

N. CLASS. M 727. 832  
CUTTER N 469e  
ANO/EDIÇÃO 2015

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS GERAIS UNIS-MG**

**ENGENHARIA CIVIL**

**ROBERTO LEONEL DE REZENDE NETO**

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE ESCADAS DE CONCRETO ARMADO PRÉ-FABRICADAS E MOLDADAS “*IN LOCO*” EM ESTRUTURAS DE EDIFICAÇÕES**

Varginha/MG  
2015

**ROBERTO LEONEL DE REZENDE NETO**

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE ESCADAS DE CONCRETO ARMADO PRÉ-FABRICADAS E MOLDADAS “*IN LOCO*” EM ESTRUTURAS DE EDIFICAÇÕES**

Trabalho apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS-MG, como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel, sob orientação do Prof. M. Sc. Antônio de Faria.

Varginha/MG  
2015

**Grupo Educacional UNIS**

**ROBERTO LEONEL DE REZENDE NETO**

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE ESCADAS DE CONCRETO ARMADO PRÉ-FABRICADAS E MOLDADAS “IN LOCO” EM ESTRUTURAS DE EDIFICAÇÕES**

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS-MG, como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel, pela banca examinadora composta pelos membros:

Aprovado em     /     /

---

Professor M.Sc. Antonio de Faria

---

Professor Engenheiro Civil Elker Lucas Garroni

---

Professor Engenheiro Civil Armando Belato Pereira

OBS.:

“A persistência é o menor caminho do êxito”.

Charles Chaplin

## RESUMO

Procurando modernizar o processo construtivo dos edifícios vem se usando elementos pré-fabricados na estrutura, para racionalizar as obras da construção civil.

Os elementos pré-fabricados possuem rígido controle de qualidade, proporcionam rapidez na execução da obra, e também geram uma organização da produção. Esses benefícios quando aliados à economia financeira, geram então o interesse do seu uso em edificações.

Este trabalho tem como objetivo a comparação do consumo de materiais de alguns modelos de escadas em concreto armado para estruturas de edifícios que podem ser tanto moldadas “*in loco*” como pré-fabricadas, gerando indicadores para análise de qual modelo é mais vantajoso quantitativamente e construtivamente.

Para o comparativo foi realizado um projeto de dimensionamento de escada em concreto armado, determinando uma situação hipotética, de um edifício, com mesmas dimensões para ambos os modelos. O projeto seguiu as regulamentações descritas nas normas técnicas relativas ao assunto.

Ao fim do trabalho obteve-se o consumo de materiais de cada modelo, servindo então como base para análise do uso de cada tipo de escada estudada, na situação proposta.

**Palavras-chave:** Escadas. Moldadas “*in loco*”, Pré-fabricadas. Dimensionamento. Indicadores.

## **ABSTRACT**

*Looking modernize the construction process of buildings has been using prefabricated elements in the structure, to streamline the works of construction.*

*The prefabricated elements have strict quality control, provide quick execution of the work, and also create an organization of production. These benefits when combined financial savings will then generate the interest of its use in buildings.*

*This study aims to compare the consumables of some models of stairs in reinforced concrete for buildings that can be either molded "in loco" as prefabricated, generating indicators to analyze which model is more advantageous quantitatively and constructively .*

*For comparison it conducted a ladder sizing design of reinforced concrete, determining a hypothetical situation of a building, with the same dimensions for both models. The project followed the regulations described in the technical rules on the subject.*

*After work up gave the consumption of material for each model, then serve as the basis for analysis of the use of each type of ladder studied in the given situation.*

**Keywords-stair:** *Molded "in loco", Prefabricated. Scaling. Indicators.*

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Escada para dimensionamento.....	13
Figura 2 - Recomendação para algumas dimensões da escada. ....	16
Figura 3 - Laje com degraus de concreto .....	17
Figura 4 - Laje com degraus de alvenaria .....	18
Figura 5 – Ações definidas pela ABNT – NBR 6120:1980.....	19
Figura 6 - Degraus isolados: dimensionamento utilizando-se a força concentrada variável Q. .....	19
Figura 7 - Escada Armada transversalmente .....	21
Figura 8 - Escada armada longitudinalmente .....	22
Figura 9 - Roteiro para obtenção do valor de $P_i$ .....	23
Figura 10 – Tipos de patamares.....	23
Figura 11 - Armadura longitudinal disposta de maneira incorreta .....	24
Figura 12 - Detalhamento Correto da Armadura .....	24
Figura 13 - Laje em balanço, com espelhos trabalhando como vigas .....	25
Figura 14 - Esquema estático e diagrama de esforços .....	26
Figura 15 - Esquema para escada em cascata.....	26
Figura 16 - Lance da escada pré-fabricada.....	28
Figura 17 – Içamento e transporte do lance da escada pré-fabricada .....	29
Figura 18 – Forma Metálica da escada pré-moldada .....	30
Figura 19 – Escada pré-fabricada .....	30
Figura 20 – Escada pré-fabricada jacaré .....	31
Figura 21 – Elementos constituintes da escada pré-fabricada jacaré.....	32
Figura 22 – Planta da arquitetura da região da escada.....	33
Figura 23 - Detalhe da localização dos parafusos .....	34
Figura 24 – Degrau da escada jacaré (vão teórico "l" e detalhamento da armadura).....	35
Figura 25 – Detalhamento da armadura do patamar da escada jacaré .....	36
Figura 26 – Detalhamento da armadura da viga denteada .....	37
Figura 27 – Detalhe da armadura longitudinal da vida denteada devido ao transporte.....	37
Figura 28 – Formas de escadas moldadas “ <i>in loco</i> ” .....	39
Figura 29 – Içamento da escada pré-fabricada .....	40
Figura 30 – Etapas do chumbamento da escada tipo jacaré .....	42
Figura 31- Detalhe da escada longitudinalmente armada .....	47

Figura 32- Detalhamento da armadura escada longitudinalmente armada .....	49
Figura 33- Detalhe da escada longitudinalmente armada pré-fabricada.....	50
Figura 34 - Detalhamento da armadura escada longitudinalmente armada .....	51
Figura 35 – Separação do material de enchimento e material estrutural .....	52
Figura 36- Forma para escada pré-fabricada .....	54
Figura 37- Detalhe da escada longitudinalmente armada pré-fabricada.....	55
Figura 38- Detalhamento da armadura escada transversalmente armada .....	57
Figura 39 – Detalhe da escada tipo jacaré.....	58
Figura 40- Detalhamento da armadura escada jacaré .....	61
Figura 41- Formas para escada tipo jacaré .....	63
Figura 42 - Detalhe da escada plissada .....	64
Figura 43- Detalhamento da armadura escada plissada (modelo 01) .....	66
Figura 44- Detalhamento da armadura escada plissada (modelo 02) .....	67
Figura 45 - Detalhe da escada plissada pré-fabricada.....	68
Figura 46- Forma para escada pré-fabricada plissada.....	70



## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Espessura da laje escada. ....	27
Quadro 2 – Quadro Resumo .....	45
Quadro 3 - Memória de calculo escada longitudinalmente armada .....	47
Quadro 4 – Memória de calculo escada longitudinalmente armada devido ao içamento.....	50
Quadro 5 – Quantitativo e Indicadores de consumo da escada armada longitudinalmente .....	51
Quadro 6 – Memória de cálculo escada transversalmente armada.....	55
Quadro 7- Memória de cálculos escada tipo jacaré .....	58
Quadro 8 – Quantitativo e Indicadores de consumo da escada armada transversalmente.....	62
Quadro 9 – Memória de calculo escada plissada.....	64
Quadro 10 – Memória de calculo escada longitudinalmente armada devido ao içamento .....	68
Quadro 11– Quantitativo e Indicadores de consumo da escada plissada .....	69

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>9</b>
<b>2 JUSTIFICATIVA</b> .....	<b>10</b>
<b>3 OBJETIVO</b> .....	<b>11</b>
<b>3.1 GERAL:</b> .....	<b>11</b>
<b>3.2 ESPECÍFICOS:</b> .....	<b>11</b>
<b>4 METODOLOGIA</b> .....	<b>12</b>
<b>5 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>15</b>
<b>5.1 Aspectos gerais</b> .....	<b>15</b>
<b>5.2 Especificações técnicas das escadas</b> .....	<b>15</b>
5.2.1 Dimensão .....	16
5.2.2 Ações .....	17
5.2.2.1 Ações permanentes.....	17
5.2.2.1.1 Peso próprio .....	17
5.2.2.1.2 Revestimento.....	18
5.2.2.1.3 Gradil ou muretas .....	18
5.2.2.2 Ações variáveis .....	19
5.2.2.2.1 Degraus isolados.....	19
<b>5.3 Tipos</b> .....	<b>20</b>
5.3.1 Escadas moldadas “ <i>in loco</i> ”.....	20
5.3.1.1 Escadas armadas transversalmente.....	21
5.3.1.2 Escadas armadas longitudinalmente.....	22
5.3.1.3 Escadas com patamares .....	23
5.3.1.4 Escadas plissadas.....	24
5.3.2 Escadas pré-fabricadas .....	27
5.3.2.1 Escadas pré-fabricadas compostas de peças grandes .....	27
5.3.2.2 Escadas pré-fabricadas compostas por diversos elementos.....	30
5.3.2.2.1 Escadas pré-moldadas tipo jacaré.....	31
5.3.2.2.1.1 Degraus .....	34
5.3.2.2.1.2 Patamar .....	35
5.3.2.2.1.3 Vigas denteadas .....	36
5.3.2.2.1.4 Dimensionamento da ligação .....	38
<b>5.4 Montagem e transporte</b> .....	<b>38</b>
5.4.1 Escadas moldadas “ <i>in loco</i> ”.....	38
5.4.1.1 Montagem .....	38
5.4.2 Escadas pré-fabricadas compostas por peças grandes.....	39
5.4.2.1 Montagem .....	39
5.4.2.2 Transporte .....	41
5.4.3 Escadas tipo jacaré .....	41
5.4.3.1 Montagem .....	41
5.4.3.2 Transporte .....	42
<b>5.5 Concreto</b> .....	<b>43</b>
5.5.1 Escadas moldadas “ <i>in loco</i> ”.....	43
5.5.2 Escadas pré-fabricadas .....	43
<b>5.6 Aço</b> .....	<b>44</b>
<b>6 ESTUDO DE CASO</b> .....	<b>44</b>

<b>6.1 Dimensionamento e detalhamento das escadas</b> .....	<b>46</b>
6.1.1 Comparativo entre escadas armadas longitudinalmente: moldada “ <i>in loco</i> ” x pré-moldadas de grande porte.....	46
6.1.1.1 Dimensionamento da escada moldada “ <i>in loco</i> ” (armadura longitudinal) .....	47
6.1.1.2 Dimensionamento da escada pré-moldada (armadura longitudinal).....	49
6.1.1.3 Quantitativos de materiais das escadas armadas longitudinalmente .....	51
6.1.2 Comparativo entre escadas armadas transversalmente: moldada “ <i>in loco</i> ” x pré-moldadas tipo jacaré .....	54
6.1.2.1 Dimensionamento da escada moldada “ <i>in loco</i> ” (armadura transversal) .....	54
6.1.2.2 Dimensionamento da escada pré-moldada tipo jacaré (armadura transversal).....	57
6.1.2.3 Quantitativos de materiais das escadas armadas transversalmente .....	62
6.1.3 Comparativo entre escadas plissadas: moldada “ <i>in loco</i> ” x pré-moldadas de grande porte.....	63
6.1.3.1 Escada moldada “ <i>in loco</i> ” (plissada).....	63
6.1.3.2 Escada pré-moldada (plissada).....	67
6.1.3.3 Quantitativos de materiais das escadas plissadas .....	69
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>70</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>72</b>
<b>APENDICE I: Escada armada longitudinalmente moldada “<i>in loco</i>”</b> .....	<b>74</b>
<b>APENDICE II: Escada armada longitudinalmente moldada pré-moldada</b> .....	<b>76</b>
<b>APENDICE III: Escada armada transversalmente moldada “<i>in loco</i>”</b> .....	<b>78</b>
<b>APENDICE IV: Escada armada transversalmente tipo jacaré (degrau)</b> .....	<b>79</b>
<b>APENDICE V: Escada armada transversalmente tipo jacaré (patamar)</b> .....	<b>80</b>
<b>APENDICE VI: Escada armada transversalmente tipo jacaré (viga denteada)</b> .....	<b>81</b>
<b>APENDICE VII: Escada plissada</b> .....	<b>83</b>
<b>APENDICE VIII: Escada plissada pré-moldada</b> .....	<b>85</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Essenciais para a movimentação vertical de pessoas em edifícios, as escadas devem possibilitar aos usuários, certo nível de conforto em seu uso, além disso deve também possuir acessibilidade, segurança e durabilidade. Para que a escada seja bem dimensionada e tenha a forma apropriada é necessário que o engenheiro ou arquiteto tenha conhecimento adequado da construção.

São variadas as formas e tipos de escadas usuais em estruturas de edificações por isso é importante avaliar as dimensões do local onde será instalada, e também qual é o sistema construtivo utilizado para que a escolha possa satisfazer corretamente as necessidades da edificação, tanto no uso final, como em seu processo construtivo.

As escadas mais usuais são em concreto armado, que está presente em praticamente toda estrutura de edificações, por ser capaz de suportar grandes esforços de tração e compressão, com baixo custo de implantação.

Gageti (2006) ressalta que a construção civil tem sido considerada atrasada comparada a outros ramos industriais e a razão disso é que ela apresenta grande desperdício de materiais, morosidade, e baixo controle de qualidade.

Visando buscar uma característica industrial no processo construtivo, ou seja, incorporar à construção civil métodos industrializados de produção, o uso de pré-fabricados vem a cada dia crescendo, e se tornando comum nesse meio. Isso quer dizer que o processo de construção deve a cada dia racionalizar cada vez mais, evitando principalmente desperdício durante a execução de peças constituintes da estrutura, e também minimizando o tempo gasto em serviços que fazem parte do cronograma crítico da obra.

As escadas em concreto armado não fogem dessa evolução tecnológica, ao contrário disso, vem se intensificando o uso destas, principalmente quando se trata de grandes obras, e também obras em alvenaria estrutural.

Analisando as características das escadas em concreto armado, o presente estudo é um comparativo de dois tipos destas, a convencional de concreto armado moldada “*in loco*” e a escada pré-fabricada, que visa esclarecer de forma simples os sistemas construtivos delas, tais como disposição da armadura, montagem, transporte, quando necessário, e a utilização dos materiais para a produção das mesmas.

## 2 JUSTIFICATIVA

As escadas em concreto armado são essenciais nas edificações, visto que para que as pessoas possam se locomover verticalmente, em um espaço curto, é claramente mais vantajoso do que a utilização de rampas, que possuem também esta finalidade.

Mamede (2001) destaca que a escada em concreto armado exige um tempo considerável para sua montagem, isso ocorre devido sua geometria irregular, trazendo transtorno nas montagens das formas e armação e complicações para concretagem.

Analisando desta forma, é interessante buscar maneiras de minimizar o tempo de montagem e o prazo para a utilização final da escada.

Diante da obrigatoriedade de ter este elemento na edificação, é conveniente que se busque uma maneira de obter economia financeira e também a racionalização da obra, em seu processo construtivo.

Sendo assim este trabalho busca identificar qual modelo de escada é mais viável, a escada moldada “*in loco*” ou a escada pré-fabricada. Este estudo também deve ser de grande valor, pois tem o intuito de servir como base para futuras pesquisas escolares e também para possíveis pesquisas no ramo da construção civil.

### 3 OBJETIVO

#### 3.1 GERAL:

Elaborar um comparativo entre a escada em concreto armado convencional moldada “*in loco*” e a escada pré-fabricada, com o mesmo sistema construtivo, avaliando a utilização de materiais, através do dimensionamento desta, em uma situação hipotética.

#### 3.2 ESPECÍFICOS:

- a) Definir as dimensões do projeto da escada.
- b) Detalhar os materiais utilizados na construção da escada.
- c) Dimensionar a escada em concreto armado moldada “*in loco*”
- d) Dimensionar a escada em concreto armado pré-fabricada
- e) Realizar um quantitativo de materiais
- f) Definir os indicadores de consumo, a fim de obter a melhor solução para cada situação proposta.

#### 4 METODOLOGIA

O presente estudo possui a finalidade de obter dados técnicos sobre a construção de uma escada em concreto armado moldado “*in loco*” e uma escada em concreto armado pré-fabricada.

Para o desenvolvimento do projeto foi necessário pesquisas bibliográficas sobre o assunto abordado visando à elaboração de um estudo comparativo dos materiais utilizados, da forma de detalhamento e dos locais de aplicação entre os dois sistemas de construção desta estrutura, com a o objetivo de analisar qual dos dois sistemas é mais vantajoso construtivamente.

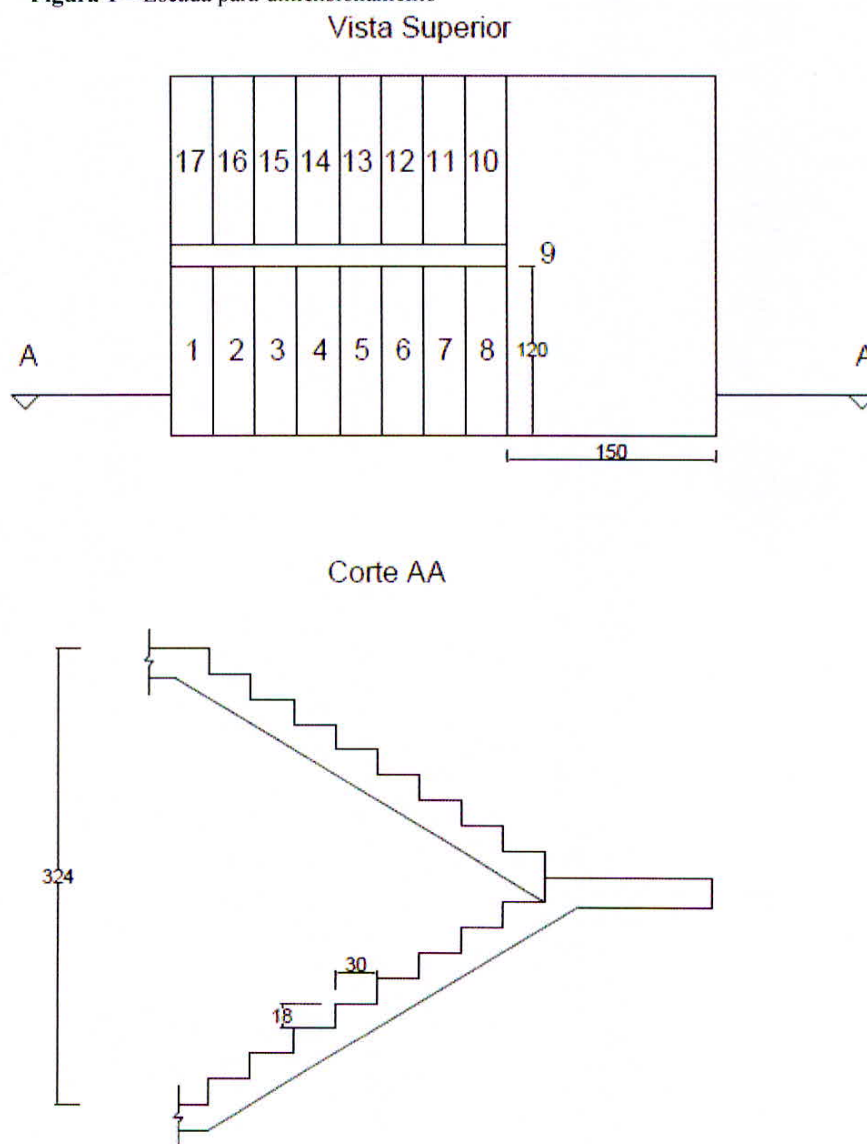
O trabalho foi dividido em duas etapas, sendo elas TCC 01 e TCC 02.

Na elaboração da primeira parte deste trabalho, foi feita a revisão bibliográfica descrevendo as características das escadas pré-fabricadas e moldadas “*in loco*”.

Para a segunda parte, foi elaborado o estudo de caso, para os tipos de escadas propostos que obtenham o mesmo sistema estrutural, seguindo as seguintes etapas:

1. Concepção do projeto
2. Escolha do modelo estrutural
3. Determinação os carregamentos
4. Determinação dos esforços
5. Dimensionamento da estrutura
6. Detalhamento da estrutura
7. Determinação dos indicadores

O projeto realizado para ambos os tipos de escadas, moldada “*in loco* e pré-fabricada, foi feito seguindo as mesmas dimensões, sendo elas uma altura de pé-direito de 3,24 m (três metros e vinte e quatro centímetros), com espelho de 18 cm (dezoito centímetros) e piso de 30 cm (trinta centímetros) como mostra a figura 1.

**Figura 1** – Escada para dimensionamento

**Fonte:** O autor.

As ações foram determinadas seguindo a ABNT – NBR 6120:1980, de acordo com o tipo de escada utilizada, sendo que não foi adotado revestimento e somente o concreto acabado. A escada é de acesso ao público de um edifício residencial multifamiliar.

Para a determinação dos esforços foram utilizadas ferramentas computacionais, como Excel e Ftool, seguindo as prescrições da ABNT – NBR 6118:2004.

O dimensionamento foi realizado conforme o item 5.3 deste trabalho e seus subitens, seguindo as normas regentes para concreto armado, sendo elas a ABNT – NBR 6118:2004, ABNT – NBR 6120:1980, ABNT – NBR 8800:2008 e ABNT – NBR 9062:2006.



O detalhamento da escada foi feito na ferramenta computacional Autocad, depois de realizado o dimensionamento da estrutura.

A execução da escada será conforme item 5.4 deste trabalho e seus subitens.

Ao final do projeto foi realizado o comparativo identificando os indicadores de consumo de concreto, aço e formas utilizados em cada tipo de escada. E assim então, identificar-se-á a melhor opção de escada na situação proposta.

## 5 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 5.1 Aspectos gerais

Escadas são elementos da edificação projetados para que o ser humano, com pequeno dispêndio de energia, consiga ir andando de um nível a outro. (BRUMATTI, 2008)

As escadas têm como função principal atender a necessidade de circulação vertical dentro das edificações com certo nível de conforto. (QUEVEDO, 2011)

Quevedo (2011) ainda fala que as escadas são projetadas por arquitetos e engenheiros e o seu projeto deve atender requisitos de acessibilidade, conforto, segurança, durabilidade e desempenho em serviço.

Segundo Carneiro (2013, apud ORDÓNEZ, 1974), industrialização da construção é o emprego, de forma racional e mecanizada, de materiais, meios de transporte e técnicas construtivas para se conseguir uma maior produtividade.

Iglesia (2006) cita que os sistemas pré-moldados de concreto em conjunto com outras séries de inovações, transformam uma obra em uma “linha de produção” da construção civil.

Um sistema que é muito utilizado pelas construtoras que edificam em alvenaria estrutural consiste no emprego de peças de pré-moldados de concreto no canteiro de obras. Estas peças são moldadas em pequenas dimensões, para que sejam de fácil manuseio e não necessitem de equipamento especial para transporte vertical ou horizontal. (SANTOS, 2002)

A escada jacaré é um expressivo exemplo do uso de elementos pré-moldados de pequena espessura compatíveis com o manuseio do operário da construção e plenamente aplicáveis em edifícios de alvenaria estrutural. (BRUMATTI, 2008)

Brumatti (2008) fala que uma das principais vantagens do uso das escadas pré-fabricadas é que após sua montagem o acesso definitivo para transporte vertical é liberado.

### 5.2 Especificações técnicas das escadas

As escadas dos edifícios são projetadas nas mais variadas formas e dimensões, dependendo do espaço disponível, do tráfego de pessoas e de aspectos arquitetônicos. Elas podem se apresentar com um ou mais lances retangulares ou podem ser curvas. (ARAÚJO, 2010)

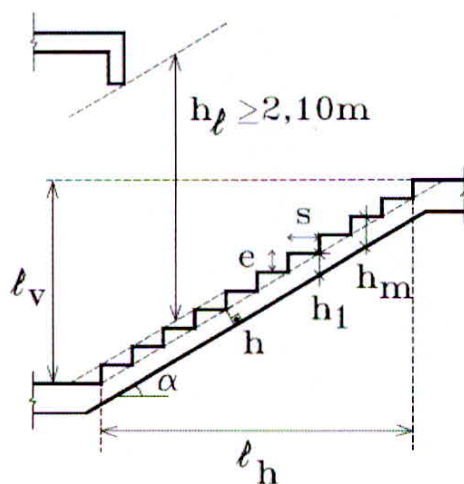
Há diferentes possibilidades de formas e materiais de construção para escadas, podendo essas ser de concreto armado, concreto pré-moldado, metálicas, de madeira, sendo alguns tipos apoiados sobre lajes ou vigas, em balanço ou engastadas. (GAGETTI, 2012)

### 5.2.1 Dimensão

Segundo Melges (1997) é recomendável uma escada com a relação  $s + 2.e = 60$  cm a 64 cm, onde “s” representa o comprimento do degrau e “e” representa a altura do degrau conforme mostrado na figura 1. Entretanto em alguns casos a altura e comprimento do degrau podem ser determinados ou recomendados pelas leis municipais, como por exemplo, em Varginha, município de minas gerais, onde no artigo 56 do código de obras habitacionais estabelece que a escada de uso coletivo deva possuir no máximo 18 cm de altura e no mínimo 28 cm de largura inferior.

