



Dissertação

Mestrado em Engenharia Civil – Construções Cívicas

***Dimensionamento de secções retangulares de betão armado submetidas a esforços de flexão simples e composta de acordo com o EC2 – Análise comparativa com o REBAP***

**Joaquim Manuel da Silva Vidal**

Leiria, Setembro de 2013





Dissertação

Mestrado em Engenharia Civil – Construções Cívicas

***Dimensionamento de secções retangulares de betão armado submetidas a esforços de flexão simples e composta de acordo com o EC2 – Análise comparativa com o REBAP***

**Joaquim Manuel da Silva Vidal**

Dissertação de Mestrado realizada sob a orientação do Doutor João Paulo Veludo Vieira Pereira, Professor da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria e coorientação do Doutor Paulo Alexandre Lopes Fernandes, Professor da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria.

Leiria, Setembro de 2013

***À Minha Família***



## ***Agradecimentos***

---

Este trabalho foi realizado individualmente mas nunca teria sido possível sem a ajuda de várias pessoas às quais quero prestar os meus agradecimentos.

Em primeiro lugar, quero agradecer ao Professor Doutor João Veludo pela sua orientação, pela infindável disponibilidade, pela capacidade de motivação, pela exigência e paciência demonstradas ao longo da realização deste trabalho.

Quero também expressar o meu agradecimento ao Professor Carlos Campos pela sua disponibilidade na elaboração do programa em MATLAB.

Depois, agradecer ao Professor Doutor Paulo Fernandes pela sua co-orientação e participação na discussão de alguns temas que foram surgindo.

Finalmente, os meus agradecimentos à minha família, em especial ao pai, à mãe e à Susana pelo apoio e pelo permanente incentivo.



## ***Resumo***

---

A regulamentação europeia para Projeto de Estruturas de Betão, o Eurocódigo 2, introduz algumas alterações no dimensionamento dos elementos estruturais.

O presente trabalho tem como objetivo numa primeira fase efetua-se a comparação entre a regulamentação portuguesa, o Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-esforçado (REBAP), e a norma europeia, o Eurocódigo 2, nas prescrições para o dimensionamento das secções retangulares submetidas a flexão simples e composta. Numa segunda fase são definidas as bases de cálculo para o dimensionamento de secções retangulares submetidas a flexão simples ou composta com base nas normas referidas. Na terceira parte são definidas as expressões que permitem dimensionar as mesmas secções ao estado limite último de flexão e a metodologia para elaboração das tabelas e ábacos para o dimensionamento de secções retangulares com base no Eurocódigo 2, submetidas à flexão simples e composta. Na última fase do trabalho são elaboradas as tabelas e ábacos referidos e são comparados os resultados obtidos com as tabelas e ábacos elaborados de acordo com o REBAP.

**Palavras-chave:** Eurocódigo 2; REBAP, flexão simples, flexão composta; secções retangulares



## ***Abstract***

---

European standards for Design of Concrete Structures, Eurocode 2, introduced some changes in the structural design.

The aim of this paper is in a first stage, making the comparison between the design of rectangular sections subjected to simple bending moments with and without axial force based in the prescriptions of the REBAP and the Eurocode 2. On the second stage the aim is to define the basis of the design of rectangular sections subjected to bending moments with and without axial force based in the prescriptions of REBAP and Eurocode 2. In the third stage, the expressions that allow the design of the same sections and the methodology for the creation of tables and abacus for the design based in the prescriptions of Eurocode 2, will be defined for rectangular sections subjected to bending moments with and without axial force. On the last stage, the tables and abacus mentioned before will be made and the results obtained will be compared with those that were made according to REBAP.

**Keywords:** Eurocode 2, REBAP, reinforced concrete, bending, design



## ***Índice de Figuras***

---

Figura 1 - Relações tensões-extensões em função do tempo de aplicação .....	5
Figura 2 - Desenvolvimento da resistência à compressão.....	6
Figura 3- Diagramas parábola-retângulo para o betão à compressão a) comparação REBAP vs. EC2 ; e b) de acordo com o EC2 para as várias classes de resistência.....	7
Figura 4 - Distribuição retangular de tensões.....	7
Figura 5 - Diagramas bilineares de tensões-extensões para as diferentes classes de resistência (EC2) .....	8
Figura 6 – Exemplo de código de marcas de identificação do varão [18] .....	9
Figura 7 – Marcação de perfis nervurados do tipo:.....	9
Figura 8 – Marcação de perfis nervurados do tipo:.....	10
Figura 9 – Marcação de perfis nervurados do tipo A500ER [18] .....	10
Figura 10- Diagramas de tensões-extensões das armaduras para betão armado, de acordo com o EC2: a) idealizado e de cálculo (aço A400); b) idealizados (aço A400 e A500) .....	12
Figura 11 - Distribuição extensões admissíveis no .....	13
Figura 12 - Distribuição extensões admissíveis no estado .....	15
Figura 13 - Relação momento/curvatura .....	17
Figura 14 – Distribuição de tensões e extensões no betão para Domínio IIa em flexão simples: a) Distribuição de tensões e extensões b) Variação das extensões na altura comprimida.....	19
Figura 15 – Distribuição de tensões no betão no Domínio IIb em flexão simples.....	21
Figura 16 – Forças no betão e ponto de aplicação da resultante no Domínio IIb em flexão simples.....	21
Figura 17 – Distribuição de tensões no betão nos .....	22
Figura 18 – Forças atuantes numa secção retangular .....	25
Figura 19 – Distribuição de tensões no betão no Domínio IVa em flexão composta .....	28
Figura 20 – Distribuição de tensões no betão para Domínio IVa em flexão composta, na altura comprimida: a) Distribuição de tensões; b) Variação das extensões .....	28

Figura 21 – Forças atuantes numa secção retangular de betão armado sujeitos a esforços de flexão composta em flexão composta.....	32
Figura 22 - Fluxograma do programa em MATLAB .....	34
Figura 23 - Fluxograma da folha de cálculo das tabelas .....	35
Figura 24 – Parte de uma tabela de flexão composta .....	36
Figura 25 - Fluxograma da folha de cálculo que gera os dados que geram os ábacos .....	37
Figura 26 – Análise comparativa da necessidade de armadura entre REBAP e EC2 para: A400 e $\beta=0,00$ ; (b) A500 e $\beta=0,00$ .....	40
Figura 27 – Análise comparativa da necessidade de armadura entre REBAP e EC2 para: (a) A400 e $\beta=0,50$ ; (b) A500 e $\beta=0,50$ .....	41
Figura 28 – Análise comparativa da necessidade de armadura entre REBAP e EC2 para:	41
Figura 29 – Análise comparativa da necessidade de armadura entre REBAP e EC2 para: (a) A400, $v=-1,00$ , $A'/A=0$ e $\beta=0,00$ ; (b) A500, $v=-1,00$ , $A'/A=0$ e $\beta=0,00$ .....	44
Figura 30 – Análise comparativa da necessidade de armadura entre REBAP e EC2 para:	44
Figura 31 – Análise comparativa da necessidade de armadura entre REBAP e EC2 para: (a) A400, $v=0,25$ , $A'/A=0$ e $\beta=0,00$ ; (b) A500, $v=0,25$ , $A'/A=0$ e $\beta=0,00$ .....	44
Figura 32 – Análise comparativa da necessidade de armadura entre REBAP e EC2 para: (a) A400, $v=0,50$ , $A'/A=0$ e $\beta=0,00$ ; (b) A500, $v=0,50$ , $A'/A=0$ e $\beta=0,00$ .....	45
Figura 33 – Análise comparativa da necessidade de armadura entre REBAP e EC2 para: (a) A400, $v=-1,00$ , $A'/A=0,50$ e $\beta=0,50$ ; (b) A500, $v=-1,00$ , $A'/A=0,50$ e $\beta=0,50$ .....	45
Figura 34 – Análise comparativa da necessidade de armadura entre REBAP e EC2 para:	45
Figura 35 – Análise comparativa da necessidade de armadura entre REBAP e EC2 para: (a) A400, $v=0,25$ , $A'/A=0,50$ e $\beta=0,50$ ; (b) A500, $v=0,25$ , $A'/A=0,50$ e $\beta=0,50$ .....	46
Figura 36 – Análise comparativa da necessidade de armadura entre REBAP e EC2 para:	46
Figura 37 – Análise comparativa da necessidade de armadura entre REBAP e EC2 para:	46
Figura 38 - Análise comparativa entre diagramas de interação entre momento reduzido e esforço axial reduzido de acordo com REBAP e EC2: (a) A400, $\beta=0,00$ , $a/h=0,10$ ; (b) A500, $\beta=0,00$ , $a/h=0,10$ .....	47
Figura 39 - Análise comparativa entre diagramas de interação entre momento reduzido e esforço axial reduzido de acordo com REBAP e EC2: (a) A400, $\beta=0,50$ , $a/h=0,10$ ; (b) A500, $\beta=0,50$ , $a/h=0,10$ .....	48

Figura 40 - Análise comparativa entre diagramas de interação entre momento reduzido e esforço axial reduzido de acordo com REBAP e EC2: (a) A400,  $\beta=1,00$ ,  $a/h=0,10$ ; (b) A500,  $\beta=1,00$ ,  $a/h=0,10$  ..... 48

Figura 41 - Análise comparativa entre diagramas de interação entre momento reduzido e esforço axial reduzido de acordo com REBAP e EC2: (a) A400,  $\beta=2,00$ ,  $a/h=0,10$ ; (b) A500,  $\beta=2,00$ ,  $a/h=0,10$  ..... 49



## Índice de Quadros

---

Quadro 1 - Classes de resistência .....	4
Quadro 2 - Valores dos coeficientes $\lambda$ e $\eta$ .....	7
Quadro 3- Classificação das armaduras .....	11
Quadro 4 - Propriedades do aço de acordo com o REBAP .....	11
Quadro 5 - Propriedades do aço de acordo com o EC2 (varões e fios).....	11
Quadro 6 - Caracterização das extensões e tensões na fibra .....	14
Quadro 7 - Caracterização das extensões e tensões na fibra .....	16
Quadro 8 - Valores de $\lambda_1$ e $\lambda_2$ para as diferentes classes de betão .....	24
Quadro 9 - Valores de $\lambda_1$ e $\lambda_2$ para as diferentes classes de betão .....	30
Quadro 10 - Valores limite inicial e final do Domínio IIIa, .....	39
Quadro 11 - Valores limite inicial e final do Domínio IIIa, .....	40
Quadro 12 - Análise comparativa entre as necessidades.....	42
Quadro 13 - Valores limite inicial e final do Domínio IIIa, .....	42
Quadro 14 - Valores limite inicial e final do Domínio IIIa, .....	43
Quadro 15 - Análise comparativa entre as necessidades.....	43
Quadro 16 - Comparação REBAP vs EC2 para secção retangular .....	49



## **Simbologia**

### **Siglas**

EC2	Eurocódigo 2
REBAP	Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-esforçado

### **Letras maiúsculas latinas**

$A_s$	Área da secção de uma armadura para betão armado
$E_s$	Valor de cálculo do módulo de elasticidade do aço de uma armadura para betão armado
$F_c$	Força resultante das tensões de compressão no betão
$F_{c1}$	Força resultante das tensões de compressão no betão em cedência
$F_{c2}$	Força resultante das tensões de compressão no betão sem cedência
$F_{s1}$	Força resultante das tensões na armadura inferior
$F_{s2}$	Força resultante das tensões na armadura inferior
$M_{ed}$	Valor de cálculo do momento fletor atuante na secção
$M_{rd}$	Valor de cálculo do momento fletor resistente da secção
$N_{As}$	Acréscimo percentual de necessidade de armadura de uma secção calculada pelo REBAP quando comparada com a mesma secção calculada pelo EC2
$N_{ed}$	Valor de cálculo do esforço axial atuante na secção
$N_{rd}$	Valor de cálculo do esforço axial resistente da secção
X1	Altura da secção de betão em compressão sem cedência
X1*	Distância da resultante das tensões de compressão no betão em cedência ao topo da secção
X2	Altura da secção de betão em compressão com cedência
X2*	Distância da resultante das tensões de compressão no betão sem cedência ao topo da secção

### **Letras minúsculas latinas**

a	Distância da extremidade da secção ao centro de massa das armaduras
d	Altura útil de uma secção transversal
$f_c$	Valor da tensão no betão
$f_{cd}$	Valor de cálculo da tensão de rotura do betão à compressão
$f_{ck}$	Valor característico da tensão de rotura do betão à compressão
$f_s$	Valor da tensão no aço

$f_{yk}$	Valor característico da tensão de cedência das armaduras para betão armado
$f_{0,2k}$	Valor característico da tensão limite convencional de proporcionalidade a 0,2% à tração do aço das armaduras de betão armado
$h$	Altura total de uma secção transversal
$n$	Coefficiente
$x$	Altura do eixo neutro

### Letras maiúsculas gregas

$\alpha$	Relação entre a profundidade da linha neutra e a altura útil ou total da secção
$\alpha_{cc}$	Coefficiente que tem em conta os efeitos de longo prazo na resistência à compressão e os efeitos desfavoráveis resultantes do modo como a carga é aplicada
$\beta$	Relação entre as armaduras inferior e superior de uma secção de betão armado
$\gamma_c$	Coefficiente parcial relativo ao betão
$\gamma_s$	Coefficiente parcial relativo ao aço das armaduras para betão armado
$\varepsilon_c$	Extensão do betão à compressão
$\varepsilon_{c2}$	Extensão de cedência do betão à compressão correspondente à utilização do diagrama parábola-retângulo
$\varepsilon_{cu2}$	Extensão de última do betão à compressão correspondente à utilização do diagrama parábola-retângulo
$\varepsilon_s$	Extensão nas armaduras de betão armado
$\varepsilon_{yd}$	Extensão de cedência da armadura de betão armado
$\varepsilon_{ud}$	Extensão última da armadura de betão armado
$\lambda_1$	Coefficiente que tem em conta a resultante das forças no betão em compressão
$\lambda_2$	Coefficiente que tem em conta a distância da resultante das forças no betão em compressão ao topo da secção
$\mu$	Momento fletor reduzido
$\nu$	Esforço axial reduzido
$\sigma_s$	Tensão na armadura de betão armado
$\sigma_{s1}$	Tensão na armadura inferior de betão armado
$\sigma_{s2}$	Tensão na armadura superior de betão armado
$\omega$	Percentagem mecânica de armadura

# Índice

---

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	<b>III</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>V</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>VII</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>IX</b>
<b>ÍNDICE DE QUADROS</b> .....	<b>XIII</b>
<b>SIMBOLOGIA</b> .....	<b>XV</b>
<b>ÍNDICE</b> .....	<b>XVII</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>2. MATERIAIS E BASES DE CÁLCULO</b> .....	<b>3</b>
<b>2.1 PROPRIEDADES DOS MATERIAIS</b> .....	<b>3</b>
2.1.1 BETÃO .....	3
2.1.2 ARMADURAS .....	9
<b>2.2 CÁLCULO DAS SECÇÕES – ESTADO LIMITE ÚLTIMO DE RESISTÊNCIA</b> .....	<b>12</b>
2.2.1 HIPÓTESES DE CÁLCULO.....	12
2.2.2 DOMÍNIOS DE DEFORMAÇÃO DAS SECÇÕES NO ESTADO LIMITE ÚLTIMO DE RESISTÊNCIA .....	13
2.2.3 DUCTILIDADE DAS SECÇÕES .....	16
<b>3. METODOLOGIA</b> .....	<b>19</b>
<b>3.1 FLEXÃO SIMPLES</b> .....	<b>19</b>
3.1.1 FORÇAS NO BETÃO .....	19
3.1.2 FORÇAS NO AÇO.....	24
3.1.3 EQUAÇÕES DE EQUILÍBRIO .....	25
3.1.4 EQUAÇÕES ADIMENSIONAIS .....	26
<b>3.2 FLEXÃO COMPOSTA</b> .....	<b>26</b>
3.2.1 FORÇAS NO BETÃO .....	27
3.2.2 FORÇAS NO AÇO.....	31
3.2.3 EQUAÇÕES DE EQUILÍBRIO .....	31
3.2.4 EQUAÇÕES ADIMENSIONAIS .....	32
<b>3.3 FORMULAÇÃO DE TABELAS E ÁBACOS</b> .....	<b>33</b>
3.3.1 TABELAS .....	35
3.3.2 ÁBACOS .....	36
<b>4. DISCUSSÃO DE RESULTADOS</b> .....	<b>39</b>
<b>4.1 COMPARAÇÃO REBAP VS EC2</b> .....	<b>39</b>
4.1.1 FLEXÃO SIMPLES .....	39
4.1.2 FLEXÃO COMPOSTA .....	42

<b>5. CONCLUSÕES .....</b>	<b>51</b>
<b>6. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>55</b>
<b>7. APÊNDICES .....</b>	<b>59</b>
<b>APÊNDICE I - VALORES DE <math>\lambda_1</math> E <math>\lambda_2</math> PARA AS DIFERENTES CLASSES DE BETÃO PARA FLEXÃO SIMPLES....</b>	<b>59</b>
<b>APÊNDICE II - VALORES DE <math>\lambda_1</math> E <math>\lambda_2</math> PARA AS DIFERENTES CLASSES DE BETÃO PARA FLEXÃO COMPOSTA</b>	<b>60</b>
<b>APÊNDICE III - TABELAS DE FLEXÃO SIMPLES EC2 .....</b>	<b>61</b>
<b>APÊNDICE IV - TABELAS DE FLEXÃO COMPOSTA EC2 .....</b>	<b>95</b>
<b>APÊNDICE V - ÁBACOS DE FLEXÃO COMPOSTA EC2 .....</b>	<b>105</b>

# 1. Introdução

---

A recente normalização europeia para projeto de estruturas de betão, Eurocódigo 2 – Projeto de estruturas de betão. Parte 1-1: Regras gerais e regras para edifícios (EC2)[1], introduz alterações no dimensionamento de secções de betão armado submetidas à flexão simples e composta.

No EC 2 para betões normais são introduzidas novas classes de resistência referentes a betões de elevado desempenho (betões com o valor característico da tensão de rotura à compressão,  $f_{ck}$ , superior a 50MPa) e novas classes de aço com maior ductilidade [2]. De igual modo verifica-se que o EC2 recomenda a utilização de relações tensões-extensões de cálculo para os materiais betão e aço, diferentes das preconizadas pelo Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-esforçado, (REBAP)[3].

Com base nestas diferenças ficou definido inicialmente que o objetivo principal desta dissertação seria o dimensionamento de secções retangulares, submetidas à flexão simples e composta de acordo com o EC2, e a comparação realizada com base nas prescrições do REBAP e do EC2. Para facilitar o dimensionamento destas secções serão elaboradas tabelas e ábacos para o dimensionamento de secções retangulares com base no Eurocódigo 2, submetidas à flexão simples e composta.

Numa primeira fase foi realizada uma pesquisa bibliográfica, a leitura das duas normas (REBAP e EC2) e feita a sua comparação, tendo em conta as propriedades dos materiais e as bases de cálculo adotadas em cada norma, para a verificação da segurança ao estado limite último de flexão. Num segunda fase, foram definidas as bases de cálculo para o dimensionamento de secções retangulares submetidas a flexão simples ou composta com base nas duas normas referidas. Foram ainda definidas as expressões que permitem dimensionar as mesmas secções ao estado limite último de flexão e a metodologia para a elaboração das tabelas e ábacos para o dimensionamento de secções retangulares com base no Eurocódigo 2, submetidas à flexão simples e composta.

Como resultado final são apresentadas as tabelas e ábacos para o dimensionamento de secções retangulares com base no Eurocódigo 2, submetidas à flexão simples e composta, e é realizada a comparação entre os regulamentos com base nos resultados obtidos.



## 2. Materiais e bases de cálculo

---

### 2.1 Propriedades dos Materiais

O Eurocódigo 2, introduz algumas alterações nas propriedades dos materiais, designadamente dos valores de cálculo para a resistência à compressão do betão as classes de ductilidade do aço e nas relações tensões-deformações admitidas para os dois materiais.

#### 2.1.1 Betão

Betão é um material que resulta do endurecimento da pasta formada por cimento, agregados finos e grossos, água (e adjuvantes). Os aspetos associados ao comportamento, produção, colocação e critérios de conformidade do betão são tratados na norma NP EN 206-1 [4]. A colocação no mercado dos betões de ligantes hidráulicos está regulamentada do DL 301/2007 de 23 de Agosto [5].

As propriedades dos ligantes, cimento, agregados, agregados leves e água de amassadura são especificados respetivamente pela especificação do LNEC E 378 e nas normas NP 197-1 [6], NP EN 12620 [7], NP EN 13055-1 [8] e NP EN 1008 [9].

A execução de estruturas em betão está especificada na norma NP ENV13670-1 [10], estando a durabilidade do betão armado e das estruturas de betão armados especificada nas especificações LNEC E464-2005[11] e E465-2005 [12].

Os betões são classificados em diferentes classes de resistência de acordo com a resistência característica à compressão medida em provetes cilíndricos ou em provetes cúbicos.

A designação das classes de resistência para os betões é diferente nas duas normas. De acordo com o REBAP os betões a utilizar devem satisfazer as condições estabelecidas no antigo Regulamento de Betões e Ligantes Hidráulicos (RBLH) [2] enquanto para o EC2 as classes de resistência são definidas na NP EN 206-1:2007 [1], que substituiu em Portugal o RBLH. Esta alteração modifica a designação das classes de resistência à compressão do betão. Altera ainda o tipo de provetes utilizados para a determinação do valor característico da tensão de rotura à compressão de provetes cúbicos aos 28 dias de idade, ( $f_{ck,cubo}$ ). O valor de  $f_{ck,cubo}$ , no REBAP é relativo a provetes cúbicos de 20 cm de aresta, no EC2 é referente a provetes cúbicos de 15 cm de aresta. Os provetes de 15 cm de aresta (adotados pelo EC2) apresentam valores de tensão de rotura à compressão aos 28 dias superiores aos

dos provetes cúbicos de 20 cm de aresta, adotados pelo REBAP, para classes de betão superiores à classe C25/30 (classe B30 do REBAP).

A acrescer às classes de betão previstas no REBAP, o EC2 introduz novas classes de resistência betão, relativas a betões de alta resistência, deixando ainda a possibilidade de cada país utilizar betões de classe superior à última classe incluída na norma, C90/105. Para Portugal e de acordo com o Anexo Nacional (NA), essa possibilidade não é adotada. As classes de resistência especificadas em cada um dos regulamentos são apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 - Classes de resistência do betão de acordo com o REBAP e EC2

REBAP e RBLH			EC2 e NP EN 206-1		
Designação	$f_{ck}$	$f_{ck,cubo}$	Designação	$f_{ck}$	$f_{ck,cubo}$
B 15	12	15	C 12/15	12	15
B 20	16	20	C 16/20	16	20
B 25	20	25	C 20/25	20	25
B 30	25	30	C 25/30	25	30
B 35	30	35	C 30/37	30	37
B 40	35	40	C 35/45	35	45
B 45	40	45	C 40/50	40	50
B 50	45	50	C 45/55	45	55
B 55	50	55	C 50/60	50	60
-	-	-	C 55/67	55	67
-	-	-	C 60/75	60	75
-	-	-	C 70/85	70	85
-	-	-	C 80/95	80	95
-	-	-	C 90/105	90	105

De acordo com o REBAP e o EC2 as relações tensões-extensões de cálculo (diagrama parábola-retângulo) para o cálculo de secções transversais aos estados limites últimos, são dadas pelas expressões (2.1) e (2.2), para EC2 e REBAP respetivamente.

$$\sigma_c = \begin{cases} f_{cd} \left[ 1 - \left( 1 - \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{c2}} \right)^n \right], & 0 \leq \varepsilon_c \leq \varepsilon_{c2} \\ f_{cd}, & \varepsilon_{c2} \leq \varepsilon_c \leq \varepsilon_{cu2} \end{cases} \quad (2.1)$$

$$\sigma_c = \begin{cases} 0,85 \times f_{cd} \times (\varepsilon_c - 250 \times \varepsilon_c^2) \times 10^3, & 0 \leq \varepsilon_c \leq 2,0 \times 10^{-3} \\ 0,85 \times f_{cd}, & 2,0 \times 10^{-3} \leq \varepsilon_c \leq 3,5 \times 10^{-3} \end{cases} \quad (2.2)$$

em que,  $\varepsilon_{cu2}$  representa a extensão última do betão à compressão;  $\varepsilon_{c2}$  é a extensão do betão correspondente à tensão máxima;  $\varepsilon_c$  representa a extensão do betão e o expoente  $n$  é um coeficiente que depende da classe de betão.

O valor de cálculo da tensão de rotura do betão à compressão é determinado pela expressão  $f_{cd} = \alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_c$  e depende de  $\gamma_c$ , coeficiente parcial de segurança do betão, de  $\alpha_{cc}$ , coeficiente tem em conta os efeitos de longo prazo na resistência à compressão e os efeitos desfavoráveis resultantes do modo como a carga é aplicada e de  $f_{ck}$ , valor característico da tensão de rotura do betão à compressão aos 28 dias de idade.

No cálculo de secções pelo REBAP o valor do coeficiente  $\alpha_{cc}$  utilizado é de 0,85, de acordo com o EC2 (e o adotado pelo Anexo Nacional) deverá ser utilizado o valor de 1,0.

Os efeitos de longo prazo das cargas na resistência à compressão do betão foram estudados por Rüschi [13]. No trabalho desenvolvido por Rüschi foram ensaiados provetes de betão com uma resistência máxima à compressão de 60MPa aos 28 dias. Os provetes foram submetidos durante os ensaios a uma força inferior à sua resistência à compressão que foi mantida constante durante um longo período de tempo. A Figura 1 mostra as relações tensões-extensões para os carregamentos efetuados por Rüschi para alguns tempos de aplicação da carga.

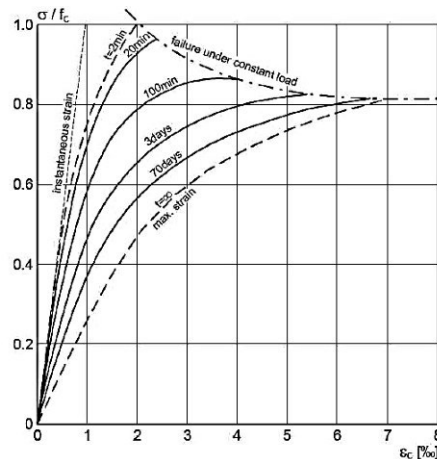


Figura 1 - Relações tensões-extensões em função do tempo de aplicação de esforços de compressão, Rüschi, citado em Walraven et al. [14]

Da análise da Figura 1, verifica-se que a rotura dos provetes submetidos a mais de 80% da sua resistência à compressão ocorreu após um determinado tempo.

Para estudar o mesmo efeito, Walraven e Han, citados em [14] ensaiaram provetes cúbicos com resistência à compressão até 100MPa. Os ensaios mostraram que o comportamento dos betões agora ensaiados é igual ao observado em betões com resistência à compressão inferior a 60MPa.

No entanto, Walraven *et al* argumentam que o betão continua a aumentar a sua resistência à compressão após os 28 dias, tempo após o qual foram realizados os ensaios de Rüschi [14]. A Figura 2 apresenta o desenvolvimento da resistência à compressão do betão fabricado com cimento lento, normal e rápido.

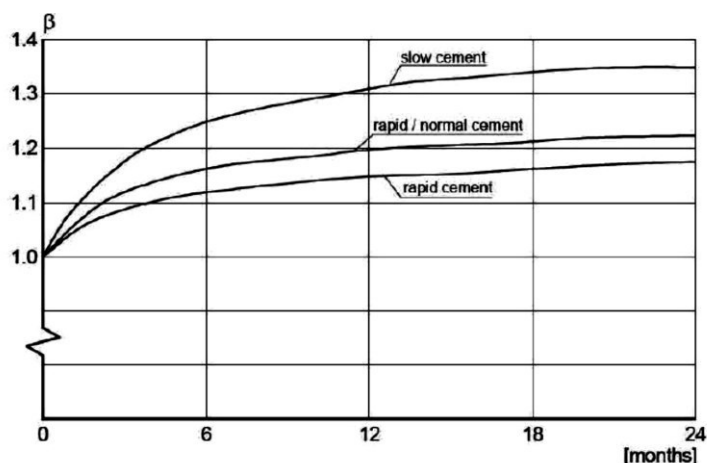


Figura 2 - Desenvolvimento da resistência à compressão do betão fabricado com cimento lento, normal e rápido [14]

Pela análise da Figura 2, verifica-se que a resistência à compressão do betão ao fim de 6 meses, aumenta entre 12 a 25%, para betões fabricados com cimentos de presa rápida (R) ou cimentos de presa lenta (SL). Assim, uma parte da diminuição da resistência causada pela longa duração das cargas é compensada pelo aumento da resistência do betão com o tempo [14].

A capacidade resistente do betão à compressão, de acordo com as normas é baseada nos resultados de ensaios laboratoriais. Estes ensaios têm uma duração de 1h30min. Na Figura 1 (ver pág. 5) observa-se que para ensaios com uma duração de 100 min, a resistência à compressão do betão diminui cerca de 15% em relação a ensaios com duração de 2 minutos. Deste modo, Walraven *et al* [14], concluíram que parte do efeito da duração do carregamento é incluída nos ensaios de determinação da resistência. De igual modo, argumentam que os casos onde a duração longa do carregamento poderá, na prática, ter influência na capacidade resistente da estrutura, são raros e não justificam a utilização de um coeficiente  $\alpha_{cc}$  de 0,80. Assim, o valor a utilizar será, de acordo com o EC2 (e adotado pelo Anexo Nacional), igual a 1,0.

Na Figura 3 a) são ilustradas as relações tensões-extensões ao longo da altura de uma secção em flexão, adotadas por cada um dos regulamentos.

Na Figura 3 b) são ilustradas as relações tensões-extensões ao longo da altura de uma secção para as classes de betão previstas pelo EC2. Da observação da Figura 3 b) destaca-

se o aumento da fragilidade dos betões com classe superior a C50/60, apresentando menores deformações após atingirem a cedência.

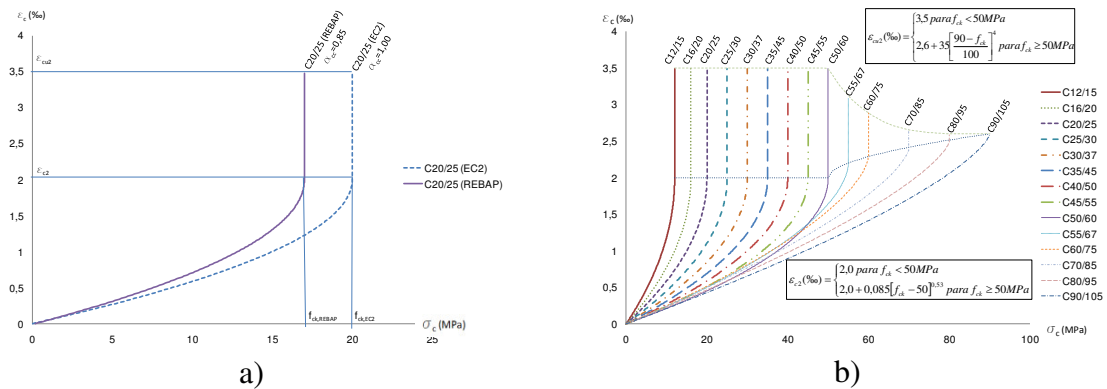


Figura 3- Diagramas parábola-retângulo para o betão à compressão a) comparação REBAP vs. EC2 ; e b) de acordo com o EC2 para as várias classes de resistência

Ambos os regulamentos admitem a utilização de outras relações tensões-extensões de cálculo. Um dos modelos de relações tensões-extensões admitido por ambos os regulamentos é o diagrama simplificado de distribuição retangular de tensões. Este modelo permite de forma simples simular a resultante de tensões de compressão no betão. O modelo de distribuição retangular de tensões é ilustrado na Figura 4.

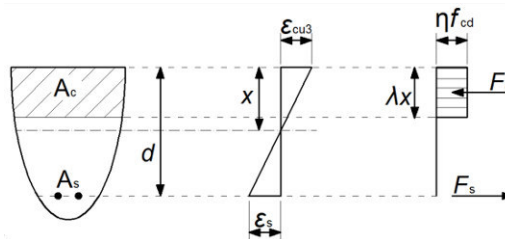


Figura 4 - Distribuição retangular de tensões

No Quadro 2 são apresentados os coeficientes adotados em cada um dos regulamentos.

Quadro 2 - Valores dos coeficientes  $\lambda$  e  $\eta$  para a distribuição retangular de tensões

		$\lambda$	$\eta$
<b>REBAP</b>	$f_{ck} < 50\text{MPa}$	0,80	1,00
<b>EC2</b>	$f_{ck} < 50\text{MPa}$	0,80	0,85

O Eurocódigo 2 admite ainda a utilização de uma distribuição bilinear de relações tensões-extensões (ver Figura 5). Esta relação não é considerada pelo REBAP.

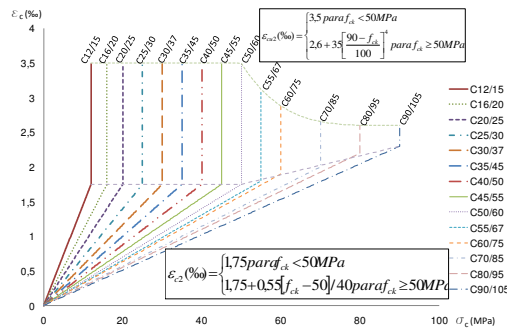


Figura 5 - Diagramas bilineares de tensões-extensões para as diferentes classes de resistência (EC2)

No presente trabalho será utilizado o modelo de relações tensões-extensões parábola-retângulo.

No que respeita à deformação elástica, verificam-se também diferenças entre REBAP e EC2. O módulo de elasticidade aos 28 dias do betão,  $E_{cm}$ , depende dos módulos de elasticidade dos seus componentes e da classe de betão. O valor do módulo de elasticidade é calculado pelas seguintes expressões, de acordo com o EC2 (2.3) e o REBAP (2.4) respetivamente.

$$E_{cm} = 22 \times \left( \frac{f_{ck} + 8}{10} \right)^3 \quad (2.3)$$

$$E_{c,28} = 9,5 \times 3 \sqrt{f_{ck} + 8} \quad (2.4)$$

A expressão (2.3) deverá ser utilizada para betões cuja tensão esteja entre 0 e 40% do valor médio da tensão de rotura à compressão ( $f_{cm}$ ) e para betões com agregados de quartzito. Os valores obtidos para os agregados de quartzito deverão ser reduzidos em 10% e 30%, para betões com agregados de calcário normal e arenitos, respetivamente. Para os agregados de basalto e calcário denso o valor de  $E_{cm}$  deverá ser aumentado em 20%, sendo esta uma recomendação do Model Code 2010 e do Comité Internacional do Betão, (CEB-FIB MC2010) [15].

A expressão utilizada no REBAP é relativa a betões cujo nível de tensão esteja entre 40% a 50% do valor característico da tensão de rotura,  $f_{ck}$ . Para valores de tensão da ordem de 10% de  $f_{ck}$  devem utilizar-se valores 10% superiores para  $E_{c,28}$ . Para valores de deformações rápidas,  $E_{c,28}$  deverá ser aumentado de 25% em relação ao valor obtido em (2.4). Para deformações lentas deverá ser levado em consideração o efeito da fluência no betão.

### 2.1.2 Armaduras

No betão armado podem ser utilizadas armaduras de diversas formas, normalmente varões, fios ou redes. O tipo de armaduras mais corrente em betão armado são os varões de secção aproximadamente circular.

Os diâmetros dos varões utilizados variam de país para país, no entanto a norma europeia EN 10080 [16] apresenta os seguintes valores em milímetros: 6, 8, 10, 12, 14, 16, 20, 25, 28, 32 e 40. Os diâmetros mais utilizados em Portugal são o diâmetro 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25 e 32 [17].

O comprimento mais corrente dos varões varia entre os 12 e os 18m, podendo chegar aos 30m se transportados em caminho de ferro. O comprimento de 12 m é o que usualmente se encontra no mercado, sendo também o comprimento recomendado pela pr EN 10038.

Nos varões nervurados a marcação é assinalada através da direção e espaçamento das nervuras, através dos quais é possível assinalar a classe do aço, o país de origem e a fábrica produtora. Nas figuras seguintes exemplificam-se marcações de identificação do varão [18].

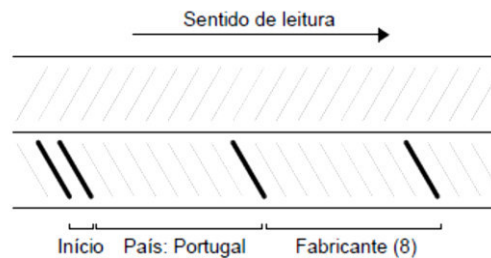


Figura 6 – Exemplo de código de marcas de identificação do varão [18]

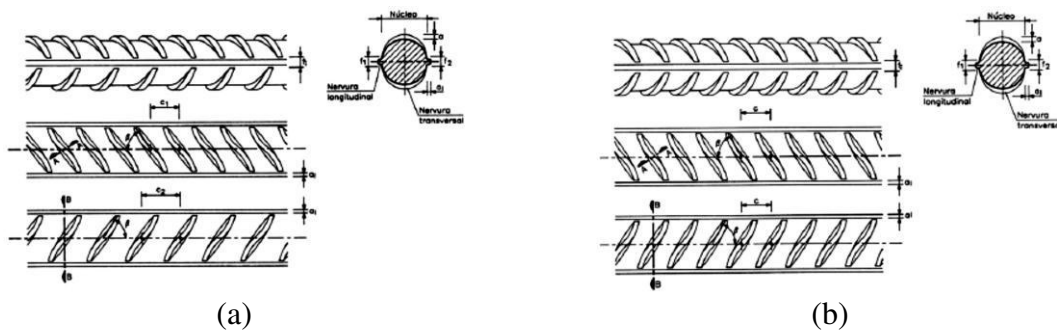


Figura 7 – Marcação de perfis nervurados do tipo:  
(a) A400NR; (b) A400NR de ductilidade melhorada [18]

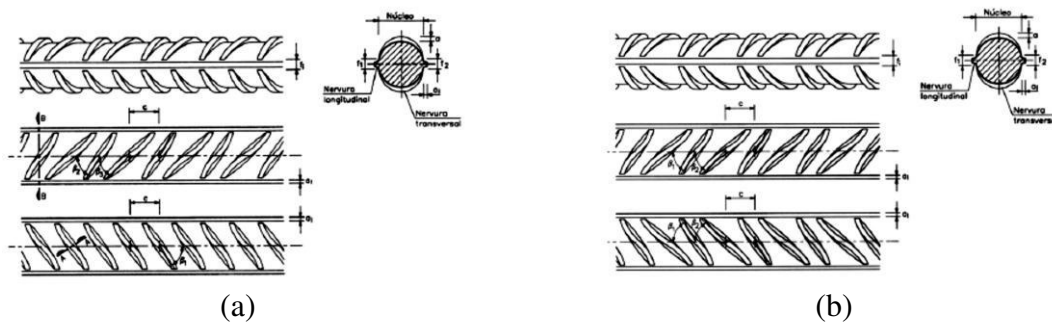


Figura 8 – Marcação de perfis nervurados do tipo:  
 (a) A500NR; (b) A500NR de ductilidade melhorada [18]

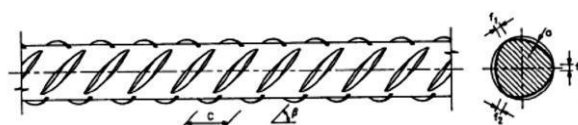


Figura 9 – Marcação de perfis nervurados do tipo A500ER [18]

Os aços para armaduras de betão armado deverão respeitar as características definidas nas especificações do LNEC E449 [19], E450 [20], E455 [21], E456 [22], E457 [23], E458 [24] e E460 [25].

As propriedades do aço também diferem entre o REBAP e o EC2. Cada norma prevê a utilização de três classes de resistência (caraterizadas pelo valor característico da tensão de cedência das armaduras para betão armado,  $f_{yk}$ , ou pelo valor característico da tensão limite convencional de proporcionalidade a 0,2% à tração do aço das armaduras de betão armado,  $f_{0,2k}$ ): O EC2 introduz ainda a classificação das armaduras para betão armado em três classes de ductilidade, A, B e C, em que A é a classe menos dúctil e C a mais dúctil.

De acordo com o REBAP as armaduras podem ser classificadas de acordo com o seu processo de fabrico: laminadas a quente (N) ou endurecidas a frio (E). É ainda possível classificar as armaduras quanto à sua aderência: normal (L) ou alta (R). Caso a armadura possua características de ductilidade melhorada acrescentem à designação as letras (SD). Podem ser utilizados varões lisos ou rugosos (L, R). O EC2 apenas prevê a utilização de armaduras nervuradas. No Quadro 3 são apresentadas as classes de armaduras previstas nos dois regulamentos. As células assinaladas correspondem às classes de armaduras previstas para a utilização em Portugal.

Quadro 3- Classificação das armaduras de acordo com o REBAP o EC2

Designação	REBAP			EC2
	Processo de fabrico	Aderência	Ductilidade	Designação
A235 NL	Laminado a quente	Normal	Normal	Não Aplicável
A235 NR	Laminado a quente	Alta	Normal	Não Aplicável
A400 NR	Laminado a quente	Alta	Normal	S400 classe B
A400 NR SD	Laminado a quente	Alta	Especial	S400 classe C
A400 ER	Endurecido a frio	Alta	Normal	S400 classe A
A400 EL	End. a frio com torção	Normal	Normal	Não Aplicável
A500 NR	Laminado a quente	Alta	Normal	S500 classe B
A500 NR SD	Laminado a quente	Alta	Especial	S500 classe C
A500 ER	Endurecido a frio	Alta	Normal	S500 classe A
A500 EL	Endurecido a frio	Normal	Normal	Não Aplicável

As principais propriedades das armaduras, de acordo com o REBAP e EC2, são apresentadas no Quadro 4 e no Quadro 5, respectivamente.

