



Tema: Estruturas Metálicas e Mistas

Ferramenta Computacional para o Lançamento de Estruturas e Pré-dimensionamento de seus Elementos Estruturais em Aço *

Priscilla I. S. Ribeiro¹

Adenílcia F. G. Calenzani²

Augusto Alvarenga³

Walnório Graça Ferreira⁴

Resumo

Os profissionais da arquitetura ainda não estão habituados à concepção de projetos de estruturas em aço. Existe a necessidade de uma maior reciprocidade entre o trabalho do arquiteto e do calculista. Uma das principais preocupações tem sido a melhoria da formação técnica dos arquitetos, bem como o desenvolvimento de mecanismos que possibilitem a inserção desses profissionais no processo global de concepção, cálculo, fabricação e montagem das estruturas de aço.

Dentro desse contexto, nesse trabalho foi desenvolvido um programa computacional, denominado Metal Fácil, para proporcionar à comunidade acadêmica e aos profissionais uma ferramenta prática e didática de pré-dimensionamento de elementos em aço de edifícios de múltiplos andares, tendo como ponto de partida os dados do projeto arquitetônico. Para sistemas de piso compostos por lajes mistas e vigas de aço, o Metal Fácil calcula o perfil de aço adequado às vigas a partir do carregamento selecionado pelo usuário. Pilares de aço submetidos à compressão simples também são pré-dimensionados pelo programa. Fluxogramas para o pré-dimensionamento dos elementos estruturais foram desenvolvidos para dar suporte à implementação computacional realizada no Visual Basic for Applications 7.1. O programa Metal Fácil foi validado e teve a sua eficiência comprovada para os fins de pré-dimensionamento a que se destina.

Palavras-chave: Elementos Estruturais em Aço; Pré-dimensionamento; Programa de Computador; Edifícios de Andares Múltiplos.

¹ Estudante de Graduação, Arquitetura e Urbanismo - Universidade Federal do Espírito Santo

² Prof(a). Dr(a)., Departamento de Engenharia Civil – Universidade Federal do Espírito Santo

³ Prof. Dr., Departamento de Arquitetura e Urbanismo – Universidade Federal do Espírito Santo

⁴ Prof. Dr., Departamento de Engenharia Civil – Universidade Federal do Espírito Santo



Subject: Composite and Steel Structures

**Computational Tool for Layout of steel structures and
Preliminary Design its Structural Elements***

Priscilla I. S. Ribeiro¹
Adenilcia F. G. Calenzani²
Augusto Alvarenga³
Walnório Graça Ferreira⁴

Abstract

Professionals in the architecture are not yet accustomed to the design of structural steel projects. There is a need for greater reciprocity between the architect's work and calculating. A major concern has been to improve the technical training of architects, as well as the development of mechanisms that enable the integration of these professionals in the overall process of design, calculation, manufacture and erection of steel structures.

Within this context, this paper develops a computer program, called Metal Fácil to provide the academic community and area's professionals a practical and didactic tool for preliminary design of steel structural elements, having as starting point the data of architectural design. To floor systems constituted for composite slabs and steel beams, Metal Fácil calculates the section suitable for steel beams according to load specified by the user. Steel columns subject to pure compression are also designed by the program. Flow charts for the preliminary design of these structural elements were developed aiming to support the computational implementation developed in the Visual Basic for Applications 7.1. Metal Fácil program has been validated and it has had its efficiency proven for the purpose of preliminary design.

Keywords: Steel Structural elements; Preliminary Design; Computer Program; Multi-story buildings.

¹ Undergrad Student, Architecture and Urbanism- Federal University Espírito Santo

² Professor, Civil Engineering Department – Federal University Espírito Santo

³ Professor, Architecture and Urbanism Department– Federal University Espírito Santo

⁴ Professor, Civil Engineering Department – Federal University Espírito Santo



1 INTRODUÇÃO

São inúmeras as vantagens associadas à utilização de estruturas em aço. Dentre elas, podem-se citar as vantagens associadas à economia: rapidez de execução, maior área útil nos andares e pé-direito reduzido, baixo custo de fundações, canteiro de obras reduzido, facilidade de montagem, desmontagem e reaproveitamento, construção independente das intempéries, quase nenhuma utilização de madeira, facilidade de transporte e manuseio, baixo custo de manutenção, fácil fixação de sistemas de vedação e de outros componentes, baixo índice de desperdício, montagem programada minimizando trabalho “in loco” e precisão nas dimensões; as vantagens tecnológicas: soluções eficientes para isolamento térmico e acústico, fácil combinação com outros materiais e sistemas de proteção eficientes; as vantagens associadas à concepção arquitetônica: grande liberdade de expressão, transparência, esbeltez e leveza, grandes vãos livres. Por último, podem-se citar algumas vantagens associadas à preservação do meio ambiente: boas condições de transporte do material, pouco barulho, pouca poeira e pouco desperdício na construção, e por fim o aço é um material totalmente reciclável.

O Brasil é um dos grandes produtores mundiais de aço, possuindo usinas siderúrgicas reconhecidas internacionalmente, muitas das quais fabricam, além do próprio aço, também perfis estruturais, FAKURY (2013). A engenharia brasileira encontra-se capacitada para levar adiante as obras mais ousadas em estruturas de aço, entretanto os profissionais da arquitetura, por uma série de motivos ainda não estão habituados à concepção de projetos de estruturas em aço. Existe a necessidade de uma maior reciprocidade entre o trabalho do arquiteto e do calculista. Uma das principais preocupações tem sido a melhoria da formação técnica dos arquitetos, bem como o desenvolvimento de mecanismos que possibilitem a inserção desses profissionais no processo global de concepção, cálculo, fabricação e montagem das estruturas de aço.

Outro tema bastante explorado atualmente é a necessidade da integração total de todas as etapas da construção em aço, em especial a necessidade de interação do arquiteto não somente com o engenheiro estrutural, mas também com o empreendedor, com o construtor, com os fornecedores, e todos aqueles que participam direta ou indiretamente do processo construtivo como um todo, MANCINI (2003).

Sendo assim, os arquitetos necessitam de ferramentas que permitam, de modo rápido e prático, estimar as dimensões necessárias dos elementos estruturais, de modo a possibilitar-lhes não somente a perspectiva de análise das interferências no projeto arquitetônico, mas também a percepção das implicações da utilização de tais elementos no comportamento global da estrutura e do consequente consumo de aço, MANCINI (2003).

Alguns fabricantes de produtos de aço lançaram no mercado publicações em forma de tabelas, que auxiliam na determinação da carga máxima suportada por elementos estruturais (vigas e pilares) fabricados a partir de seus produtos, considerando a variação no vão e no comprimento da peça, podendo-se citar o trabalho de D’ALAMBERT e LIPPI (2010). Entretanto, essa iniciativa, muito boa no que diz respeito ao fornecimento de pré-dimensionamento de perfis de aço, não consegue ajudar efetivamente os profissionais de arquitetura, uma vez que as dúvidas mais frequentes estão relacionadas ao lançamento da estrutura e à estimativa das cargas atuantes. Pode-se citar também o trabalho de Eller *et. al.* (2011) que elaboraram tabelas para o pré-dimensionamento de vigas mistas de aço e concreto de pontes vicinais. Os



resultados de Eller et al. (2011) servem para auxiliar os profissionais de arquitetura e engenharia na fase inicial do projeto de pontes em estruturas mistas de aço e concreto. Neste contexto, este artigo trata de uma solução estrutural muito utilizada em edifícios de múltiplos andares em aço, que consiste em lajes mistas de aço e concreto apoiadas em vigas e pilares de aço. O objetivo foi o desenvolvimento de um programa computacional de fácil utilização para o lançamento da estrutura e para o pré-dimensionamento de seus elementos estruturais.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Metodologia para o lançamento dos elementos estruturais

Como as lajes mistas de aço e concreto são unidirecionais, um layout típico para as vigas de piso consiste de uma série de vigas secundárias paralelas, com espaçamento uniforme que depende da capacidade resistente da laje. As vigas secundárias são usadas em conjunto com as vigas primárias para compor um módulo do sistema de piso, figura 1(a), denominado módulo básico. A figura 1(b) mostra variações do módulo básico que são usadas para acomodar os requisitos do layout do edifício, MACDONALD (1998).