A altura livre ( $h_l$ ) deve respeitar o valor mínimo de 2,10 metros. A figura 2 mostra  $l_v$  sendo o desnível a ser vencido pela escada e  $l_h$  o comprimento dela. A quantidade de degraus é definida pela divisão entre o desnível e o comprimento dos degraus.

**Figura 2** - Recomendação para algumas dimensões da escada.



$$s + 2e = 60 \text{ cm a } 64 \text{ cm}$$

$$\tan \alpha = \frac{e}{s}$$

$$h_1 = \frac{h}{\cos \alpha} \quad (h_1 \geq 7 \text{ cm})$$

$$h_m = h_1 + \frac{e}{2}$$

$$n = \frac{l_v}{e}$$

**Fonte:** (MELGES, 1997)

## 5.2.2 Ações

As ações a serem analisadas para o dimensionamento da escada são as ações permanentes e as ações variáveis e são consideradas verticais por  $m^2$ .

### 5.2.2.1 Ações permanentes

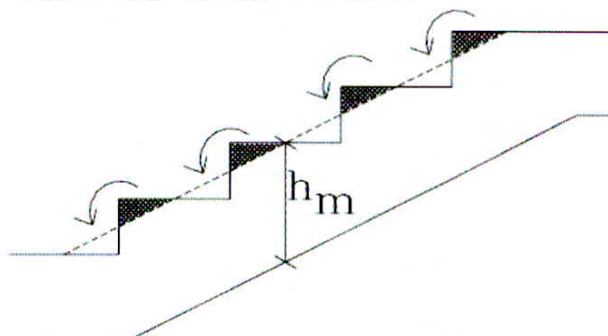
As ações permanentes em uma escada são definidas pelo peso próprio da estrutura, revestimentos e gradil ou muretas.

#### 5.2.2.1.1 Peso próprio

Para cálculo do peso próprio da escada é considerada a espessura média da escada, sendo o peso específico do concreto  $25 \text{ kN/m}^3$ . Quando a escada for preenchida com alvenaria adota-se o peso da laje do lance somado ao peso da seção de alvenaria.

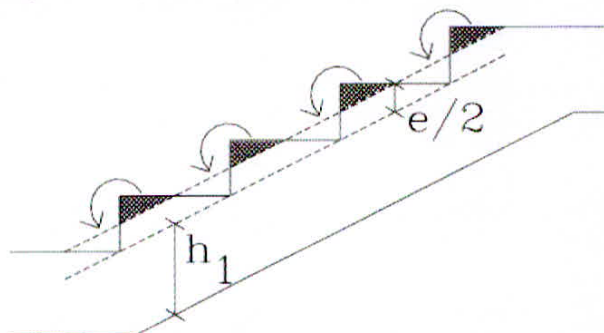
A figura 3 mostra o detalhe da concepção do peso próprio sendo que  $h_m$  é a espessura média. Na figura 4, quando há enchimento, soma-se o peso da laje, calculado através da espessura média  $h_1$ , ao peso do enchimento, calculado através da espessura média  $e/2$ .

**Figura 3** - Laje com degraus de concreto



**Fonte:** (MELGES, 1997)

**Figura 4** - Laje com degraus de alvenaria



Fonte: (MELGES, 1997)

#### 5.2.2.1.2 Revestimento

O peso do revestimento varia de acordo com o material especificado em projeto, adotando-se o valor do seu peso específico conforme estabelecido pela ABNT – NBR 6120:1980. A espessura do revestimento multiplicada ao peso específico do material utilizado gera então o peso distribuído do revestimento sobre a estrutura.

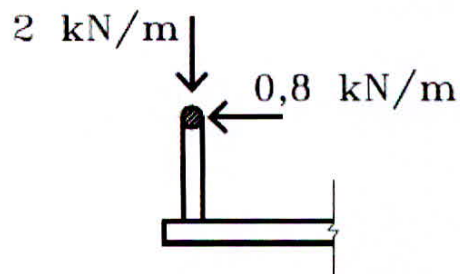
#### 5.2.2.1.3 Gradil ou muretas

Segundo Melges (1997), quando o gradil ou mureta não estiver apoiado diretamente sobre uma viga, ela deve ser considerada no cálculo da laje. Apesar de ser uma força linearmente distribuída ao longo da borda da laje, em casos comuns a resultante desta ação é transformada em outra uniformemente distribuída, deste modo esta ação pode ser somada as demais ações. Assim o cálculo de esforços é feito de uma só vez.

- O peso do gradil pode variar entre 0,3 kN/m á 0,5 kN/m.
- A ação da mureta é calculada de acordo com a especificação do material utilizado.

Segundo item 2.2.1.5 da ABNT – NBR 6120:1980, ao longo dos parapeitos e balcões devem ser considerados aplicadas uma carga horizontal de 0,8 kN/m na altura do corrimão e uma carga vertical de no mínimo 2 kN/m como mostra a figura 5.

Figura 5 – Ações definidas pela ABNT – NBR 6120:1980.



Fonte: (MELGES, 1997)

#### 5.2.2.2 Ações variáveis

As ações variáveis são cargas devido ao uso da estrutura. São determinadas pelas ABNT – NBR 6120:1980, sendo os valores mínimos:

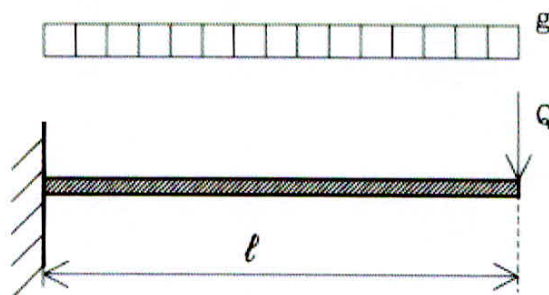
- Escadas com acesso ao publico:  $3,0 \text{ kN/m}^2$
- Escadas sem acesso ao publico:  $2,5 \text{ kN/m}^2$

##### 5.2.2.2.1 Degraus isolados

De acordo com ABNT – NBR 6120:1980, no item 2.2.1.7, uma escada constituída de degraus isolados, recebe a força concentrada de  $2,5 \text{ kN}$  na posição mais desfavorável, ou seja, lado inverso de seu apoio.

Neste caso além de serem consideradas as ações permanentes(g) e as ações variáveis deve-se também considerar o carregamento Q, como mostrado na figura 6.

Figura 6 - Degraus isolados: dimensionamento utilizando-se a força concentrada variável Q.



Fonte: (MELGES, 1997)

No esquema mostrado nesta figura o  $g$  representa a carga uniformemente distribuída que foram citadas anteriormente, e  $Q$  representa a carga concentrada de 2,5 kN, sendo assim os esforços são calculados desta maneira:

$$\text{Momento fletor: } M = \left(\frac{g l^2}{8}\right) + Q l;$$

$$\text{Força cortante: } V = g l + Q$$

Para o cálculo dos esforços na viga, esta carga  $Q$  não deve ser considerada, sendo somente necessária a utilização das ações permanentes e ações variáveis devido ao uso da estrutura.

### 5.3 Tipos

São vários os tipos de escadas usuais em edifícios, sendo elas diferenciadas por sua característica estrutural, armação, sua forma, seu modelo de construção e material.

De acordo com sua armação podem ser classificadas em escadas armadas transversalmente, escadas Armadas longitudinalmente e escadas Armadas em duas direções.

De acordo com sua forma como escadas em u, escadas em l, escadas em lances adjacentes e escadas circulares

Em condições especiais encontram-se as escadas com degraus em balanço, escadas com laje em balanço, escadas plissadas.

Com relação ao material utilizado podem ser constituídas em concreto armado em madeira e em aço.

O presente estudo abordará as escadas armadas transversalmente, longitudinalmente, escadas plissadas e escadas pré-fabricadas.

#### 5.3.1 Escadas moldadas “*in loco*”

Este tipo de escada pode ter diversas variações em seu formato, porém para o presente estudo será abordada somente as escadas armadas transversalmente, longitudinalmente, escadas com patamar e escadas plissadas.

### 5.3.1.1 Escadas armadas transversalmente

As escadas armadas transversalmente possuem a armadura principal perpendicular ao sentido do fluxo da escada, e as vigas paralelas a ele mostradas na figura 7. Estas são geralmente usuais em residências, sendo construídas sobre duas paredes que servem de apoio, como diz Gageti (2012).

Considerando “ $l$ ” como vão teórico, e  $P$  carga total distribuída, os esforços máximos podem ser calculados por:

$$\text{Momento fletor: } M = \frac{P l^2}{8};$$

$$\text{Força cortante: } V = \frac{P l}{2}$$

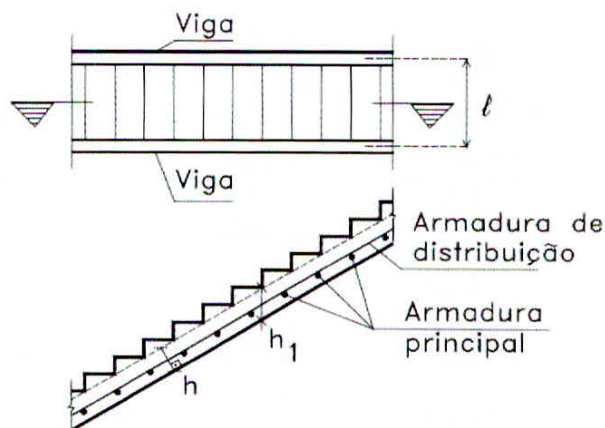
Para o cálculo da armadura mínima adota-se a seguinte fórmula:  $a_{\text{min}} = 0,15\% b_w h_1$ , Sendo  $h_1 \geq 7 \text{ cm}$ .

É necessário, para controlar a fissuração, armadura adicional em malha uniformemente distribuída em duas direções, para no máximo 20 % (por cento) dos esforços totais, completando a armadura principal, mas com eficiência reduzida em 20 % (por cento) (ABNT – NBR 6118:2014).

A armadura de distribuição ( $a_{\text{sdistr}}$ ) é determinada da seguinte maneira:

$$a_{\text{sdistr}} \geq \begin{cases} 1/5 \text{ da armadura principal} \\ 0,90 \text{ cm}^2/\text{m} \end{cases}$$

**Figura 7** - Escada Armada transversalmente



**Fonte:** (MELGES, 1997)

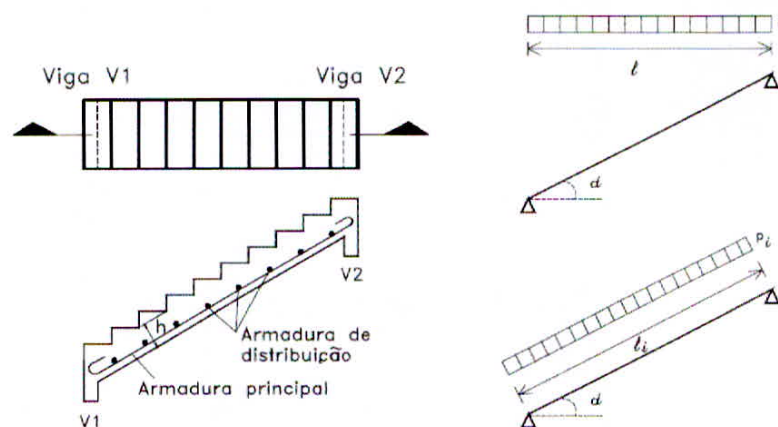


O espaçamento máximo das barras da armadura principal não deve ser superior á 20 cm. Já o espaçamento da armadura de distribuição não deve superar 33 cm (MELGES, 1997)

### 5.3.1.2 Escadas armadas longitudinalmente

Neste caso a armadura principal localiza-se no sentido do tráfego da escada. Para este tipo de escada, considera-se o peso próprio uma força inclinada distribuída e perpendicular ao longo do comprimento da escada, como mostrado na figura 8.

**Figura 8** - Escada armada longitudinalmente



Fonte: (MELGES, 1997)

Para a determinação do valor das forças distribuídas é necessário que se faça a decomposição das ações verticais na escada, como ilustrado na figura 9. O roteiro para o calculo desta situação faz-se, segundo melges (1997) da seguinte maneira:

- Considera-se largura unitária e calcula-se a força resultante que atua verticalmente (P);
- Projeta-se esta força na direção perpendicular ao vão inclinado (Pi);
- Divide-se essa força (Pi) pelo valor do vão inclinado (li), de forma a se obter uma força uniformemente distribuída (pi), na direção perpendicular ao vão inclinado.

Consideram-se, para o roteiro de calculo anterior, as seguintes equações:

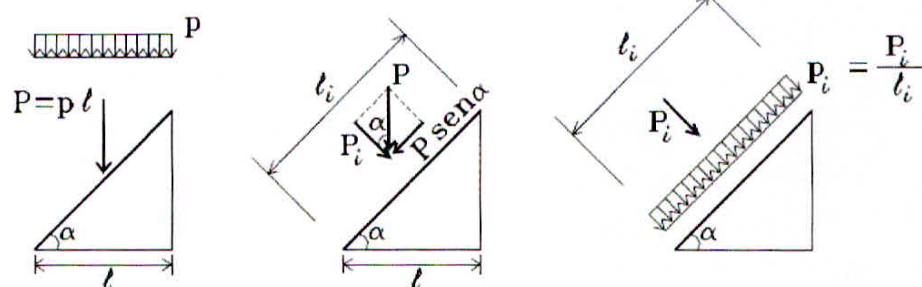
$$l_i = l / \cos \alpha$$

$$P = p l$$

$$P_i = P \cos \alpha = p l \cos \alpha$$

$$p_i = P_i / l_i = (p l \cos \alpha) / (l / \cos \alpha) = p (\cos \alpha)^2$$

Figura 9 - Roteiro para obtenção do valor de  $P_i$



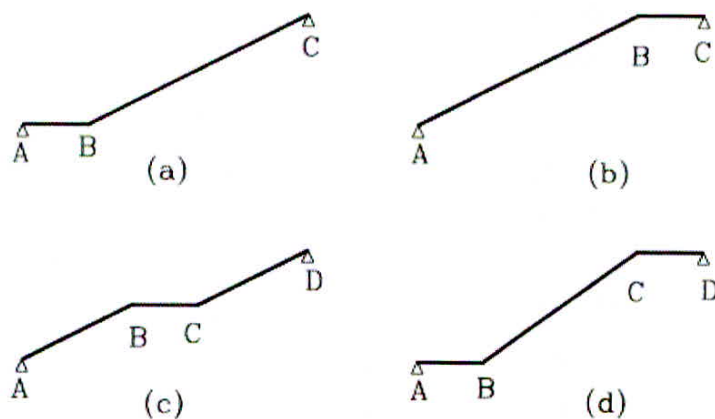
Fonte: (MELGES, 1997)

Na ligação da escada com pisos ou patamares é necessário um engastamento que pode ser considerado no cálculo.

### 5.3.1.3 Escadas com patamares

Há diversas disposições para escadas com patamares como mostrado na figura 10. Para este tipo de escadas o cálculo é feito considerando-a simplesmente apoiada. É importante lembrar que a ação atuante no patamar, geralmente é diferente da que atua sobre a escada.

Figura 10 – Tipos de patamares

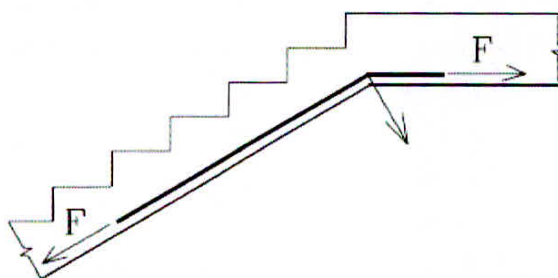


Fonte: (Melges, 1997 apud MANCINI, 1971)

Quando se calcula a escada considerando ela simplesmente apoiada, há de se atentar ao detalhamento da armadura positiva, como mostrado na figura 11. Quando ocorre o esforço na estrutura, a armadura mostrada tende a saltar para fora da massa de concreto, devido ao empuxo causado pela força atuante e somente ser coberta pela espessura do cobrimento. Para

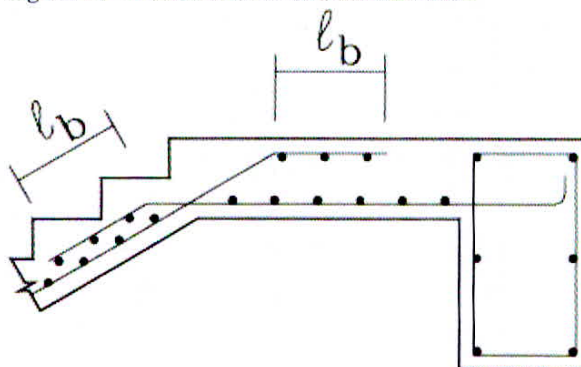
que isso não ocorra, a armadura deve ser disposta como mostra a figura 12, com as barras longitudinais distintas, e não contínuas.

**Figura 11** - Armadura longitudinal disposta de maneira incorreta



**Fonte:** (MELGES, 1997)

**Figura 12** - Detalhamento Correto da Armadura



**Fonte:** (MELGES, 1997)

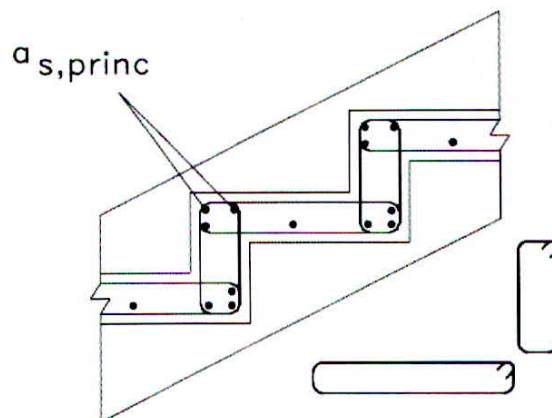
#### 5.3.1.4 Escadas plissadas

As escadas plissadas, também conhecidas com escadas em cascata, possuem os degraus engastados um a um.

Se a escada tiver apoiada sobre pelo menos uma viga, deve se adotar a armadura como mostrado na figura 13. Estas são armadas em uma única direção.

Neste caso o espelho da escada age como uma viga, engastada na viga lateral, sendo assim recebem as ações verticais dos degraus. Os degraus são projetados como lajes, que geralmente se usa armadura construtiva (MELGES, 1997).

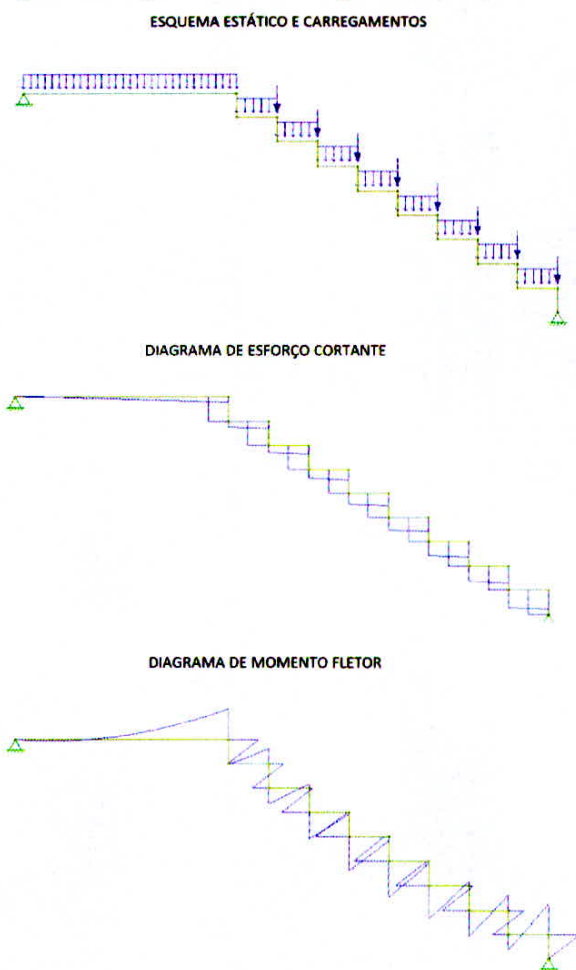
Figura 13 - Laje em balanço, com espelhos trabalhando como vigas



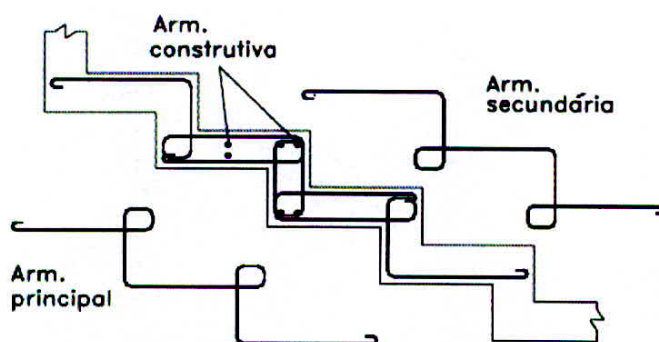
Fonte: (Gaget, 2012 apud MANCINI, 1971)

Se ela for longitudinalmente armada, deverá ser calculada como uma viga de eixo não reto (Melges, 1997 apud MACHADO, 1983). Os espelhos da escada sofrem flexão, podendo ser de tração ou compressão. Os degraus por sua vez recebem esforços de momento fletor e força cortante, sendo considerado como uma estrutura isostática, como mostra o diagrama da figura 14.

Neste tipo de escada é recomendável o uso de armadura na face superior, devido à existência de cantos vivos, sendo denominada armadura secundária, ilustradas na figura 15.

**Figura 14 - Esquema estático e diagrama de esforços**

Fonte: O autor

**Figura 15 - Esquema para escada em cascata**

Fonte: (MELGES, 1997)

### 5.3.2 Escadas pré-fabricadas

As escadas pré-moldadas podem ser de peças grandes, ou compostas por diversos elementos.

#### 5.3.2.1 Escadas pré-fabricadas compostas de peças grandes

A escada pré-fabricada composta de peças grande possui um elemento somente, de grande dimensão, este é apoiado diretamente sobre a viga ou laje, ela também pode ter patamar incorporado á peça (MELGES, 2001)

O dimensionamento para escada pré-fabricada de peças grandes é feito da mesma forma da escada moldada “*in loco*” armada longitudinalmente, citada no item 5.3.1.2, porém com uma ressalva, deve ser considerado, no calculo de esforços, uma carga proveniente do transporte da peça.

A sobrecarga utilizada para essas escada é de 3 kN/m<sup>2</sup>. (MELO, 2007).

Melo (2007), cita em seu livro as espessuras de lajes escada de acordo com o vão “L” da escada:

**Quadro 1** – Espessura da laje escada.

Vão “L” da escada	Espessura da laje escada
$L \leq 4,5 \text{ m}$	10 cm
$4,5 < L \leq 5,5 \text{ m}$	15 cm
$5,5 < L \leq 7 \text{ m}$	20 cm
$7 < L \leq 8 \text{ m}$	25 cm
$L > 8 \text{ m}$	“e” = caso a caso

Fonte: (MELO, 2007)

Quando a escada possuir o patamar incorporado á peça, deve-se seguir o procedimento de dimensionamento da escada com patamar, citada no item 5.3.1.3, acrescentando, no calculo de esforços, uma carga proveniente do transporte da peça.

A figura 16 mostra um lance da escada pré-fabricada com patamar incorporado.

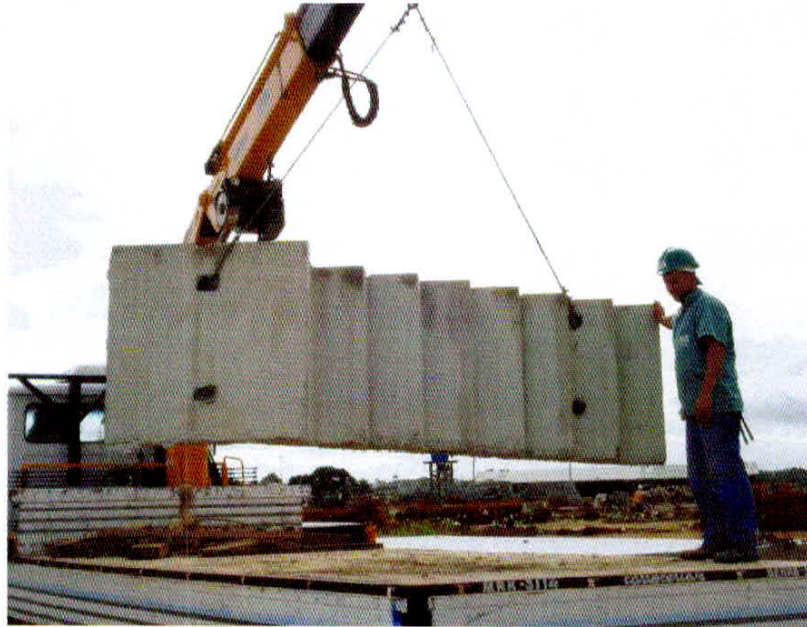
**Figura 16** - Lance da escada pré-fabricada



**Fonte:** (BRUMATTI, 2008)

O maior empecilho para a utilização deste tipo de pré-fabricado é a dificuldade na movimentação desta, devido seu peso elevado (BRUMATTI, 2008). A sua locomoção deve ser feita por equipamentos de içamento, sendo assim para a adoção desse tipo de escada é necessário a disponibilidade destes equipamentos na obra, como mostra figura 17.