Quadro 4 - Propriedades do aço de acordo com o REBAP

Tipo de aço	$f_{yk}$ (MPa)	$\gamma_s$	$f_{syd}$ (MPa)	$E_s$ (GPa)	$\epsilon_{yd}$ (%)	$\epsilon_{ud}$ (%)
A235	235	1,15	204	200	0,102	1,0
A400	400		348		0,174	1,0
A500	500		435		0,217	1,0

Quadro 5 - Propriedades do aço de acordo com o EC2 (varões e fios)

Tipo de aço	Classe	$f_{yk}$ (MPa)	$\gamma_s$	$f_{yd}$ (MPa)	$E_s$ (GPa)	$\epsilon_{yd}$ (%)	$\epsilon_{uk}$ (%)	$\epsilon_{ud}$ (%)	$k$	$k \cdot f_{yk}$	$k \cdot f_{yk} / \gamma_s$
A400	A	400	1,15	348	200	0,174	2,50	2,25	1,05	420	365,2
	B						5,00	4,50	1,08	432	375,7
	C						7,50	6,75	1,35	540	469,6
A500	A	500	1,15	435	200	0,217	2,50	2,25	1,05	525	456,5
	B						5,00	4,50	1,08	540	469,6
	C						7,50	6,75	1,35	675	587,0

Por outro lado o EC2 prevê para o cálculo corrente de armaduras para betão armado o uso opcional de dois modelos de relação tensão-extensão bilineares conforme ilustrado na Figura 10 e em que  $\gamma_s$  é o coeficiente parcial relativo a armaduras para betão armado. Ambos os modelos prevêem relações extensões-tensões elásto-plásticas com a zona elástica definida por  $f_{yk}$  e  $f_{yk}/E_s$ , em que  $E_s$  é o valor de cálculo do módulo de elasticidade do aço de uma armadura de betão armado. No REBAP o limite da extensão é de 10‰. No

presente trabalho optou-se no entanto por limitar a extensão nas armaduras a 25‰ à semelhança de Barros e Figueiras [26].

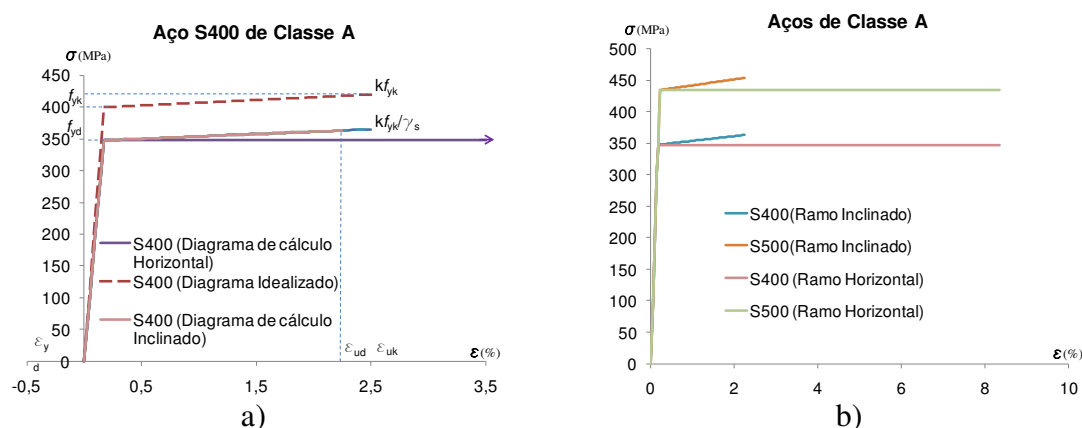


Figura 10- Diagramas de tensões-extensões das armaduras para betão armado, de acordo com o EC2: a) idealizado e de cálculo (aço A400); b) idealizados (aço A400 e A500)

## 2.2 Cálculo das secções – Estado Limite último de Resistência

Nesta secção pretende-se estudar o dimensionamento de secções transversais de betão armado de acordo com o EC2 e sempre que se justifique fazer uma comparação com o REBAP.

### 2.2.1 Hipóteses de cálculo

De acordo com o EC2 o cálculo das secções de betão armado aos estados limites últimos baseia-se nas seguintes hipóteses:

- as secções mantêm-se planas;
- a extensão nas armaduras aderentes, em tracção ou em compressão, é a mesma da do betão que as envolve;
- a resistência do betão à tracção é ignorada;
- as tensões no betão comprimido são obtidas do diagrama de tensões-extensões de cálculo, de acordo com o indicado em 2.1.1, diagrama parábola-retângulo (ver Figura 3, pág. 7), diagrama retangular de tensões (ver Figura 4, pág. 7) ou a distribuição bilinear de tensões (ver Figura 5, pág. 8);
- as tensões nas armaduras de betão armado são obtidas dos diagramas de cálculo indicadas em 2.1.2, diagrama bilinear elásto-plástico com endurecimento da secção plastificada e limite de extensão (Hipótese A) ou diagrama bilinear elásto-plástico perfeito, sem limite de extensão última (Hipótese B), (ver Figura 10, pág. 12);
- a extensão de compressão no betão deve ainda ser limitada a  $\epsilon_{cu2}$ ;

- as extensões no aço devem ser limitadas a  $\varepsilon_{ud}$ , caso o cálculo seja feito com base no diagrama bilinear com o segundo tramo inclinado.

### 2.2.2 Domínios de deformação das secções no estado limite último de resistência

A rotura da secção de betão armado pode ocorrer por rotura parcial de um dos materiais ou dos dois em simultâneo. Deste modo, será necessário estudar o comportamento da secção com as possíveis hipóteses de rotura dividindo o cálculo em domínios que envolvam todas as hipóteses. Admitindo o diagrama de tensões-extensões de cálculo parábola-retângulo para o betão, o número de domínios a estudar depende do diagrama de tensões-extensões de cálculo considerado para as armaduras (Hipótese A ou Hipótese B).

Considerando a Hipótese A, com diagrama diagrama elásto-plástico com endurecimento e a extensão no aço limitada a  $\varepsilon_{ud}$ , a rotura da secção pode acontecer por rotura de qualquer um dos materiais. Será necessário efetuar o estudo dos domínios IIa, IIb, IIIa, IIIb e IVa conforme definidos na Figura 11 em que  $h$ , é a altura total da secção transversal;  $x$  é a altura do eixo neutro;  $d$ , é a altura útil da secção transversal; e  $\varepsilon_{ud}$  é a extensão última da armadura de betão armado.

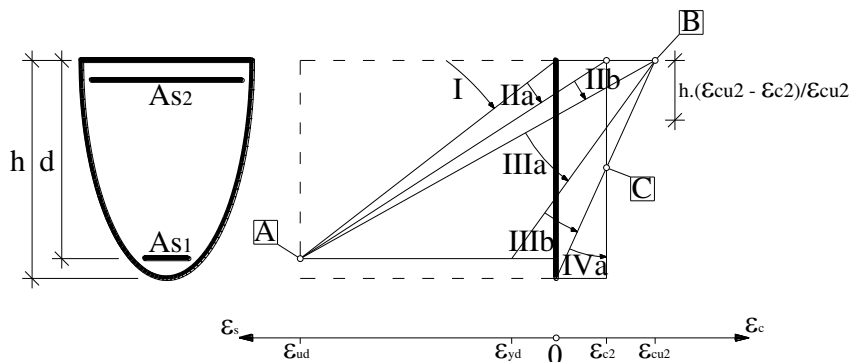


Figura 11 - Distribuição extensões admissíveis no estado limite último para a hipótese de cálculo a)

**Domínio I** - Tração simples ou composta em que toda a secção está tracionada. As rectas de deformação giram em torno do ponto A que corresponde à extensão máxima da armadura de tração  $\varepsilon_{ud}$ . A profundidade da linha neutra está fora da secção e varia entre  $x = -\infty$  e  $x = 0$ . Apenas as armaduras resistem.

**Domínio IIa** - Flexão simples ou composta em que a fibra mais comprimida do betão está com extensão inferior a  $\varepsilon_{c2}$ . As retas de deformação giram em torno do ponto A. A profundidade da linha neutra varia entre  $x = 0$  e  $x = \varepsilon_{c2} / (\varepsilon_{c2} + \varepsilon_{ud}) \times d$ .

**Domínio IIb** - Flexão simples ou composta com a fibra mais comprimida do betão com extensão entre  $\varepsilon_{c2}$  e  $\varepsilon_{cu2}$ . As retas de deformação giram em torno do ponto A. A profundidade da linha neutra varia entre  $x = \varepsilon_{c2} / (\varepsilon_{c2} + \varepsilon_{ud}) \times d$  e  $x = \varepsilon_{cu2} / (\varepsilon_{cu2} + \varepsilon_{ud}) \times d$ .

**Domínio IIIa** - Flexão simples ou composta com a fibra mais comprimida do betão com extensão igual a  $\varepsilon_{cu2}$  e as extensões na armadura de tração a variarem entre  $\varepsilon_{ud}$  e  $\varepsilon_{yd}$ . As retas de deformação giram em torno do ponto B que corresponde extensão última do betão. A profundidade da linha neutra varia entre  $x = \varepsilon_{cu2} / (\varepsilon_{cu2} + \varepsilon_{ud}) \times d$  e  $x = \varepsilon_{cu2} / (\varepsilon_{cu2} + \varepsilon_{yd}) \times d$ .

**Domínio IIIb** - Flexão simples ou composta com a secção mais comprimida do betão com extensão igual a  $\varepsilon_{cu2}$  e a extensão da armadura de tração inferior a  $\varepsilon_{yd}$ . As retas de deformação giram em torno do ponto B que corresponde à extensão última do betão. A profundidade da linha neutra varia entre  $x = \varepsilon_{cu2} / (\varepsilon_{cu2} + \varepsilon_{yd}) \times d$  e  $x = h$ .

**Domínio IVa** - Compressão simples ou composta com a secção mais comprimida do betão com extensão a variar entre  $\varepsilon_{cu2}$  e  $\varepsilon_{c2}$ . A extensão na fibra menos tracionada da secção varia entre 0 e  $\varepsilon_{c2}$ . As retas de deformação giram em torno do ponto C. A profundidade da linha neutra está fora da secção e varia entre  $x = h$  e  $x = +\infty$ .

No Quadro 6 apresentam-se os estados de extensão e tensão da fibra mais comprimida do betão e da armadura de tração que definem cada um dos estados limite últimos, em que  $f_c$  e  $f_s$  são respectivamente a tensão no betão e no aço e  $\varepsilon_{yd}$  é a extensão de cedência da armadura para betão armado.

Quadro 6 - Caracterização das extensões e tensões na fibra mais comprimida do betão e na armadura de tração em cada domínio

Domínio	Betão		Armadura de tração	
	Extensões	Tensões	Extensões	Tensões
<b>IIa</b>	$0 \leq \varepsilon_c \leq \varepsilon_{c2}$	$0 \leq f_c \leq f_{cd}$	$\varepsilon_s = \varepsilon_{ud}$	(em rotura) $f_s = f_{yd}$
<b>IIb</b>	$\varepsilon_{c2} \leq \varepsilon_c \leq \varepsilon_{cu2}$	$f_c = f_{cd}$	$\varepsilon_s = \varepsilon_{ud}$	(em rotura) $f_s = f_{yd}$
<b>IIIa</b>	$\varepsilon_c = \varepsilon_{cu2}$	(em rotura) $f_c = f_{cd}$	$\varepsilon_{yd} \leq \varepsilon_s \leq \varepsilon_{ud}$	$f_s = f_{yd}$
<b>IIIb</b>	$\varepsilon_c = \varepsilon_{cu2}$	(em rotura) $f_c = f_{cd}$	$0 \leq \varepsilon_s \leq \varepsilon_{yd}$	$0 \leq f_s \leq f_{yd}$
<b>IVa</b>	$\varepsilon_{c2} \leq \varepsilon_c \leq \varepsilon_{cu2}$ e no ponto C: $\varepsilon_c = \varepsilon_{c2}$	(em rotura) $f_c = f_{cd}$	$0 \leq \varepsilon_s \leq \varepsilon_{c2}$	$0 \leq f_s \leq f_{yd}$

Para cada domínio são definidos os limites da profundidade da linha neutra,  $x/d$  através da seguinte expressão.

$$\frac{x}{d} = \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_c + \varepsilon_s} \quad (2.5)$$

A escolha da Hipótese B, diagrama elásto-plástico perfeito, implica que o aço não tenha limite da extensão última e como consequência a rotura acontece sempre pelo betão. Assim, os domínios em que a rotura da secção é condicionada pela rotura do aço deixam de ser equacionados e passam a ser estudados os domínios considerados na Figura 12.

No entanto, a limitação da extensão máxima na armadura, mesmo que se utilize o diagrama elasto-plástico sem endurecimento, obriga à consideração dos cinco domínios considerados para a Hipótese A.

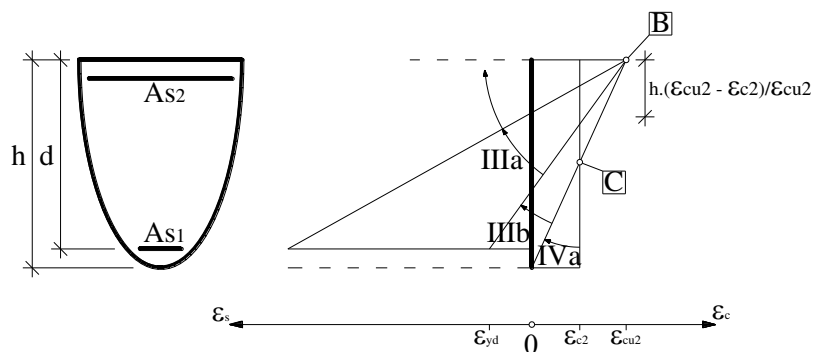


Figura 12 - Distribuição extensões admissíveis no estado limite último para a hipótese de cálculo b)

**Domínio IIIa** - Flexão simples ou composta com a fibra mais comprimida do betão com extensão igual a  $\varepsilon_{cu2}$  e as extensões na armadura de tração a variarem entre  $+\infty$  e  $\varepsilon_{yd}$ . As retas de deformação giram em torno do ponto B que corresponde à extensão última do betão. A profundidade da linha neutra varia entre  $x = \varepsilon_{cu2} / (\varepsilon_{cu2} + \varepsilon_{ud}) \times d$  e  $x = \varepsilon_{cu2} / (\varepsilon_{cu2} + \varepsilon_{yd}) \times d$ .

**Domínio IIIb** - Flexão simples ou composta com a fibra mais comprimida do betão com extensão igual a  $\varepsilon_{cu2}$  e a extensão da armadura de tração inferiores a  $\varepsilon_{yd}$ . As retas de deformação giram em torno do ponto B. A profundidade da linha neutra varia entre  $x = \varepsilon_{cu2} / (\varepsilon_{cu2} + \varepsilon_{yd}) \times d$  e  $x = h$ .

**Domínio IVa** - Compressão simples ou composta com a fibra mais comprimida do betão com extensão a variar entre  $\varepsilon_{cu2}$  e  $\varepsilon_{c2}$ . A extensão na fibra menos tracionada da secção varia entre 0 e  $\varepsilon_{c2}$ . As retas de deformação giram em torno do ponto C. A profundidade da linha neutra está fora da secção e varia entre  $x = h$  e  $x = +\infty$ .

Quadro 7 - Caracterização das extensões e tensões na fibra mais comprimida do betão e na armadura de tracção em cada domínio

Domínio	Betão		Armadura de tracção	
	Extensões	Tensões	Extensões	Tensões
IIIa	$\varepsilon_c = \varepsilon_{cu2}$	(Em rotura) $f_c = f_{cd}$	$\varepsilon_{yd} \leq \varepsilon_s \leq \varepsilon_{ud}$	$f_s = f_{yd}$
IIIb	$\varepsilon_c = \varepsilon_{cu2}$	(Em rotura) $f_c = f_{cd}$	$0 \leq \varepsilon_s \leq \varepsilon_{yd}$	$0 \leq f_s \leq f_{yd}$
IVa	$\varepsilon_{c2} \leq \varepsilon_c \leq \varepsilon_{cu2}$ E no ponto C: $\varepsilon_c = \varepsilon_{c2}$	(Em rotura) $f_c = f_{cd}$	$0 \leq \varepsilon_s \leq \varepsilon_{c2}$	$0 \leq f_s \leq f_{yd}$

Para cada domínio são definidos os limites da profundidade da linha neutra,  $x/d$  através da expressão (2.5).

### 2.2.3 Ductilidade das secções

O comportamento da secção na rotura pode ser frágil ou dúctil. A ductilidade da secção é caracterizada pela existência de deformação significativa da peça antes da rotura.

A rotura frágil ocorre em secções sobre-reforçadas em que o betão entra em rotura sem que as armaduras atinjam a sua extensão de cedência. O aço continua em regime elástico após a cedência do betão e a rotura acontece sem que seja atingida uma deformação significativa da peça. Este tipo de rotura é considerado inadequado pois a rotura acontece sem aviso [27].

Quando a secção é dimensionada sem excesso de armadura, a cedência do aço acontece antes da rotura do betão. A prévia cedência do aço faz com que a peça atinja um patamar de deformação no qual se formam rótulas plásticas com grande amplitude. O dimensionamento nestas condições proporciona uma rotura dúctil que é considerada segura face à grande deformação que a peça atinge antes da rotura final, o que permite a antecipação da rotura [27].

A Figura 13 mostra a variação da curvatura da secção em função do momento aplicado para diferentes níveis de reforço da secção. O referido gráfico foi elaborado para um aço com tensão de cedência de 460MPa [27]. Da análise do gráfico é possível verificar quais as combinações de reforço que atingem o patamar de cedência. Do mesmo modo é possível verificar a ocorrência de rotura frágil em secções sobre-reforçadas.

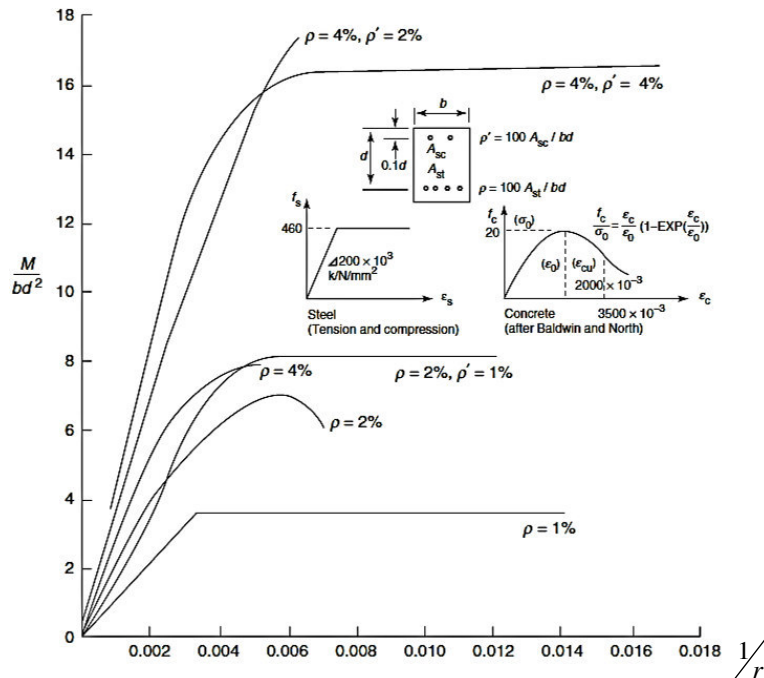


Figura 13 - Relação momento/curvatura com variação da percentagem de armadura na secção [27]

A fronteira entre a rotura frágil e a rotura dúctil é definida no diagrama de extensões da secção no qual  $\varepsilon_s = \varepsilon_{yd}$  na armadura de tracção e  $\varepsilon_c = \varepsilon_{cu2}$  na fibra mais comprimida do betão. O valor profundidade relativa da linha neutra ( $\alpha$ ) que separa a rotura dúctil da rotura frágil, para as diferentes classes de betão e aço é definido por:

$$\alpha_{lim} = \frac{\varepsilon_{cu2}}{\varepsilon_{cu2} + \varepsilon_{yd}} \quad (2.6)$$

O valor de  $\alpha_{lim}$  é igual ao valor de  $\alpha$  que separa o Domínio IIIa do Domínio IIIb, ou seja, quando  $\varepsilon_s = \varepsilon_{yd}$  e a extensão no betão é igual à extensão de rotura ( $\varepsilon_{cu2}$ ). Conclui-se portanto que para roturas pertencentes aos domínios IIa a IIIa, inclusivé, são roturas dúcteis. As roturas nos domínios IIIb e IVa são roturas frágeis, inseguras.

Como nos domínios IIa e IIb a capacidade resistente do betão não é totalmente aproveitada, ou seja, não é económica, conclui-se ainda que o dimensionamento de secções sujeitas a flexão simples ou composta deverá acontecer preferencialmente no domínio IIIa. Neste domínio, como já foi referido, a capacidade dos materiais, betão e aço, é aproveitada na totalidade e a rotura é dúctil.



## 3. Metodologia

Neste capítulo serão definidas as expressões para resolução do cálculo de secções rectangulares de betão armado sujeitas a flexão simples e composta. Com as expressões definidas serão depois elaboradas tabelas e ábacos de dimensionamento que possam servir para comparar os resultados obtidos através do REBAP[3] e EC2[1].

### 3.1 Flexão Simples

Flexão simples é a designação habitualmente utilizada para o conjunto de solicitações constituídas por momento fletor e esforço transversal, sendo nulos o esforço axial e o momento torçor [28].

#### 3.1.1 Forças no betão

Para o cálculo de uma secção retangular, de largura  $b$ , sujeita a flexão simples, é necessário definir o valor da força resultante das tensões no betão bem como o seu ponto de aplicação relativamente ao topo da secção. A resultante das tensões no betão depende da profundidade da linha neutra,  $x$ , e é condicionada pelo domínio em que o dimensionamento da secção é realizado. De seguida são apresentadas as expressões para o dimensionamento em cada domínio de rotura, incluindo a definição das variáveis envolvidas no cálculo.

**Domínio IIa** – Neste domínio, por não ser atingida a tensão de cedência do betão, ( $0 \leq \varepsilon_c \leq \varepsilon_{c2}$ ), a resultante tem apenas uma componente conforme é ilustrado na Figura 14.

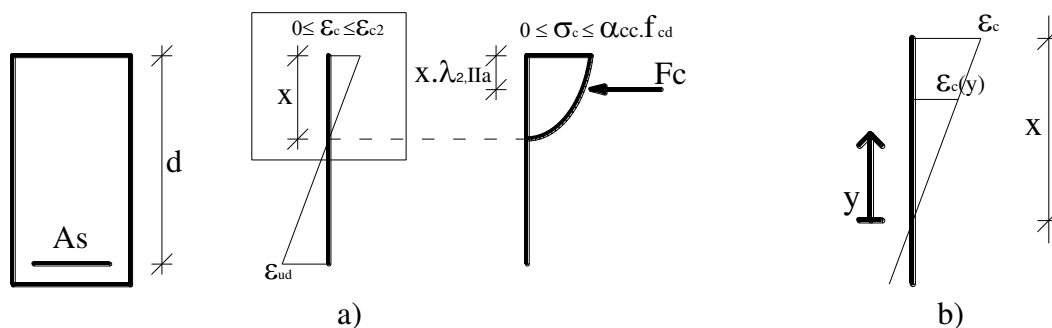


Figura 14 – Distribuição de tensões e extensões no betão para Domínio IIa em flexão simples: a) Distribuição de tensões e extensões b) Variação das extensões na altura comprimida

As extensões no betão são dadas pela expressão (3.1):

$$\varepsilon_c(y) = \frac{y}{x} \times \frac{\varepsilon_{ud} \times \alpha}{(1 - \alpha - a/d)} \quad (3.1)$$

em que  $a$  é distancia da extremidade da secção ao centro de massa das armaduras de betão e  $\alpha$  é a relação entre a profundidade da linha neutra e a altura útil da secção. Deste modo a força total no betão,  $F_c$ , é definida pela seguinte expressão:

$$F_c = b \times \alpha_{cc} \times f_{cd} \times \int_0^x \left(1 - \frac{y}{x} \times \xi\right)^n dy \quad (3.2)$$

$$\xi = \frac{\varepsilon_{ud} \times \alpha}{(1 - \alpha - a/d) \times \varepsilon_{c2}} \quad (3.3)$$

Substituindo (3.3) em (3.2) obtém-se:

$$F_c = b \times \alpha_{cc} \times f_{cd} \times \frac{1 - (1 - \xi)^n + (1 - \xi)^n \times \xi - \xi \times n - \xi}{\xi \times (n + 1)} \times x \quad (3.4)$$

Simplificando a componente adimensional de  $F_c$ , que representa a área do diagrama de tensões no betão para  $\lambda_{1,IIa}$ , fica:

$$F_c = b \times \alpha_{cc} \times f_{cd} \times \lambda_{1,IIa} \times x \quad (3.5)$$

A posição da resultante  $F_c$  em relação ao topo da secção,  $\lambda_{2,IIa} \times x$ , é dada pela expressão:

$$\lambda_{2,IIa} \times x = \frac{b \times \alpha_{cc} \times f_{cd} \times \int_0^x \left(1 - \frac{y}{x} \times \xi\right)^n \times (x - y) dy}{b \times \alpha_{cc} \times f_{cd} \times \int_0^x \left(1 - \frac{y}{x} \times \xi\right)^n dy} \quad (3.6)$$

Resolvendo temos:

$$\lambda_{2,IIa} = \frac{(-2 \times (\xi - 1)^2 \times (\xi - 1)^n + 2 + (n^2 + 3n + 2) \times \xi^2 + (-2n - 4) \times \xi)}{(n + 2) \times ((1 - \xi)(1 - \xi)^n - 1 + (n + 1) \times \xi) \times \xi} \quad (3.7)$$

**Domínio IIb** – Neste domínio, o betão encontra-se em cedência, ( $\varepsilon_{c2} \leq \varepsilon_c \leq \varepsilon_{cu2}$ ), a resultante das forças no betão é calculada através da soma da resultante da zona secção em cedência,  $F_{c1}$  e da resultante da zona da secção que se encontra em regime elástico,  $F_{c2}$ . Na Figura 15 e na Figura 16 encontram-se indicadas cada uma das forças em causa.

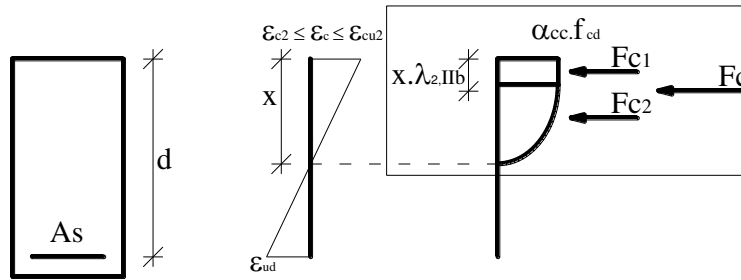


Figura 15 – Distribuição de tensões no betão no Domínio IIb em flexão simples

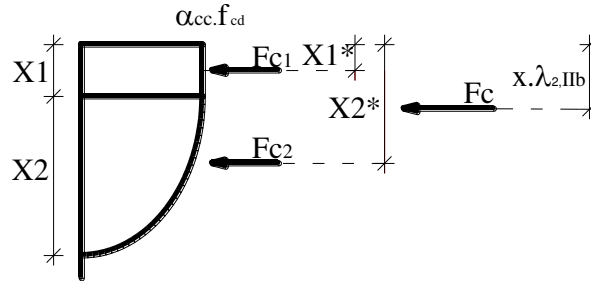


Figura 16 – Forças no betão e ponto de aplicação da resultante no Domínio IIb em flexão simples

Em que  $X1$  e  $X2$  são dados por:

$$X1 = x \times \left( 1 - \frac{(1-\alpha) \times \epsilon_{c2}}{\alpha \times \epsilon_{ud}} \right) \quad (3.8)$$

$$X2 = x \times \frac{(1-\alpha) \times \epsilon_{c2}}{\alpha \times \epsilon_{ud}} \quad (3.9)$$

Assim, a resultante das forças no betão em cedência,  $F_{c1}$ , é igual a:

$$F_{c1} = b \times f_{cd} \times \alpha_{cc} \times x \times \left( \frac{(1-\alpha)}{\alpha} \times \frac{\epsilon_{c2}}{\epsilon_{ud}} \right) \quad (3.10)$$

A resultante das forças no betão em regime elástico é definida pela expressão:

$$F_{c2} = b \times f_{cd} \times \alpha_{cc} \times \int_0^{X2} 1 - \left( 1 - \frac{y}{X2} \right)^n dy \quad (3.11)$$

Em que  $y$  é definido de acordo com a Figura 14 (ver página 19).

Substituindo (3.9) em (3.11) e resolvendo o integral obtém-se a expressão que define  $F_{c2}$ :

$$F_{c2} = b \times f_{cd} \times \alpha_{cc} \times x \times \left( \frac{n}{n+1} \times \frac{(1-\alpha)}{\alpha} \times \frac{\epsilon_{c2}}{\epsilon_{ud}} \right) \quad (3.12)$$

Deste modo a força total no betão resulta da soma das duas componentes,  $F_{c1}$  e  $F_{c2}$  e é definida pela expressão:

$$F_c = b \times \alpha_{cc} \times f_{cd} \times x \times \left[ \frac{1-\alpha}{\alpha} \times \frac{\varepsilon_{c2}}{\varepsilon_{ud}} \times \left( -1 + \frac{n}{n+1} \right) + 1 \right] \quad (3.13)$$

Simplificando a componente adimensional de  $F_c$ , que representa a área do diagrama de tensões no betão para  $\lambda_{1,IIIb}$ , fica:

$$F_c = b \times \alpha_{cc} \times f_{cd} \times \lambda_{1,IIIb} \times x \quad (3.14)$$

Para definir a posição da resultante das forças no betão será necessário definir inicialmente cada uma das posições das resultantes  $F_{c1}$  e  $F_{c2}$ .

A posição da resultante de  $F_{c1}$  é definida pela seguinte expressão:

$$X1^* = \frac{x}{2} \times \left( 1 - \frac{1-\alpha}{\alpha} \times \frac{\varepsilon_{c2}}{\varepsilon_{ud}} \right) \quad (3.15)$$

Através da expressão para cálculo de centros de massa para parábolas em [29], verifica-se que:

$$X2^* = x \times \left( 1 - \frac{n+3}{2n+4} \times \frac{1-\alpha}{\alpha} \times \frac{\varepsilon_{c2}}{\varepsilon_{ud}} \right) \quad (3.16)$$

A posição da resultante  $F_c$  em relação ao topo da secção,  $\lambda_{2,IIIb} \times x$ , é dada pela expressão:

$$\lambda_{2,IIIb} = 1 - \frac{\frac{1}{2} - \frac{1}{(n+1) \times (n+2)} \times \left( \frac{\varepsilon_{c2}}{\varepsilon_{ud}} \right)^2}{1 - \frac{1}{n+1} \times \frac{\varepsilon_{c2}}{\varepsilon_{ud}}} \quad (3.17)$$

**Domínio IIIa e IIIb** – Nestes domínios, a extensão do betão ( $\varepsilon_c$ ) na fibra mais comprimida é igual à extensão última ( $\varepsilon_{cu2}$ ). À semelhança do domínio IIb, a resultante das forças no betão é calculada através da soma da resultante da zona secção em cedência,  $F_{c1}$  e da resultante da zona da secção que se encontra em regime elástico,  $F_{c2}$ . Na Figura 17 encontram-se indicadas cada uma das forças em causa.

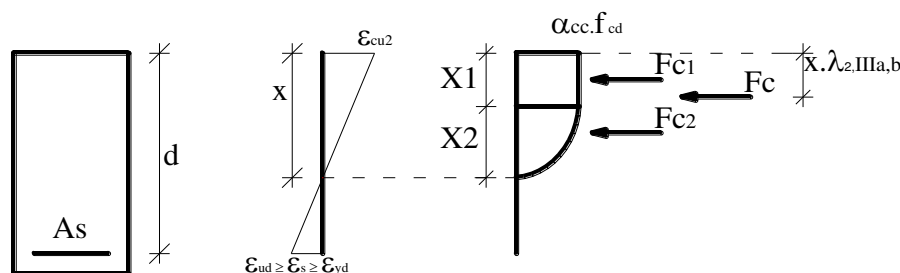


Figura 17 – Distribuição de tensões no betão nos Domínios IIIa e IIIb em flexão simples

Em que X1 e X2, de acordo com a Figura 16 são dados respetivamente por:

$$X1 = x \times \left( 1 - \frac{\varepsilon_{c2}}{\varepsilon_{ud}} \right) \quad (3.18)$$

$$X2 = x \times \frac{\varepsilon_{c2}}{\varepsilon_{ud}} \quad (3.19)$$

Assim, a resultante das forças no betão em cedência,  $F_{c1}$ , é igual a:

$$F_{c1} = b \times f_{cd} \times \alpha_{cc} \times x \times \frac{\varepsilon_{c2}}{\varepsilon_{ud}} \quad (3.20)$$

À semelhança do domínio IIb, a resultante das forças no betão em regime elástico é definida pela expressão:

$$F_{c2} = b \times f_{cd} \times \alpha_{cc} \times x \times \left( \frac{n}{n+1} \times \frac{\varepsilon_{c2}}{\varepsilon_{ud}} \right) \quad (3.21)$$

Deste modo a força total no betão resulta da soma das duas componentes,  $F_{c1}$  e  $F_{c2}$  e é definida pela expressão:

$$Fc = b \times \alpha_{cc} \times f_{cd} \times x \times \left[ \frac{1-\alpha}{\alpha} \times \frac{\varepsilon_{c2}}{\varepsilon_{ud}} \times \left( -1 + \frac{n}{n+1} \right) + 1 \right] \quad (3.22)$$

Simplificando, a componente adimensional de Fc, que representa a área do diagrama de tensões no betão para  $\lambda_{1,IIIa,b}$ , fica:

$$Fc = b \times \alpha_{cc} \times f_{cd} \times \lambda_{1,IIIa,b} \times x \quad (3.23)$$

Quanto ao cálculo da posição da resultante das forças no betão será necessário definir inicialmente cada uma das posições das resultantes  $F_{c1}$  e  $F_{c2}$ .

A posição da resultante de  $F_{c1}$  é definida pela seguinte expressão:

$$X1^* = \frac{x}{2} \times \left( 1 \times \frac{\varepsilon_{c2}}{\varepsilon_{ud}} \right) \quad (3.24)$$

Através da expressão para cálculo de centros de massa para parábolas em [29], verifica-se que:

$$X2^* = x \times \left( 1 - \frac{n+3}{2n+4} \times \frac{\varepsilon_{c2}}{\varepsilon_{ud}} \right) \quad (3.25)$$

A posição da resultante Fc em relação ao topo da secção,  $\lambda_{2,IIIa,b} \times x$ , é dada pela expressão:

$$\lambda_{2,IIIa,b} \times x = x \times \frac{(0,5 \times n^2 + 1,5 \times n + 1) \times \varepsilon_{cu2}^2 + (-2 \times \varepsilon_{c2} - \varepsilon_{c2} \times n) \times \varepsilon_{cu2} + \varepsilon_{c2}^2}{((n+1) \times \varepsilon_{cu2} - \varepsilon_{c2}) \times (n+2) \times \varepsilon_{cu2}} \quad (3.26)$$

No Quadro 8 apresentam-se alguns valores de  $\lambda_1$  e  $\lambda_2$  para as diferentes classes de betão e para qualquer classe de armaduras. O quadro completo é apresentado no apêndice I.

Quadro 8 - Valores de  $\lambda_1$  e  $\lambda_2$  para as diferentes classes de betão

x/d	S400 / S500											
	<C50/60		C55/67		C60/75		C70/85		C80/95		C90/105	
	$\lambda_1$	$\lambda_2$	$\lambda_1$	$\lambda_2$	$\lambda_1$	$\lambda_2$	$\lambda_1$	$\lambda_2$	$\lambda_1$	$\lambda_2$	$\lambda_1$	$\lambda_2$
<b>0,005</b>	0,0615	0,3351	0,0492	0,3345	0,0432	0,3343	0,0377	0,3340	0,0349	0,3339	0,0336	0,3339
<b>0,010</b>	0,1209	0,3370	0,0975	0,3358	0,0859	0,3352	0,0751	0,3347	0,0697	0,3345	0,0671	0,3345
<b>0,020</b>	0,2334	0,3411	0,1910	0,3386	0,1694	0,3374	0,1491	0,3362	0,1388	0,3358	0,1337	0,3357
<b>0,030</b>	0,3368	0,3457	0,2798	0,3417	0,2502	0,3397	0,2217	0,3379	0,2071	0,3372	0,1995	0,3371
<b>0,040</b>	0,4304	0,3508	0,3636	0,3452	0,3278	0,3424	0,2928	0,3398	0,2743	0,3389	0,2644	0,3386
<b>0,050</b>	0,5136	0,3567	0,4416	0,3492	0,4017	0,3455	0,3618	0,3420	0,3401	0,3407	0,3282	0,3403
<b>0,060</b>	0,5857	0,3635	0,5130	0,3538	0,4712	0,3490	0,4283	0,3446	0,4041	0,3428	0,3903	0,3423
<b>0,070</b>	0,6458	0,3714	0,5769	0,3593	0,5355	0,3532	0,4916	0,3476	0,4658	0,3454	0,4506	0,3447
<b>0,080</b>	0,6933	0,3806	0,6320	0,3660	0,5933	0,3584	0,5508	0,3514	0,5244	0,3485	0,5082	0,3475
<b>0,090</b>	0,7304	0,3901	0,6764	0,3743	0,6422	0,3654	0,6038	0,3565	0,5787	0,3525	0,5622	0,3511
<b>0,100</b>	0,7600	0,3989	0,7120	0,3832	0,6815	0,3738	0,6372	0,3620	0,5994	0,3548	0,5833	0,3529
<b>0,110</b>	0,7842	0,4070	0,7411	0,3917	0,6950	0,3772	0,6372	0,3620	0,5994	0,3548	0,5833	0,3529
<b>0,120</b>	0,8044	0,4141	0,7419	0,3919	0,6950	0,3772	0,6372	0,3620	0,5994	0,3548	0,5833	0,3529
<b>0,135</b>	0,8095	0,4160	0,7419	0,3919	0,6950	0,3772	0,6372	0,3620	0,5994	0,3548	0,5833	0,3529
(...)	0,8095	0,4160	0,7419	0,3919	0,6950	0,3772	0,6372	0,3620	0,5994	0,3548	0,5833	0,3529
<b>1,000</b>	0,8095	0,4160	0,7419	0,3919	0,6950	0,3772	0,6372	0,3620	0,5994	0,3548	0,5833	0,3529

### 3.1.2 Forças no aço

Nos domínios IIa e IIb a extensão na armadura de tração é fixa e é igual à extensão última na armadura,  $\varepsilon_c = \varepsilon_{ud}$ . Já nos domínios IIIa e IIIb a extensão deixa de ser constante com a variação da posição da linha neutra (ver Figura 11 na página 13). Deste modo:

$$\varepsilon_{s1} = \begin{cases} \varepsilon_{ud}, & \text{se } \alpha \in [\text{Domínio IIa}; \text{Domínio IIb}] \\ \frac{\varepsilon_{cu2} \times (1 - \alpha)}{\alpha}, & \text{se } \alpha \in [\text{Domínio IIIa}; \text{Domínio IIIb}] \end{cases} \quad (3.27)$$

Nas armaduras de compressão as extensões são calculadas, para todos os domínios, através da seguinte expressão:

$$\varepsilon_{s2} = \frac{\varepsilon_{ud} \times (\alpha - \alpha/d)}{1 - \alpha} \quad (3.28)$$

As tensões no aço são calculadas através das seguintes expressões:

$$\sigma_s = \begin{cases} f_{yd}, & se |\varepsilon_s| > \varepsilon_{yd} \\ \frac{\varepsilon_s \times f_{yd}}{\varepsilon_{yd}}, & se 0 \geq |\varepsilon_s| \geq \varepsilon_{yd} \end{cases} \quad (3.29)$$

A força na armadura de compressão é obtida pelo produto da área da secção de aço ( $A_s$ ) e a tensão do aço ( $\sigma_s$ ) considerando as áreas das armaduras de tração e de compressão respetivamente,  $A_{s1} = A_s$  e  $A_{s2} = A_s \times \beta$ .

### 3.1.3 Equações de equilíbrio

Conhecidas as forças envolvidas no cálculo da secção sujeita a flexão simples, importa estabelecer as expressões de equilíbrio para o dimensionamento da secção. As variáveis envolvidas neste cálculo são as que se apresentam na Figura 18, em que  $F_{s1}$  e  $F_{s2}$  são as forças nas armaduras inferior ou de tração e superior ou de compressão, respectivamente,  $M_{Rd}$  é o momento atuante na secção.

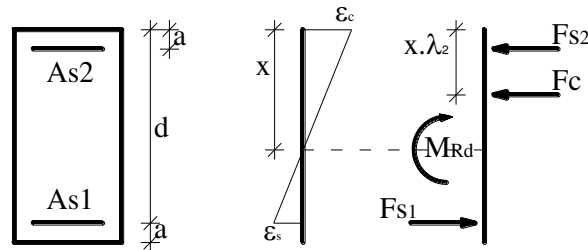


Figura 18 – Forças atuantes numa secção retangular de betão armado submetida a flexão simples

Do equilíbrio das forças horizontais temos:

$$\sum_{F_x} = F_{s1} = F_c + F_{s2} \quad (3.30)$$

$$A_s \times \sigma_{s1} = b \times \alpha_{cc} \times f_{cd} \times x \times \lambda_1 + A_s \times \beta \times \sigma_{s2} \quad (3.31)$$

Na expressão (3.31)  $\beta$  é a relação entre as armaduras inferior e superior,  $\sigma_{s1}$  e  $\sigma_{s2}$  são respectivamente as tensões nas armaduras inferior e superior.

Do equilíbrio dos momentos em relação ao centro de gravidade da armadura tracionada ou menos comprimida temos:

$$\sum_{M_{As1}} = M_{Rd} = F_{s2} \times (d - a) + F_c \times (d - \lambda_2 \times x) \quad (3.32)$$

Da qual resulta:

$$M_{Rd} = A_s \times \beta \times \sigma_{s2} \times (d - a) + b \times \alpha_{cc} \times f_{cd} \times x \times \lambda_1 \times (d - \lambda_2 \times x) \quad (3.33)$$

### 3.1.4 Equações adimensionais

De forma a construir tabelas e diagramas que facilitem o dimensionamento de secções de betão armado, são definidas de seguida as equações de equilíbrio e de compatibilidade de deformações de forma adimensional [30, 31].

