

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

CÁLCULO DE ESCADAS ARMADAS
LONGITUDINALMENTE COM O AUXÍLIO DE
PROGRAMA COMPUTACIONAL

Rafael Alves de Souza

Trabalho final apresentado ao Departamento
de Engenharia Civil, da Universidade
Estadual de Maringá, como conclusão do
estágio supervisionado.

Orientador: Prof. Dra. Beatris Maria Teixeira Neitzel

Maringá

1998

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	2
2.1. Princípios Básicos de Programação Introdução	
2.1.1. <i>Introdução</i>	2
2.1.2. <i>A Origem do Visual Basic</i>	2
2.1.3. <i>As Origens da Linguagem BASIC</i>	3
2.1.4. <i>O Código no Visual Basic</i>	4
2.2. Terminologia	5
2.2.1. <i>Introdução</i>	5
2.2.2. <i>Terminologia dos Elementos Constituintes</i>	5
2.2.3. <i>Dimensões Usuais</i>	8
2.3. Classificação das Escadas Usuais em Edifícios	9
2.3.1. <i>Classificação Quanto a Disposição das Armaduras</i>	9
2.3.2. <i>Classificação Quanto a Disposição Arquitetônica</i>	9
2.4. Cargas Atuantes nas Escadas Longitudinais	11
3. MODELOS ESTRUTURAIS DE CÁLCULO DE ESCADAS LONGITUDINAIS	13
3.1. Escadas Longitudinais Calculadas como Viga Biapoiada	13
3.1.1. <i>Exemplo de Cálculo de Escada Longitudinal como Viga Biapoiada</i>	14
3.2. Escadas Longitudinais Calculadas como Pórtico Plano	16
3.2.1. <i>Exemplo de Cálculo de Escada Longitudinal como Pórtico Plano</i>	17
3.3. Escadas Longitudinais Calculadas como Viga Contínua	19
3.3.1. <i>Exemplo de Cálculo de Escada Longitudinal como Viga Contínua</i>	21
4. DISPOSIÇÕES CONSTRUTIVAS	23
4.1. Ancoragem	24
4.2. Vigas e Pilares de Equilíbrio	25
5. TABELAS PARA DIMENSIONAMENTO DAS ESCADAS	25

5.1 Exemplo de Dimensionamento	26
6. FORMULAÇÃO DOS MODELOS USUAIS	32
6.1. Modelagem das Escadas Longitudinais	33
6.1.1. <i>Escadas longitudinais de patamar inferior</i>	33
6.1.2. <i>Escadas longitudinais sem patamar inferior</i>	37
6.1.3. <i>Escadas longitudinais com um único lance</i>	40
6.1.4. <i>Caso genérico de escadas longitudinais</i>	41
7. TUTORIAL ILUSTRADO DO ESUSPE2.0	47
7.1. <i>Instalando o Esuspe2.0</i>	47
7.2. <i>Abertura do Programa Esuspe2.0</i>	47
7.3. <i>Iniciando o cálculo de uma nova escada</i>	48
7.4. <i>Fornecendo os dados</i>	49
7.5. <i>Calculando os esforços</i>	50
7.6. <i>Visualizando as armaduras e obtendo ajuda</i>	51
7.7. <i>Gravando a escada atual</i>	52
8. APLICAÇÕES DO PROGRAMA PROPOSTO PARA O CÁLCULO DAS ESCADAS LONGITUDINAIS	54
8.1. <i>Escadas longitudinal com patamar inferior</i>	54
8.2. <i>Escada longitudinal com patamar inferior com carga concentrada</i>	57
8.3. <i>Escada longitudinal com patamar superior</i>	60
8.4. <i>Escada longitudinal com patamar superior sujeito a carga concentrada</i>	63
8.5. <i>Escada longitudinal com patamar superior e inferior</i>	66
8.6. <i>Escada longitudinal com patamar superior e inferior com cargas concentradas</i>	69
9. PRANCHAS CALCULADAS COM AUXÍLIO DO ESUSPE2.0	72
10. DIFERENÇAS PERCENTUAIS ENTRE OS MÉTODOS	72
11. CONCLUSÃO	79
12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Detalhe de Pisada(P) e Espelho(h)	8
Figura 2 - Tipos de Escadas em Laje com Patamar	9
Figura 3 - Escada com Lances Adjacentes	10
Figura 4 - Escada com Lances Ortogonais	10
Figura 5 - Espessura Média da Laje da Escada	12
Figura 6 - Modelo de Cálculo p/a Escada Calculada como Viga Biapoiada	13
Figura 7 – Escada calculada como biapoiada	14
Figura 8 - Gráfico de Momento Fletor para Viga Biapoiada	15
Figura 9 - Modelo de Cálculo para Escada Calculada como Pórtico Plano	16
Figura 10 – Escada calculada como pórtico	17
Figura 11 - Diagrama Final de Momentos p/a Pórtico Plano	18
Figura 12 -Escada calculada como viga continua em corte	19
Figura 13 - Calculo da Força "H"	21
Figura 14 – Escada calculada como viga contínua	21
Figura 15 – Método de Cross aplicado a viga contínua	22
Figura 16 – Diagrama de momento fletor para viga continua	23
Figura 17 - Modelo Genérico de Escadas Longitudinais	32
Figura 18 - Escadas Longitudinais Mais Usuais	33
Figura 19 – Escada p/a $C=0$	33
Figura 20 – Escada p/a $A=0$	37
Figura 21 – Escada p/a $A=0$ e $C=0$	40
Figura 22 – Escada p/a $A^1 0$ e $C^1 0$	41
Figura 23 – Tela de abertura do <i>Esuspe2.0</i>	47
Figura 24 – Iniciando uma nova escada	48
Figura 25 – Informando o nome da obra	48

Figura 26 – Informando o nome do proprietário	48
Figura 27 – Escolhendo a resistência do concreto	49
Figura 28 – Informando as características da escada	50
Figura 29 – Calculando os esforços	50
Figura 30 – Tela de aviso “Obra Calculada”	50
Figura 31 – Avaliando os momentos fletores	51
Figura 32 – Verificando as armaduras	51
Figura 33 – Menu “Especial”	52
Figura 34 – Obtendo informações	52
Figura 35 – Salvando o arquivo atual	53
Figura 36 – Tela de aviso “Arquivo salvo com segurança”	53
Figura 37 – Saída do <i>Esuspe2.0</i>	54
Figura 38 – Escada longitudinal para $C = 0$ e $P = 0$	54
Figura 39 – Escada longitudinal para $C=0$ e $P^1 0$	57
Figura 40 – Escada longitudinal para $A = 0$ e $P = 0$	60
Figura 41 – Escada longitudinal para $A = 0$ e $P^1 0$	63
Figura 42 – Escada longitudinal para $A^1 0$, $B^1 0$, $C^1 0$ e $P=0$	66
Figura 43 – Escada longitudinal para $A^1 0$, $B^1 0$, $C^1 0$ e $P^1 0$	69
Figura 44 – Escada exemplo de um sobrado residencial	72
Figura 45 – Primeiro lance da escada residencial	73
Figura 46 – Segundo lance da escada residencial	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Sobrecarga de Utilização em Escadas	11
Tabela 2 – Ancoragem Básica de Armaduras ($F_{ck} = 150 \text{ Kgf / cm}^2$)	24
Tabela 3 – Coeficientes de K6 e K3 para $F_{ck} = 150 \text{ Kgf/cm}^2$	27
Tabela 4 – Coeficientes de K6 e K3 para $F_{ck} = 180 \text{ Kgf/cm}^2$	29
Tabela 5 – Área de aço por metro de laje	31

1. INTRODUÇÃO

O auxílio de programas computacionais tornou-se algo extremamente útil à vida do engenheiro calculista, tornou-se uma ferramenta de trabalho onde o profissional passou de calculista a analista de estruturas. O engenheiro deve possuir maturidade para interpretar os resultados fornecidos pela máquina, sendo que o árduo trabalho que lhe cabia no cálculo dos elementos estruturais (vigas, lajes , pilares, etc.) e com o qual despendia horas prolongadas de trabalho, hoje é feito em pouco tempo, as vezes até em alguns minutos pelos *softwares* estruturais utilizados nos microcomputadores.

Existem no mercado vários programas de cálculo estrutural para o ambiente Windows, entre eles, os mais difundidos no meio são o *CYPECAD3D*, o *TQS* , o *EBERICK* e o *SISTRUT*. Entretanto, todos eles apresentam a mesma peculiaridade, não calculando as escadas. Cabe ao engenheiro o cálculo manual desse tipo de estrutura e, posteriormente, seu detalhamento em um programa de desenho, como por exemplo o *AutoCAD*.

Visando sanar a ausência de um módulo nos programas de cálculo estrutural que calcule escadas, será apresentado nesse trabalho o processo de criação do programa *ESUSPE2.0* (Escadas Armadas Longitudinalmente, Usuais em Pequenos Edifícios), aplicativo usual em ambiente *Windows* e criado a partir da linguagem de programação *Visual Basic 5.0*.

O *ESUSPE* foi criado inicialmente no sistema operacional *DOS*, utilizando a linguagem de programação *QBASIC*. Com o intuito de se adequar aos tempos, onde o Windows praticamente ocupa todos os microcomputadores, decidiu-se uma migração do sistema operacional *DOS* para o *Windows*, atualizando o *ESUSPE* do *QBASIC* para o *Visual Basic 5.0*, onde os elemento gráficos (interface

do programa) e a interatividade com o usuário são bem maiores, por isso o nome *ESUSPE2.0*.

O objetivo do trabalho "Cálculo de Escadas Armadas Longitudinalmente com o Auxílio de Programa Computacional" é mostrar de maneira rápida as diferenças de armadura entre três diferentes métodos de cálculo: consideração do elemento escada como uma "Viga Biapoiada", consideração do elemento escada como "Viga Contínua" e consideração do elemento escada como "Pórtico Plano". O programa tem também como objetivo dinamizar e automatizar o cálculo das escadas armadas longitudinalmente , levando a um dimensionamento rápido e econômico.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Princípios Básicos de Programação

2.1.1. Introdução

Um programa de computador é simplesmente um conjunto de instruções que informam ao computador como executar uma tarefa específica.

Os computadores necessitam de instruções para todas tarefas que cumprem. Eles precisam até mesmo para as tarefas mais simples, como receber a informação sobre uma tecla pressionada, apresentar uma letra na tela ou armazenar informações em disco.

2.1.2. A Origem do Visual Basic

Segundo **McKELVI, MARTINSEN e WEBB(1997)**, o *Visual Basic* foi criado em decorrência da necessidade de uma ferramenta simples para programação no sistema operacional *Windows*. É possível escrever programas para o *Windows* em praticamente qualquer linguagem de programação (até mesmo em *Cobol*).

Contudo, o uso de uma linguagem que não seja o *Visual Basic* pode tornar a programação uma tarefa muito difícil e extremamente demorada.

Os projetistas do *Visual Basic* se deslocaram do paradigma típico de programação ao desenvolverem o *Visual Basic*. Eles decidiram exatamente que elementos deveriam ser compartilhados por todos os programas do *Windows*. O *Visual Basic* torna extremamente fácil o posicionamento, o uso e a interação com esses elementos gráficos de controle e de programação no *Windows*.

Os projetistas do *Visual Basic* poderiam ter usado uma linguagem diferente do *BASIC* como código básico de controle. Contudo, o *BASIC* foi uma excelente escolha, devido a rapidez com que os iniciantes eram capazes de adquirir intimidade com a linguagem. Existem outras ferramentas de programação para o *Windows* bastante conhecidas no mercado, que utilizam *C* ou *C++* como sua linguagem básica de controle, mas essas ferramentas estão quase sempre fora do alcance do programador iniciante .

2.1.3. As Origens da Linguagem BASIC

De acordo com **McKELVI, MARTINSEN e WEBB** (1997), a palavra *Basic* em *Visual Basic* vem de uma linguagem de programação denominada *BASIC*, que existe desde o início da década de 1960. *BASIC* significa : *Beginner's All Purpose Symbolic Instruction Code*. Os professores do *Dartmouth College* projetaram a linguagem de tal forma que os iniciantes e as pessoas não habituadas com o uso de computadores pudessem dominar o *BASIC* com relativa facilidade.

O *BASIC* teve origem como uma linguagem interpretada, e nunca se destinou a ser uma linguagem compilada. Os autores do *BASIC* achavam que o processo de compilação acrescentava uma etapa extra, com a qual os novatos

simplesmente não deveriam se envolver. Entretanto, eles também eliminaram a velocidade e a capacidade da linguagem.

O *BASIC* amadureceu no decorrer dos anos, especialmente depois que *Bill Gates* e a *Microsoft* começaram a se envolver com a linguagem. O *BASIC* era lento e simples demais para ser usado em aplicações sérias, até que a *Microsoft* ampliou a linguagem e acrescentou a ela eficientes construções de programação estruturada e tipos de dados avançados.

A *Microsoft* apresentou ao público inúmeros interpretadores e compiladores *BASIC* ao longo do tempo, inclusive o *MBASIC*, o *BASICA*, o *GW-Basic*, o *QuickBasic*, e agora o *Visual Basic*. O *Visual Basic* foi a primeira versão usada exclusivamente para elaboração de programas do *Windows*.

2.1.4. O Código no Visual Basic

De acordo com **McKELVI, MARTINSEN e WEBB(1997)**, o *Windows* contém milhares de rotinas internas que o *Visual Basic* utiliza para controlar os processos de Entrada/Saída e a manipulação de dados comuns. Algumas vezes, é preciso mudar essas rotinas. É possível utilizar as rotinas internas do *Windows*, através do código escrito na linguagem *Visual Basic*.

Ao se deparar com um requisito de programa que não possa ser descrito por meios gráficos, é necessário recorrer à escrita de código. No entanto, é preciso escrever muito menos código usando o *Visual Basic* do que se escreveria em outra linguagem. O código escrito em uma linguagem fácil e estruturado como o *Visual Basic*, interage com os elementos gráficos do programa e só é executado quando necessário.

Quase todo programa do sistema operacional *Windows* tem dois componentes principais. Existe o componente visual, que os usuários vêem e com o qual interagem, e também o componente de código, o qual realmente torna possível ao programa executar suas tarefas.

O componente visual dos programas criados no *Visual Basic* é gerado com o uso de formulários e controles. Os formulários e controles permitem manipular a entrada do usuário, as informações exibidas e as decisões do usuário e , ainda executar muitas outras tarefas de programação .

2.2. Terminologia das Escadas

2.2.1. Introdução

Escada é uma estrutura constituída de uma série de degraus destinados a subir ou descer, são estruturas destinadas a ligar um nível ou piso inferior a um piso ou nível superior.

2.2.2. Terminologia dos Elementos Constituintes

As escadas servem para unir, por degraus sucessivos, os diferentes níveis de uma construção.

A proporção cômoda entre o plano horizontal e o plano vertical dos degraus é definida pela expressão empírica de *Rondelet*: 2 planos verticais + 2 planos horizontais = 60 a 66 cm, 60 a 66 cm representa o comprimento médio do passo do homem em plano horizontal. Para as crianças este valor reduz-se a 55 cm aproximadamente.

De acordo com **BAUD**(1977) a *linha de plano horizontal* é a projeção sobre um plano horizontal do trajeto seguido por uma pessoa que transita por uma escada. Em geral, esta linha ideal se situa na parte central dos degraus quando o comprimento destes(largura da escada) é inferior ou igual a 110 cm. Quando esta última grandeza excede dos 110 cm a linha dos planos horizontais se traça a 50 ou 55 cm do bordo interior. Esta é a distância a que circula uma pessoa que com a mão se apóia no corrimão lateral e é a que se conserva nas curvas.

A dimensão dos degrau é definida por sua função e sua utilização. Em um edifício a largura de uma escada não deve ser inferior a 120 cm. Nas escadas de uso secundário(escadas de serviço), o comprimento dos degraus, ou largura da escada pode ser reduzir a um mínimo de 60 cm.

O conjunto dos degraus compreendidos entre dois patamares ou descansos sucessivos chama-se ***lance***.

Um lance não deve ter mais do que 20 ou 22 degraus. Se o número destes excedesse a esse valor seria preciso intercalar um descanso intermediário. A largura deste deverá ser de uns três planos horizontais, mas com um mínimo de 85 cm a fim de oferecer uma interrupção cômoda e agradável do lance.

Em cada piso a escada termina em um descanso que se chama ***meseta*** ou ***patamar do piso***, ou ***descanso de chegada***. Tem largura igual ou às vezes maior que a de dois degraus.

A inclinação de uma escada deve ser constante em um mesmo lance. O valor do plano horizontal e da altura ou plano vertical não devem variar jamais de um descanso a outro. Contudo, é aceitável uma exceção quando se trata do degrau

de saída. Este último pode ter um plano horizontal de 2 a 5 cm superior aos outros degraus. Sua altura ou plano vertical será retificado em consequência.