**Figura 17** – Içamento e transporte do lance da escada pré-fabricada



**Fonte:** (BRUMATTI, 2008)

Segundo Melo (2007), existe alguns dados sobre estas escadas:

- O comprimento máximo possível da escada em peça única é de 10m.
- O maior número de degraus contínuos possível é 21
- A largura máxima em peça única é de 2,2m.

Brumatti (2008) cita que este tipo de escada pode ser tanto industrializado quanto fabricado no próprio canteiro de obras, utilizando fôrma metálica, nas quais é permitida alguma regulagem com relação aos pisos e espelhos, assim como patamares e largura total da escada.

Mesmo que possa haver pequenas modificações nas dimensões da escada, ela é delimitada, pelas condições impostas pelos fabricantes.

Um modelo de fôrma para esses tipos de escadas é mostrado na figura 18.



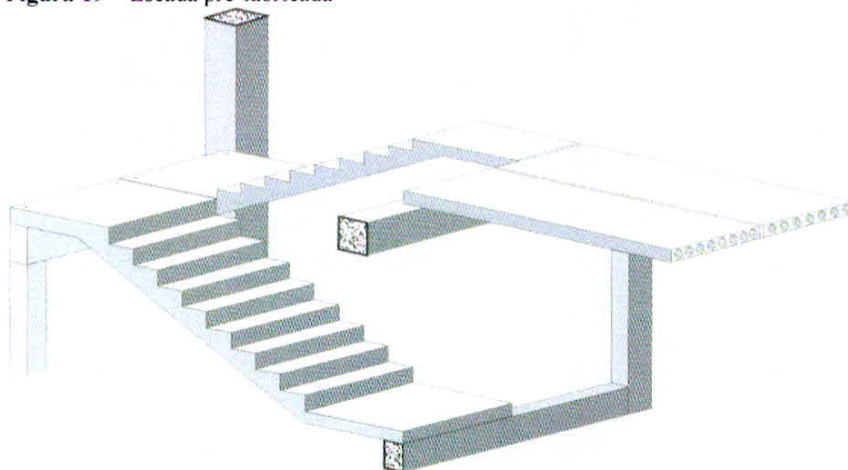
**Figura 18** – Forma Metálica da escada pré-moldada



**Fonte:** (BRUNATTI, 2008)

Como mostra a figura 19, as escadas de peças grandes são apoiadas nas suas extremidades, sendo assim são mais usuais em estruturas onde já haja pré-fabricados, ou também em estruturas que possuam vigas e pilares.

**Figura 19** – Escada pré-fabricada



**Fonte:** (www.cassol.ind.br)

#### 5.3.2.2 Escadas pré-fabricadas compostas por diversos elementos

As escadas pré-fabricadas compostas por diversos elementos se destacam devido á fácil movimentação destes no canteiro de obras sem o auxílio de equipamentos de içamento.

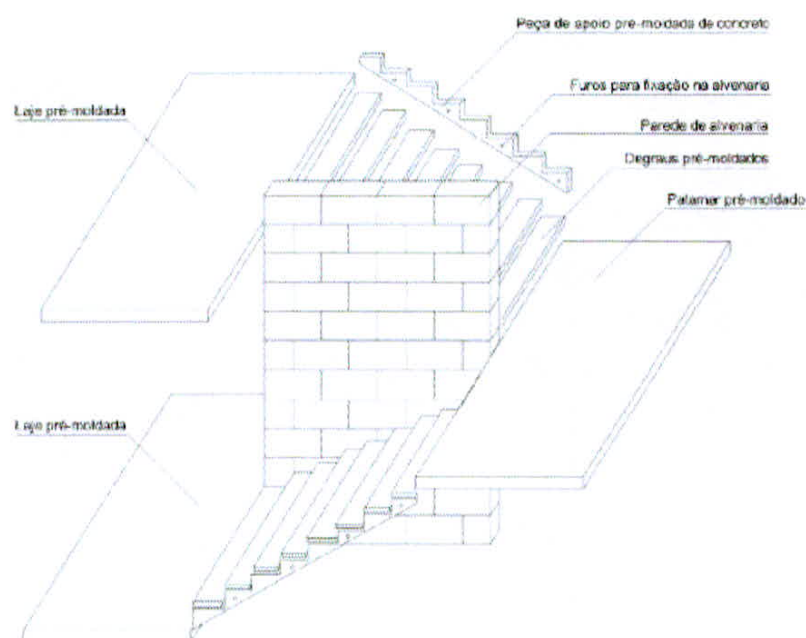
Os tipos usuais de pré-fabricadas de pequeno porte são a escada tipo “jacaré” e escadas em espiral.

Para este modelo de escadas será abordado somente escada tipo “jacaré”.

#### 5.3.2.2.1 Escadas pré-moldadas tipo jacaré

A escada pré-moldada tipo “jacaré” possui este nome devido ao formato de sua peça de sustentação da estrutura, que tem forma dentada, como mostrada na figura 20.

**Figura 20** – Escada pré-fabricada jacaré



**Fonte:** (www.aldowerle.blogspot.com.br)

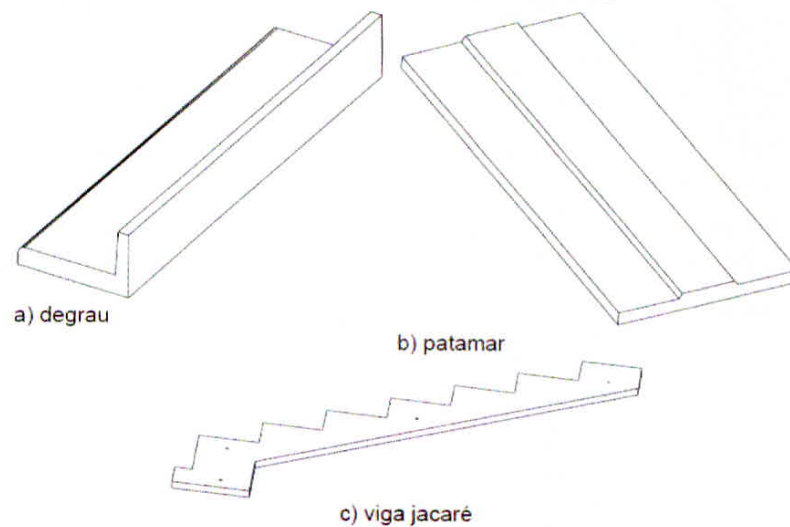
As peças da escada podem ser moldadas no canteiro de obras ou podem ser pré-fabricadas, elas possuem pequenas dimensões, com intuito de evitar o uso de maquinário especial para o transporte desta, vertical ou horizontal na obra. As peças de sustentação, onde são fixados os espelhos e os pisos da escada, são parafusadas lateralmente na própria parede da edificação, ou podem ainda ser apoiadas sobre vigas em suas extremidades.

Os patamares também podem ser moldados no canteiro da obra, e juntamente com a escada, geralmente, não necessita de acabamento depois de fixados, em alguns casos pode-se receber uma pintura final para anular diferença na tonalidade em alguns pontos dela.

Os componentes desta escada, mostrados na figura 21, são geralmente:

- Duas vigas dentadas;
- Degraus em “L” ou espelhos e pisos separadamente;
- Patamares pré-moldados;
- Peças de apoio do patamar;
- Peças complementares de ajuste.

**Figura 21** – Elementos constituintes da escada pré-fabricada jacaré



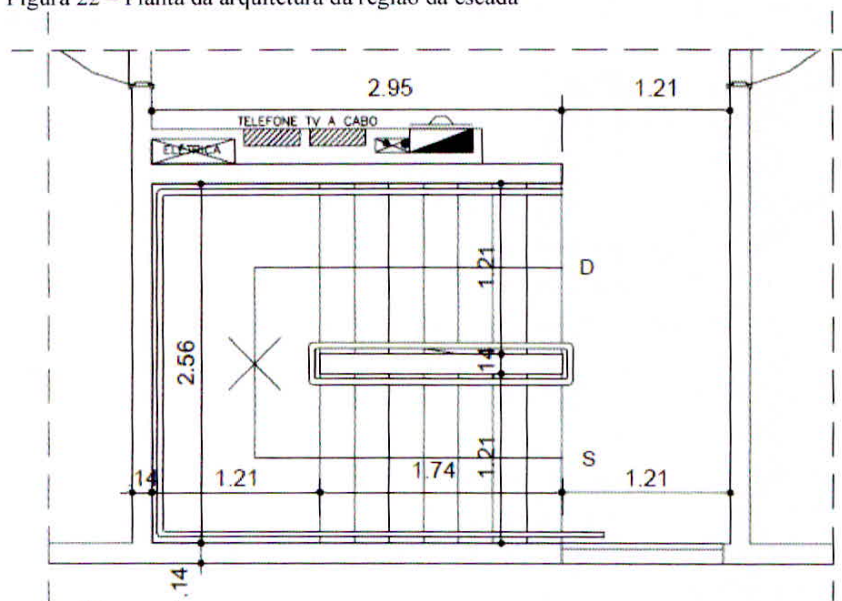
**Fonte:** (MAMEDE, 2001)

A elaboração do projeto de escada pré-fabricada engloba diretrizes para as definições preliminares, para a concepção e o dimensionamento dos elementos e para o detalhamento das armaduras (MAMEDE, 2001).

Sobre as definições preliminares é necessário ter o projeto em mãos, para que se definam as dimensões da escada, tanto com relação aos vãos, quanto em relação aos pisos e espelhos dela, assim como mostra um exemplo na figura 22.

Também nessa etapa é preciso determinar as características dos materiais a serem utilizados na produção dela, como por exemplo, o tipo de forma, ou até a resistência do concreto a ser utilizado.

Figura 22 – Planta da arquitetura da região da escada



Fonte: (MAMEDE, 2001)

Quanto á concepção deve-se atentar para que não haja nenhuma modificação estrutural nos componentes da escada no local de instalação, é nesta etapa que tudo deve ser decidido.

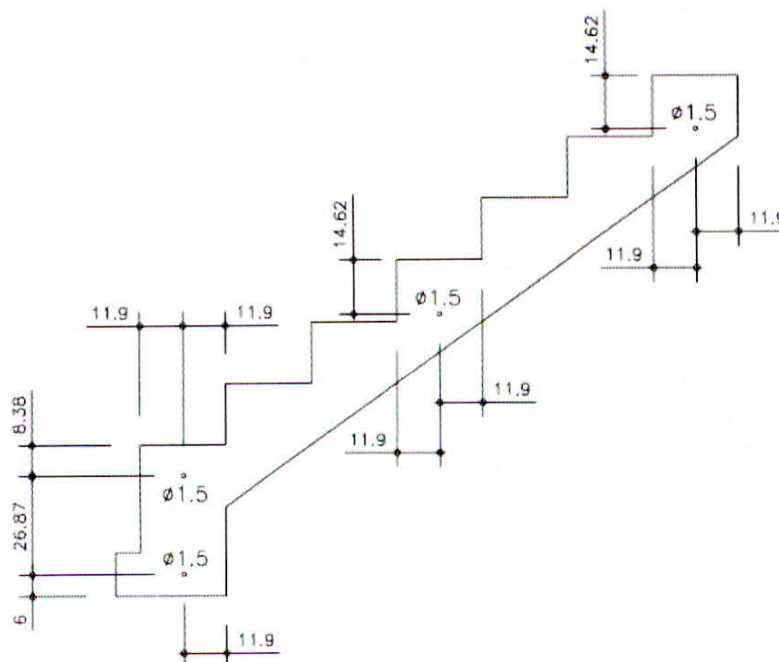
Sendo assim nesta etapa se define as dimensões dos elementos componentes da escada, e também eventuais problemas quanto à interface laje-escada, que podem ser resolvidos com peças pré-moldadas complementares.

O projeto da escada tipo jacaré deve ser executado de forma bastante detalhada, com todos os elementos desenhados separadamente.

Quanto ao dimensionamento das vigas denteadas (vigas jacaré), é feito de forma simples, considerando ela apoiada sobre os locais de fixação do parafuso ou chumbador, quando for fixada na parede, ou consideradas bi-apoiados em suas extremidades.

No caso de vigas fixadas na parede os dimensionamentos dos elementos de fixação devem seguir as normas respectivas ao tipo de material utilizado, sendo parafusos segue-se a ABNT – NBR 8800:2008 e para chumbadores, seguem-se os manuais dos fabricantes.

O posicionamento da fixação também deve ser definido nesta etapa, porem pode ser redefinido após as verificações necessária da estrutura, como ilustrado na figura 23.

**Figura 23** - Detalhe da localização dos parafusos

Fonte: (MAMEDE, 2001)

As ações a serem consideradas sobre a viga são o peso próprio, o peso dos degraus, e o carregamento de utilização. Os degraus são considerados bi-apoiados sobre as vigas.

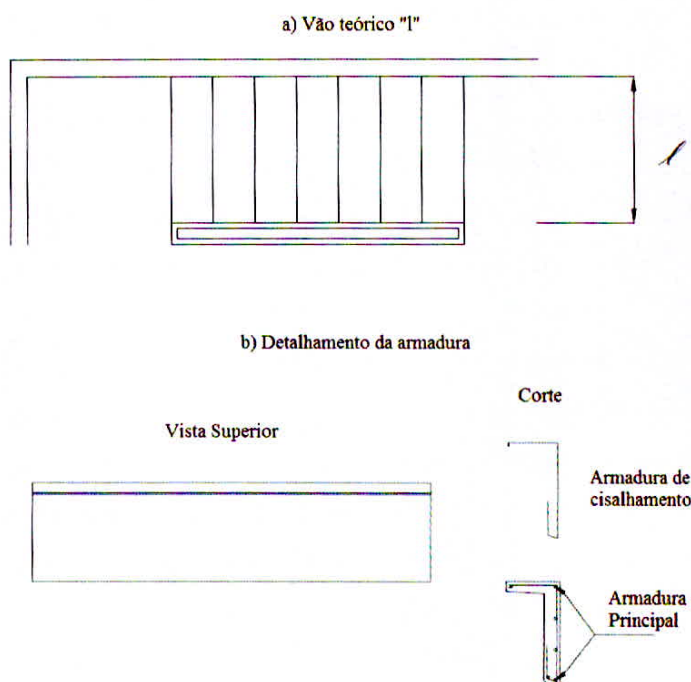
Depois de determinados as dimensões das peças, são feitos os cálculos para a determinação da armadura, e as verificações necessárias de acordo com a norma ABNT – 6118:2014, assim como é feito em escadas convencionais em concreto armado.

#### 5.3.2.2.1.1 Degraus

Para os degraus, sendo  $\ell$ , indicado na figura 24, o vão teórico para a determinação dos esforços, são somados à carga  $P$ , os valores das ações de sobrecarga, de peso próprio e também uma carga concentrada de 2,5 kN, esta última conforme a ABNT – NBR 6120:1980 que descreve no seu item 2.2.1.7 que degraus isolados devem ser calculados para suportarem uma carga concentrada de 2,5 kN na posição mais desfavorável.

A armadura principal é disposta no sentido do vão teórico do degrau, e a armadura de cisalhamento no contorno do degrau como mostra a figura 24.

**Figura 24** – Degrau da escada jacaré (vão teórico "l" e detalhamento da armadura)



**Fonte:** O autor.

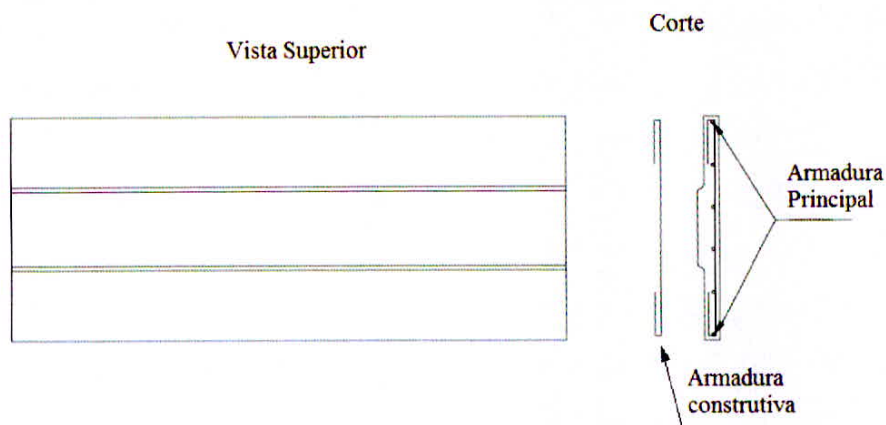
#### 5.3.2.2.1.2 Patamar

No dimensionamento do patamar são consideradas as cargas provenientes do peso próprio da estrutura somadas à sobrecarga de utilização.

Segundo Mamede (2001), mesmo que se na verificação da armadura não seja necessária a utilização de armadura transversal é aconselhável que as coloque por questões construtivas, além de ajudar na absorção dos esforços.

O detalhe da armadura é demonstrado na figura 25.

**Figura 25** – Detalhamento da armadura do patamar da escada jacaré



**Fonte:** O autor.

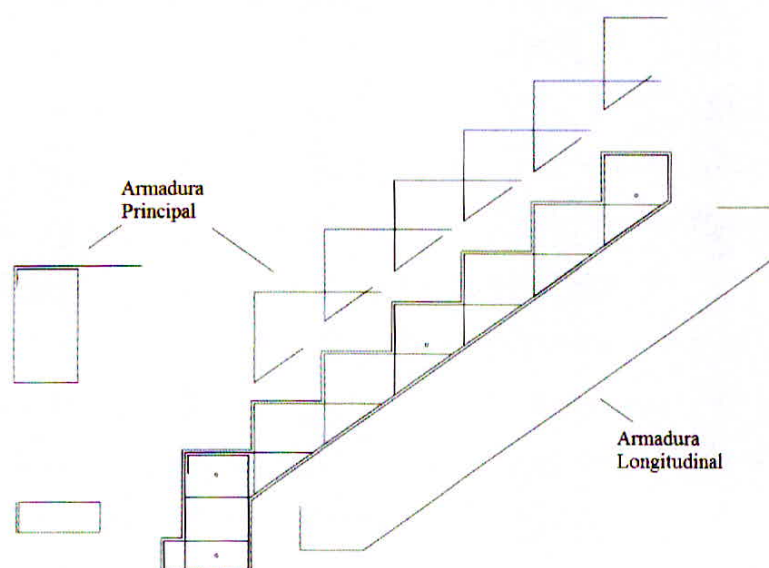
#### 5.3.2.2.1.3 Vigas denteadas

Os carregamentos utilizados para determinação das armaduras da viga denteada são compostos pelo peso próprio, sobrecarga de utilização e peso dos degraus. Depois de somados os carregamentos é preciso que se decomponham as forças para o sentido perpendicular à viga, através da fórmula  $P/\cos \alpha$ .

A figura 26 ilustra o detalhe da armadura da viga denteada.

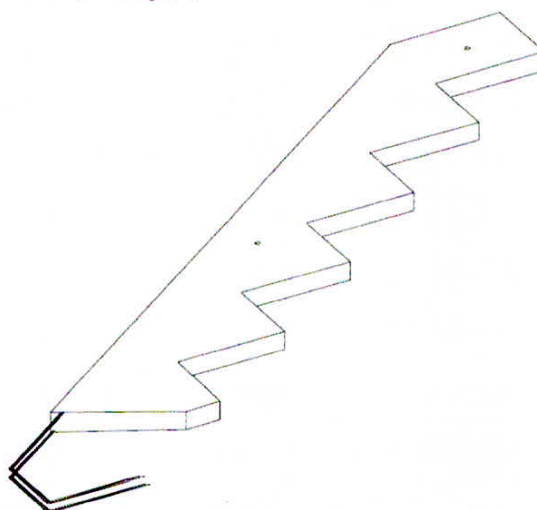
Conforme diz Mamede (2001), é necessário fazer a verificação devido ao transporte das vigas, pois durante o transporte destas pode ocorrer diferentes solicitações das previstas nos cálculos, podendo assim resultar em fissuras na peça. Se caso necessário a armadura deve ficar como mostra a figura 27.

**Figura 26** – Detalhamento da armadura da viga denteada



**Fonte:** O autor.

**Figura 27** – Detalhe da armadura longitudinal da viga denteada devido ao transporte



**Fonte:** (MAMEDE, 2001)

Assim como toda estrutura em concreto armado, devem-se seguir as prescrições da Norma ABNT – NBR 6118:2014, obedecendo aos princípios gerais de dimensionamento, verificação e detalhamento, com o objetivo de garantir a segurança em relação aos estados limites últimos (ELU) e estados limites de serviço (ELS) da estrutura como um todo e de cada uma de suas partes.



#### 5.3.2.2.1.4 Dimensionamento da ligação

Como citado anteriormente, para o dimensionamento dos itens de fixação das vigas segue-se a ABNT – NBR 8800:2008.

Segundo Mamede (2001 apud LEONHARDT E MONNIG, 1978), um pino embutido no concreto assemelha-se a uma barra sobre apoio elástico.

Como as definições do diâmetro do parafuso e dos espaçamentos utilizados são feitos anteriormente, se caso na verificação a força resistente da parede seja menor que a força de calculo da viga, deve-se redimensionar o diâmetro ou aumentar o numero de furos.

A resistência de calculo deve ser igual ou superior à solicitação, somados os coeficientes de ponderação (MAMEDE, 2011). Mamede ainda cita que para a verificação da capacidade resistente da parede recomenda-se usar  $F_{gk}$  de 9 Mpa, que é a resistência de um prisma cheio, compostos de bloco de 4,5 Mpa, resistência mínima de um bloco estrutural segundo ABNT – NBR 6136:1994.

De acordo com Mamede (2001) a distância mínima entre chumbadores é de 10 vezes o diâmetro do furo, a distância mínima entre o chumbador e a borda de concreto é de cinco vezes o diâmetro da barra, o comprimento do embutimento na parede deve ser de 10 centímetros.

### 5.4 Montagem e transporte

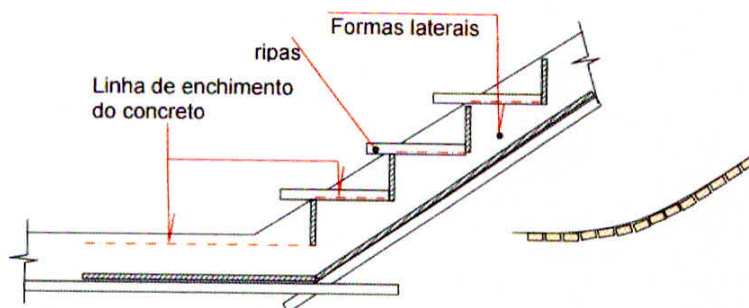
#### 5.4.1 Escadas moldadas “*in loco*”

Este tipo de escada é moldado no local, por isso não há necessidade de transporte, por isso será citado apenas sobre sua montagem.

##### 5.4.1.1 Montagem

A Montagem de escadas moldadas “*in loco*” é feita de forma simples. As fôrmas são colocadas no local definitivo da peça, e a montagem e forma vão variar dependendo do tipo da escada utilizada, observando as características de cada modelo, como mostrado na figura 28.

**Figura 28** – Formas de escadas moldadas “*in loco*”



Fonte: (www.cesec.ufpr.br)

As fôrmas devem ser devidamente escoradas com o posicionamento descrito no projeto. É esperado o tempo de cura determinado para remoção destas.

Diferentemente da escada pré-fabricada, esta não possui um controle rigoroso de qualidade, pois geralmente, depois de concretada, ainda recebe o revestimento.

Para estas escadas deve-se atentar para as recomendações prescritas na ABNT – NBR 6118:2014, à ABNT – NBR 12655:2006 que dispõe sobre o preparo e controle do concreto de cimento Portland, e também à ABNT – NBR 14931:2004, sobre execução de estruturas de concreto.

#### 5.4.2 Escadas pré-fabricadas compostas por peças grandes

##### 5.4.2.1 Montagem

Este tipo de escada deve possuir um controle rigoroso de qualidade para garantir o cumprimento das especificações do projeto. O controle de qualidade deve atender a ABNT – NBR 9062:2006, descritos no capítulo 12 da Norma.

Segundo Melo (2007), o apoio da escada deve ser simples, sem qualquer tipo de ligação por pino e deve possuir uma superfície de contato de no mínimo 10 cm, e pelo menos 66% de sua largura apoiada.