Dividindo a expressão (3.31), por  $b \times d \times f_{cd}$  obtemos a seguinte expressão:

$$\frac{A_s \times \sigma_{s1} \times f_{yd}}{b \times d \times f_{cd} \times f_{yd}} = \frac{b \times \alpha_{cc} \times f_{cd} \times x \times \lambda_1}{b \times d \times f_{cd}} + \frac{A_s \times \sigma_{s2} \times f_{yd}}{b \times d \times f_{cd} \times f_{yd}} \times \beta \quad (3.34)$$

Da mesma forma dividindo a expressão (3.33), por  $b \times d^2 \times f_{cd}$  obtemos a seguinte expressão:

$$\frac{M_{Rd}}{b \times d^2 \times f_{cd}} = \frac{A_s \times \sigma_{s2}}{b \times d^2 \times f_{cd}} \times \beta \times (d - a) + \frac{b \times \alpha_{cc} \times f_{cd} \times x \times \lambda_1}{b \times d^2 \times f_{cd}} \times (d - \lambda_2 \times x) \quad (3.35)$$

O momento fletor reduzido ( $\mu$ ), percentagem mecânica de armadura ( $\omega$ ) e profundidade relativa da linha neutra ( $\alpha$ ), são definidos, respetivamente, pelas seguintes expressões, em que  $M_{Rd}$  é o momento resistente da secção:

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b \times d^2 \times f_{cd}} \quad (3.36)$$

$$\omega = \frac{A_s}{b \times d} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \quad (3.37)$$

$$\alpha = \frac{x}{d} \quad (3.38)$$

Por fim, substituindo as variáveis adimensionais nas equações de equilíbrio obtêm-se as expressões para a percentagem mecânica de armadura e para o momento fletor reduzido:

$$\omega = \frac{\alpha \times \lambda_1 \times \alpha_{cc} \times f_{yd}}{\sigma_{s1} - \sigma_{s2} \times \beta} \quad (3.39)$$

$$\mu = \omega \times \frac{\sigma_{s2}}{f_{yd}} \times \beta \times (1 - \alpha/d) + \alpha \times \alpha_{cc} \times \lambda_1 \times (1 - \lambda_2 \times \alpha) \quad (3.40)$$

## 3.2 Flexão Composta

Utilizando a caracterização feita por Dias da Silva [28], flexão composta, será a solicitação constituída por esforço axial e momento fletor, sendo nulo o momento torsor.

O cálculo de secções sujeitas a esforços de flexão composta é semelhante ao cálculo efetuado para a flexão simples. As principais diferenças advêm da utilização da altura total da secção transversal,  $h$ , em vez da respetiva altura útil,  $d$ , e da existência de uma força de esforço axial atuante na secção.

### 3.2.1 Forças no betão

Para o cálculo da secção, de largura  $b$ , sujeita a flexão composta é necessário definir o valor da força resultante da soma tensões no betão bem como a sua posição relativamente à fibra mais comprimida. A resultante das tensões no betão depende do domínio em que é feito o dimensionamento.

A dedução das expressões que definem as forças no betão sujeito a flexão composta seguem a mesma metodologia utilizada para flexão simples. De seguida apresentam-se de forma resumida as expressões para os diferentes domínios de rotura.

#### Domínio IIa:

$$Fc = b \times \alpha_{cc} \times f_{cd} \times \lambda_{1,IIa} \times x \quad (3.41)$$

$$\lambda_{1,IIa} = \frac{1 - (1 - \xi)^n + (1 - \xi)^n \times \xi - \xi \times n - \xi}{\xi \times (n + 1)}, \zeta = \frac{\varepsilon_{ud} \times \alpha}{(1 - \alpha - \frac{a}{h})} \quad (3.42)$$

$$\lambda_{2,IIa} \times x = \frac{b \times \alpha_{cc} \times f_{cd} \times \int_0^x 1 - \left(1 - \frac{y}{x} \times \xi\right)^n \times (x - y) dy}{b \times \alpha_{cc} \times f_{cd} \times \int_0^x 1 - \left(1 - \frac{y}{x} \times \xi\right)^n dy}, \xi = \frac{\varepsilon_{ud} \times \alpha}{(1 - \alpha - \frac{a}{h}) \times \varepsilon_{c2}} \quad (3.43)$$

#### Domínio IIb:

$$Fc = b \times \alpha_{cc} \times f_{cd} \times x \times \lambda_{1,IIb} \quad (3.44)$$

$$\lambda_{1,IIb} = \left[ \frac{1 - \alpha - \frac{a}{h}}{\alpha} \times \frac{\varepsilon_{c2}}{\varepsilon_{ud}} \times \left(-1 + \frac{n}{n+1}\right) + 1 \right] \quad (3.45)$$

$$\lambda_{2,IIb} = 1 - \frac{\frac{1}{2} - \frac{1}{(n+1) \times (n+2)} \times \left(\frac{\varepsilon_{c2}}{\varepsilon_{ud}}\right)^2}{1 - \frac{1}{n+1} \times \frac{\varepsilon_{c2}}{\varepsilon_{ud}}} \quad (3.46)$$

#### Domínio IIIa e IIIb:

$$Fc = b \times \alpha_{cc} \times f_{cd} \times x \times \lambda_{1,IIIa,b} \quad (3.47)$$

$$\lambda_{1,IIIa,b} = \left[ \frac{1 - \alpha}{\alpha} \times \frac{\varepsilon_{c2}}{\varepsilon_{ud}} \times \left(-1 + \frac{n}{n+1}\right) + 1 \right] \quad (3.48)$$

$$\lambda_{2,IIIa,b} \times x = x \times \frac{(0,5 \times n^2 + 1,5 \times n + 1) \times \varepsilon_{cu2}^2 + (-2 \times \varepsilon_{c2} - \varepsilon_{c2} \times n) \times \varepsilon_{cu2} + \varepsilon_{c2}^2}{((n+1) \times \varepsilon_{cu2} - \varepsilon_{c2}) \times (n+2) \times \varepsilon_{cu2}} \quad (3.49)$$

**Domínio IVa**– Neste domínio, fibra mais comprimida encontra-se em cedência e o seu valor tende para  $\varepsilon_{c2}$ ,  $\varepsilon_{c2} \leq \varepsilon_c \leq \varepsilon_{cu2}$ . A resultante das forças no betão é calculada através da soma da resultante da zona secção em cedência,  $F_{c1}$  e da resultante da zona da secção que se encontra em regime elástico,  $F_{c2}$ . Na Figura 19 encontram-se indicadas as forças envolvidas no cálculo. Na Figura 20 apresenta-se a distribuição das tensões e extensões na zona comprimida do betão.

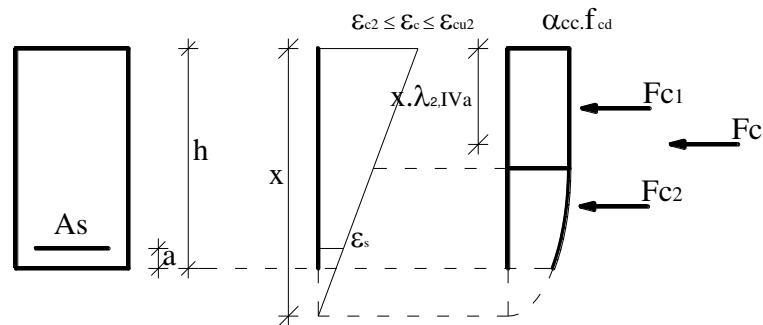


Figura 19 – Distribuição de tensões no betão no Domínio IVa em flexão composta

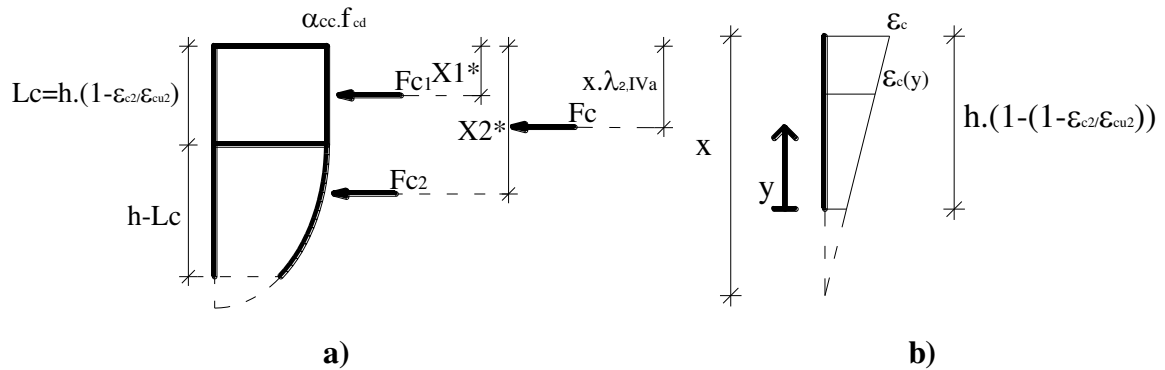


Figura 20 – Distribuição de tensões no betão para Domínio IVa em flexão composta, na altura comprimida: a) Distribuição de tensões; b) Variação das extensões

A resultante das forças no betão em cedência,  $F_{c1}$ , é igual a:

$$F_{c1} = b \times f_{cd} \times \alpha_{cc} \times h \left( 1 - \frac{\varepsilon_{c2}}{\varepsilon_{cu2}} \right) \quad (3.50)$$

Para calcular o valor da resultante da zona sem cedência é necessário efetuar a integração das tensões desde a base da secção até Lc:

$$F_{c2} = b \times f_{cd} \times \alpha_{cc} \times \int_0^{h \times \left(1 - \frac{\varepsilon_{cu2} - \varepsilon_{c2}}{\varepsilon_{cu2}}\right)} 1 - \left[ 1 - \frac{(\alpha - 1)}{\alpha - \left(1 - \frac{\varepsilon_{c2}}{\varepsilon_{cu2}}\right)} - \frac{\varepsilon_{c2} - \frac{(\alpha - 1) \times \varepsilon_{c2}}{\alpha - \left(1 - \frac{\varepsilon_{c2}}{\varepsilon_{cu2}}\right)}}{\varepsilon_{c2} \times h \times \left(1 - \frac{\varepsilon_{cu2} - \varepsilon_{c2}}{\varepsilon_{cu2}}\right)} \right]^n . dy \quad (3.51)$$

Resolvendo a expressão anterior obtém-se:

$$F_{c2} = b \times f_{cd} \times \alpha_{cc} \times h \times \frac{-\varepsilon_{c2} \times \left( \left( \frac{\varepsilon_{c2}}{\varepsilon_{cu2} \times (\alpha - 1) + \varepsilon_{c2}} \right)^n - n - 1 \right)}{\varepsilon_{cu2} \times (n + 1)} \quad (3.52)$$

Deste modo a resultante das forças no betão obtém-se da soma das duas componentes,  $F_{c1}$  e  $F_{c2}$  e é definida pela expressão (3.53).

$$Fc = b \times \alpha_{cc} \times f_{cd} \times h \times \left[ \frac{\varepsilon_{c2} \times \left( \left( \frac{\varepsilon_{c2}}{\varepsilon_{cu2} \times (\alpha - 1) + \varepsilon_{c2}} \right)^n - n - 1 \right)}{(n + 1) \times \varepsilon_{cu2}} - \frac{(-\varepsilon_{cu2} + \varepsilon_{c2}) \times \alpha^2 \times \varepsilon_{cu2}}{(\varepsilon_{c2} + (\alpha - 1) \times \varepsilon_{cu2})^2} \right] \quad (3.53)$$

Simplificando, a componente adimensional de Fc, que representa a área do diagrama de tensões no betão para  $\lambda_{1,IVa}$ , fica:

$$Fc = b \times \alpha_{cc} \times f_{cd} \times \lambda_{1,IVa} \times h \quad (3.54)$$

Quanto ao cálculo da posição da resultante das forças no betão será necessário definir inicialmente cada uma das posições das resultantes  $F_{c1}$  e  $F_{c2}$ .

A posição da resultante de  $F_{c1}$  é definida pela seguinte expressão:

$$X1^* = \frac{h}{2} \times \left( 1 - \frac{\varepsilon_{c2}}{\varepsilon_{cu2}} \right) \quad (3.55)$$

Por a integração verifica-se que:

$$X 2^* = h \times \frac{\varepsilon_{c2} \times \left( 2 \times \left( \frac{\varepsilon_{c2} - \frac{\varepsilon_{c2} \times \varepsilon_{cu2} \times \alpha}{(\alpha - 1) \times \varepsilon_{cu2} + \varepsilon_{c2}} \right)^n - n - 2 \right) \times (n + 1)}{\varepsilon_{cu2} \times 2 \times (n + 2) \times \left( \left( \frac{\varepsilon_{c2} - \frac{\varepsilon_{c2} \times \varepsilon_{cu2} \times \alpha}{(\alpha - 1) \times \varepsilon_{cu2} + \varepsilon_{c2}} \right)^n - n - 1 \right)} \quad (3.56)$$

A posição da resultante  $F_c$  em relação ao topo da secção,  $\lambda_{2,IVa} \times h$ , é dada pela expressão:

$$\lambda_{2,IVa} \times h = h \times \frac{-2 \times \varepsilon_{c2} \times (\varepsilon_{cu2} \times (n + 2) - \varepsilon_{c2}) \times \left( \frac{\varepsilon_{c2} - \frac{\varepsilon_{c2} \times \varepsilon_{cu2} \times \alpha}{(\alpha - 1) \times \varepsilon_{cu2} + \varepsilon_{c2}} \right)^n + \varepsilon_{cu2}^2 \times (n + 2) \times (n + 1)}{2 \times \varepsilon_{cu2} \times \left( -\varepsilon_{c2} \times \left( \frac{\varepsilon_{c2} - \frac{\varepsilon_{c2} \times \varepsilon_{cu2} \times \alpha}{(\alpha - 1) \times \varepsilon_{cu2} + \varepsilon_{c2}} \right)^n + (n + 1) \times \varepsilon_{cu2} \right) \times (n + 2)} \quad (3.57)$$

No Quadro 9 apresentam-se alguns valores de  $\lambda_1$  e  $\lambda_2$  para as diferentes classes de betão e para qualquer classe de armadura. O quadro completo é apresentado no apêndice II.

Quadro 9 - Valores de  $\lambda_1$  e  $\lambda_2$  para as diferentes classes de betão

x/h	S400 / S500											
	<C50/60		C55/67		C60/75		C70/85		C80/95		C90/105	
	$\lambda_1$	$\lambda_2$	$\lambda_1$	$\lambda_2$	$\lambda_1$	$\lambda_2$	$\lambda_1$	$\lambda_2$	$\lambda_1$	$\lambda_2$	$\lambda_1$	$\lambda_2$
<b>0,010</b>	0,1271	0,3372	0,1026	0,3360	0,0903	0,3353	0,0790	0,3348	0,0734	0,3346	0,0706	0,3345
<b>0,030</b>	0,3522	0,3464	0,2934	0,3422	0,2627	0,3401	0,2331	0,3382	0,2178	0,3375	0,2098	0,3373
<b>0,050</b>	0,5337	0,3584	0,4610	0,3504	0,4204	0,3463	0,3795	0,3427	0,3571	0,3412	0,3447	0,3408
<b>0,060</b>	0,6060	0,3659	0,5341	0,3555	0,4921	0,3503	0,4486	0,3455	0,4238	0,3436	0,4096	0,3430
<b>0,070</b>	0,6648	0,3746	0,5984	0,3616	0,5576	0,3550	0,5139	0,3489	0,4878	0,3464	0,4721	0,3457
<b>0,080</b>	0,7100	0,3846	0,6520	0,3693	0,6152	0,3611	0,5741	0,3533	0,5479	0,3500	0,5314	0,3489
<b>0,090</b>	0,7452	0,3944	0,6942	0,3785	0,6619	0,3693	0,6256	0,3599	0,5994	0,3548	0,5833	0,3529
<b>0,100</b>	0,7733	0,4033	0,7280	0,3877	0,6950	0,3772	0,6372	0,3620	0,5994	0,3548	0,5833	0,3529
<b>0,110</b>	0,7964	0,4112	0,7419	0,3919	0,6950	0,3772	0,6372	0,3620	0,5994	0,3548	0,5833	0,3529
<b>0,120</b>	0,8095	0,4160	0,7419	0,3919	0,6950	0,3772	0,6372	0,3620	0,5994	0,3548	0,5833	0,3529
<b>(...)</b>	0,8095	0,4160	0,7419	0,3919	0,6950	0,3772	0,6372	0,3620	0,5994	0,3548	0,5833	0,3529
<b>1,000</b>	0,8095	0,4160	0,7419	0,3919	0,6950	0,3772	0,6372	0,3620	0,5994	0,3548	0,5833	0,3529
<b>1,500</b>	0,9458	0,4795	0,8985	0,4649	0,8605	0,4546	0,8100	0,4432	0,7771	0,4377	0,7638	0,4363
<b>2,000</b>	0,9748	0,4908	0,9446	0,4818	0,9173	0,4748	0,8784	0,4664	0,8523	0,4624	0,8421	0,4614
<b>5,000</b>	0,9970	0,4989	0,9906	0,4970	0,9828	0,4951	0,9694	0,4923	0,9597	0,4909	0,9562	0,4906
<b>20,00</b>	0,9998	0,4999	0,9992	0,4998	0,9982	0,4995	0,9960	0,4990	0,9943	0,4987	0,9937	0,4987
<b>10000</b>	1,0000	0,5000	1,0000	0,5000	1,0000	0,5000	1,0000	0,5000	1,0000	0,5000	1,0000	0,5000

### 3.2.2 Forças no aço

As forças do aço, seguindo a metodologia utilizada para flexão simples são dadas pelas seguintes expressões:

$$\varepsilon_{s1} = \begin{cases} \varepsilon_{ud}, se \alpha \in [Domínio IIa; Domínio IIb] \\ \frac{\varepsilon_{cu2} \times (1 - \alpha - a/h)}{\alpha}, se \alpha \in [Domínio IIIa; Domínio IIIb] \\ -\frac{\varepsilon_{c2} \times (\alpha - 1 + a/h)}{\alpha - \frac{\varepsilon_{cu2} - \varepsilon_{c2}}{\varepsilon_{cu2}}}, se \alpha \in [Domínio IVa] \end{cases} \quad (3.58)$$

$$\varepsilon_{s2} = \begin{cases} \frac{\varepsilon_{ud} \times (\alpha - a/h)}{1 - \alpha - a/h}, se \alpha \in [Domínio IIa; Domínio IIb] \\ \frac{\varepsilon_{cu2} \times (\alpha - a/h)}{\alpha}, se \alpha \in [Domínio IIIa; Domínio IIIb] \\ \frac{\varepsilon_{c2} \times (\alpha - a/h)}{\alpha - \frac{\varepsilon_{cu2} - \varepsilon_{c2}}{\varepsilon_{cu2}}}, se \alpha \in [Domínio IVa] \end{cases} \quad (3.59)$$

Ainda utilizando a metodologia seguida para a flexão simples as extensões nas armaduras são dadas por:

$$\sigma_s = \begin{cases} f_{yd}, se |\varepsilon_s| > \varepsilon_{yd} \\ \frac{\varepsilon_s \times f_{yd}}{\varepsilon_{yd}}, se 0 \geq |\varepsilon_s| \geq \varepsilon_{yd} \end{cases} \quad (3.60)$$

A força na armadura resulta da multiplicação da área da secção de aço multiplicada pela tensão atuante. Sendo as áreas das armaduras de tração e de compressão respetivamente,  $A_{s1} = A_s / (\beta + 1)$  e  $A_{s2} = A_s \times \beta / (\beta + 1)$ . A soma da área das duas armaduras resulta em na área total de armadura da secção,  $A_s$ .

### 3.2.3 Equações de equilíbrio

Com as forças envolvidas no cálculo da secção sujeita a flexão composta definidas conforme Figura 21, em que  $N_{Ed}$  é o esforço axial atuante na secção de betão armado, importa estabelecer o seu equilíbrio.

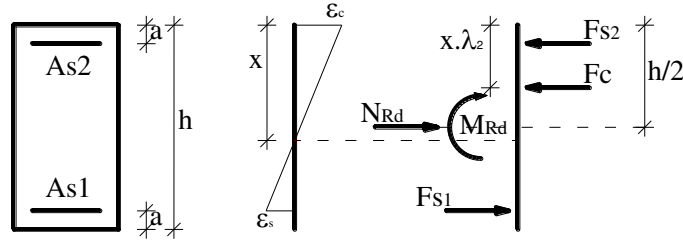


Figura 21 – Forças atuantes numa secção retangular de betão armado sujeitos a esforços de flexão composta em flexão composta

Para resolver o equilíbrio da secção foi seguida a metodologia utilizada para a flexão simples. O somatório dos momentos foi calculado no topo da secção. Deste modo obtiveram-se as seguintes expressões:

$$A_s \times \sigma_{s1} \times \frac{1}{\beta+1} + N_{Rd} = b \times \alpha_{cc} \times f_{cd} \times x \times \lambda_1 + A_s \times \frac{\beta}{\beta+1} \times \sigma_{s2} \quad (3.61)$$

$$M_{Rd} + N_{Rd} \times \left( \frac{h}{2} - a \right) = A_s \times \frac{\beta}{\beta+1} \times \sigma_{s2} \times (h - 2 \times a) + b \times \alpha_{cc} \times f_{cd} \times h \times \lambda_1 \times (h - a - \lambda_2 \times x) \quad (3.62)$$

No Domínio IVa estas expressões não podem ser aplicadas devido à expressão das forças no betão e seu respetivo braço dependerem da altura total da secção,  $h$ , e não da altura do eixo neutro. Deste modo as expressões (3.61) e (3.62) ficam respetivamente:

$$A_s \times \sigma_{s1} \times \frac{1}{\beta+1} + N_{Rd} = b \times \alpha_{cc} \times f_{cd} \times h \times \lambda_1 + A_s \times \frac{\beta}{\beta+1} \times \sigma_{s2} \quad (3.63)$$

$$M_{Rd} + N_{Rd} \times \left( \frac{h}{2} - a \right) = A_s \times \frac{\beta}{\beta+1} \times \sigma_{s2} \times (h - 2 \times a) + b \times \alpha_{cc} \times f_{cd} \times h \times \lambda_1 \times (h - a - \lambda_2 \times x) \quad (3.64)$$

### 3.2.4 Equações dimensionais

Para construir tabelas e diagramas que facilitem a resolução dos problemas correntes, são definidas de seguida equações de equilíbrio e compatibilidade de deformações de forma adimensional. Utilizando o método utilizado na flexão simples obtêm-se as seguintes expressões:

$$\omega = \frac{(\alpha \times \lambda_1 \times \alpha_{cc} - \nu) \times f_{yd} \times (\beta + 1)}{\sigma_{s1} - \sigma_{s2} \times \beta} \quad (3.65)$$

$$\mu = \omega \times \frac{\sigma_{s2}}{f_{yd}} \times \frac{(1 - 2 \times \frac{a}{h})}{\beta + 1} + \alpha \times \alpha_{cc} \times \lambda_1 \times (1 - \frac{a}{h} - \lambda_2 \times \alpha) - \nu \times (\frac{1}{2} - \frac{a}{h}) \quad (3.66)$$

Com o esforço axial reduzido definido pela expressão seguinte, em que  $N_{Rd}$  é o esforço axial resistente da secção:

$$v = \frac{N_{Rd}}{b \times h \times f_{cd}} \quad (3.67)$$

Particularmente, no Domínio IVa as expressões (3.65) e (3.66) tomam a seguinte forma:

$$\omega_{IVa} = \frac{(\lambda_1 \times \alpha_{cc} - v) \times f_{yd} \times (\beta + 1)}{\sigma_{s1} - \sigma_{s2} \times \beta} \quad (3.68)$$

$$\mu_{IVa} = \omega \times \frac{\sigma_{s2}}{f_{yd}} \times \frac{(1 - 2 \times \frac{a}{h})}{\beta + 1} + \alpha_{cc} \times \lambda_1 \times (1 - \frac{a}{h} - \lambda_2) - v \times (\frac{1}{2} - \frac{a}{h}) \quad (3.69)$$

### 3.3 Formulação de Tabelas e Ábacos

A utilização das expressões deduzidas nas secções anteriores não é prática ou de fácil utilização para o dimensionamento de secções de betão armado sujeitas à flexão simples e composta. Torna-se por isso necessário estabelecer tabelas e ábacos de fácil consulta que permitam ao projetista o dimensionamento rápido de secções.

Para a elaboração das tabelas consideraram-se todos os possíveis diagramas de deformação, correspondentes aos domínios definidos nas secções anteriores, para cada diagrama de deformação corresponde uma percentagem de armadura ( $\omega$ ) e um momento fletor reduzido ( $\mu$ ).

Todos os cálculos foram realizados em folha de cálculo no programa Microsoft Excel. Para minimizar o risco de erro foram criadas bases de dados das propriedades dos materiais para permitir uma atualização automática.

Durante a processo de execução do presente trabalho foi elaborado um programa para utilizar em Matlab. O programa segue a marcha de cálculo utilizada nas tabelas e entrando com as propriedades dos materiais e esforços devolve uma matriz com os resultados que poderá depois ser exportada para folha de cálculo. A Figura 22 apresenta o fluxograma do programa de cálculo. O código do programa é apresentado no apêndice III.

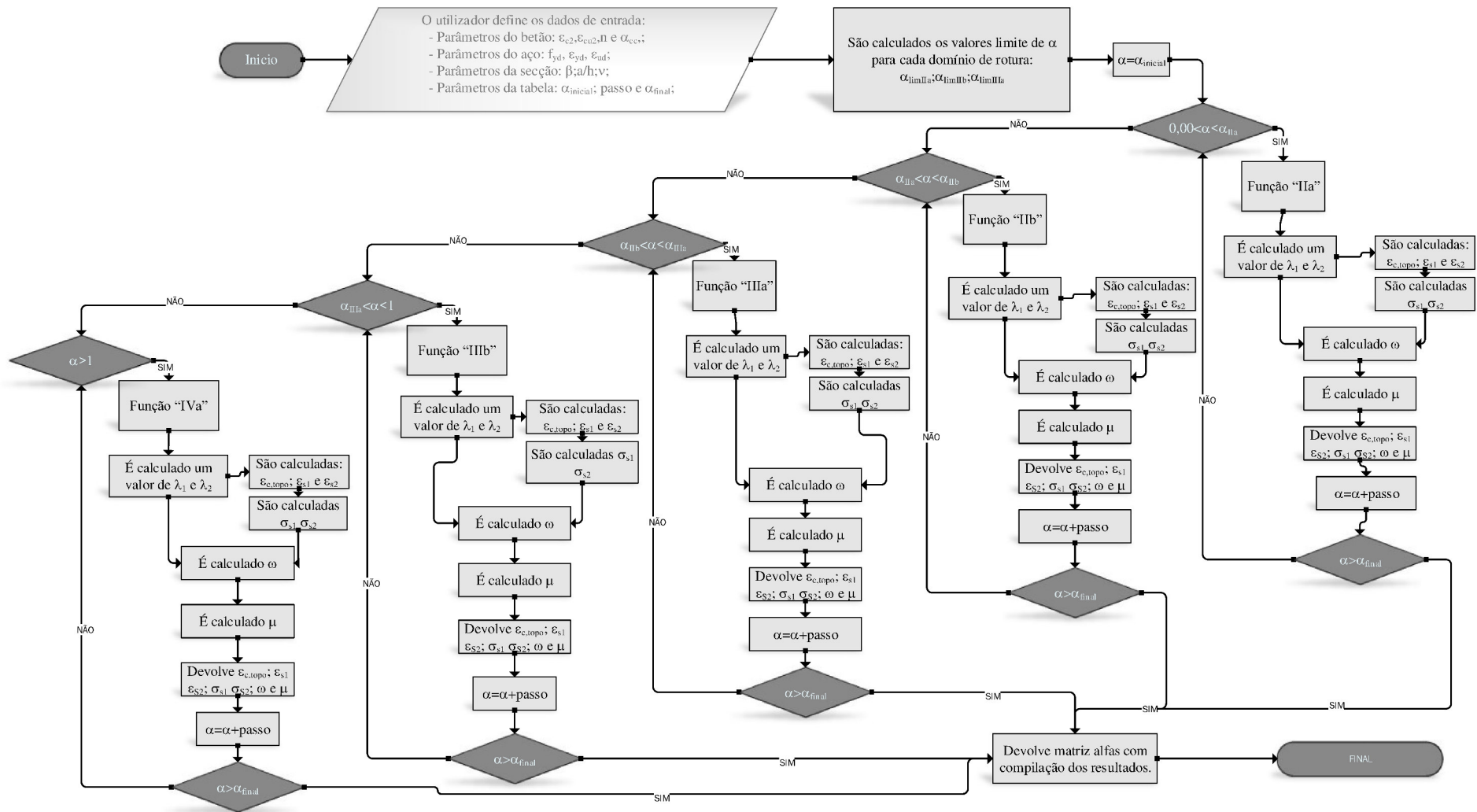


Figura 22 - Fluxograma do programa em MATLAB

### 3.3.1 Tabelas

Nas tabelas elaboradas, após a definição dos materiais, REBAP ou EC2, relação entre armadura de tração e armadura de compressão, relação entre altura total e altura útil da secção e esforço axial reduzido, serão definidos os valor máximos e mínimos de  $\alpha$  e o número de casos a calcular, nunca menos de 60.000 casos, um por linha. Na Figura 23 apresenta-se o fluxograma da folha de cálculo que gera as tabelas.

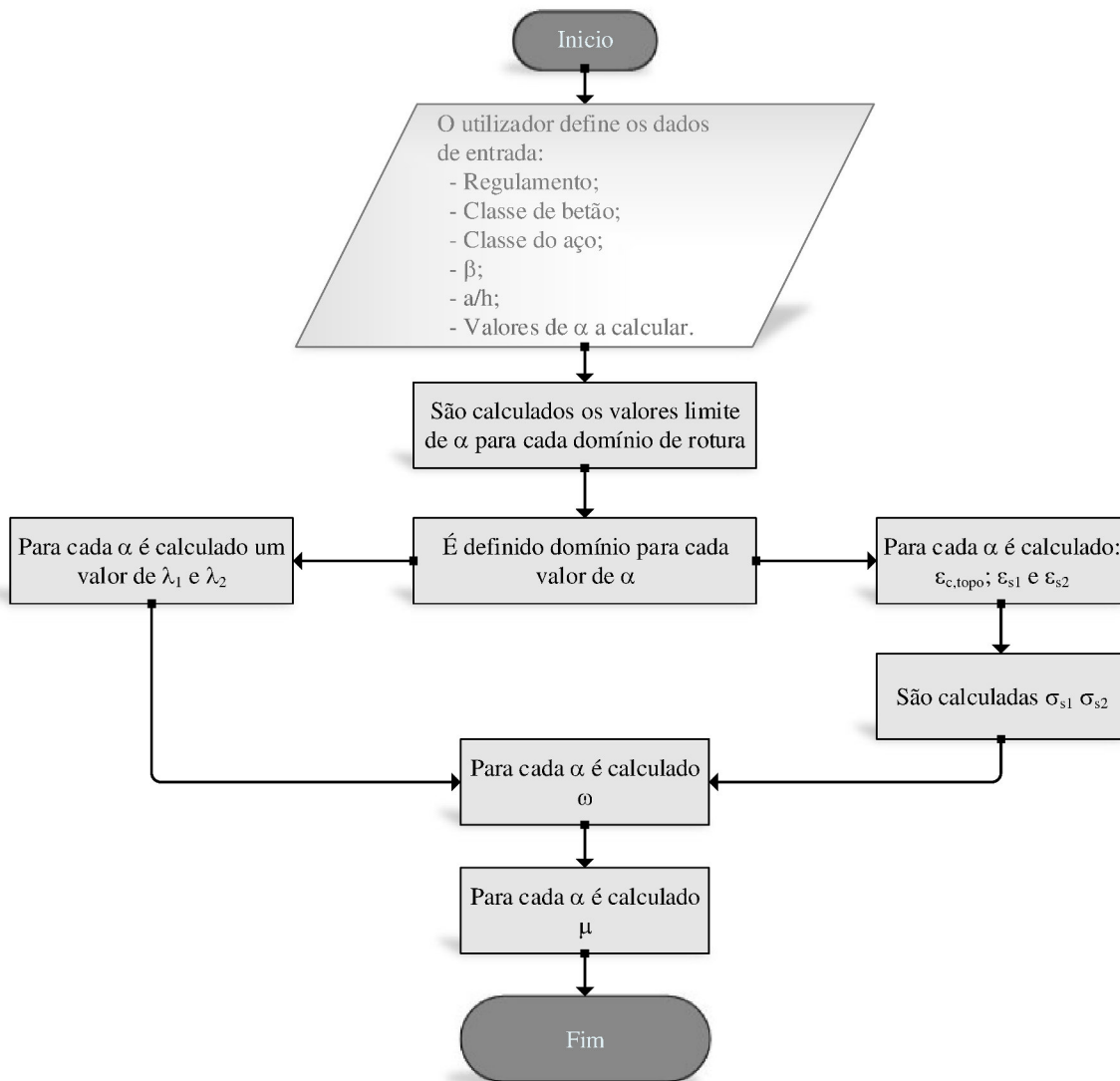


Figura 23 - Fluxograma da folha de cálculo das tabelas

Da lista de valores do momento fletor reduzido obtidos, serão depois retirados os valores definidos para figurarem nas tabelas finais. Os valores de  $\mu$  escolhidos para integrar nas tabelas finais são os valores de 0,005 a 0,70 ou 1,00, consoante se trate de flexão simples ou composta, com um intervalo de 0,005 entre eles.

Na Figura 24 apresenta-se um exemplo das tabelas de cálculo utilizadas para elaborar as tabelas finais.

Betão	C40/50									
Aço	S400						BETA	0		
Código	REBAP						a/h	0,1		
<b>Zonamento da secção</b>							ec2	0,0035		
<b>Zona</b>	<b>Ec (m/m)</b>	<b>Es (m/m)</b>	<b>Alfa</b>				fyd	347,826		
II a	0,0000	-0,01000	0,0000				eyd	-0,00174		
II b	0,0020	-0,01000	0,1500				eud	-0,01000		
III a	0,0035	-0,01000	0,2333				n	2		
III b	0,0035	-0,00174	0,6012				Acc	0,85		
IV a	0,0035	0,00000	1,0000				Viu	0		
Fim	0,0035	0,00350	∞				instabilidade	0,1		
							Alfa Máx	1,011670		
<b>Alfa Comp</b>	<b>ZONA</b>	<b>EC(topo)</b>	<b>ES1(inf)</b>	<b>ES2(sup)</b>	<b>Tens. S1(inf)</b>	<b>Tens. S2(sup)</b>	<b>Lameda 1</b>	<b>Lameda 2</b>	<b>Omega</b>	<b>Miu</b>
0,000000	II a	0,00000	0,01000	-0,00111	347,82609	-222,22202	0,00000	0,00000	4,72218E-14	4,24997E-14
0,000016	II a	0,00000	0,01000	-0,00111	347,82609	-222,19111	0,00007	0,33333	1,17139E-09	1,05425E-09
0,000016	II a	0,00000	0,01000	-0,00111	347,82609	-222,19091	0,00007	0,33335	1,18631E-09	1,06768E-09
0,000032	II a	0,00000	0,01000	-0,00111	347,82609	-222,15980	0,00015	0,33334	4,71531E-09	4,24373E-09
0,000047	II a	0,00000	0,01000	-0,00111	347,82609	-222,12869	0,00022	0,33334	1,0587E-08	9,52809E-09

Figura 24 – Parte de uma tabela de flexão composta antes da escolha dos valores a guardar

Nos apêndices IV e V são apresentadas as tabelas elaboradas para a flexão simples e composta respetivamente.

### 3.3.2 Ábacos

Para a elaboração dos ábacos o processo de cálculo adotado foi semelhante. Nos ábacos é desenhada relação entre o momento fletor e o esforço axial reduzidos para uma percentagem mecânica de armadura fixa. Na Figura 25 apresenta-se o fluxograma da folha de cálculo que gera os ábacos.

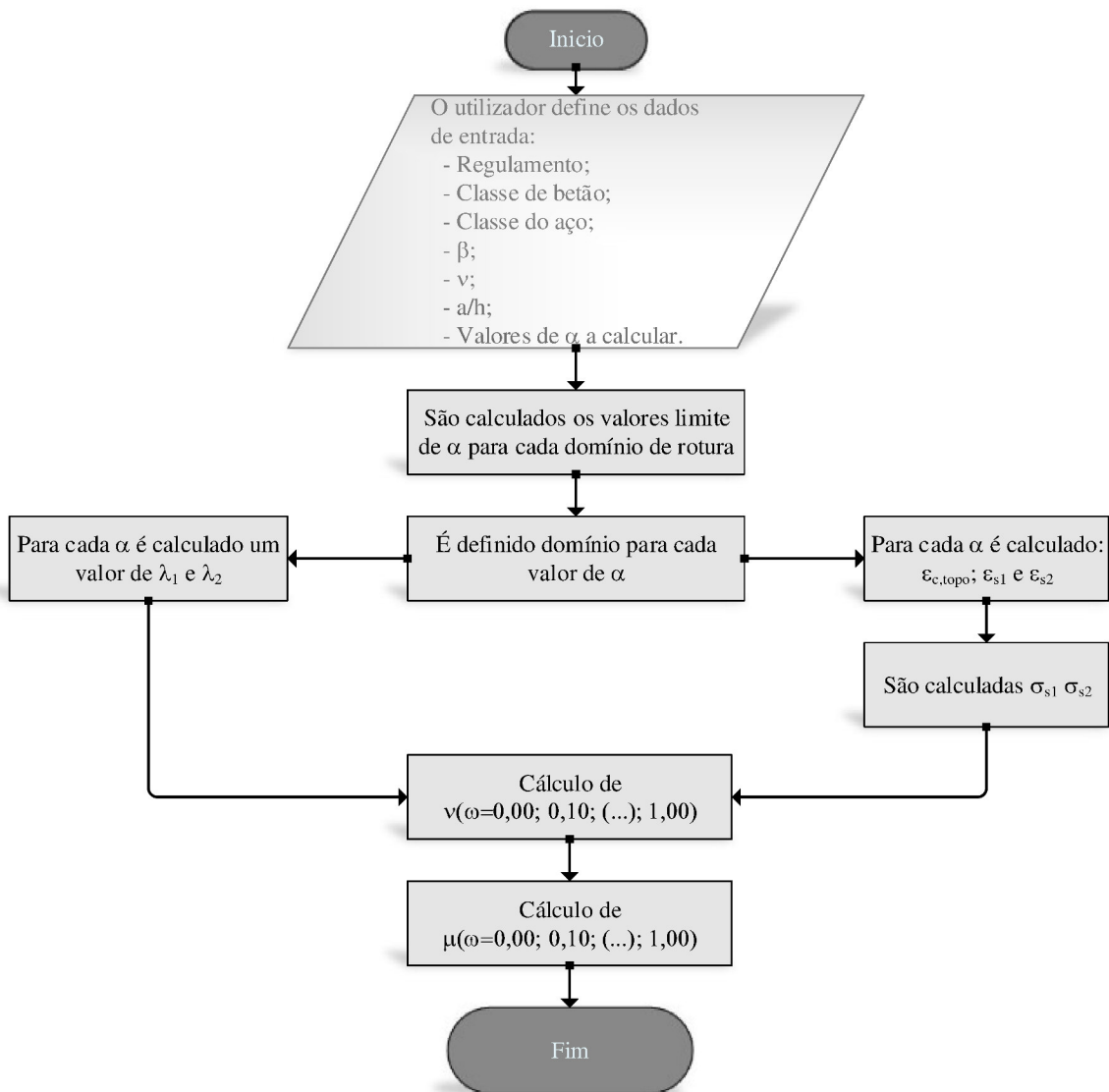


Figura 25 - Fluxograma da folha de cálculo que gera os dados que geram os ábacos  
 No apêndice VI apresentam-se os ábacos elaborados para flexão composta.



## 4. Discussão de resultados

### 4.1 Comparação REBAP vs EC2

A comparação entre REBAP[3] e EC2[1] de seções dimensionadas à flexão simples foi elaborada para os limites últimos, em todos os domínios (domínio IIa, IIb, IIIa, IIIb e IVa). De igual modo foi feita a comparação considerando a utilização de aços com diferentes classes de resistência e entre seções com diferentes relações entre armadura de compressão e de tração, de acordo com as duas normas.

É também interessante comparar a percentagem de armadura obtida pelo REBAP e pelo EC2 no dimensionamento de seções submetidas à flexão simples ou composta, a partir da necessidade de armadura (acréscimo percentual de necessidade de armadura de uma seção calculada pelo REBAP quando comparada com a mesma seção calculada pelo EC2,  $N_{As}$ ), obtida pela seguinte expressão [32]:

$$N_{As} = \frac{\omega_{REBAP}(\mu) - \omega_{EC2}(\mu)}{\omega_{REBAP}(\mu)} \times 100\% \quad (4.1)$$

em que  $\omega_{REBAP}(\mu)$  é a percentagem mecânica de armadura em função de um momento fletor reduzido  $\mu$ , calculada de acordo com o REBAP; e  $\omega_{EC2}(\mu)$  é a percentagem mecânica de armadura em função do mesmo momento fletor reduzido  $\mu$ , calculada de acordo com o EC2.

#### 4.1.1 Flexão simples

Na flexão simples os limites do domínio IIIa, calculando de acordo com o REBAP, são menos distantes que de acordo com o EC2. No Quadro 10 e no Quadro 11 apresentam-se os limites de  $\alpha$  (relação  $x/d$ ) do domínio IIIa, com indicação dos respectivos momentos reduzidos ( $\mu$ ), percentagem mecânica de armaduras ( $\omega$ ) e suas amplitudes.

Quadro 10 - Valores limite inicial e final do Domínio IIIa, em flexão simples para A400, classe de betão inferior a C55/67 e  $a/d=0,10$

	REBAP			EC2		
	Início	Fim	Amplitude	Início	Fim	Amplitude
$\alpha$	0,25926	0,66805	0,40879	0,12281	0,66805	0,54524
$\omega$	0,17840	0,45968	0,28128	0,09942	0,54080	0,44138
$\mu$	0,15916	0,33194	0,17278	0,09434	0,39052	0,29618

Quadro 11 - Valores limite inicial e final do Domínio IIIa, em flexão simples para A500, classe de betão inferior a C55/67 e a/d=0,10

	REBAP			EC2		
	Início	Fim	Amplitude	Início	Fim	Amplitude
$\alpha$	0,25926	0,61686	0,35760	0,12281	0,61686	0,49405
$\omega$	0,17840	0,42446	0,24606	0,09942	0,49936	0,39994
$\mu$	0,15916	0,31554	0,15638	0,09434	0,37123	0,27689

Da análise dos resultados apresentados no Quadro 10 e no Quadro 11 verifica-se que a amplitude de momentos fletores reduzidos no REBAP no Domínio IIIa é inferior em 41,67% e 43,52% comparativamente ao EC2, consoante se trate de armaduras A400 ou A500 respetivamente, ou seja, aumenta a gama de valores de momento reduzido para o qual se dimensiona a secção com ductilidade adequada.

