 x 8	215,34	115,60	0,76	0,94	0,0139	0,0098	0,70
VM8 a	417,85	279,96	VS 450 x 250 x 9.5 x 6.3 x 250 x 9.5	508,89	281,05	0,82	1,00	0,0255	0,0235	0,92
VM8 b	395,75	265,15	VS 450 x 200 x 19 x 6.3 x 200 x 19	620,19	432,99	0,64	0,91	0,0150	0,0150	1,00
VM8 c	551,56	551,56	VS 550 x 250 x 19 x 6.3 x 250 x 19	961,56	667,07	0,57	0,83	0,0150	0,0138	0,92
VM9	11,48	7,69	PS 150 x 100 x 6.3 x 4.75 x 100 x 6.3	63,62	25,67	0,18	0,30	0,0057	0,0006	0,11
VM10	12,68	8,50	PS 150 x 100 x 6.3 x 4.75 x 100 x 6.3	64,10	25,67	0,20	0,33	0,0060	0,0008	0,13
VM11 a	106,59	71,42	VS 250 x 140 x 8 x 4.75 x 140 x 8	155,85	76,38	0,68	0,94	0,0140	0,0100	0,71
VM11 b	86,57	58,00	VS 200 x 130 x 9.5 x 4.75 x 130 x 9.5	135,89	62,31	0,64	0,93	0,0139	0,0108	0,78
VM12 a	808,38	808,38	VS 650 x 300 x 22.4 x 8 x 300 x 22.4	1521,61	1125,00	0,53	0,72	0,0150	0,0134	0,89
VM12 b	58,68	39,32	VS 200 x 120 x 6.3 x 4.75 x 120 x 6.3	98,74	42,76	0,59	0,92	0,0107	0,0016	0,15
VM12 c	912,41	912,41	VS 650 x 300 x 25 x 8 x 300 x 25	1632,45	1228,98	0,56	0,74	0,0150	0,0146	0,97
VM13 a	71,03	47,59	VS 200 x 120 x 8 x 4.75 x 120 x 8	116,20	51,03	0,61	0,93	0,0141	0,0105	0,74
VM13 b	94,16	63,09	VS 250 x 140 x 6.3 x 4.75 x 140 x 6.3	136,30	63,41	0,69	0,99	0,0140	0,0126	0,90
VM13 c	314,44	210,67	VS 350 x 200 x 12.5 x 4.75 x 200 x 12.5	352,94	220,27	0,89	0,96	0,0149	0,0109	0,74
VM14 c	649,59	649,59	VS 600 x 300 x 19 x 8 x 300 x 19	1257,54	896,22	0,52	0,72	0,0150	0,0133	0,89
VM15	93,78	62,83	VS 250 x 120 x 8 x 4.75 x 120 x 8	142,20	67,58	0,66	0,93	0,0139	0,0094	0,68
VM Mureta	11,33	7,59	PS 150 x 100 x 6.3 x 4.75 x 100 x 6.3	64,10	25,67	0,18	0,30	0,0097	0,0019	0,19

Quadro 5 - Verificação e Dimensionamento de Colunas I

Aço estrutural..... ASTM A36, com $f_y=250$ MPa e $f_u=400$ MPa
Módulo de Elasticidade do aço..... $E = 200\ 000$ MPa

PILAR	Combinação de ações	N _c S _d	V _x S _d	V _y S _d	M _x S _d	M _y S _d	Equação de Interação	Perfil I Soldado mm
		kN	kN	kN	kN.m	kN		
P1 - P6 - P20 - P25	COMB.20-V ₀ -SC	912,04	14,14	0,48	124,56	28,06	1,00	CS 250 x 250 x 19 x 9.5
P2 - P3 - P4 - P5 - P21 - P22 - P23 - P24	COMB.20-V ₀ -SC	972,53	46,22	0,71	147,27	87,49	0,90	CS 300 x 300 x 22.4 x 12.5
P7 - P16	COMB.21-V ₉₀ -SC	901,41	5,55	64,45	263,08	0,18	0,99	CS 300 x 300 x 16 x 12.5
P12 - P15	COMB.11-SC v ₀	2511,45	132,29	35,69	554,32	78,07	0,89	CS 400 x 400 x 31.5 x 19
PA - PB	COMB.14-SC V ₂₇₀	98,63	85,57	1,40	0,95	23,00	0,73	CS 250 x 250 x 12.5 x 8
P13	COMB.21-V ₉₀ -SC	49,21	12,37	10,85	22,03	16,01	0,75	CS 200 x 200 x 8 x 6.3
P11 - P14	COMB.11-SC v ₀	2511,45	132,29	35,69	554,32	78,07	0,88	CS 450 x 450 x 37.5 x 19
P8 - P17	COMB.21-V ₉₀ -SC	1540,53	3,03	0,87	254,79	8,62	0,95	CS 300 x 300 x 22.4 x 12.5
P9 - P18	COMB.21-V ₉₀ -SC	1699,87	3,09	0,62	273,34	8,79	1,00	CS 300 x 300 x 22.4 x 16
P10 - P19	COMB.14-SC V ₂₇₀	2420,56	0,99	4,72	449,97	1,89	0,86	CS 350 x 350 x 31.5 x 19