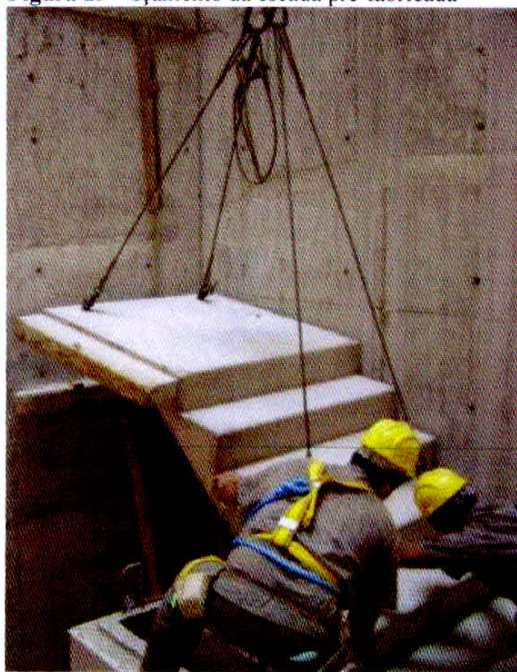
Em estruturas que recebam carga acidental não superior à  $3\text{ kN/m}^2$  a ligação pode ser realizada pelo rejuntamento com argamassa de cimento ou concreto, de folga entre as bordas dos elementos pré-moldados justapostos, que devem apresentar geometria adequada para garantir a transmissão da força cortante, sem levar em

conta a aderência entre a argamassa de cimento ou concreto com os elementos. (ABNT – NBR 9062:2006).

A montagem é feita através de equipamentos de içamento das peças e operários auxiliando no posicionamento desta, como ilustrado na figura 29, e para isso o projeto deve apresentar o posicionamento do componente na estrutura, o peso de cada componente, as ligações que serão feitas e os aparelhos de apoio com controles e medições.

Os equipamentos mais comuns para montagem da escada são o caminhão munk, guindastes e gruas.

**Figura 29** – Içamento da escada pré-fabricada



Fonte: (www.abcic.org.br)

De acordo com a ABNT – NBR 9062:2006 deve-se atentar para o cuidado no manuseio das escadas. As máquinas de suspensão, balancins, cabos de aço, ganchos devem ser dimensionado para o correto transporte da peça.

A ABNT – NBR 9062:2006 recomenda que possa ser utilizado escoramento provisório para auxílio no posicionamento das peças e garantia de estabilidade até que a ligação definitiva seja efetuada. Para isso deve ser analisada a ABNT – NBR 6118:2014.

Cortes e ajustes de elementos ou modificações nas ligações não devem ser permitidos no local de montagem (Neto, 1998 apud RICHARDSON, 1991)

#### 5.4.2.2 Transporte

Como já dito anteriormente, o transporte desse tipo de escada dentro do canteiro de obras é feito por equipamentos de içamento. Para esse transporte são fixados, durante o processo construtivo da escada, alças de içamento de acordo com especificações do projeto.

Estas alças devem estar alinhadas duas a duas, distantes da extremidade em 10% do vão, assim como cita Melo (2006).

Segundo ABNT – NBR 9062:2006 o transporte das peças industrializadas deve ser feito em caminhões ou carretas, que assegurem uma boa disposição das cargas, com travamento e deve também ser considerada a carga limite para transporte destas.

O posicionamento correto da peças no momento do transporte deve ser estudado, para que a frequência de vibração da estrutura fique afastada da frequência de excitação do veículo (ABNT – NBR 9062:2006).

Deve ser atendido o item que se refere ao transporte de peças pré-fabricadas da ABNT – NBR 9062:2006.

#### 5.4.3 Escadas tipo jacaré

##### 5.4.3.1 Montagem

Para garantir um bom comportamento da estrutura, é necessário tomar cuidados na fase de execução das peças, principalmente quanto às suas dimensões e acabamentos, para isso é necessário obter técnicas apuradas. As dimensões devem ser rigorosamente seguidas, e o acabamento superficial deve manter um padrão de excelência, pois na maioria das vezes não é utilizado revestimento neste tipo de escada.

Corsini menciona na edição 149 da revista Construção Mercado as etapas da fixação da escada pré-moldada do tipo jacaré que são o chumbamento, o assentamento de degraus e o assentamento de patamares.

Para o chumbamento é necessário que as paredes, onde será fixada a viga dentada, esteja grauteada (preenchido com graute) e depois de marcados os pontos, os blocos são furados e a viga é chumbada através de parafusos ou com chumbadores. A posição dos chumbadores é definida no projeto.

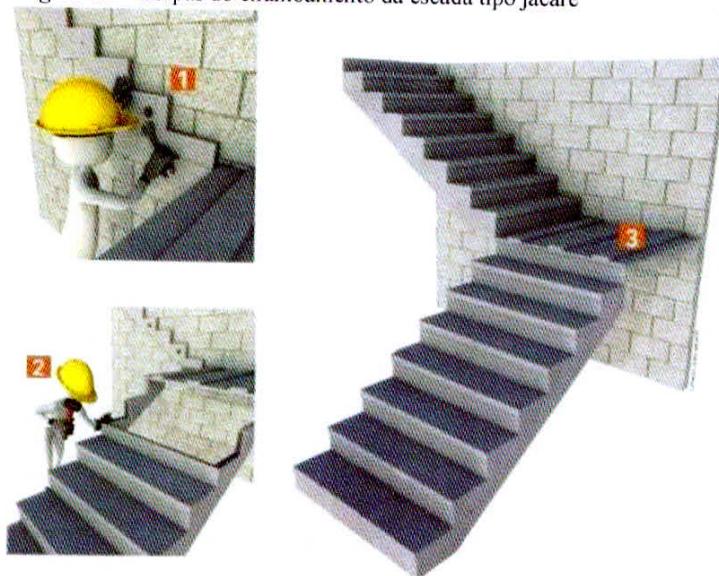
Depois de fixadas as vigas, para o assentamento dos degraus é depositado a argamassa de assentamento nas faces da viga, o degrau é bi-apoiado e martelado nas extremidades.

Logo após o assentamento dos degraus, que é feito de baixo para cima, se houver patamares intermediários também são assentados com argamassa estrutural, sobre as vigas horizontais.

Depois de assentado todos os degraus a escada já pode ser utilizada em seguida.

A figura a seguir mostra essas etapas de fixação da escada.

**Figura 30** – Etapas do chumbamento da escada tipo jacaré



Fonte: ([www.construcaomercado.pini.com.br](http://www.construcaomercado.pini.com.br))

Quando a viga denteada for bi-apoiado em sua suas extremidades, somente será alterada a forma de fixação da mesma, com o restante dos elementos sendo fixados da mesma forma.

#### 5.4.3.2 Transporte

As peças da escada tipo jacaré são transportadas manualmente, por um ou dois operários. De acordo com Melges (2001), os aspectos mais importantes no transporte manual são os ergonômicos, e ainda cita que o peso máximo que um operário pode carregar é de 50 Kg, de acordo com indicações da Organização Nacional do Trabalho.

## 5.5 Concreto

### 5.5.1 Escadas moldadas “*in loco*”

Os projetos devem conter as características do concreto a ser utilizado na construção da escada. A elaboração do projeto da escada moldada “*in loco*” deve seguir as prescrições da ABNT – NBR 6118:2014.

Usualmente utiliza-se concreto da classe C-20 ou superior, para isso é necessário avaliar a classe de agressividade ambiental de onde será localizado o edifício, e também analisando a espessura do cobrimento da armadura.

### 5.5.2 Escadas pré-fabricadas

Para este tipo de escadas as características do concreto a ser utilizado devem ser apresentadas em projeto, e a elaboração deve seguir as prescrições da ABNT – NBR 9062:2006.

Segundo Acker (2002), o concreto de alto desempenho (com resistência superior a 50 MPa) é bem conhecido na indústria de pré-fabricação e muitas fábricas já estão empregando-o diariamente.

É utilizado concreto com maior resistência devido o período de mínimo desforma das peças pré-fabricadas, que torna necessário alta resistência inicial, por isso são aplicados cimentos, como cita Bastos (2011), CP V (ARI), e CP II (composto), classe 40. Nas escadas pré-fabricadas, a desforma geralmente é feita em poucas horas, para isso são adicionado aditivos, e também processo de aceleração da cura, tais como o vapor de água aquecido, acelerando a reação de hidratação do cimento.

Bastos (2011) fala também que a temperatura do vapor deve ser controlada, pois altas temperaturas podem prejudicar a resistência do concreto para certos tipos de cimento, e também podem causar falhas na superfície das peças.

É bem empregado também, o uso de concreto auto adensável, que dispensa o uso de vibração para a concretagem.

Segundo Moreira (2009, apud TERZIAN, 2005) para o uso de agregados graúdos é recomendado evitar o uso de agregados lamelares e muito finos, pois aumentam o consumo de água.

Moreira (2009) ainda cita que é importante que os agregados miúdos não possuam impurezas, pois pode afetar a resistência do concreto devido o aumento do consumo de água.

## 5.6 Aço

O aço utilizado para as escadas em concreto armado são o CA 50 e CA 60.

Tanto nas escadas moldadas “*in loco*” quanto em escadas pré-fabricadas pode ser utilizadas tela soldada ou barras isoladas.

Segundo o engenheiro Luiz Cholfé (1997) as telas soldadas com aço CA 60 e CA 50, são as fabricadas com aço das companhias siderúrgicas brasileiras, em particular o grupo Gerdau e a Cia. siderúrgica Belgo Mineira.

Para a escada moldada “*in loco*” é mais usual o uso de barras isoladas, por ser montada no local definitivo. Já para escadas pré-fabricadas, que visam alta produtividade é mais usual o uso de telas soldadas.

As telas soldadas promovem uma melhor distribuição uniforme das barras de aço, por isso possuem um melhor controle de qualidade, porém, devido ser comercializadas em rolos de grandes dimensões, em alguns casos é mais vantajoso o uso de barras isoladas.

## 6 ESTUDO DE CASO

Dentre os tipos de escadas apresentados, são encontradas formas diferentes de armadura e apoios. Para cada tipo de edificação é possível analisar uma melhor opção, analisando o processo construtivo. O quadro 2 mostra o resumo dos tipos de escadas apresentados nesse trabalho.

Quadro 2 – Quadro Resumo

ESCADAS MOLDADAS “ <i>IN LOCO</i> ”	ESCADAS PRÉ-MOLDADAS
<p><b>ARMADA TRANSVERSALMENTE</b></p> <p>Possui a armadura principal perpendicular ao sentido da escada e são apoiados em vigas nas laterais. São mais usuais em edifícios residenciais.</p>	<p><b>TIPO JACARÉ</b></p> <p>Composta por várias peças. São apoiadas em vigas denteadas nas laterais, e os degraus são isolados. As vigas são fixadas nas paredes estruturais ou bi-apoiados em suas extremidades. Quando fixadas nas paredes, são usuais em edifícios de alvenaria estrutural.</p>
<p><b>ARMADA LONGITUDINALMENTE</b></p> <p>Possui armadura principal no sentido do tráfego da escada e são apoiadas por vigas em suas extremidades. Observar para engastamentos com pisos ou patamares.</p>	<p><b>COMPOSTA POR PEÇAS GRANDES</b></p> <p>São armadas longitudinalmente, e apoiadas em suas extremidades, por vigas ou lajes. São usuais em edifício onde haja outras estruturas pré-fabricadas. Necessitam de equipamentos de içamento para instalação.</p>
<p><b>COM PATAMAR</b></p> <p>Possuem armadura longitudinal, engastadas nos patamares. Atentar para o posicionamento da armadura positiva. Considera-se como laje simplesmente apoiada.</p>	
<p><b>PLISSADAS</b></p> <p>Os degraus são engastados entre si, podendo ser armadas considerando o espelho do degrau como uma viga, ou armada longitudinalmente, assim necessitam de armadura secundária.</p>	

Fonte: O autor

Para o trabalho serão abordados para o comparativo os seguintes modelos de escadas:

- Escadas Armadas longitudinalmente: Moldadas “*in loco*” x Pré-moldadas de grande porte.
- Escadas Armadas transversalmente: Moldadas “*in loco*” x Pré-moldadas tipo jacaré.
- Escadas plissadas: Moldadas “*in loco*” x Pré-moldadas de grande porte.

O comparativo proporcionará a realização de indicadores de concreto, aço e também formas, para execução das escadas.

Os indicadores de aço e concreto são a relação entre o peso do aço e o volume de concreto. Segundo Valentini (2009) a taxa de aço ideal para obras varia em torno de 80 a 100 Kg de aço por m<sup>3</sup> de concreto.



Os indicadores de formas são a relação entre área de formas e volume de concreto. Valentini (2009) cita que a taxa de forma varia entre 12 e 14 m<sup>2</sup> de forma por m<sup>3</sup> de concreto.

Para o comparativo será realizado o estudo de caso das escadas moldadas “*in loco*” e pré-fabricadas, seguindo as seguintes etapas:

1. Concepção do projeto
2. Escolha do modelo estrutural
3. Determinação os carregamentos
4. Determinação dos esforços
5. Detalhamento da estrutura
6. Dimensionamento da estrutura
7. Determinação dos indicadores

Depois de realizado este estudo de caso, obter-se-á os indicadores de consumo para construção da escada em concreto armado, seja ela moldada “*in loco*”, como pré-moldada, sendo assim possível saber qual é a mais viável em termos de consumo de materiais, para situação proposta.

## 6.1 Dimensionamento e detalhamento das escadas

Para que possa ser realizado o comparativo entre os tipos de escadas citados do item 6 deste trabalho, serão feitos os dimensionamentos das mesmas, em um caso hipotético, afim de obter o consumo dos materiais em cada modelo estudado.

Para todos os tipos de escadas serão utilizados os seguintes dados:

- Aço: CA-50
- Concreto: C30 ( $f_{ck} = 30$  MPa)
- Escada com acesso ao público = 3,0 kN/m<sup>2</sup>

Demais considerações serão feitas conforme ABNT pertinente ao tipo da escada.

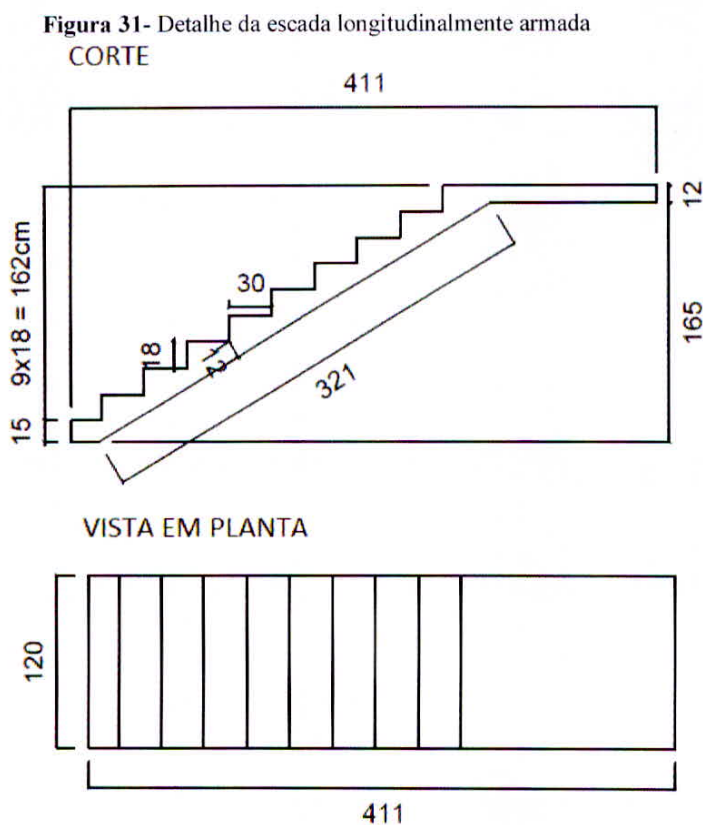
Será dimensionada também em apenas um lance de escadas, já que a pré-fabricada deve ser construída dessa maneira.

### 6.1.1 Comparativo entre escadas armadas longitudinalmente: moldada “*in loco*” x pré-moldadas de grande porte

O primeiro estudo comparativo será entre as escadas longitudinalmente armadas, sendo elas moldadas “*in loco*” e pré-moldadas de grande porte, onde, através do memorial de cálculos, será demonstrado como se obteve os consumos finais.

#### 6.1.1.1 Dimensionamento da escada moldada “*in loco*” (armadura longitudinal)

Os detalhes da escada longitudinalmente armada são demonstrados na figura 31, e o quadro 3 mostra a memória de cálculo do dimensionamento da mesma.



Fonte: O autor

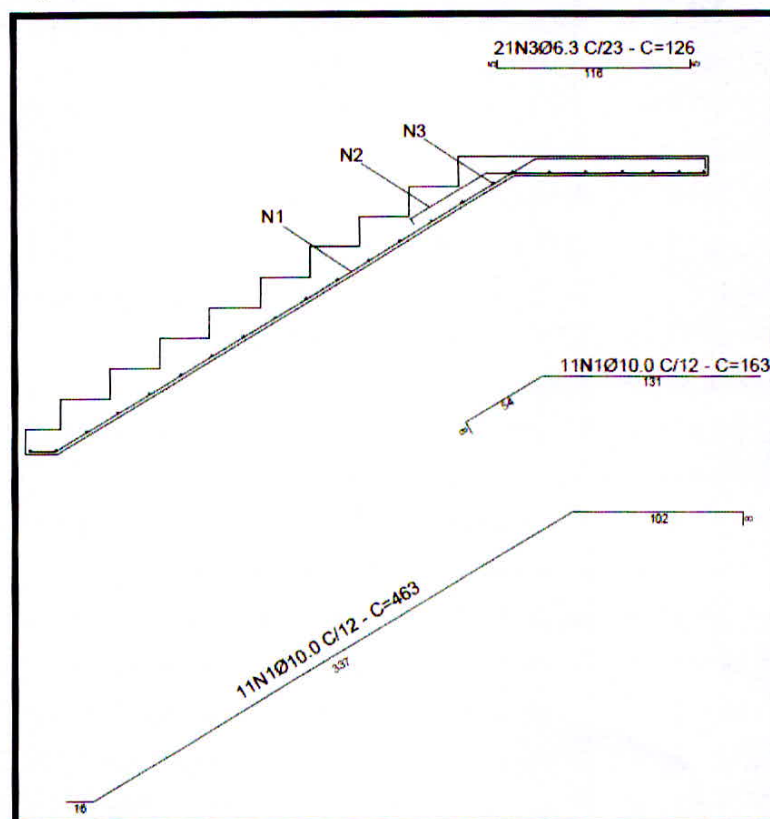
**Quadro 3 -** Memória de cálculo escada longitudinalmente armada

Memória de Cálculo - Escada Longitudinalmente Armada		
CARREGAMENTOS		
<b>Patamar</b>		
Peso Próprio	0,12 x 25	3,0 kN/m <sup>2</sup>
Sobrecarga		3,0 kN/m <sup>2</sup>
	<b>Total</b>	<b>6,0 kN/m<sup>2</sup></b>

<b>Laje/Degrau</b>			
Peso Próprio da laje	0,12 x 25		3,0 kN/m <sup>2</sup>
Peso Próprio do degrau	0,18/2 x 24		2,16 kN/m <sup>2</sup>
Sobrecarga			3,0 kN/m <sup>2</sup>
<b>Total</b>			<b>8,16 kN/m<sup>2</sup></b>
<b>SOLICITAÇÃO</b>			
Momento Fletor Máximo			17,4 kN.m
Força Resultante no Apoio 1			14,9 kN
Força Resultante no Apoio 2			15,4 kN
<b>ARMADURA</b>			
K <sub>md</sub>	$(1,4 \times 1740) / (100 \times 9,5^2 \times (3/1,4))$	0,125	k <sub>x</sub> =0,19979; k <sub>z</sub> =0,92008
A <sub>s</sub>	$(1,4 \times 1650) / (0,92008 \times 9,5 \times (50/1,15))$	6,41 cm <sup>2</sup> /m	<b>Φ 10,0mm c/ 12cm</b>
A <sub>S<sub>min</sub></sub>	0,15/100x100x12	1,8 cm <sup>2</sup> /m	-
Espaçamento A <sub>s</sub>	0,8/7,2		11cm
A <sub>S<sub>dist</sub></sub>	1/5.A <sub>s</sub>	1,28 cm <sup>2</sup> /m	<b>Φ 6,3mm c/ 24 cm</b>
Espaçamento A <sub>S<sub>dist</sub></sub>	0,315/1,28		24cm

Fonte: O autor

Com base nos cálculos demonstrados no quadro 3, pode-se então elaborar o detalhamento da escada ilustrado na figura 32.

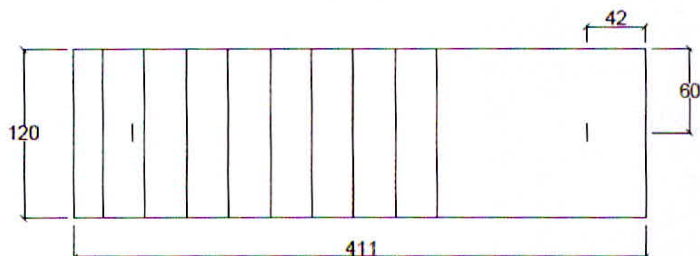
**Figura 32-** Detalhamento da armadura escada longitudinalmente armada

Fonte: O autor

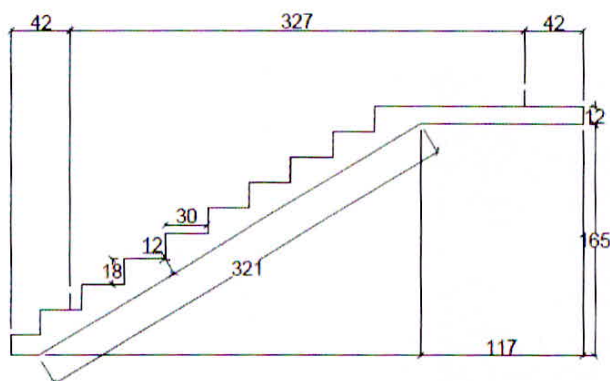
#### 6.1.1.2 Dimensionamento da escada pré-moldada (armadura longitudinal)

Os detalhes da escada longitudinalmente armada pré fabricada, e a posição de suas alças de içamento são demonstrados na figura 33

**Figura 33-** Detalhe da escada longitudinalmente armada pré-moldada  
VISTA EM PLANTA



CORTE



Fonte: O autor

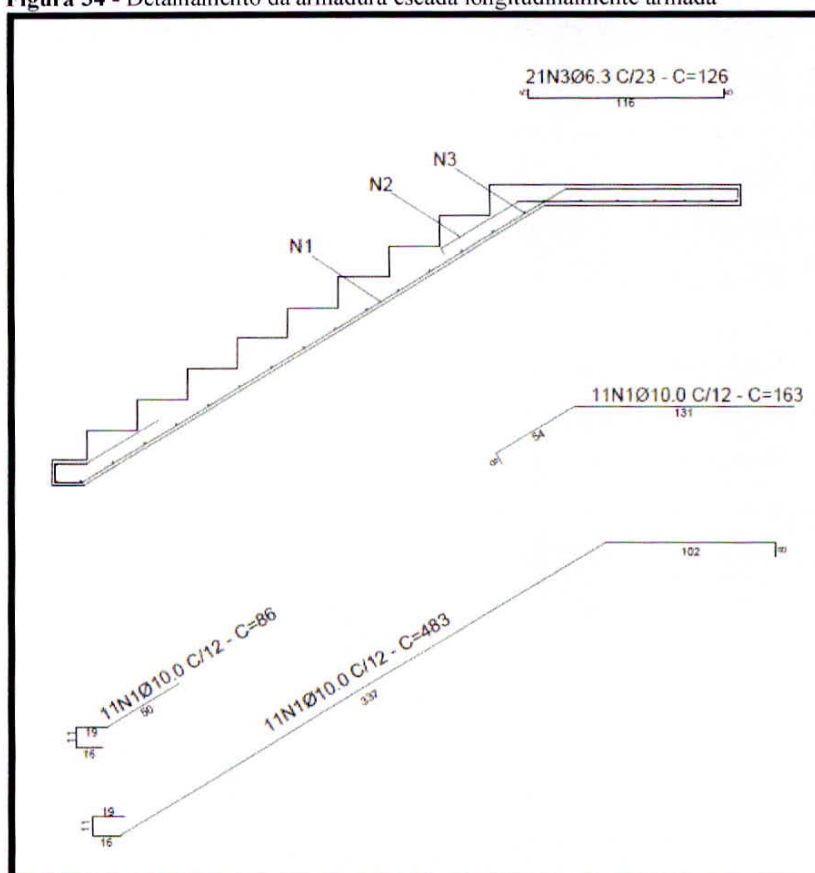
O dimensionamento da escada pré-moldada armada longitudinalmente é de forma análoga a da escada moldada “*in loco*” acrescido do cálculo de dimensionamento para o esforço devido ao içamento da peça para montagem, gerando assim momentos fletores diferentes dos quais a peça sofrerá em sua posição final. O quadro 4 mostra a quantidade de aço necessária para suportar esse esforço transitório, e na figura 34 têm-se o detalhamento da escada pré-moldada.