Observa-se ainda, para além do aumento global da amplitude, que o limite máximo do momento fletor reduzido para o qual a secção se garante dúctil é no EC2 superior em 15% comparativamente ao REBAP, em ambas as classes de armaduras. Ou seja, para a mesma secção de betão armado são possíveis maiores valores do momento fletor reduzido ( $\mu$ ) garantindo a ductilidade adequada.

Tendo por base a expressão (4.1) comparou-se a relação momento reduzido-percentagem mecânica de armadura, utilizando duas classes de armaduras e a relação entre armaduras superior e inferior para relações de  $\beta=0,00$ ,  $\beta=0,50$  e  $\beta=1,00$ . As comparações efetuadas estão representadas na Figura 26, na Figura 27 e na Figura 28.

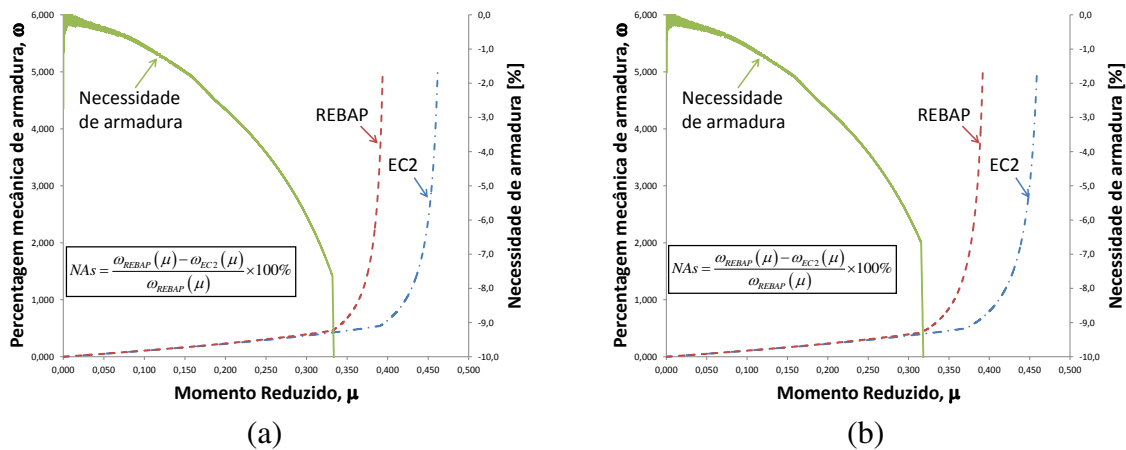


Figura 26 – Análise comparativa da necessidade de armadura entre REBAP e EC2 para: (a) A400 e  $\beta=0,00$ ; (b) A500 e  $\beta=0,00$

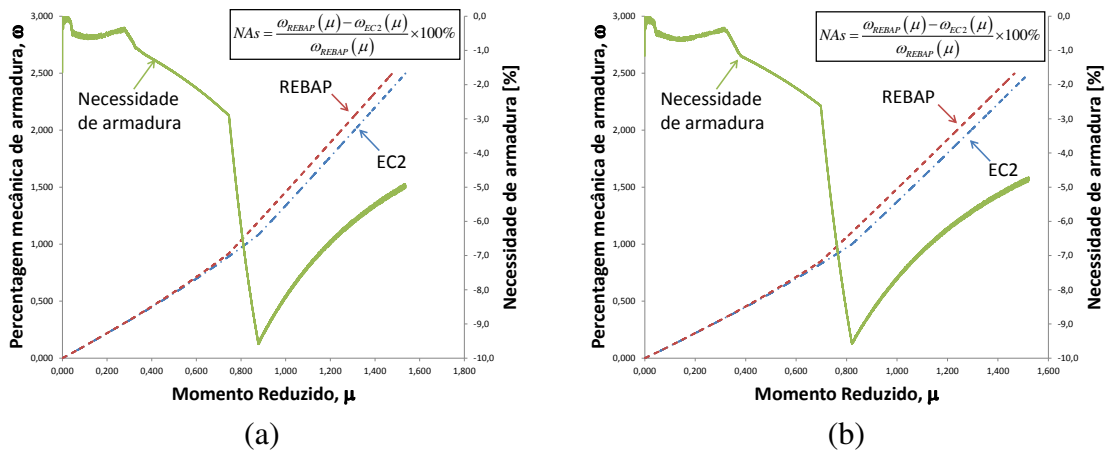


Figura 27 – Análise comparativa da necessidade de armadura entre REBAP e EC2 para: (a) A400 e  $\beta=0,50$ ; (b) A500 e  $\beta=0,50$

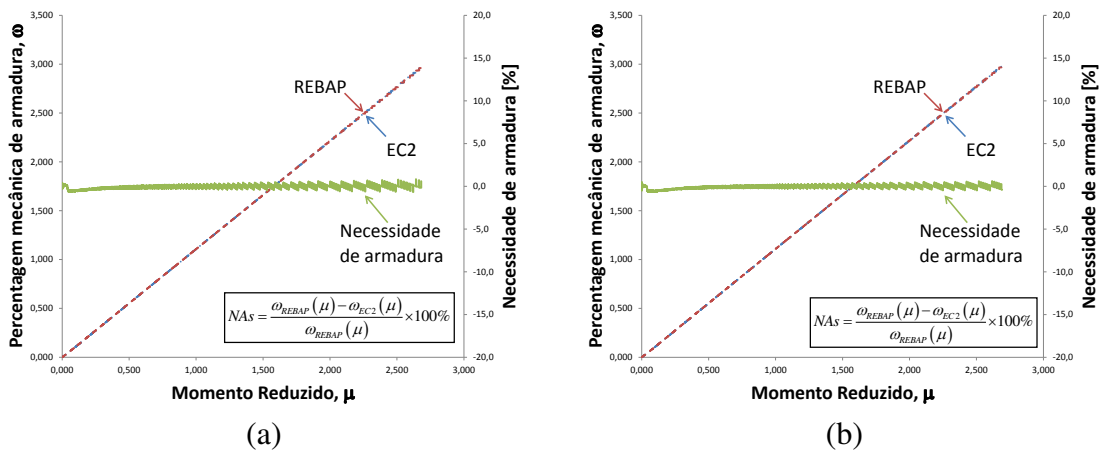


Figura 28 – Análise comparativa da necessidade de armadura entre REBAP e EC2 para: (a) A400 e  $\beta=1,00$ ; (b) A500 e  $\beta=1,00$

Analisando a Figura 26, a Figura 27 e a Figura 28 verifica-se que  $N_{As}$  entre secções calculadas pelo REBAP e pelo EC2, decresce com o aumento da armadura de compressão e com a tensão de cedência das armaduras. Para valores correntes de momento reduzido e relação entre armaduras igual a 1,00, a diferença entre REBAP e EC2 é quase inexistente.

No Quadro 12 são apresentados os valores da necessidade de armadura (calculadas de acordo com a expressão 4.1) para secções calculadas pelo REBAP e pelo EC2 (Domínio IIIa;  $a/d=0,10$ ; A400 ou A500 respetivamente).

Quadro 12 - Análise comparativa entre as necessidades de armadura para secções calculadas pelo REBAP e pelo EC2

		$\mu$	$\alpha$	$\omega$	Necessidade de Armadura
A400	REBAP	0,15916	0,25926	0,17840	1,98%
	EC2		0,21600	0,17486	
	REBAP	0,25000	0,44610	0,30696	4,03%
	EC2		0,36390	0,29459	
	REBAP	0,33194	0,66805	0,45968	7,64%
	EC2		0,52445	0,42455	
A500	REBAP	0,15916	0,25926	0,17840	-0,03%
	EC2		0,21600	0,17486	
	REBAP	0,25000	0,44610	0,30696	4,03%
	EC2		0,36390	0,29459	
	REBAP	0,31554	0,66805	0,42446	6,66%
	EC2		0,48940	0,39618	

Em secções simplesmente armadas a necessidade de armaduras decresce cerca de 7,64% quando calculada pelo EC2 para armaduras da classe A400. Para armaduras da classe A500 a diferença é ligeiramente inferior da ordem dos 6,66%.

P. Lourenço et al. [32] concluíram que a utilização do diagrama tensão-extensão do aço com endurecimento em comparação com o diagrama sem endurecimento, para valores de  $\mu$  próximos de 0,25 representa uma economia inferior a 1,5% para secções calculadas de acordo com o EC2. No entanto, sustentam que esta diferença pode ser significativa quando se utilizam aços com ductilidade melhorada que permitem poupanças não inferiores a 4% aumentando para 6 a 8% para secções normalmente armadas.

#### 4.1.2 Flexão composta

No Quadro 13 e no Quadros 14 apresentam-se os valores limites de momento fletor reduzido, percentagem mecânica de armadura e profundidade da linha neutra no Domínio IIIa para secções dimensionadas pelas duas normas.

Quadro 13 - Valores limite inicial e final do Domínio IIIa, em flexão simples para A400, classe de betão inferior a C55/67,  $a/d=0,10$  e  $\nu=0,10$

	REBAP			EC2		
	Início	Fim	Amplitude	Início	Fim	Amplitude
$\alpha$	0,23333	0,60124	0,36791	0,11053	0,60124	0,49072
$\omega$	0,06056	0,31371	0,25316	-0,01053	0,38672	0,39725
$\mu$	0,08892	0,22887	0,13996	0,03641	0,27632	0,23991

Quadro 14 - Valores limite inicial e final do Domínio IIIa, em flexão simples para A500, classe de betão inferior a C55/67,  $a/d=0,10$  e  $\nu=0,10$

	REBAP			EC2		
	Início	Fim	Amplitude	Início	Fim	Amplitude
$\alpha$	0,23333	0,55517	0,32184	0,11053	0,55517	0,44465
$\omega$	0,06056	0,28201	0,22146	-0,01053	0,34943	0,35995
$\mu$	0,08892	0,21559	0,12667	0,03641	0,26070	0,22428

Da análise dos quadros anteriores verifica-se que a amplitude dos valores dos momentos flectores reduzidos no Domínio IIIa para secções calculadas de acordo com o REBAP é inferior em 41,67% e 43,52% comparativamente a secções calculadas de acordo com o EC2, consoante se trate de armaduras das classes A400 ou A500, respetivamente. De referir que estes resultados confirmam os verificados na flexão simples. Observa-se ainda que o limite máximo do momento fletor reduzido para o qual é mais económico armar uma secção e para o qual se garante a ductilidade da secção é de acordo com o dimensionamento do EC2 superior em 17 % comparativamente com o limite obtido pelo REBAP, para ambas as classes de armaduras. Deste modo será possível armar uma secção com a adequada ductilidade para um intervalo maior de valores do momento fletor reduzido. É ainda possível aumentar a capacidade resistente da secção garantir a ductilidade da secção.

A necessidade de armadura, comparando apenas valores de  $\mu$  para os quais a secção se encontra no Domínio IIIa, ou seja, para  $\alpha$  entre 0,23333 e 0,60124 ou 0,55517, para aços A400 ou A500 respectivamente e  $\nu = 0,10$ , é comparada no Quadro 15.

Quadro 15 - Análise comparativa entre as necessidades de armadura entre secções calculadas pelo REBAP e pelo EC2, com  $\nu = 0,10$ .

		$\mu$	$\alpha$	$\omega$	Necessidade de Armadura
A400	REBAP	0,08892	0,23333	0,06056	5,37%
	EC2		0,19441	0,05731	
	REBAP	0,22887	0,60124	0,31371	10,10%
	EC2		0,47199	0,28202	
A500	REBAP	0,08892	0,23333	0,06056	5,37%
	EC2		0,19441	0,05731	
	REBAP	0,21559	0,55517	0,28201	9,04%
	EC2		0,44047	0,25651	

Nas Figuras 26 a 34 é apresentada a análise comparativa entre REBAP e EC2 para secções retangulares submetidas a flexão composta com diferentes esforços axiais. É ainda apresentada a necessidade de armadura para cada comparação, de acordo com a expressão (4.1).

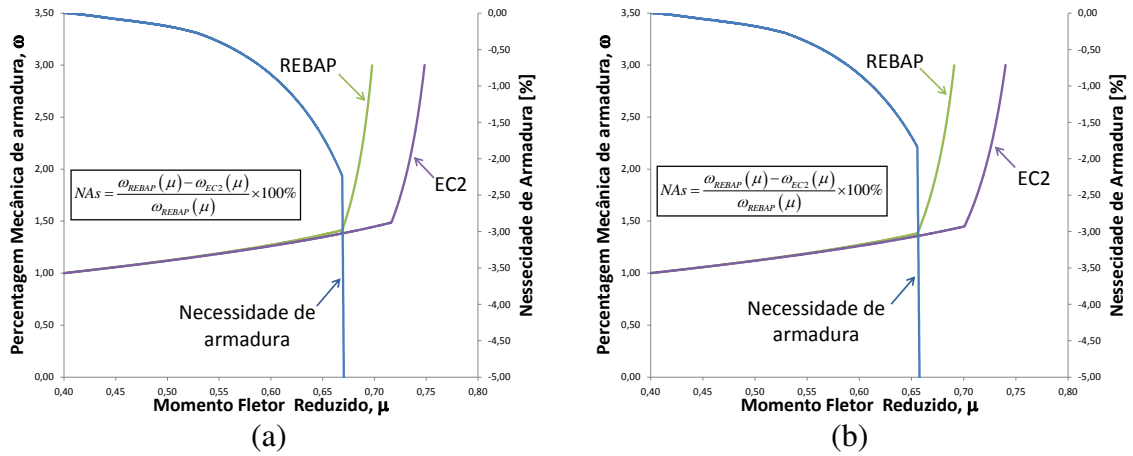


Figura 29 – Análise comparativa da necessidade de armadura entre REBAP e EC2 para: (a) A400,  $v=-1,00$ ,  $A'/A=0$  e  $\beta=0,00$ ; (b) A500,  $v=-1,00$ ,  $A'/A=0$  e  $\beta=0,00$

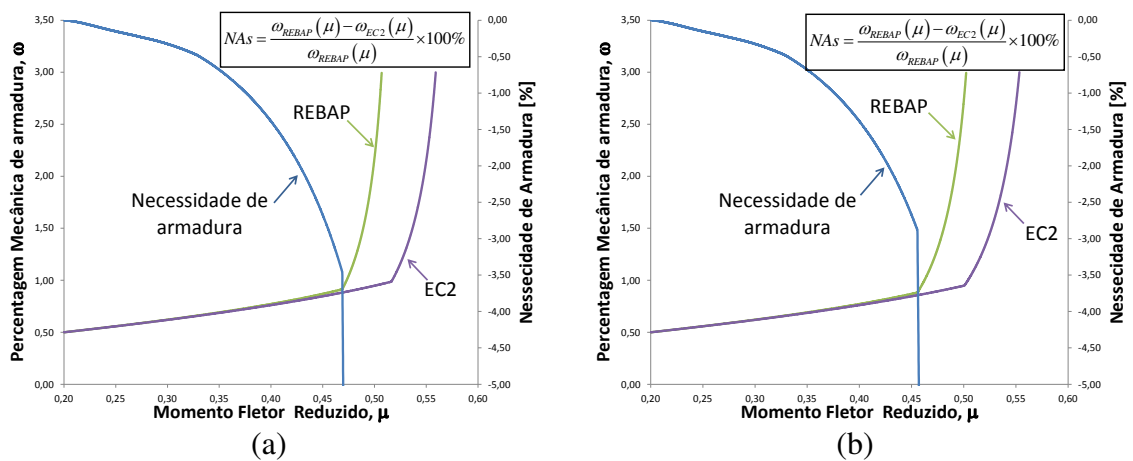


Figura 30 – Análise comparativa da necessidade de armadura entre REBAP e EC2 para: (a) A400,  $v=-0,50$ ,  $A'/A=0$  e  $\beta=0,00$ ; (b) A500,  $v=-0,50$ ,  $A'/A=0$  e  $\beta=0,00$

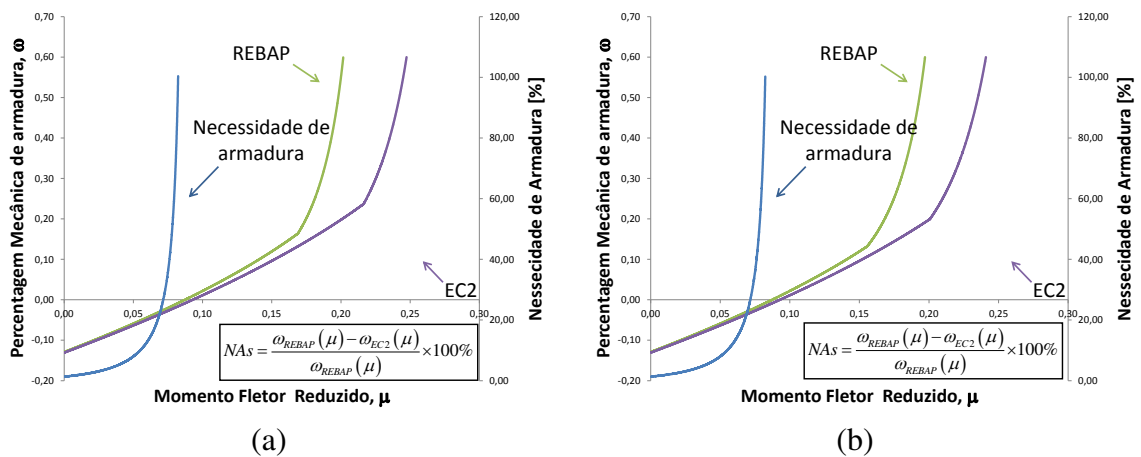
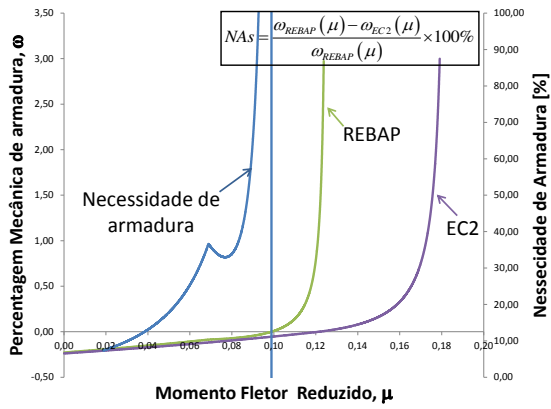
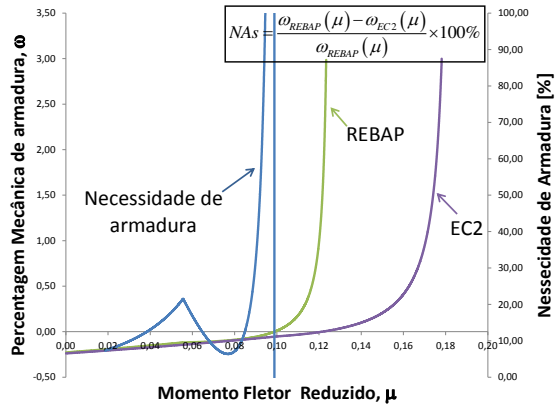


Figura 31 – Análise comparativa da necessidade de armadura entre REBAP e EC2 para: (a) A400,  $v=0,25$ ,  $A'/A=0$  e  $\beta=0,00$ ; (b) A500,  $v=0,25$ ,  $A'/A=0$  e  $\beta=0,00$

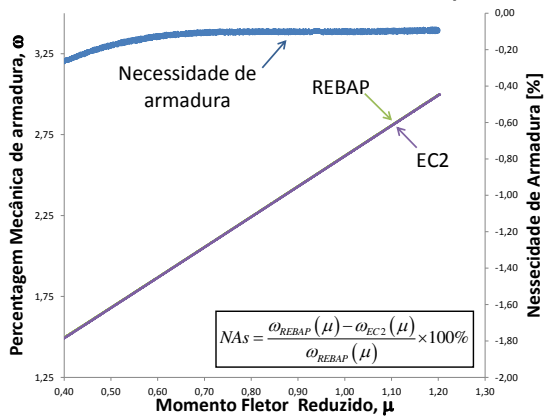


(a)

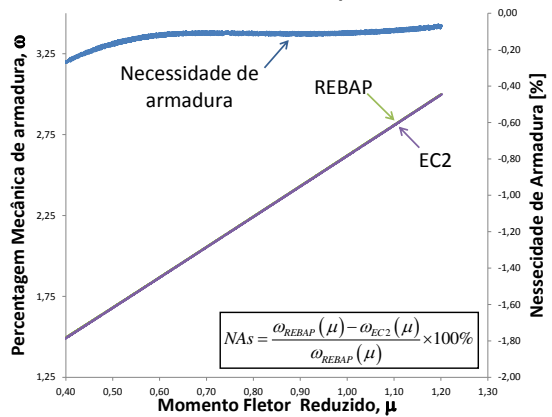


(b)

Figura 32 – Análise comparativa da necessidade de armadura entre REBAP e EC2 para: (a) A400,  $v=0,50$ ,  $A'/A=0$  e  $\beta=0,00$ ; (b) A500,  $v=0,50$ ,  $A'/A=0$  e  $\beta=0,00$

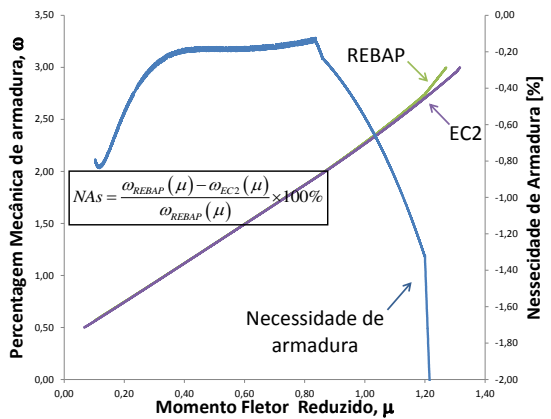


(a)

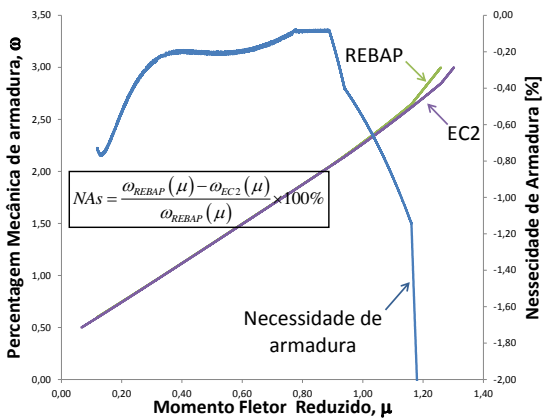


(b)

Figura 33 – Análise comparativa da necessidade de armadura entre REBAP e EC2 para: (a) A400,  $v=-1,00$ ,  $A'/A=0,50$  e  $\beta=0,50$ ; (b) A500,  $v=-1,00$ ,  $A'/A=0,50$  e  $\beta=0,50$



(a)



(b)

Figura 34 – Análise comparativa da necessidade de armadura entre REBAP e EC2 para: (a) A400,  $v=-0,50$ ,  $A'/A=0,50$  e  $\beta=0,50$ ; (b) A500,  $v=-0,50$ ,  $A'/A=0,50$  e  $\beta=0,50$

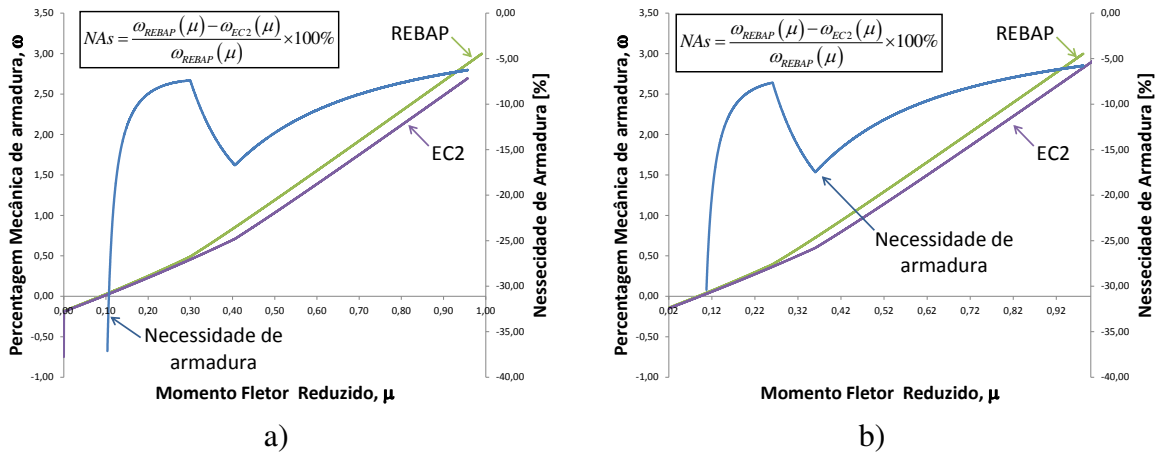


Figura 35 – Análise comparativa da necessidade de armadura entre REBAP e EC2 para: (a) A400,  $v=0,25$ ,  $A'/A=0,50$  e  $\beta=0,50$ ; (b) A500,  $v=0,25$ ,  $A'/A=0,50$  e  $\beta=0,50$

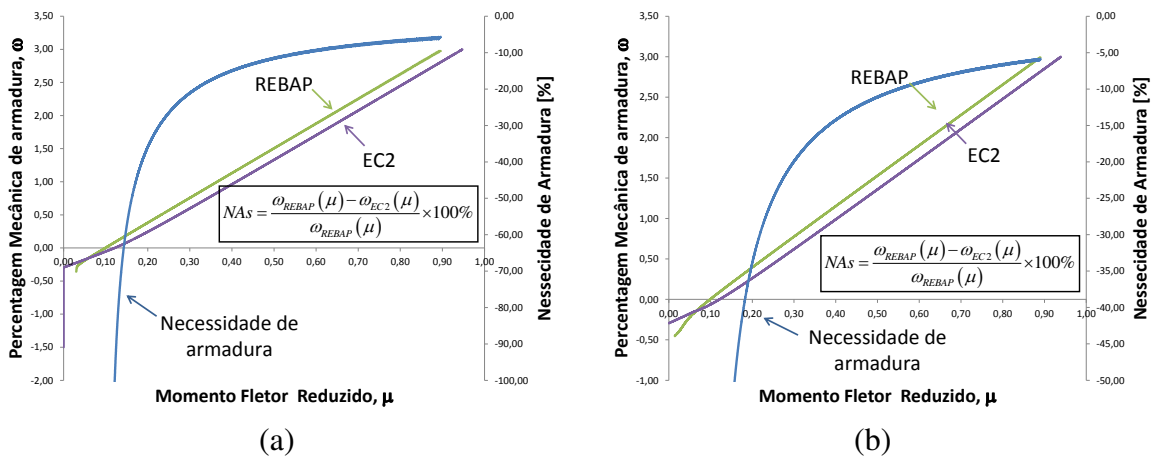


Figura 36 – Análise comparativa da necessidade de armadura entre REBAP e EC2 para: (a) A400,  $v=0,50$ ,  $A'/A=0,50$  e  $\beta=0,50$ ; (b) A500,  $v=0,50$ ,  $A'/A=0,50$  e  $\beta=0,50$

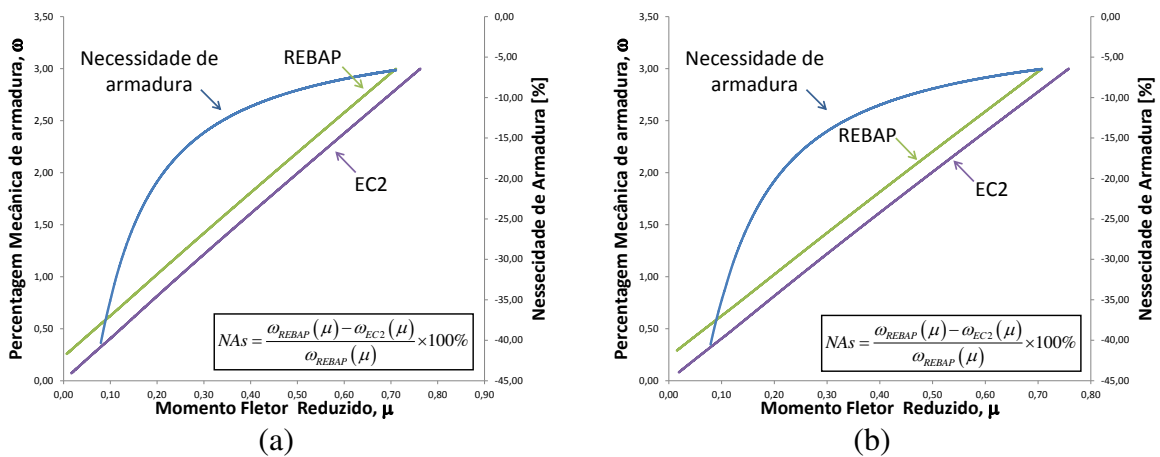


Figura 37 – Análise comparativa da necessidade de armadura entre REBAP e EC2 para: (a) A400,  $v=1,00$ ,  $A'/A=0,50$  e  $\beta=0,50$ ; (b) A500,  $v=1,00$ ,  $A'/A=0,50$  e  $\beta=0,50$

Da análise das Figuras 26 a 34 é possível concluir que:

- O acréscimo percentual de necessidade de armadura de uma secção calculada pelo REBAP quando comparada com a mesma secção calculada pelo EC2 ( $N_{As}$ ) diminui em secções submetidas a esforços axiais de tração;
- $N_{As}$  diminui ainda mais para armaduras de classe de resistência superior e em secções duplamente armadas;
- Para esforços axiais reduzidos de 0,50 e 1,00, a diferença entre regulamentos aumenta para valores consideráveis, superiores a  $N_{As}=-50\%$ . No entanto, o dimensionamento para os momentos reduzidos considerados obriga a secções não dúcteis.

As Figuras 35 a 38 apresentam a análise comparativa entre diagrama de interação entre momento fletor reduzido e esforço axial reduzido, para as duas normas, para as duas classes de armaduras, para diferentes relações armadura de compressão vs armadura de tração e para as percentagens mecânicas de armadura de  $\beta=0,00$ ,  $\beta=0,50$  e  $\beta=1,00$ .

Adicionalmente às curvas da relação entre esforço axial reduzido e momento fletor reduzido para cada percentagem mecânica de armadura, foram incluídas retas transversais às curvas que assinalam o limite de cada domínio de dimensionamento. Assim será possível verificar de baixo para cima os valores para os domínios IIa a IVa.

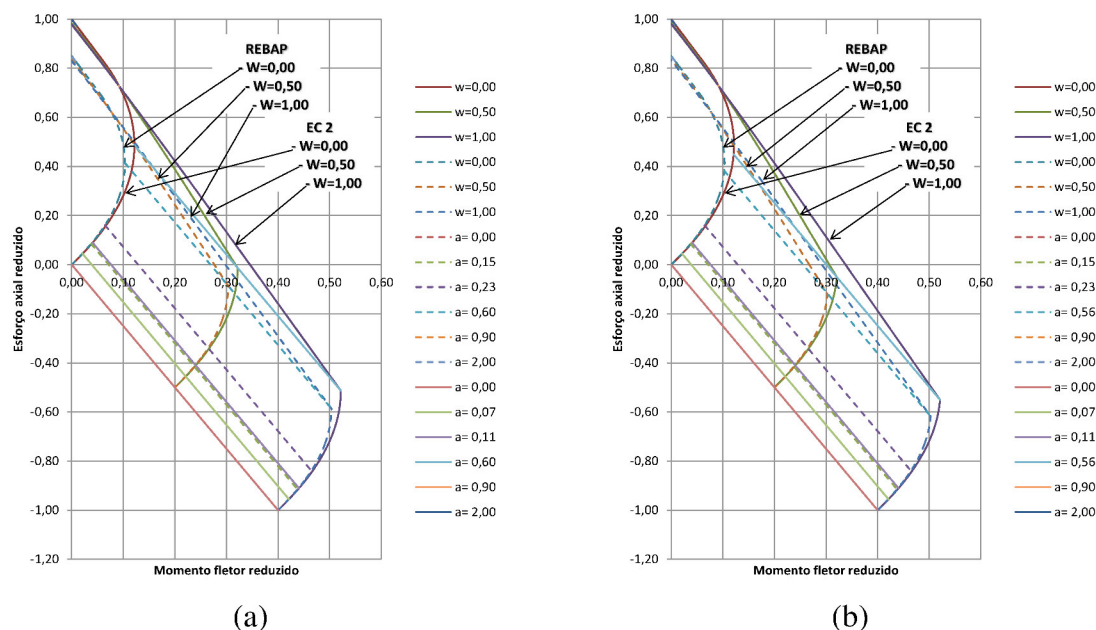


Figura 38 - Análise comparativa entre diagramas de interação entre momento reduzido e esforço axial reduzido de acordo com REBAP e EC2: (a) A400,  $\beta=0,00$ ,  $a/h=0,10$ ; (b) A500,  $\beta=0,00$ ,  $a/h=0,10$

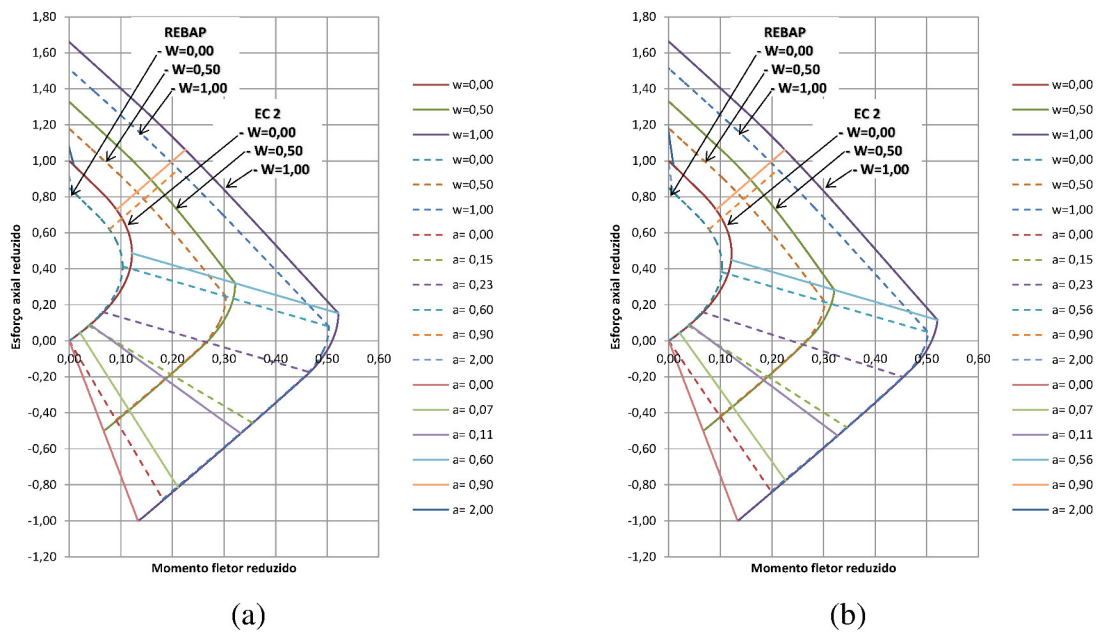


Figura 39 - Análise comparativa entre diagramas de interação entre momento reduzido e esforço axial reduzido de acordo com REBAP e EC2: (a) A400,  $\beta=0,50$ ,  $a/h=0,10$ ; (b) A500,  $\beta=0,50$ ,  $a/h=0,10$

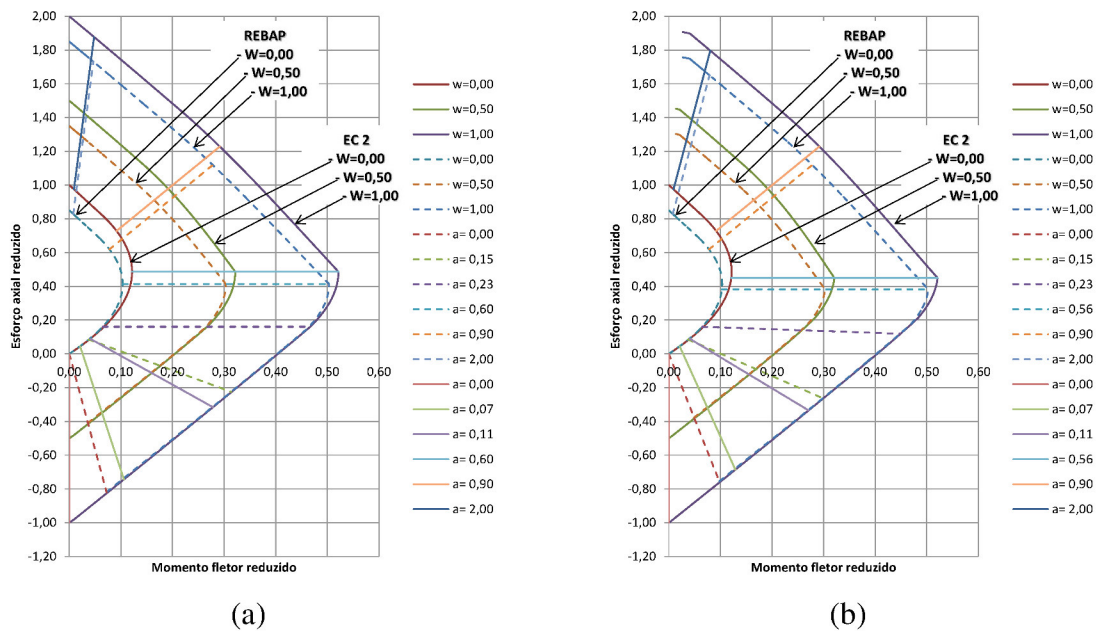


Figura 40 - Análise comparativa entre diagramas de interação entre momento reduzido e esforço axial reduzido de acordo com REBAP e EC2: (a) A400,  $\beta=1,00$ ,  $a/h=0,10$ ; (b) A500,  $\beta=1,00$ ,  $a/h=0,10$

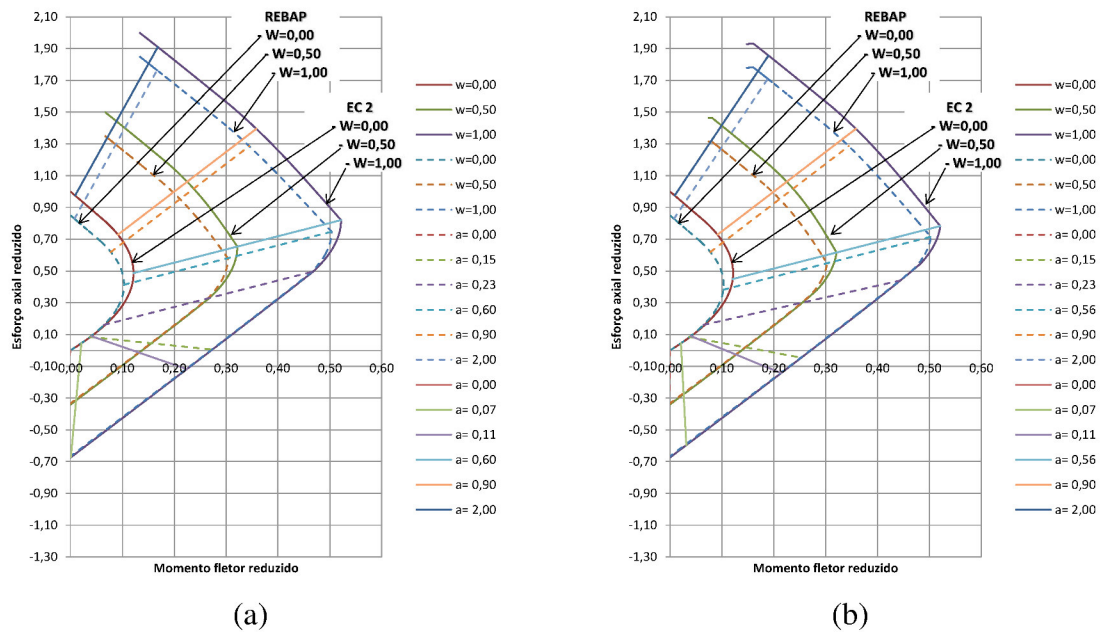


Figura 41 - Análise comparativa entre diagramas de interação entre momento reduzido e esforço axial reduzido de acordo com REBAP e EC2: (a) A400,  $\beta=2,00$ ,  $a/h=0,10$ ; (b) A500,  $\beta=2,00$ ,  $a/h=0,10$

Da análise das figuras anteriores e do Quadro 16 é possível verificar que para os domínios em que a rotura é dúctil (domínios IIa, IIb e IIIa), as diferenças entre as normas são pequenas, exceto para a pequena gama de momento fletores reduzidos no final do domínio IIIa. Nos domínios em que a rotura é frágil (IIIb e IVa) as diferenças são consideráveis.

Quadro 16 - Comparação REBAP vs EC2 para secção retangular submetida a flexão composta, com  $m=0,25$ ;  $b=0,50$ ; A500;  $a/h=0,10$ ;  $\leq C50/60$

$\nu$	$\mu$	$\omega_{REBAP}$	$\omega_{EC2}$	$N_{As}$	Domínio
-0,75	0,25	0,885	0,699	-20,97%	IIIb
-0,50		0,587	0,440	-24,99%	IIIb
-0,25		0,369	0,340	-7,78%	IIIa
-0,00		0,468	0,466	-0,15%	IIIa
-0,25		0,649	0,647	-0,14%	IIb
-0,50		0,838	0,835	-0,37%	IIa



## 5. Conclusões

---

O presente estudo permitiu comparar as diferenças do dimensionamento, de secções retangulares submetidas a flexão simples ou composta, com base nas prescrições do Eurocódigo 2 e do REBAP.

No que respeita aos materiais e suas propriedades, as maiores diferenças entre as normas analisadas são a inclusão de novas classes de resistência para o betão, novos limites da extensão última para as classes de aço e as relações tensões-extensões para o cálculo de secções transversais quer para o betão quer para o aço. No EC2 é considerado o valor de cálculo da tensão de rotura à compressão aos 28 dias na fibra mais comprimida ( $f_{cd}$ ) em vez dos  $0.85f_{cd}$  adotados pelo REBAP. Por outro lado, o EC2 permite a utilização de dois modelos para a relação tensão-extensão do aço: um modelo bilinear elásto-plástico com endurecimento (Hipótese A) e outro elásto-plástico perfeito (Hipótese B). Na Hipótese A, o diagrama elásto-plástico tem endurecimento e a extensão no aço limitada a  $\varepsilon_{ud}$ , na zona plástica, na Hipótese B, o diagrama de tensões-extensões é elásto-plástico perfeito, não sendo limitada a extensão última do aço e como consequência a rotura acontece sempre pelo betão. No REBAP o único diagrama considerado é um diagrama elasto-plástico perfeito com limitação da extensão última do aço a 10%.