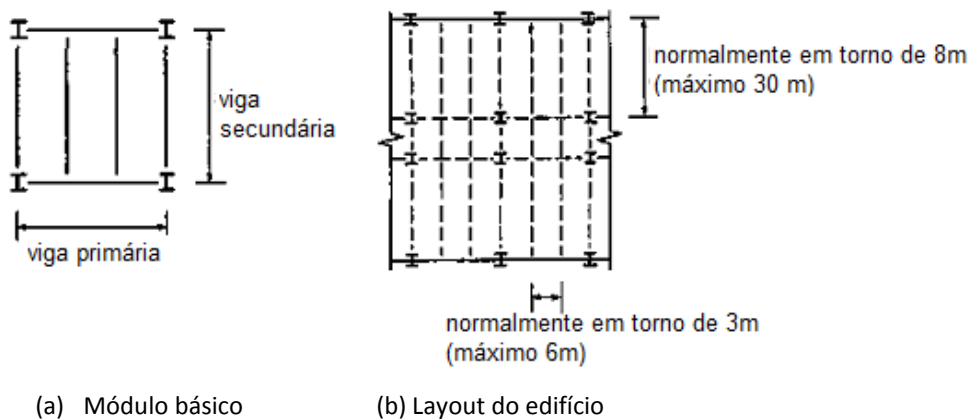


Figura 1 – Módulo típico de sistemas de piso
Fonte: adaptada de MACDONALD (1998)

Nesse trabalho, um programa computacional foi desenvolvido tendo como base a utilização de módulos, figura 1(a), para compor a área dos pavimentos de um edifício e proceder ao lançamento da estrutura. Seis possíveis posições dos módulos em relação ao layout do edifício, figura 2, foram consideradas. A posição (a) deve ser utilizada quando o pavimento é composto por apenas um módulo. A posição (b) deve ser utilizada quando o módulo a ser dimensionado possui uma viga em comum com outro módulo. As posições (c) e (d) devem ser utilizadas se o módulo em estudo possuir duas vigas em comum com módulos adjacentes, a posição (e) se houver três vigas em comuns com módulos adjacentes e por último a posição (f) se todas as vigas de extremidade do módulo são comuns a módulos adjacentes.

Dessa forma, o usuário deve inicialmente modular (dividir em módulos) a planta do pavimento e identificar os módulos de acordo com a figura 2 para proceder ao seu pré-dimensionamento.



A identificação do tipo de módulo é essencial à correta distribuição do carregamento das lajes nas vigas.



Figura 2 – Interface: Posição do módulo

O módulo básico possui três, quatro ou cinco vigas secundárias e duas vigas principais, figura 3. O número máximo de cinco vigas secundárias foi estabelecido considerando quatro painéis de lajes mistas com a máxima dimensão fornecida em catálogo, isto é, 4 m, o que levaria a uma viga principal de 16m. Acima de 16m, a viga treliçada é uma solução economicamente mais viável, entretanto, esse tipo de viga está fora do escopo do trabalho. O número mínimo de três vigas secundárias foi estabelecido, porque no caso de se utilizar a menor dimensão de painel para a laje mista, isto é, 2 m, a viga principal teria um vão de apenas 4 m. Vãos menores que 4 m, raramente são utilizados em vigas de aço.

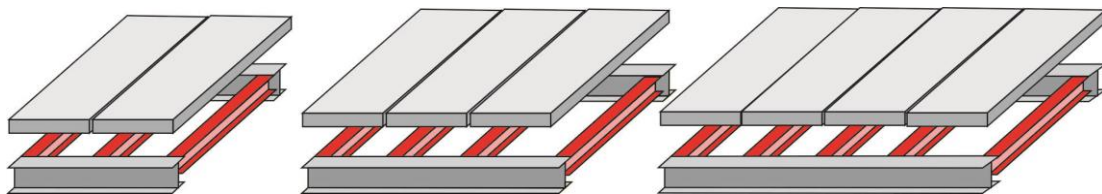


Figura 3 – Tipos de módulos quanto à quantidade de vigas secundárias.

2.2 Sobre o programa desenvolvido

Um programa computacional denominado Metal fácil foi elaborado na linguagem de programa do Excel, Visual Basic for Applications. Este programa permite o pré-dimensionamento de lajes mistas de aço e concreto e vigas de aço de um módulo básico do sistema de piso em estudo, tendo como entrada apenas o carregamento aplicado à laje. Adicionalmente, permite o pré-dimensionamento dos pilares que apoiam o módulo, cujo carregamento é conhecido e o pré-dimensionamento de pilares isolados, com a entrada do carregamento manual, figura 4.

Por ser tratar de um programa de pré-dimensionamento, algumas limitações foram impostas:

- Os conceitos de largura e área de influência são utilizados na avaliação dos esforços solicitantes, respectivamente, das vigas e dos pilares;



- Todos os perfis de aço manuseados no programa são compactos, isto é, as chapas componentes do perfil não são sujeitas à flambagem local;
- No pré-dimensionamento das vigas foi verificado o estado limite último relativo a momento fletor (formação de rótula plástica) e o estado limite de serviço relativo à flecha excessiva. Não foram verificados os estados limites relativos ao esforço cortante;
- Os pilares são dimensionados somente à compressão simples.



Figura 4 – Tela inicial do Metal Fácil

A verificação do estado limite último de flambagem lateral com torção nas vigas não foi feita, uma vez que a fôrma de aço (*steel deck*) fornece contenção lateral contínua. Esta hipótese é bem realista se a fôrma possuir rigidez suficiente e estiver adequadamente ligada as vigas, como é o caso de fôrmas de aço de nervuras transversais ao eixo da viga (Queiroz, 2001).

2.3 Dados de entrada do programa

2.3.1 Para a opção de pré-dimensionamento dos módulos

O programa possui apenas uma janela de entrada de dados o para pré-dimensionamento dos módulos (figura 5). Nesta janela, estão descritos todos os itens que necessitam ser especificados pelo usuário. Os itens referentes às dimensões do módulo são: Vão da Viga Principal (L_x), Vão da Viga Secundária (L_y) e Número de Vigas secundárias (N_v).

Os dados L_x e L_y devem ser inseridos em metros e o número de vigas secundárias é escolhido pelo usuário, porém respeitando o intervalo de 2 a 4 m para os vãos da laje mista. Caso isto não aconteça, uma mensagem para alterar o número de vigas secundárias é exibida.

Em relação aos carregamentos, o programa já incorpora as prescrições da NBR 6120:1980, ficando a cargo do usuário informar apenas o tipo da edificação (necessário para a definição do carregamento acidental) e os materiais dos elementos construtivos como revestimento de piso, forro, alvenaria e divisórias (necessários para a definição dos carregamentos permanentes). O pé-direito dos pavimentos do edifício é solicitado ao usuário para a definição do peso das alvenarias e divisórias.