**Quadro 4** – Memória de cálculo escada longitudinalmente armada devido ao içamento

ARMADURA			
Kmd	$(1,4 \times 80) / (100 \times 9,5^2 \times (3/1,4))$	0,005	$k_x = 0,00737$ ; $k_z = 0,99705$
As	$(1,4 \times 80) / (0,99705 \times 9,5 \times (50/1,15))$	0,03 cm <sup>2</sup> /m	
Asmín	0,15/100x100x12	1,8cm <sup>2</sup> /m	

Fonte: O autor

Figura 34 - Detalhamento da armadura escada longitudinalmente armada



Fonte: O autor

### 6.1.1.3 Quantitativos de materiais das escadas armadas longitudinalmente

Para calcular os indicadores de consumo é necessário avaliar o consumo de materiais de cada tipo de escada. O quadro 5 demonstra os cálculos de consumo de materiais e os respectivos indicadores de consumo.

Quadro 5 – Quantitativo e Indicadores de consumo da escada armada longitudinalmente

COMPARATIVO DE CONSUMOS	AÇO (kg)	CONCRETO (m <sup>3</sup> )	FORMA (m <sup>2</sup> )
ESCADA ARMADA LONGITUDINALMENTE MOLDADA "IN LOCO"	48,97	0,96	8,35
ESCADA ARMADA LONGITUDINALMENTE PRÉ-MOLDADA	54,81	0,96	12,68
INDICADORES DE CONSUMO	AÇO / CONCRETO	FORMA / CONCRETO	
ESCADA ARMADA LONGITUDINALMENTE MOLDADA "IN LOCO"	51,01	8,70	
ESCADA ARMADA LONGITUDINALMENTE PRÉ-MOLDADA	57,35	13,27	

Fonte: O autor

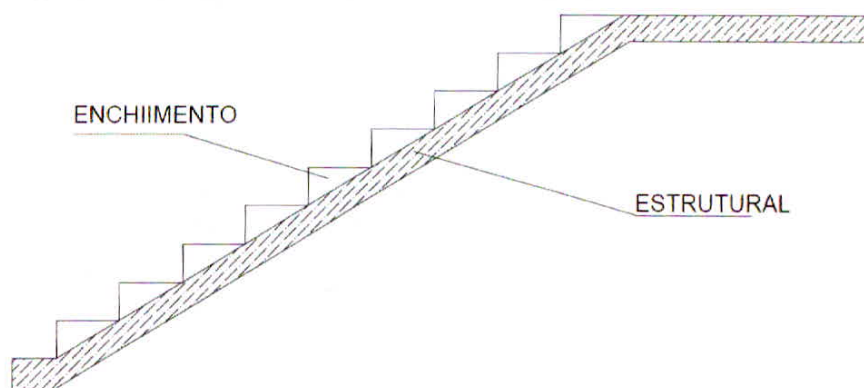
Os dados apresentados no quadro 5 mostram que o consumo de aço da escada pré-moldada é aproximadamente 11% maior do que a moldada “*in loco*”. Isso ocorre devido a armadura utilizada para absorver esforços devido ao içamento da peça durante a montagem da mesma.

O consumo de concreto permanece o mesmo, pois os dois tipos de escadas possuem a mesma dimensão.

O consumo de forma da escada pré-moldada é maior para uma escada, porém há de se observar que, para a escada moldada “*in loco*” a forma não pode ser reutilizada, porque após a concretagem da peça no local existe uma grande dificuldade em retirar as formas sem danificá-las. Mesmo que o custo da forma para uma escada pré-moldada seja maior, esta diferença é compensada na quantidade de vezes que ela pode ser utilizada.

A taxa de aço (aço/concreto) é aproximada, pois o a diferença de consumo de aço é pequena e o consumo de concreto é o mesmo. Os valores dessa taxa estão abaixo do ideal para concreto armado, isso acontece porque no cálculo de volume de concreto é também considerado o volume dos degraus, porém estes não possuem função estrutural na escada, sendo considerados somente elementos de enchimento, aumentando o volume do material, e também elevando o peso próprio da estrutura, causando maiores esforços na escada. A figura 35 ilustra a separação entre material estrutural e material de enchimento presente na escada.

**Figura 35** – Separação do material de enchimento e material estrutural



**Fonte:** O autor

Adotando o dimensionamento da escada pré-moldada, caso a taxa de armadura fosse calculada somente com relação ao material com função estrutural do elemento a equação ficaria da seguinte maneira:

$$T.A. = \frac{48,97kg}{0,667m^3} = 73,42 kg/m^3$$

O resultado deste calculo mostra que a taxa de armadura está próxima da ideal para estruturas em concreto armado.

No caso da taxa de forma, a diferença é elevada devido ao consumo de forma para uma escada pré-moldada ser cerca de 50% maior que a moldada “*in loco*”. Isso ocorre porque as formas para escada pré-moldada é utilizada na parte inferior e superior da mesma, como mostrado na figura 36.

Segundo El Debs (2000), a quantidade de reutilização de formas de metálicas no uso de pré-moldados é de 400 (quatrocentas) vezes. Desta maneira o índice de reutilização é:

$$I = 1/400 = 0,0025$$

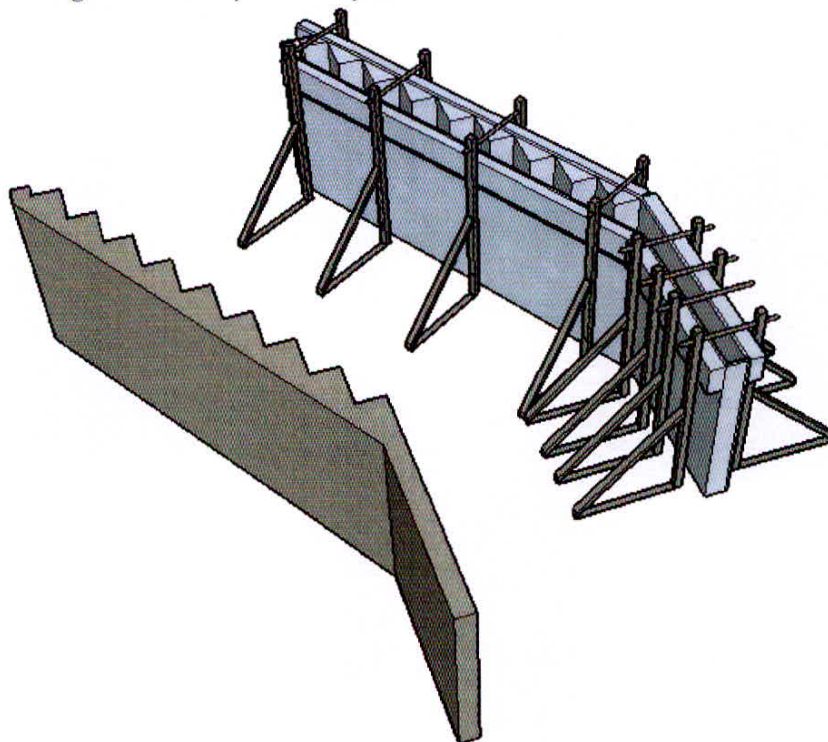
As formas de madeira plastificada, no concreto moldado “*in loco*” podem ser reutilizadas 15 (quinze) vezes (BANET, 2008). Sendo assim o índice de reutilização é:

$$I = 1/15 = 0,0666$$

Aplicando os índices de reutilização o consumo real de formas para a escada moldada “*in loco*” é de 0,56 m<sup>2</sup>, já para escadas pré-moldadas o consumo é de 0,0317 m<sup>2</sup>.



Figura 36- Forma para escada pré-moldada



Fonte: O autor

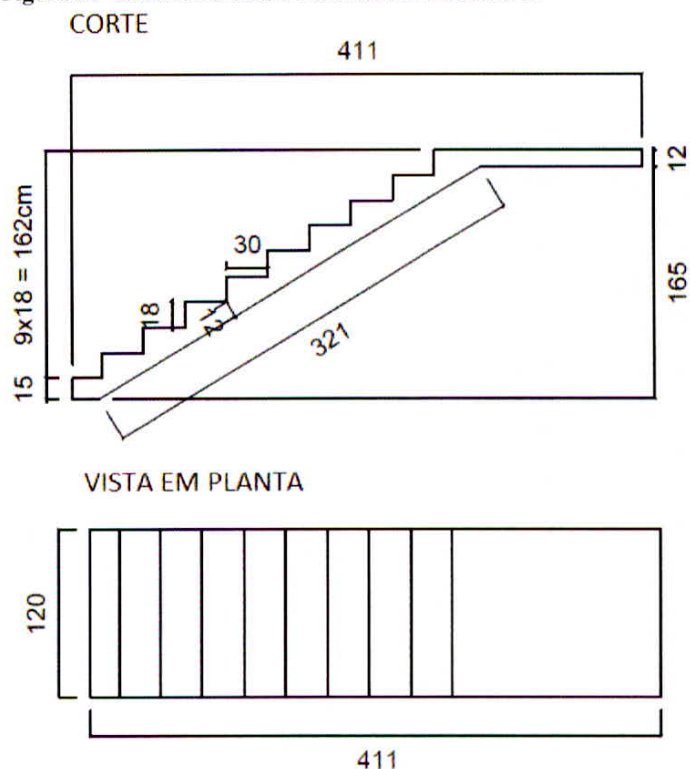
#### 6.1.2 Comparativo entre escadas armadas transversalmente: moldada “*in loco*” x pré-moldadas tipo jacaré

O segundo estudo comparativo será entre as escadas transversalmente armadas, sendo elas moldadas “*in loco*” e pré-moldadas de tipo jacaré, onde, através do memorial de cálculos será demonstrado como se obteve os consumos finais.

##### 6.1.2.1 Dimensionamento da escada moldada “*in loco*” (armadura transversal)

Os detalhes da escada transversalmente armada são demonstrados na figura 37, e o quadro 6 mostra a memória de cálculo do dimensionamento da mesma. Também foram dimensionadas as vigas laterais onde a escada será apoiada, já que para o modelo desta escada pré-fabricada também é considerado o dimensionamento da viga de apoio.

Figura 37- Detalhe da escada transversalmente armada



Fonte: O autor

Quadro 6 – Memória de cálculo escada transversalmente armada

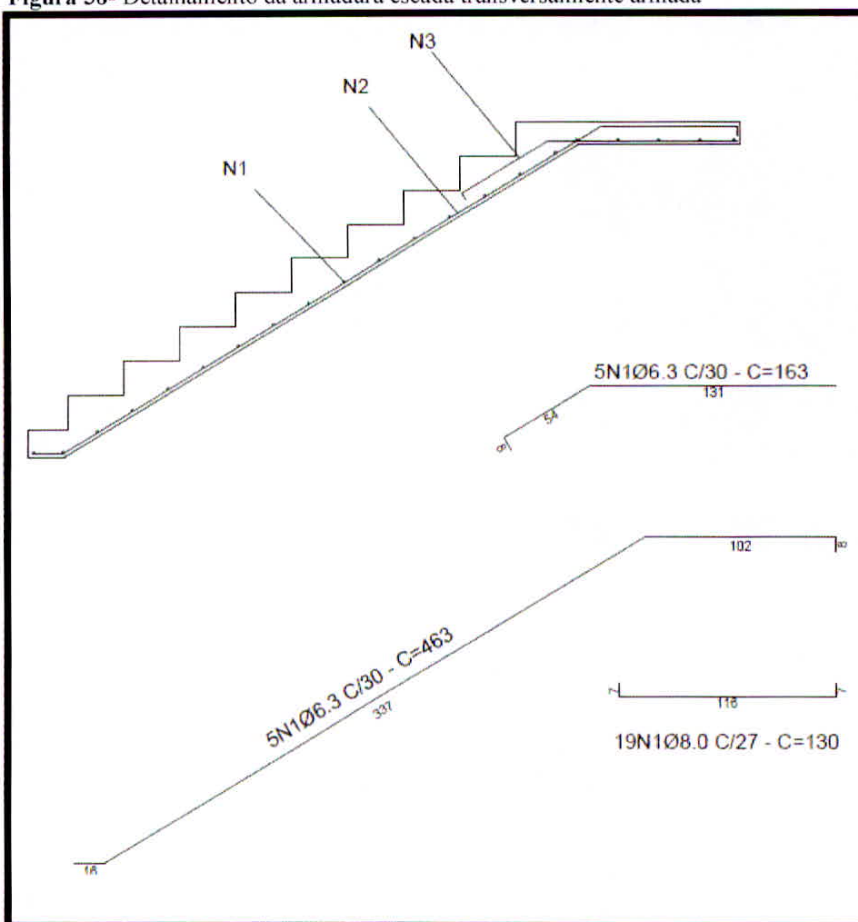
Memorial de Cálculos - Viga para Escada Transversalmente Armada			
<b>CARREGAMENTOS</b>			
<b>Reação Laje/Degrau</b>			
Peso Próprio da laje	0,12 x 25		3,0 kN/m <sup>2</sup> /2
Peso Próprio do degrau	0,18/2 x 24		2,16 kN/m <sup>2</sup> /2
Sobrecarga(q)			3,0 kN/m <sup>2</sup> /2
		<b>Total</b>	<b>4,08 kN/m<sup>2</sup></b>
<b>SOLICITAÇÃO</b>			
Momento Fletor Máximo			9,3 kN.m
Força Resultante no Apoio 1			8,8 kN
Força Resultante no Apoio 2			8,0 kN
<b>ARMADURA</b>			
K <sub>md</sub>	$(1,4 \times 930)/(15 \times 16^2 \times (3/1,4))$	0,158	k <sub>x</sub> =0,25966; k <sub>z</sub> =0,89614
A <sub>s</sub>	$(1,4 \times 930)/(0,89614 \times 16 \times (50/1,15))$	2,09cm <sup>2</sup>	<b>4 Φ 8,0mm</b>
A <sub>smin</sub>	0,15/100x0,15x0,20	0,45cm <sup>2</sup>	-
Armadura construtiva			<b>2 Φ 8,0mm</b>
A <sub>sw</sub>			<b>Φ 5,0mm c/ 17 cm</b>

Memória de Cálculo - Escada Transversalmente Armada			
<b>CARREGAMENTOS</b>			
<b>Laje/Degrau</b>			
Peso Próprio da laje	0,12 x 25		3,0 kN/m <sup>2</sup>
Peso Próprio do degrau	0,18/2 x 24		2,16 kN/m <sup>2</sup>
Sobrecarga(q)			3,0 kN/m <sup>2</sup>
	<b>Total</b>		<b>8,16 kN/m<sup>2</sup></b>
<b>SOLICITAÇÃO</b>			
Momento Fletor Máximo			2,0 kN.m/m
Força Resultante no Apoio			5,7 kN/m
<b>ARMADURA</b>			
K <sub>md</sub>	$(1,4 \times 200)/(100 \times 9,5^2 \times (3/1,4))$	0,015	k <sub>x</sub> =0,022764; k <sub>z</sub> =0,99110
A <sub>s</sub>	$(1,4 \times 1650)/(0,92357 \times 9,5 \times (50/1,15))$	0,72cm <sup>2</sup> /m	-
A <sub>smin</sub>	0,15/100x100x12	1,8cm <sup>2</sup> /m	<b>Φ 8,0mm c/ 27cm</b>
Espaçamento A <sub>s</sub>	0,5/1,8		27cm
A <sub>sdist</sub>	0,90cm/m	0,9cm <sup>2</sup> /m	<b>Φ 6,3mm c/ 35 cm</b>
Espaçamento A <sub>sdist</sub>	0,315/0,9		35cm

Fonte: O autor

Com base nos cálculos demonstrados no quadro 6, pode-se então elaborar o detalhamento da escada ilustrado na figura 38.

Figura 38- Detalhamento da armadura escada transversalmente armada



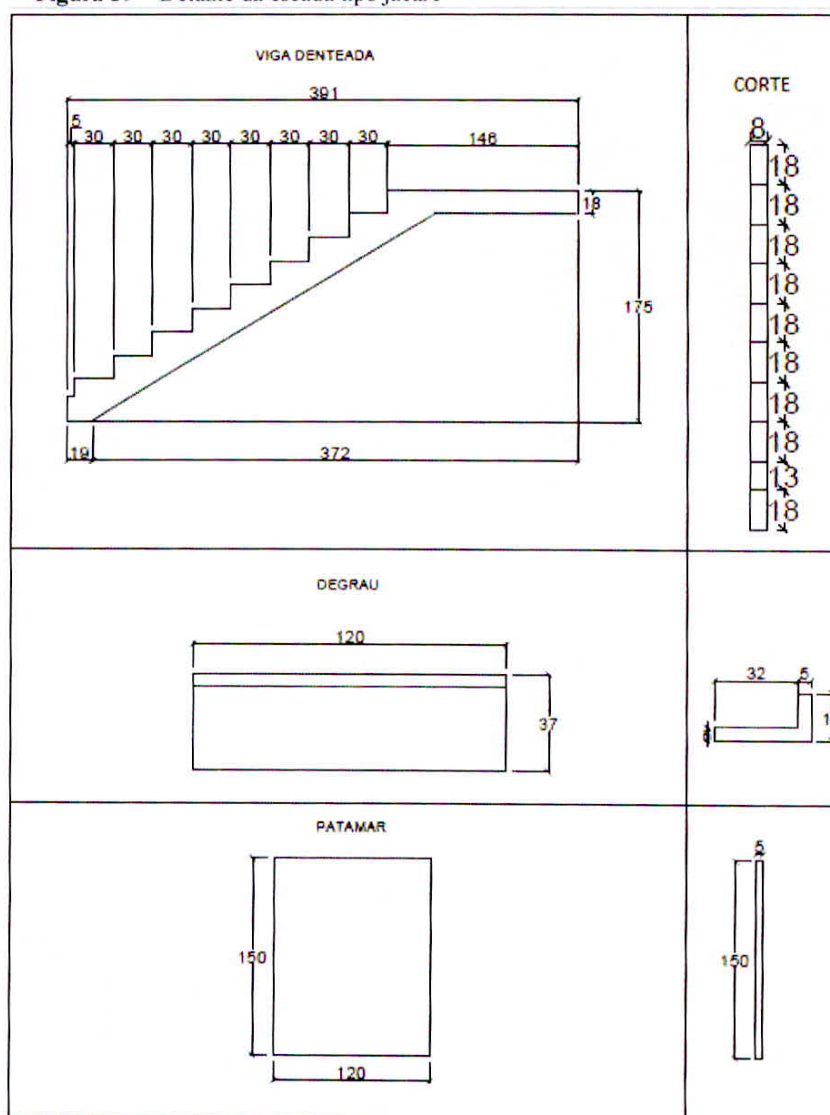
Fonte: O autor

#### 6.1.2.2 Dimensionamento da escada pré-moldada tipo jacaré (armadura transversal)

Inicialmente seria utilizado para o comparativo a escada jacaré fixando as vigas denteadas nas paredes laterais por parafusos, no entanto esse tipo de viga é somente utilizado em edifícios de alvenaria estrutural, então para abordar o modelo de armadura transversal para escadas de uma maneira mais ampla serão utilizadas vigas bi-apoiados.

A figura 39, a seguir, mostra os detalhes da escada tipo jacaré e em seguida o quadro 7 demonstra a memória de cálculo do dimensionamento da mesma.

Figura 39 – Detalhe da escada tipo jacaré



Fonte: O autor

Quadro 7- Memória de cálculo escada tipo jacaré

Memória de Cálculo - Escada Tipo Jacaré		
<b>DEGRAU</b>		
<b>CARREGAMENTOS <sup>1</sup></b>		
Peso Próprio	$((0,05 \times 0,18) + (0,05 \times 0,32)) \times 24$	0,6 kN/m
Sobrecarga	0,30 x 3	0,9 kN/m
<b>Total</b>		<b>1,5 kN/m</b>
Carga Pontual		<b>2,5 kN</b>

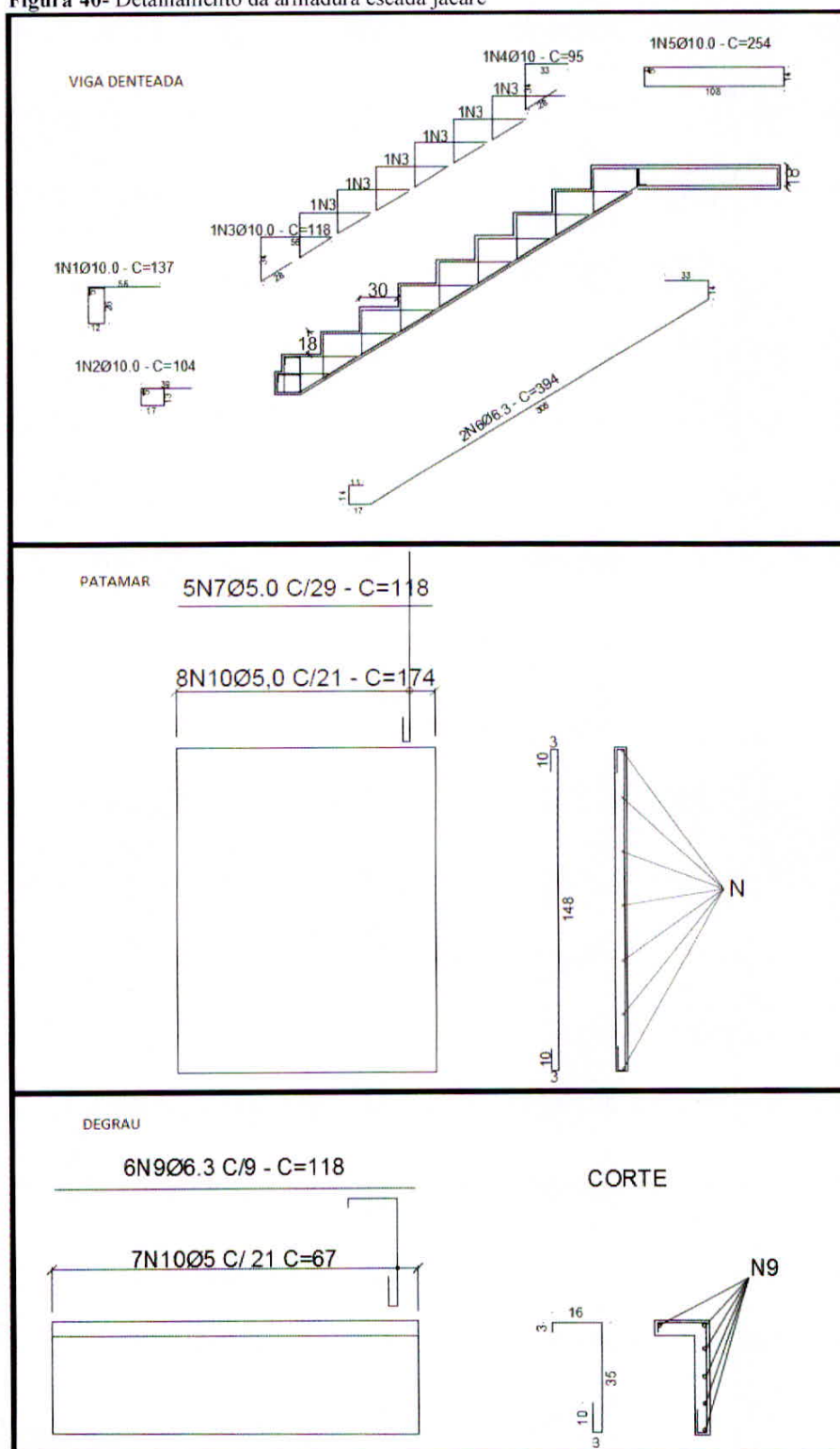
<b>SOLICITAÇÃO</b>			
Momento Fletor Máximo			1,02 kN.m/m
Força Resultante no Apoio			2,2 kN/m
<b>ARMADURA</b>			
K <sub>md</sub>	$(1,4 \times 102) / (35 \times 3,7^2 \times (3/1,4))$	0,131	k <sub>x</sub> =0,20858; k <sub>z</sub> =0,901657
A <sub>s</sub>	$(1,4 \times 102) / (0,90945 \times 3,7 \times (50/1,15))$	0,97 cm <sup>2</sup>	5 $\Phi$ 5,0 mm
A <sub>S<sub>min</sub></sub>	0,15/100x35x5	0,28 cm <sup>2</sup>	-
A <sub>S<sub>dist</sub></sub>	0,9	0,9cm <sup>2</sup> /m	$\Phi$ 5 mm c/ 21 cm
Espaçamento A <sub>S<sub>dist</sub></sub>	0,196/0,9		21cm
<b>PATAMAR</b>			
<b>CARREGAMENTOS</b>			
Peso Próprio	0,05 . 24		1,2 kN/m <sup>2</sup>
Sobrecarga	3		3,0 kN/m <sup>2</sup>
	<b>Total</b>		<b>4,2 kN/m</b>
<b>SOLICITAÇÃO</b>			
Momento Fletor Máximo			1,2 kN.m/m
Força Resultante no Apoio			3,2 kN/m
<b>ARMADURA</b>			
K <sub>md</sub>	$(1,4 \times 80) / (100 \times 3,7^2 \times (3/1,4))$	0,03818	k <sub>x</sub> =0,03818; k <sub>z</sub> =0,97701
A <sub>s</sub>	$(1,4 \times 120) / (0,97701 \times 3,7 \times (50/1,15))$	0,71cm <sup>2</sup> /m	-
A <sub>S<sub>min</sub></sub>	0,15/100x100x5	0,75cm <sup>2</sup> /m	<b><math>\Phi</math> 5,0mm c/ 26cm</b>
Espaçamento A <sub>s</sub>	0,315/1,575		26 cm
A <sub>S<sub>dist</sub></sub>	0,9	0,9cm <sup>2</sup> /m	<b><math>\Phi</math> 5,0mm c/ 21 cm</b>
Espaçamento A <sub>S<sub>dist</sub></sub>	0,196/0,9		21cm
<b>VIGA DENTADA</b>			
<b>CARREGAMENTOS</b>			
<b>PATAMAR</b>			
Peso Próprio <sup>2</sup>	$(0,94 \times 0,08 \times 25) / 4,37$		0,43 kN/m <sup>2</sup>
Sobrecarga			3,0 kN/m <sup>2</sup>
	<b>Total</b>		<b>3,43 kN/m<sup>2</sup></b>
<b>DEGRAUS</b>			
Peso Próprio	$(0,94 \times 0,08 \times 25) / 4,37$		0,43 kN/m <sup>2</sup>
Reação do degrau <sup>3</sup>	$(0,9 \times 0,3)$		3,0 kN/m <sup>2</sup>
	<b>Total</b>		<b>3,43 kN/m<sup>2</sup></b>
<b>SOLICITAÇÃO</b>			
Momento Fletor Máximo			2,6 kN.m/m
Força Resultante no Apoio I			13,4 kN/m

Força Resultante no Apoio 2		11,2 kN/m	
<b>ARMADURA</b>			
K <sub>md</sub>	$(260 \times 1,4) / (8 \times 15,6 \times (3/1,4))$	0,087	k <sub>x</sub> =0,13197; k <sub>z</sub> =0,94721
A <sub>s</sub>		0,56cm <sup>2</sup> /m	<b>1 Φ 10,0 mm</b>
A <sub>S<sub>min</sub></sub>	0,15/100x8x18	0,216cm <sup>2</sup>	-
A <sub>S<sub>dist</sub></sub>		0,9cm <sup>2</sup> /m	<b>Φ 6,3mm c/ 35 cm</b>
Espaçamento A <sub>S<sub>dist</sub></sub>	0,315/0,9		35cm
<p>1- Os carregamentos do degrau são calculados utilizando a área da seção do mesmo.</p> <p>2- O peso próprio da viga denteada é calculado utilizando a área da seção da mesma e dividido pela largura do vão.</p> <p>3- A reação do degrau na viga é calculada sem a presença da carga pontual referente a degraus isolados</p>			

Fonte: O autor

Com base nos cálculos demonstrados no quadro 3, pode-se então elaborar o detalhamento da escada ilustrado na figura 40.