Através da consideração das diferentes propriedades dos materiais entre regulamentos foi possível caracterizar a rotura de secções retangulares de betão armado sujeitas a esforços de flexão simples e composta. Do estudo resultou ainda um conjunto de expressões que permitiu a elaboração de tabelas e ábacos para o dimensionamento de secções retangulares submetidas a flexão de acordo com o EC2 e a comparação dos resultados obtidos com o REBAP.

No que respeita ao dimensionamento de secções retangulares submetidas a flexão simples, concluiu-se que existe um menor consumo de armaduras em secções calculadas de acordo com o EC2. Esta diferença é mais acentuada no dimensionamento de secções simplesmente armadas e, quando são utilizadas armaduras da classe de resistência mais baixa (A400), devido a ser este o caso onde a resultante das forças do betão tem maior influência no equilíbrio da secção. As diferenças entre normas diminuem com o aumento

da relação entre armadura de compressão e armadura de tração, bem como com a utilização do aço A500.

Em secções transversais submetidas a flexão simples, a necessidade de armadura de uma secção calculada de acordo com o EC2, quando comparada através da expressão (4.1), com a mesma secção dimensionada de acordo como o REBAP, diminui 7,64% para o aço A400 e 6,66% para o aço A500.

Verifica-se ainda que em secções submetidas a flexão simples calculadas de acordo com o EC2, é possível para a mesma secção garantir uma ductilidade adequada para valores de momento fletor reduzido ( $\mu$ ), 15% superiores aos de secções calculadas de acordo com o REBAP.

No caso de secções retangulares submetidas a flexão composta, a diferença percentual de necessidade de armadura ( $N_{As}$ ) de uma secção calculada pelo REBAP quando comparada com a mesma secção calculada pelo EC2 é negativa ( $\omega_{REBAP}(\mu) > \omega_{EC2}(\mu)$ ) e aumenta em secções submetidas a esforços axiais de tração. Verifica-se ainda que esta diferença diminui igualmente para armaduras de classe de resistência mais elevada (A500) e em secções duplamente armadas à semelhança do verificado para a flexão simples.

Na flexão composta, para os domínios em que a rotura é dúctil (domínios IIa, IIb e IIIa), a necessidade de armadura ( $N_{As}$ ) para secções calculadas de acordo com o EC2 comparativamente com a mesma secção calculada de acordo com o REBAP, é menor em 1% para esforço axial de tração, para a situação analisada: momento fletor reduzido de 0,25, armaduras da classe A500, relação entre armadura de compressão e armadura de tração de 0,50 e  $a/h=0,10$ . Nos valores do momento fletor reduzido do final do domínio IIIa a diferença entre secções calculadas de acordo com as normas aumenta. Para a secção com as relações anteriores consideradas, quando submetida a esforço axial reduzido de 0,25 a necessidade de armadura será menor 7,8% no EC2 quando comparada com a mesma secção calculada de acordo com o REBAP. Nos domínios em que a rotura é frágil (IIIb e IVa) as diferenças são consideráveis atingindo os 25% a menos de necessidade armadura para secções calculadas pelo EC2 para o caso anterior, mas submetida a um esforço de axial reduzido de compressão de 0,50. No entanto, nesta situação não é garantida a cedência das armaduras tracionadas.

Do que foi analisado, foi ainda possível verificar que na generalidade das situações embora

não existam diferenças significativas nos resultados entre REBAP e EC2, estas existem, e têm tanto maior expressão quanto maior for a contribuição do betão para a resistência da secção.

Como desenvolvimentos futuros será necessário elaborar ábacos, de acordo com o EC2 para o dimensionamento de secções submetidas à flexão desviada e efetuar o estudo comparativo desta situação com o REBAP.



## 6. Referências

---

- [1] NP EN 1992-1-1, *Eurocodigo 2 - Projecto de estruturas de betão. Parte 1-1: Regras e regras para edifícios*, IPQ, 2010.
- [2] Appleton, J. e França, P. *Implementação do Eurocódigo 2 - (EN1992-1) em Portugal. Comparação com o REBAP*. in *Eurocódigos, normas de execução e de produtos*.
- [3] Decreto-lei 349-C/83 de 30 de Julho, *Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-Esforçado (REBAP)*, Instituto Nacional da Casa da Moeda (INCM), 1983.
- [4] NP EN 206-1, *Betão. Parte 1: Especificação, desempenho, produção e conformidade.*, IPQ, 2005.
- [5] Decreto-Lei 301/2007 de 23 de Agosto, *Estabelece as condições a que deve obedecer a colocação no mercado dos betões de ligantes hidráulicos*, Instituto Nacional da Casa da Moeda (INCM), 2007.
- [6] NP EN 197-1, *Cimento Parte I: Composição, especificações e critérios de conformidade para cimentos correntes.*, Instituto Português da Qualidade (IPQ), 2001.
- [7] NP EN 12620, *Agregados para betão*, Instituto Português da Qualidade (IPQ), 2004.
- [8] NP EN 13055-1, *Agregados leves. Parte 1: Agregados leves para betão, argamassas e caldas de injeção*, Instituto Português da Qualidade (IPQ), 2005.
- [9] NP EN 1008, *Água de amassadura para betão: Especificações para a amostragem, ensaio de avaliação da aptidão da água recuperada nos processos da indústria de betão, para o fabrico do betão.*, Instituto Português da Qualidade (IPQ), 2003.
- [10] NP ENV 13670-1, *Execução de estruturas em betão. Parte 1: Regras gerais*, Instituto Português da Qualidade (IPQ), 2007.
- [11] Especificação E 464, *Betões: Metodologia prescritiva para uma vida útil de projeto de 50 e de 100 anos face às acções ambientais*, Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), 2005.
- [12] Especificação E 465, *Betões: Metodologia para estimar as propriedades de desempenho do betão que permitem satisfazer a vida útil de projeto de estruturas*

- de betão armado ou pré-esforçado sob as exposições ambientais XC e XS*, Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), 2005.
- [13] Rüsç, H., *Researches toward a general flexural theory for structural concrete*, 1960, p. 1-28.
- [14] Walraven, J., *et al.*, *Commentary to Eurocode 2*, The European Concrete Platform, Brussels, 2008, p. 168.
- [15] CEB-FIB, *Model Code 2010 - Volume I*, Comité Euro-International du Béton, Lausanne, Switzerland, 2010, p. 288.
- [16] NP EN 10080, *Aços para armaduras de betão armado. Aços soldáveis para betão armado. Generalidades.*, IPQ, 2005.
- [17] Appleton, J., *Estruturas de Betão I. Parte II: Materiais*, IST, 2002.
- [18] LDC 56 1/2013, *Documentos de classificação de aços para armaduras de betão armado em vigor em Portugal*, Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), 2013.
- [19] Especificação LNEC E449, *Varões de aço A400NR para armaduras de betão armado: Características, ensaios e marcação.*, Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), 2008.
- [20] Especificação LNEC E450, *Varões de aço A500NR para armaduras de betão armado: Características, ensaios e marcação.*, Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), 2008.
- [21] Especificação LNEC E455, *Varões de aço A400NR de ductilidade especial para armaduras de betão armado: Características, ensaios e marcação.*, Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), 2008.
- [22] Especificação LNEC E456, *Varões de aço A500ER para armaduras de betão armado: Características, ensaios e marcação.*, Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), 2000.
- [23] Especificação LNEC E457, *Varões de aço A500EL para armaduras de betão armado. Características, ensaios e marcação.*, Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), 2000.
- [24] Especificação LNEC E458, *Redes electrossoldadas para armaduras de betão armado: Características, ensaios e marcação.*, Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), 2000.
- [25] Especificação LNEC E460, *Varões de aço A500NR de ductilidade especial para armaduras de betão armado: Características, ensaios e marcação.*, Laboratório

Nacional de Engenharia Civil (LNEC), 2008.

- [26] Barros, H. e Figueiras, J., *Tabelas e Ábacos de Dimensionamento de Secções de Betão Solicitadas à Flexão e a Esforços Axiais Segundo o Eurocódigo 2*, 1ª Edição, FEUP Edições, Porto, 2010, p. 151.
- [27] L. H., M. e J. A., P., *Concrete Design to EN 1992*, Elsevier, 2006, p.
- [28] Silva, V.D.d., *Mecânica e Resistência dos Materiais*, 2ª, ZUARI - Edição de Livros Técnicos, Coimbra, 1999, p. 433.
- [29] Beer, F.P., *et al.*, *Mecânica Vetorial para Engenheiros: Estática*, 9, McGraw Hill Brasil, 2011, p. 648.
- [30] D'Arga e Lima, J., *et al.*, *Betão Armado: Esforços Normais e de Flexão (REBAP-83)*, Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), Lisboa, 2004, p. 233.
- [31] Montoya, P.J., *et al.*, *Hormigon Armado*, Editorial Gustavo Gili, SA, Barcelona, 2001, p. 844.
- [32] Cruz, J.S. e Lourenço, P.B., *Flexão simples: Análise comparativa REBAP vs EC2*, Lisboa, 2006.



## 7. Apêndices

### Apêndice I - Valores de $\lambda_1$ e $\lambda_2$ para as diferentes classes de betão para flexão simples de acordo com o EC2

x/d	A400 / A500											
	<C50/60		C55/67		C60/75		C70/85		C80/95		C90/105	
	$\lambda_1$	$\lambda_2$	$\lambda_1$	$\lambda_2$	$\lambda_1$	$\lambda_2$	$\lambda_1$	$\lambda_2$	$\lambda_1$	$\lambda_2$	$\lambda_1$	$\lambda_2$
<b>0,005</b>	0,0615	0,3351	0,0492	0,3345	0,0432	0,3343	0,0377	0,3340	0,0349	0,3339	0,0336	0,3339
<b>0,010</b>	0,1209	0,3370	0,0975	0,3358	0,0859	0,3352	0,0751	0,3347	0,0697	0,3345	0,0671	0,3345
<b>0,015</b>	0,1783	0,3390	0,1448	0,3372	0,1280	0,3363	0,1122	0,3354	0,1044	0,3351	0,1005	0,3351
<b>0,020</b>	0,2334	0,3411	0,1910	0,3386	0,1694	0,3374	0,1491	0,3362	0,1388	0,3358	0,1337	0,3357
<b>0,025</b>	0,2863	0,3433	0,2360	0,3401	0,2102	0,3385	0,1856	0,3370	0,1731	0,3365	0,1667	0,3364
<b>0,030</b>	0,3368	0,3457	0,2798	0,3417	0,2502	0,3397	0,2217	0,3379	0,2071	0,3372	0,1995	0,3371
<b>0,035</b>	0,3849	0,3482	0,3224	0,3434	0,2894	0,3410	0,2575	0,3389	0,2408	0,3380	0,2321	0,3378
<b>0,040</b>	0,4304	0,3508	0,3636	0,3452	0,3278	0,3424	0,2928	0,3398	0,2743	0,3389	0,2644	0,3386
<b>0,045</b>	0,4734	0,3537	0,4034	0,3471	0,3652	0,3439	0,3275	0,3409	0,3074	0,3397	0,2965	0,3394
<b>0,050</b>	0,5136	0,3567	0,4416	0,3492	0,4017	0,3455	0,3618	0,3420	0,3401	0,3407	0,3282	0,3403
<b>0,055</b>	0,5511	0,3600	0,4782	0,3514	0,4370	0,3472	0,3954	0,3433	0,3723	0,3417	0,3595	0,3413
<b>0,060</b>	0,5857	0,3635	0,5130	0,3538	0,4712	0,3490	0,4283	0,3446	0,4041	0,3428	0,3903	0,3423
<b>0,065</b>	0,6173	0,3673	0,5460	0,3565	0,5041	0,3510	0,4604	0,3460	0,4353	0,3440	0,4207	0,3435
<b>0,070</b>	0,6458	0,3714	0,5769	0,3593	0,5355	0,3532	0,4916	0,3476	0,4658	0,3454	0,4506	0,3447
<b>0,075</b>	0,6711	0,3758	0,6057	0,3625	0,5653	0,3557	0,5218	0,3494	0,4956	0,3468	0,4797	0,3460
<b>0,080</b>	0,6933	0,3806	0,6320	0,3660	0,5933	0,3584	0,5508	0,3514	0,5244	0,3485	0,5082	0,3475
<b>0,085</b>	0,7129	0,3854	0,6555	0,3700	0,6191	0,3616	0,5783	0,3537	0,5523	0,3503	0,5357	0,3492
<b>0,090</b>	0,7304	0,3901	0,6764	0,3743	0,6422	0,3654	0,6038	0,3565	0,5787	0,3525	0,5622	0,3511
<b>0,095</b>	0,7460	0,3946	0,6952	0,3788	0,6629	0,3695	0,6267	0,3601	0,5994	0,3548	0,5833	0,3529
<b>0,100</b>	0,7600	0,3989	0,7120	0,3832	0,6815	0,3738	0,6372	0,3620	0,5994	0,3548	0,5833	0,3529
<b>0,105</b>	0,7727	0,4031	0,7272	0,3875	0,6950	0,3772	0,6372	0,3620	0,5994	0,3548	0,5833	0,3529
<b>0,110</b>	0,7842	0,4070	0,7411	0,3917	0,6950	0,3772	0,6372	0,3620	0,5994	0,3548	0,5833	0,3529
<b>0,115</b>	0,7948	0,4106	0,7419	0,3919	0,6950	0,3772	0,6372	0,3620	0,5994	0,3548	0,5833	0,3529
<b>0,120</b>	0,8044	0,4141	0,7419	0,3919	0,6950	0,3772	0,6372	0,3620	0,5994	0,3548	0,5833	0,3529
<b>0,125</b>	0,8095	0,4160	0,7419	0,3919	0,6950	0,3772	0,6372	0,3620	0,5994	0,3548	0,5833	0,3529
<b>0,135</b>	0,8095	0,4160	0,7419	0,3919	0,6950	0,3772	0,6372	0,3620	0,5994	0,3548	0,5833	0,3529
(...)	0,8095	0,4160	0,7419	0,3919	0,6950	0,3772	0,6372	0,3620	0,5994	0,3548	0,5833	0,3529
<b>1,000</b>	0,8095	0,4160	0,7419	0,3919	0,6950	0,3772	0,6372	0,3620	0,5994	0,3548	0,5833	0,3529

## Apêndice II - Valores de $\lambda_1$ e $\lambda_2$ para as diferentes classes de betão para flexão composta de acordo com o EC2

x/h	A400 / A500											
	<C50/60		C55/67		C60/75		C70/85		C80/95		C90/105	
	$\lambda_1$	$\lambda_2$	$\lambda_1$	$\lambda_2$	$\lambda_1$	$\lambda_2$	$\lambda_1$	$\lambda_2$	$\lambda_1$	$\lambda_2$	$\lambda_1$	$\lambda_2$
<b>0,005</b>	0,0647	0,3352	0,0518	0,3346	0,0455	0,3343	0,0396	0,3340	0,0368	0,3339	0,0354	0,3339
<b>0,010</b>	0,1271	0,3372	0,1026	0,3360	0,0903	0,3353	0,0790	0,3348	0,0734	0,3346	0,0706	0,3345
<b>0,015</b>	0,1871	0,3393	0,1522	0,3374	0,1345	0,3364	0,1180	0,3356	0,1098	0,3352	0,1057	0,3352
<b>0,020</b>	0,2447	0,3415	0,2006	0,3389	0,1780	0,3376	0,1568	0,3364	0,1461	0,3359	0,1406	0,3358
<b>0,025</b>	0,2998	0,3439	0,2477	0,3405	0,2208	0,3388	0,1951	0,3373	0,1821	0,3367	0,1753	0,3365
<b>0,030</b>	0,3522	0,3464	0,2934	0,3422	0,2627	0,3401	0,2331	0,3382	0,2178	0,3375	0,2098	0,3373
<b>0,035</b>	0,4019	0,3491	0,3377	0,3440	0,3036	0,3415	0,2705	0,3392	0,2532	0,3383	0,2440	0,3381
<b>0,040</b>	0,4488	0,3520	0,3805	0,3460	0,3437	0,3430	0,3075	0,3403	0,2883	0,3392	0,2780	0,3389
<b>0,045</b>	0,4928	0,3551	0,4217	0,3481	0,3826	0,3446	0,3438	0,3414	0,3229	0,3402	0,3115	0,3399
<b>0,050</b>	0,5337	0,3584	0,4610	0,3504	0,4204	0,3463	0,3795	0,3427	0,3571	0,3412	0,3447	0,3408
<b>0,055</b>	0,5715	0,3620	0,4986	0,3528	0,4570	0,3482	0,4145	0,3440	0,3908	0,3424	0,3774	0,3419
<b>0,060</b>	0,6060	0,3659	0,5341	0,3555	0,4921	0,3503	0,4486	0,3455	0,4238	0,3436	0,4096	0,3430
<b>0,065</b>	0,6371	0,3701	0,5674	0,3584	0,5257	0,3525	0,4818	0,3471	0,4562	0,3449	0,4412	0,3443
<b>0,070</b>	0,6648	0,3746	0,5984	0,3616	0,5576	0,3550	0,5139	0,3489	0,4878	0,3464	0,4721	0,3457
<b>0,075</b>	0,6889	0,3796	0,6267	0,3652	0,5876	0,3578	0,5448	0,3510	0,5184	0,3481	0,5022	0,3472
<b>0,080</b>	0,7100	0,3846	0,6520	0,3693	0,6152	0,3611	0,5741	0,3533	0,5479	0,3500	0,5314	0,3489
<b>0,085</b>	0,7286	0,3896	0,6744	0,3739	0,6399	0,3650	0,6012	0,3562	0,5760	0,3522	0,5594	0,3509
<b>0,090</b>	0,7452	0,3944	0,6942	0,3785	0,6619	0,3693	0,6256	0,3599	0,5994	0,3548	0,5833	0,3529
<b>0,095</b>	0,7600	0,3989	0,7120	0,3832	0,6815	0,3738	0,6372	0,3620	0,5994	0,3548	0,5833	0,3529
<b>0,100</b>	0,7733	0,4033	0,7280	0,3877	0,6950	0,3772	0,6372	0,3620	0,5994	0,3548	0,5833	0,3529
<b>0,105</b>	0,7854	0,4074	0,7419	0,3919	0,6950	0,3772	0,6372	0,3620	0,5994	0,3548	0,5833	0,3529
<b>0,110</b>	0,7964	0,4112	0,7419	0,3919	0,6950	0,3772	0,6372	0,3620	0,5994	0,3548	0,5833	0,3529
<b>0,115</b>	0,8064	0,4148	0,7419	0,3919	0,6950	0,3772	0,6372	0,3620	0,5994	0,3548	0,5833	0,3529
<b>0,120</b>	0,8095	0,4160	0,7419	0,3919	0,6950	0,3772	0,6372	0,3620	0,5994	0,3548	0,5833	0,3529
<b>(...)</b>	0,8095	0,4160	0,7419	0,3919	0,6950	0,3772	0,6372	0,3620	0,5994	0,3548	0,5833	0,3529
<b>1,000</b>	0,8095	0,4160	0,7419	0,3919	0,6950	0,3772	0,6372	0,3620	0,5994	0,3548	0,5833	0,3529
<b>1,050</b>	0,8389	0,4314	0,7709	0,4077	0,7234	0,3930	0,6649	0,3778	0,6268	0,3707	0,6108	0,3688
<b>1,100</b>	0,8620	0,4428	0,7951	0,4199	0,7477	0,4056	0,6892	0,3907	0,6512	0,3837	0,6354	0,3819
<b>1,150</b>	0,8805	0,4515	0,8155	0,4297	0,7688	0,4159	0,7106	0,4013	0,6729	0,3944	0,6574	0,3927
<b>1,200</b>	0,8955	0,4583	0,8329	0,4376	0,7871	0,4244	0,7297	0,4102	0,6925	0,4036	0,6772	0,4019
<b>1,250</b>	0,9078	0,4637	0,8478	0,4442	0,8032	0,4315	0,7467	0,4178	0,7101	0,4113	0,6951	0,4097
<b>1,300</b>	0,9181	0,4681	0,8608	0,4497	0,8174	0,4375	0,7620	0,4243	0,7261	0,4181	0,7114	0,4165
<b>1,350</b>	0,9267	0,4718	0,8721	0,4544	0,8300	0,4427	0,7758	0,4300	0,7406	0,4239	0,7263	0,4224
<b>1,400</b>	0,9341	0,4748	0,8820	0,4584	0,8413	0,4472	0,7883	0,4349	0,7538	0,4291	0,7399	0,4276
<b>1,450</b>	0,9404	0,4774	0,8907	0,4619	0,8514	0,4512	0,7997	0,4393	0,7659	0,4336	0,7523	0,4322
<b>1,500</b>	0,9458	0,4795	0,8985	0,4649	0,8605	0,4546	0,8100	0,4432	0,7771	0,4377	0,7638	0,4363
<b>1,550</b>	0,9505	0,4814	0,9055	0,4676	0,8687	0,4577	0,8195	0,4466	0,7873	0,4413	0,7744	0,4400
<b>1,600</b>	0,9547	0,4830	0,9117	0,4699	0,8761	0,4605	0,8283	0,4498	0,7968	0,4446	0,7842	0,4433
<b>1,650</b>	0,9583	0,4845	0,9173	0,4720	0,8829	0,4629	0,8363	0,4526	0,8056	0,4476	0,7933	0,4464
<b>1,700</b>	0,9615	0,4857	0,9224	0,4738	0,8891	0,4651	0,8437	0,4551	0,8137	0,4503	0,8018	0,4491
<b>1,750</b>	0,9644	0,4868	0,9269	0,4755	0,8948	0,4671	0,8506	0,4574	0,8213	0,4527	0,8097	0,4516
<b>1,800</b>	0,9669	0,4878	0,9311	0,4770	0,9001	0,4689	0,8569	0,4595	0,8283	0,4550	0,8170	0,4539
<b>1,850</b>	0,9692	0,4887	0,9349	0,4784	0,9049	0,4706	0,8629	0,4615	0,8349	0,4571	0,8239	0,4560
<b>1,900</b>	0,9713	0,4894	0,9384	0,4796	0,9093	0,4721	0,8684	0,4633	0,8411	0,4590	0,8304	0,4579
<b>1,950</b>	0,9731	0,4901	0,9416	0,4807	0,9135	0,4735	0,8736	0,4649	0,8469	0,4607	0,8364	0,4597
<b>2,000</b>	0,9748	0,4908	0,9446	0,4818	0,9173	0,4748	0,8784	0,4664	0,8523	0,4624	0,8421	0,4614
<b>2,250</b>	0,9813	0,4932	0,9564	0,4858	0,9329	0,4799	0,8984	0,4726	0,8752	0,4690	0,8661	0,4682
<b>2,500</b>	0,9855	0,4947	0,9646	0,4886	0,9442	0,4835	0,9135	0,4770	0,8925	0,4739	0,8845	0,4731
<b>2,750</b>	0,9885	0,4958	0,9707	0,4906	0,9527	0,4861	0,9251	0,4804	0,9062	0,4775	0,8989	0,4768
<b>3,000</b>	0,9906	0,4966	0,9753	0,4921	0,9593	0,4881	0,9343	0,4830	0,9171	0,4804	0,9105	0,4798
<b>3,500</b>	0,9934	0,4976	0,9816	0,4942	0,9687	0,4910	0,9479	0,4867	0,9333	0,4845	0,9279	0,4840
<b>4,000</b>	0,9951	0,4982	0,9857	0,4955	0,9751	0,4928	0,9573	0,4892	0,9448	0,4873	0,9402	0,4869
<b>5,000</b>	0,9970	0,4989	0,9906	0,4970	0,9828	0,4951	0,9694	0,4923	0,9597	0,4909	0,9562	0,4906
<b>10,00</b>	0,9993	0,4998	0,9973	0,4992	0,9945	0,4985	0,9890	0,4973	0,9848	0,4967	0,9834	0,4965
<b>20,00</b>	0,9998	0,4999	0,9992	0,4998	0,9982	0,4995	0,9960	0,4990	0,9943	0,4987	0,9937	0,4987
<b>50,00</b>	1,0000	0,5000	0,9998	0,5000	0,9996	0,4999	0,9989	0,4997	0,9984	0,4997	0,9983	0,4996
<b>100,00</b>	1,0000	0,5000	1,0000	0,5000	1,0000	0,5000	1,0000	0,5000	1,0000	0,5000	1,0000	0,5000

## Apêndice III – Programa de cálculo para tabelas de Flexão Composta de acordo com o EC2

FUNÇÃO PRINCIPAL: “calculaAlfas.m”

```
function T = calculaAlfas( vInicial, vFinal, passo )
%T = calculaAlfas( vInicial, vFinal, passo )
%-----
%Funcao que dado o valor inicial, o valor final e o passo
%calcula todos os valores de Alfa entre eles
%A funcao devolve a matriz T do tipo nx10 onde em cada linha estao os
%valores [ALFA MIU OMEGA ECTOPO ES1 ES2 TS1 TS2 L1 L2]
%-----
    if (vInicial ~= 0.0)
        Alfas = vInicial : passo : vFinal;
    else
        Alfas = passo : passo : vFinal;
    end
    tamanho = length( Alfas );

    %Parametros do Betao
    BETA = 1;
    ah = 0.1;
    ec2 = 0.002;
    ecu2 = 0.0035;
    fyd = 400 / 1.15;
    eyd = - fyd / 200000;
    eud = -0.01;
    n = 2;
    Acc = 0.85;
    Viu = 0;

    %Limites das Zonas
    LimIIa = ( ec2 * ( 1 - ah ) ) / ( abs( eud ) + ec2 )
    LimIIb = ( ecu2 * ( 1 - ah ) ) / ( abs( eud ) + ecu2 )
    LimIIIa = ( ecu2 * ( 1 - ah ) ) / ( abs( eyd ) + ecu2 )

    %Calculo do Miu e do Omega em funcao do Alfa
    %Calcula igualmente todos os parametros necessarios para o
    %calculo de Miu e de Omega
    for i = 1 : tamanho
        if ((Alfas(i) > 0.0 ) & (Alfas(i) < LimIIa ))
            Aux = zonaIIa( Alfas(i), BETA, ah, ec2, ecu2, fyd, ...
                eyd, eud, n, Acc, Viu );
        end
        if ((Alfas(i) >= LimIIa ) & (Alfas(i) < LimIIb ))
            Aux = zonaIIb( Alfas(i), BETA, ah, ec2, ecu2, fyd, ...
                eyd, eud, n, Acc, Viu );
        end
        if ((Alfas(i) >= LimIIb ) & (Alfas(i) < LimIIIa ))
            Aux = zonaIIIa( Alfas(i), BETA, ah, ec2, ecu2, fyd, ...
                eyd, eud, n, Acc, Viu );
        end
        if ((Alfas(i) >= LimIIIa ) & (Alfas(i) < 1.0 ))
            Aux = zonaIIIb( Alfas(i), BETA, ah, ec2, ecu2, fyd, ...
                eyd, eud, n, Acc, Viu );
        end
        if (Alfas(i) >= 1.0)
            Aux = zonaIVa( Alfas(i), BETA, ah, ec2, ecu2, fyd, ...
                eyd, eud, n, Acc, Viu );
        end
        T(i,1:10) = [Alfas(i) Aux];
    end
End
```

## FUNÇÃO SECUNDÁRIA: "zonalla.m"

```
function Aux = zonaIIa( Alfa, BETA, ah, ec2, ecu2, fyd, ...
    eyd, eud, n, Acc, Viu )
%Aux = zonaIIa( Alfa, BETA, ah, ec2, ecu2, fyd, eyd, eud, n, Acc, Viu )
%-----
%Funcao que calcula o MIU e o OMEGA da Zona IIa, em funcao do Alfa
%A funcao devolve o vetor AUX com os dois valores e na forma
%AUX = [MIU OMEGA ECTOPO ES1 ES2 TS1 TS2 L1 L2]
%devolvendo igualmente todos os parametros necessarios no calculo de
%MIU e de OMEGA
%-----
    auxDem = 1 - Alfa - ah;
    ectopo = Alfa * abs( eud ) / auxDem;
    es1 = -eud;
    es2 = abs( eud ) * (Alfa - ah) / auxDem;
    if (abs( es1 ) > abs( eyd ))
        ts1 = fyd;
    else
        ts1 = es1 * fyd / abs( eyd );
    end
    if (abs( es2 ) > abs( eyd ))
        ts2 = fyd;
    else
        ts2 = es2 * fyd / abs( eyd );
    end
    aux = (1 + eud * Alfa / (auxDem * ec2))^n;
    L1 = 1 - aux / (n+1) + auxDem * ec2 * (1 - aux) / (eud * Alfa * (n+1));
    L1 = Acc * L1;
    Omega = fyd * (Alfa * L1 - Viu) * (1 + BETA) / (ts1 - ts2 * BETA);
    auxNum = auxDem * ec2 * (n + 1) * (1 - aux);
    auxNum = auxNum + eud * Alfa * (n + 1) * (n + 2 - 2 * aux);
    auxNum = auxNum + (Alfa*eud)^2 * (n+1) * (0.5*n^2 + 1.5*n + 1 - aux) /
    (auxDem * ec2);
    auxDem = 1 - aux + eud * Alfa * (n + 1 - aux) / (auxDem * ec2);
    auxDem = (n^2 + 3*n + 2) * eud * Alfa * auxDem;
    L2 = auxNum / auxDem;
    Miu = Alfa * L1 * (1 - L2 * Alfa - ah) - Viu * (0.5 - ah) + ...
    Omega * ts2 * BETA * (1 - 2 * ah) / (fyd * (1 + BETA));
    Aux = [Miu Omega ectopo es1 es2 ts1 ts2 L1 L2];
```

## FUNÇÃO SECUNDÁRIA: "zonallb.m"

```
function Aux = zonaIIb( Alfa, BETA, ah, ec2, ecu2, fyd, ...
    eyd, eud, n, Acc, Viu )
%Aux = zonaIIb( Alfa, BETA, ah, ec2, ecu2, fyd, eyd, eud, n, Acc, Viu )
%-----
%Funcao que calcula o MIU e o OMEGA da Zona IIb, em funcao do Alfa
%A funcao devolve o vetor AUX com os dois valores e na forma
%AUX = [MIU OMEGA ECTOPO ES1 ES2 TS1 TS2 L1 L2]
%devolvendo igualmente todos os parametros necessarios no calculo de
%MIU e de OMEGA
%-----
    auxDem = 1 - Alfa - ah;
    ectopo = Alfa * abs( eud ) / auxDem;
    es1 = -eud;
    es2 = abs( eud ) * (Alfa - ah) / auxDem;
    if (abs( es1 ) > abs( eyd ))
        ts1 = fyd;
    else
        ts1 = es1 * fyd / abs( eyd );
    end
    if (abs( es2 ) > abs( eyd ))
        ts2 = fyd;
    else
        ts2 = es2 * fyd / abs( eyd );
    end
```

```

aux1 = -Alfa * eud;
L1 = -1 + auxDem * ec2 / (aux1 * (n + 1));
L1 = Acc * L1;
Omega = fyd * (Alfa * L1 - Viu) * (1 + BETA) / (ts1 - ts2 * BETA);
aux2 = auxDem * ec2;
aux3 = 0.5 * (n + 3) * aux2 / ((n + 2) * aux1);
L2 = 0.5 * (aux1 - aux2)^2 / (aux1 * (aux1 - aux2 / (n + 1)));
L2 = L2 + n * aux2 * (1 - aux3) / ((n + 1) * aux1 - aux2);
Miu = Alfa * L1 * (1 - L2 * Alfa - ah) - Viu * (0.5 - ah) + ...
      Omega * ts2 * BETA * (1 - 2 * ah) / (fyd * (1 + BETA));
Aux = [Miu Omega ectopo es1 es2 ts1 ts2 L1 L2];

```

### FUNÇÃO SECUNDÁRIA: “zonaIIIA.m”

```

function Aux = zonaIIIA( Alfa, BETA, ah, ec2, ecu2, fyd, ...
                        eyd, eud, n, Acc, Viu )
%Aux = zonaIIIA( Alfa, BETA, ah, ec2, ecu2, fyd, eyd, eud, n, Acc, Viu )
%-----
%Funcao que calcula o MIU e o OMEGA da Zona IIIa, em funcao do Alfa
%A funcao devolve o vetor AUX com os dois valores e na forma
%AUX = [MIU OMEGA ECTOPO ES1 ES2 TS1 TS2 L1 L2]
%devolvendo igualmente todos os parametros necessarios no calculo de
%MIU e de OMEGA
%-----
auxDem = 1 - Alfa - ah;
ectopo = ecu2;
es1 = ecu2 * auxDem / Alfa;
es2 = ecu2 * (Alfa - ah) / Alfa;
if (abs( es1 ) > abs( eyd ))
    ts1 = fyd;
else
    ts1 = es1 * fyd / abs( eyd );
end
if (abs( es2 ) > abs( eyd ))
    ts2 = fyd;
else
    ts2 = es2 * fyd / abs( eyd );
end
L1 = 1 - ec2 / ((n + 1) * ecu2);
L1 = Acc * L1;
Omega = fyd * (Alfa * L1 - Viu) * (1 + BETA) / (ts1 - ts2 * BETA);
auxNum = 0.5 * ecu2^2 * (n^2 + 3*n + 2) - ecu2 * ec2 * (n + 2) + ec2^2;
auxDem = ecu2 * (-ecu2 * n - ecu2 + ec2) * (n + 2);
L2 = -auxNum / auxDem;
Miu = Alfa * L1 * (1 - L2 * Alfa - ah) - Viu * (0.5 - ah) + ...
      Omega * ts2 * BETA * (1 - 2 * ah) / (fyd * (1 + BETA));
Aux = [Miu Omega ectopo es1 es2 ts1 ts2 L1 L2];

```

### FUNÇÃO SECUNDÁRIA: “zonaIIIB.m”

```

function Aux = zonaIIIB( Alfa, BETA, ah, ec2, ecu2, fyd, ...
                        eyd, eud, n, Acc, Viu )
%Aux = zonaIIIB( Alfa, BETA, ah, ec2, ecu2, fyd, eyd, eud, n, Acc, Viu )
%-----
%Funcao que calcula o MIU e o OMEGA da Zona IIIB, em funcao do Alfa
%A funcao devolve o vetor AUX com os dois valores e na forma
%AUX = [MIU OMEGA ECTOPO ES1 ES2 TS1 TS2 L1 L2]
%devolvendo igualmente todos os parametros necessarios no calculo de
%MIU e de OMEGA
%-----
auxDem = 1 - Alfa - ah;
ectopo = ecu2;
es1 = ecu2 * auxDem / Alfa;
es2 = ecu2 * (Alfa - ah) / Alfa;
if (abs( es1 ) > abs( eyd ))

```

```

        ts1 = fyd;
    else
        ts1 = es1 * fyd / abs( eyd );
    end
    if (abs( es2 ) > abs( eyd ))
        ts2 = fyd;
    else
        ts2 = es2 * fyd / abs( eyd );
    end
    L1 = 1 - ec2 / ((n + 1) * ecu2);
    L1 = Acc * L1;
    Omega = fyd * (Alfa * L1 - Viu) * (1 + BETA) / (ts1 - ts2 * BETA);
    auxNum = 0.5 * ecu2^2 * (n^2 + 3*n + 2) - ecu2 * ec2 * (n + 2) + ec2^2;
    auxDem = ecu2 * (-ecu2 * n - ecu2 + ec2) * (n + 2);
    L2 = -auxNum / auxDem;
    Miu = Alfa * L1 * (1 - L2 * Alfa - ah) - Viu * (0.5 - ah) + ...
        Omega * ts2 * BETA * (1 - 2 * ah) / (fyd * (1 + BETA));
    Aux = [Miu Omega ectopo es1 es2 ts1 ts2 L1 L2];

```

### **FUNÇÃO SECUNDÁRIA: “zonalVa.m”**

```

function Aux = zonaIVa( Alfa, BETA, ah, ec2, ecu2, fyd, ...
    eyd, eud, n, Acc, Viu )
%Aux = zonaIVa( Alfa, BETA, ah, ec2, ecu2, fyd, eyd, eud, n, Acc, Viu )
%-----
%Funcao que calcula o MIU e o OMEGA da Zona IVa, em funcao do Alfa
%A funcao devolve o vetor AUX com os dois valores e na forma
%AUX = [MIU OMEGA ECTOPO ES1 ES2 TS1 TS2 L1 L2]
%devolvendo igualmente todos os parametros necessarios no calculo de
%MIU e de OMEGA
%-----
    auxDem = 1 - Alfa - ah;
    aux1 = ecu2 * ec2;
    aux2 = ecu2 * (Alfa - 1) + ec2;
    ectopo = aux1 * Alfa / aux2;
    es1 = aux1 * auxDem / aux2;
    es2 = aux1 * (Alfa - ah) / aux2;
    if (abs( es1 ) > abs( eyd ))
        ts1 = fyd;
    else
        ts1 = es1 * fyd / abs( eyd );
    end
    if (abs( es2 ) > abs( eyd ))
        ts2 = fyd;
    else
        ts2 = es2 * fyd / abs( eyd );
    end
    aux1 = ( ec2 / ( ec2 + ( Alfa - 1 ) * ecu2 ) )^n;
    aux2 = ( n + 1 ) * ecu2;
    L1 = ( -ec2 * aux1 + aux2 ) / aux2
    L1 = Acc * L1;
    Omega = fyd * (Alfa * L1 - Viu) * (1 + BETA) / (ts1 - ts2 * BETA);
    aux3 = ecu2 * ( n + 2 );
    L2 = - 2 * ec2 * aux1 * ( aux3 - ec2 ) + aux2 * aux3
    L2 = L2 / ( 2 * aux3 * ( -ec2 * aux1 + aux2 ) )
    Miu = Alfa * L1 * (1 - L2 * Alfa - ah) - Viu * (0.5 - ah) + ...
        Omega * ts2 * BETA * (1 - 2 * ah) / (fyd * (1 + BETA));
    Aux = [Miu Omega ectopo es1 es2 ts1 ts2 L1 L2];