Chama-se **caixa** ao local em cujo interior se acha a escada. A forma da caixa e da escada é ditada, por um lado, pelos imperativos de circulação, de construção ou de dispositivos diversos, e, por outro, pela altura que é preciso conservar. Estas formas podem ser variadas. Existem, por exemplo:

- as escadas simples de lance reto e aquelas que, compostas de vários lances retos, mudam de direção nos descansos intermediários;
- as escadas compostas de lances retos e curvos chamadas de quarto de volta;
- as escadas giratórias construídas em caixas elípticas ou circulares, as escadas em caracol.

O espaço ou vazio situado entre ou dois lances, na parte central da escada (na projeção horizontal) chama-se **olho** ou **vão** da mesma. Quando essa parte é cheia ou maciça chama-se **eixo** ou **árvore** da escada. **Rebordo** é o nome que se dá à borda que limita a escada pela parte do olho (ou do eixo).

Segundo **BAUD** (1977), a **escapada** é a altura vertical disponível entre a borda de um degrau e o teto que tem acima dele. Normalmente, para deixar passagem suficiente quando se transporta móveis, a escapada deve estar compreendida entre 200 a 400 cm. Apenas por exceção poderá reduzir-se tal altura a 185 cm em escadas de uso secundário.

2.2.3. Dimensões Usuais

De acordo com **SANTOS**(1979), as dimensões **p** (passo, pisada) e **h** (altura do degrau, espelho) são variáveis segundo a destinação da escada. Em geral $p = 25\text{ cm}$ e $h = 17\text{ cm}$ para escadas interiores, escadas mais abruptas podem ter $p = 25\text{ cm}$ e $h = 20\text{ cm}$, e para escadas mais confortáveis pode-se usar $p = 28\text{ cm}$ e $h = 16\text{ cm}$.

Recomenda-se que as dimensões p e h verifiquem a relação: **$p + h = 62\text{ a } 64\text{ cm}$** .

Com relação as escadas interiores a largura correntemente adotada é de 100 cm , e para escadas de serviço podemos ter o mínimo de 70 cm . Para escadas exteriores, geralmente $p = 30\text{ cm}$ e $h = 15\text{ cm}$.

Sendo **D** o desnível a vencer com a escada e **n** o número de degraus, teremos **$n = D / h$** ; enquanto o desenvolvimento horizontal da escada ocupará o espaço **$H = p (n - 1)$** .

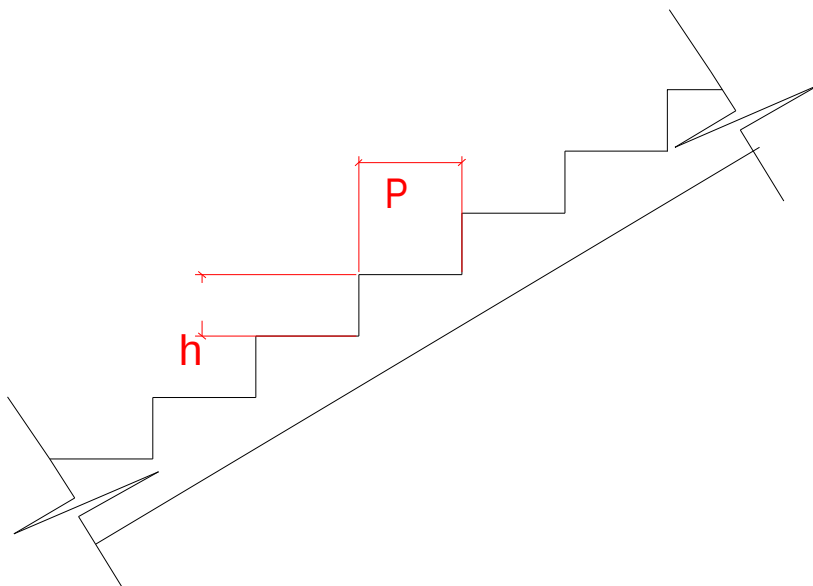


Figura 1 - Detalhe de Pisada(P) e Espelho(h)

2.3. Classificação das Escadas Usuais em Edifícios

2.3.1. Classificação Quanto a Disposição das Armaduras

Segundo **ROCHA** (1978) , podemos classificar as escadas comuns de edifícios em 3 classes segundo a disposição das armaduras:

- a) Escadas Armadas Transversalmente;
- b) Escadas Armadas Longitudinalmente;
- c) Escadas Armadas em Cruz.

2.3.2. Classificação Quanto a Disposição Arquitetônica

Segundo **SANTOS** (1979), as escadas armadas longitudinalmente podem ter várias disposições arquitetônicas (Figura 2). Geralmente essas escadas são conhecidas como "Escadas em Laje com Patamar".

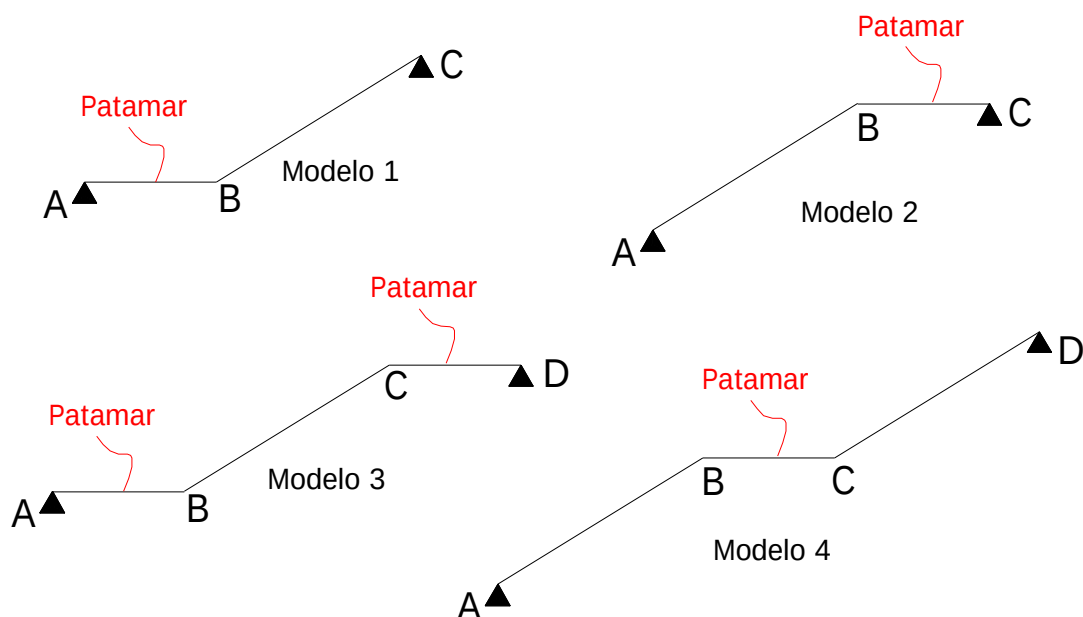


Figura 2 - Tipos de Escadas em Laje com Patamar

Arquitetonicamente, as escadas em laje com patamar podem ser dos seguintes tipos:

- Escada com Lances Adjacentes (Figura 3);
- Escada em Lajes Ortogonais (Figura 4).

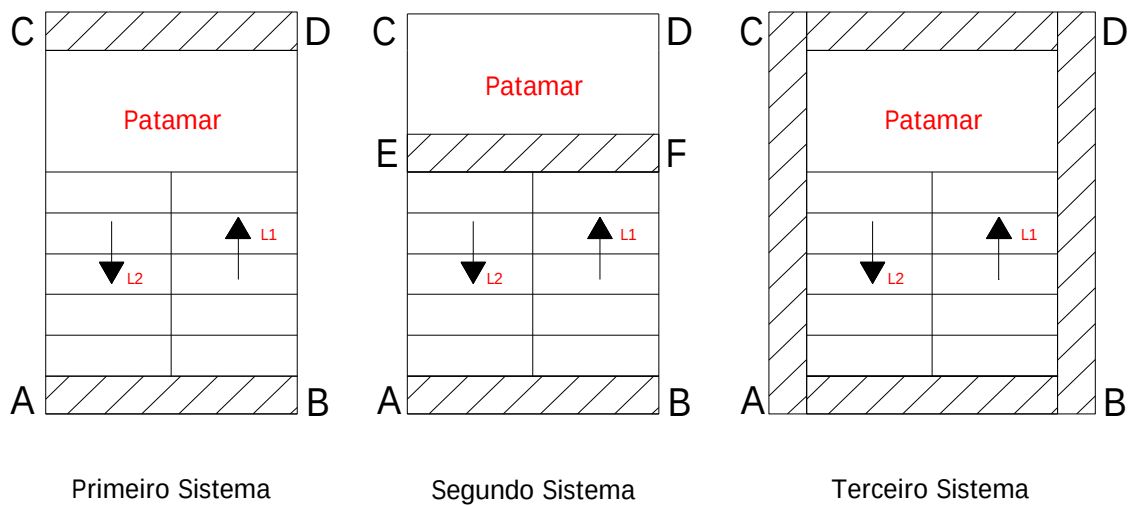


Figura 3 - Escada com Lances Adjacentes

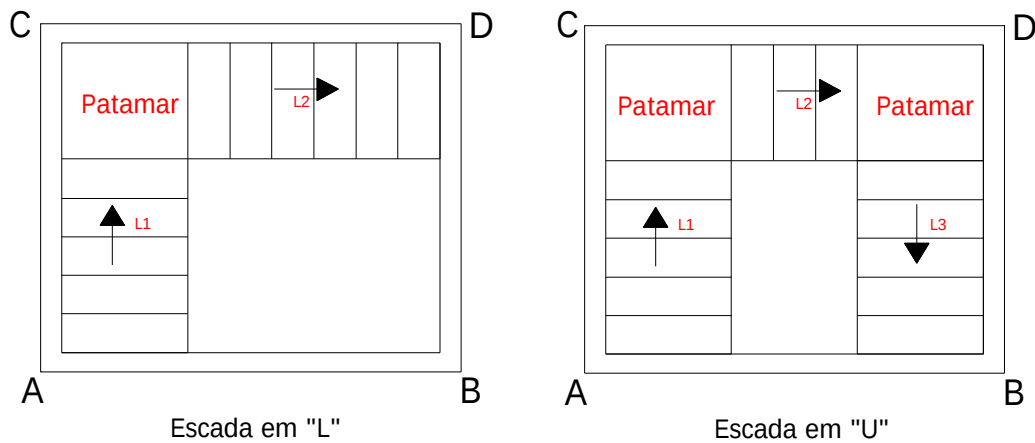


Figura 4 - Escada com Lances Ortogonais

2.4. Cargas Atuantes nas Escadas Longitudinais

De acordo com **ROCHA** (1978) , as cargas atuantes nas escadas são a sobrecarga de utilização, a pavimentação, o peso próprio e os parapeitos.

A sobrecarga de utilização é tomada como carga vertical por metro quadrado de projeção horizontal da escada, podendo-se adotar os seguintes valores:

Tabela 1 – Sobrecarga de Utilização em Escadas

Escadas Secundárias	200 a 250 Kgf/m ²
Escadas de Edifícios de Residência	250 a 300 Kgf/m ²
Escadas de Edifício Público	400 a 500 Kgf/m ²

O peso do revestimento geralmente varia de 50 a 100 Kgf/m² e é considerado como carga vertical por metro quadrado de projeção horizontal.

O peso próprio das lajes das escadas também podem ser avaliadas por metro quadrado de projeção horizontal, sendo que para isso calcula-se a espessura média da escada segundo a vertical (Figura 5):

Espessura Média→

$$h_m = h + b/2 \quad (1)$$

Obtido o valor de h_m , o peso por metro quadrado (P) de projeção será:

$$P = g_{\text{concreto}} * h_m = 2500 * h_m \quad (2)$$

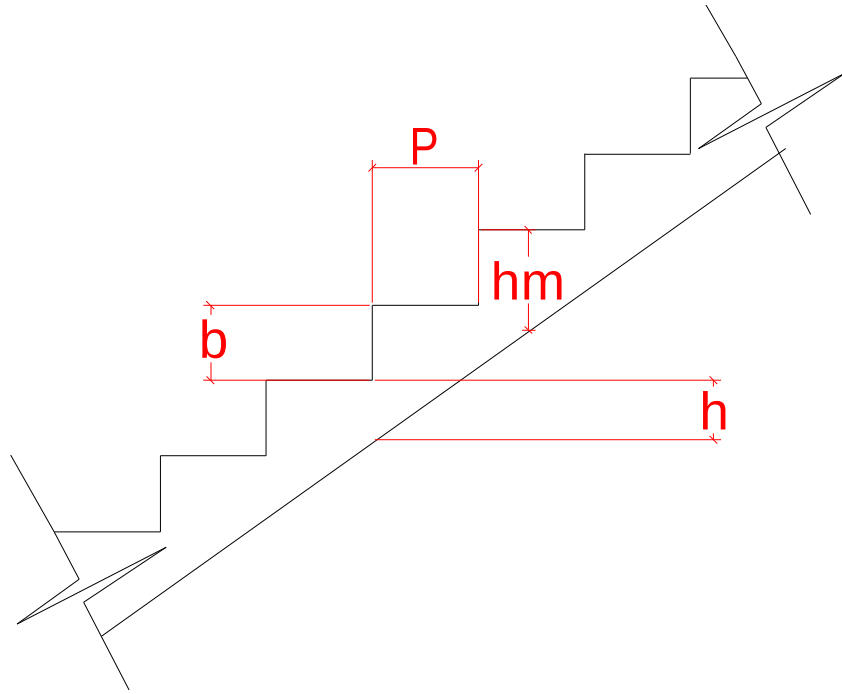


Figura 5 - Espessura Média da Laje da Escada

3. MODELOS ESTRUTURAIS DE CÁLCULO DE ESCADAS LONGITUDINAIS

3.1. Escadas Longitudinais Calculadas como Viga Biapoiada

As escadas armadas longitudinalmente se caracterizam pelo fato de que a ferragem principal é disposta na face inferior no sentido longitudinal, enquanto que, no sentido transversal da mesma é utilizado apenas armadura de distribuição.

Se quisermos trabalhar com uma segurança grande no cálculo das escadas, pode-se tomar como vão de cálculo o comprimento da hipotenusa resultante do comprimento da projeção horizontal e o desnível desta (Figura 6). Esse cálculo é bastante majorado, apresentando grandes áreas de armaduras em relação a necessária calculada por um método mais apurado.

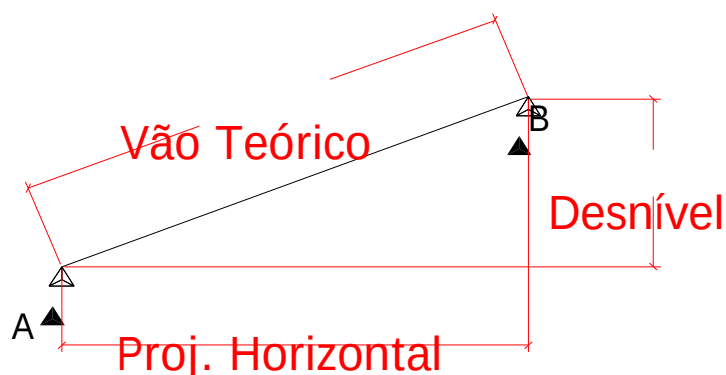
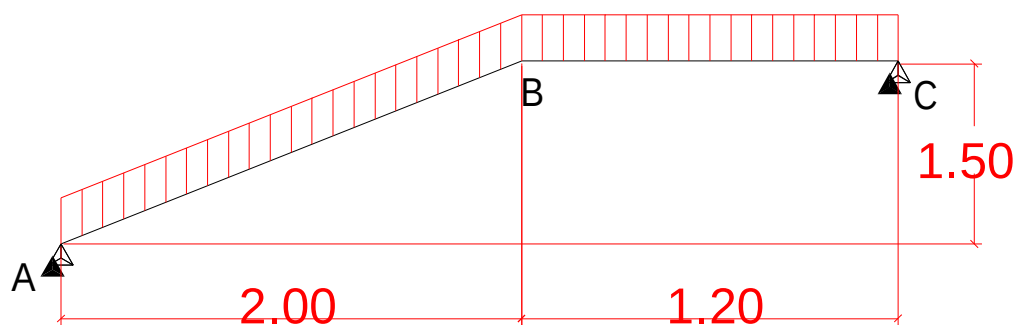


Figura 6 - Modelo de Cálculo para Escada Calculada como Viga Biapoiada

Calculado o Momento Fletor Máximo, o cálculo da espessura necessária para laje e da seção de armadura se faz pelas fórmulas e tabelas usuais em concreto armado.