Figura 40- Detalhamento da armadura escada jacaré



Fonte: O autor



### 6.1.2.3 Quantitativos de materiais das escadas armadas transversalmente

Para calcular os indicadores de consumo é necessário avaliar o consumo de materiais de cada tipo de escada. O quadro 8 demonstra os cálculos de consumo de materiais e os respectivos indicadores de consumo.

**Quadro 8** – Quantitativo e Indicadores de consumo da escada armada transversalmente

COMPARATIVO DE CONSUMOS	AÇO (kg)	CONCRETO (m <sup>3</sup> )	FORMA (m <sup>2</sup> )
ESCADA ARMADA TRANSVERSALMENTE MOLDADA "IN LOCO"	39,25	0,96	8,35
ESCADA ARMADA TRANSVERSALMENTE TIPO JACARÉ	34,34	0,50	13,00
INDICADORES DE CONSUMO	AÇO / CONCRETO	FORMA / CONCRETO	
ESCADA ARMADA TRANSVERSALMENTE MOLDADA "IN LOCO"	41,08	8,74	
ESCADA ARMADA TRANSVERSALMENTE TIPO JACARÉ	69,38	26,27	

Fonte: O autor

Como é necessário calcular também a viga para escada pré-fabricada, foi considerado nos cálculos de consumo de aço as vigas laterais de apoio da escada moldada "in loco" desta maneira o consumo de aço entre os dois tipos de escada não possui grande diferença. A escada jacaré consome 14% menos aço com relação á escada moldada "in loco". Esta diferença se faz devido à escada jacaré possuir elementos os degraus como elementos estruturais, já na moldada "in loco" isso não acontece.

O consumo de concreto é quase duas vezes maior para escada moldada "in loco", isto porque a espessura dos elementos da escada jacaré é pequena em relação à convencional.

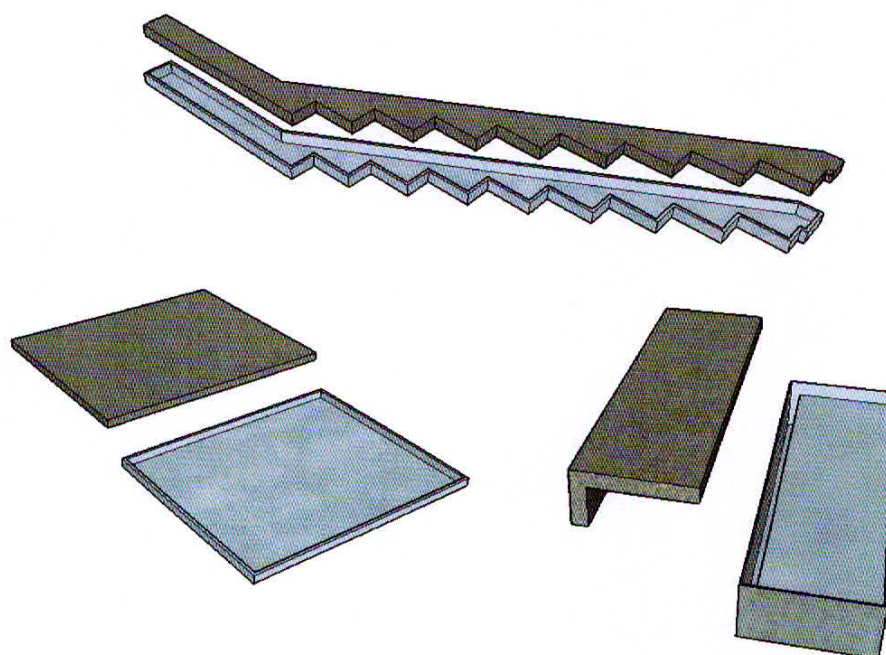
O consumo de forma da escada jacaré é grande porque foi calculada uma forma por degrau, porem pode não ser necessário esta quantidade de formas.

A taxa de armadura também apresenta grande diferença, principalmente porque ocorre com a escada moldada "in loco" o mesmo que acontece com a escada armada longitudinalmente apresentada anteriormente no item 6.1.1.3, onde o material de enchimento resulta no aumento de volume da escada, diminuindo assim a taxa de armadura. Já na escada jacaré há um bom aproveitamento entre concreto e aço.

A taxa de forma para escada jacaré é elevada porque foi calculada uma forma por degrau e o consumo de concreto é minimizado devido as baixas espessuras dos elementos.

As formas utilizadas para a fabricação dos elementos da escada pré-moldada tipo jacaré são ilustrados na figura 41.

Figura 41- Formas para escada tipo jacaré



Fonte: O autor

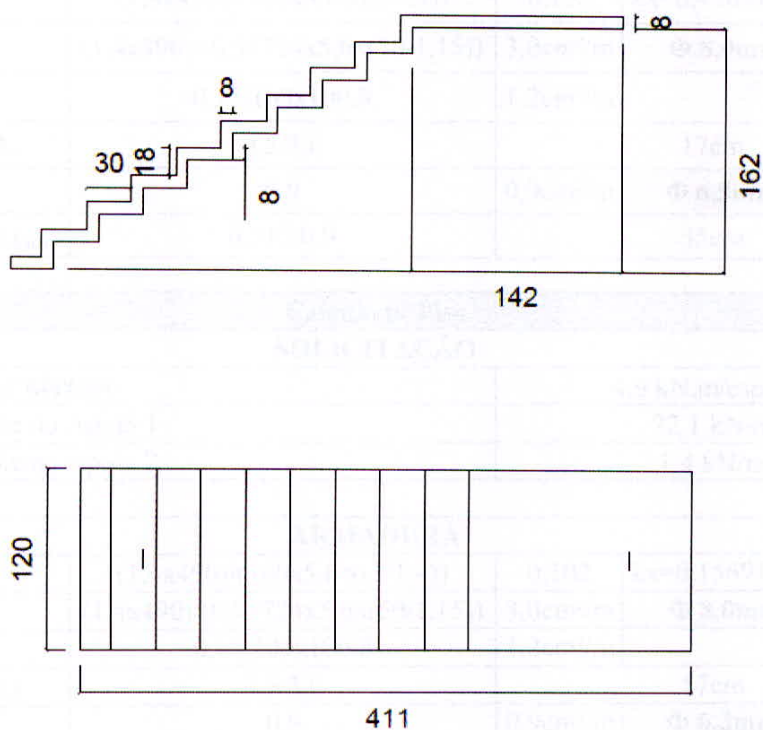
### 6.1.3 Comparativo entre escadas plissadas: moldada “*in loco*” x pré-moldadas de grande porte

O terceiro estudo comparativo será entre as escadas plissadas, sendo elas moldadas “*in loco*” e pré-moldadas de grande porte, onde, através do memorial de cálculos será demonstrado como se obteve os consumos finais.

#### 6.1.3.1 Escada moldada “*in loco*” (plissada)

A figura 42 mostra os detalhes da escada tipo jacaré e em seguida o quadro 9 demonstra a memória de cálculo do dimensionamento da mesma.

Figura 42 - Detalhe da escada plissada



Fonte: O autor

Quadro 9 – Memória de cálculo escada plissada

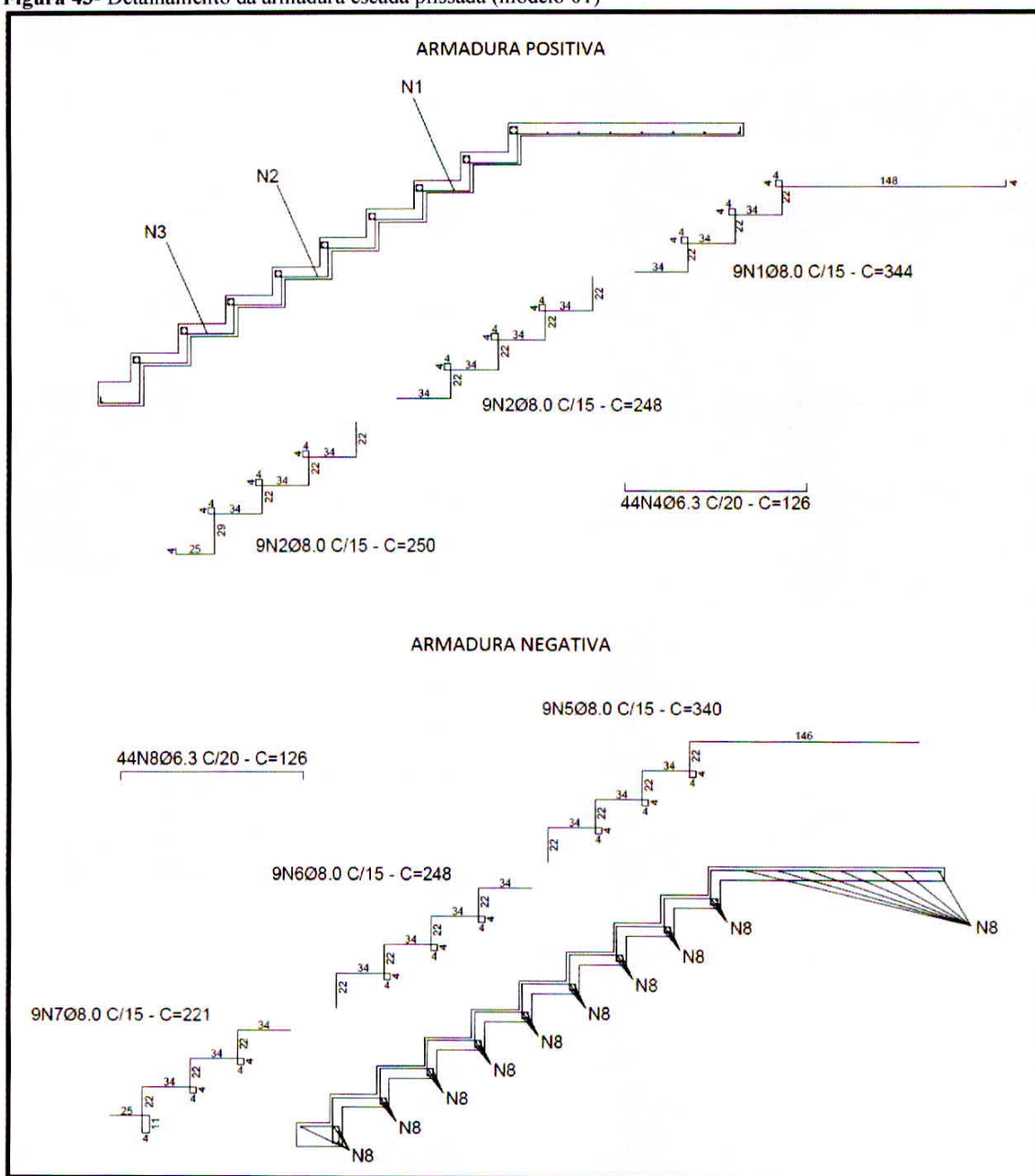
Memória de Cálculo - Escada Plissada		
<b>CARREGAMENTOS</b>		
<b>Espelho</b>		
Peso Próprio <sup>1</sup>	0,08 x 0,26 x 25	0,52 kN/m
<b>Total</b>		<b>0,52 kN/m</b>
<b>Piso</b>		
Peso Próprio	0,08 x 25	2,0 kN/m <sup>2</sup>
Sobrecarga		3,0 kN/m <sup>2</sup>
<b>Total</b>		<b>5,0 kN/m<sup>2</sup></b>
<b>Cálculo p/ Espelho</b>		
<b>SOLICITAÇÃO</b>		
Momento Fletor Máximo		4,9 kN.m/espelho
Força Resultante no Apoio 1		22,1 kN/m
Força Resultante no Apoio 2		1,4 kN/m

<b>ARMADURA</b>			
K <sub>md</sub>	$(1,4 \times 490) / (100 \times 5,6^2 \times (3/1,4))$	0,102	k <sub>x</sub> =0,15691; k <sub>z</sub> =0,93724
A <sub>s</sub>	$(1,4 \times 490) / (0,93724 \times 5,6 \times (50/1,15))$	3,0 cm <sup>2</sup> /m	<b>Φ 8,0mm c/ 17cm</b>
A <sub>S<sub>min</sub></sub>	0,15/100x100.8	1,2 cm <sup>2</sup> /m	-
Espaçamento A <sub>s</sub>	0,5/3,0		17cm
A <sub>S<sub>dist</sub></sub>	0,9	0,9 cm <sup>2</sup> /m	<b>Φ 6,3mm c/ 35 cm</b>
Espaçamento A <sub>S<sub>dist</sub></sub>	0,315/0,9		35cm
<b>Calculo p/ Piso</b>			
<b>SOLICITAÇÃO</b>			
Momento Fletor Máximo			4,9 kN.m/espelho
Força Resultante no Apoio 1			22,1 kN/m
Força Resultante no Apoio 2			1,4 kN/m
<b>ARMADURA</b>			
K <sub>md</sub>	$(1,4 \times 490) / (100 \times 5,6^2 \times (3/1,4))$	0,102	k <sub>x</sub> =0,15691; k <sub>z</sub> =0,93724
A <sub>s</sub>	$(1,4 \times 490) / (0,93724 \times 5,6 \times (50/1,15))$	3,0 cm <sup>2</sup> /m	<b>Φ 8,0mm c/ 17cm</b>
A <sub>S<sub>min</sub></sub>	0,15/100x100.8	1,2 cm <sup>2</sup> /m	-
Espaçamento A <sub>s</sub>	0,5/3,0		17cm
A <sub>S<sub>dist</sub></sub>	0,9	0,9 cm <sup>2</sup> /m	<b>Φ 6,3mm c/ 35 cm</b>
Espaçamento A <sub>S<sub>dist</sub></sub>	0,315/0,9		35cm
1- O peso próprio do espelho é calculado através da área da seção gerando uma carga concentrada.			

Fonte : O autor

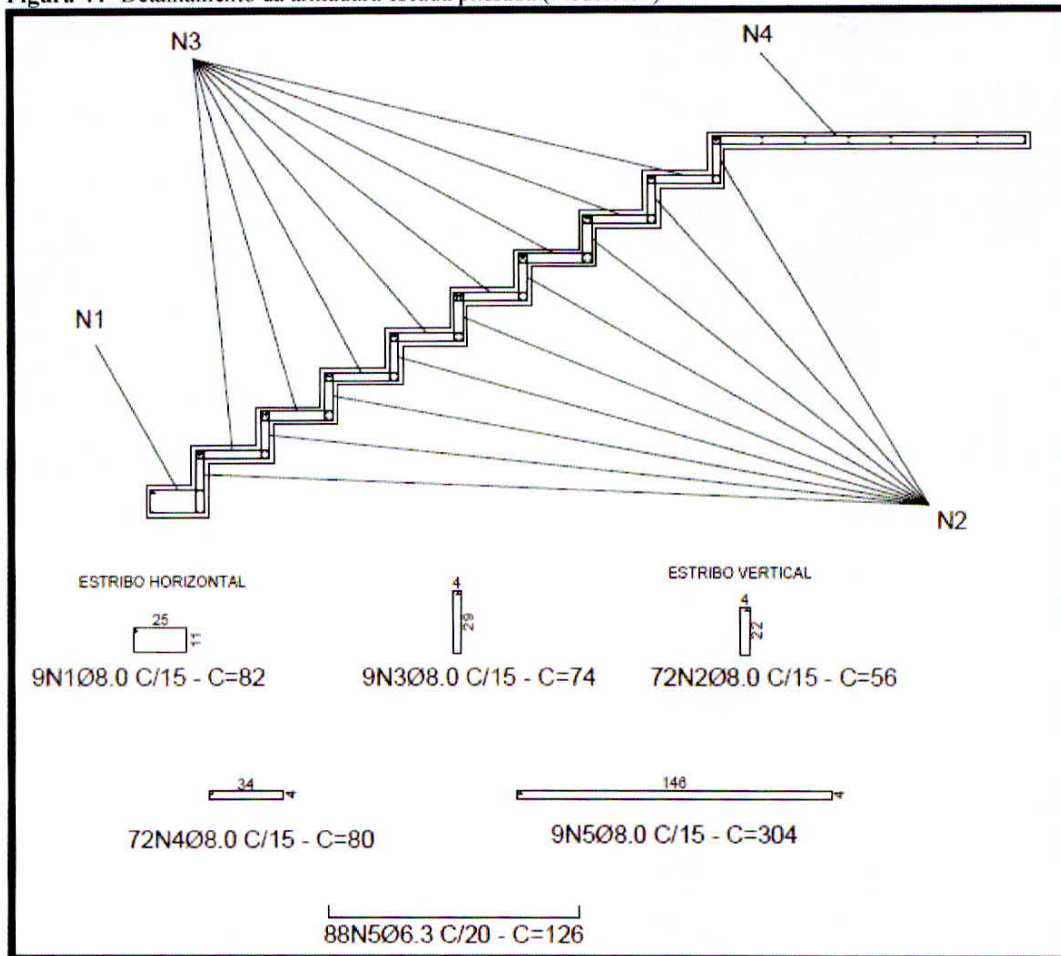
A escada plissada pode ser armada de duas maneiras como já descrito no item 5.3.1.4 deste trabalho, podendo ser armadas longitudinalmente ou engastadas entre si, através de estribos. Desta maneira a figura 43 e a figura 44 demonstram o detalhamento da armadura em dois modelos, descrita então como modelo 01 e modelo 02 respectivamente.

Figura 43- Detalhamento da armadura escada plissada (modelo 01)



Fonte: O autor

Figura 44- Detalhamento da armadura escada plissada (modelo 02)

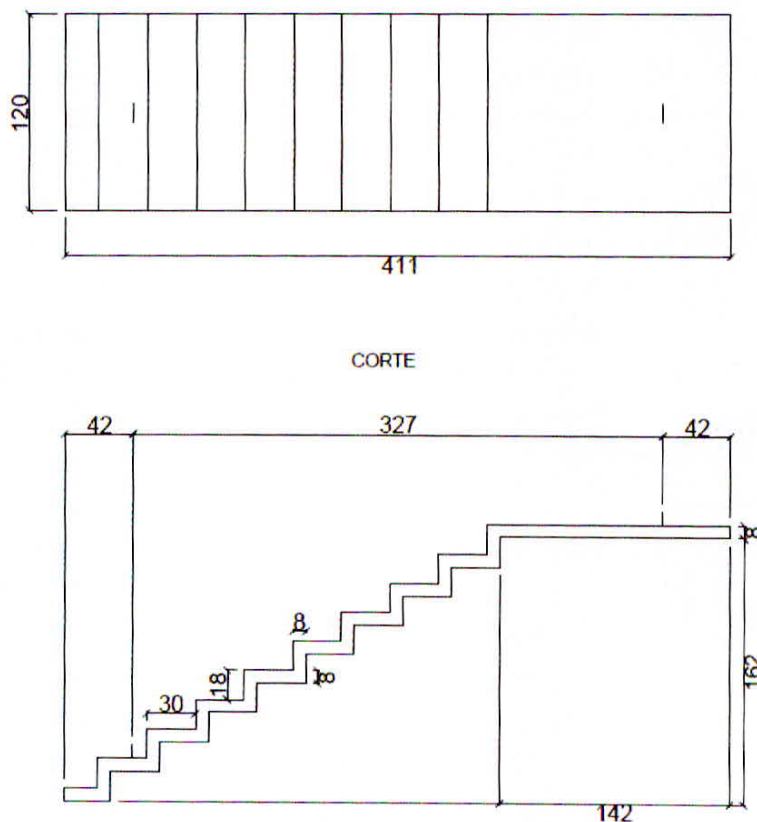


Fonte: O autor

### 6.1.3.2 Escada pré-moldada (plissada)

A figura 45 mostra os detalhes da escada tipo jacaré, e onde estão localizadas as alças de içamento da mesma.

Figura 45 - Detalhe da escada plissada pré-moldada



Fonte: O autor

O dimensionamento da escada pré-moldada plissada é de forma análoga a da escada moldada “*in loco*” acrescido do cálculo de dimensionamento para o esforço devido ao içamento da peça para montagem, gerando assim momentos fletores diferentes dos quais a peça sofrerá em sua posição final. O quadro 10 mostra a quantidade de aço necessária para suportar esse esforço transitório.

Quadro 10 – Memória de cálculo escada longitudinalmente armada devido ao içamento

ARMADURA			
Kmd	$(1,4 \times 310) / (100 \times 5,6^2 \times (3/1,4))$	0,065	$k_x=0,09889$ ; $k_z=0,96045$
As	$(1,4 \times 310) / (0,96045 \times 5,6 \times (50/1,15))$	1,86 cm <sup>2</sup> /m	
Asmín	0,15/100x100x8	1,2 cm <sup>2</sup> /m	

Fonte: O autor

A área de aço necessária para absorver o esforço transitório da peça é menor do que a área de aço presente nela, sendo assim não é necessária armadura própria para este esforço,

admitindo então o mesmo detalhamento da escada moldada “*in loco*” para os dois modelos de armação.

### 6.1.3.3 Quantitativos de materiais das escadas plissadas

Para calcular os indicadores de consumo é necessário avaliar o consumo de materiais de cada tipo de escada. O quadro 11 demonstra os cálculos de consumo de materiais e os respectivos indicadores de consumo.