```

## **Apêndice IV - Tabelas de flexão simples EC2**

# FLEXÃO SIMPLES

Tabela 1

EC2	
Betão	≤C50/60
Aço	S400
a/d	0,05

$$\alpha = \frac{x}{d} \quad A_s = A_{s1} + A_{s2}$$

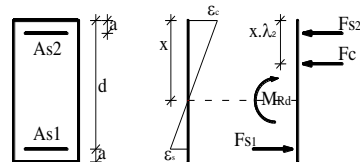
μ	β = 0		β = 0,1		β = 0,2		β = 0,3		β = 0,4		β = 0,5		β = 1,0	
	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω
0,005	0,021	0,005	0,021	0,005	0,022	0,005	0,022	0,005	0,022	0,005	0,023	0,005	0,024	0,005
0,010	0,030	0,010	0,030	0,010	0,031	0,010	0,031	0,010	0,032	0,010	0,032	0,010	0,034	0,010
0,015	0,037	0,015	0,038	0,015	0,038	0,015	0,038	0,015	0,039	0,015	0,039	0,015	0,040	0,015
0,020	0,044	0,020	0,044	0,020	0,044	0,020	0,044	0,020	0,045	0,020	0,045	0,020	0,045	0,020
0,025	0,050	0,025	0,050	0,025	0,050	0,025	0,050	0,025	0,050	0,025	0,050	0,025	0,050	0,025
0,030	0,055	0,031	0,055	0,031	0,055	0,031	0,055	0,031	0,054	0,031	0,054	0,031	0,054	0,031
0,035	0,061	0,036	0,060	0,036	0,060	0,036	0,059	0,036	0,059	0,036	0,058	0,036	0,057	0,036
0,040	0,066	0,041	0,065	0,041	0,064	0,041	0,063	0,041	0,063	0,041	0,062	0,041	0,060	0,041
0,045	0,071	0,046	0,070	0,046	0,068	0,046	0,067	0,046	0,066	0,046	0,066	0,046	0,062	0,046
0,050	0,076	0,051	0,074	0,051	0,073	0,051	0,071	0,051	0,070	0,051	0,069	0,051	0,065	0,051
0,055	0,081	0,057	0,079	0,057	0,077	0,057	0,075	0,057	0,073	0,057	0,072	0,057	0,067	0,057
0,060	0,086	0,062	0,083	0,062	0,081	0,062	0,078	0,062	0,076	0,062	0,075	0,062	0,069	0,062
0,065	0,092	0,067	0,088	0,067	0,084	0,067	0,082	0,067	0,079	0,067	0,077	0,067	0,071	0,067
0,070	0,097	0,073	0,092	0,073	0,088	0,073	0,085	0,073	0,082	0,073	0,080	0,072	0,072	0,073
0,075	0,102	0,078	0,096	0,078	0,092	0,078	0,088	0,078	0,085	0,078	0,082	0,078	0,074	0,078
0,080	0,107	0,084	0,101	0,083	0,095	0,083	0,091	0,083	0,088	0,083	0,085	0,083	0,075	0,083
0,085	0,113	0,089	0,105	0,089	0,099	0,089	0,094	0,088	0,090	0,088	0,087	0,088	0,076	0,088
0,090	0,118	0,095	0,109	0,094	0,102	0,094	0,097	0,094	0,093	0,094	0,089	0,094	0,078	0,093
0,095	0,124	0,100	0,113	0,100	0,105	0,099	0,100	0,099	0,095	0,099	0,091	0,099	0,079	0,099
0,100	0,131	0,106	0,118	0,105	0,109	0,105	0,102	0,104	0,097	0,104	0,093	0,104	0,080	0,104
0,105	0,138	0,111	0,123	0,111	0,112	0,110	0,105	0,110	0,099	0,110	0,095	0,110	0,081	0,109
0,110	0,145	0,117	0,129	0,116	0,116	0,116	0,107	0,115	0,101	0,115	0,096	0,115	0,082	0,114
0,115	0,152	0,123	0,135	0,122	0,120	0,121	0,109	0,120	0,103	0,120	0,098	0,120	0,083	0,120
0,120	0,159	0,128	0,142	0,127	0,125	0,126	0,112	0,126	0,105	0,126	0,100	0,125	0,084	0,125
0,125	0,166	0,134	0,148	0,133	0,130	0,132	0,115	0,131	0,107	0,131	0,101	0,131	0,084	0,130
0,130	0,173	0,140	0,154	0,139	0,136	0,138	0,119	0,137	0,109	0,136	0,103	0,136	0,085	0,136
0,135	0,180	0,146	0,160	0,144	0,141	0,143	0,123	0,142	0,110	0,142	0,104	0,141	0,086	0,141
0,140	0,188	0,152	0,167	0,150	0,147	0,149	0,128	0,148	0,112	0,147	0,105	0,147	0,086	0,146
0,145	0,195	0,158	0,173	0,156	0,153	0,154	0,132	0,153	0,115	0,152	0,107	0,152	0,087	0,151
0,150	0,202	0,164	0,180	0,162	0,158	0,160	0,137	0,159	0,118	0,158	0,108	0,157	0,088	0,157
0,155	0,210	0,170	0,186	0,167	0,164	0,166	0,142	0,164	0,121	0,163	0,109	0,162	0,088	0,162
0,160	0,217	0,176	0,193	0,173	0,169	0,171	0,147	0,170	0,125	0,169	0,110	0,168	0,089	0,167
0,165	0,225	0,182	0,199	0,179	0,175	0,177	0,152	0,175	0,129	0,174	0,111	0,173	0,089	0,172
0,170	0,232	0,188	0,206	0,185	0,181	0,183	0,156	0,181	0,133	0,180	0,113	0,179	0,090	0,177
0,175	0,240	0,194	0,212	0,191	0,186	0,189	0,161	0,187	0,137	0,185	0,116	0,184	0,090	0,183
0,180	0,248	0,201	0,219	0,197	0,192	0,194	0,166	0,192	0,141	0,191	0,118	0,189	0,091	0,188
0,185	0,256	0,207	0,226	0,203	0,198	0,200	0,171	0,198	0,145	0,196	0,121	0,195	0,091	0,193
0,190	0,264	0,213	0,233	0,209	0,204	0,206	0,176	0,203	0,149	0,202	0,124	0,200	0,092	0,198
0,195	0,272	0,220	0,239	0,215	0,209	0,212	0,181	0,209	0,153	0,207	0,127	0,206	0,092	0,204
0,200	0,280	0,226	0,246	0,221	0,215	0,218	0,186	0,215	0,158	0,213	0,130	0,211	0,092	0,209
0,205	0,288	0,233	0,253	0,228	0,221	0,224	0,191	0,221	0,162	0,218	0,134	0,216	0,093	0,215
0,210	0,296	0,239	0,260	0,234	0,227	0,230	0,196	0,226	0,166	0,224	0,137	0,222	0,093	0,220
0,215	0,304	0,246	0,267	0,240	0,233	0,236	0,201	0,232	0,170	0,229	0,140	0,227	0,094	0,225
0,220	0,312	0,253	0,274	0,246	0,239	0,242	0,206	0,238	0,174	0,235	0,144	0,233	0,094	0,231
0,225	0,321	0,260	0,281	0,253	0,245	0,248	0,211	0,244	0,178	0,240	0,147	0,238	0,094	0,235
0,230	0,329	0,266	0,288	0,259	0,251	0,254	0,216	0,249	0,182	0,246	0,150	0,244	0,095	0,241
0,235	0,338	0,273	0,295	0,266	0,257	0,260	0,221	0,255	0,187	0,252	0,154	0,249	0,095	0,246
0,240	0,346	0,280	0,303	0,272	0,263	0,266	0,226	0,261	0,191	0,257	0,157	0,255	0,095	0,251
0,245	0,355	0,287	0,310	0,279	0,269	0,272	0,231	0,267	0,195	0,263	0,161	0,260	0,095	0,257
0,250	0,364	0,295	0,317	0,285	0,275	0,278	0,236	0,273	0,199	0,269	0,164	0,266	0,096	0,262
0,255	0,373	0,302	0,325	0,292	0,281	0,284	0,241	0,279	0,203	0,274	0,167	0,271	0,096	0,267
0,260	0,382	0,309	0,332	0,299	0,287	0,291	0,246	0,285	0,208	0,280	0,171	0,277	0,096	0,272
0,265	0,391	0,316	0,339	0,305	0,293	0,297	0,251	0,291	0,212	0,286	0,174	0,282	0,096	0,277
0,270	0,400	0,324	0,347	0,312	0,300	0,303	0,256	0,297	0,216	0,291	0,178	0,288	0,097	0,283
0,275	0,409	0,331	0,355	0,319	0,306	0,310	0,262	0,303	0,220	0,297	0,181	0,293	0,097	0,288
0,280	0,419	0,339	0,362	0,326	0,312	0,316	0,267	0,309	0,225	0,303	0,185	0,299	0,097	0,293
0,285	0,428	0,347	0,370	0,333	0,319	0,322	0,272	0,315	0,229	0,309	0,188	0,304	0,097	0,298
0,290	0,438	0,355	0,378	0,340	0,325	0,329	0,277	0,321	0,233	0,315	0,191	0,310	0,098	0,304
0,295	0,448	0,363	0,385	0,347	0,331	0,335	0,283	0,327	0,237	0,320	0,195	0,316	0,098	0,309
0,300	0,458	0,371	0,393	0,354	0,338	0,342	0,288	0,333	0,242	0,326	0,198	0,321	0,098	0,315
0,305	0,468	0,379	0,401	0,361	0,344	0,348	0,293	0,339	0,246	0,332	0,202	0,327	0,098	0,320
0,310	0,478	0,387	0,409	0,368	0,351	0,355	0,298	0,345	0,250	0,338	0,205	0,332	0,098	0,324
0,315	0,488	0,395	0,418	0,376	0,357	0,362	0,304	0,351	0,255	0,344	0,209	0,338	0,099	0,330
0,320	0,499	0,404	0,426	0,383	0,364	0,368	0,309	0,358	0,259	0,350	0,212	0,344	0,099	0,336
0,325	0,509	0,412	0,434	0,390	0,371	0,375	0,315	0,364	0,263	0,355	0,216	0,349	0,099	0,340
0,330	0,520	0,421	0,442	0,398	0,377	0,382	0,320	0,370	0,268	0,361	0,219	0,355	0,099	0,345
0,335	0,531	0,430	0,451	0,405	0,384	0,389	0,325	0,376	0,272	0,367	0,223	0,361	0,099	0,352
0,340	0,542	0,439	0,459	0,413	0,391	0,395	0,331	0,383	0,277	0,373	0,226	0,366	0,099	0,356
0,345	0,554	0,448	0,468	0,421	0,397	0,402	0,336	0,389	0,281	0,379	0,230	0,372	0,100	0,361
0,350	0,565	0,458	0,476	0,429	0,404	0,409	0,342	0,395	0,285	0,385	0,233	0,378	0,100	0,367

# FLEXÃO SIMPLES

Tabela 1

Zona	$\epsilon_c$ (m/m)	$\epsilon_s$ (m/m)	$\alpha$
II a	0,0000	0,0250	0,0000
II b	0,0020	0,0250	0,0741
III a	0,0035	0,0250	0,1228
III b	0,0035	0,0017	0,6680
fim	0,0035	0,0000	1,0000

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b \times d^2 \times f_{cd}} \quad \omega = \frac{A_s}{b \times d} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}}$$



$\mu$	$\beta = 0$		$\beta = 0,1$		$\beta = 0,2$		$\beta = 0,3$		$\beta = 0,4$		$\beta = 0,5$		$\beta = 1,0$	
	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$
0,355	0,577	0,467	0,485	0,436	0,411	0,416	0,347	0,402	0,290	0,391	0,237	0,383	0,100	0,372
0,360	0,589	0,477	0,494	0,444	0,418	0,423	0,353	0,408	0,294	0,397	0,240	0,389	0,100	0,377
0,365	0,601	0,487	0,503	0,452	0,425	0,430	0,358	0,414	0,299	0,403	0,244	0,395	0,100	0,383
0,370	0,614	0,497	0,512	0,461	0,432	0,437	0,364	0,421	0,303	0,409	0,247	0,401	0,100	0,389
0,375	0,626	0,507	0,521	0,469	0,439	0,444	0,370	0,427	0,308	0,415	0,251	0,406	0,100	0,393
0,380	0,640	0,518	0,530	0,477	0,446	0,452	0,375	0,434	0,312	0,421	0,254	0,412	0,101	0,399
0,385	0,653	0,529	0,540	0,486	0,453	0,459	0,381	0,440	0,317	0,427	0,258	0,418	0,101	0,403
0,390	0,667	0,540	0,549	0,494	0,461	0,466	0,386	0,447	0,321	0,433	0,262	0,424	0,101	0,409
0,395	0,681	0,584	0,559	0,503	0,468	0,473	0,392	0,454	0,326	0,440	0,265	0,429	0,101	0,413
0,400	0,695	0,637	0,569	0,511	0,475	0,481	0,398	0,460	0,330	0,446	0,269	0,435	0,101	0,420
0,405	0,710	0,699	0,578	0,520	0,482	0,488	0,404	0,467	0,335	0,452	0,272	0,441	0,101	0,424
0,410	0,725	0,770	0,588	0,529	0,490	0,496	0,409	0,474	0,339	0,458	0,276	0,447	0,101	0,429
0,415	0,741	0,853	0,598	0,538	0,497	0,503	0,415	0,480	0,344	0,464	0,280	0,453	0,101	0,436
0,420	0,757	0,952	0,609	0,547	0,505	0,511	0,421	0,487	0,349	0,470	0,283	0,458	0,101	0,440
0,425	0,774	1,070	0,619	0,557	0,512	0,519	0,427	0,494	0,353	0,476	0,287	0,464	0,102	0,445
0,430	0,792	1,215	0,630	0,566	0,520	0,526	0,433	0,501	0,358	0,483	0,290	0,470	0,102	0,450
0,435	0,811	1,398	0,640	0,576	0,528	0,534	0,439	0,507	0,362	0,489	0,294	0,476	0,102	0,455
0,440	0,830	1,633	0,651	0,586	0,536	0,542	0,445	0,514	0,367	0,495	0,298	0,482	0,102	0,460
0,445	0,851	1,952	0,662	0,596	0,543	0,550	0,451	0,521	0,372	0,501	0,301	0,488	0,102	0,466
0,450	0,873	2,404	0,671	0,614	0,551	0,558	0,457	0,528	0,376	0,508	0,305	0,494	0,102	0,471
0,455	0,896	3,105	0,678	0,641	0,559	0,566	0,463	0,535	0,381	0,514	0,308	0,499	0,102	0,477
0,460	0,921	4,338	0,685	0,670	0,567	0,574	0,469	0,542	0,386	0,521	0,312	0,505	0,102	0,482
0,465			0,691	0,699	0,575	0,582	0,475	0,549	0,390	0,527	0,316	0,511	0,102	0,488
0,470			0,697	0,729	0,584	0,591	0,481	0,556	0,395	0,533	0,319	0,517	0,102	0,494
0,475			0,703	0,760	0,592	0,599	0,487	0,563	0,400	0,540	0,323	0,523	0,103	0,497
0,480			0,709	0,792	0,600	0,607	0,493	0,570	0,405	0,546	0,327	0,529	0,103	0,503
0,485			0,715	0,824	0,609	0,616	0,499	0,578	0,409	0,552	0,330	0,535	0,103	0,509
0,490			0,721	0,858	0,617	0,624	0,506	0,585	0,414	0,559	0,334	0,541	0,103	0,512
0,495			0,726	0,892	0,626	0,633	0,512	0,592	0,419	0,565	0,338	0,547	0,103	0,518
0,500			0,731	0,926	0,634	0,642	0,518	0,599	0,424	0,572	0,342	0,553	0,103	0,525
0,505			0,737	0,962	0,643	0,651	0,525	0,607	0,429	0,578	0,345	0,559	0,103	0,528
0,510			0,742	0,998	0,652	0,660	0,531	0,614	0,434	0,585	0,349	0,565	0,103	0,535
0,515			0,746	1,035	0,661	0,669	0,537	0,622	0,438	0,592	0,353	0,571	0,103	0,538
0,520			0,751	1,073	0,669	0,680	0,544	0,629	0,443	0,598	0,356	0,577	0,103	0,545
0,525			0,756	1,111	0,673	0,699	0,550	0,637	0,448	0,605	0,360	0,583	0,103	0,549
0,530			0,760	1,150	0,676	0,718	0,557	0,644	0,453	0,611	0,364	0,589	0,103	0,556
0,535			0,764	1,189	0,680	0,738	0,563	0,652	0,458	0,618	0,368	0,595	0,103	0,560
0,540			0,768	1,229	0,684	0,757	0,570	0,659	0,463	0,625	0,371	0,601	0,104	0,567
0,545			0,772	1,269	0,687	0,777	0,577	0,667	0,468	0,631	0,375	0,608	0,104	0,571
0,550			0,776	1,310	0,691	0,797	0,583	0,675	0,473	0,638	0,379	0,614	0,104	0,575
0,555			0,780	1,351	0,694	0,818	0,590	0,682	0,478	0,645	0,383	0,620	0,104	0,583
0,560			0,784	1,393	0,697	0,838	0,597	0,690	0,483	0,652	0,387	0,626	0,104	0,587
0,565			0,787	1,435	0,700	0,859	0,604	0,698	0,488	0,658	0,390	0,632	0,104	0,591
0,570			0,791	1,478	0,704	0,879	0,611	0,706	0,493	0,665	0,394	0,638	0,104	0,595
0,575			0,794	1,521	0,707	0,900	0,617	0,714	0,498	0,672	0,398	0,644	0,104	0,604
0,580			0,797	1,564	0,710	0,922	0,624	0,722	0,503	0,679	0,402	0,651	0,104	0,608
0,585			0,800	1,609	0,713	0,943	0,631	0,730	0,508	0,686	0,406	0,657	0,104	0,612
0,590			0,803	1,653	0,715	0,964	0,638	0,738	0,513	0,693	0,409	0,663	0,104	0,617
0,595			0,806	1,697	0,718	0,986	0,645	0,746	0,518	0,699	0,413	0,669	0,104	0,626
0,600			0,809	1,742	0,721	1,007	0,653	0,755	0,524	0,706	0,417	0,675	0,104	0,630
0,605			0,811	1,787	0,723	1,029	0,660	0,763	0,529	0,713	0,421	0,682	0,104	0,635
0,610			0,814	1,833	0,726	1,051	0,667	0,771	0,534	0,720	0,425	0,688	0,104	0,639
0,615			0,817	1,878	0,729	1,073	0,670	0,785	0,539	0,727	0,429	0,694	0,104	0,644
0,620			0,819	1,924	0,731	1,095	0,672	0,800	0,544	0,734	0,433	0,700	0,105	0,649
0,625			0,821	1,971	0,733	1,117	0,675	0,814	0,550	0,742	0,437	0,707	0,105	0,654
0,630			0,824	2,017	0,736	1,140	0,677	0,829	0,555	0,749	0,440	0,713	0,105	0,659
0,635			0,826	2,063	0,738	1,163	0,679	0,844	0,560	0,756	0,444	0,719	0,105	0,664
0,640			0,828	2,111	0,740	1,185	0,681	0,859	0,565	0,763	0,448	0,726	0,105	0,669
0,645			0,830	2,158	0,743	1,208	0,683	0,874	0,571	0,770	0,452	0,732	0,105	0,674
0,650			0,832	2,204	0,745	1,230	0,685	0,889	0,576	0,777	0,456	0,738	0,105	0,679
0,655			0,834	2,252	0,747	1,253	0,687	0,904	0,581	0,784	0,460	0,745	0,105	0,685
0,660			0,836	2,299	0,749	1,276	0,689	0,919	0,587	0,792	0,464	0,751	0,105	0,690
0,665			0,838	2,347	0,751	1,300	0,691	0,934	0,592	0,799	0,468	0,758	0,105	0,696
0,670			0,840	2,396	0,753	1,323	0,693	0,950	0,598	0,806	0,472	0,764	0,105	0,701
0,675			0,842	2,444	0,755	1,346	0,695	0,965	0,603	0,814	0,476	0,771	0,105	0,707
0,680			0,843	2,492	0,757	1,370	0,697	0,980	0,609	0,821	0,480	0,777	0,105	0,713
0,685			0,845	2,540	0,758	1,393	0,699	0,996	0,614	0,829	0,484	0,783	0,105	0,718
0,690			0,847	2,588	0,760	1,417	0,700	1,011	0,620	0,836	0,488	0,790	0,105	0,724
0,695			0,848	2,638	0,762	1,440	0,702	1,027	0,625	0,843	0,492	0,796	0,105	0,730
0,700			0,850	2,685	0,764	1,463	0,704	1,042	0,631	0,851	0,496	0,803	0,105	0,730

# FLEXÃO SIMPLES

Tabela 2

EC2	
Betão	≤C50/60
Aço	S400
a/d	0,10

$$\alpha = \frac{x}{d} \quad A_s = A_{s1} + A_{s2}$$

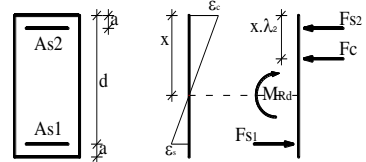
μ	β = 0		β = 0,1		β = 0,2		β = 0,3		β = 0,4		β = 0,5		β = 1,0	
	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω
0,005	0,021	0,005	0,022	0,005	0,023	0,005	0,024	0,005	0,024	0,005	0,025	0,005	0,029	0,005
0,010	0,030	0,010	0,031	0,010	0,033	0,010	0,034	0,010	0,035	0,010	0,036	0,010	0,041	0,009
0,015	0,037	0,015	0,039	0,015	0,041	0,015	0,042	0,015	0,043	0,015	0,044	0,015	0,050	0,014
0,020	0,044	0,020	0,046	0,020	0,047	0,020	0,049	0,020	0,050	0,020	0,051	0,020	0,057	0,019
0,025	0,050	0,025	0,052	0,025	0,053	0,025	0,055	0,025	0,056	0,025	0,058	0,025	0,063	0,024
0,030	0,055	0,031	0,057	0,030	0,059	0,030	0,061	0,030	0,062	0,030	0,063	0,030	0,069	0,030
0,035	0,061	0,036	0,063	0,036	0,064	0,036	0,066	0,035	0,067	0,035	0,069	0,035	0,074	0,035
0,040	0,066	0,041	0,068	0,041	0,069	0,041	0,071	0,041	0,072	0,041	0,074	0,040	0,078	0,040
0,045	0,071	0,046	0,073	0,046	0,074	0,046	0,076	0,046	0,077	0,046	0,078	0,046	0,082	0,046
0,050	0,076	0,051	0,078	0,051	0,079	0,051	0,080	0,051	0,082	0,051	0,083	0,051	0,086	0,051
0,055	0,081	0,057	0,083	0,057	0,084	0,057	0,085	0,057	0,086	0,057	0,087	0,057	0,090	0,056
0,060	0,086	0,062	0,088	0,062	0,088	0,062	0,089	0,062	0,090	0,062	0,091	0,062	0,093	0,062
0,065	0,092	0,067	0,092	0,067	0,093	0,067	0,094	0,067	0,094	0,067	0,094	0,067	0,096	0,067
0,070	0,097	0,073	0,097	0,073	0,097	0,073	0,098	0,073	0,098	0,073	0,098	0,073	0,098	0,073
0,075	0,102	0,078	0,102	0,078	0,102	0,078	0,102	0,078	0,101	0,078	0,101	0,078	0,101	0,078
0,080	0,107	0,084	0,107	0,084	0,106	0,084	0,105	0,084	0,105	0,084	0,104	0,084	0,103	0,084
0,085	0,113	0,089	0,111	0,089	0,110	0,089	0,109	0,089	0,108	0,089	0,108	0,089	0,105	0,089
0,090	0,118	0,095	0,116	0,095	0,114	0,095	0,113	0,095	0,111	0,095	0,110	0,095	0,107	0,095
0,095	0,124	0,100	0,120	0,100	0,118	0,100	0,116	0,100	0,114	0,100	0,113	0,100	0,109	0,100
0,100	0,131	0,106	0,125	0,106	0,122	0,106	0,119	0,106	0,117	0,106	0,116	0,106	0,111	0,106
0,105	0,138	0,111	0,131	0,111	0,126	0,111	0,122	0,111	0,120	0,111	0,118	0,111	0,112	0,111
0,110	0,145	0,117	0,137	0,117	0,131	0,117	0,126	0,117	0,123	0,117	0,121	0,117	0,114	0,117
0,115	0,152	0,123	0,142	0,123	0,135	0,122	0,130	0,122	0,126	0,122	0,123	0,122	0,115	0,122
0,120	0,159	0,128	0,148	0,128	0,140	0,128	0,134	0,128	0,129	0,128	0,126	0,128	0,117	0,128
0,125	0,166	0,134	0,154	0,134	0,145	0,134	0,138	0,134	0,132	0,133	0,128	0,133	0,118	0,133
0,130	0,173	0,140	0,159	0,140	0,149	0,139	0,141	0,139	0,136	0,139	0,131	0,139	0,119	0,139
0,135	0,180	0,146	0,165	0,145	0,154	0,145	0,145	0,145	0,139	0,145	0,133	0,145	0,120	0,144
0,140	0,188	0,152	0,171	0,151	0,158	0,151	0,149	0,150	0,142	0,150	0,136	0,150	0,121	0,150
0,145	0,195	0,158	0,177	0,157	0,163	0,156	0,153	0,156	0,145	0,156	0,139	0,156	0,122	0,156
0,150	0,202	0,164	0,183	0,163	0,168	0,162	0,156	0,162	0,148	0,161	0,141	0,161	0,123	0,161
0,155	0,210	0,170	0,188	0,169	0,172	0,168	0,160	0,167	0,151	0,167	0,143	0,167	0,124	0,167
0,160	0,217	0,176	0,194	0,174	0,177	0,174	0,164	0,173	0,153	0,173	0,146	0,173	0,126	0,172
0,165	0,225	0,182	0,200	0,180	0,181	0,179	0,167	0,179	0,156	0,178	0,148	0,178	0,127	0,178
0,170	0,232	0,188	0,207	0,186	0,186	0,185	0,171	0,184	0,159	0,184	0,150	0,184	0,128	0,183
0,175	0,240	0,194	0,214	0,192	0,191	0,191	0,174	0,190	0,162	0,190	0,153	0,189	0,129	0,189
0,180	0,248	0,201	0,220	0,198	0,195	0,197	0,178	0,196	0,165	0,195	0,155	0,195	0,130	0,194
0,185	0,256	0,207	0,227	0,204	0,200	0,203	0,181	0,201	0,168	0,201	0,157	0,201	0,131	0,200
0,190	0,264	0,213	0,234	0,211	0,206	0,208	0,185	0,207	0,170	0,207	0,159	0,206	0,131	0,206
0,195	0,272	0,220	0,241	0,217	0,212	0,214	0,188	0,213	0,173	0,212	0,161	0,212	0,132	0,211
0,200	0,280	0,226	0,248	0,223	0,218	0,220	0,192	0,219	0,176	0,218	0,164	0,217	0,133	0,217
0,205	0,288	0,233	0,255	0,229	0,224	0,226	0,195	0,224	0,178	0,224	0,166	0,223	0,134	0,222
0,210	0,296	0,239	0,262	0,235	0,230	0,232	0,199	0,230	0,181	0,229	0,168	0,229	0,135	0,228
0,215	0,304	0,246	0,269	0,242	0,236	0,238	0,204	0,236	0,184	0,235	0,170	0,234	0,136	0,233
0,220	0,312	0,253	0,276	0,248	0,242	0,245	0,209	0,242	0,186	0,241	0,172	0,240	0,136	0,239
0,225	0,321	0,260	0,283	0,254	0,248	0,251	0,214	0,248	0,189	0,246	0,174	0,246	0,137	0,244
0,230	0,329	0,266	0,290	0,261	0,254	0,257	0,219	0,254	0,192	0,252	0,176	0,251	0,138	0,250
0,235	0,338	0,273	0,297	0,267	0,260	0,263	0,225	0,260	0,194	0,258	0,178	0,257	0,139	0,256
0,240	0,346	0,280	0,305	0,274	0,266	0,269	0,230	0,266	0,197	0,263	0,180	0,263	0,139	0,261
0,245	0,355	0,287	0,312	0,281	0,272	0,275	0,235	0,272	0,199	0,269	0,182	0,268	0,140	0,267
0,250	0,364	0,295	0,319	0,287	0,278	0,282	0,240	0,278	0,204	0,275	0,183	0,274	0,141	0,272
0,255	0,373	0,302	0,327	0,294	0,285	0,288	0,245	0,284	0,208	0,281	0,185	0,279	0,141	0,278
0,260	0,382	0,309	0,334	0,301	0,291	0,294	0,251	0,290	0,212	0,287	0,187	0,285	0,142	0,284
0,265	0,391	0,316	0,342	0,307	0,297	0,301	0,256	0,296	0,217	0,293	0,189	0,291	0,143	0,289
0,270	0,400	0,324	0,349	0,314	0,304	0,307	0,261	0,302	0,221	0,298	0,191	0,296	0,143	0,295
0,275	0,409	0,331	0,357	0,321	0,310	0,314	0,266	0,308	0,225	0,304	0,193	0,302	0,144	0,300
0,280	0,419	0,339	0,365	0,328	0,316	0,320	0,272	0,314	0,230	0,310	0,194	0,308	0,144	0,306
0,285	0,428	0,347	0,372	0,335	0,323	0,327	0,277	0,320	0,234	0,316	0,196	0,313	0,145	0,311
0,290	0,438	0,355	0,380	0,342	0,329	0,333	0,282	0,327	0,239	0,322	0,198	0,319	0,145	0,317
0,295	0,448	0,363	0,388	0,349	0,336	0,340	0,288	0,333	0,243	0,328	0,201	0,325	0,146	0,322
0,300	0,458	0,371	0,396	0,356	0,342	0,346	0,293	0,339	0,247	0,334	0,204	0,331	0,146	0,328
0,305	0,468	0,379	0,404	0,364	0,349	0,353	0,299	0,345	0,252	0,340	0,208	0,336	0,147	0,333
0,310	0,478	0,387	0,412	0,371	0,355	0,360	0,304	0,352	0,256	0,346	0,211	0,342	0,147	0,339
0,315	0,488	0,395	0,421	0,378	0,362	0,366	0,310	0,358	0,261	0,352	0,215	0,348	0,148	0,344
0,320	0,499	0,404	0,429	0,386	0,369	0,373	0,315	0,364	0,265	0,358	0,218	0,354	0,148	0,350
0,325	0,509	0,412	0,437	0,393	0,376	0,380	0,321	0,371	0,270	0,364	0,222	0,360	0,149	0,355
0,330	0,520	0,421	0,446	0,401	0,382	0,387	0,326	0,377	0,274	0,370	0,226	0,365	0,149	0,362
0,335	0,531	0,430	0,454	0,409	0,389	0,394	0,332	0,384	0,279	0,376	0,229	0,371	0,150	0,367
0,340	0,542	0,439	0,463	0,416	0,396	0,401	0,337	0,390	0,283	0,382	0,233	0,377	0,150	0,373
0,345	0,554	0,448	0,471	0,424	0,403	0,408	0,343	0,396	0,288	0,388	0,237	0,383	0,151	0,378
0,350	0,565	0,458	0,480	0,432	0,410	0,415	0,348	0,403	0,292	0,395	0,240	0,389	0,151	0,384

## FLEXÃO SIMPLES

**Tabela 2**

Zona	$\epsilon_c$ (m/m)	$\epsilon_s$ (m/m)	$\alpha$
II a	0,0000	0,0250	0,0000
II b	0,0020	0,0250	0,0741
III a	0,0035	0,0250	0,1228
III b	0,0035	0,0017	0,6680
fim	0,0035	0,0000	1,0000

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b \times d^2 \times f_{cd}} \quad \omega = \frac{A_s}{b \times d} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}}$$



$\mu$	$\beta = 0$		$\beta = 0,1$		$\beta = 0,2$		$\beta = 0,3$		$\beta = 0,4$		$\beta = 0,5$		$\beta = 1,0$	
	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$
0,355	0,577	0,467	0,489	0,440	0,417	0,422	0,354	0,410	0,297	0,401	0,244	0,395	0,152	0,389
0,360	0,589	0,477	0,498	0,448	0,424	0,429	0,360	0,416	0,302	0,407	0,247	0,401	0,152	0,394
0,365	0,601	0,487	0,507	0,456	0,431	0,436	0,365	0,423	0,306	0,413	0,251	0,407	0,152	0,401
0,370	0,614	0,497	0,516	0,464	0,438	0,444	0,371	0,429	0,311	0,419	0,255	0,412	0,153	0,405
0,375	0,626	0,507	0,526	0,473	0,446	0,451	0,377	0,436	0,315	0,425	0,258	0,418	0,153	0,411
0,380	0,640	0,518	0,535	0,481	0,453	0,458	0,383	0,443	0,320	0,432	0,262	0,424	0,154	0,417
0,385	0,653	0,529	0,544	0,490	0,460	0,466	0,388	0,449	0,325	0,438	0,266	0,430	0,154	0,422
0,390	0,667	0,540	0,554	0,498	0,467	0,473	0,394	0,456	0,329	0,444	0,269	0,436	0,154	0,428
0,395	0,681	0,584	0,564	0,507	0,475	0,481	0,400	0,463	0,334	0,451	0,273	0,442	0,155	0,433
0,400	0,695	0,637	0,574	0,516	0,482	0,488	0,406	0,470	0,339	0,457	0,277	0,448	0,155	0,439
0,405	0,710	0,699	0,584	0,525	0,490	0,496	0,412	0,476	0,343	0,463	0,280	0,454	0,155	0,444
0,410	0,725	0,770	0,594	0,534	0,497	0,503	0,418	0,483	0,348	0,470	0,284	0,460	0,156	0,450
0,415	0,741	0,853	0,604	0,543	0,505	0,511	0,424	0,490	0,353	0,476	0,288	0,466	0,156	0,456
0,420	0,757	0,952	0,614	0,553	0,513	0,519	0,430	0,497	0,357	0,482	0,292	0,472	0,156	0,462
0,425	0,774	1,070	0,625	0,562	0,521	0,527	0,436	0,504	0,362	0,489	0,295	0,478	0,157	0,467
0,430	0,792	1,215	0,636	0,572	0,528	0,535	0,442	0,511	0,367	0,495	0,299	0,484	0,157	0,473
0,435	0,811	1,398	0,647	0,582	0,536	0,543	0,448	0,518	0,372	0,502	0,303	0,490	0,157	0,478
0,440	0,830	1,633	0,658	0,592	0,544	0,551	0,454	0,525	0,377	0,508	0,307	0,496	0,158	0,483
0,445	0,851	1,952	0,669	0,603	0,552	0,559	0,460	0,532	0,381	0,515	0,310	0,503	0,158	0,489
0,450	0,873	2,404	0,676	0,631	0,560	0,567	0,466	0,539	0,386	0,521	0,314	0,509	0,158	0,495
0,455	0,896	3,105	0,682	0,660	0,569	0,575	0,473	0,547	0,391	0,528	0,318	0,515	0,159	0,500
0,460	0,921	4,338	0,689	0,690	0,577	0,584	0,479	0,554	0,396	0,534	0,322	0,521	0,159	0,505
0,465	0,949	7,119	0,695	0,721	0,585	0,592	0,485	0,561	0,401	0,541	0,325	0,527	0,159	0,511
0,470			0,702	0,752	0,594	0,601	0,491	0,568	0,406	0,547	0,329	0,533	0,159	0,517
0,475			0,708	0,785	0,602	0,609	0,498	0,576	0,410	0,554	0,333	0,539	0,160	0,522
0,480			0,714	0,818	0,611	0,618	0,504	0,583	0,415	0,561	0,337	0,545	0,160	0,528
0,485			0,720	0,853	0,619	0,627	0,511	0,590	0,420	0,567	0,341	0,552	0,160	0,533
0,490			0,725	0,888	0,628	0,636	0,517	0,598	0,425	0,574	0,345	0,558	0,161	0,539
0,495			0,731	0,924	0,637	0,644	0,523	0,605	0,430	0,581	0,348	0,564	0,161	0,545
0,500			0,736	0,961	0,646	0,653	0,530	0,613	0,435	0,587	0,352	0,570	0,161	0,550
0,505			0,742	0,998	0,655	0,663	0,537	0,621	0,440	0,594	0,356	0,576	0,161	0,556
0,510			0,747	1,037	0,664	0,672	0,543	0,628	0,445	0,601	0,360	0,583	0,162	0,562
0,515			0,751	1,075	0,670	0,687	0,550	0,636	0,450	0,608	0,364	0,589	0,162	0,567
0,520			0,756	1,115	0,674	0,707	0,556	0,644	0,455	0,614	0,368	0,595	0,162	0,573
0,525			0,761	1,156	0,678	0,727	0,563	0,651	0,460	0,621	0,372	0,602	0,162	0,578
0,530			0,765	1,196	0,682	0,747	0,570	0,659	0,465	0,628	0,375	0,608	0,163	0,583
0,535			0,769	1,238	0,686	0,768	0,577	0,667	0,471	0,635	0,379	0,614	0,163	0,589
0,540			0,774	1,281	0,689	0,789	0,584	0,675	0,476	0,642	0,383	0,620	0,163	0,595
0,545			0,778	1,324	0,693	0,810	0,590	0,683	0,481	0,649	0,387	0,627	0,163	0,600
0,550			0,781	1,367	0,696	0,831	0,597	0,691	0,486	0,656	0,391	0,633	0,163	0,606
0,555			0,785	1,410	0,700	0,852	0,604	0,699	0,491	0,663	0,395	0,639	0,164	0,611
0,560			0,789	1,455	0,703	0,874	0,611	0,707	0,496	0,670	0,399	0,646	0,164	0,617
0,565			0,792	1,499	0,706	0,896	0,618	0,715	0,502	0,677	0,403	0,652	0,164	0,622
0,570			0,796	1,545	0,709	0,918	0,626	0,723	0,507	0,684	0,407	0,659	0,164	0,628
0,575			0,799	1,591	0,712	0,940	0,633	0,732	0,512	0,691	0,411	0,665	0,165	0,634
0,580			0,802	1,637	0,715	0,962	0,640	0,740	0,517	0,698	0,415	0,671	0,165	0,639
0,585			0,805	1,683	0,718	0,985	0,647	0,749	0,523	0,705	0,419	0,678	0,165	0,645
0,590			0,808	1,730	0,721	1,008	0,655	0,757	0,528	0,712	0,423	0,684	0,165	0,650
0,595			0,811	1,777	0,724	1,030	0,662	0,765	0,533	0,720	0,427	0,691	0,165	0,656
0,600			0,814	1,825	0,726	1,053	0,668	0,775	0,539	0,727	0,431	0,697	0,166	0,661
0,605			0,816	1,873	0,729	1,077	0,671	0,790	0,544	0,734	0,435	0,704	0,166	0,667
0,610			0,819	1,920	0,732	1,100	0,673	0,806	0,549	0,741	0,439	0,710	0,166	0,672
0,615			0,821	1,969	0,734	1,123	0,676	0,821	0,555	0,749	0,443	0,717	0,166	0,678
0,620			0,824	2,018	0,736	1,147	0,678	0,837	0,560	0,756	0,447	0,723	0,166	0,684
0,625			0,826	2,066	0,739	1,170	0,680	0,852	0,566	0,763	0,451	0,730	0,167	0,688
0,630			0,828	2,116	0,741	1,194	0,682	0,868	0,571	0,771	0,455	0,737	0,167	0,694
0,635			0,831	2,165	0,743	1,218	0,685	0,884	0,577	0,778	0,459	0,743	0,167	0,700
0,640			0,833	2,215	0,746	1,242	0,687	0,899	0,582	0,786	0,463	0,750	0,167	0,705
0,645			0,835	2,265	0,748	1,266	0,689	0,915	0,588	0,793	0,467	0,756	0,167	0,711
0,650			0,837	2,315	0,750	1,290	0,691	0,931	0,593	0,801	0,471	0,763	0,167	0,717
0,655			0,839	2,365	0,752	1,314	0,693	0,947	0,599	0,808	0,475	0,770	0,168	0,722
0,660			0,841	2,415	0,754	1,339	0,695	0,963	0,605	0,816	0,479	0,776	0,168	0,729
0,665			0,842	2,466	0,756	1,363	0,697	0,979	0,610	0,823	0,483	0,783	0,168	0,733
0,670			0,844	2,516	0,758	1,387	0,699	0,995	0,616	0,831	0,488	0,790	0,168	0,738
0,675			0,846	2,568	0,760	1,412	0,700	1,011	0,622	0,839	0,492	0,796	0,168	0,745
0,680			0,848	2,619	0,762	1,437	0,702	1,028	0,627	0,846	0,496	0,803	0,168	0,750
0,685			0,849	2,669	0,764	1,462	0,704	1,044	0,633	0,854	0,500	0,810	0,169	0,755
0,690			0,851	2,722	0,765	1,486	0,706	1,060	0,639	0,862	0,504	0,816	0,169	0,762
0,695			0,852	2,774	0,767	1,512	0,708	1,077	0,645	0,870	0,508	0,823	0,169	0,767
0,700			0,854	2,824	0,769	1,537	0,709	1,093	0,650	0,878	0,513	0,830	0,169	0,772

# FLEXÃO SIMPLES

**Tabela 3**

$$\alpha = \frac{x}{d} \quad A_s = A_{s1} + A_{s2}$$

<b>EC2</b>	
<b>Betão</b>	<b>≤C50/60</b>
<b>Aço</b>	<b>S500</b>
<b>a/d</b>	<b>0,05</b>