3.1.1. Exemplo de Cálculo de Escada Longitudinal como Viga Biapoiada

Seja calcular a escada longitudinal da Figura 7 como viga biapoiada:



Espelho = 0.18 m
 Espessura da Laje = 0.12 m
 Sobrecarga de Utilização = 300 Kg/m²

Figura 7 – Escada calculada como biapoiada

A) Cálculo da Carga Total (Q)

$$Q = SO + \left(AL + \frac{ES}{2} \right) * g \quad (3)$$

$$Q = 300 + \left(0,12 + \frac{0,18}{2} \right) * 2500$$

$$Q = 825 \text{ Kgf} / m^2$$

Onde:

SO = Sobrecarga de Utilização;

AL = Altura da Laje da Escada;

ES = Altura do Espelho ;

γ = Peso Específico do Concreto.

B) Cálculo da Hipotenusa (D)

$$D = \sqrt{\text{Proj.Horizontal}^2 + \text{Desnível}^2} \quad (4)$$

$$D = \sqrt{2,00^2 + 1,50^2}$$

$$D = 2,5m$$

C) Cálculo do Momento Fletor p/a Viga Biapoiada

$$M = \frac{Q * L^2}{8} \quad (5)$$

$$M = \frac{825 * (2,50 + 1,20)^2}{8}$$

$$M = 1411,781Kgf.m/m$$

De posse do maior momento fletor (Figura 8) atuante na laje da escada, basta dimensionarmos a peça com o auxílio das Tabelas 3 e 4 (“ Tabelas para dimensionamento das escadas”). Este momento permite calcular a armadura a ser disposta longitudinalmente na face inferior da laje da escada e é conhecida como “*Armadura Principal*”. A armadura a ser disposta transversalmente é apenas uma armadura de distribuição e é recomendável espaçamentos não superiores a 20 cm.

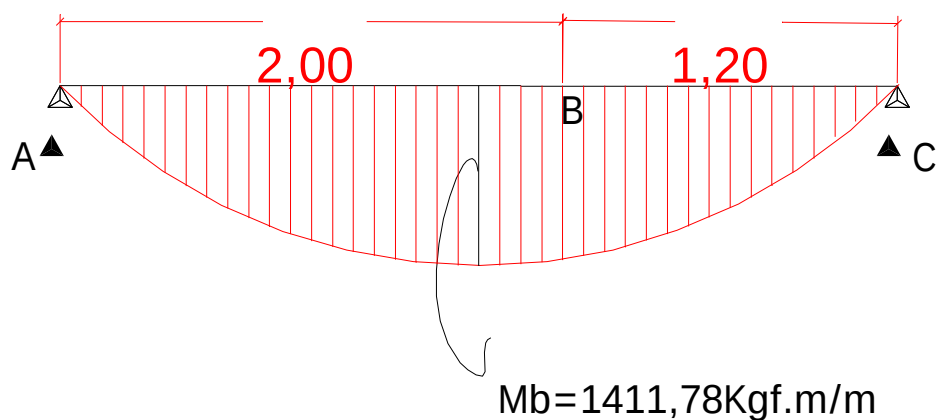


Figura 8 - Gráfico de Momento Fletor para Viga Biapoiada

3.2. Escadas Longitudinais Calculadas como Pórtico Plano

De acordo com **ROCHA**(1978), verifica-se que as escadas armadas longitudinalmente podem ser calculadas tomando-se para vão o valor da projeção horizontal do comprimento da escada e para carga aquela que age verticalmente por metro quadrado de projeção horizontal. Esse modelo nada mais é, segundo a *Isostática*, um modelo simples de Pórtico Plano.

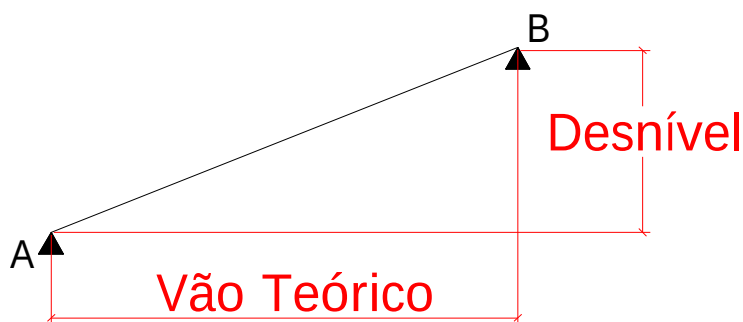
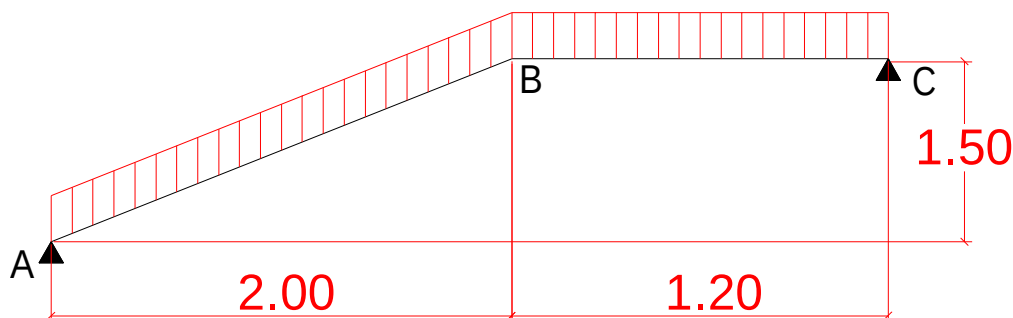


Figura 9 - Modelo de Cálculo p/a Escada Calculada como Pórtico Plano

O cálculo de escadas como Pórticos Planos trazem resultados mais exatos, mais coerentes com a condição estrutural do elemento escada. Os valores de armadura obtidos no cálculo da escadas como Pórtico Plano são normalmente os resultados mais confiáveis e que oferecem armaduras com resultados não tão baixos como o modelo obtido em Viga Continua e não tão altos como os obtidos em Viga Biapoiada.

3.2.1. Exemplo de Cálculo de Escada Longitudinal como Pórtico Plano

Seja calcular a escada longitudinal da Figura 10 como pórtico plano:



Espelho = 0.18 m
 Espessura da Laje = 0.12 m
 Sobrecarga de Utilização = 300 Kg/m²

Figura 10 – Escada calculada como pórtico

A) Cálculo da Carga Total (Q), utilizando a expressão (3):

$$\begin{aligned}
 Q &= SO + \left(AL + \frac{ES}{2} \right) * \gamma \\
 Q &= 300 + \left(0,12 + \frac{0,18}{2} \right) * 2500 \\
 Q &= 825 \text{ Kg} / \text{m}^2
 \end{aligned}$$

Onde :

SO = Sobrecarga de Utilização;

AL = Altura da Laje da Escada;

ES = Altura do Espelho;

γ = Peso Específico do Concreto.

B) Cálculo do Momento Fletor p/a Pórtico Plano

Reações de Apoio :

$$V_a + V_c = 825 * 3,20 \quad (6)$$

$$V_a + V_c = 2640Kg$$

$$2640 * 1,60 = V_c * 3,20$$

$$\therefore V_a = 1320Kg$$

$$V_c = 1320Kg$$

Momento no pontob :

$$M_b = V_c * 1,20 - Q * \frac{1,20^2}{2} \quad (7)$$

$$M_b = 990Kgf.m/m$$

De posse do maior momento fletor atuante na laje da escada (Figura 11), basta dimensionarmos a peça com o auxílio das tabelas 3 e 4 (“Tabelas para Dimensionamento das Escadas”). Este momento permite calcular a armadura a ser disposta longitudinalmente na face inferior da laje da escada e é conhecida como “*Armadura Principal*”. A armadura a ser disposta transversalmente é apenas uma armadura de distribuição e é recomendável espaçamentos não superiores a 20 cm.

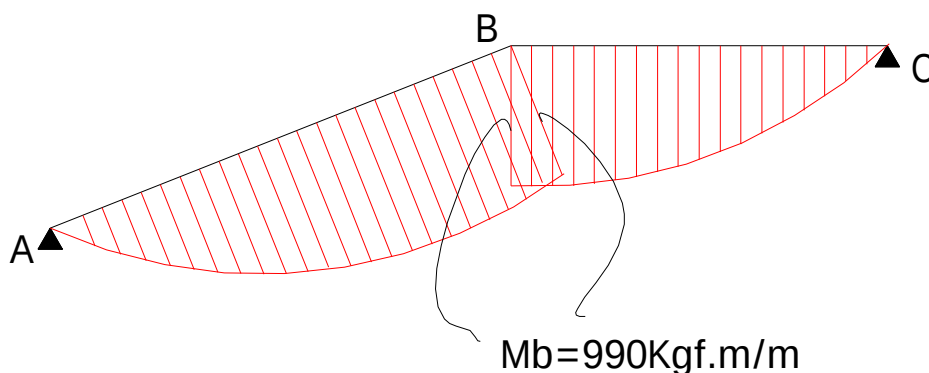


Figura 11 - Diagrama Final de Momentos p/a Pórtico Plano

3.3. Escadas Longitudinais Calculadas como Viga Contínua

Quando na altura do patamar é projetada uma viga que resiste a esforços horizontais, modifica-se o funcionamento da escada. Segundo **ROCHA(1978)**, a escada pode ser calculada como uma Viga Contínua.

Seja a escada da Figura 12, dotada das 3 lajes: L1, L2 e L3 e que se apóia na viga VA e nas vigas V1 dos pisos. Se a viga VA resiste à flexão horizontal, o funcionamento das lajes se faz como indicam os esquemas apresentados na figura 12, onde a força H da viga VA faz com que se tenha um sistema hiperestático ao invés de peça em 2 apoios simples.

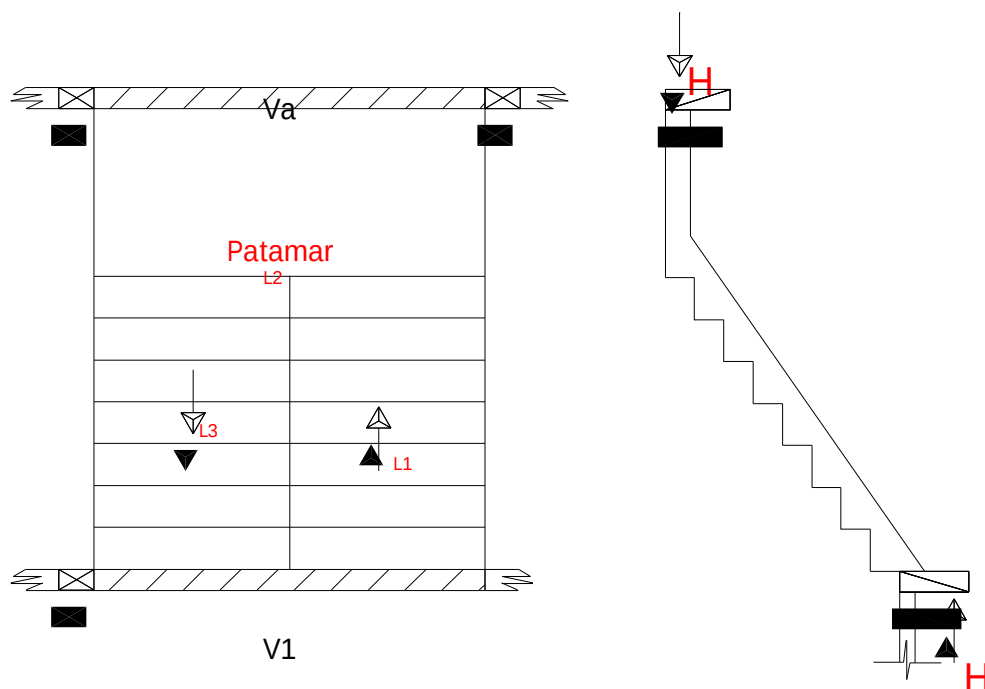


Figura 12 -Escada calculada como viga contínua em corte

O cálculo pode ser feito como viga contínua, obtendo-se momentos muito menores que no caso de ser a viga do patamar muito flexível lateralmente.

Para calcular a força horizontal na viga de patamar, estabelecemos o equilíbrio no ponto B entre as forças cortantes e normais nesse ponto, como se vê na Figura 13, determinando a força normal no patamar N_2 igual à força de reação H na viga lateral.

Segundo **ROCHA** (1978), a resistência horizontal da viga VA é muito grande quando ela está ligada a um patamar horizontal, como o que está indicado na Figura 13, pois, juntamente com a viga funciona a laje horizontal do patamar. Neste caso, pode ser dispensado o cálculo da força H .

A expressão (8) pode ser utilizada para estimar a força H :

$$H = \left(\frac{ql_1}{2} - \frac{X}{l_1} \right) \frac{l_1 + l_2}{h} \quad (8)$$

Nesta expressão, l_1 e l_2 são os vãos da peça contínua da Figura 13 e X é o momento no apoio central.

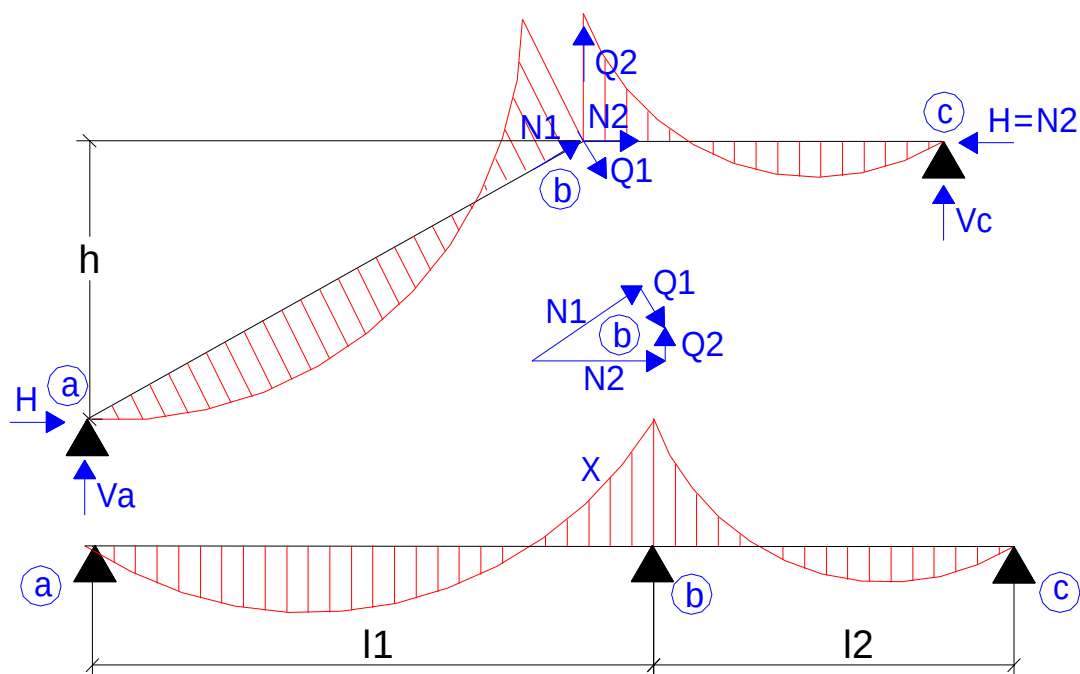


Figura 13 - Cálculo da Força "H"

3.3.1. Exemplo de Cálculo de Escada Longitudinal como Viga Contínua

Seja calcular a escada longitudinal da Figura 14 como viga contínua:

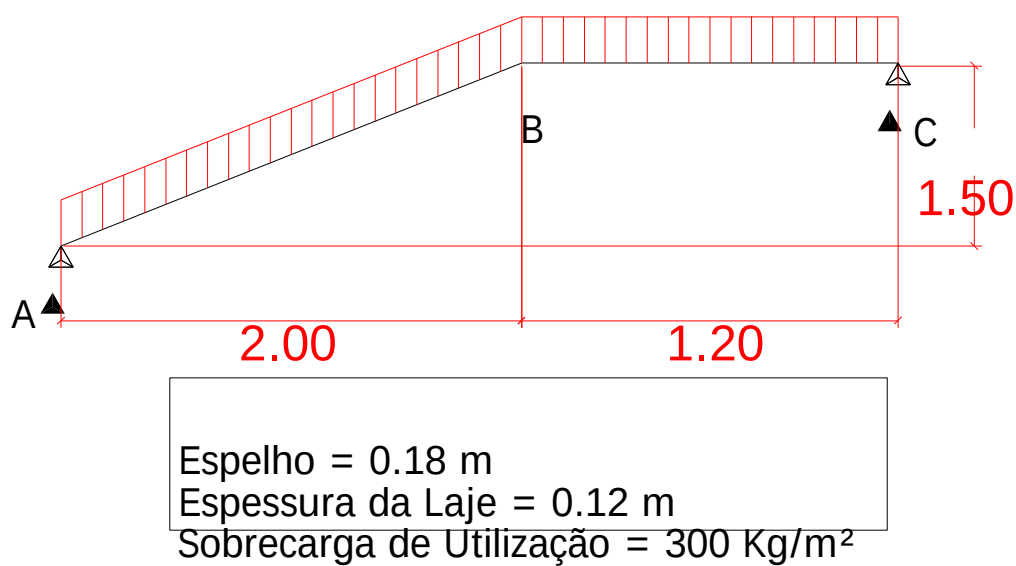


Figura 14 – Escada calculada como viga contínua

A) Cálculo da Carga Total (Q), utilizando a expressão (3).

$$Q = SO + \left(AL + \frac{ES}{2} \right) * \gamma$$

$$Q = 300 + \left(0,12 + \frac{0,18}{2} \right) * 2500$$

$$Q = 825 \text{ Kgf} / \text{m}^2$$

Onde :

SO = Sobrecarga de Utilização;

AL = Altura da Laje da Escada;

ES = Altura do Espelho;

γ = Peso Específico do Concreto.