Quadro 6 – Verificação e Dimensionamento de Vigas I Isoladas

Aço estrutural..... ASTM A36, com $f_y=250$ MPa e $f_u=400$ MPa
 Módulo de Elasticidade do aço..... $E = 200\ 000$ MPa

	VIGA I	Combinação de ações	V_y, Sd kN	M_x, Sd kN.m	Verificação no E.L.U	Perfil I Soldado mm	Verificação no E.L.S		
					$\frac{N_c \cdot Sd}{2 \cdot N_{c,Rd}} + \left(\frac{M_x \cdot Sd + M_y \cdot Sd}{M_x \cdot Rd + M_y \cdot Rd} \right) \leq 1$		δ máx.	v lim.	$\frac{v}{d}$ máx. ≤ 1
								m	m
TAMPA RESERV.	VI1	COMB.13- SC V_{180°	19,09	16,89	0,93	PS 150 x 100 x 8 x 4.75	0,0139	0,0098	0,7073
	VI2	COMB.11-SC V_{0°	0,47	8,17	0,37	PS 150 x 100 x 8 x 4.75	0,0107	0,0067	0,6293
	VI3	COMB.11-SC V_{0°	17,93	16,95	0,94	PS 150 x 100 x 8 x 4.75	0,0139	0,0054	0,3856
	VI4	COMB.11-SC V_{0°	1,25	6,77	0,31	PS 150 x 100 x 8 x 4.75	0,0107	0,0056	0,5222
FUNDO RESERVATÓRIO	VI1 (a)	COMB.11-SC V_{0°	49,78	60,06	1,00	VS 250 x 160 x 8 x 4.75	0,0138	0,0024	0,1721
	VI1 (b)	COMB.11-SC V_{0°	158,67	137,08	0,86	VS 400 x 200 x 9.5 x 4.75	0,0139	0,0053	0,3790
	VI2	COMB.11-SC V_{0°	35,13	29,81	0,91	VS 200 x 130 x 6.3 x 4.75	0,0107	0,0056	0,5224
	VI3 (a)	COMB.11-SC V_{0°	47,40	51,63	0,89	VS 250 x 140 x 9.5 x 4.75	0,0138	0,0032	0,2287
	VI3 (b)	COMB.13- SC V_{180°	139,08	110,91	0,94	VS 350 x 200 x 8 x 4.75	0,0139	0,0051	0,3700
	VI4	COMB.21- V_{90° - SC	6,46	75,46	0,92	VS 250 x 160 x 9.5 x 4.75	0,0107	0,0087	0,8159
	VI5	COMB.21- V_{90° - SC	9,06	55,33	0,99	VS 250 x 160 x 6.3 x 4.75	0,0107	0,0090	0,8428
BARRILETE E MESA MOTOR	VI1	COMB.20- V_{0° - SC	28,16	30,10	0,86	VS 200 x 130 x 8 x 4.75	0,0138	0,0038	0,2748
	VI2	COMB.21- V_{90° - SC	25,63	27,15	0,94	VS 200 x 120 x 6.3 x 4.75	0,0107	0,0026	0,2439
	VI3	COMB.22- V_{180° - SC	38,10	39,17	0,85	VS 250 x 160 x 6.3 x 4.75	0,0141	0,0037	0,2595
	VI4	COMB.21- V_{90° - SC	26,53	19,52	0,87	PS 150 x 100 x 8 x 6.3	0,0060	0,0011	0,1810
	VI5	COMB.21- V_{90° - SC	26,07	20,48	0,91	PS 150 x 100 x 8 x 6.3	0,0056	0,0015	0,2662
	VI6	COMB.23- V_{270° - SC	26,24	22,61	0,97	PS 150 x 100 x 8 x 6.3	0,0107	0,0071	0,6613
	VI7	COMB.23- V_{270° - SC	26,17	18,70	0,84	PS 150 x 100 x 8 x 4.75	0,0107	0,0068	0,6322