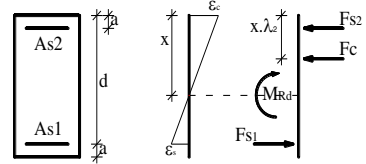
$\mu$	$\beta = 0$		$\beta = 0,1$		$\beta = 0,2$		$\beta = 0,3$		$\beta = 0,4$		$\beta = 0,5$		$\beta = 1,0$	
	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$
0,005	0,021	0,005	0,021	0,005	0,021	0,005	0,022	0,005	0,022	0,005	0,022	0,005	0,024	0,005
0,010	0,030	0,010	0,030	0,010	0,031	0,010	0,031	0,010	0,031	0,010	0,032	0,010	0,033	0,010
0,015	0,037	0,015	0,038	0,015	0,038	0,015	0,038	0,015	0,038	0,015	0,039	0,015	0,040	0,015
0,020	0,044	0,020	0,044	0,020	0,044	0,020	0,044	0,020	0,044	0,020	0,045	0,020	0,045	0,020
0,025	0,050	0,025	0,050	0,025	0,050	0,025	0,050	0,025	0,050	0,025	0,050	0,025	0,050	0,025
0,030	0,055	0,031	0,055	0,031	0,055	0,031	0,055	0,031	0,055	0,031	0,054	0,031	0,054	0,031
0,035	0,061	0,036	0,060	0,036	0,060	0,036	0,059	0,036	0,059	0,036	0,059	0,036	0,057	0,036
0,040	0,066	0,041	0,065	0,041	0,064	0,041	0,064	0,041	0,063	0,041	0,063	0,041	0,061	0,041
0,045	0,071	0,046	0,070	0,046	0,069	0,046	0,068	0,046	0,067	0,046	0,066	0,046	0,063	0,046
0,050	0,076	0,051	0,075	0,051	0,073	0,051	0,072	0,051	0,071	0,051	0,070	0,051	0,066	0,051
0,055	0,081	0,057	0,079	0,057	0,077	0,057	0,076	0,057	0,075	0,057	0,073	0,057	0,069	0,057
0,060	0,086	0,062	0,084	0,062	0,082	0,062	0,080	0,062	0,078	0,062	0,076	0,062	0,071	0,062
0,065	0,092	0,067	0,088	0,067	0,086	0,067	0,083	0,067	0,081	0,067	0,079	0,067	0,073	0,067
0,070	0,097	0,073	0,093	0,073	0,090	0,073	0,087	0,073	0,084	0,073	0,082	0,073	0,075	0,072
0,075	0,102	0,078	0,097	0,078	0,093	0,078	0,090	0,078	0,087	0,078	0,085	0,078	0,077	0,078
0,080	0,107	0,084	0,102	0,083	0,097	0,083	0,094	0,083	0,090	0,083	0,088	0,083	0,078	0,083
0,085	0,113	0,089	0,106	0,089	0,101	0,089	0,097	0,089	0,093	0,088	0,090	0,088	0,080	0,088
0,090	0,118	0,095	0,111	0,094	0,105	0,094	0,100	0,094	0,096	0,094	0,093	0,094	0,081	0,094
0,095	0,124	0,100	0,115	0,100	0,108	0,099	0,103	0,099	0,099	0,099	0,095	0,099	0,083	0,099
0,100	0,131	0,106	0,119	0,105	0,112	0,105	0,106	0,105	0,101	0,104	0,097	0,104	0,084	0,104
0,105	0,138	0,111	0,124	0,111	0,115	0,110	0,109	0,110	0,104	0,110	0,099	0,110	0,085	0,109
0,110	0,145	0,117	0,129	0,116	0,118	0,116	0,111	0,115	0,106	0,115	0,101	0,115	0,086	0,114
0,115	0,152	0,123	0,135	0,122	0,122	0,121	0,114	0,121	0,108	0,120	0,103	0,120	0,087	0,120
0,120	0,159	0,128	0,142	0,127	0,126	0,127	0,117	0,126	0,110	0,126	0,105	0,126	0,089	0,125
0,125	0,166	0,134	0,148	0,133	0,131	0,132	0,119	0,131	0,112	0,131	0,107	0,131	0,090	0,130
0,130	0,173	0,140	0,154	0,139	0,136	0,138	0,122	0,137	0,114	0,137	0,109	0,136	0,090	0,136
0,135	0,180	0,146	0,160	0,144	0,141	0,143	0,125	0,142	0,116	0,142	0,110	0,142	0,091	0,141
0,140	0,188	0,152	0,167	0,150	0,147	0,149	0,129	0,148	0,118	0,147	0,112	0,147	0,092	0,146
0,145	0,195	0,158	0,173	0,156	0,153	0,154	0,132	0,153	0,120	0,153	0,113	0,152	0,093	0,152
0,150	0,202	0,164	0,180	0,162	0,158	0,160	0,137	0,159	0,122	0,158	0,115	0,157	0,094	0,157
0,155	0,210	0,170	0,186	0,167	0,164	0,166	0,142	0,164	0,124	0,163	0,116	0,163	0,095	0,162
0,160	0,217	0,176	0,193	0,173	0,169	0,171	0,147	0,170	0,127	0,169	0,118	0,168	0,095	0,167
0,165	0,225	0,182	0,199	0,179	0,175	0,177	0,152	0,175	0,130	0,174	0,119	0,174	0,096	0,173
0,170	0,232	0,188	0,206	0,185	0,181	0,183	0,156	0,181	0,133	0,180	0,120	0,179	0,097	0,178
0,175	0,240	0,194	0,212	0,191	0,186	0,189	0,161	0,187	0,137	0,185	0,121	0,184	0,097	0,183
0,180	0,248	0,201	0,219	0,197	0,192	0,194	0,166	0,192	0,141	0,191	0,123	0,189	0,098	0,188
0,185	0,256	0,207	0,226	0,203	0,198	0,200	0,171	0,198	0,145	0,196	0,125	0,195	0,098	0,194
0,190	0,264	0,213	0,233	0,209	0,204	0,206	0,176	0,203	0,149	0,202	0,127	0,200	0,099	0,199
0,195	0,272	0,220	0,239	0,215	0,209	0,212	0,181	0,209	0,153	0,207	0,129	0,206	0,099	0,204
0,200	0,280	0,226	0,246	0,221	0,215	0,218	0,186	0,215	0,158	0,213	0,131	0,211	0,100	0,209
0,205	0,288	0,233	0,253	0,228	0,221	0,224	0,191	0,221	0,162	0,218	0,134	0,216	0,100	0,215
0,210	0,296	0,239	0,260	0,234	0,227	0,230	0,196	0,226	0,166	0,224	0,137	0,222	0,101	0,220
0,215	0,304	0,246	0,267	0,240	0,233	0,236	0,201	0,232	0,170	0,229	0,140	0,227	0,101	0,225
0,220	0,312	0,253	0,274	0,246	0,239	0,242	0,206	0,238	0,174	0,235	0,144	0,233	0,102	0,231
0,225	0,321	0,260	0,281	0,253	0,245	0,248	0,211	0,244	0,178	0,240	0,147	0,238	0,102	0,236
0,230	0,329	0,266	0,288	0,259	0,251	0,254	0,216	0,249	0,182	0,246	0,150	0,244	0,103	0,241
0,235	0,338	0,273	0,295	0,266	0,257	0,260	0,221	0,255	0,187	0,252	0,154	0,249	0,103	0,246
0,240	0,346	0,280	0,303	0,272	0,263	0,266	0,226	0,261	0,191	0,257	0,157	0,255	0,103	0,252
0,245	0,355	0,287	0,310	0,279	0,269	0,272	0,231	0,267	0,195	0,263	0,161	0,260	0,104	0,257
0,250	0,364	0,295	0,317	0,285	0,275	0,278	0,236	0,273	0,199	0,269	0,164	0,266	0,104	0,262
0,255	0,373	0,302	0,325	0,292	0,281	0,284	0,241	0,279	0,203	0,274	0,167	0,271	0,104	0,267
0,260	0,382	0,309	0,332	0,299	0,287	0,291	0,246	0,285	0,208	0,280	0,171	0,277	0,105	0,273
0,265	0,391	0,316	0,339	0,305	0,293	0,297	0,251	0,291	0,212	0,286	0,174	0,282	0,105	0,278
0,270	0,400	0,324	0,347	0,312	0,300	0,303	0,256	0,297	0,216	0,291	0,178	0,288	0,105	0,283
0,275	0,409	0,331	0,355	0,319	0,306	0,310	0,262	0,303	0,220	0,297	0,181	0,293	0,106	0,288
0,280	0,419	0,339	0,362	0,326	0,312	0,316	0,267	0,309	0,225	0,303	0,185	0,299	0,106	0,294
0,285	0,428	0,347	0,370	0,333	0,319	0,322	0,272	0,315	0,229	0,309	0,188	0,304	0,106	0,299
0,290	0,438	0,355	0,378	0,340	0,325	0,329	0,277	0,321	0,233	0,315	0,191	0,310	0,107	0,304
0,295	0,448	0,363	0,385	0,347	0,331	0,335	0,283	0,327	0,237	0,320	0,195	0,316	0,107	0,310
0,300	0,458	0,371	0,393	0,354	0,338	0,342	0,288	0,333	0,242	0,326	0,198	0,321	0,107	0,315
0,305	0,468	0,379	0,401	0,361	0,344	0,348	0,293	0,339	0,246	0,332	0,202	0,327	0,107	0,320
0,310	0,478	0,387	0,409	0,368	0,351	0,355	0,298	0,345	0,250	0,338	0,205	0,332	0,108	0,325
0,315	0,488	0,395	0,418	0,376	0,357	0,362	0,304	0,351	0,255	0,344	0,209	0,338	0,108	0,331
0,320	0,499	0,404	0,426	0,383	0,364	0,368	0,309	0,358	0,259	0,350	0,212	0,344	0,108	0,336
0,325	0,509	0,412	0,434	0,390	0,371	0,375	0,315	0,364	0,263	0,355	0,216	0,349	0,108	0,341
0,330	0,520	0,421	0,442	0,398	0,377	0,382	0,320	0,370	0,268	0,361	0,219	0,355	0,109	0,346
0,335	0,531	0,430	0,451	0,405	0,384	0,389	0,325	0,376	0,272	0,367	0,223	0,361	0,109	0,351
0,340	0,542	0,439	0,459	0,413	0,391	0,395	0,331	0,383	0,277	0,373	0,226	0,366	0,109	0,356
0,345	0,554	0,448	0,468	0,421	0,397	0,402	0,336	0,389	0,281	0,379	0,230	0,372	0,109	0,362
0,350	0,565	0,458	0,476	0,429	0,404	0,409	0,342	0,395	0,285	0,385	0,233	0,378	0,109	0,368

# FLEXÃO SIMPLES

Tabela 3

Zona	$\epsilon_c$ (m/m)	$\epsilon_s$ (m/m)	$\alpha$
II a	0,0000	0,0250	0,0000
II b	0,0020	0,0250	0,0741
III a	0,0035	0,0250	0,1228
III b	0,0035	-0,0022	0,6169
fim	0,0035	0,0000	1,0000

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b \times d^2 \times f_{cd}} \quad \omega = \frac{A_s}{b \times d} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}}$$



$\mu$	$\beta = 0$		$\beta = 0,1$		$\beta = 0,2$		$\beta = 0,3$		$\beta = 0,4$		$\beta = 0,5$		$\beta = 1,0$	
	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$
0,355	0,577	0,467	0,485	0,436	0,411	0,416	0,347	0,402	0,290	0,391	0,237	0,383	0,110	0,373
0,360	0,589	0,477	0,494	0,444	0,418	0,423	0,353	0,408	0,294	0,397	0,240	0,389	0,110	0,378
0,365	0,601	0,487	0,503	0,452	0,425	0,430	0,358	0,414	0,299	0,403	0,244	0,395	0,110	0,382
0,370	0,614	0,497	0,512	0,461	0,432	0,437	0,364	0,421	0,303	0,409	0,247	0,401	0,110	0,388
0,375	0,626	0,528	0,521	0,469	0,439	0,444	0,370	0,427	0,308	0,415	0,251	0,406	0,110	0,394
0,380	0,640	0,571	0,530	0,477	0,446	0,452	0,375	0,434	0,312	0,421	0,254	0,412	0,110	0,398
0,385	0,653	0,618	0,540	0,486	0,453	0,459	0,381	0,440	0,317	0,427	0,258	0,418	0,111	0,404
0,390	0,667	0,670	0,549	0,494	0,461	0,466	0,386	0,447	0,321	0,433	0,262	0,424	0,111	0,409
0,395	0,681	0,729	0,559	0,503	0,468	0,473	0,392	0,454	0,326	0,440	0,265	0,429	0,111	0,414
0,400	0,695	0,797	0,569	0,511	0,475	0,481	0,398	0,460	0,330	0,446	0,269	0,435	0,111	0,420
0,405	0,710	0,874	0,578	0,520	0,482	0,488	0,404	0,467	0,335	0,452	0,272	0,441	0,111	0,425
0,410	0,725	0,963	0,588	0,529	0,490	0,496	0,409	0,474	0,339	0,458	0,276	0,447	0,111	0,430
0,415	0,741	1,067	0,598	0,538	0,497	0,503	0,415	0,480	0,344	0,464	0,280	0,453	0,112	0,436
0,420	0,757	1,190	0,609	0,547	0,505	0,511	0,421	0,487	0,349	0,470	0,283	0,458	0,112	0,441
0,425	0,774	1,338	0,618	0,560	0,512	0,519	0,427	0,494	0,353	0,476	0,287	0,464	0,112	0,446
0,430	0,792	1,519	0,625	0,585	0,520	0,526	0,433	0,501	0,358	0,483	0,290	0,470	0,112	0,452
0,435	0,811	1,747	0,632	0,610	0,528	0,534	0,439	0,507	0,362	0,489	0,294	0,476	0,112	0,458
0,440	0,830	2,042	0,638	0,636	0,536	0,542	0,445	0,514	0,367	0,495	0,298	0,482	0,112	0,461
0,445	0,851	2,439	0,645	0,663	0,543	0,550	0,451	0,521	0,372	0,501	0,301	0,488	0,112	0,467
0,450	0,873	3,005	0,651	0,691	0,551	0,558	0,457	0,528	0,376	0,508	0,305	0,494	0,113	0,473
0,455	0,896	3,881	0,657	0,720	0,559	0,566	0,463	0,535	0,381	0,514	0,308	0,499	0,113	0,477
0,460	0,921	5,423	0,663	0,749	0,567	0,574	0,469	0,542	0,386	0,521	0,312	0,505	0,113	0,483
0,465			0,669	0,779	0,575	0,582	0,475	0,549	0,390	0,527	0,316	0,511	0,113	0,488
0,470			0,675	0,810	0,584	0,591	0,481	0,556	0,395	0,533	0,319	0,517	0,113	0,494
0,475			0,681	0,841	0,592	0,599	0,487	0,563	0,400	0,540	0,323	0,523	0,113	0,499
0,480			0,686	0,874	0,600	0,607	0,493	0,570	0,405	0,546	0,327	0,529	0,113	0,503
0,485			0,692	0,907	0,609	0,616	0,499	0,578	0,409	0,552	0,330	0,535	0,113	0,510
0,490			0,697	0,940	0,617	0,625	0,506	0,585	0,414	0,559	0,334	0,541	0,114	0,514
0,495			0,702	0,975	0,621	0,643	0,512	0,592	0,419	0,565	0,338	0,547	0,114	0,519
0,500			0,707	1,010	0,625	0,661	0,518	0,599	0,424	0,572	0,342	0,553	0,114	0,524
0,505			0,712	1,045	0,629	0,679	0,525	0,607	0,429	0,578	0,345	0,559	0,114	0,529
0,510			0,717	1,082	0,633	0,698	0,531	0,614	0,434	0,585	0,349	0,565	0,114	0,536
0,515			0,721	1,118	0,637	0,716	0,537	0,622	0,438	0,592	0,353	0,571	0,114	0,541
0,520			0,726	1,156	0,640	0,735	0,544	0,629	0,443	0,598	0,356	0,577	0,114	0,547
0,525			0,730	1,194	0,644	0,754	0,550	0,637	0,448	0,605	0,360	0,583	0,114	0,552
0,530			0,734	1,232	0,647	0,774	0,557	0,644	0,453	0,611	0,364	0,589	0,114	0,557
0,535			0,738	1,272	0,651	0,794	0,563	0,652	0,458	0,618	0,368	0,595	0,115	0,563
0,540			0,742	1,311	0,654	0,813	0,570	0,659	0,463	0,625	0,371	0,601	0,115	0,568
0,545			0,746	1,351	0,657	0,833	0,577	0,667	0,468	0,631	0,375	0,608	0,115	0,571
0,550			0,750	1,392	0,661	0,853	0,583	0,675	0,473	0,638	0,379	0,614	0,115	0,577
0,555			0,754	1,432	0,664	0,873	0,590	0,682	0,478	0,645	0,383	0,620	0,115	0,582
0,560			0,757	1,474	0,667	0,894	0,597	0,690	0,483	0,652	0,387	0,626	0,115	0,588
0,565			0,761	1,516	0,670	0,914	0,604	0,698	0,488	0,658	0,390	0,632	0,115	0,594
0,570			0,764	1,558	0,673	0,935	0,611	0,706	0,493	0,665	0,394	0,638	0,115	0,597
0,575			0,767	1,600	0,676	0,956	0,617	0,714	0,498	0,672	0,398	0,644	0,115	0,603
0,580			0,770	1,643	0,679	0,977	0,620	0,729	0,503	0,679	0,402	0,651	0,115	0,610
0,585			0,774	1,686	0,681	0,998	0,622	0,743	0,508	0,686	0,406	0,657	0,115	0,613
0,590			0,777	1,730	0,684	1,019	0,625	0,757	0,513	0,693	0,409	0,663	0,115	0,619
0,595			0,779	1,775	0,687	1,041	0,627	0,771	0,518	0,699	0,413	0,669	0,116	0,626
0,600			0,782	1,819	0,689	1,063	0,629	0,786	0,524	0,706	0,417	0,675	0,116	0,629
0,605			0,785	1,863	0,692	1,084	0,632	0,800	0,529	0,713	0,421	0,682	0,116	0,636
0,610			0,788	1,908	0,694	1,106	0,634	0,814	0,534	0,720	0,425	0,688	0,116	0,640
0,615			0,790	1,953	0,697	1,128	0,636	0,829	0,539	0,727	0,429	0,694	0,116	0,647
0,620			0,793	1,998	0,699	1,150	0,638	0,844	0,544	0,734	0,433	0,700	0,116	0,650
0,625			0,795	2,044	0,702	1,172	0,640	0,858	0,550	0,742	0,437	0,707	0,116	0,657
0,630			0,797	2,090	0,704	1,194	0,642	0,873	0,555	0,749	0,440	0,713	0,116	0,661
0,635			0,800	2,136	0,706	1,217	0,645	0,888	0,560	0,756	0,444	0,719	0,116	0,665
0,640			0,802	2,182	0,708	1,239	0,647	0,903	0,565	0,763	0,448	0,726	0,116	0,672
0,645			0,804	2,229	0,711	1,262	0,649	0,917	0,571	0,770	0,452	0,732	0,116	0,676
0,650			0,806	2,275	0,713	1,284	0,651	0,933	0,576	0,777	0,456	0,738	0,116	0,684
0,655			0,808	2,322	0,715	1,307	0,652	0,948	0,581	0,784	0,460	0,745	0,116	0,688
0,660			0,810	2,369	0,717	1,330	0,654	0,963	0,587	0,792	0,464	0,751	0,116	0,691
0,665			0,812	2,416	0,719	1,353	0,656	0,978	0,592	0,799	0,468	0,758	0,117	0,700
0,670			0,814	2,464	0,721	1,376	0,658	0,993	0,598	0,806	0,472	0,764	0,117	0,704
0,675			0,816	2,511	0,723	1,399	0,660	1,008	0,603	0,814	0,476	0,771	0,117	0,708
0,680			0,818	2,559	0,724	1,422	0,662	1,024	0,609	0,821	0,480	0,777	0,117	0,712
0,685			0,820	2,607	0,726	1,446	0,663	1,039	0,614	0,829	0,484	0,783	0,117	0,720
0,690			0,821	2,655	0,728	1,468	0,665	1,054	0,618	0,838	0,488	0,790	0,117	0,725
0,695			0,823	2,703	0,730	1,492	0,667	1,070	0,619	0,849	0,492	0,796	0,117	0,729
0,700			0,825	2,752	0,732	1,515	0,668	1,085	0,621	0,861	0,496	0,803	0,117	0,734

# FLEXÃO SIMPLES

Tabela 4

$$\alpha = \frac{x}{d} \quad A_s = A_{s1} + A_{s2}$$

<b>EC2</b>	
<b>Betão</b>	<b>C90/105</b>
<b>Aço</b>	<b>S500</b>
<b>a/d</b>	<b>0,10</b>

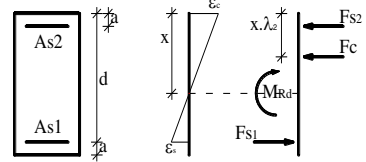
$\mu$	$\beta = 0$		$\beta = 0,1$		$\beta = 0,2$		$\beta = 0,3$		$\beta = 0,4$		$\beta = 0,5$		$\beta = 1,0$	
	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$
0,005	0,021	0,005	0,022	0,005	0,023	0,005	0,023	0,005	0,024	0,005	0,025	0,005	0,028	0,005
0,010	0,030	0,010	0,031	0,010	0,032	0,010	0,033	0,010	0,034	0,010	0,035	0,010	0,039	0,010
0,015	0,037	0,015	0,039	0,015	0,040	0,015	0,041	0,015	0,042	0,015	0,043	0,015	0,048	0,014
0,020	0,044	0,020	0,045	0,020	0,047	0,020	0,048	0,020	0,049	0,020	0,050	0,020	0,055	0,020
0,025	0,050	0,025	0,051	0,025	0,053	0,025	0,054	0,025	0,055	0,025	0,056	0,025	0,061	0,025
0,030	0,055	0,031	0,057	0,030	0,058	0,030	0,060	0,030	0,061	0,030	0,062	0,030	0,067	0,030
0,035	0,061	0,036	0,062	0,036	0,064	0,036	0,065	0,035	0,066	0,035	0,067	0,035	0,072	0,035
0,040	0,066	0,041	0,067	0,041	0,069	0,041	0,070	0,041	0,071	0,041	0,072	0,041	0,077	0,040
0,045	0,071	0,046	0,072	0,046	0,074	0,046	0,075	0,046	0,076	0,046	0,077	0,046	0,081	0,046
0,050	0,076	0,051	0,077	0,051	0,079	0,051	0,080	0,051	0,081	0,051	0,082	0,051	0,085	0,051
0,055	0,081	0,057	0,082	0,057	0,083	0,057	0,084	0,057	0,085	0,057	0,086	0,057	0,089	0,056
0,060	0,086	0,062	0,087	0,062	0,088	0,062	0,089	0,062	0,089	0,062	0,090	0,062	0,092	0,062
0,065	0,092	0,067	0,092	0,067	0,093	0,067	0,093	0,067	0,094	0,067	0,094	0,067	0,095	0,067
0,070	0,097	0,073	0,097	0,073	0,097	0,073	0,097	0,073	0,098	0,073	0,098	0,073	0,098	0,073
0,075	0,102	0,078	0,102	0,078	0,102	0,078	0,102	0,078	0,102	0,078	0,102	0,078	0,101	0,078
0,080	0,107	0,084	0,107	0,084	0,106	0,084	0,106	0,084	0,105	0,084	0,105	0,084	0,104	0,084
0,085	0,113	0,089	0,111	0,089	0,110	0,089	0,110	0,089	0,109	0,089	0,108	0,089	0,106	0,089
0,090	0,118	0,095	0,116	0,095	0,115	0,095	0,113	0,095	0,112	0,095	0,111	0,095	0,108	0,095
0,095	0,124	0,100	0,121	0,100	0,119	0,100	0,117	0,100	0,116	0,100	0,114	0,100	0,110	0,100
0,100	0,131	0,106	0,126	0,106	0,123	0,106	0,121	0,106	0,119	0,106	0,117	0,106	0,112	0,106
0,105	0,138	0,111	0,132	0,111	0,128	0,111	0,124	0,111	0,122	0,111	0,120	0,111	0,114	0,111
0,110	0,145	0,117	0,138	0,117	0,133	0,117	0,129	0,117	0,125	0,117	0,123	0,117	0,116	0,117
0,115	0,152	0,123	0,144	0,123	0,138	0,122	0,133	0,122	0,129	0,122	0,126	0,122	0,118	0,122
0,120	0,159	0,128	0,150	0,128	0,143	0,128	0,137	0,128	0,133	0,128	0,129	0,128	0,119	0,128
0,125	0,166	0,134	0,156	0,134	0,148	0,134	0,142	0,134	0,137	0,134	0,132	0,133	0,121	0,133
0,130	0,173	0,140	0,162	0,140	0,153	0,139	0,146	0,139	0,140	0,139	0,136	0,139	0,122	0,139
0,135	0,180	0,146	0,168	0,145	0,158	0,145	0,150	0,145	0,144	0,145	0,139	0,145	0,124	0,144
0,140	0,188	0,152	0,174	0,151	0,163	0,151	0,154	0,151	0,147	0,150	0,142	0,150	0,125	0,150
0,145	0,195	0,158	0,180	0,157	0,168	0,157	0,159	0,156	0,151	0,156	0,145	0,156	0,127	0,156
0,150	0,202	0,164	0,186	0,163	0,173	0,162	0,163	0,162	0,154	0,162	0,148	0,161	0,128	0,161
0,155	0,210	0,170	0,192	0,169	0,178	0,168	0,167	0,168	0,158	0,167	0,151	0,167	0,130	0,167
0,160	0,217	0,176	0,198	0,175	0,183	0,174	0,171	0,173	0,161	0,173	0,153	0,173	0,131	0,172
0,165	0,225	0,182	0,205	0,181	0,188	0,180	0,175	0,179	0,165	0,179	0,156	0,178	0,133	0,178
0,170	0,232	0,188	0,211	0,187	0,193	0,185	0,179	0,185	0,168	0,184	0,159	0,184	0,134	0,183
0,175	0,240	0,194	0,217	0,193	0,199	0,191	0,184	0,191	0,172	0,190	0,162	0,190	0,135	0,189
0,180	0,248	0,201	0,223	0,199	0,204	0,197	0,188	0,196	0,175	0,196	0,165	0,195	0,137	0,195
0,185	0,256	0,207	0,230	0,205	0,209	0,203	0,192	0,202	0,178	0,201	0,168	0,201	0,138	0,200
0,190	0,264	0,213	0,236	0,211	0,214	0,209	0,196	0,208	0,182	0,207	0,170	0,207	0,139	0,206
0,195	0,272	0,220	0,242	0,217	0,219	0,215	0,200	0,214	0,185	0,213	0,173	0,212	0,140	0,211
0,200	0,280	0,226	0,249	0,223	0,224	0,221	0,204	0,219	0,188	0,219	0,176	0,218	0,141	0,217
0,205	0,288	0,233	0,255	0,229	0,229	0,227	0,208	0,225	0,192	0,224	0,178	0,224	0,143	0,222
0,210	0,296	0,239	0,262	0,235	0,234	0,233	0,212	0,231	0,195	0,230	0,181	0,229	0,144	0,228
0,215	0,304	0,246	0,269	0,242	0,240	0,239	0,217	0,237	0,198	0,236	0,184	0,235	0,145	0,234
0,220	0,312	0,253	0,276	0,248	0,245	0,245	0,221	0,243	0,201	0,241	0,186	0,241	0,146	0,239
0,225	0,321	0,260	0,283	0,254	0,250	0,251	0,225	0,249	0,205	0,247	0,189	0,246	0,147	0,245
0,230	0,329	0,266	0,290	0,261	0,255	0,257	0,229	0,255	0,208	0,253	0,192	0,252	0,148	0,250
0,235	0,338	0,273	0,297	0,267	0,260	0,263	0,233	0,260	0,211	0,259	0,194	0,258	0,149	0,256
0,240	0,346	0,280	0,305	0,274	0,266	0,269	0,237	0,266	0,214	0,265	0,197	0,263	0,150	0,261
0,245	0,355	0,287	0,312	0,281	0,272	0,275	0,241	0,272	0,218	0,270	0,199	0,269	0,151	0,267
0,250	0,364	0,295	0,319	0,287	0,278	0,282	0,245	0,278	0,221	0,276	0,202	0,275	0,152	0,273
0,255	0,373	0,302	0,327	0,294	0,285	0,288	0,249	0,284	0,224	0,282	0,204	0,281	0,153	0,278
0,260	0,382	0,309	0,334	0,301	0,291	0,294	0,254	0,290	0,227	0,288	0,207	0,286	0,154	0,284
0,265	0,391	0,316	0,342	0,307	0,297	0,301	0,258	0,296	0,230	0,294	0,209	0,292	0,154	0,289
0,270	0,400	0,324	0,349	0,314	0,304	0,307	0,262	0,302	0,234	0,299	0,212	0,298	0,155	0,295
0,275	0,409	0,331	0,357	0,321	0,310	0,314	0,266	0,308	0,237	0,305	0,214	0,303	0,156	0,301
0,280	0,419	0,339	0,365	0,328	0,316	0,320	0,272	0,314	0,240	0,311	0,216	0,309	0,157	0,306
0,285	0,428	0,347	0,372	0,335	0,323	0,327	0,277	0,320	0,243	0,317	0,219	0,315	0,158	0,312
0,290	0,438	0,355	0,380	0,342	0,329	0,333	0,282	0,327	0,246	0,323	0,221	0,321	0,159	0,317
0,295	0,448	0,363	0,388	0,349	0,336	0,340	0,288	0,333	0,249	0,329	0,224	0,326	0,159	0,323
0,300	0,458	0,371	0,396	0,356	0,342	0,346	0,293	0,339	0,252	0,334	0,226	0,332	0,160	0,328
0,305	0,468	0,379	0,404	0,364	0,349	0,353	0,299	0,345	0,256	0,340	0,228	0,338	0,161	0,334
0,310	0,478	0,387	0,412	0,371	0,355	0,360	0,304	0,352	0,259	0,346	0,231	0,344	0,162	0,339
0,315	0,488	0,395	0,421	0,378	0,362	0,366	0,310	0,358	0,262	0,352	0,233	0,349	0,162	0,345
0,320	0,499	0,404	0,429	0,386	0,369	0,373	0,315	0,364	0,265	0,358	0,235	0,355	0,163	0,350
0,325	0,509	0,412	0,437	0,393	0,376	0,380	0,321	0,371	0,270	0,364	0,238	0,361	0,164	0,356
0,330	0,520	0,421	0,446	0,401	0,382	0,387	0,326	0,377	0,274	0,370	0,240	0,367	0,165	0,362
0,335	0,531	0,430	0,454	0,409	0,389	0,394	0,332	0,384	0,279	0,376	0,242	0,372	0,165	0,367
0,340	0,542	0,439	0,463	0,416	0,396	0,401	0,337	0,390	0,283	0,382	0,245	0,378	0,166	0,373
0,345	0,554	0,448	0,471	0,424	0,403	0,408	0,343	0,396	0,288	0,388	0,247	0,384	0,167	0,378
0,350	0,565	0,458	0,480	0,432	0,410	0,415	0,348	0,403	0,292	0,395	0,249	0,390	0,167	0,384

# FLEXÃO SIMPLES

**Tabela 4**

Zona	$\epsilon_c$ (m/m)	$\epsilon_s$ (m/m)	$\alpha$
II a	0,0000	0,0250	0,0000
II b	0,0020	0,0250	0,0741
III a	0,0035	0,0250	0,1228
III b	0,0035	0,0022	0,6169
fim	0,0035	0,0000	1,0000

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b \times d^2 \times f_{cd}} \quad \omega = \frac{A_s}{b \times d} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}}$$



$\mu$	$\beta = 0$		$\beta = 0,1$		$\beta = 0,2$		$\beta = 0,3$		$\beta = 0,4$		$\beta = 0,5$		$\beta = 1,0$	
	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$
0,355	0,577	0,467	0,489	0,440	0,417	0,422	0,354	0,410	0,297	0,401	0,252	0,395	0,168	0,390
0,360	0,589	0,477	0,498	0,448	0,424	0,429	0,360	0,416	0,302	0,407	0,254	0,401	0,169	0,395
0,365	0,601	0,487	0,507	0,456	0,431	0,436	0,365	0,423	0,306	0,413	0,256	0,407	0,169	0,401
0,370	0,614	0,497	0,516	0,464	0,438	0,444	0,371	0,429	0,311	0,419	0,258	0,413	0,170	0,406
0,375	0,626	0,528	0,526	0,473	0,446	0,451	0,377	0,436	0,315	0,425	0,261	0,419	0,170	0,412
0,380	0,640	0,571	0,535	0,481	0,453	0,458	0,383	0,443	0,320	0,432	0,263	0,424	0,171	0,418
0,385	0,653	0,618	0,544	0,490	0,460	0,466	0,388	0,449	0,325	0,438	0,266	0,430	0,172	0,423
0,390	0,667	0,670	0,554	0,498	0,467	0,473	0,394	0,456	0,329	0,444	0,269	0,436	0,172	0,428
0,395	0,681	0,729	0,564	0,507	0,475	0,481	0,400	0,463	0,334	0,451	0,273	0,442	0,173	0,434
0,400	0,695	0,797	0,574	0,516	0,482	0,488	0,406	0,470	0,339	0,457	0,277	0,448	0,173	0,440
0,405	0,710	0,874	0,584	0,525	0,490	0,496	0,412	0,476	0,343	0,463	0,280	0,454	0,174	0,445
0,410	0,725	0,963	0,594	0,534	0,497	0,503	0,418	0,483	0,348	0,470	0,284	0,460	0,174	0,451
0,415	0,741	1,067	0,604	0,543	0,505	0,511	0,424	0,490	0,353	0,476	0,288	0,466	0,175	0,456
0,420	0,757	1,190	0,614	0,553	0,513	0,519	0,430	0,497	0,357	0,482	0,292	0,472	0,175	0,462
0,425	0,774	1,338	0,622	0,574	0,521	0,527	0,436	0,504	0,362	0,489	0,295	0,478	0,176	0,467
0,430	0,792	1,519	0,629	0,600	0,528	0,535	0,442	0,511	0,367	0,495	0,299	0,484	0,177	0,473
0,435	0,811	1,747	0,636	0,626	0,536	0,543	0,448	0,518	0,372	0,502	0,303	0,490	0,177	0,479
0,440	0,830	2,042	0,643	0,654	0,544	0,551	0,454	0,525	0,377	0,508	0,307	0,496	0,178	0,484
0,445	0,851	2,439	0,649	0,682	0,552	0,559	0,460	0,532	0,381	0,515	0,310	0,503	0,178	0,490
0,450	0,873	3,005	0,655	0,711	0,560	0,567	0,466	0,539	0,386	0,521	0,314	0,509	0,179	0,495
0,455	0,896	3,881	0,662	0,741	0,569	0,575	0,473	0,547	0,391	0,528	0,318	0,515	0,179	0,501
0,460	0,921	5,423	0,668	0,772	0,577	0,584	0,479	0,554	0,396	0,534	0,322	0,521	0,180	0,507
0,465			0,674	0,804	0,585	0,592	0,485	0,561	0,401	0,541	0,325	0,527	0,180	0,512
0,470			0,680	0,836	0,594	0,601	0,491	0,568	0,406	0,547	0,329	0,533	0,180	0,518
0,475			0,686	0,870	0,602	0,609	0,498	0,576	0,410	0,554	0,333	0,539	0,181	0,524
0,480			0,691	0,904	0,611	0,618	0,504	0,583	0,415	0,561	0,337	0,545	0,181	0,529
0,485			0,697	0,938	0,618	0,629	0,511	0,590	0,420	0,567	0,341	0,552	0,182	0,535
0,490			0,702	0,974	0,622	0,648	0,517	0,598	0,425	0,574	0,345	0,558	0,182	0,540
0,495			0,707	1,010	0,626	0,667	0,523	0,605	0,430	0,581	0,348	0,564	0,183	0,546
0,500			0,712	1,047	0,630	0,686	0,530	0,613	0,435	0,587	0,352	0,570	0,183	0,551
0,505			0,717	1,085	0,634	0,705	0,537	0,621	0,440	0,594	0,356	0,576	0,184	0,557
0,510			0,722	1,123	0,638	0,725	0,543	0,628	0,445	0,601	0,360	0,583	0,184	0,563
0,515			0,726	1,162	0,642	0,745	0,550	0,636	0,450	0,608	0,364	0,589	0,184	0,568
0,520			0,731	1,202	0,646	0,765	0,556	0,644	0,455	0,614	0,368	0,595	0,185	0,573
0,525			0,735	1,242	0,649	0,785	0,563	0,651	0,460	0,621	0,372	0,602	0,185	0,579
0,530			0,740	1,282	0,653	0,806	0,570	0,659	0,465	0,628	0,375	0,608	0,186	0,585
0,535			0,744	1,324	0,656	0,826	0,577	0,667	0,471	0,635	0,379	0,614	0,186	0,591
0,540			0,748	1,366	0,660	0,847	0,584	0,675	0,476	0,642	0,383	0,620	0,186	0,596
0,545			0,752	1,408	0,663	0,868	0,590	0,683	0,481	0,649	0,387	0,627	0,187	0,602
0,550			0,755	1,451	0,666	0,889	0,597	0,691	0,486	0,656	0,391	0,633	0,187	0,607
0,555			0,759	1,495	0,669	0,911	0,604	0,699	0,491	0,663	0,395	0,639	0,188	0,613
0,560			0,763	1,539	0,673	0,932	0,611	0,707	0,496	0,670	0,399	0,646	0,188	0,618
0,565			0,766	1,583	0,676	0,954	0,617	0,717	0,502	0,677	0,403	0,652	0,188	0,624
0,570			0,769	1,628	0,679	0,976	0,620	0,731	0,507	0,684	0,407	0,659	0,189	0,630
0,575			0,773	1,673	0,681	0,998	0,623	0,746	0,512	0,691	0,411	0,665	0,189	0,635
0,580			0,776	1,718	0,684	1,021	0,625	0,761	0,517	0,698	0,415	0,671	0,189	0,640
0,585			0,779	1,764	0,687	1,043	0,628	0,776	0,523	0,705	0,419	0,678	0,190	0,646
0,590			0,782	1,810	0,690	1,066	0,630	0,791	0,528	0,712	0,423	0,684	0,190	0,652
0,595			0,785	1,856	0,692	1,088	0,633	0,806	0,533	0,720	0,427	0,691	0,191	0,657
0,600			0,787	1,904	0,695	1,111	0,635	0,821	0,539	0,727	0,431	0,697	0,191	0,663
0,605			0,790	1,951	0,698	1,134	0,637	0,836	0,544	0,734	0,435	0,704	0,191	0,669
0,610			0,793	1,998	0,700	1,157	0,639	0,852	0,549	0,741	0,439	0,710	0,192	0,674
0,615			0,795	2,046	0,702	1,180	0,642	0,867	0,555	0,749	0,443	0,717	0,192	0,679
0,620			0,798	2,095	0,705	1,203	0,644	0,883	0,560	0,756	0,447	0,723	0,192	0,685
0,625			0,800	2,142	0,707	1,227	0,646	0,898	0,566	0,763	0,451	0,730	0,193	0,691
0,630			0,802	2,191	0,709	1,251	0,648	0,914	0,571	0,771	0,455	0,737	0,193	0,696
0,635			0,805	2,239	0,712	1,274	0,650	0,929	0,577	0,778	0,459	0,743	0,193	0,702
0,640			0,807	2,288	0,714	1,298	0,652	0,945	0,582	0,786	0,463	0,750	0,194	0,707
0,645			0,809	2,338	0,716	1,322	0,654	0,961	0,588	0,793	0,467	0,756	0,194	0,712
0,650			0,811	2,388	0,718	1,346	0,656	0,977	0,593	0,801	0,471	0,763	0,194	0,719
0,655			0,813	2,437	0,720	1,370	0,658	0,993	0,599	0,808	0,475	0,770	0,195	0,724
0,660			0,815	2,487	0,722	1,394	0,660	1,009	0,605	0,816	0,479	0,776	0,195	0,729
0,665			0,817	2,536	0,724	1,418	0,662	1,025	0,610	0,823	0,483	0,783	0,195	0,735
0,670			0,819	2,588	0,726	1,442	0,664	1,041	0,616	0,831	0,488	0,790	0,195	0,740
0,675			0,821	2,638	0,728	1,467	0,665	1,057	0,618	0,842	0,492	0,796	0,196	0,747
0,680			0,822	2,688	0,730	1,492	0,667	1,073	0,620	0,854	0,496	0,803	0,196	0,751
0,685			0,824	2,738	0,732	1,516	0,669	1,089	0,621	0,866	0,500	0,810	0,196	0,757
0,690			0,826	2,790	0,733	1,541	0,671	1,106	0,623	0,879	0,504	0,816	0,197	0,763
0,695			0,827	2,840	0,735	1,565	0,672	1,122	0,625	0,891	0,508	0,823	0,197	0,768
0,700			0,829	2,891	0,737	1,590	0,674	1,138	0,626	0,903	0,513	0,830	0,197	0,774

# FLEXÃO SIMPLES

**Tabela 5**

<b>EC2</b>	
<b>Betão</b>	<b>C55/67</b>
<b>Aço</b>	<b>S400</b>
<b>a/d</b>	<b>0,10</b>

$$\alpha = \frac{x}{d} \quad A_s = A_{s1} + A_{s2}$$

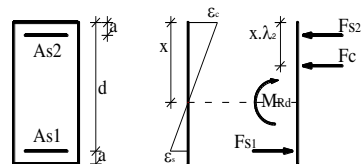
$\mu$	$\beta = 0$		$\beta = 0,1$		$\beta = 0,2$		$\beta = 0,3$		$\beta = 0,4$		$\beta = 0,5$		$\beta = 1,0$	
	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$
0,005	0,023	0,005	0,024	0,005	0,025	0,005	0,026	0,005	0,027	0,005	0,028	0,005	0,032	0,005
0,010	0,033	0,010	0,035	0,010	0,036	0,010	0,037	0,010	0,038	0,010	0,039	0,010	0,044	0,009
0,015	0,041	0,015	0,043	0,015	0,044	0,015	0,046	0,015	0,047	0,015	0,048	0,015	0,053	0,014
0,020	0,048	0,020	0,050	0,020	0,051	0,020	0,053	0,020	0,054	0,020	0,055	0,020	0,061	0,019
0,025	0,054	0,025	0,056	0,025	0,058	0,025	0,059	0,025	0,060	0,025	0,062	0,025	0,067	0,025
0,030	0,060	0,031	0,062	0,031	0,063	0,030	0,065	0,030	0,066	0,030	0,067	0,030	0,072	0,030
0,035	0,065	0,036	0,067	0,036	0,069	0,036	0,070	0,036	0,071	0,035	0,073	0,035	0,077	0,035
0,040	0,071	0,041	0,072	0,041	0,074	0,041	0,075	0,041	0,076	0,041	0,077	0,041	0,081	0,040
0,045	0,076	0,046	0,077	0,046	0,079	0,046	0,080	0,046	0,081	0,046	0,082	0,046	0,085	0,046
0,050	0,081	0,051	0,082	0,051	0,083	0,051	0,084	0,051	0,085	0,051	0,086	0,051	0,089	0,051
0,055	0,086	0,057	0,087	0,057	0,088	0,057	0,089	0,057	0,089	0,057	0,090	0,057	0,092	0,056
0,060	0,091	0,062	0,092	0,062	0,093	0,062	0,093	0,062	0,094	0,062	0,094	0,062	0,095	0,062
0,065	0,096	0,067	0,097	0,067	0,097	0,067	0,097	0,067	0,097	0,067	0,098	0,067	0,098	0,067
0,070	0,102	0,073	0,101	0,073	0,101	0,073	0,101	0,073	0,101	0,073	0,101	0,073	0,101	0,073
0,075	0,107	0,078	0,106	0,078	0,105	0,078	0,105	0,078	0,105	0,078	0,104	0,078	0,103	0,078
0,080	0,113	0,084	0,111	0,084	0,110	0,084	0,109	0,084	0,108	0,084	0,107	0,084	0,105	0,084
0,085	0,120	0,089	0,117	0,089	0,115	0,089	0,113	0,089	0,111	0,089	0,110	0,089	0,107	0,089
0,090	0,128	0,095	0,123	0,095	0,120	0,095	0,117	0,095	0,115	0,095	0,114	0,095	0,109	0,095
0,095	0,135	0,100	0,130	0,100	0,125	0,100	0,122	0,100	0,119	0,100	0,117	0,100	0,111	0,100
0,100	0,143	0,106	0,136	0,106	0,131	0,106	0,127	0,106	0,123	0,106	0,121	0,106	0,113	0,106
0,105	0,150	0,112	0,142	0,111	0,136	0,111	0,131	0,111	0,127	0,111	0,124	0,111	0,115	0,111
0,110	0,158	0,117	0,149	0,117	0,141	0,117	0,136	0,117	0,131	0,117	0,127	0,117	0,117	0,117
0,115	0,166	0,123	0,155	0,123	0,147	0,123	0,140	0,123	0,135	0,123	0,131	0,122	0,119	0,122
0,120	0,173	0,129	0,161	0,128	0,152	0,128	0,144	0,128	0,138	0,128	0,134	0,128	0,120	0,128
0,125	0,181	0,135	0,168	0,134	0,157	0,134	0,149	0,134	0,142	0,134	0,137	0,134	0,122	0,134
0,130	0,189	0,140	0,174	0,140	0,162	0,140	0,153	0,139	0,146	0,139	0,140	0,139	0,124	0,139
0,135	0,197	0,146	0,181	0,146	0,168	0,145	0,157	0,145	0,149	0,145	0,143	0,145	0,125	0,145
0,140	0,205	0,152	0,187	0,151	0,173	0,151	0,162	0,151	0,153	0,150	0,146	0,150	0,127	0,150
0,145	0,213	0,158	0,194	0,157	0,178	0,157	0,166	0,156	0,156	0,156	0,149	0,156	0,128	0,156
0,150	0,221	0,164	0,200	0,163	0,183	0,162	0,170	0,162	0,160	0,162	0,152	0,162	0,129	0,161
0,155	0,230	0,170	0,207	0,169	0,189	0,168	0,174	0,168	0,163	0,167	0,154	0,167	0,131	0,167
0,160	0,238	0,176	0,213	0,175	0,194	0,174	0,179	0,173	0,167	0,173	0,157	0,173	0,132	0,172
0,165	0,246	0,183	0,220	0,181	0,199	0,180	0,183	0,179	0,170	0,179	0,160	0,178	0,133	0,178
0,170	0,254	0,189	0,227	0,187	0,204	0,186	0,187	0,185	0,173	0,184	0,163	0,184	0,134	0,184
0,175	0,263	0,195	0,234	0,193	0,210	0,191	0,191	0,190	0,177	0,190	0,165	0,190	0,136	0,189
0,180	0,271	0,201	0,241	0,199	0,215	0,197	0,195	0,196	0,180	0,196	0,168	0,195	0,137	0,195
0,185	0,280	0,208	0,249	0,205	0,220	0,203	0,200	0,202	0,183	0,201	0,171	0,201	0,138	0,200
0,190	0,289	0,214	0,256	0,211	0,226	0,209	0,204	0,208	0,187	0,207	0,173	0,206	0,139	0,206
0,195	0,297	0,221	0,264	0,217	0,232	0,215	0,208	0,213	0,190	0,213	0,176	0,212	0,140	0,211
0,200	0,306	0,227	0,271	0,224	0,238	0,221	0,212	0,219	0,193	0,218	0,178	0,218	0,141	0,217
0,205	0,315	0,234	0,279	0,230	0,245	0,227	0,216	0,225	0,196	0,224	0,181	0,223	0,142	0,223
0,210	0,324	0,241	0,287	0,236	0,251	0,233	0,220	0,231	0,199	0,230	0,183	0,229	0,143	0,228
0,215	0,333	0,247	0,294	0,243	0,258	0,239	0,224	0,237	0,203	0,235	0,186	0,235	0,144	0,233
0,220	0,342	0,254	0,302	0,249	0,264	0,245	0,229	0,242	0,206	0,241	0,188	0,240	0,145	0,239
0,225	0,352	0,261	0,310	0,255	0,271	0,251	0,234	0,248	0,209	0,247	0,191	0,246	0,146	0,245
0,230	0,361	0,268	0,318	0,262	0,278	0,258	0,240	0,254	0,212	0,253	0,193	0,252	0,146	0,250
0,235	0,371	0,275	0,326	0,269	0,284	0,264	0,246	0,260	0,215	0,258	0,196	0,257	0,147	0,256
0,240	0,380	0,282	0,334	0,275	0,291	0,270	0,251	0,266	0,218	0,264	0,198	0,263	0,148	0,261
0,245	0,390	0,289	0,342	0,282	0,298	0,276	0,257	0,272	0,221	0,270	0,200	0,269	0,149	0,267
0,250	0,399	0,296	0,350	0,288	0,305	0,283	0,263	0,278	0,224	0,275	0,203	0,274	0,150	0,272
0,255	0,409	0,304	0,358	0,295	0,312	0,289	0,268	0,284	0,228	0,281	0,205	0,280	0,151	0,278
0,260	0,419	0,311	0,366	0,302	0,318	0,295	0,274	0,291	0,232	0,287	0,207	0,286	0,151	0,284
0,265	0,429	0,319	0,375	0,309	0,325	0,302	0,280	0,297	0,237	0,293	0,210	0,291	0,152	0,289
0,270	0,440	0,326	0,383	0,316	0,332	0,308	0,286	0,303	0,242	0,299	0,212	0,297	0,153	0,295
0,275	0,450	0,334	0,392	0,323	0,339	0,315	0,291	0,309	0,246	0,305	0,214	0,303	0,153	0,300
0,280	0,460	0,342	0,400	0,330	0,346	0,321	0,297	0,315	0,251	0,311	0,216	0,308	0,154	0,306
0,285	0,471	0,350	0,409	0,337	0,354	0,328	0,303	0,321	0,256	0,317	0,219	0,314	0,155	0,311
0,290	0,482	0,358	0,417	0,344	0,361	0,335	0,309	0,328	0,261	0,323	0,221	0,320	0,155	0,317
0,295	0,493	0,366	0,426	0,351	0,368	0,341	0,315	0,334	0,266	0,329	0,223	0,325	0,156	0,323
0,300	0,504	0,374	0,435	0,359	0,375	0,348	0,321	0,340	0,271	0,335	0,225	0,331	0,157	0,328
0,305	0,515	0,382	0,444	0,366	0,382	0,355	0,327	0,346	0,275	0,341	0,227	0,337	0,157	0,334
0,310	0,526	0,391	0,453	0,373	0,390	0,361	0,333	0,353	0,280	0,347	0,231	0,343	0,158	0,339
0,315	0,538	0,399	0,462	0,381	0,397	0,368	0,339	0,359	0,285	0,353	0,235	0,348	0,159	0,345
0,320	0,550	0,408	0,471	0,388	0,404	0,375	0,345	0,366	0,290	0,359	0,239	0,354	0,159	0,350
0,325	0,562	0,417	0,480	0,396	0,412	0,382	0,351	0,372	0,295	0,365	0,243	0,360	0,160	0,356
0,330	0,574	0,426	0,490	0,404	0,419	0,389	0,357	0,378	0,300	0,371	0,247	0,366	0,160	0,361
0,335	0,586	0,435	0,499	0,412	0,427	0,396	0,363	0,385	0,305	0,377	0,251	0,372	0,161	0,367
0,340	0,599	0,444	0,509	0,419	0,434	0,403	0,369	0,391	0,310	0,383	0,255	0,378	0,161	0,373
0,345	0,612	0,454	0,518	0,427	0,442	0,410	0,375	0,398	0,315	0,389	0,258	0,384	0,162	0,378
0,350	0,625	0,463	0,528	0,435	0,450	0,417	0,382	0,404	0,320	0,396	0,262	0,389	0,163	0,384