B) Cálculo da Hipotenusa (D), utilizando a expressão(4).

$$D = \sqrt{\text{Proj.Horizonta}^2 + \text{Desnível}^2}$$

$$D = \sqrt{2,00^2 + 1,50^2}$$

$$D = 2,5\text{m}$$

C) Momentos Fletores para Viga Contínua(Figura 15).

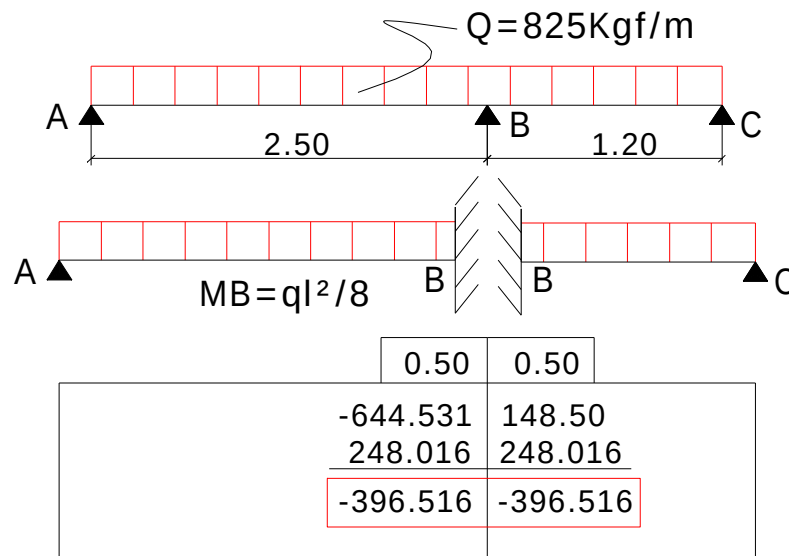


Figura 15 – Método de Cross aplicado a viga contínua

De posse do maior momento fletor atuante na laje da escada (Figura 16), basta dimensionarmos a peça com o auxílio das tabelas 3 e 4 (“Tabelas para Dimensionamento das Escadas”). Este momento permite calcular a armadura a ser disposta longitudinalmente na face inferior da laje da escada e é conhecida como “*Armadura Principal*”. A armadura a ser disposta transversalmente é apenas uma armadura de distribuição e é recomendável espaçamentos não superiores a 20 cm.

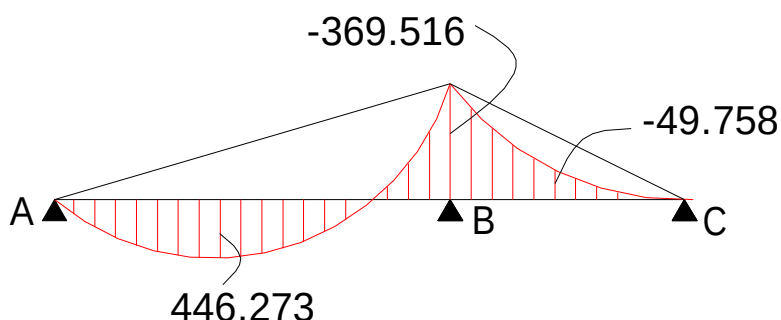


Figura 16 – Diagrama de momento fletor para viga contínua

4. DISPOSIÇÕES CONSTRUTIVAS

4.1. Introdução

As escadas armadas longitudinalmente são construídas de maneira simples com o emprego de arranjos adequados de lajes. Segundo **FUSCO**(1994), o cuidado que se deve tomar na disposição das armaduras de uma escada, reside no detalhamento correto das armaduras nas dobras das lajes, pois aí ocorrem mudanças bruscas na direção dos esforços longitudinais.

De acordo com **ROGÉRIO** (1986), é aconselhável adotar-se na região de emendas de lajes cerca de 50 % da armação principal (armadura longitudinal inferior). Essa armadura deve ser disposta para evitar trincas nessa região. Normalmente adota-se a mesma armadura da armação principal.

Segundo a **NB-1/1978** o diâmetro das barras não deve ultrapassar 1/10 da espessura da laje, a armadura de distribuição por metro de largura da laje deve ter seção transversal de área igual ou superior a 1/5 da área da armadura principal, com um mínimo de 0,9 cm². A norma ainda recomenda que na região dos maiores momentos nos vãos da laje, o espaçamento das barras da armadura principal não deve ser maior que 20 cm e o espaçamento das barras de distribuição não devem ter espaçamento maior que 33 cm.

Os detalhes construtivos das escadas longitudinais podem ser observados adiante no tópico “Pranchas Geradas com o Auxílio do *Esuspe2.0*”.

4.2. Ancoragem

De acordo com **FUSCO** (1994), o comprimento de ancoragem de uma armadura é função da conformação superficial de suas barras, da qualidade do concreto, da posição da armadura em relação às etapas de concretagem, dos esforços de tração nas barras e do arranjo da própria ancoragem. É fundamental a ancoragem das armaduras na região de dobras da escadas longitudinais, pois a mudança de esforços nesse ponto é muito brusca, proporcionando fissuras nessa região . Segundo **FUSCO**(1994), pode-se admitir os seguintes comprimentos básico de ancoragem:

Tabela 2 – Ancoragem Básica de Armaduras (Fck = 150 Kgf / cm²)

Boa Aderência		Má Aderência	
40Ø	Comprimento(cm)	56Ø	Comprimento(cm)
Ø5.0mm	20	Ø5.0mm	30
Ø6.3mm	25	Ø6.3mm	35
Ø8.0mm	35	Ø8.0mm	45
Ø10.0mm	40	Ø10.0mm	60

4.3. Vigas e Pilares de Equilíbrio

Para o cálculo da viga de equilíbrio das lajes foram adotadas as tabelas de K_6 e K_3 (Tabelas 3 e 4) que já incorporam os coeficientes de minoração da resistência dos materiais e os coeficientes de majoração das cargas, sendo que para isso foi considerado apenas Aço CA-50 A e F_{ck} de 15 Mpa, por se tratarem dos materiais mais comuns na execução das escadas.

No cálculo dos pilares foram considerados Aço CA-50 A e F_{ck} de 15 Mpa, sendo que foram programados no *ESUSPE2.0* apenas os pilares não esbeltos ($\lambda > 40$).

Os resultados fornecidos para as vigas e pilares de equilíbrio são apenas para fins de pré-dimensionamento.

5. TABELAS PARA DIMENSIONAMENTO DAS ESCADAS

Para o dimensionamento das armaduras das lajes das escadas serão utilizadas as tabelas de K_6 e K_3 (Tabelas 3 e 4). Essas tabelas são de fácil manuseio, pois basta termos o valor do maior momento fletor atuante na laje a da altura da laje para sabermos qual armadura a ser disposta por metro de laje.

O programa *Esuspe2.0* oferece a escolha de dois tipos de resistência a compressão do concreto(F_{ck} de 15 e 18 MPA) , no entanto, o tipo de aço utilizado é o Aço CA50-A, por se tratar do tipo mais usual na execução das escadas.

5.1. Exemplo de Dimensionamento

Seja um Momento Fletor atuante em uma laje de 18 tf.cm e seja d (distância da borda mais comprimida ao centro de gravidade da armadura) igual a 9.5 cm. Resolvendo K_6 teremos:

$$K_6 = \frac{bd^2}{M}$$

$$K_6 = \frac{100.9,5^2}{18}$$

$$K_6 = 501,39$$

$$A_s = K_3 \frac{M}{d}$$

$$A_s = 0,327 \frac{18}{9,5}$$

$$A_s = 0,62 \text{ cm}^2 / m$$

Conhecido o valor de K_6 , escolhemos o concreto, o tipo de aço a ser utilizado e entramos nas tabelas 3 ou 4 para tomar o valor de K_3 . Se escolhermos F_{ck} de 18 MPa e Aço CA50A teremos K_3 igual a 0,327. Assim:

Usando a Tabela 5, conclui-se que pode ser usado Ø3/16”(5.0mm) cada 20 cm.

Tabela 3 – Coeficientes de K6 e K3 para $F_{ck} = 150 \text{ Kgf/cm}^2$

Fonte: Botelho. M, H, C (1996)

Tabela 3 – Coeficientes de K6 e K3 para $F_{ck} = 150 \text{ Kgf/cm}^2$ (Continuação)

Fonte: Botelho. M, H, C (1996)

Tabela 4 – Coeficientes de K6 e K3 para $F_{ck} = 180 \text{ Kgf/cm}^2$

Fonte: Botelho. M, H, C (1996)

Tabela 4 – Coeficientes de K6 e K3 para $F_{ck} = 180 \text{ Kgf/cm}^2$ (Continuação)

Fonte: Botelho. M, H, C (1996)

Tabela 5 – Área de aço por metro de laje

Fonte: Botelho. M, H, C (1996)

6. FORMULAÇÃO DOS MODELOS USUAIS

Seja a escada longitudinal abaixo :

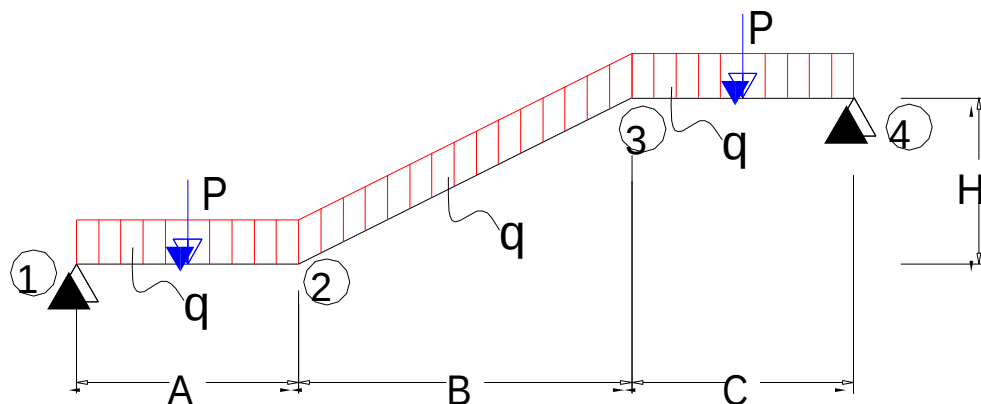


Figura 17 - Modelo Genérico de Escadas Longitudinais

Onde:

P = reação de apoio proveniente de uma laje ou patamar que se apoia no vão em questão;

q = peso próprio da escada + sobrecarga de utilização;

H = desnível entre a laje superior e a laje inferior;

A = comprimento do patamar inferior;

B = comprimento da projeção horizontal do lance da escada;

C = comprimento do patamar superior;

D = hipotenusa resultante dos catetos B e H .

Difícilmente se encontrará em obras residenciais casos como a Figura 17. Normalmente há um conjunto de pilares que suportam uma viga de equilíbrio que serve de apoio para a laje da escada. Geralmente a viga de equilíbrio passa pelo nó 3 e se separarmos a estrutura da Figura 17, teremos os casos mais usuais de escadas

armadas longitudinalmente(Figura 18). A formulação matemática utilizada para elaboração do programa *ESUSPE2.0*, baseou-se nos trabalhos de **CAMPANARI** (1985) e **SUSSEKIND** (1984).

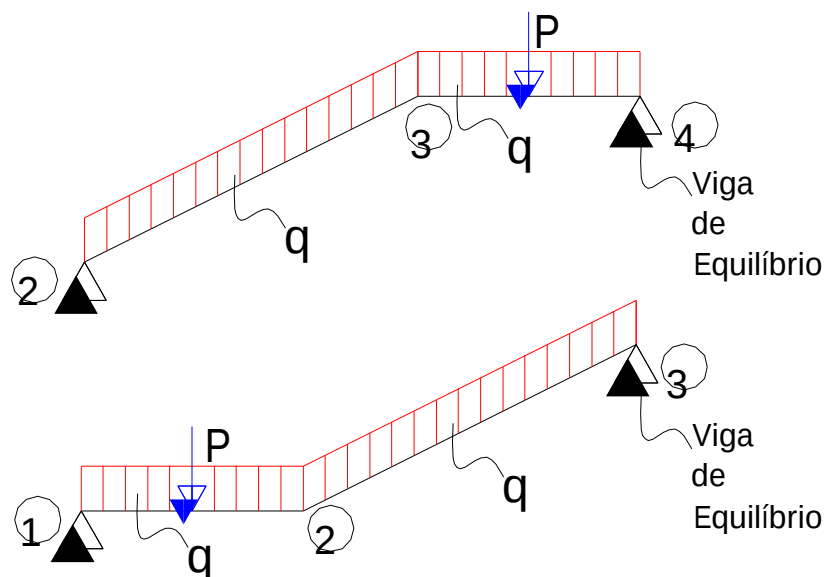


Figura 18 - Escadas Longitudinais Usuais

6.1. Modelagem das Escadas Longitudinais

6.1.1. Escadas longitudinais de patamar inferior

Na Figura 17, seja $C = 0$. Tem-se,então ,a situação indicada na figura 19:

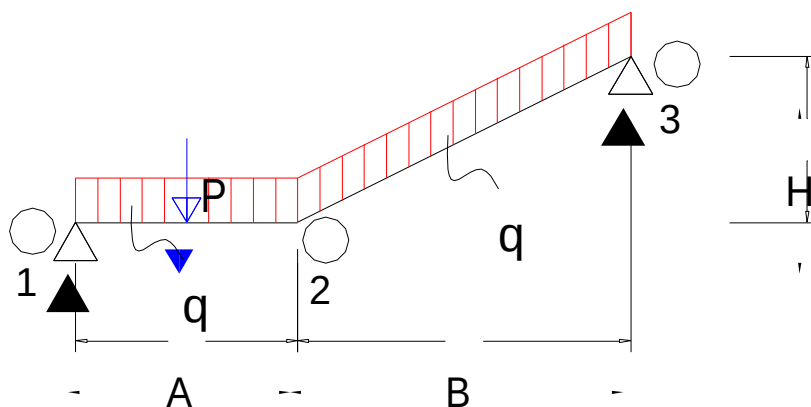


Figura 19 – Escada p/a $C=0$

Deduzindo as equações de equilíbrio da estrutura anterior, podemos chegar às expressões que fornecem o máximo momento fletor para a estrutura calculada como :

i. Viga Biapoiada

Caso 1 (C = 0)

Se $P \neq 0$ então:

$$M_{\max} = \left[\frac{\frac{P.A}{2} * \left(\frac{A}{2} + D \right)}{(A + D)} \right] + \left[\frac{Q(A + D)}{2} * \frac{A}{2} \right] - \left(\frac{QA^2}{8} \right) \quad (9)$$

Se $P = 0$ então:

$$M_{\max} = \left(\frac{Q(A + D)^2}{8} \right) \quad (10)$$

ii. Pórtico Plano

Caso 1 (C = 0)

Se $P \neq 0$ então:

$$M_{\max} = \left(\frac{\left(\frac{(A + B)^2}{2} \right).Q + P. \left(\frac{A}{2} + B \right)}{(A + B)} \right) * A - \left(\frac{Q.A^2}{2} \right) - \left(\frac{P.A}{2} \right) \quad (11)$$

Se $P = 0$ então:

$$M_{\max} = \left(\frac{\left(\frac{(A + B)^2}{2} \right).Q}{(A + B)} \right) * A - \left(\frac{Q.A^2}{2} \right) \quad (12)$$

iii. Viga Contínua

Para a dedução das equações que descrevem as estruturas como viga contínua foi necessário a aplicação do “*Método de Cross*”. Segue as equações que descrevem as situações:

Caso 1 (C = 0)

P/a P=0:

-Momento Negativo no nó 2 (Momento à esquerda do nó)

$$M_{ne2} = (- \frac{Q.A^2}{8}) \quad (13)$$

-Momento Negativo no nó 2 (Momento à direita do nó)

$$M_{nd2} = (\frac{Q.D^2}{8}) \quad (14)$$

-Momento de Equilíbrio no nó 2

$$M = -(M_{ne2} + M_{nd2}) * 0,5 \quad (15)$$

-Momento Final no nó 2:

$$\begin{aligned} M_{n2} &= M_{ne2} + M \\ &\text{ou} \\ M_{n2} &= M_{nd2} + M \end{aligned} \quad (16)$$