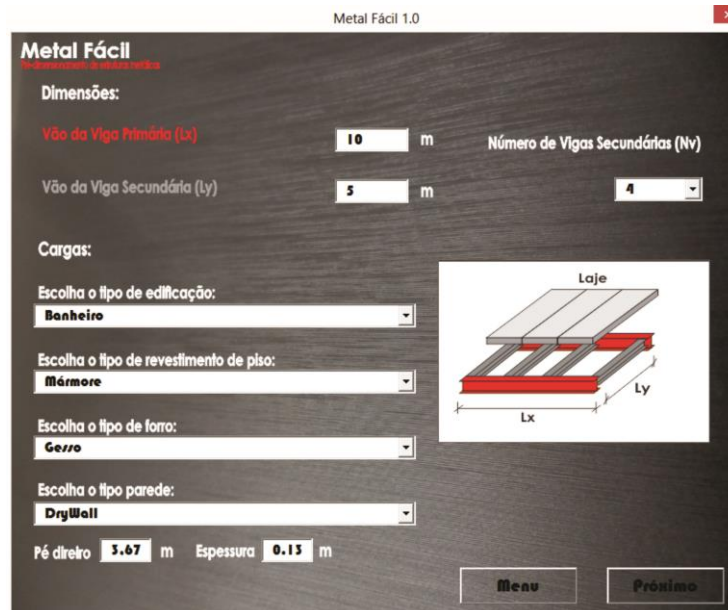


Figura 5 – Entrada de dados para o pré-dimensionamento dos módulos

2.3.2 Para a opção de pré-dimensionamento de viga soldada

Caso o programa não encontre um perfil laminado que atenda às solicitações de cálculo para as vigas dos módulos, o usuário tem a opção de pré-dimensionar a viga com um perfil soldado. Basta inserir como dados de entrada a geometria da seção transversal, figura 6. O usuário também deve fornecer a resistência ao escoamento do aço, que pode ser 25 kN/cm² (ASTM A36) ou 34,5 kN/cm² (ASTM A572 Gr 50).

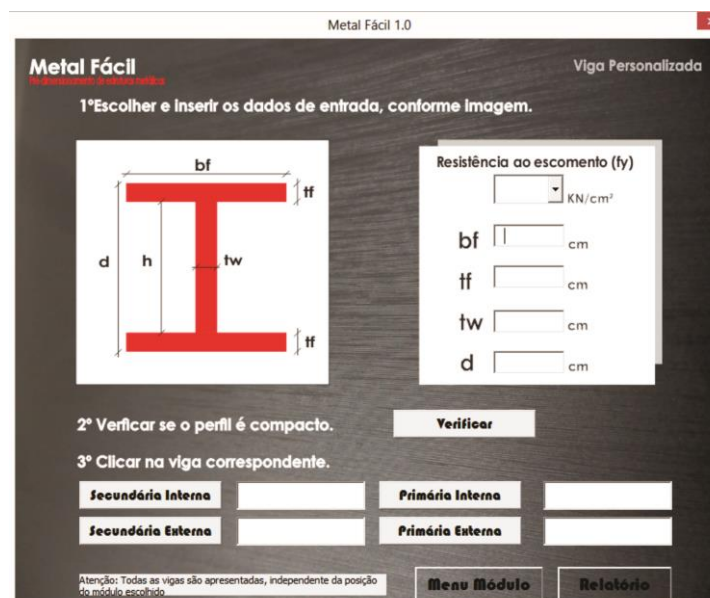


Figura 6 – Entrada de dados para o pré-dimensionamento de viga soldada.



2.3.3 Para a opção de pré-dimensionamento de pilar do módulo

Após o pré-dimensionamento das vigas de um módulo do edifício, o usuário pode escolher pré-dimensionar os pilares referentes a este módulo. Uma janela (figura 7) de entrada de dados importa o carregamento de projeto em kN/m^2 (já calculado para as lajes de piso) e o pé-direito do edifício. Os demais dados inseridos pelo usuário são: o posicionamento do pilar em relação ao layout do edifício e o número de pavimentos. No item posicionamento do pilar, o usuário conta com quatro opções que definirão a área de influência. As posições P1, P2, P3 e P4 correspondentes respectivamente a um quarto da área do módulo, metade, três quartos e toda a área do módulo. Com base nesses dados, o programa realiza o pré-dimensionamento do pilar e fornece um perfil laminado que atenda as solicitações de projeto.

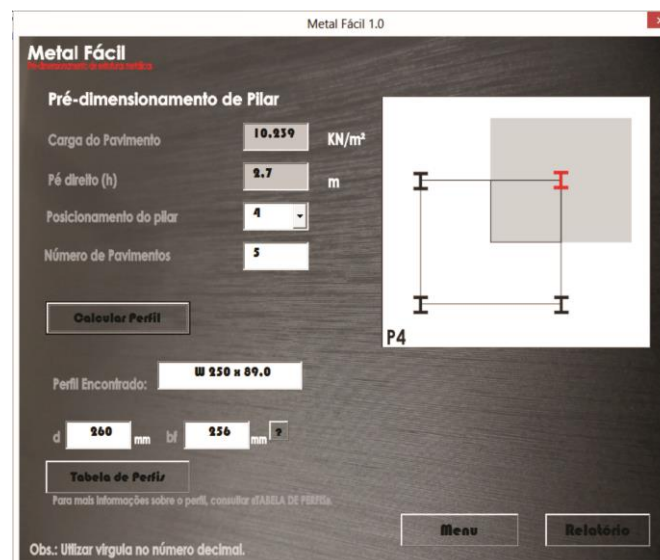


Figura 7 – Entrada de dados para o pré-dimensionamento de pilar dos módulos

2.3.4 Para a opção de pré-dimensionamento de pilar isolado

Caso o usuário deseje pré-dimensionar um pilar que não faça parte do módulo pré-dimensionado, os seguintes dados de entrada (figura 8) devem ser preenchidos: carga por pavimento em kN/m^2 , pé-direito em metros, área de influência em m^2 e número de pavimentos do edifício.

2.4 Fluxogramas de pré-dimensionamento

As figuras 9 e 10 mostram o fluxograma de pré-dimensionamento das vigas dos módulos. De acordo com a entrada de dados, o vão da laje mista é calculado como a razão entre o vão da viga principal e o número de vigas secundárias menos um. Caso o vão da laje mista esteja fora do intervalo de 2 a 4 m, o programa exibe uma mensagem para alterar o número de vigas secundárias.

Os carregamentos de projeto e de serviço na laje são calculados. O programa pesquisa no catálogo do fabricante METFORM (2013) uma laje mista que possua vão imediatamente superior ao calculado e que resista ao carregamento de projeto. Caso nenhuma laje atenda os



requisitos mencionados, o programa exibe uma mensagem para aumentar o número de vigas secundárias.

Figura 8 – Entrada de dados para o pré-dimensionamento de pilar isolado

O carregamento de projeto e de serviço nas vigas secundárias é calculado multiplicando o carregamento na laje pela largura de influência. A partir desse carregamento, são calculados a inércia necessária, o módulo resistente plástico necessário e a altura inicialmente necessária para o perfil da viga ($H/L = 22$). Então, o programa pesquisa no catálogo de perfis laminados da GERDAU (2013) e retorna como saída um perfil que atenda as três propriedades. O carregamento das vigas principais é obtido a partir das reações das vigas secundárias. De forma similar às vigas secundárias, o pré-dimensionamento das vigas principais é verificado para o estado limite último relativo a momento fletor (módulo resistente plástico necessário) e para o estado limite de serviço relativo a flechas excessivas (Inércia necessária).