**Quadro 11**– Quantitativo e Indicadores de consumo da escada plissada

COMPARATIVO DE CONSUMOS	AÇO (kg)	CONCRETO (m <sup>3</sup> )	FORMA (m <sup>2</sup> )
ESCADA PLISSADA MOLDADA “ <i>IN LOCO</i> ” MODELO 1	85,47	0,55	9,32
ESCADA PLISSADA MOLDADA “ <i>IN LOCO</i> ” MODELO 2	80,85	0,55	9,32
ESCADA PLISSADA MODELO 2 PRÉ-MOLDADA	80,85	0,55	13,80
INDICADORES DE CONSUMO	AÇO / CONCRETO	FORMA / CONCRETO	
ESCADA PLISSADA MOLDADA “ <i>IN LOCO</i> ” MODELO 2	147,00	16,95	
ESCADA PLISSADA MODELO 2 PRÉ-MOLDADA	147,00	25,09	

Fonte: O autor

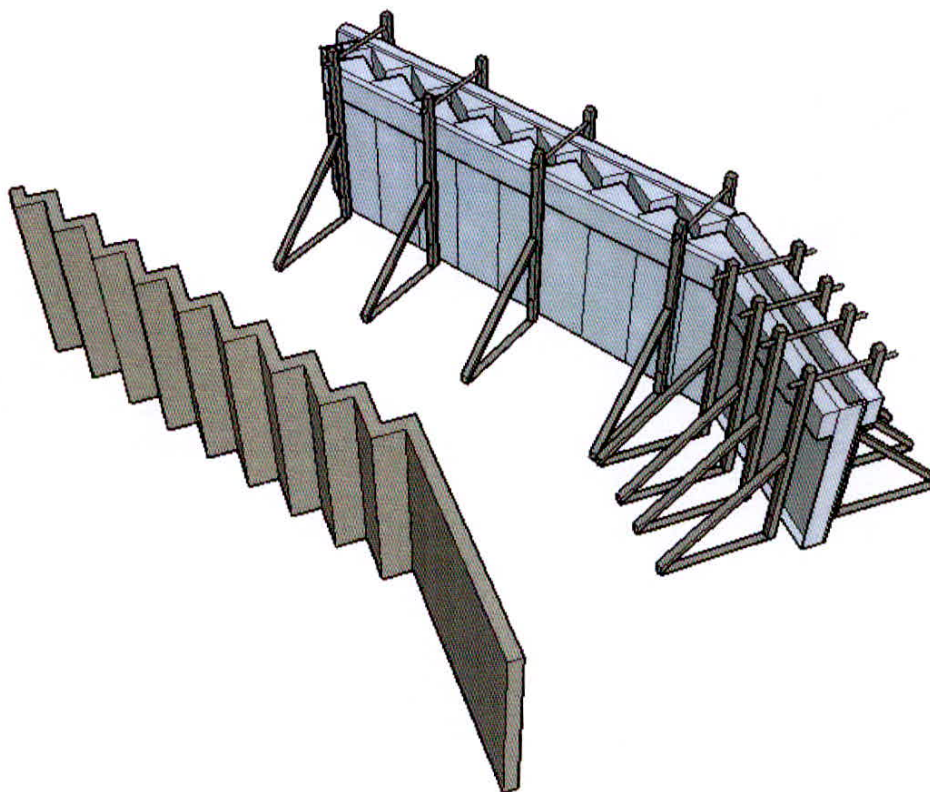
Neste modelo não há diferenças no consumo de aço e concreto da escada, no entanto nas formas há um acréscimo no consumo, assim como as escadas pré-moldadas dos modelos anteriores, forma esta que pode ser reutilizada até 400 vezes, de acordo com El Debs, 2000.

A escada plissada possui uma taxa de armadura elevada, isso ocorre porque o próprio degrau tem função estrutural, ou seja, o degrau suporta os esforços presentes na peça, diminuindo então o consumo de concreto, conseqüentemente aumentando a taxa de armadura.

A diferença na taxa de formas se dá pela utilização da forma tanto na parte inferior da escada, quanto na parte superior quando a escada é pré-moldada, como mostrada na figura 46.



Figura 46- Forma para escada pré-moldada plissada



Fonte: O autor

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo principal do estudo comparativo abordado neste trabalho foi determinar parâmetros para que possa ser analisada a viabilidade do uso de escadas pré-moldadas em estruturas de edifícios, com relação aos custos diretos, ou seja, consumo de materiais.

O estudo foi elaborado seguindo as referências citadas na bibliografia deste trabalho e também seguindo as normas pertinentes a cada item.

Utilizando parâmetros de igualdade entre os modelos das escadas foi possível analisar cada tipo, de tal forma, a saber, se há grandes divergências no consumo de materiais entre uma escada moldada "*in loco*" e uma escada pré-moldada.

É claro que para cada caso haverá uma melhor opção, por exemplo, construções de pequeno porte, onde não será construída grande quantidade de escadas, talvez não seja viável economicamente o uso de pré-moldados, pois uma forma para escada pré-moldada tem custo mais elevado em relação à escada moldada "*in loco*", e custos indireto como içamento para montagem da peça, podem acrescer o custo final obra. Por outro lado quando se trata de

edificações de maior escala, onde há maior repetição dos elementos estruturais, o uso de pré-moldados pode ser um grande aliado ao prazo da obra.

A expectativa é de que os dimensionamentos feitos nesse projeto possam ser acessados por pessoas que trabalham ou pretendem trabalhar no ramo da construção civil, mais especificamente na parte estrutural dos edifícios, pois estes podem além de ajudar no próprio dimensionamento, podem também esclarecer algumas dúvidas quanto ao tipo de escada escolher para seu projeto.

## REFERÊNCIAS

- ABCIC, Associação Brasileira de Construção Industrializada de Concreto. **Pré-fabricados de concreto:** Curso básico. 2014. Disponível em: <[http://www.abcic.org.br/pdfs\\_curso\\_basico/SALVADOR-13-05-2014.pdf](http://www.abcic.org.br/pdfs_curso_basico/SALVADOR-13-05-2014.pdf)> acesso em: 01 mai. 2015.
- ACKER, Arnold Van. **Manual de sistemas pré-fabricados de concreto.** FIB, 2002 São Paulo: ABCIC, 2003.
- ARAÚJO, José Milton de. **Curso de concreto armado.** Rio Grande: Dunas, 2014, v.4, 4.ed.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118.** Projeto de estruturas de concreto – procedimentos. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6120.** Cargas para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 1980.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9062.** Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655.** Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8800.** Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14931.** Execução de estruturas de concreto. Rio de Janeiro: ABNT, 2004
- AUTOCAD 2015. **Software de projetos.** Autodesk.
- BASTOS, Paulo Sérgio do Santos. **Fundamentos do concreto armado.** Bauru: UNESP, 2011.
- BRUMATTI, Dione O. **Uso de Pré-moldados:** estudo e viabilidade. Vitória: UFMG, 2008.
- GAGETTI, Gabriel. **Tipos, cálculos e detalhes das escadas em concreto armado.** São Carlos: Universidade de São Carlos, 2012
- CHOLFE, Luiz. **Telas Soldadas:** Emendas. São Paulo: IBTS, 1997.

CORSINI, Rodinei. **Escada pré-moldada de concreto modelo “jacaré” é executada com ferramentas simples.** Revista Construção Mercado, Ed. 149, 2013. Disponível em: <<http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/149/escada-pre-moldada-de-concreto-modelo-jacare-e-executada-com-ferramentas-301961-1.aspx>> acesso em: 20 mar. 2015.

FTOOL 3.0. **Software de calculo estrutural.** Tecgraf.

IGLESIA, Tiago Borges. **Sistemas construtivos em concreto pré-moldado.** São Paulo: Universidade Anhembi Morumbi, 2006.

MELO, Carlos Eduardo Emrich. **Manual munte de projetos em pré-fabricados de concreto 2ª ed.** São Paulo: Editora PINI, 2007

MAMEDE, Fabiana Cristina. **Utilização de pré-moldados em edifícios de alvenaria estrutural.** São Carlos: USP, 2001.

MELGES, José L. P. PINHEIRO, Libânio M. GIONGO, José S. **Concreto armado: Escadas.** São Carlos: USP, 1997.

MICROSOFT OFFICE EXCEL 2007. **Software de planilhas.** Microsoft.

MOREIRA, Kirke Andrew Wrubel. **Estudo das manifestações patológicas na produção de pré-fabricados de concreto.** Curitiba: UFPR, 2009.

NETO, Noé Marcos. **Estruturas pré-moldadas de concreto para edifícios de múltiplos pavimentos de pequena altura: uma análise crítica.** São Carlos: USP, 1998.

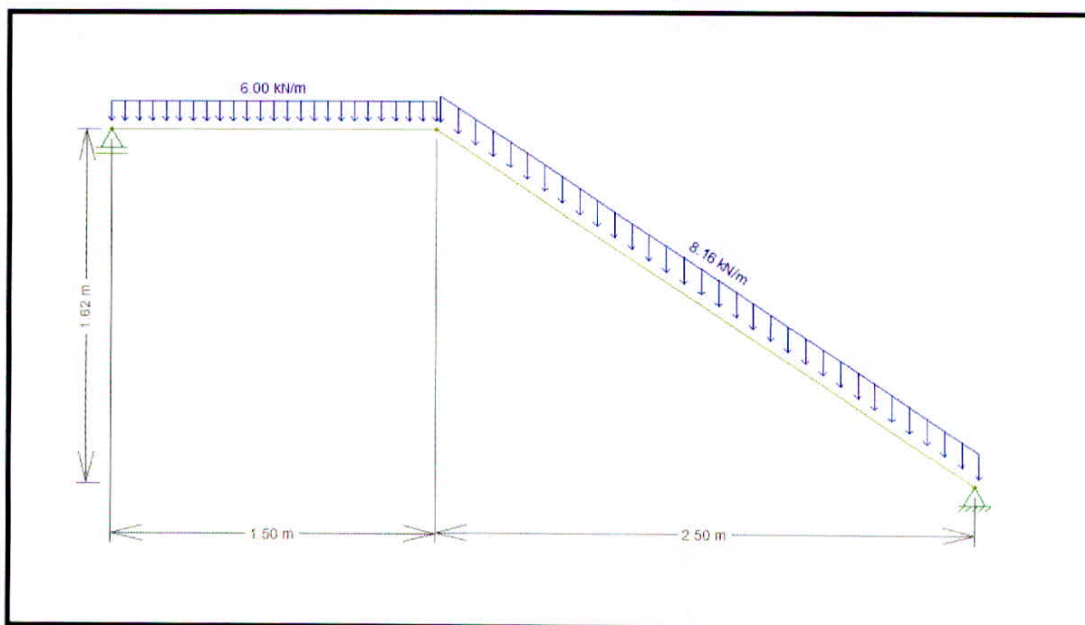
QUEVEDO, Felipe Pinto da Motta. **Programa Computacional para automatizar o dimensionamento de escadas de concreto armado em edifícios.** Porto Alegre: UFRS, 2011.

SANTOS, André Luiz bezerra dos. **Análise comparativa de diferentes soluções para um mesmo detalhe construtivo em empresas que edificam em alvenaria estrutural.** São Paulo: PECE, 2002.

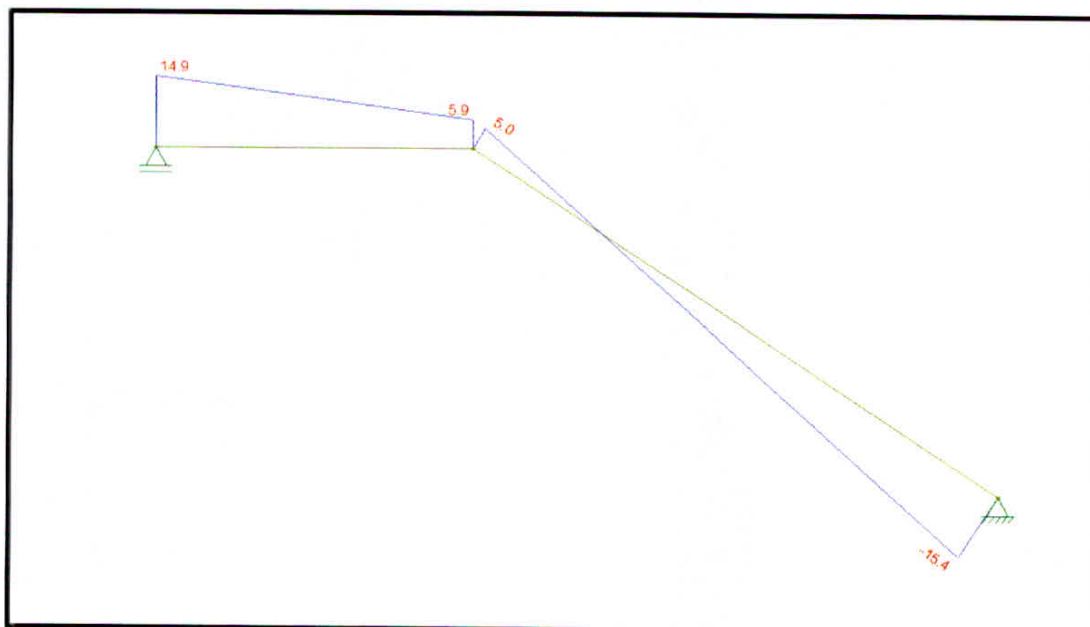
SERA, S.M.B; FERREIRA, M.de A; PIGOZZO, B. N. **Evolução dos pré-fabricados de concreto.** São Carlos: UFSCAR, 2005.

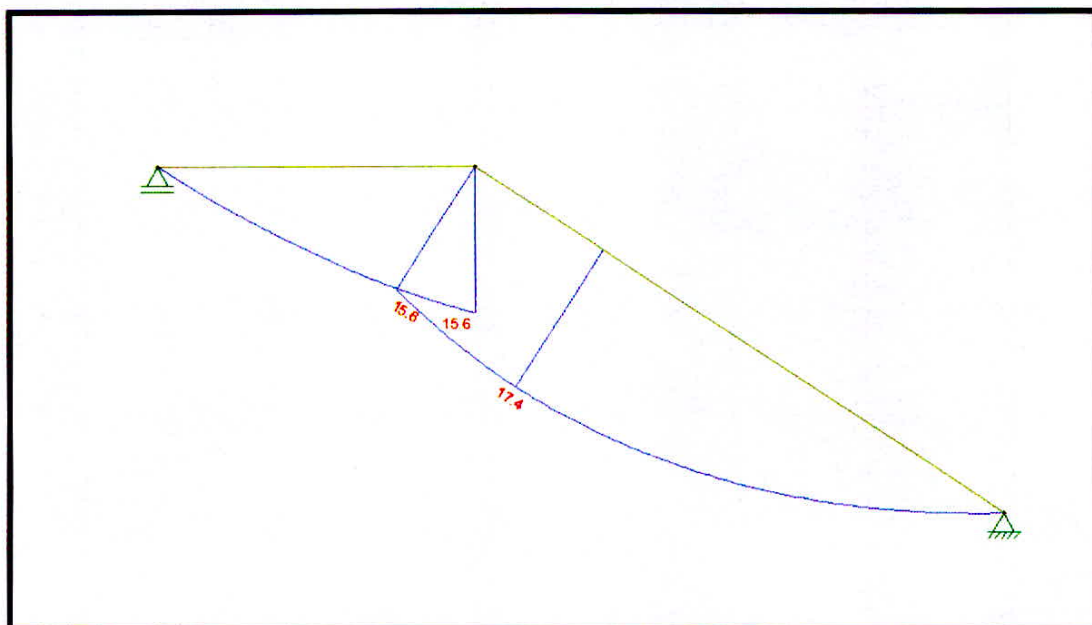
VALENTINI, Joel. **Metodologia para elaboração de orçamentos de obras civis.** Belo Horizonte: UFMG, 2009.

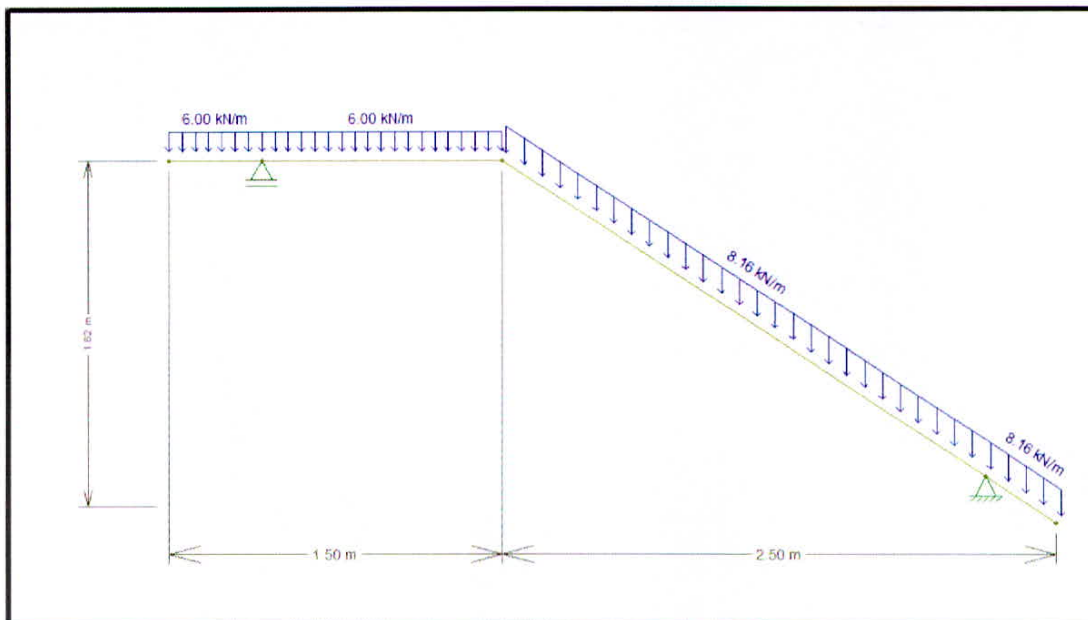
WERLE, Aldo. **Escada pré-moldada (jacaré).** Disponível em: <<http://aldowerle.blogspot.com.br/2011/12/escada-pre-moldada-jacare.html>> acesso em: 20 mar. 2015.

**APENDICE I: Escada armada longitudinalmente moldada "in loco"****Esquema estático e carregamentos**

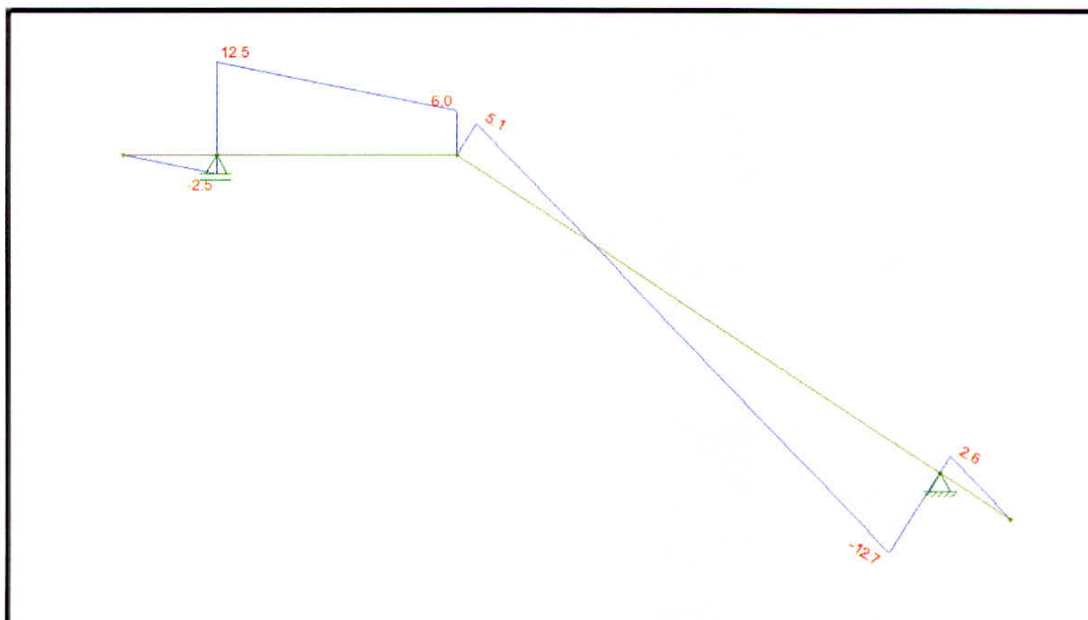
Obs: As Cargas estão em kN/m, pois a projeção da peça é definida na inserção de dados no programa Ftool.

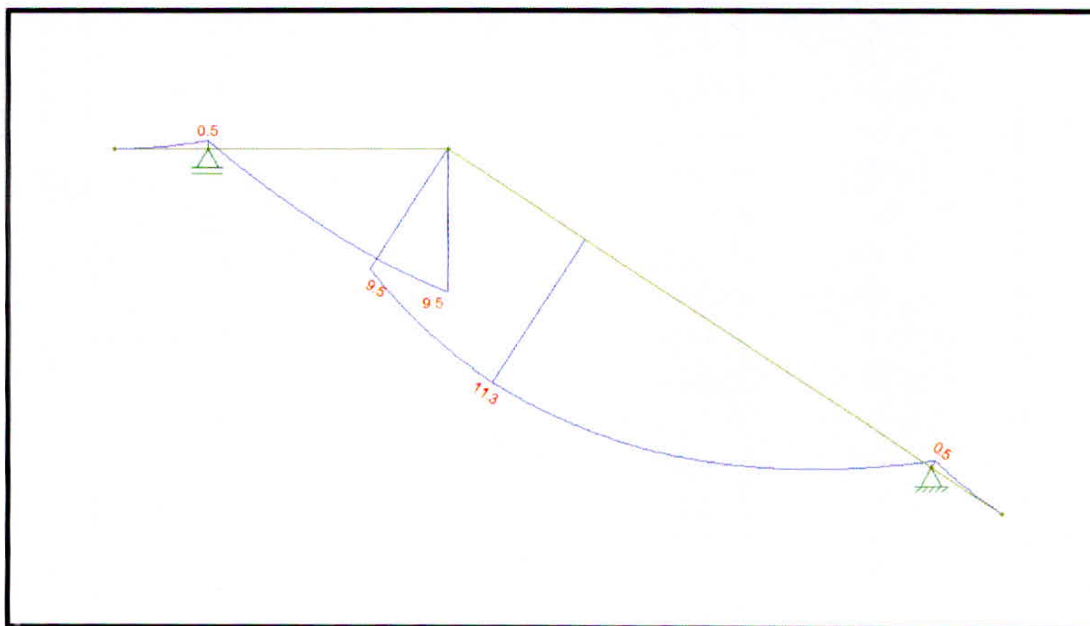
**Diagrama de esforço cortante (kN)**

**Diagrama de momento fletor (kN.m)**

**APENDICE II: Escada armada longitudinalmente moldada pré-moldada****Esquema estático e carregamentos**

Obs: As Cargas estão em kN/m, pois a projeção da peça é definida na inserção de dados no programa Ftool.