	VI8	COMB.23- V_{270° - SC	26,03	18,21	0,82	PS 150 x 100 x 8 x 4.75	0,0107	0,0071	0,6642
	VI9	COMB.20- V_{0° - SC	49,55	55,55	0,92	VS 250 x 160 x 8 x 4.75	0,0138	0,0034	0,2462
	VI10	COMB.20- V_{0° - SC	36,38	38,45	0,83	VS 250 x 160 x 6.3 x 4.75	0,0141	0,0029	0,2020
COB.	VI1 (c)	COMB.21- V_{90° - SC	35,13	31,34	0,99	VS 200 x 130 x 8 x 4.75	0,0151	0,0067	0,4427
	VI2 (b)	COMB.21- V_{90° - SC	39,99	46,12	0,82	VS 250 x 160 x 8 x 4.75	0,0150	0,0050	0,3336
	VI14 (b)	COMB.21- V_{90° - SC	9,94	37,12	0,89	VS 200 x 130 x 8 x 4.75	0,0107	0,0027	0,2490
	VI16 (c)	COMB.23- V_{270° - SC	34,84	30,52	0,96	VS 200 x 130 x 8 x 4.75	0,0151	0,0067	0,4442
3º PAV.	VI1 (c)	COMB.21- V_{90° - SC	63,49	57,86	0,85	VS 250 x 160 x 9.5 x 4.75	0,0149	0,0056	0,3795
	VI2 (b)	COMB.21- V_{90° - SC	71,12	93,77	0,96	VS 300 x 180 x 9.5 x 4.75	0,0150	0,0043	0,2878
	VI14 (b)	COMB.21- V_{90° - SC	16,73	46,26	0,93	VS 200 x 130 x 9.5 x 4.75	0,0107	0,0008	0,0753
	VI16 (c)	COMB.23- V_{270° - SC	61,50	56,97	1,00	VS 250 x 160 x 8 x 4.75	0,0149	0,0061	0,4086
2º PAV.	VI1 (c)	COMB.20- V_{0° - SC	72,47	76,64	0,93	VS 300 x 180 x 8 x 4.75	0,0149	0,0048	0,3244
	VI2 (b)	COMB.21- V_{90° - SC	85,26	125,97	0,95	VS 350 x 200 x 9.5 x 4.75	0,0150	0,0039	0,2567
	VI14 (b)	COMB.21- V_{90° - SC	72,06	148,65	0,95	VS 350 x 200 x 9.5 x 4.75	0,0107	0,0011	0,1065
	VI16 (c)	COMB.20- V_{0° - SC	77,41	81,07	0,85	VS 350 x 180 x 8 x 4.75	0,0149	0,0040	0,2673
1º PAV.	VI1 (c)	COMB.20- V_{0° - SC	79,93	97,03	0,85	VS 350 x 200 x 8 x 4.75	0,0149	0,0038	0,2551
	VI2 (b)	COMB.21- V_{90° - SC	90,15	139,66	0,80	VS 350 x 200 x 12.5 x 4.75	0,0150	0,0032	0,2131
	VI14 (b)	COMB.21- V_{90° - SC	106,32	207,78	0,90	VS 400 x 200 x 12.5 x 4.75	0,0107	0,0097	0,9072
TÉRREO	VI16 (c)	COMB.20- V_{0° - SC	83,55	94,40	0,98	VS 350 x 180 x 8 x 4.75	0,0149	0,0047	0,3158
	VI1 (c)	COMB.20- V_{0° - SC	110,02	95,36	0,99	VS 350 x 180 x 8 x 4.75	0,0149	0,0061	0,4106
	VI2 (b)	COMB.21- V_{90° - SC	120,97	150,91	0,99	VS 400 x 200 x 9.5 x 4.75	0,0150	0,0044	0,2921
ESC. Escada	VI14 (b)	COMB.21- V_{90° - SC	41,92	88,98	0,90	VS 300 x 180 x 8 x 4.75	0,0107	0,0006	0,0514
	V	COMB.01-MD	138,88	121,08	0,83	CVS 300 x 200 x 12,5 x 8	0,5026	0,0003	0,0006