As figuras 11 e 12 mostram, respectivamente, os fluxogramas de pré-dimensionamento dos pilares dos módulos e de pilares isolados. O esforço de compressão solicitante de cálculo nos pilares é determinado em função da área de influência, do carregamento por pavimento e do número de pavimentos. Como ponto de partida para seleção do perfil do pilar, o programa calcula uma área mínima necessária, considerando uma tensão atuante de projeto de 50% da tensão de escoamento de projeto. Calcula também um raio de giro mínimo necessário, considerando uma esbeltez de 150. Nota-se que os valores de tensão e esbeltez são menores que os valores limites, iguais a tensão de escoamento de projeto e esbeltez de 200, uma vez que sempre haverá uma redução da capacidade resistente do pilar devido a flambagem por flexão. Com a área e o raio de giro mínimos necessários, o programa faz a seleção inicial de um perfil laminado que atenda essas propriedades. A partir daí, o perfil selecionado é verificado de acordo com a NBR 8800:2008. Caso o perfil não passe na verificação, um perfil de área imediatamente superior é testado.

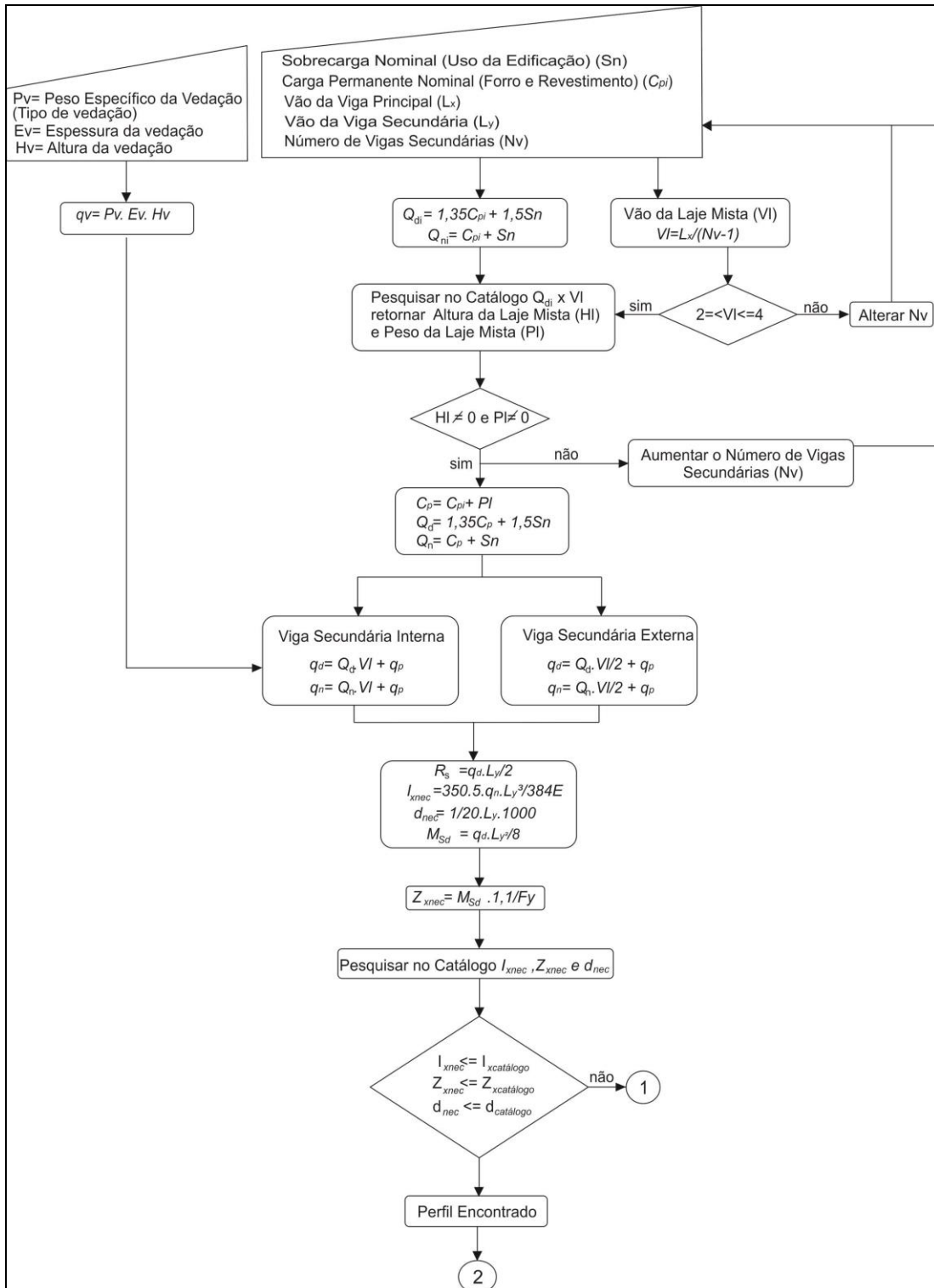


Figura 9 – Fluxograma de pré-dimensionamento das vigas dos módulos – Parte 1

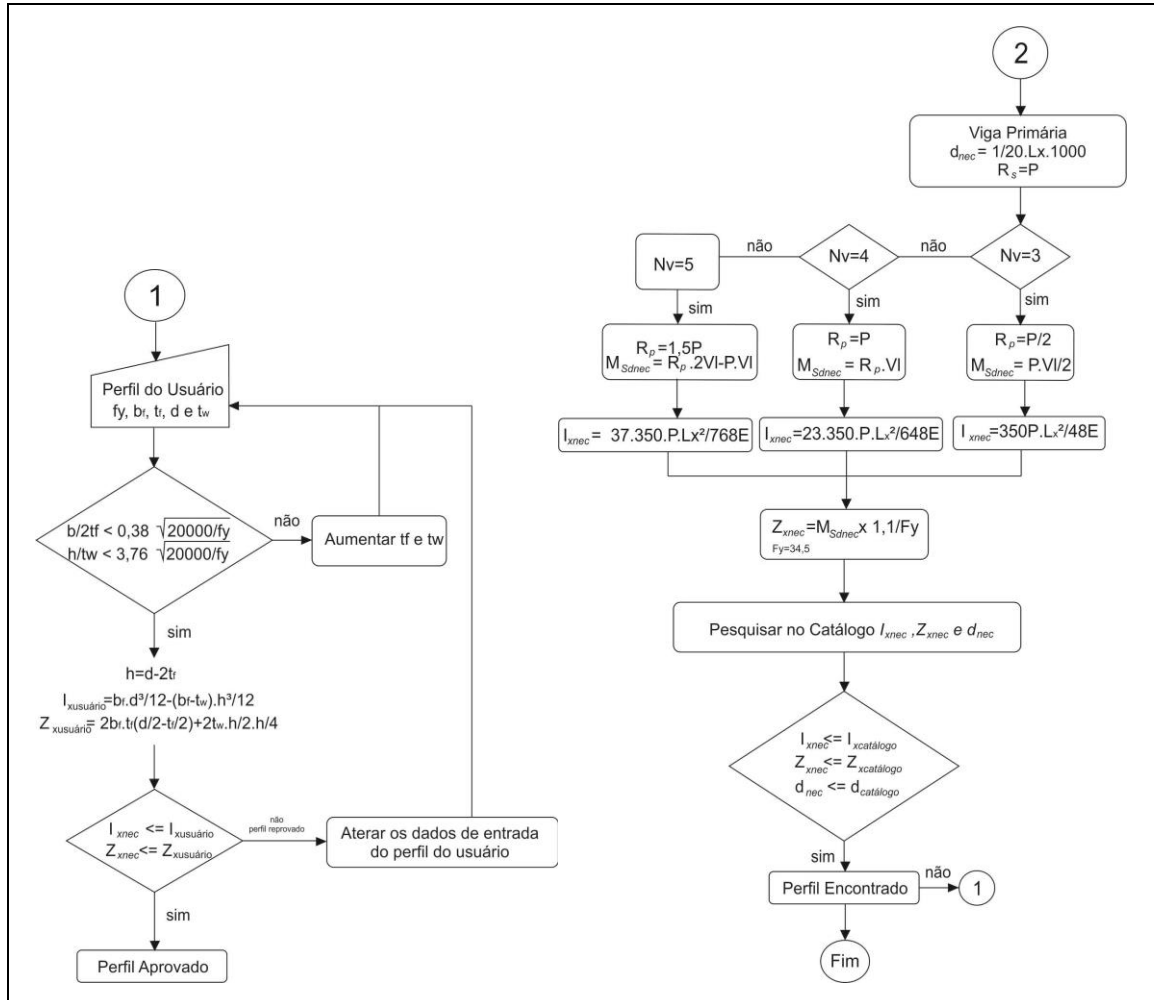


Figura 10 – Fluxograma de pré-dimensionamento das vigas dos módulos – Parte II

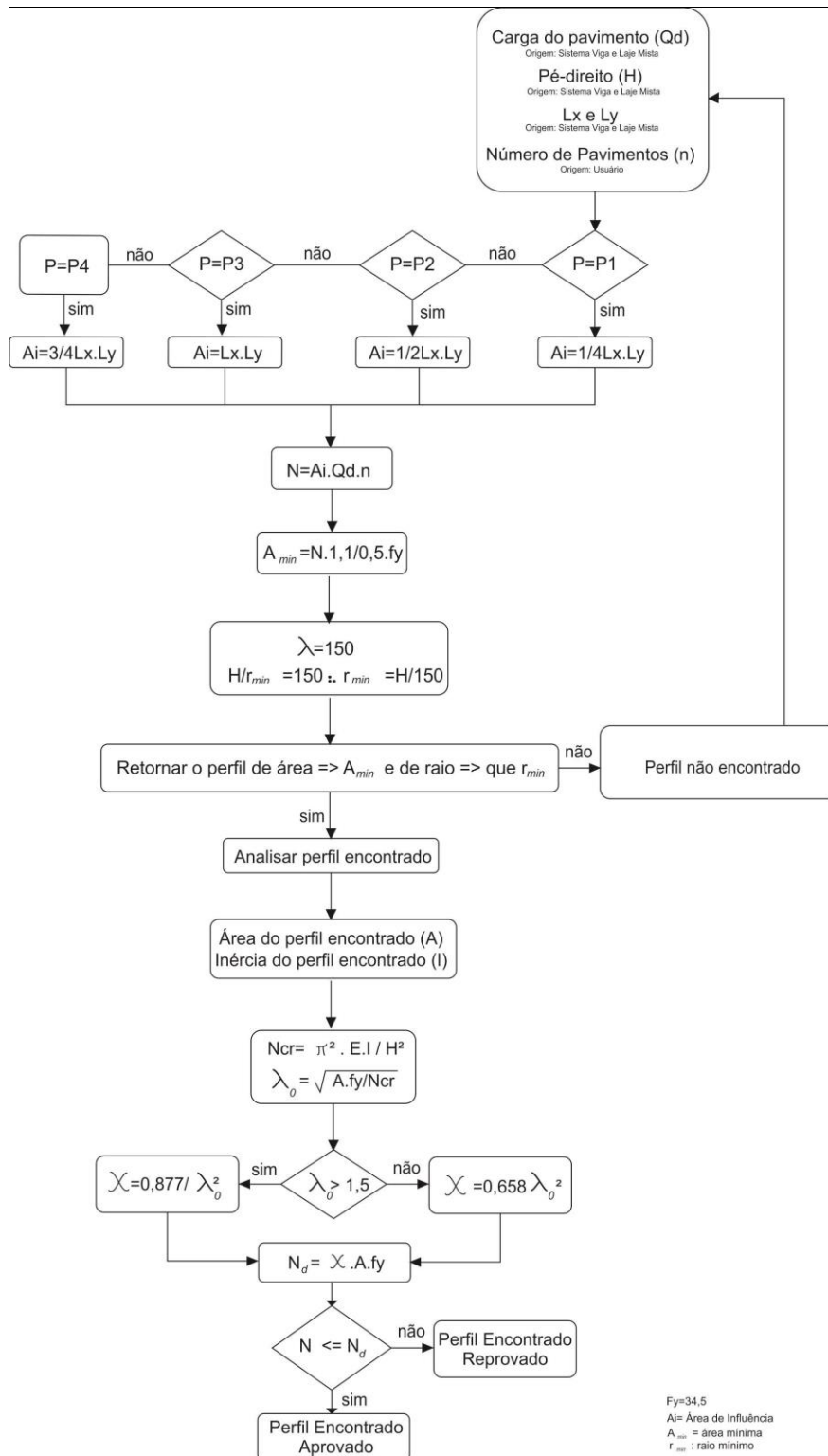


Figura 11 – Fluxograma de pré-dimensionamento do pilar do módulo

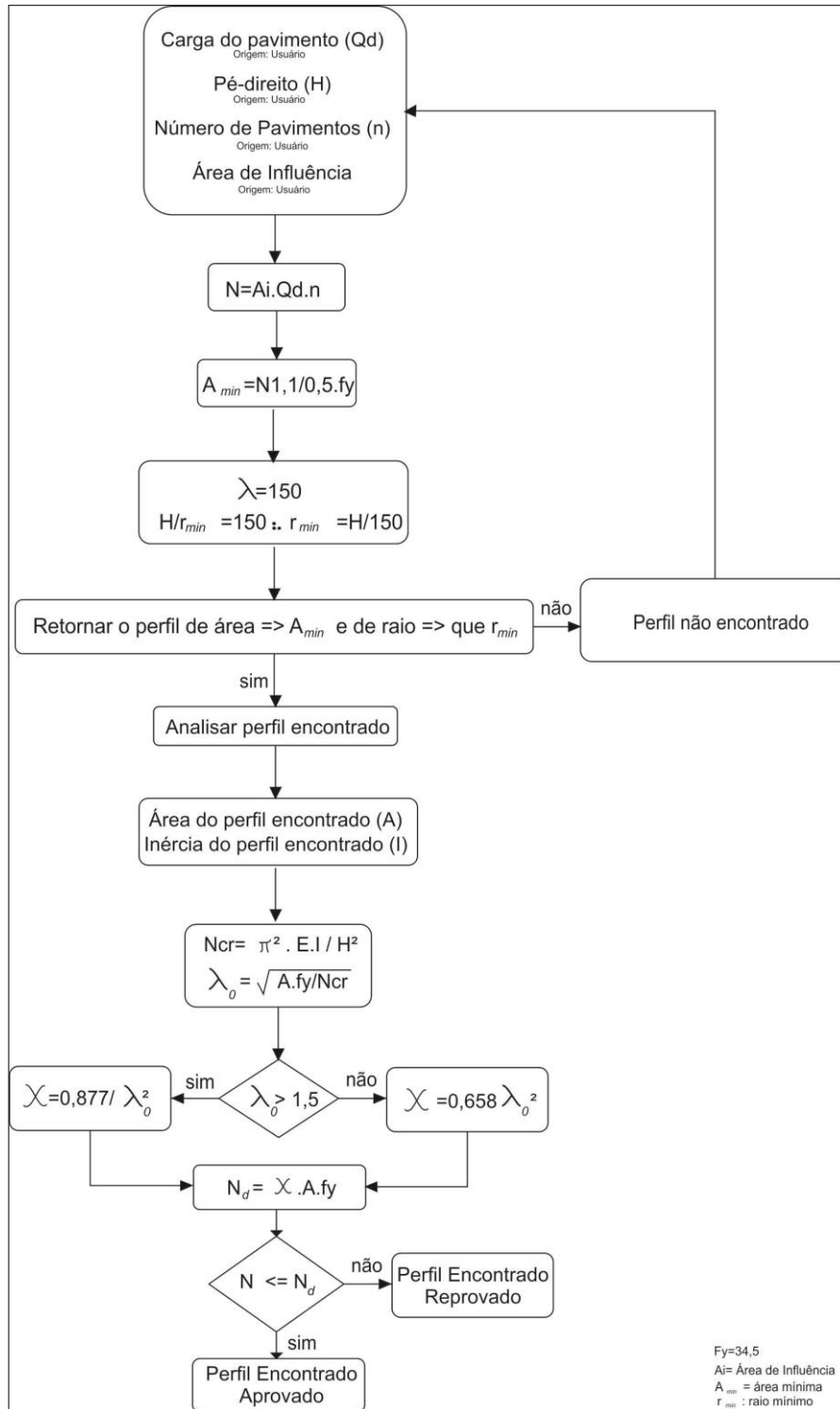


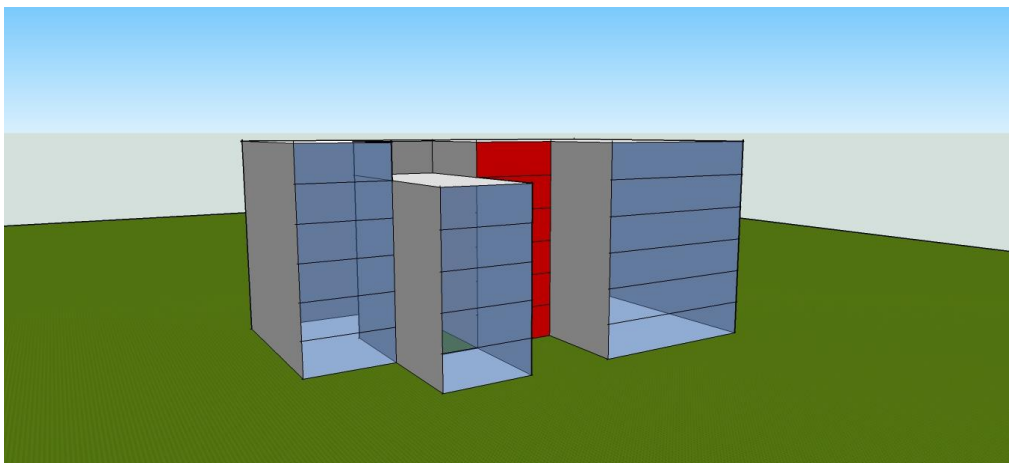
Figura 12 – Fluxograma de pré-dimensionamento do pilar isolado



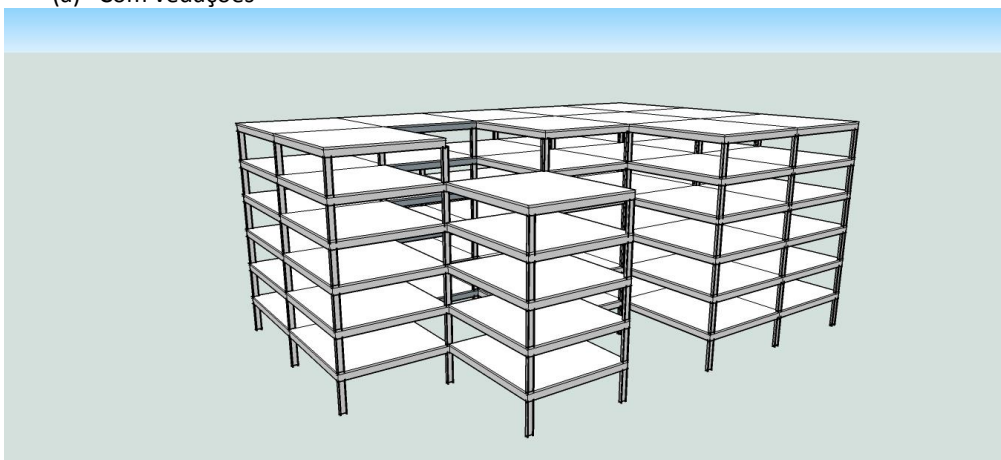
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O exemplo utilizado na aferição da ferramenta computacional trata-se de um edifício que foi projetado a fim de atender uma instituição de ensino (figura 13) ou um centro de treinamento. A edificação conta com 6 pavimentos, sendo que o pavimento térreo é de uso coletivo, com cantina, recepção, biblioteca, almoxarifado, depósito e administração interna e os demais são pavimentos tipo como mostra a figura 14. O edifício possui pé-direito constante e igual a 3,50 m. A figura 15 apresenta a planta estrutural do pavimento tipo e a figura 16 mostra a modulação definida com a identificação dos tipos de módulos conforme o seu posicionamento.

Para as vedações, divisórias e drywall foram utilizadas nas paredes internas. Nas fachadas, em paredes externas, foram utilizados o sistema steel framing, no qual perfis leves de aço estrutural são compostos com revestimentos como placas cimentícias. As vedações possuem em torno 12 cm de espessura. Foi previsto revestimento de piso em porcelanato e forro de PVC em todas as lajes.