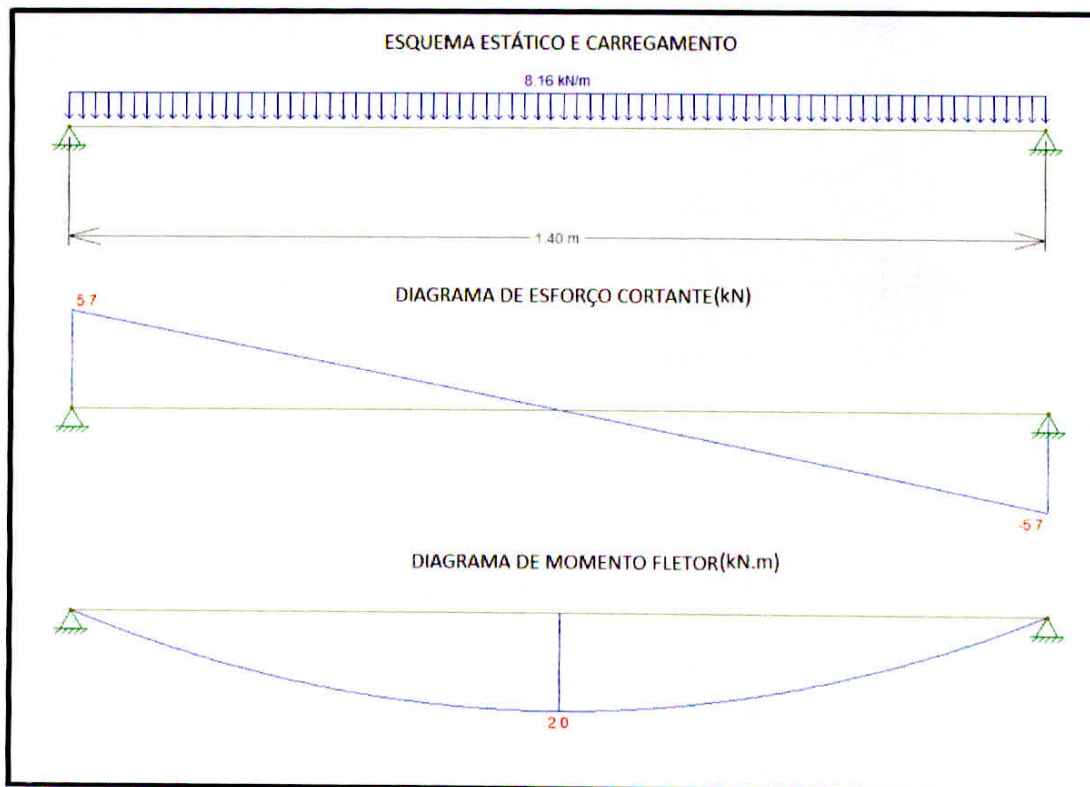
**Diagrama de esforço cortante (kN)**

**Diagrama de momento fletor (kN.m)**



**APENDICE III: Escada armada transversalmente moldada "in loco"**

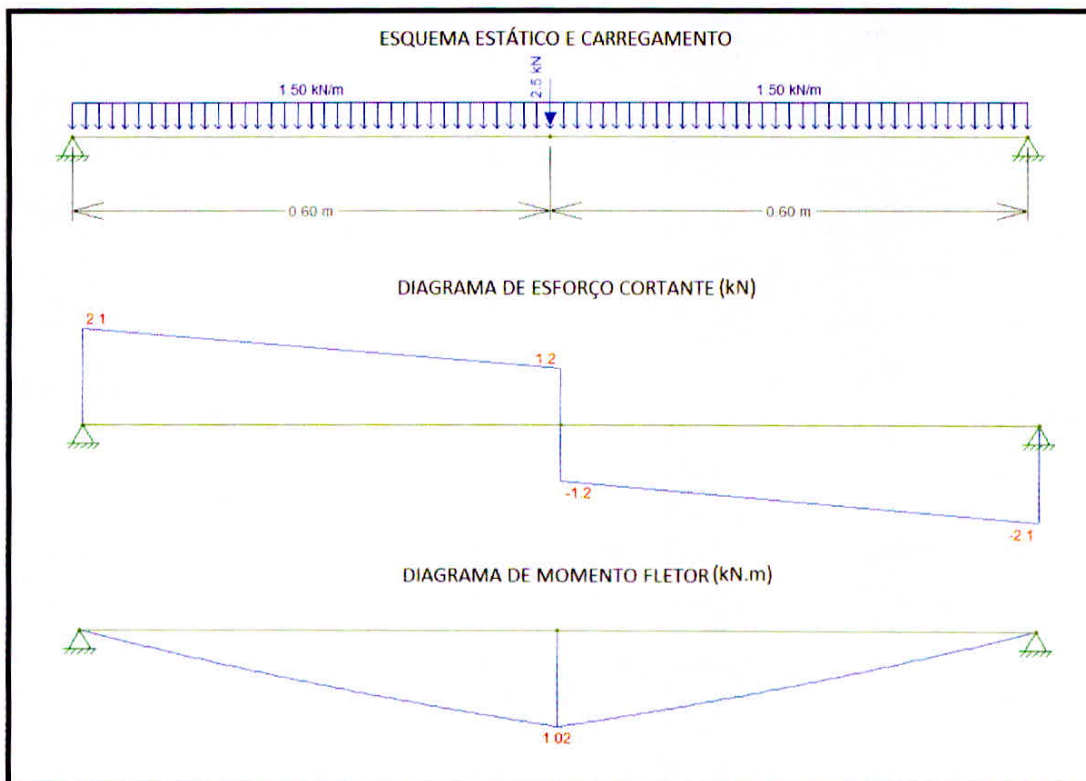
**Esquema estático e carregamentos, Diagrama de esforço cortante (kN), Diagrama de momento fletor (kN.m)**



Obs: As Cargas estão em kN/m, pois a projeção da peça é definida na inserção de dados no programa Ftool.

**APENDICE IV: Escada armada transversalmente tipo jacaré (degrau)**

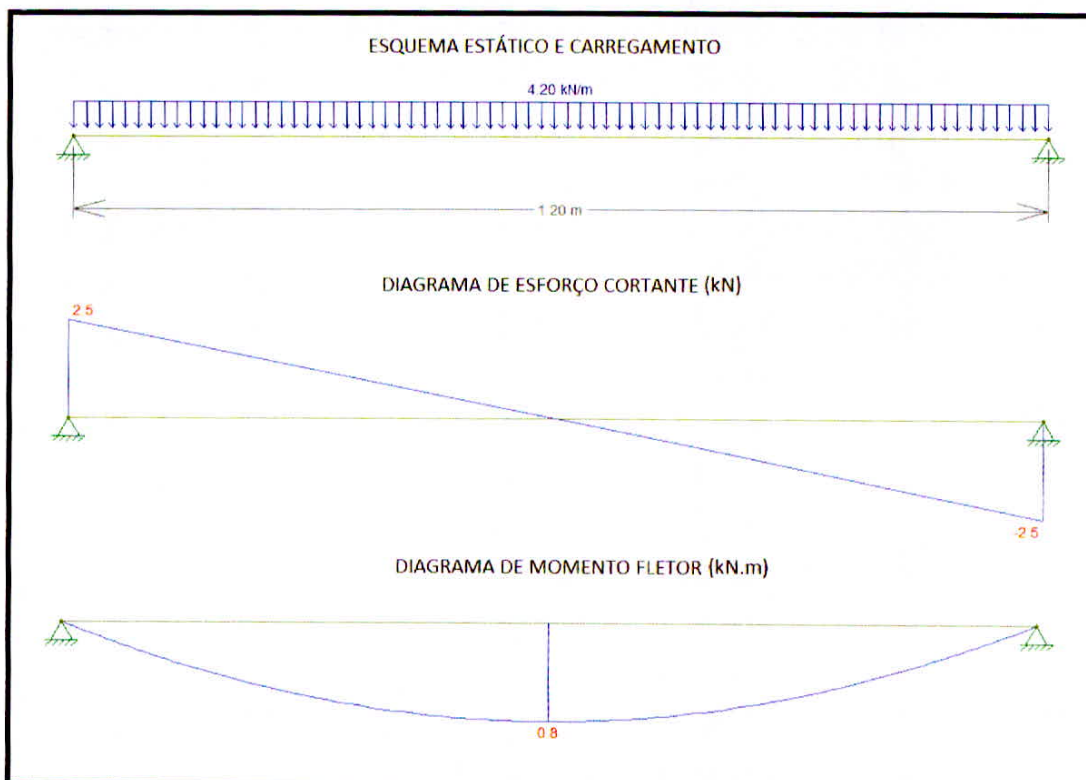
**Esquema estático e carregamentos, Diagrama de esforço cortante (kN), Diagrama de momento fletor (kN.m)**



Obs: As Cargas estão em kN/m, pois a projeção da peça é definida na inserção de dados no programa Ftool.

**APENDICE V: Escada armada transversalmente tipo jacaré (patamar)**

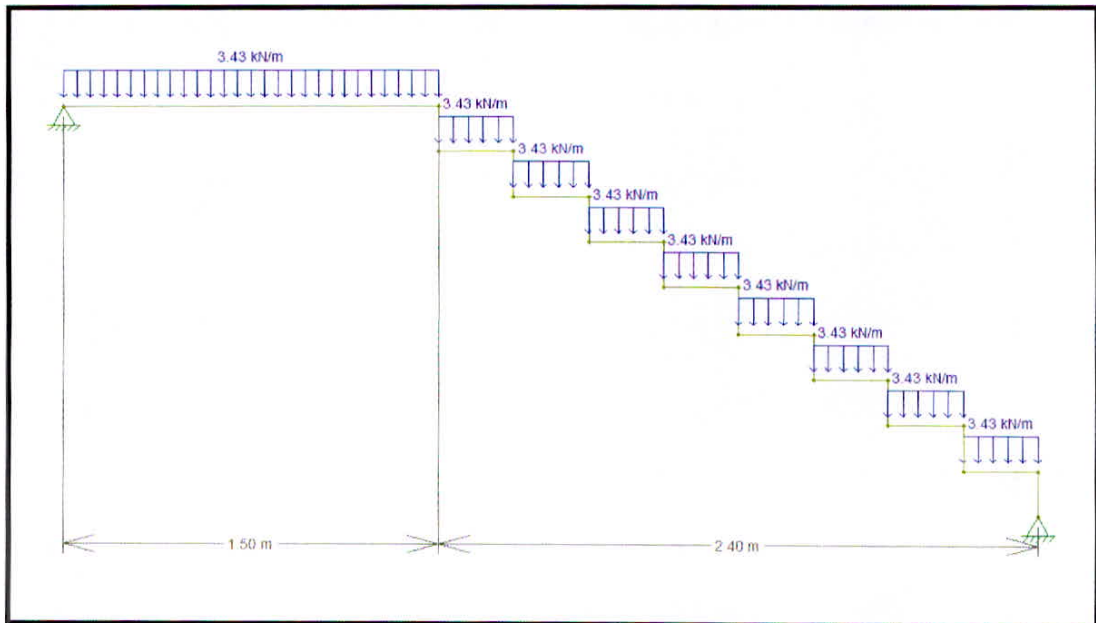
**Esquema estático e carregamentos, Diagrama de esforço cortante (kN), Diagrama de momento fletor (kN.m)**



Obs: As Cargas estão em kN/m, pois a projeção da peça é definida na inserção de dados no programa Ftool.

## APENDICE VI: Escada armada transversalmente tipo jacaré (viga denteada)

### Esquema estático e carregamentos



Obs: As Cargas estão em  $\text{kN/m}$ , pois a projeção da peça é definida na inserção de dados no programa Ftool.

### Diagrama de esforço cortante (kN)

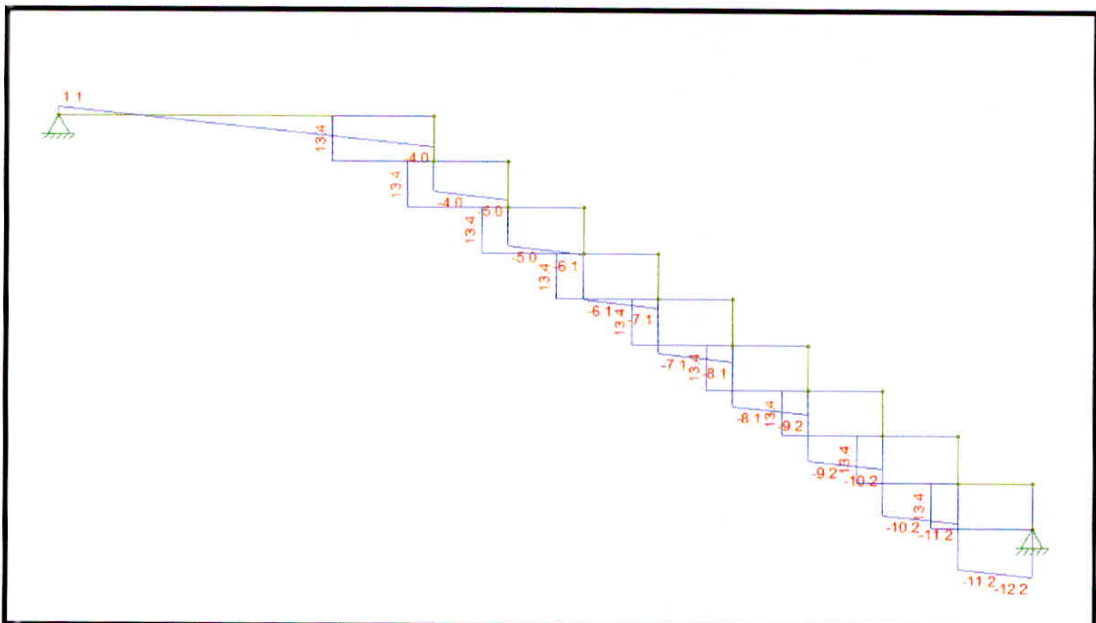
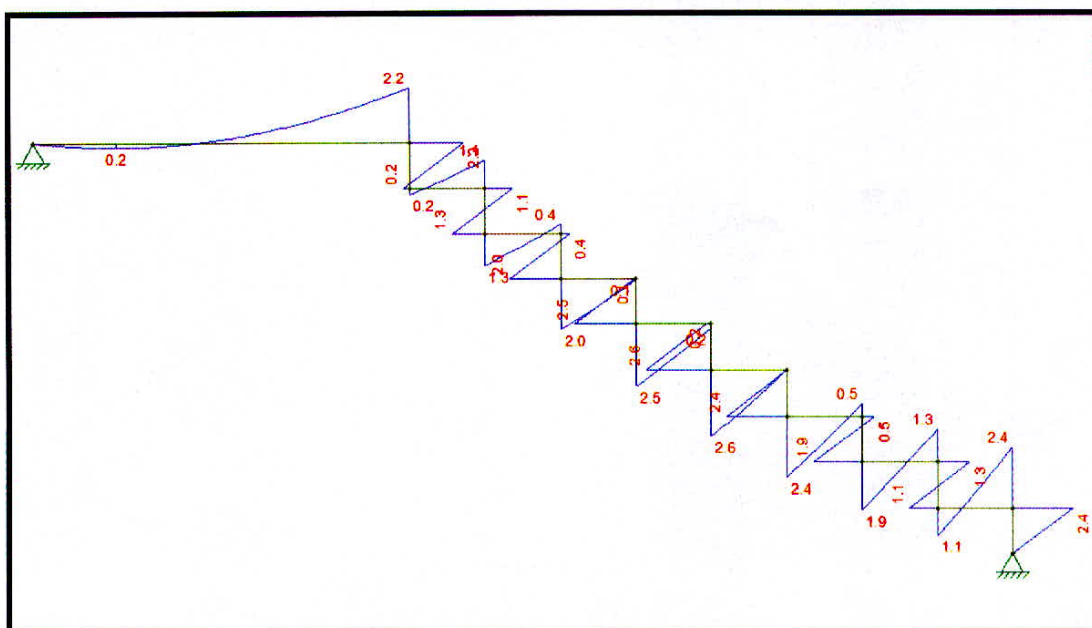
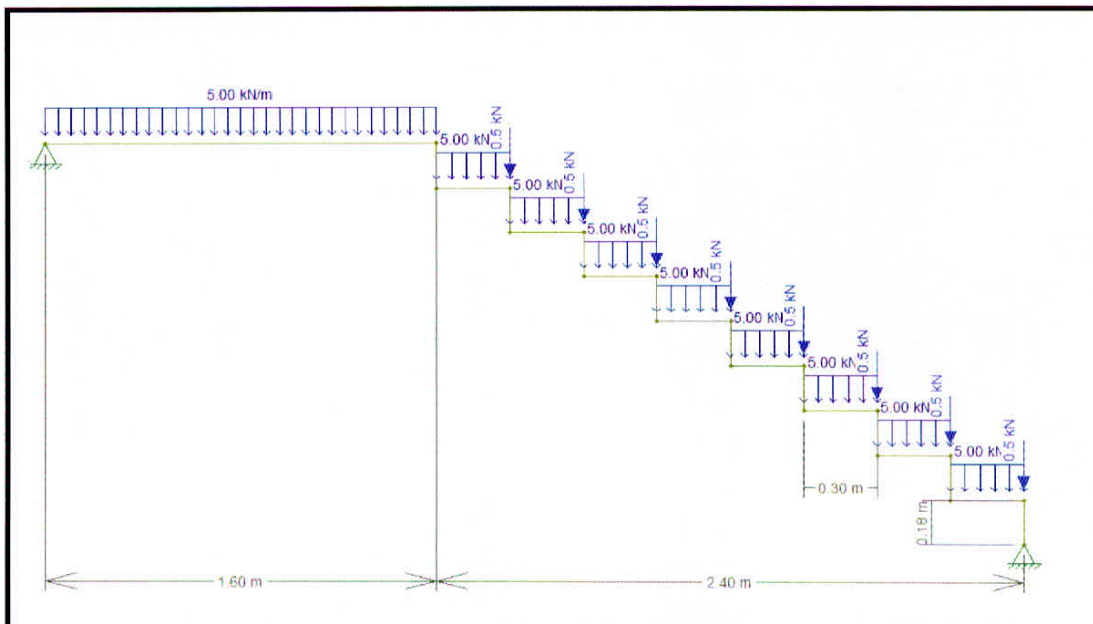


Diagrama de momento fletor (kN.m)



## APENDICE VII: Escada plissada

### Esquema estático e carregamentos



Obs: As Cargas estão em kN/m, pois a projeção da peça é definida na inserção de dados no programa Ftool.

### Diagrama de esforço cortante (kN)

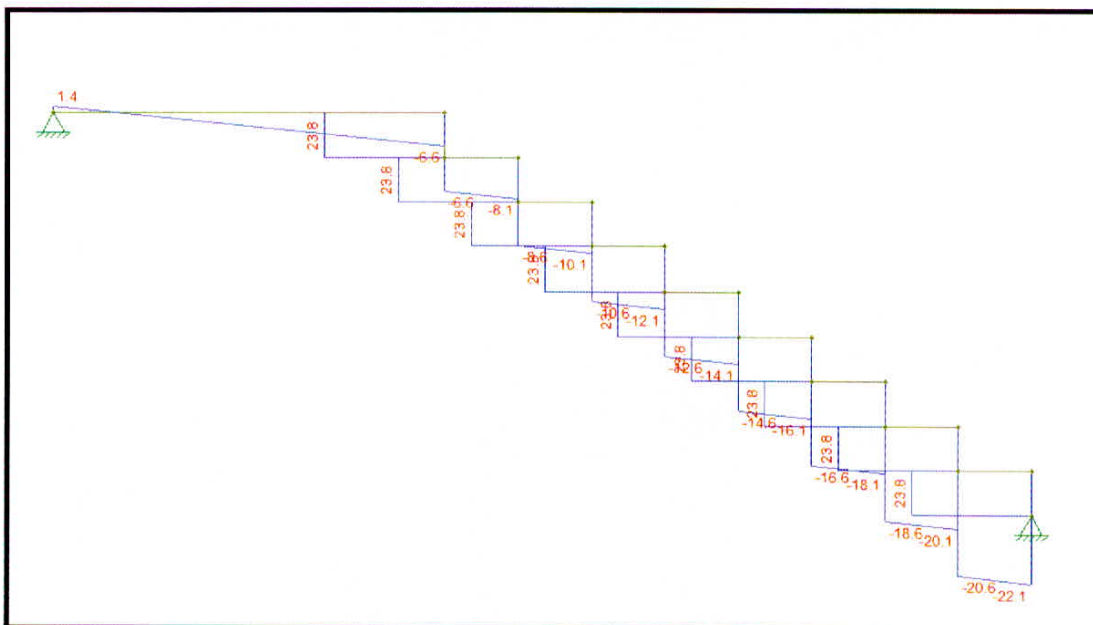
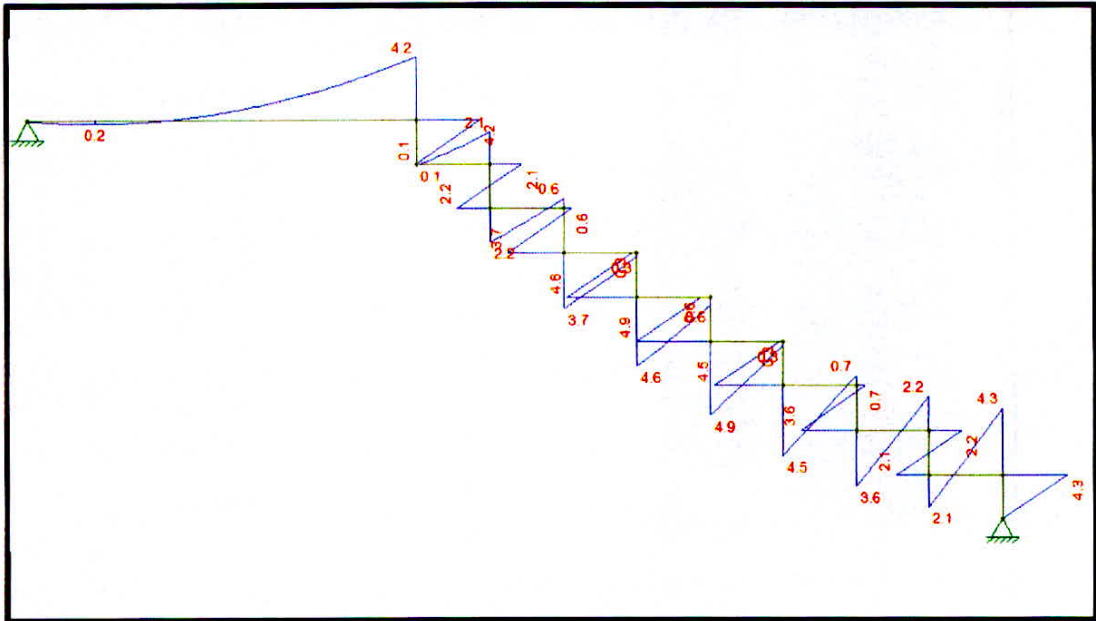
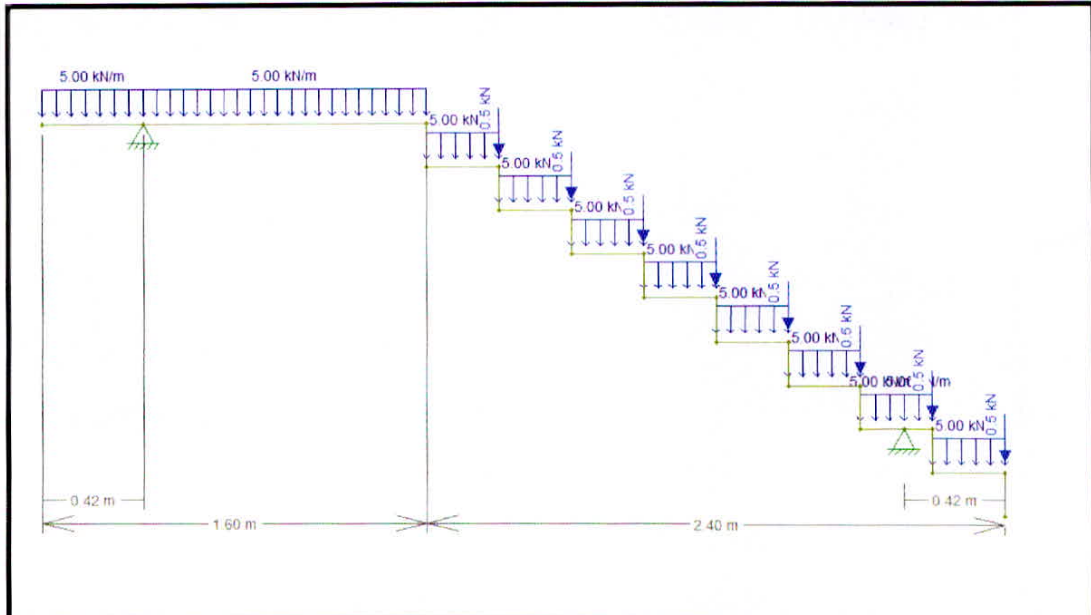


Diagrama de momento fletor (kN.m)



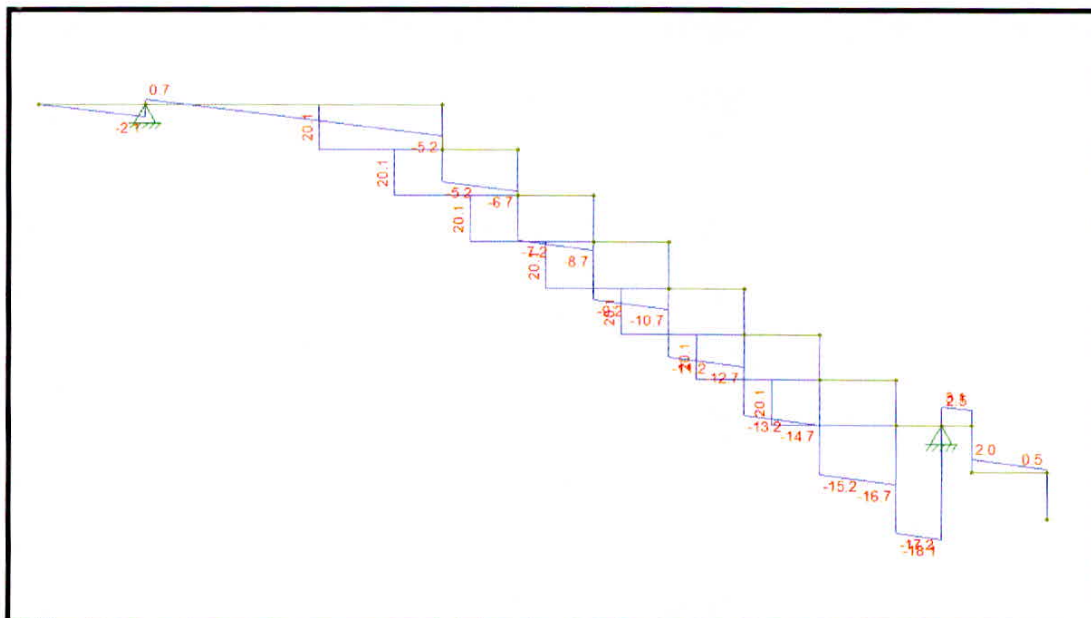
## APENDICE VIII: Escada plissada pré-moldada

### Esquema estático e carregamentos



Obs: As Cargas estão em kN/m, pois a projeção da peça é definida na inserção de dados no programa Ftool.

### Diagrama de esforço cortante (kN)





**Diagrama de momento fletor (kN.m)**