-Momento na Barra A:

$$M_A = \frac{M_{n2}}{2} + \frac{QA^2}{8} \quad (17)$$

-Momento na Barra B:

$$M_B = \frac{M_{n2}}{2} + \frac{QD^2}{8} \quad (18)$$

$P/a \neq 0$:

-Momento Negativo no nó 2 (Momento à esquerda do nó)

$$M_{ne2} = \left(- \frac{Q \cdot A^2}{8} \right) + (-0,1875 \cdot P \cdot A) \quad (19)$$

-Momento Negativo no nó 2 (Momento à direita do nó)

$$M_{nd2} = \left(\frac{Q \cdot D^2}{8} \right) \quad (20)$$

-Momento de Equilíbrio no nó 2

$$M = -(M_{ne2} + M_{nd2}) \cdot 0,5 \quad (21)$$

-Momento Final no nó 2:

$$\begin{aligned} M_{n2} &= M_{ne2} + M \\ &\text{ou} \\ M_{n2} &= M_{nd2} + M \end{aligned} \quad (22)$$

-Momento na Barra A:

$$M_A = \frac{M_{n2}}{2} + \frac{P \cdot A}{4} \quad (23)$$

-Momento na Barra B:

$$M_B = \frac{M_{n2}}{2} + \frac{QD^2}{8} \quad (24)$$

6.1.2. Escadas longitudinais sem patamar inferior

Na Figura 17, seja $A = 0$. Tem-se, então, a situação indicada na Figura 20:

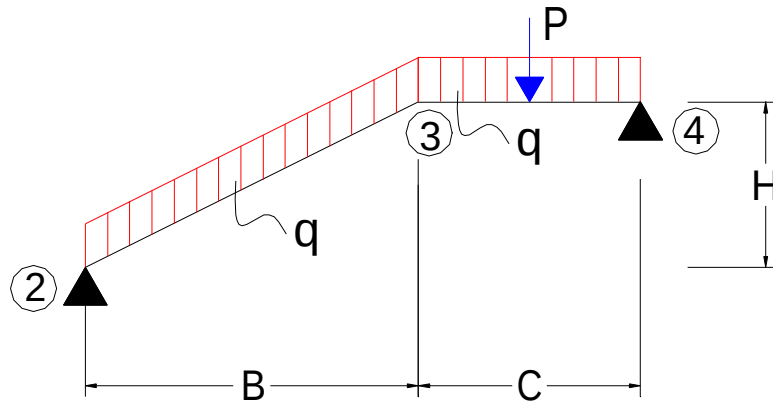


Figura 20 – Escada p/a $A=0$

Deduzindo as equações de equilíbrio da estrutura anterior, podemos chegar às expressões que fornecem o máximo momento fletor para estrutura calculada como :

i. Viga Biapoiada

Caso 2 ($A = 0$)

Se $P \neq 0$ então:

$$M_{\max} = \left(\frac{\frac{P.C}{2} * \left(\frac{C}{2} + D \right)}{(C + D)} \right) + \left(\left(\frac{Q(C + D)}{2} * \frac{C}{2} \right) - \left(\frac{Q.C^2}{8} \right) \right) \quad (25)$$

Se $P = 0$ então:

$$M_{\max} = \left(\frac{Q(C + D)^2}{8} \right) \quad (26)$$

ii. Pórtico Plano

Caso 2 (A = 0)

Se P ≠ 0 então:

$$M_{\max} = \left(\frac{\left(\frac{(C+B)^2}{2}\right).Q + P \cdot \left(\frac{C}{2}\right)}{(C+B)} \right) * B - \left(\frac{Q.B^2}{2} \right) \quad (27)$$

Se P = 0 então:

$$M_{\max} = \left(\frac{\left(\frac{(C+B)^2}{2}\right).Q}{(C+B)} \right) * B - \left(\frac{Q.B^2}{2} \right) \quad (28)$$

iii. Viga Contínua

Para a dedução das equações que descrevem as estruturas como viga contínua foi necessário a aplicação do Método de Cross. Segue as equações que descrevem as situações:

Caso 2 (A = 0)

P/a P=0:

-Momento Negativo no nó 3 (Momento à esquerda do nó)

$$M_{ne3} = \left(- \frac{Q.D^2}{8} \right) \quad (29)$$

-Momento Negativo no nó 3 (Momento à direita do nó)

$$M_{nd3} = \left(\frac{Q.C^2}{8} \right) \quad (30)$$

-Momento de Equilíbrio no nó 3

$$M = -(M_{ne3} + M_{nd3}) * 0,5 \quad (31)$$

-Momento Final no nó 3:

$$M_{n3} = M_{ne3} + M$$

ou

$$M_{n3} = M_{nd3} + M \quad (32)$$

-Momento na Barra B:

$$M_B = \frac{M_{n3}}{2} + \frac{QD^2}{8} \quad (33)$$

-Momento na Barra C:

$$M_C = \frac{M_{n3}}{2} + \frac{QC^2}{8} \quad (34)$$

P/a P¹0

-Momento Negativo no nó 3 (Momento à esquerda do nó)

$$M_{ne3} = \left(\frac{Q.C^2}{8} \right) + (-0,1875.P.C) \quad (35)$$

-Momento Negativo no nó 3 (Momento à direita do nó)

$$M_{nd3} = \left(- \frac{Q.D^2}{8} \right) \quad (36)$$

-Momento de Equilíbrio no nó 3

$$M = -(M_{ne3} + M_{nd3}) * 0,5 \quad (37)$$

-Momento Final no nó 3:

$$M_{n3} = M_{ne3} + M$$

ou

$$M_{n3} = M_{nd3} + M \quad (38)$$

-Momento na Barra B:

$$M_B = \frac{M_{n3}}{2} + \frac{QD^2}{8} \quad (39)$$

-Momento na Barra C:

$$M_C = \frac{M_{n3}}{2} + \frac{P.C}{4} \quad (40)$$

6.1.3. Escadas longitudinais com um único lance:

Na Figura 17, seja $A = 0$ e $C = 0$. Tem-se, então, a situação indicada na Figura 21:

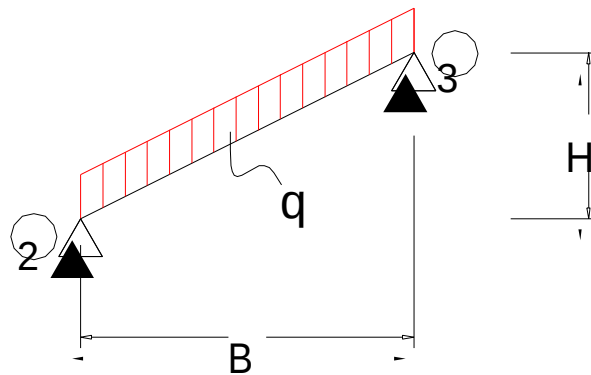


Figura 21 – Escada p/a $A=0$ e $C=0$

Deduzindo as equações de equilíbrio da estrutura anterior, podemos chegar às expressões que fornecem o máximo momento fletor para estrutura calculada como :

i. Viga Biapoiada

Caso 3 ($A = 0$ e $C=0$)

$$M_{\max} = \left(\frac{Q(D)^2}{8} \right) \quad (41)$$

ii. Pórtico Plano

Caso 3 ($A = 0$ e $C=0$)

$$M_{\max} = \left(\frac{Q(B)^2}{8} \right) \quad (42)$$

6.1.4. Caso genérico de escadas longitudinais:

Na Figura 17, seja $A \neq 0$ e $C \neq 0$. Tem-se, então, a situação indicada na Figura 22:

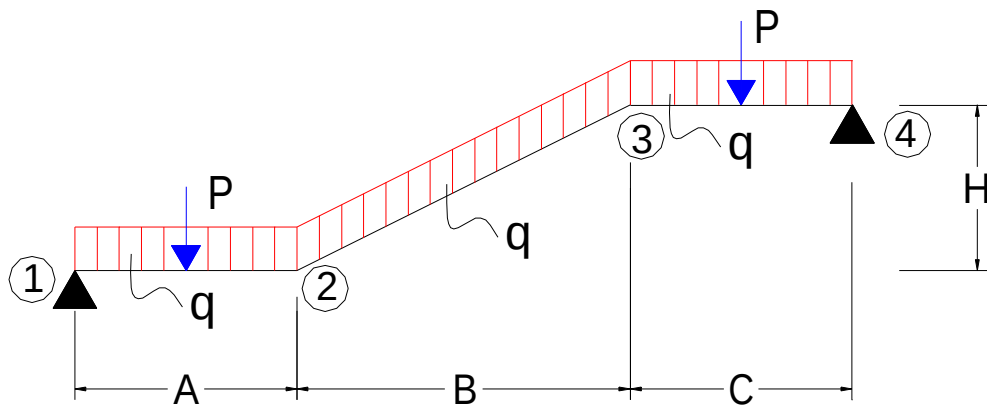


Figura 22 – Escada p/a $A \neq 0$ e $C \neq 0$

Deduzindo as equações de equilíbrio da estrutura anterior, podemos chegar às expressões que fornecem o máximo momento fletor para estrutura calculada como:

i. Viga Biapoiada

Caso 4 ($A \neq 0$ e $C \neq 0$)

Se $P \neq 0$ então:

$$M_{\max} = \left(\left(\frac{\frac{Q.(A+D+C)^2}{2} + P.(\frac{A}{2} + D + C) + P(\frac{C}{2})}{(A+D+C)} \right) * (A + \frac{D}{2}) \right) - \left(\left(\frac{Q.(A+D/2)^2}{2} \right) - P(\frac{A}{2} + \frac{D}{2}) \right) \quad (43)$$

Se $P = 0$ então:

$$M_{\max} = \left(\left(\frac{\frac{Q.(A+D+C)^2}{2}}{(A+D+C)} \right) * (A + \frac{D}{2}) \right) - \left(\frac{Q.(A+D/2)^2}{2} \right) \quad (44)$$

ii. Pórtico Plano

Caso 4 ($A \neq 0$ e $C \neq 0$)

Se $P \neq 0$ então:

$$M_{\max} = \left(\left(\frac{\frac{Q.(A+B+C)^2}{2} + P.(\frac{A}{2} + B + C) + P(\frac{C}{2})}{(A+B+C)} \right) * (A + \frac{B}{2}) \right) - \left(\left(\frac{Q.(A+B/2)^2}{2} \right) - P(\frac{A}{2} + \frac{B}{2}) \right) \quad (45)$$

Se $P = 0$ então:

$$M_{\max} = \left(\left(\frac{\frac{Q.(A+B+C)^2}{2}}{(A+B+C)} \right) * (A + \frac{B}{2}) \right) - \left(\frac{Q.(A+B/2)^2}{2} \right) \quad (46)$$

iii. Viga Contínua

Para a dedução das equações que descrevem as estruturas como viga contínua foi necessário a aplicação do Método de Cross. Segue as equações que descrevem as situações:

Caso 4 ($A \neq 0$ e $C \neq 0$)

P/a $P=0$:

-Momento Negativo no nó 2 (Momento à esquerda do nó)

$$M_{ne2} = (- \frac{Q.A^2}{8}) \quad (47)$$

-Momento Negativo no nó 2 (Momento à direita do nó)

$$M_{nd2} = (\frac{Q.D^2}{12}) \quad (48)$$

-Momento de Equilíbrio no nó 2

$$E1 = -(M_{ne2} + M_{nd2}) \quad (49)$$

$$M1 = E1.0,428 \quad (50)$$

$$M2 = E1.0,571 \quad (51)$$

-Momento Final no nó 2:

$$M_{n2} = M_{ne2} + M1$$

ou

$$M_{n2} = M_{nd2} + M2 \quad (52)$$

-Momento Negativo no nó 3 (Momento à esquerda do nó)

$$M_{ne3} = (- \frac{Q.D^2}{12}) \quad (53)$$

-Momento Negativo no nó 3 (Momento à direita do nó)

$$M_{nd3} = (\frac{Q.C^2}{8}) \quad (54)$$

-Momento de Equilíbrio no nó 3

$$E2 = -(M_{ne3} + M_{nd3}) \quad (55)$$

$$M1 = E2.0,571 \quad (56)$$

$$M_2 = E_2 \cdot 0,428 \quad (57)$$

-Momento Final no nó 3:

$$\begin{aligned} M_{n3} &= M_{ne3} + M_1 \\ &\text{ou} \\ M_{n3} &= M_{nd3} + M_2 \end{aligned} \quad (58)$$

-Momento na Barra A:

$$M_A = \frac{M_{n2}}{2} + \frac{Q \cdot A^2}{8} \quad (59)$$

-Momento na Barra B:

$$M_B = \left(\frac{M_{n2} + M_{n3}}{2} \right) + \frac{Q \cdot D^2}{8} \quad (60)$$

-Momento na Barra C:

$$M_C = \frac{M_{n3}}{2} + \frac{Q \cdot C^2}{8} \quad (61)$$

P/a P≠0:

-Momento Negativo no nó 2 (Momento à esquerda do nó)

$$M_{ne2} = - \left(\frac{Q \cdot A^2}{8} + 0,1875 \cdot P \cdot A \right) \quad (62)$$

-Momento Negativo no nó 2 (Momento à direita do nó)

$$M_{nd2} = \left(\frac{Q \cdot D^2}{12} \right) \quad (63)$$

-Momento de Equilíbrio no nó 2

$$E = -(M_{ne2} + M_{nd2}) \quad (64)$$

$$M_1 = E \cdot 0,428 \quad (65)$$

$$M_2 = E \cdot 0,571 \quad (66)$$

-Momento Final no nó 2:

$$\begin{aligned} M_{n2} &= M_{ne2} + M1 \\ &\text{ou} \\ M_{n2} &= M_{nd2} + M2 \end{aligned} \quad (67)$$

-Momento Negativo no nó 3 (Momento à esquerda do nó)

$$M_{ne3} = \left(- \frac{Q \cdot D^2}{12} \right) \quad (68)$$

-Momento Negativo no nó 3 (Momento à direita do nó)

$$M_{nd3} = \left(\frac{Q \cdot C^2}{8} \right) + (0,1875 \cdot P \cdot C) \quad (69)$$

-Momento de Equilíbrio no nó 3

$$E_2 = -(M_{ne3} + M_{nd3}) \quad (70)$$

$$M1 = E_2 \cdot 0,571 \quad (71)$$

$$M2 = E_2 \cdot 0,428 \quad (72)$$

-Momento Final no nó 3:

$$\begin{aligned} M_{n3} &= M_{ne3} + M1 \\ &\text{ou} \\ M_{n3} &= M_{nd3} + M2 \end{aligned} \quad (73)$$

-Momento na Barra A:

$$M_A = \frac{M_{n2}}{2} + \frac{P \cdot A}{4} \quad (74)$$

-Momento na Barra B:

$$M_B = \left(\frac{M_{n2} + M_{n3}}{2} \right) + \frac{Q \cdot D^2}{8} \quad (75)$$

-Momento na Barra C:

$$M_C = \frac{M_{n3}}{2} + \frac{P.C}{4} \quad (76)$$

Todas as expressões anteriormente deduzidas foram programadas no *ESUSPE2.0* e , no trabalho de programação, foram utilizados os trabalhos de **BROWN** (1998) e **SIRAGUSSA** (1986).

7. TUTORIAL ILUSTRADO DO *ESUSPE2.0*

7.1. Instalando o *Esuspe2.0*

O Esuspe2.0 necessita de ambiente Windows, versão superior a Windows 95. Para instalação, os dois *disquetes* de instalação(Disk1 e Disk2) devem ser copiados para o *drive* C:. Gravados os arquivos o usuário deverá executar o arquivo “setup.exe”. Imediatamente deverá ser informado o caminho de instalação dos arquivos. O diretório deve ser o C pois, qualquer outro diretório escolhido, causará problemas em relação a arquivos de escadas já calculadas.