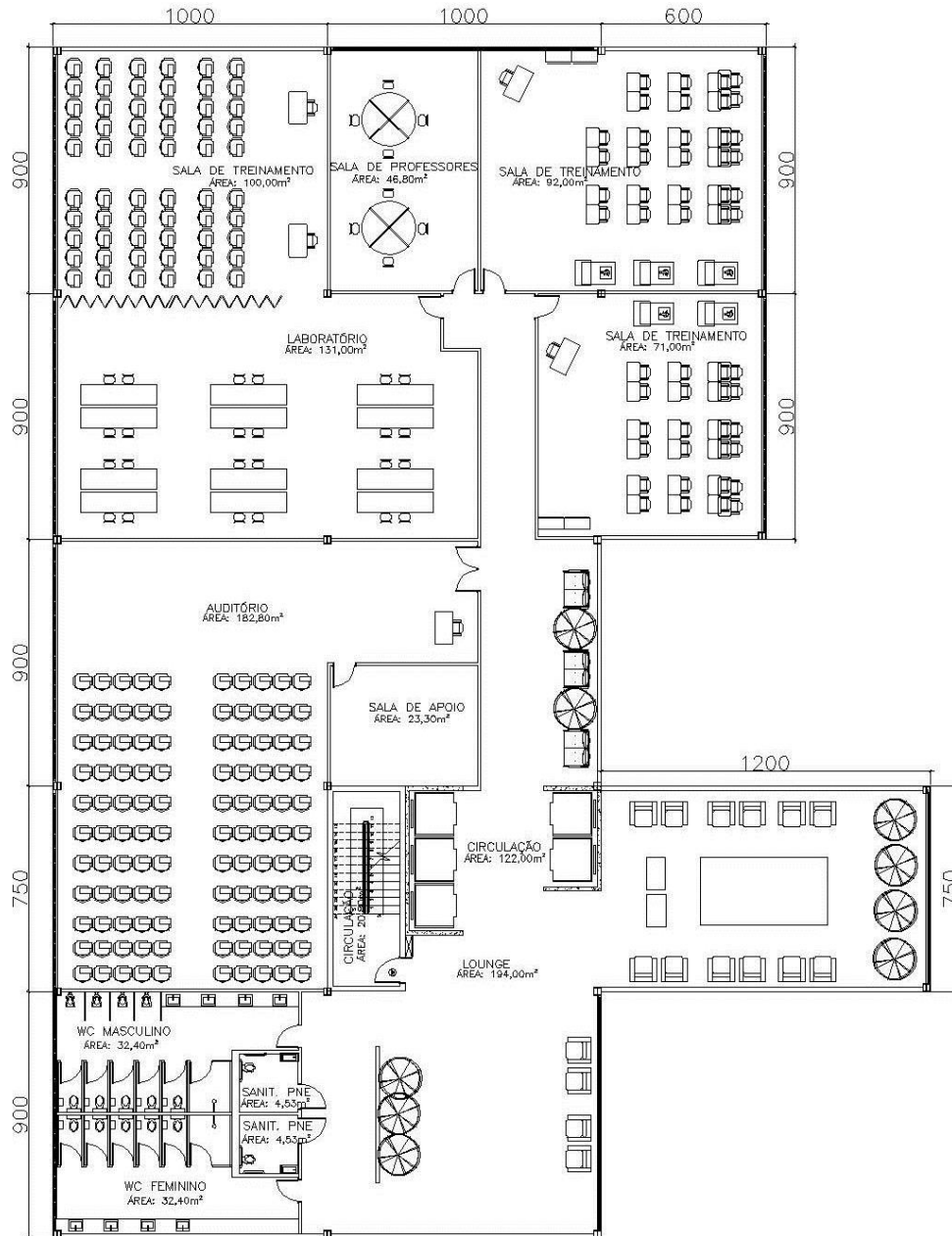


(a) Com vedações



(b) Estrutural

Figura 13 – Imagem da edificação



○ PAVIMENTO TIPO – 2º AO 5º

Figura 14 – Planta do pavimento tipo

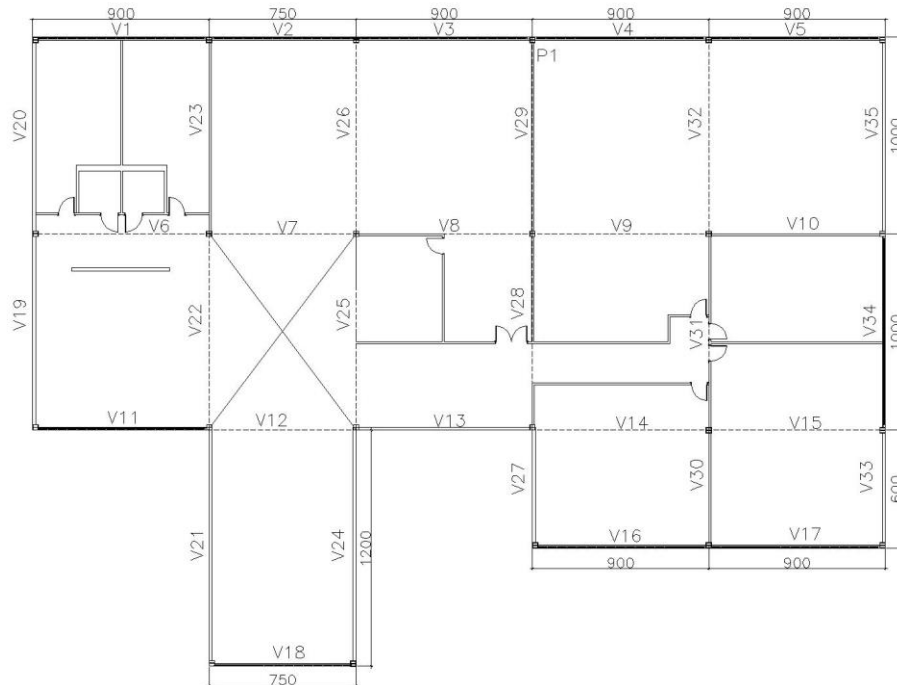


Figura 15 – Planta estrutural do pavimento tipo

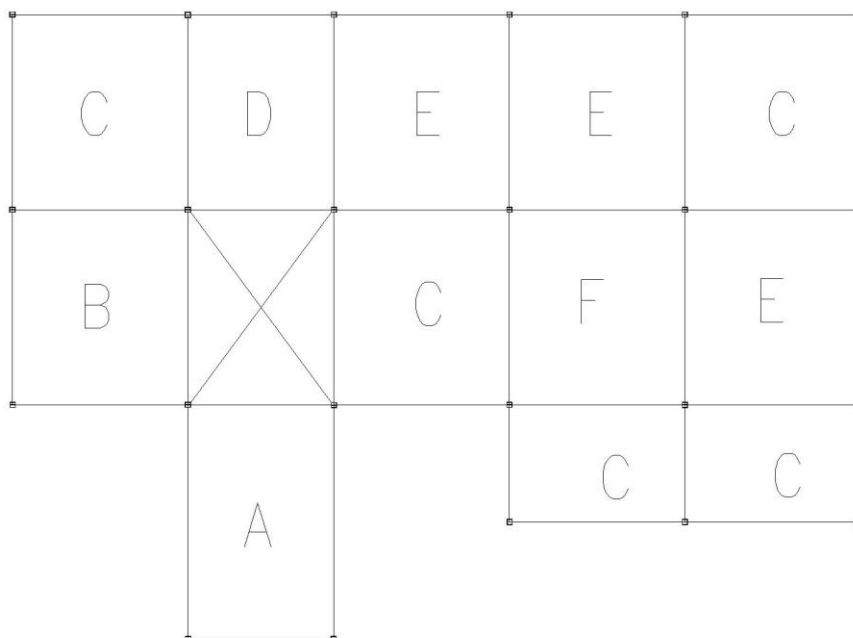


Figura 16 – Identificação dos tipos de módulos conforme posicionamento

As Figuras 17 e 18 mostram, respectivamente, os relatórios de saída do Metal Fácil para o cálculo das vigas do módulo E e para o cálculo do pilar P1, figura 15. Nesses relatórios estão descritos os dados de entrada e todas as variáveis calculadas para a determinação do perfil adequado.




 UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL DEPARTAMENTO DE ARQUITETURA E URBANISMO	
RELATÓRIO DE DADOS	
Data: 28/05/2014	Usuário: Priscilla
PRÉ-DIMENSIONAMENTO DE ESTRUTURA METÁLICA Sistema de Pisos com Forma de Laje Incorporada (Stell Deck) e Vigas de Aço	
1) CARGAS:	
1.1) Tipo de Edificação	Corredor de escola e sala de aula
1.2) Sobrecarga Nominal - Sn (Uso da edificação)	3 KN/m ²
1.3) Cargas Permanente Nominal - Cpi	0,78 KN/m ²
1.3.1) Tipo de Revestimento	Porcelanato
1.3.2) Peso Específico (Revestimento)	0,76 KN/m ²
1.3.3) Tipo de Forro	PVC
1.3.2) Peso Específico (Forro)	0,02 KN/m ²
1.4) Carga de vedação (qp)	1,05 KN/m ²
1.4.1) Tipo	DryWall
1.4.2) Peso Específico	2,5 KN/m ²
1.4.3) Altura (Pé direito)	3,5 m
1.4.4) Espessura	0,12 m
1.5) Qdi	5,553 KN/m ²
1.6) Qni	3,78 KN/m ²
2) DIMENSÕES PROJETADAS:	
2.1) Vão da Viga Primária (Lx)	9 m
2.2) Vão da Viga Secundária (Ly)	10 m
2.3) Número de Vigas Secundárias (Nv)	4 vigas
2.4) Vão da Laje Mista (Vl)	3 m
2.4.1) Vão da Laje Mista Aproximada	3 m
2.5) Altura Mínima da Laje Mista (Hl)	0,14 m
2.6) Peso da Laje Mista (Pl)	2,52 KN/m ²
2.7) CP	3,3 KN/m ²
2.8) Qd	8,955 KN/m ²
2.9) Qn	6,3 KN/m ²
3) VALORES DAS VIGAS SECUNDÁRIAS:	
3.1) INTERNA:	3.2) EXTERNA:
3.1.1) Largura de Influência	3,00
3.1.2) qd	26,865 KN/m
3.1.3) qn	18,9 KN/m
3.1.3) Momento Solicitante	335,81 KN.m
3.1.4) Reação (Rs)	134,33 KN
3.1.6) d necessário	454,5455 mm
3.1.7) Família do Perfil	460
3.1.8) Inércia Necessária	43066,41 cm ⁴
3.1.9) Z necessário	1070,71 cm ³
3.1.10) Perfil encontrado	W 460 x 97,0
3.2.1) Largura de Influência	1,5
3.2.2) qd	13,4325 KN/m
3.2.3) qn	9,45 KN/m
3.2.3) Momento Solicitante	167,90625 KN.m
3.2.4) Reação (Rs)	67,1625 KN
3.2.6) d necessário	454,5454545 mm
3.2.7) Família do Perfil	460
3.2.8) Inércia Necessária	21533,20313 cm ⁴
3.2.9) Z necessário	535,3532609 cm ³
3.2.10) Perfil encontrado	NÃO SOLICITADO
4) VALORES DA VIGA PRIMÁRIA:	
4.1) INTERNA:	4.2) EXTERNA:
4.1.1) Reação (Rp)	268,65 KN
4.1.2) Momento Solicitante	805,95 KN.m
4.1.3) d necessário	409,0909 mm
4.1.4) Família do Perfil	410
4.1.5) Inércia Necessária	135164,53 cm ⁴
4.1.6) Z necessário	2569,70 cm ³
4.1.7) Perfil encontrado	W 610 x 174,0
4.2.1) Reação (Rp)	134,33 KN
4.2.2) Momento Solicitante	402,98 KN.m
4.2.3) d necessário	409,0909091 mm
4.2.4) Família do Perfil	410
4.2.5) Inércia Necessária	67582,27 cm ⁴
4.2.6) Z necessário	1284,85 cm ³
4.2.7) Perfil encontrado	W 610 x 101,0
Desenvolvido por: Priscilla Izabel dos Santos Ribeiro / Orientada por: Pro ^{fa} Dr ^a Aldenícia Fernanda Grobério e Pro ^{fa} Dr ^a Augusto Alvarenga	

Figura 17 – Relatório de saída - Cálculo das vigas do módulo E




	UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPIRITO SANTO
	DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
	DEPARTAMENTO DE ARQUITETURA E URBANISMO
RELATÓRIO DE DADOS	
Data:	29/05/2014
Usuário:	
PRÉ-DIMENSIONAMENTO DE ESTRUTURA METÁLICA	
Pilar a partir do Módulo	
1)Dados de Entrada:	
1) Carga do pavimento (Qd)	8,96 KN/m ²
1.2) Pé direito (H)	3,5 m
1.3) Número de pavimentos (n)	6
1.4) Posicionamento do Pilar	2
1.4) Lx	9 m
1.5) Ly	10 m
2)Dados de Cálculo:	
Área de Influência (Ai)	45,00 m ²
Carga (N)	2417,85 KN
Área Mínima (Amin)	154,18 cm ²
Raio Mínimo (rmin)	2,33 cm
Inércia	27075,57 cm ⁴
Área Perfil	159,01 cm ²
Ncr	138803756,92
λ_0	0,006
χ	1,00
Nd	5485,77
Perfil	HP310x125,0

Figura 18 – Relatório de saída - Cálculo do pilar P1

O exemplo descrito foi devidamente aferido por cálculos manuais desenvolvidos com o auxílio dos fluxogramas de cálculo.

4 CONCLUSÃO

Nesse trabalho foi desenvolvida uma metodologia para o lançamento de estruturas de edifícios de múltiplos andares. A metodologia incluiu o pré-dimensionamento de elementos estruturais como lajes mistas de aço e concreto, vigas e pilares de aço. Posteriormente, essas metodologias foram implementadas computacionalmente, gerando um programa de cálculo de fácil utilização, Metal Fácil, direcionado tanto ao meio acadêmico quanto aos profissionais de arquitetura e engenharia.

A ferramenta computacional foi validada com um exemplo numérico e teve a sua eficiência comprovada para os fins de pré-dimensionamento a que se destina. Acredita-se que ferramentas como essa facilitam e otimizam o trabalho dos profissionais da arquitetura envolvidos com a construção em aço.



Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Espírito Santo (FAPES) Edital 09/2013 pela concessão de bolsa de iniciação científica.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 8800**. Projeto de estrutura de aço e de estrutura mista de aço e concreto de edifícios. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT. **NBR 6120**. Cargas para cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro, nov/1980.

D'ALAMBERT, F., LIPPI, I. **Coletânea do uso do Aço - Tabela de vãos e cargas**. 3ª Ed. Gerda, São Paulo, 2010.

ELLER, P. R., PAULA, G. D., FERREIRA, W.G. **Pré-Dimensionamento de Vigas Mistas de Aço e Concreto para Pontes de Pequeno Porte**. Engenharia Estudo e Pesquisa, Vol. 11, Nº 1, pg. 15-25, 2011.

FARURY, R. H. **Realidade Brasileira**. In: CEAM-UFMG Centro de estudos de estruturas de aço e mistas aço e concreto da UFMG. Disponível em: <https://www.sites.google.com/site/acoufmg/home/realidade-brasileira>. Acesso em 20/05/2013.

GERDAU, **Catálogo de Perfis**. Disponível em:

https://www.comercialgerdau.com.br/produtos/perfis_acominas.asp. Acesso em 2/09/2013.

MACDONALD, A. J. **Structural Design for Architecture**. Architectural Press, Oxford, 1998.

MANCINI, L.C. **Pré-dimensionamento de Estrutura Metálica em Fase da Concepção Arquitetônica**. Dissertação Mestrado. Universidade Federal de Ouro Preto, 2003.

METFORM, **Catálogo Técnico Telha Forma**. Disponível em: <http://www.metform.com.br/telha-forma-catalogo-tecnico.php>. Acesso em 2/09/2013.

MORAES, P. S. **Curso Básico de Lógica de Programação**. Centro de Computação, DSC, UNICAMP, São Paulo, 2000.

SILVA, M. C. B. **Estruturas de cobertura**, 2010. Departamento de artes e arquitetura, PUC, Goiás. Disponível:[http://professor.ucg.br/siteDocente/admin/arquivosUpload/3095/material/Estruturas%20de%20Cobertura%20\(2010-2\).pdf](http://professor.ucg.br/siteDocente/admin/arquivosUpload/3095/material/Estruturas%20de%20Cobertura%20(2010-2).pdf). Acesso em 21/05/2013.