APÊNDICE B. Projeto Básico de Montagem de Estruturas Metálicas

1. Planta de Locação e Cargas
2. Planta de Montagem do Pavimento Térreo
3. Planta de Montagem do 1º Pavimento
4. Planta de Montagem do 2º Pavimento
5. Planta de Montagem do 3º Pavimento
6. Planta de Montagem da Cobertura

DECLARAÇÃO E AUTORIZAÇÃO

Eu, **Camilla Batista dos Anjos Grigoletto**, portador (a) da Carteira de Identidade nº **4524375**, emitida pelo SSP/GO, inscrito (a) no CPF sob nº **981.003.781-34**, residente e domiciliado(a) na **Rua Brasília Qd. 38 Lt. 49**, setor **Jardim Itaipú**, na cidade de **Goiânia**, estado de **Goiás**, telefone fixo **(62) 3288-9451** e telefone celular **(62) 99221-3132**, e-mail: **grigcamilla@gmail.com**, declaro, para os devidos fins e sob pena da lei, que o Trabalho de Conclusão de Curso: **ENGENHARIA CIVIL**, é uma produção de minha exclusiva autoria e que assumo, portanto, total responsabilidade por seu conteúdo.

Declaro que tenho conhecimento da legislação de Direito Autoral, bem como da obrigatoriedade da autenticidade desta produção científica. Autorizo sua divulgação e publicação, sujeitando-me ao ônus advindo de inverdades ou plágio e uso inadequado de trabalhos de outros autores. Nestes termos, declaro-me ciente que responderei administrativa, civil e penalmente nos termos da Lei 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, que altera e consolida a legislação sobre direitos autorais e dá outras providências.

Pelo presente instrumento autorizo o Centro Universitário de Goiás, Uni-ANHANGUERA a disponibilizar o texto integral deste trabalho tanto na biblioteca, quanto em publicações impressas, eletrônicas/digitais e pela internet. Declaro ainda, que a presente produção é de minha autoria, responsabilizo-me, portanto, pela originalidade e pela revisão do texto, concedendo ao Uni-ANHNAGUERA plenos direitos para escolha do editor, meios de publicação, meios de reprodução, meios de divulgação, tiragem, formato, enfim, tudo o que for necessário para que a publicação seja efetivada.

Goiânia 12 de novembro de 2018.

Camilla Batista dos Anjos Grigoletto

Camilla Batista dos Anjos Grigoletto

REDIMENSIONAMENTO DE UM EDIFÍCIO COMERCIAL EM ESTRUTURAS METÁLICAS: ESTUDO DE CASO

GRIGOLETTO, Camilla Batista dos Anjos¹ e CASTRO, Eduardo Mariano Cavalcante²

¹Aluno do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Goiás – Uni-ANHANGUERA.

²Professor Orientador Me. do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Goiás – Uni-ANHANGUERA.

Ainda que a escolha do sistema estrutural de um edifício seja influenciada por imposições arquitetônicas, por rotinas construtivas ou ainda pela infraestrutura da região, compete ao engenheiro de estruturas determinar, dentre as várias alternativas estruturais, aquela que garanta maior economia para o seu projeto. Com este trabalho pretende-se estabelecer uma análise comparativa e de custos entre a utilização de estruturas metálicas e de concreto armado, através de um estudo de caso realizado a partir do projeto estrutural de um edifício comercial concebido originalmente em concreto armado. Para efeitos de comparação, o edifício foi redimensionado com pilares e vigas em perfis metálicos, preservando a locação original dos mesmos, conforme plantas de fôrma do projeto original. As ligações, cargas e demais parâmetros considerados no redimensionamento seguiram padrões e diretrizes dispostos em normas vigentes. Também foram acrescentados recursos necessários à estabilidade vertical da estrutura, segundo a necessidade e atendendo os requisitos definidos no projeto arquitetônico. Para que o levantamento de custos de cada alternativa seja o mais real possível, foram comparados apenas os elementos estruturais alterados no projeto estrutural, ou seja, pilares e vigas, não levando em consideração o projeto de lajes maciças e demais elementos construtivos. Os resultados do redimensionamento indicaram tanto vigas como pilares metálicos mais baixos do que em concreto armado, porém mais robustos. Por fim, a análise de comparação sintética de custos mostrou que apesar da solução em estrutura metálica ser mais onerosa do que a opção em concreto armado, este valor pode ser compensado pela rapidez de construção e pela redução nos custos com as fundações.

PALAVRAS-CHAVE: Estruturas de aço. Estruturas mistas. Projeto estrutural. Sistemas construtivos. Comparativo de custos.