7.2. Abertura do Programa Esuspe2.0

O programa Esuspe2.0, software elaborado para automatização do cálculo das escadas longitudinais, foi criado com a intenção de fornecer ao engenheiro calculista um detalhamento mais preciso e mais econômico. O programa é aberto com a "Caixa de Dialogo" indicada na Figura 23:

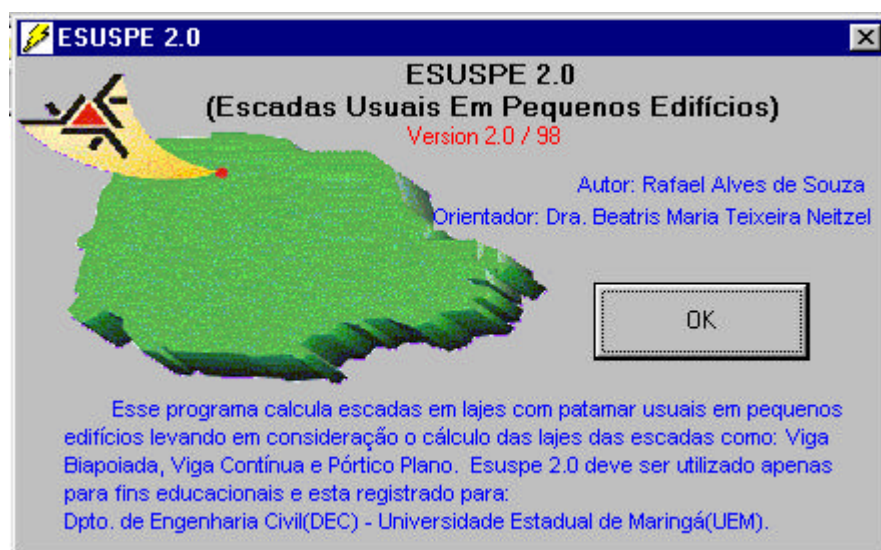


Figura 23 – Tela de abertura do *Esuspe2.0*

7.3. Iniciando o cálculo de uma nova Escada

Para iniciar o cálculo de uma nova escada o usuário deverá entrar no menu "Início" e executar o item "Nova Escada", conforme mostra a Figura 24.

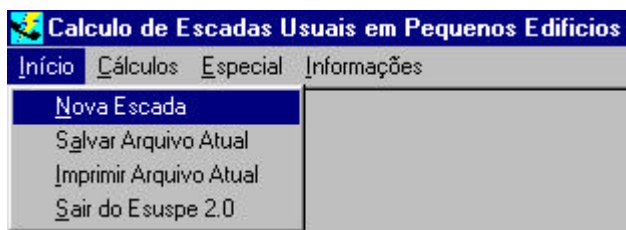


Figura 24 – Iniciando uma nova escada

Desta forma serão abertos duas novas caixas de diálogos, onde deverão ser informados o "Nome da Obra" e o "Nome do Proprietário da Obra". O arquivo de dados e resultados de cálculos serão gravados no diretório Esuspe2.0, com o nome que o usuário der à obra, conforme Figuras 25 e 26.

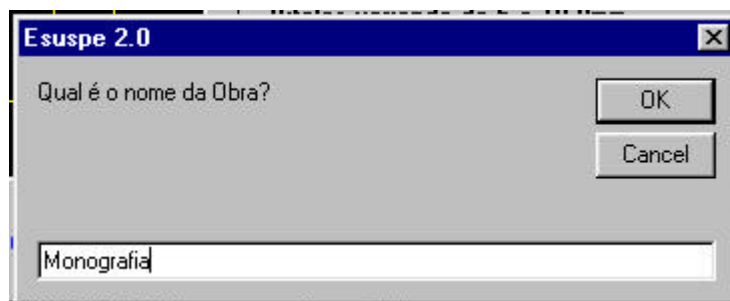


Figura 25 – Informando o nome da obra

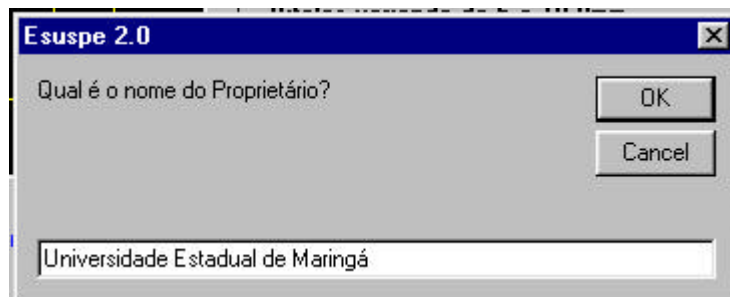


Figura 26 – Informando o nome do proprietário

7.4. Fornecendo os dados

Depois de fornecidas as informações iniciais, o usuário pode, então, começar a descrever a escada longitudinal que deseja calcular. A primeira informação a ser fornecida é a resistência do concreto (Figura 27). Os valores oferecidos pelo programa são de 150 Kgf/cm² e de 180 Kgf/cm².



Figura 27 – Escolhendo a resistência do concreto

Escolhido o Fck do concreto o usuário então passa á descrição das características gerais da escada (Figura 28). Esses elementos são os comprimentos dos lances, do patamar e do desnível entre um patamar e outro.

As "Características Geométricas"(Figura 28) são referentes a: altura da laje da escada, altura do espelho da escada e o recobrimento de armadura a ser adotado no dimensionamento.

As "Cargas Atuantes"(Figura 28) são as cargas que deverão ser adotadas: Sobrecarga de Utilização(Kgf/m²) e a Carga P(Kgf) que é uma carga proveniente do peso de uma outra laje que descarrega no patamar.

Características Gerais:	Características Geométricas:	Cargas Atuantes:
Valor de A(m): 1,20	Espessura da Laje(m): 0,12	Sobrecarga de Utilização(Kgf/cm²): 300
Valor de B(m): 2,00	Altura do Espelho(m): 0,18	Carga P atuante(Kgf): 0,00
Valor de C(m): 0,00	Recobrimento de Armadura(cm): 1,50	
Valor de H(m): 1,20		

Figura 28 – Informando as características da escada

7.5. Calculando os esforços

Depois de fornecidos todos os dados gerais, características geométricas e cargas atuantes, pode-se dar início ao cálculo da estrutura. Para isso, o usuário deve ir até o menu "Cálculos" e, logo em seguida, "Calcula Obra"(Figura 29).

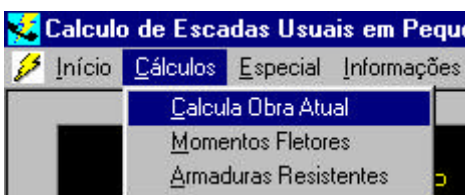


Figura 29 – Calculando os esforços

Se não houve problemas no fornecimentos dos dados, deverá aparecer a mensagem indicada na Figura 30, informando que a obra foi calculada.

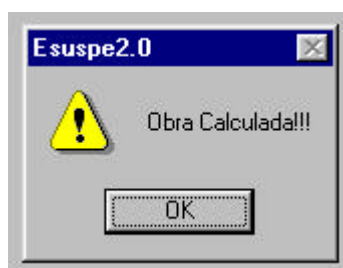


Figura 30 – Tela de aviso “Obra Calculada”

Tendo a obra calculada, o operador poderá tomar conhecimento dos momentos fletores atuantes na estrutura por três métodos: Viga Biapoiada, Pórtico Plano e Viga Contínua. Para isso deverá ir até o menu "Cálculos" e executar o item em "Momentos Fletores"(Figura 31).

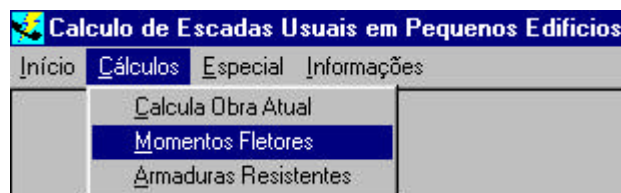


Figura 31 – Avaliando os momentos fletores

7.6. Visualizando as armaduras e obtendo ajuda

Conhecidos os momentos fletores, o usuário poderá saber qual armadura deverá ser disposta por metro de laje para vencer os esforços do momento fletor. Para isso, basta ir até o menu "Cálculos" e executar o item "Armaduras Resistentes"(Figura 32).

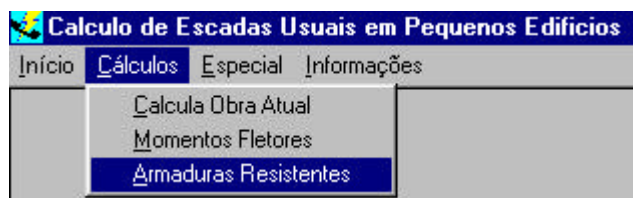


Figura 32 – Verificando as armaduras

No menu "Especial", o usuário do Esuspe2.0 também poderá calcular as vigas de equilíbrio e os pilares que sustentarão a escada. Para isso, basta executar o menu "Especial" e logo em seguida "Viga \ Pilar de Equilíbrio". Será aberta uma nova “caixa de diálogo”, onde deverão ser fornecidas todas informações a respeito das características das vigas e pilares de equilíbrio. Feita a introdução dos dados, basta executar o item "Calcula Armadura" para ter os resultados da armadura. Após

isso o usuário deverá clicar em "Sair", botão de opção que se encontra ao lado de "Calcula Armadura".

Ainda no menu "Especial" o usuário tem acesso a informações úteis como: tabelas de aço para laje(até diâmetro de 10 mm), tabelas de ancoragem e recomendações quanto a armadura de distribuição(Figura 33). Estes dados têm como base a Norma Brasileira de Concreto Armado NB1/78

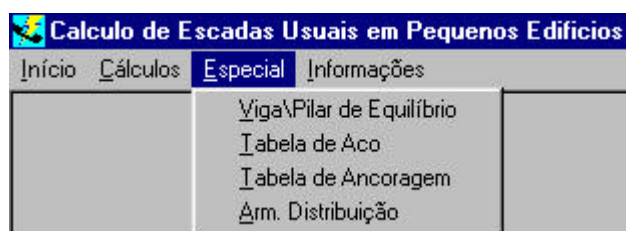


Figura 33 – Menu “Especial”

No menu "Informações" o operador do programa Esuspe2.0 poderá obter um *tutorial* breve de como utilizar o programa(menu "Ajuda"), além de informações dos valores mais usuais (menu "Valores Usuais") para escadas longitudinais(Figura 34).

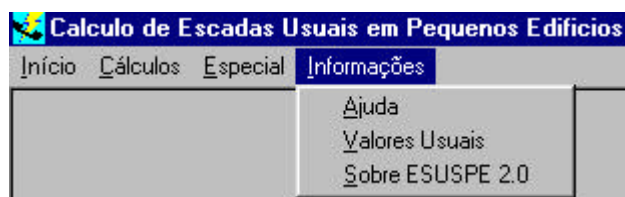


Figura 34 – Obtendo informações

7.7. Gravando a escada atual

Caso o usuário do Esuspe2.0 queira arquivar a escada que acabou de calcular, basta ir até o menu "Início" e executar o item "Salvar Arquivo Atual"(Figura 35). O usuário deverá certificar-se da existência do diretório Esuspe2.0 no diretório C:. Caso esse diretório não exista haverá problemas na gravação do arquivo. Para leitura do relatório gerado, poderá ser usado um editor de texto comum como por exemplo o NotePad ou o Microsoft Word.

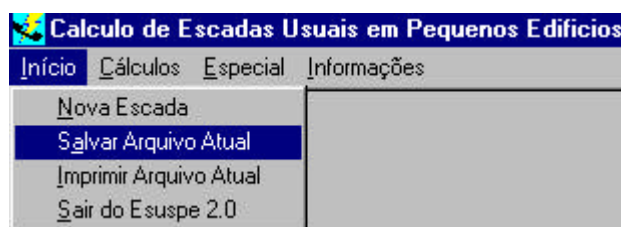


Figura 35 – Salvando o arquivo atual

Se não houveram problemas na gravação do arquivo, deverá ser apresentada a seguinte “caixa de diálogo” indicada na Figura 36.

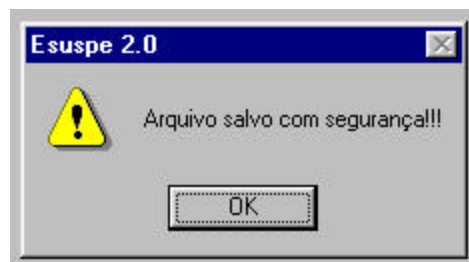


Figura 36 – Tela de aviso “Arquivo salvo com segurança”

O usuário ainda tem a opção de imprimir o relatório gerado pelo Esuspe2.0. Para isso, basta ir até o menu "Início" e executar o item "Imprimir Arquivo Atual".

Para sair do programa executa-se "Início" e logo em seguida "Sair do Esuspe 2.0". Em seguida aparecerá a seguinte “caixa de diálogo” da Figura 37.

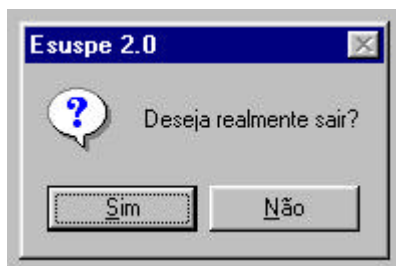


Figura 37 – Saída do *Esuspe2.0*

8. APLICAÇÕES DO PROGRAMA PROPOSTO PARA O CÁLCULO DAS ESCADAS LONGITUDINAIS

A seguir serão apresentados relatórios gerados pelo programa *ESUSPE2.0*. Serão calculados ao todo seis tipos de escadas longitudinais.

8.1. Escada longitudinal com patamar inferior

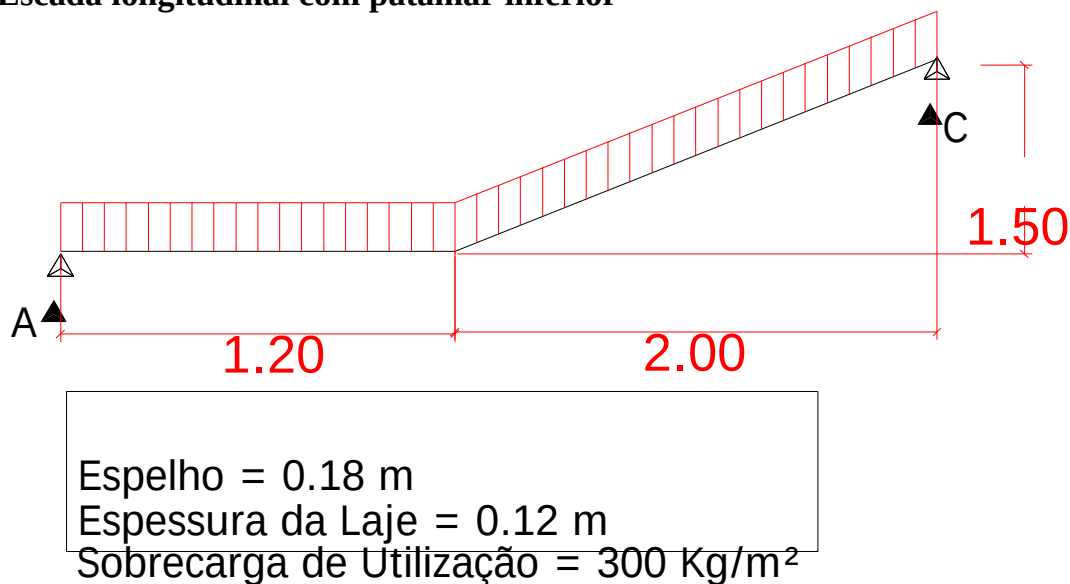


Figura 38 – Escada longitudinal para $C = 0$ e $P = 0$

Este tipo de escada foi calculado através do programa *ESUSPE2.0* , com os dados indicados na Figura 38. Os relatórios gerados são os seguintes:

*****Esuspe 2.0*****

Cálculo de Escadas Longitudinais com Patamar

Nome da Obra: Monografia

Nome do Proprietário: Universidade Estadual de Maringá

Dados Gerais da Obra

A igual: 1,2 m

B igual: 2 m

C igual: 0 m

H igual: 1,5 m

Fck do Concreto: 150 Kg/m²

Altura da Laje: 0,12 m

Altura do Espelho: 0,18 m

Recobrimento de Armadura : 1,5 cm

Sobrecarga : 300 Kg/m²

P(devido a laje): 0 Kg

Cálculo da Laje da Escada como Viga Biapoiada

Momento Fletor: 1411,781 Kgf.m/m

As Necessário(cm²): 4,894175

Barra de 5.0mm cada 0 cm

Barra de 6.3mm cada 0 cm

Barra de 8.0mm cada 10 cm

Barra de 10.0mm cada 14 cm

Cálculo da Laje da Escada como Viga Contínua

Momento Fletor Máximo: 446,2734 Kgf.m/m

As Necessário(cm²): 1,419574

Barra de 5.0mm cada 12,5 cm

Barra de 6.3mm cada 20 cm

Barra de 8.0mm cada 20 cm

Barra de 10.0mm cada 20 cm

Cálculo da Laje da Escada como Pórtico Plano

Momento Fletor Máximo: 990 Kgf.m/m

As Necessário(cm^2): 3,281143

Barra de 5.0mm cada 0 cm

Barra de 6.3mm cada 0 cm

Barra de 8.0mm cada 15 cm

Barra de 10.0mm cada 20 cm

Viga de Equilíbrio da Escada Biapoiada

Secao:10x30cm

Comprimento da Viga de Equilíbrio(cm): 240

As Longitudinal Necessário(cm^2): 1,49557892702337

Estribos de 5.0mm cada 14cm

Pilar de Equilíbrio

Seção: 10x30cm

As Longitudinal Necessário(cm^2):1,5

Esuspe 2.0 - 1998(Copyrigth) - Rafael Alves de Souza

8.2. Escada longitudinal com patamar inferior com carga concentrada

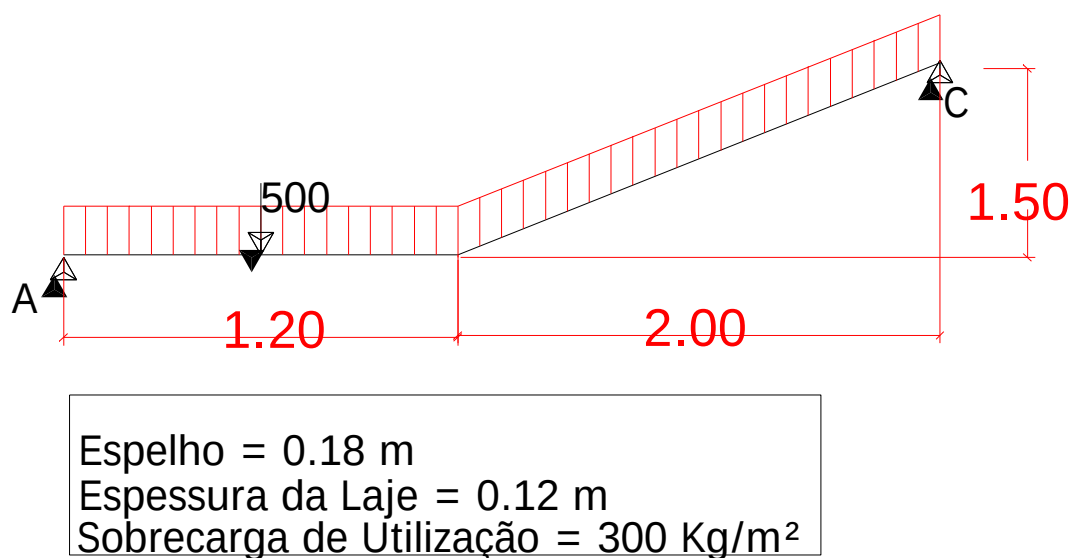


Figura 39 – Escada longitudinal para C=0 e P¹⁰

Este tipo de escada foi calculado através do programa *ESUSPE2.0*, com os dados indicados na Figura 39. Os relatórios gerados são os seguintes:

*****Esuspe 2.0*****

Cálculo de Escadas Longitudinais com Patamar

Nome da Obra: Monografia

Nome do Proprietário: Universidade Estadual de Maringá

Dados Gerais da Obra

A igual: 1,2 m

B igual: 2 m

C igual: 0 m

H igual: 1,5 m

Fck do Concreto: 150 Kg/m²

Altura da Laje: 0,12 m

Altura do Espelho: 0,18 m

Recobrimento de Armadura : 1,5 cm

Sobrecarga : 300 Kg/m²

P(devido a laje): 500 Kg

Cálculo da Laje da Escada como Viga Biapoiada

Momento Fletor: 1018,601 Kgf.m/m

As Necessário(cm²): 3,405039

Barra de 5.0mm cada 0 cm

Barra de 6.3mm cada 0 cm

Barra de 8.0mm cada 14 cm

Barra de 10.0mm cada 20 cm

Cálculo da Laje da Escada como Viga Contínua

Momento Fletor Máximo: 452,7656 Kgf.m/m

As Necessário(cm²): 1,440226

Barra de 5.0mm cada 12 cm

Barra de 6.3mm cada 20 cm

Barra de 8.0mm cada 20 cm

Barra de 10.0mm cada 20 cm

Cálculo da Laje da Escada como Pórtico Plano

Momento Fletor Máximo: 1177,5 Kgf.m/m

As Necessário(cm²): 3,992286

Barra de 5.0mm cada 0 cm

Barra de 6.3mm cada 0 cm

Barra de 8.0mm cada 12,5 cm

Barra de 10.0mm cada 17,5 cm

Viga de Equilíbrio da Escada Biapoiada

Secao:10x30cm

Comprimento da Viga de Equilíbrio(cm): 240

As Longitudinal Necessário(cm²): 1,87199989512929

Estribos de 5.0mm cada 14cm

Pilar de Equilíbrio

Seção: 10x30cm

As Longitudinal Necessário(cm²):1,5

Esuspe 2.0 - 1998(Copyrigth) - Rafael Alves de Souza

8.3. Escada longitudinal com patamar superior

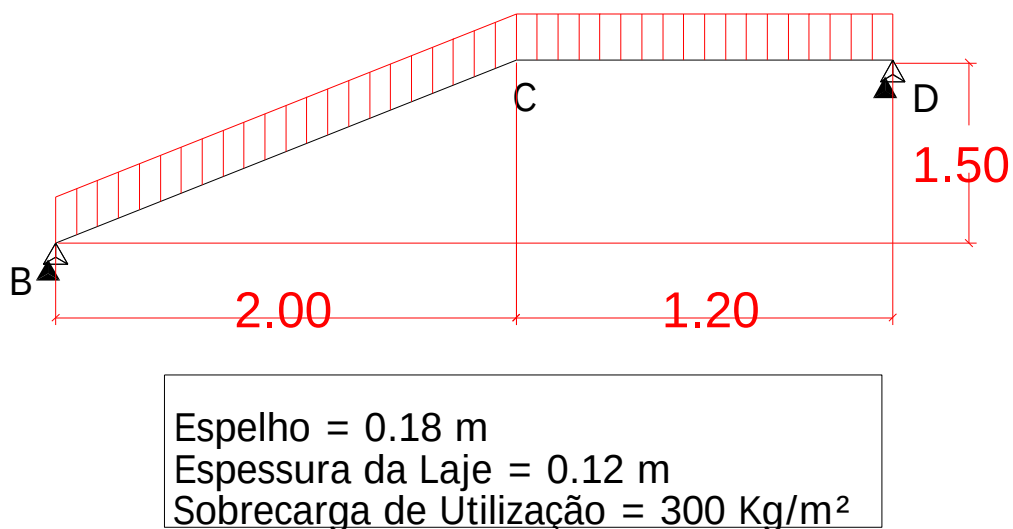


Figura 40 – Escada longitudinal para $A = 0$ e $P = 0$

Este tipo de escada foi calculado através do programa *ESUSPE2.0*, com os dados indicados na Figura 40. Os relatórios gerados são os seguintes:

*****Esuspe 2.0*****

Cálculo de Escadas Longitudinais com Patamar

Nome da Obra: Monografia

Nome do Proprietário: Universidade Estadual de Maringá

Dados Gerais da Obra

A igual: 0 m

B igual: 2 m

C igual: 1,2 m

H igual: 1,5 m

Fck do Concreto: 150 Kg/m²

Altura da Laje: 0,12 m

Altura do Espelho: 0,18 m

Recobrimento de Armadura : 1,5 cm

Sobrecarga : 300 Kg/m²

P(devido a laje): 0 Kg

Cálculo da Laje da Escada como Viga Biapoiada

Momento Fletor: 1411,781 Kgf.m/m

As Necessário(cm²): 4,894175

Barra de 5.0mm cada 0 cm

Barra de 6.3mm cada 0 cm

Barra de 8.0mm cada 10 cm

Barra de 10.0mm cada 14 cm

Cálculo da Laje da Escada como Viga Contínua

Momento Fletor Máximo: 446,2734 Kgf.m/m

As Necessário(cm²): 1,419574

Barra de 5.0mm cada 12,5 cm

Barra de 6.3mm cada 20 cm

Barra de 8.0mm cada 20 cm

Barra de 10.0mm cada 20 cm

Cálculo da Laje da Escada como Pórtico Plano

Momento Fletor Máximo: 990 Kgf.m/m

As Necessário(cm^2): 3,281143

Barra de 5.0mm cada 0 cm

Barra de 6.3mm cada 0 cm

Barra de 8.0mm cada 15 cm

Barra de 10.0mm cada 20 cm

Viga de Equilíbrio da Escada Biapoiada

Secao:10x30cm

Comprimento da Viga de Equilíbrio(cm): 240

As Longitudinal Necessário(cm^2): 0,429473688727931

Estribos de 5.0mm cada 14cm

Pilar de Equilíbrio

Seção: 10x20cm

As Longitudinal Necessário(cm^2):1

Esuspe 2.0 - 1998(Copyrigth) - Rafael Alves de Souza

8.4. Escada longitudinal com patamar superior sujeito a carga concentrada

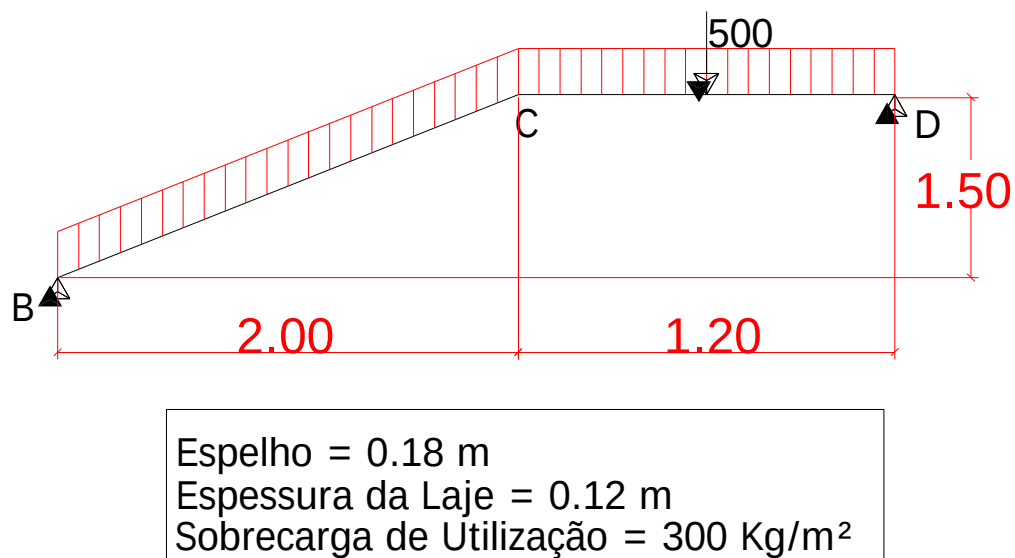


Figura 41 – Escada longitudinal para $A = 0$ e $P = 0$

Este tipo de escada foi calculado através do programa *ESUSPE2.0*, com os dados indicados na Figura 41. Os relatórios gerados são os seguintes:

*****Esuspe 2.0*****

****Cálculo de Escadas Longitudinais com Patamar****

Nome da Obra: Monografia

Nome do Proprietário: Universidade Estadual de Maringá

Dados Gerais da Obra

A igual: 0 m

B igual: 2 m

C igual: 1,2 m

H igual: 1,5 m

Fck do Concreto: 150 Kg/m²

Altura da Laje: 0,12 m

Altura do Espelho: 0,18 m

Recobrimento de Armadura : 1,5 cm

Sobrecarga : 300 Kg/m²

P(devido a laje): 500 Kg

*****Cálculo da Laje da Escada como Viga Biapoiada*****

Momento Fletor: 1440,203 Kgf.m/m

As Necessário(cm²): 4,992702

Barra de 5.0mm cada 0 cm

Barra de 6.3mm cada 0 cm

Barra de 8.0mm cada 0 cm

Barra de 10.0mm cada 14 cm

*****Cálculo da Laje da Escada como Viga Contínua*****

Momento Fletor Máximo: 452,7656 Kgf.m/m

As Necessário(cm²): 1,440226

Barra de 5.0mm cada 12 cm

Barra de 6.3mm cada 20 cm

Barra de 8.0mm cada 20 cm

Barra de 10.0mm cada 20 cm

Cálculo da Laje da Escada como Pórtico Plano

Momento Fletor Máximo: 1177,5 Kgf.m/m

As Necessário(cm²): 3,992286

Barra de 5.0mm cada 0 cm

Barra de 6.3mm cada 0 cm

Barra de 8.0mm cada 12,5 cm

Barra de 10.0mm cada 17,5 cm

Viga de Equilíbrio da Escada Biapoiada

Secao:10x30cm

Comprimento da Viga de Equilíbrio(cm): 240

As Longitudinal Necessário(cm²): 1,49557892702337

Estribos de 5.0mm cada 14cm

Pilar de Equilíbrio

Seção: 10x20cm

As Longitudinal Necessário(cm²):1

Esuspe 2.0 - 1998(Copyrigh) - Rafael Alves de Souza

8.5. Escada longitudinal com patamar superior e inferior

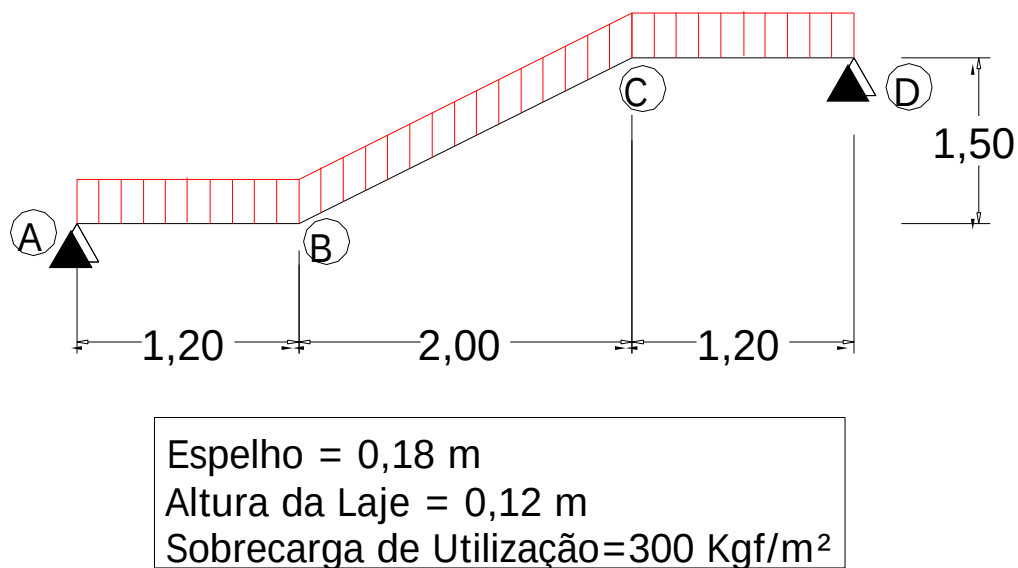


Figura 42 – Escada longitudinal para A¹0, B¹0, C¹0 e P=0

Este tipo de escada foi calculado através do programa *ESUSPE2.0*, com os dados indicados na Figura 42. Os relatórios gerados são os seguintes:

*****Esuspe 2.0*****

****Cálculo de Escadas Longitudinais com Patamar****

Nome da Obra: Monografia

Nome do Proprietário: Universidade Estadual de Maringá

Dados Gerais da Obra

A igual: 1,2 m

B igual: 2 m

C igual: 1,2 m

H igual: 1,5 m

Fck do Concreto: 150 Kg/m²

Altura da Laje: 0,12 m

Altura do Espelho: 0,18 m

Recobrimento de Armadura : 1,5 cm

Sobrecarga : 300 Kg/m²

P(devido a laje): 0 Kg

*****Cálculo da Laje da Escada como Viga Biapoiada*****

Momento Fletor: 2476,031 Kgf.m/m

As Necessário(cm²): 9,8098

Barra de 5.0mm cada 0 cm

Barra de 6.3mm cada 0 cm

Barra de 8.0mm cada 0 cm

Barra de 10.0mm cada 0 cm

Bitola > 12.5mm

*****Cálculo da Laje da Escada como Viga Contínua*****

Momento Fletor Máximo: 375,4018 Kgf.m/m

As Necessário(cm²): 1,186985

Barra de 5.0mm cada 15 cm

Barra de 6.3mm cada 20 cm

Barra de 8.0mm cada 20 cm

Barra de 10.0mm cada 20 cm

Cálculo da Laje da Escada como Pórtico Plano

Momento Fletor Máximo: 1584 Kgf.m/m

As Necessário(cm^2): 5,626972

Barra de 5.0mm cada 0 cm

Barra de 6.3mm cada 0 cm

Barra de 8.0mm cada 0 cm

Barra de 10.0mm cada 12,5 cm

Viga de Equilíbrio da Escada Biapoiada

Secao:10x30cm

Comprimento da Viga de Equilíbrio(cm): 240

As Longitudinal Necessário(cm^2): 1,99023153935483

Estribos de 5.0mm cada 14cm

Pilar de Equilíbrio

Seção: 10x20cm

As Longitudinal Necessário(cm^2):1

Esuspe 2.0 - 1998(Copyrigh) - Rafael Alves de Souza

8.6. Escada longitudinal com patamar superior e inferior com cargas concentrada

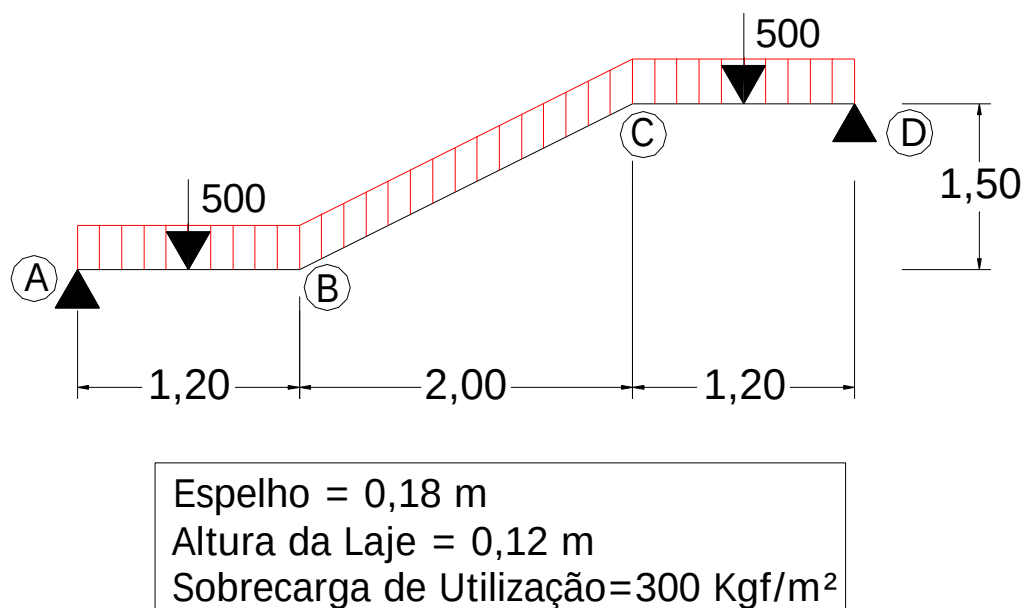


Figura 43 – Escada longitudinal para A¹⁰, B¹⁰, C¹⁰ e P¹⁰

Este tipo de escada foi calculado através do programa *ESUSPE2.0*, com os dados indicados na Figura 43. Os relatórios gerados são os seguintes:

*****Esuspe 2.0*****

****Cálculo de Escadas Longitudinais com Patamar****

Nome da Obra: Monografia

Nome do Proprietário: Universidade Estadual de Maringá

Dados Gerais da Obra

A igual: 1,2 m

B igual: 2 m

C igual: 1,2 m

H igual: 1,5 m

Fck do Concreto: 150 Kg/m²

Altura da Laje: 0,12 m

Altura do Espelho: 0,18 m

Recobrimento de Armadura : 1,5 cm

Sobrecarga : 300 Kg/m²

P(devido a laje): 500 Kg

*****Cálculo da Laje da Escada como Viga Biapoiada*****

Momento Fletor: 2776,031 Kgf.m/m

As Necessário(cm²): 0

Barra de 5.0mm cada 0 cm

Barra de 6.3mm cada 0 cm

Barra de 8.0mm cada 0 cm

Barra de 10.0mm cada 0 cm

*****Cálculo da Laje da Escada como Viga Contínua*****

Momento Fletor Máximo: 333,3669 Kgf.m/m

As Necessário(cm²): 1,047725

Barra de 5.0mm cada 17 cm

Barra de 6.3mm cada 20 cm

Barra de 8.0mm cada 20 cm

Barra de 10.0mm cada 20 cm

Cálculo da Laje da Escada como Pórtico Plano

Momento Fletor Máximo: 2296,5 Kgf.m/m

As Necessário(cm²): 8,814186

Barra de 5.0mm cada 0 cm

Barra de 6.3mm cada 0 cm

Barra de 8.0mm cada 0 cm

Barra de 10.0mm cada 0 cm

Bitola > 12.5 mm

Viga de Equilíbrio da Escada Biapoiada

Secao:10x30cm

Comprimento da Viga de Equilíbrio(cm): 240

As Longitudinal Necessário(cm²): 2,5894736616235

Estribos de 5.0mm cada 12cm

Pilar de Equilíbrio

Seção: 10x20cm

As Longitudinal Necessário(cm²):1

9. PRANCHAS CALCULADAS COM AUXÍLIO DO ESUSPE2.0

As escadas que aqui serão apresentadas (**Anexo 1**) foram calculadas com o auxílio do *Esuspe2.0*. Todas as estruturas fizeram parte do estágio desenvolvido na **Ágape Engenharia Ltda** e todas as escadas calculadas com auxílio do *Esuspe2.0* foram executadas. Os detalhes construtivos das escadas longitudinais podem ser observados com maior clareza nas ilustrações em anexo.

10. DIFERENÇAS PERCENTUAIS ENTRE OS MODELOS ADOTADOS

Tomando-se como exemplo, um sobrado residencial que apresente em seu interior a escada indicada na Figura 44.

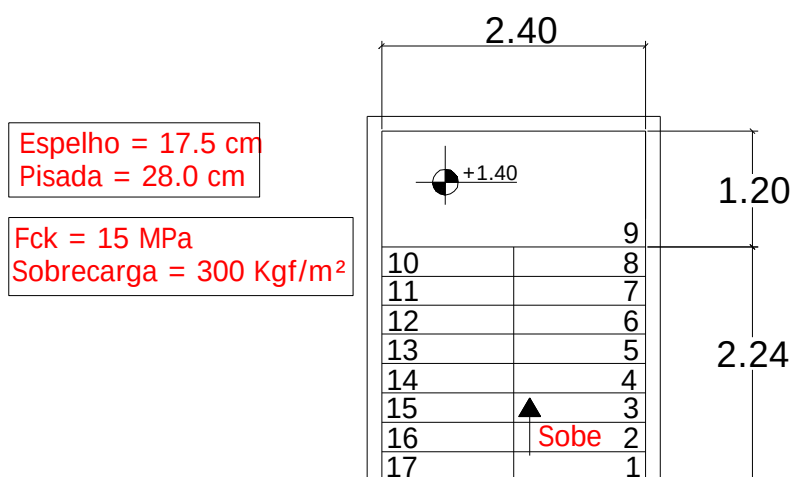


Figura 44 – Escada exemplo de um sobrado residencial

No programa *Esuspe2.0* pode-se calcular essa escada dividindo a estrutura em dois lances. Assim, para o primeiro lance tem-se o modelo indicado na Figura 45:

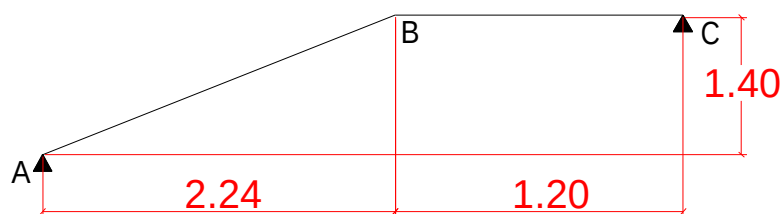


Figura 45 – Primeiro lance da escada residencial

E para o segundo lance, o modelo da Figura 46.

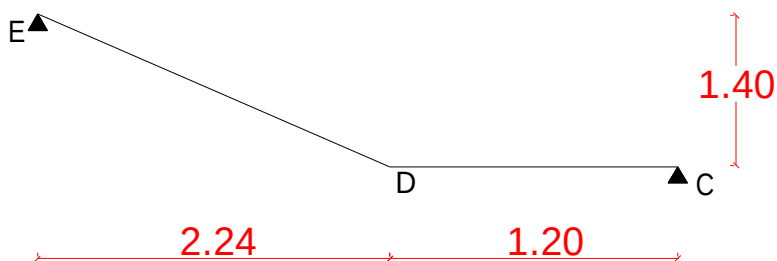


Figura 46 – Segundo lance da escada residencial

Entrando com os dados no programa e adotando uma laje de 12 cm teremos os seguintes resultados:

Lance 01:

*****Esuspe 2.0*****

****Cálculo de Escadas Longitudinais com Patamar****

Nome da Obra: Sobrado Residencial - Lance 01

Nome do Proprietário: Universidade Estadual de Maringá

Dados Gerais da Obra

A igual: 0 m

B igual: 2,24 m

C igual: 1,2 m

H igual: 1,4 m

Fck do Concreto: 150 Kg/m²

Altura da Laje: 0,12 m

Altura do Espelho: 0,18 m

Recobrimento de Armadura : 1,5 cm

Sobrecarga : 300 Kg/m²

P(devido a laje): 0 Kg

*****Cálculo da Laje da Escada como Viga Biapoiada*****

Momento Fletor: 1521,84 Kgf.m/m

As Necessário(cm²): 5,333687

Barra de 5.0mm cada 0 cm

Barra de 6.3mm cada 0 cm

Barra de 8.0mm cada 0 cm

Barra de 10.0mm cada 13 cm

*****Cálculo da Laje da Escada como Viga Contínua*****

Momento Fletor Máximo: 502,5488 Kgf.m/m

As Necessário(cm²): 1,60337

Barra de 5.0mm cada 11 cm

Barra de 6.3mm cada 19 cm

Barra de 8.0mm cada 20 cm

Barra de 10.0mm cada 20 cm

Cálculo da Laje da Escada como Pórtico Plano

Momento Fletor Máximo: 1108,8 Kgf.m/m

As Necessário(cm^2): 3,72768

Barra de 5.0mm cada 0 cm

Barra de 6.3mm cada 0 cm

Barra de 8.0mm cada 13 cm

Barra de 10.0mm cada 19 cm

Viga de Equilíbrio da Escada Biapoiada

Secao:10x30cm

Comprimento da Viga de Equilíbrio(cm): 240

As Longitudinal Necessário(cm^2): 0,429473688727931

Estribos de 5.0mm cada 14cm

Pilar de Equilíbrio

Seção: 10x20cm

As Longitudinal Necessário(cm^2):1

Esuspe 2.0 - 1998(Copyrigh) - Rafael Alves de Souza

Lance 02

*****Esuspe 2.0*****

****Cálculo de Escadas Longitudinais com Patamar****

Nome da Obra: Sobrado Residencial - Lance 02

Nome do Proprietário: Universidade Estadual de Maringá

Dados Gerais da Obra

A igual: 1,2 m

B igual: 2,24 m

C igual: 0 m

H igual: 1,4 m

Fck do Concreto: 150 Kg/m²

Altura da Laje: 0,12 m

Altura do Espelho: 0,18 m

Recobrimento de Armadura : 1,5 cm

Sobrecarga : 300 Kg/m²

P(devido a laje): 0 Kg

*****Cálculo da Laje da Escada como Viga Biapoiada*****

Momento Fletor: 1521,84 Kgf.m/m

As Necessário(cm²): 5,333687

Barra de 5.0mm cada 0 cm

Barra de 6.3mm cada 0 cm

Barra de 8.0mm cada 0 cm

Barra de 10.0mm cada 13 cm

*****Cálculo da Laje da Escada como Viga Contínua*****

Momento Fletor Máximo: 502,5488 Kgf.m/m

As Necessário(cm²): 1,60337

Barra de 5.0mm cada 11 cm

Barra de 6.3mm cada 19 cm

Barra de 8.0mm cada 20 cm

Barra de 10.0mm cada 20 cm

Cálculo da Laje da Escada como Pórtico Plano

Momento Fletor Máximo: 1108,8 Kgf.m/m

As Necessário(cm^2): 3,72768

Barra de 5.0mm cada 0 cm

Barra de 6.3mm cada 0 cm

Barra de 8.0mm cada 13 cm

Barra de 10.0mm cada 19 cm

Viga de Equilíbrio da Escada Biapoiada

Secao:10x30cm

Comprimento da Viga de Equilíbrio(cm): 240

As Longitudinal Necessário(cm^2): 0,429473688727931

Estribos de 5.0mm cada 14cm

Pilar de Equilíbrio

Seção: 10x20cm

As Longitudinal Necessário(cm^2):1

Esuspe 2.0 - 1998(Copyrigh) - Rafael Alves de Souza

Analizando os momentos fletores tem-se os seguintes resultados:

- Viga Biapoiada: $M_{\max} = 1521,84 \text{ Kgf.m/m}$;
- Viga Contínua: $M_{\max} = 502,54 \text{ Kgf.m/m}$;
- Pórtico Plano: $M_{\max} = 1108,80 \text{ Kgf.m/m}$.

Pelos resultados acima, verifica-se que a estrutura calculada como Viga Biapoiada fornece os maiores esforços. Estes valores são cerca de 37,25% maiores que os esforços calculados como Pórtico Plano e 202,83% maiores que os esforços calculados como Viga Contínua.

Analizando as armaduras tem-se os seguintes resultados:

- Viga Biapoiada: $A_s = 5,33 \text{ cm}^2/\text{m}$;
- Viga Contínua: $A_s = 1,60 \text{ cm}^2/\text{m}$;
- Pórtico Plano: $A_s = 3,72 \text{ cm}^2/\text{m}$.

Pelos resultados acima verifica-se que a estrutura calculada como Viga Biapoiada fornece a maior armadura, cerca de 43,28% maior que a armadura fornecida como Pórtico Plano e cerca de 233,13 % maior que a armadura fornecida para Viga Contínua.

Se fosse adotada como diâmetro de armadura a barra de 10 mm teríamos de dispor 19 barras longitudinais para a escada calculada como Viga Biapoiada, 12 barras longitudinais para a escada calculada como Viga Contínua e 13 barras longitudinais para a escada calculada como Pórtico Plano.

11. CONCLUSÃO

O conhecimento de uma linguagem de programação é de grande utilidade no dia-a-dia do engenheiro civil. Com o uso de *softwares* específicos em programação o profissional pode automatizar e dinamizar tarefas repetitivas, criando programas específicos para suas atividades.

O programa *Esuspe2.0* foi criado para automatizar o cálculo de escadas longitudinais, evitando que o calculista tenha que recorrer a tabelas de dimensionamento, tabelas de aço e cálculos manuais dos modelos estruturais.

O trabalho de programação é árduo e demorado, pois o programador deve cobrir todas possibilidades de uma situação ou ao menos uma grande parte delas. Ao programa *Esuspe2.0* poderia ser acrescentado a parte gráfica, para complementação. No entanto, o tempo de estudo para esse caso é grande e envolveria o estudo de outras linguagens de programação. A parte gráfica poderia ser feita por meio de geração de arquivos em uma ambiente gráfico, como por exemplo o AutoCAD, software que atualmente domina a geração de desenhos para a indústria da construção civil.

É muito difícil cobrir todos os modelos usuais de escadas e os desenhos deveriam ser parametrizados e as rotinas construídas para geração dos desenhos deveriam ser programadas em AutoLisp (linguagem de programação utilizada pelo AutoCAD).

Pelo uso do programa *Esuspe2.0* nota-se que as escadas longitudinais calculadas como Viga Continua fornecem as menores armaduras e as escadas calculadas como Viga Biapoiada fornecem as maiores armaduras. Apesar da grande diferença percentual entre os momentos fletores dos métodos de cálculo, nota-se

que, construtivamente e economicamente, os métodos não têm muita diferença, pois o número de barras longitudinais a mais não é significativo. Isso justifica o fato de, a maioria dos calculistas, calcularem as escadas como Viga Biapoiada, pois o cálculo é rápido e além de tudo a favor da segurança.

12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 01- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.(1978)NB-1/1978. Projeto e Execução de Obras de Concreto Armado. Rio de Janeiro.
- 02 - BAUD,G.(1977). Manual de Construção. São Paulo. Hemus.
- 03 - BOTELHO, M. H. C. (1996). Concreto Armado eu te amo. São Paulo, Edgard Blucher.
- 04 - BROWN, S. (1998). Visual Basic 5.0, Bíblia do Usuário. São Paulo, Berkeley.
- 05 - CAMPANARI, F. A. (1985). Teoria das Estruturas, Vol II. Rio de Janeiro, Guanabara Dois.
- 06 - FUSCO, P. B. (1994). Técnica de Armar as Estruturas de Concreto. São Paulo, PINI.
- 07 - McKELVI, M.; MARTINSEN, R.; WEBB, J. (1997). Usando Visual Basic 5.0, O Guia de Referência mais Completo. Rio de Janeiro, Campus.
- 08 - ROCHA, A. M. (1978). Novo Curso Prático de Concreto Armado, Vol III. Rio de Janeiro, Científica.
- 09 - ROGÉRIO, P. (1986). Problemas Resolvidos de Cálculo Estrutural. São Paulo, Guanabara.
- 10 - SANTOS, E. G. (1979). Desenho de Concreto Armado, Vol I e II. São Paulo, Calcitec.
- 11 - SIRAGUSSA, C. R.(1986). Basic Estruturado. São Paulo. McGraw-Hill.
- 12 - SUSSEKIND, J. C. (1984). Curso de Análise Estrutural, Vol I e III, Porto Alegre. Globo.