## FLEXÃO SIMPLES

Tabela 5

Zona	$\epsilon_c$ (m/m)	$\epsilon_s$ (m/m)	$\alpha$
II a	0,0000	0,0250	0,0000
II b	0,0022	0,0250	0,0809
III a	0,0031	0,0250	0,1103
III b	0,0031	0,0017	0,6406
fim	0,0031	0,0000	1,0000

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b \times d^2 \times f_{cd}} \quad \omega = \frac{A_s}{b \times d} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}}$$



$\mu$	$\beta = 0$		$\beta = 0,1$		$\beta = 0,2$		$\beta = 0,3$		$\beta = 0,4$		$\beta = 0,5$		$\beta = 1,0$	
	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$
0,355	0,638	0,473	0,538	0,444	0,458	0,424	0,388	0,411	0,325	0,402	0,266	0,395	0,163	0,389
0,360	0,652	0,507	0,548	0,452	0,465	0,432	0,394	0,418	0,330	0,408	0,270	0,401	0,164	0,395
0,365	0,666	0,551	0,558	0,460	0,473	0,439	0,400	0,424	0,335	0,414	0,274	0,407	0,164	0,400
0,370	0,680	0,601	0,568	0,469	0,481	0,446	0,407	0,431	0,340	0,420	0,278	0,413	0,165	0,406
0,375	0,694	0,657	0,579	0,477	0,489	0,454	0,413	0,438	0,345	0,427	0,282	0,419	0,165	0,412
0,380	0,709	0,721	0,589	0,486	0,497	0,461	0,419	0,444	0,350	0,433	0,286	0,425	0,165	0,417
0,385	0,725	0,794	0,600	0,495	0,505	0,469	0,426	0,451	0,355	0,439	0,290	0,431	0,166	0,423
0,390	0,741	0,880	0,611	0,503	0,513	0,476	0,432	0,458	0,360	0,446	0,295	0,437	0,166	0,428
0,395	0,757	0,981	0,622	0,512	0,522	0,484	0,439	0,465	0,365	0,452	0,299	0,443	0,167	0,434
0,400	0,774	1,101	0,633	0,522	0,530	0,491	0,445	0,472	0,371	0,458	0,303	0,449	0,167	0,439
0,405	0,791	1,248	0,643	0,536	0,538	0,499	0,452	0,479	0,376	0,465	0,307	0,455	0,168	0,445
0,410	0,809	1,429	0,650	0,561	0,547	0,507	0,458	0,486	0,381	0,471	0,311	0,461	0,168	0,451
0,415	0,828	1,660	0,657	0,588	0,555	0,515	0,465	0,493	0,386	0,477	0,315	0,467	0,169	0,456
0,420	0,848	1,964	0,664	0,616	0,564	0,523	0,471	0,500	0,391	0,484	0,319	0,473	0,169	0,462
0,425	0,868	2,383	0,671	0,644	0,572	0,531	0,478	0,507	0,396	0,490	0,323	0,479	0,169	0,467
0,430	0,890	2,996	0,678	0,674	0,581	0,539	0,485	0,514	0,402	0,497	0,327	0,485	0,170	0,473
0,435	0,913	3,985	0,685	0,704	0,590	0,547	0,491	0,521	0,407	0,503	0,331	0,491	0,170	0,478
0,440			0,691	0,735	0,599	0,555	0,498	0,528	0,412	0,510	0,335	0,498	0,171	0,484
0,445			0,697	0,767	0,608	0,564	0,505	0,535	0,418	0,516	0,339	0,504	0,171	0,490
0,450			0,703	0,800	0,617	0,572	0,512	0,542	0,423	0,523	0,344	0,510	0,171	0,495
0,455			0,709	0,834	0,626	0,581	0,519	0,550	0,428	0,529	0,348	0,516	0,172	0,501
0,460			0,715	0,869	0,635	0,589	0,525	0,557	0,433	0,536	0,352	0,522	0,172	0,506
0,465			0,720	0,904	0,642	0,602	0,532	0,564	0,439	0,543	0,356	0,528	0,173	0,512
0,470			0,726	0,940	0,647	0,621	0,539	0,572	0,444	0,549	0,360	0,534	0,173	0,517
0,475			0,731	0,977	0,651	0,640	0,546	0,579	0,450	0,556	0,364	0,541	0,173	0,523
0,480			0,736	1,015	0,655	0,659	0,553	0,587	0,455	0,563	0,368	0,547	0,174	0,528
0,485			0,741	1,053	0,659	0,679	0,561	0,594	0,460	0,569	0,373	0,553	0,174	0,534
0,490			0,746	1,092	0,663	0,698	0,568	0,602	0,466	0,576	0,377	0,559	0,174	0,539
0,495			0,751	1,132	0,667	0,719	0,575	0,609	0,471	0,583	0,381	0,566	0,175	0,545
0,500			0,755	1,172	0,671	0,739	0,582	0,617	0,477	0,590	0,385	0,572	0,175	0,551
0,505			0,759	1,213	0,675	0,760	0,589	0,625	0,482	0,597	0,389	0,578	0,175	0,556
0,510			0,764	1,255	0,678	0,780	0,597	0,632	0,488	0,603	0,394	0,584	0,176	0,562
0,515			0,768	1,297	0,682	0,801	0,604	0,640	0,493	0,610	0,398	0,591	0,176	0,567
0,520			0,772	1,340	0,685	0,823	0,612	0,648	0,499	0,617	0,402	0,597	0,176	0,573
0,525			0,775	1,383	0,689	0,844	0,619	0,656	0,505	0,624	0,406	0,603	0,177	0,578
0,530			0,779	1,426	0,692	0,865	0,626	0,664	0,510	0,631	0,411	0,609	0,177	0,584
0,535			0,783	1,471	0,695	0,887	0,634	0,672	0,516	0,638	0,415	0,616	0,177	0,589
0,540			0,786	1,515	0,698	0,909	0,641	0,681	0,521	0,645	0,419	0,622	0,178	0,595
0,545			0,789	1,560	0,701	0,931	0,644	0,696	0,527	0,652	0,424	0,629	0,178	0,600
0,550			0,793	1,606	0,704	0,954	0,646	0,711	0,533	0,659	0,428	0,635	0,178	0,606
0,555			0,796	1,652	0,707	0,976	0,649	0,725	0,539	0,666	0,432	0,641	0,178	0,612
0,560			0,799	1,698	0,710	0,998	0,652	0,741	0,544	0,673	0,437	0,648	0,179	0,618
0,565			0,802	1,745	0,713	1,021	0,654	0,756	0,550	0,680	0,441	0,654	0,179	0,623
0,570			0,804	1,792	0,716	1,044	0,657	0,771	0,556	0,687	0,445	0,661	0,179	0,629
0,575			0,807	1,839	0,718	1,067	0,659	0,786	0,562	0,694	0,450	0,667	0,180	0,634
0,580			0,810	1,886	0,721	1,090	0,661	0,801	0,567	0,702	0,454	0,674	0,180	0,640
0,585			0,812	1,934	0,723	1,114	0,664	0,817	0,573	0,709	0,458	0,680	0,180	0,645
0,590			0,815	1,983	0,726	1,137	0,666	0,832	0,579	0,716	0,463	0,687	0,180	0,651
0,595			0,817	2,031	0,728	1,161	0,668	0,848	0,585	0,723	0,467	0,693	0,181	0,656
0,600			0,820	2,080	0,730	1,184	0,670	0,864	0,591	0,731	0,471	0,700	0,181	0,662
0,605			0,822	2,129	0,733	1,208	0,673	0,879	0,597	0,738	0,476	0,706	0,181	0,667
0,610			0,824	2,178	0,735	1,232	0,675	0,895	0,603	0,745	0,480	0,713	0,181	0,672
0,615			0,826	2,227	0,737	1,256	0,677	0,911	0,609	0,753	0,485	0,719	0,182	0,678
0,620			0,828	2,277	0,739	1,280	0,679	0,927	0,615	0,760	0,489	0,726	0,182	0,684
0,625			0,830	2,327	0,741	1,304	0,681	0,943	0,621	0,768	0,494	0,732	0,182	0,689
0,630			0,832	2,376	0,743	1,328	0,683	0,959	0,627	0,775	0,498	0,739	0,182	0,695
0,635			0,834	2,427	0,745	1,353	0,685	0,975	0,633	0,783	0,503	0,746	0,183	0,701
0,640			0,836	2,477	0,747	1,377	0,687	0,991	0,639	0,790	0,507	0,752	0,183	0,706
0,645			0,837	2,527	0,749	1,402	0,688	1,007	0,642	0,801	0,511	0,759	0,183	0,712
0,650			0,839	2,579	0,751	1,426	0,690	1,024	0,644	0,813	0,516	0,766	0,183	0,717
0,655			0,841	2,630	0,753	1,451	0,692	1,040	0,645	0,826	0,520	0,772	0,184	0,723
0,660			0,842	2,680	0,755	1,476	0,694	1,056	0,647	0,838	0,525	0,779	0,184	0,728
0,665			0,844	2,732	0,756	1,500	0,695	1,073	0,649	0,850	0,530	0,786	0,184	0,734
0,670			0,846	2,783	0,758	1,525	0,697	1,089	0,650	0,862	0,534	0,793	0,184	0,739
0,675			0,847	2,834	0,760	1,551	0,699	1,106	0,652	0,875	0,539	0,799	0,184	0,745
0,680			0,849	2,886	0,761	1,575	0,700	1,122	0,653	0,887	0,543	0,806	0,185	0,751
0,685			0,850	2,937	0,763	1,601	0,702	1,139	0,655	0,899	0,548	0,813	0,185	0,756
0,690			0,851	2,988	0,765	1,626	0,703	1,155	0,656	0,912	0,552	0,820	0,185	0,762
0,695			0,853	3,041	0,766	1,651	0,705	1,172	0,658	0,924	0,557	0,827	0,185	0,767
0,700			0,854	3,093	0,768	1,677	0,706	1,189	0,659	0,937	0,562	0,833	0,186	0,773

# FLEXÃO SIMPLES

Tabela 6

EC2	
Betão	C55/67
Aço	S500
a/d	0,10

$$\alpha = \frac{x}{d} \quad A_s = A_{s1} + A_{s2}$$

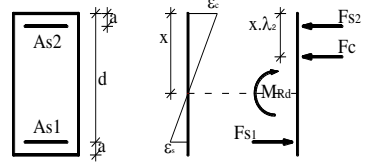
μ	β = 0		β = 0,1		β = 0,2		β = 0,3		β = 0,4		β = 0,5		β = 1,0	
	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω
0,005	0,023	0,005	0,024	0,005	0,025	0,005	0,026	0,005	0,026	0,005	0,027	0,005	0,030	0,005
0,010	0,033	0,010	0,034	0,010	0,035	0,010	0,036	0,010	0,037	0,010	0,038	0,010	0,042	0,010
0,015	0,041	0,015	0,042	0,015	0,044	0,015	0,045	0,015	0,046	0,015	0,047	0,015	0,051	0,015
0,020	0,048	0,020	0,049	0,020	0,051	0,020	0,052	0,020	0,053	0,020	0,054	0,020	0,059	0,020
0,025	0,054	0,025	0,056	0,025	0,057	0,025	0,058	0,025	0,059	0,025	0,060	0,025	0,065	0,025
0,030	0,060	0,031	0,061	0,031	0,063	0,030	0,064	0,030	0,065	0,030	0,066	0,030	0,070	0,030
0,035	0,065	0,036	0,067	0,036	0,068	0,036	0,069	0,036	0,070	0,035	0,071	0,035	0,075	0,035
0,040	0,071	0,041	0,072	0,041	0,073	0,041	0,074	0,041	0,075	0,041	0,076	0,041	0,080	0,040
0,045	0,076	0,046	0,077	0,046	0,078	0,046	0,079	0,046	0,080	0,046	0,081	0,046	0,084	0,046
0,050	0,081	0,051	0,082	0,051	0,083	0,051	0,084	0,051	0,085	0,051	0,085	0,051	0,088	0,051
0,055	0,086	0,057	0,087	0,057	0,088	0,057	0,088	0,057	0,089	0,057	0,089	0,057	0,092	0,057
0,060	0,091	0,062	0,092	0,062	0,092	0,062	0,093	0,062	0,093	0,062	0,094	0,062	0,095	0,062
0,065	0,096	0,067	0,097	0,067	0,097	0,067	0,097	0,067	0,097	0,067	0,097	0,067	0,098	0,067
0,070	0,102	0,073	0,101	0,073	0,101	0,073	0,101	0,073	0,101	0,073	0,101	0,073	0,101	0,073
0,075	0,107	0,078	0,106	0,078	0,106	0,078	0,105	0,078	0,105	0,078	0,105	0,078	0,103	0,078
0,080	0,113	0,084	0,111	0,084	0,110	0,084	0,109	0,084	0,109	0,084	0,108	0,084	0,106	0,084
0,085	0,120	0,089	0,118	0,089	0,116	0,089	0,114	0,089	0,113	0,089	0,111	0,089	0,108	0,089
0,090	0,128	0,095	0,124	0,095	0,121	0,095	0,119	0,095	0,117	0,095	0,115	0,095	0,110	0,095
0,095	0,135	0,100	0,131	0,100	0,127	0,100	0,124	0,100	0,121	0,100	0,119	0,100	0,113	0,100
0,100	0,143	0,106	0,137	0,106	0,133	0,106	0,129	0,106	0,126	0,106	0,123	0,106	0,115	0,106
0,105	0,150	0,112	0,144	0,111	0,138	0,111	0,134	0,111	0,130	0,111	0,127	0,111	0,118	0,111
0,110	0,158	0,117	0,150	0,117	0,144	0,117	0,139	0,117	0,135	0,117	0,131	0,117	0,120	0,117
0,115	0,166	0,123	0,157	0,123	0,150	0,123	0,144	0,123	0,139	0,123	0,135	0,123	0,122	0,122
0,120	0,173	0,129	0,164	0,128	0,155	0,128	0,149	0,128	0,143	0,128	0,138	0,128	0,124	0,128
0,125	0,181	0,135	0,170	0,134	0,161	0,134	0,153	0,134	0,147	0,134	0,142	0,134	0,126	0,134
0,130	0,189	0,140	0,177	0,140	0,167	0,140	0,158	0,139	0,151	0,139	0,146	0,139	0,128	0,139
0,135	0,197	0,146	0,184	0,146	0,172	0,145	0,163	0,145	0,156	0,145	0,149	0,145	0,130	0,145
0,140	0,205	0,152	0,190	0,152	0,178	0,151	0,168	0,151	0,160	0,151	0,153	0,150	0,132	0,150
0,145	0,213	0,158	0,197	0,157	0,184	0,157	0,173	0,157	0,164	0,156	0,156	0,156	0,134	0,156
0,150	0,221	0,164	0,204	0,163	0,190	0,163	0,178	0,162	0,168	0,162	0,160	0,162	0,136	0,161
0,155	0,230	0,170	0,211	0,169	0,195	0,168	0,183	0,168	0,172	0,168	0,163	0,167	0,137	0,167
0,160	0,238	0,176	0,218	0,175	0,201	0,174	0,187	0,174	0,176	0,173	0,167	0,173	0,139	0,172
0,165	0,246	0,183	0,225	0,181	0,207	0,180	0,192	0,179	0,180	0,179	0,170	0,179	0,141	0,178
0,170	0,254	0,189	0,232	0,187	0,213	0,186	0,197	0,185	0,184	0,185	0,173	0,184	0,142	0,184
0,175	0,263	0,195	0,239	0,193	0,219	0,192	0,202	0,191	0,188	0,190	0,177	0,190	0,144	0,189
0,180	0,271	0,201	0,246	0,199	0,224	0,198	0,207	0,197	0,192	0,196	0,180	0,196	0,145	0,195
0,185	0,280	0,208	0,253	0,205	0,230	0,204	0,211	0,203	0,196	0,202	0,183	0,201	0,147	0,200
0,190	0,289	0,214	0,260	0,212	0,236	0,210	0,216	0,208	0,200	0,208	0,187	0,207	0,148	0,206
0,195	0,297	0,221	0,267	0,218	0,242	0,216	0,221	0,214	0,204	0,213	0,190	0,213	0,150	0,212
0,200	0,306	0,227	0,274	0,224	0,248	0,222	0,226	0,220	0,208	0,219	0,193	0,218	0,151	0,217
0,205	0,315	0,234	0,282	0,230	0,254	0,228	0,231	0,226	0,212	0,225	0,196	0,224	0,153	0,223
0,210	0,324	0,241	0,289	0,236	0,260	0,234	0,236	0,232	0,216	0,231	0,199	0,230	0,154	0,228
0,215	0,333	0,247	0,296	0,243	0,266	0,240	0,240	0,238	0,220	0,236	0,203	0,235	0,155	0,234
0,220	0,342	0,254	0,304	0,249	0,272	0,246	0,245	0,244	0,223	0,242	0,206	0,241	0,156	0,239
0,225	0,352	0,261	0,311	0,256	0,278	0,252	0,250	0,250	0,227	0,248	0,209	0,247	0,158	0,245
0,230	0,361	0,268	0,319	0,262	0,284	0,258	0,255	0,255	0,231	0,254	0,212	0,253	0,159	0,251
0,235	0,371	0,275	0,326	0,269	0,290	0,264	0,260	0,261	0,235	0,260	0,215	0,258	0,160	0,256
0,240	0,380	0,282	0,334	0,275	0,296	0,271	0,265	0,267	0,239	0,265	0,218	0,264	0,161	0,262
0,245	0,390	0,289	0,342	0,282	0,302	0,277	0,269	0,273	0,243	0,271	0,221	0,270	0,163	0,267
0,250	0,399	0,296	0,350	0,288	0,308	0,283	0,274	0,279	0,247	0,277	0,224	0,275	0,164	0,273
0,255	0,409	0,304	0,358	0,295	0,314	0,289	0,279	0,285	0,251	0,283	0,228	0,281	0,165	0,278
0,260	0,419	0,311	0,366	0,302	0,320	0,296	0,284	0,292	0,254	0,289	0,231	0,287	0,166	0,284
0,265	0,429	0,319	0,375	0,309	0,326	0,302	0,289	0,298	0,258	0,295	0,234	0,293	0,167	0,290
0,270	0,440	0,326	0,383	0,316	0,333	0,308	0,294	0,304	0,262	0,301	0,237	0,299	0,168	0,295
0,275	0,450	0,334	0,392	0,323	0,339	0,315	0,299	0,310	0,266	0,306	0,240	0,304	0,169	0,301
0,280	0,460	0,342	0,400	0,330	0,346	0,321	0,304	0,316	0,270	0,312	0,243	0,310	0,170	0,306
0,285	0,471	0,350	0,409	0,337	0,354	0,328	0,308	0,322	0,274	0,318	0,246	0,316	0,171	0,312
0,290	0,482	0,358	0,417	0,344	0,361	0,335	0,313	0,328	0,277	0,324	0,249	0,322	0,172	0,317
0,295	0,493	0,366	0,426	0,351	0,368	0,341	0,318	0,334	0,281	0,330	0,252	0,327	0,173	0,323
0,300	0,504	0,374	0,435	0,359	0,375	0,348	0,323	0,340	0,285	0,336	0,255	0,333	0,174	0,329
0,305	0,515	0,382	0,444	0,366	0,382	0,355	0,328	0,347	0,289	0,342	0,258	0,339	0,175	0,334
0,310	0,526	0,391	0,453	0,373	0,390	0,361	0,333	0,353	0,293	0,348	0,261	0,345	0,176	0,340
0,315	0,538	0,399	0,462	0,381	0,397	0,368	0,339	0,359	0,297	0,354	0,263	0,351	0,177	0,345
0,320	0,550	0,408	0,471	0,388	0,404	0,375	0,345	0,366	0,300	0,360	0,266	0,356	0,178	0,351
0,325	0,562	0,417	0,480	0,396	0,412	0,382	0,351	0,372	0,304	0,366	0,269	0,362	0,179	0,356
0,330	0,574	0,426	0,490	0,404	0,419	0,389	0,357	0,378	0,308	0,372	0,272	0,368	0,180	0,362
0,335	0,586	0,435	0,499	0,412	0,427	0,396	0,363	0,385	0,312	0,378	0,275	0,374	0,180	0,368
0,340	0,599	0,465	0,509	0,419	0,434	0,403	0,369	0,391	0,316	0,384	0,278	0,380	0,181	0,373
0,345	0,612	0,501	0,518	0,427	0,442	0,410	0,375	0,398	0,320	0,390	0,281	0,386	0,182	0,379
0,350	0,625	0,541	0,528	0,435	0,450	0,417	0,382	0,404	0,323	0,396	0,284	0,392	0,183	0,384

## FLEXÃO SIMPLES

Tabela 6

Zona	$\epsilon_c$ (m/m)	$\epsilon_s$ (m/m)	$\alpha$
II a	0,0000	0,0250	0,0000
II b	0,0022	0,0250	0,0809
III a	0,0031	0,0250	0,1103
III b	0,0031	0,0022	0,5878
fim	0,0031	0,0000	1,0000

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b \times d^2 \times f_{cd}} \quad \omega = \frac{A_s}{b \times d} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}}$$



$\mu$	$\beta = 0$		$\beta = 0,1$		$\beta = 0,2$		$\beta = 0,3$		$\beta = 0,4$		$\beta = 0,5$		$\beta = 1,0$	
	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$
0,355	0,638	0,585	0,538	0,444	0,458	0,424	0,388	0,411	0,327	0,402	0,287	0,397	0,184	0,390
0,360	0,652	0,634	0,548	0,452	0,465	0,432	0,394	0,418	0,331	0,408	0,290	0,403	0,185	0,396
0,365	0,666	0,689	0,558	0,460	0,473	0,439	0,400	0,424	0,335	0,414	0,293	0,409	0,185	0,401
0,370	0,680	0,751	0,568	0,469	0,481	0,446	0,407	0,431	0,340	0,420	0,295	0,415	0,186	0,407
0,375	0,694	0,821	0,579	0,477	0,489	0,454	0,413	0,438	0,345	0,427	0,298	0,421	0,187	0,412
0,380	0,709	0,901	0,589	0,488	0,497	0,461	0,419	0,444	0,350	0,433	0,301	0,427	0,188	0,418
0,385	0,725	0,993	0,596	0,511	0,505	0,469	0,426	0,451	0,355	0,439	0,304	0,433	0,189	0,424
0,390	0,741	1,100	0,603	0,535	0,513	0,476	0,432	0,458	0,360	0,446	0,307	0,438	0,189	0,429
0,395	0,757	1,226	0,611	0,560	0,522	0,484	0,439	0,465	0,365	0,452	0,310	0,444	0,190	0,435
0,400	0,774	1,377	0,618	0,585	0,530	0,491	0,445	0,472	0,371	0,458	0,313	0,450	0,191	0,440
0,405	0,791	1,560	0,624	0,612	0,538	0,499	0,452	0,479	0,376	0,465	0,315	0,456	0,191	0,446
0,410	0,809	1,786	0,631	0,639	0,547	0,507	0,458	0,486	0,381	0,471	0,318	0,462	0,192	0,451
0,415	0,828	2,076	0,638	0,667	0,555	0,515	0,465	0,493	0,386	0,477	0,321	0,468	0,193	0,457
0,420	0,848	2,455	0,644	0,696	0,564	0,523	0,471	0,500	0,391	0,484	0,324	0,474	0,194	0,462
0,425	0,868	2,979	0,651	0,726	0,572	0,531	0,478	0,507	0,396	0,490	0,327	0,480	0,194	0,468
0,430	0,890	3,744	0,657	0,756	0,581	0,539	0,485	0,514	0,402	0,497	0,329	0,486	0,195	0,474
0,435	0,913	4,982	0,663	0,788	0,589	0,549	0,491	0,521	0,407	0,503	0,332	0,492	0,196	0,479
0,440	0,937	7,310	0,669	0,820	0,593	0,567	0,498	0,528	0,412	0,510	0,335	0,498	0,196	0,485
0,445			0,675	0,853	0,598	0,585	0,505	0,535	0,418	0,516	0,339	0,504	0,197	0,491
0,450			0,680	0,886	0,602	0,603	0,512	0,542	0,423	0,523	0,344	0,510	0,198	0,496
0,455			0,686	0,921	0,607	0,621	0,519	0,550	0,428	0,529	0,348	0,516	0,198	0,502
0,460			0,691	0,956	0,611	0,640	0,525	0,557	0,433	0,536	0,352	0,522	0,199	0,507
0,465			0,697	0,992	0,615	0,659	0,532	0,564	0,439	0,543	0,356	0,528	0,200	0,513
0,470			0,702	1,028	0,619	0,678	0,539	0,572	0,444	0,549	0,360	0,534	0,200	0,518
0,475			0,707	1,065	0,623	0,698	0,546	0,579	0,450	0,556	0,364	0,541	0,201	0,524
0,480			0,711	1,103	0,627	0,717	0,553	0,587	0,455	0,563	0,368	0,547	0,201	0,530
0,485			0,716	1,142	0,631	0,737	0,561	0,594	0,460	0,569	0,373	0,553	0,202	0,535
0,490			0,721	1,181	0,634	0,757	0,568	0,602	0,466	0,576	0,377	0,559	0,203	0,541
0,495			0,725	1,221	0,638	0,777	0,575	0,609	0,471	0,583	0,381	0,566	0,203	0,546
0,500			0,729	1,261	0,642	0,798	0,582	0,617	0,477	0,590	0,385	0,572	0,204	0,552
0,505			0,734	1,302	0,645	0,819	0,588	0,626	0,482	0,597	0,389	0,578	0,204	0,557
0,510			0,738	1,344	0,648	0,839	0,591	0,640	0,488	0,603	0,394	0,584	0,205	0,563
0,515			0,741	1,385	0,652	0,860	0,594	0,654	0,493	0,610	0,398	0,591	0,205	0,569
0,520			0,745	1,428	0,655	0,882	0,597	0,669	0,499	0,617	0,402	0,597	0,206	0,574
0,525			0,749	1,471	0,658	0,903	0,600	0,683	0,505	0,624	0,406	0,603	0,207	0,580
0,530			0,753	1,514	0,661	0,925	0,603	0,698	0,510	0,631	0,411	0,609	0,207	0,585
0,535			0,756	1,558	0,664	0,947	0,605	0,713	0,516	0,638	0,415	0,616	0,208	0,591
0,540			0,759	1,602	0,667	0,969	0,608	0,727	0,521	0,645	0,419	0,622	0,208	0,597
0,545			0,763	1,647	0,670	0,991	0,610	0,742	0,527	0,652	0,424	0,629	0,209	0,602
0,550			0,766	1,692	0,673	1,013	0,613	0,757	0,533	0,659	0,428	0,635	0,209	0,608
0,555			0,769	1,738	0,676	1,035	0,615	0,772	0,539	0,666	0,432	0,641	0,210	0,614
0,560			0,772	1,784	0,678	1,058	0,618	0,787	0,544	0,673	0,437	0,648	0,210	0,619
0,565			0,775	1,830	0,681	1,081	0,620	0,802	0,550	0,680	0,441	0,654	0,211	0,624
0,570			0,778	1,876	0,684	1,103	0,622	0,818	0,556	0,687	0,445	0,661	0,211	0,630
0,575			0,780	1,923	0,686	1,127	0,625	0,833	0,562	0,694	0,450	0,667	0,212	0,635
0,580			0,783	1,970	0,689	1,149	0,627	0,848	0,567	0,702	0,454	0,674	0,212	0,641
0,585			0,786	2,017	0,691	1,173	0,629	0,864	0,573	0,709	0,458	0,680	0,213	0,647
0,590			0,788	2,064	0,693	1,196	0,631	0,879	0,579	0,716	0,463	0,687	0,213	0,652
0,595			0,791	2,112	0,696	1,219	0,633	0,895	0,585	0,723	0,467	0,693	0,214	0,658
0,600			0,793	2,160	0,698	1,243	0,636	0,911	0,589	0,733	0,471	0,700	0,214	0,663
0,605			0,795	2,209	0,700	1,266	0,638	0,926	0,591	0,745	0,476	0,706	0,215	0,669
0,610			0,797	2,258	0,702	1,290	0,640	0,942	0,592	0,757	0,480	0,713	0,215	0,675
0,615			0,800	2,306	0,705	1,314	0,641	0,958	0,594	0,769	0,485	0,719	0,216	0,680
0,620			0,802	2,356	0,707	1,338	0,643	0,974	0,596	0,781	0,489	0,726	0,216	0,686
0,625			0,804	2,405	0,709	1,362	0,645	0,990	0,598	0,792	0,494	0,732	0,217	0,692
0,630			0,806	2,455	0,711	1,386	0,647	1,006	0,599	0,804	0,498	0,739	0,217	0,697
0,635			0,808	2,503	0,713	1,410	0,649	1,022	0,601	0,817	0,503	0,746	0,217	0,703
0,640			0,810	2,553	0,715	1,435	0,651	1,038	0,603	0,829	0,507	0,752	0,218	0,708
0,645			0,811	2,604	0,716	1,459	0,653	1,054	0,604	0,841	0,512	0,759	0,218	0,714
0,650			0,813	2,654	0,718	1,483	0,654	1,070	0,606	0,853	0,516	0,766	0,219	0,719
0,655			0,815	2,705	0,720	1,508	0,656	1,086	0,608	0,865	0,521	0,772	0,219	0,725
0,660			0,817	2,755	0,722	1,532	0,658	1,103	0,609	0,877	0,525	0,779	0,220	0,731
0,665			0,818	2,806	0,724	1,557	0,659	1,119	0,611	0,890	0,530	0,786	0,220	0,736
0,670			0,820	2,856	0,725	1,582	0,661	1,135	0,612	0,902	0,534	0,793	0,221	0,742
0,675			0,822	2,908	0,727	1,607	0,662	1,152	0,614	0,914	0,539	0,799	0,221	0,747
0,680			0,823	2,958	0,729	1,632	0,664	1,169	0,615	0,927	0,543	0,806	0,221	0,753
0,685			0,825	3,009	0,730	1,657	0,665	1,185	0,616	0,939	0,548	0,813	0,222	0,759
0,690			0,826	3,060	0,732	1,682	0,667	1,201	0,618	0,951	0,552	0,820	0,222	0,764
0,695			0,827	3,112	0,733	1,707	0,668	1,218	0,619	0,964	0,557	0,827	0,223	0,770
0,700			0,829	3,164	0,735	1,732	0,670	1,235	0,621	0,976	0,562	0,833	0,223	0,775

# FLEXÃO SIMPLES

Tabela 7

EC2	
Betão	C60/75
Aço	S400
a/d	0,10

$$\alpha = \frac{x}{d} \quad A_s = A_{s1} + A_{s2}$$

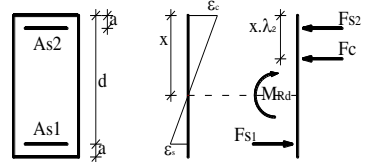
μ	β = 0		β = 0,1		β = 0,2		β = 0,3		β = 0,4		β = 0,5		β = 1,0	
	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω
0,005	0,024	0,005	0,026	0,005	0,027	0,005	0,028	0,005	0,029	0,005	0,029	0,005	0,033	0,005
0,010	0,035	0,010	0,037	0,010	0,038	0,010	0,039	0,010	0,040	0,010	0,041	0,010	0,046	0,009
0,015	0,043	0,015	0,045	0,015	0,046	0,015	0,048	0,015	0,049	0,015	0,050	0,015	0,055	0,014
0,020	0,050	0,020	0,052	0,020	0,054	0,020	0,055	0,020	0,056	0,020	0,058	0,020	0,063	0,020
0,025	0,057	0,025	0,059	0,025	0,060	0,025	0,062	0,025	0,063	0,025	0,064	0,025	0,069	0,025
0,030	0,063	0,031	0,064	0,031	0,066	0,030	0,067	0,030	0,069	0,030	0,070	0,030	0,074	0,030
0,035	0,068	0,036	0,070	0,036	0,071	0,036	0,073	0,036	0,074	0,035	0,075	0,035	0,079	0,035
0,040	0,074	0,041	0,075	0,041	0,076	0,041	0,078	0,041	0,079	0,041	0,080	0,041	0,083	0,040
0,045	0,079	0,046	0,080	0,046	0,081	0,046	0,082	0,046	0,083	0,046	0,084	0,046	0,087	0,046
0,050	0,084	0,052	0,085	0,051	0,086	0,051	0,087	0,051	0,088	0,051	0,088	0,051	0,091	0,051
0,055	0,089	0,057	0,090	0,057	0,091	0,057	0,091	0,057	0,092	0,057	0,092	0,057	0,094	0,057
0,060	0,094	0,062	0,095	0,062	0,095	0,062	0,095	0,062	0,096	0,062	0,096	0,062	0,097	0,062
0,065	0,099	0,067	0,099	0,067	0,099	0,067	0,099	0,067	0,100	0,067	0,100	0,067	0,100	0,067
0,070	0,105	0,073	0,104	0,073	0,104	0,073	0,103	0,073	0,103	0,073	0,103	0,073	0,102	0,073
0,075	0,113	0,078	0,111	0,078	0,109	0,078	0,108	0,078	0,107	0,078	0,107	0,078	0,105	0,078
0,080	0,121	0,084	0,118	0,084	0,115	0,084	0,113	0,084	0,112	0,084	0,111	0,084	0,107	0,084
0,085	0,128	0,089	0,124	0,089	0,121	0,089	0,118	0,089	0,116	0,089	0,115	0,089	0,110	0,089
0,090	0,136	0,095	0,131	0,095	0,127	0,095	0,123	0,095	0,121	0,095	0,119	0,095	0,112	0,095
0,095	0,145	0,100	0,138	0,100	0,133	0,100	0,128	0,100	0,125	0,100	0,122	0,100	0,114	0,100
0,100	0,153	0,106	0,145	0,106	0,138	0,106	0,133	0,106	0,129	0,106	0,126	0,106	0,116	0,106
0,105	0,161	0,112	0,152	0,112	0,144	0,112	0,138	0,112	0,134	0,111	0,130	0,111	0,119	0,111
0,110	0,169	0,117	0,158	0,117	0,150	0,117	0,143	0,117	0,138	0,117	0,133	0,117	0,121	0,117
0,115	0,177	0,123	0,165	0,123	0,156	0,123	0,148	0,123	0,142	0,123	0,137	0,123	0,122	0,123
0,120	0,186	0,129	0,172	0,129	0,161	0,128	0,153	0,128	0,146	0,128	0,140	0,128	0,124	0,128
0,125	0,194	0,135	0,179	0,134	0,167	0,134	0,157	0,134	0,150	0,134	0,144	0,134	0,126	0,134
0,130	0,202	0,141	0,186	0,140	0,173	0,140	0,162	0,140	0,154	0,139	0,147	0,139	0,128	0,139
0,135	0,211	0,147	0,193	0,146	0,179	0,145	0,167	0,145	0,158	0,145	0,150	0,145	0,129	0,145
0,140	0,220	0,153	0,200	0,152	0,184	0,151	0,172	0,151	0,162	0,151	0,154	0,151	0,131	0,150
0,145	0,228	0,159	0,207	0,158	0,190	0,157	0,176	0,156	0,165	0,156	0,157	0,156	0,132	0,156
0,150	0,237	0,165	0,214	0,163	0,196	0,163	0,181	0,162	0,169	0,162	0,160	0,162	0,134	0,161
0,155	0,246	0,171	0,221	0,169	0,202	0,168	0,186	0,168	0,173	0,168	0,163	0,167	0,135	0,167
0,160	0,255	0,177	0,229	0,175	0,207	0,174	0,190	0,174	0,177	0,173	0,166	0,173	0,137	0,173
0,165	0,264	0,183	0,236	0,181	0,213	0,180	0,195	0,179	0,181	0,179	0,169	0,179	0,138	0,178
0,170	0,273	0,189	0,243	0,187	0,219	0,186	0,200	0,185	0,184	0,185	0,172	0,184	0,139	0,184
0,175	0,282	0,196	0,250	0,193	0,225	0,192	0,204	0,191	0,188	0,190	0,175	0,190	0,141	0,189
0,180	0,291	0,202	0,258	0,199	0,231	0,198	0,209	0,197	0,192	0,196	0,178	0,195	0,142	0,195
0,185	0,300	0,209	0,266	0,206	0,237	0,204	0,214	0,202	0,195	0,202	0,181	0,201	0,143	0,200
0,190	0,309	0,215	0,274	0,212	0,242	0,210	0,218	0,208	0,199	0,207	0,184	0,207	0,144	0,206
0,195	0,319	0,222	0,282	0,218	0,248	0,215	0,223	0,214	0,203	0,213	0,187	0,212	0,146	0,212
0,200	0,328	0,228	0,291	0,224	0,255	0,221	0,227	0,220	0,206	0,219	0,190	0,218	0,147	0,217
0,205	0,338	0,235	0,299	0,231	0,262	0,228	0,232	0,226	0,210	0,224	0,193	0,224	0,148	0,223
0,210	0,348	0,242	0,307	0,237	0,269	0,234	0,237	0,231	0,214	0,230	0,196	0,229	0,149	0,228
0,215	0,358	0,249	0,315	0,243	0,276	0,240	0,241	0,237	0,217	0,236	0,198	0,235	0,150	0,234
0,220	0,367	0,255	0,324	0,250	0,283	0,246	0,246	0,243	0,221	0,242	0,201	0,241	0,151	0,239
0,225	0,377	0,262	0,332	0,256	0,290	0,252	0,251	0,249	0,224	0,247	0,204	0,246	0,152	0,245
0,230	0,388	0,269	0,341	0,263	0,297	0,258	0,257	0,255	0,228	0,253	0,207	0,252	0,153	0,250
0,235	0,398	0,276	0,349	0,270	0,305	0,265	0,263	0,261	0,231	0,259	0,209	0,258	0,154	0,256
0,240	0,408	0,284	0,358	0,276	0,312	0,271	0,269	0,267	0,235	0,265	0,212	0,263	0,155	0,262
0,245	0,419	0,291	0,367	0,283	0,319	0,277	0,275	0,273	0,238	0,270	0,215	0,269	0,156	0,267
0,250	0,429	0,298	0,375	0,290	0,326	0,284	0,281	0,279	0,242	0,276	0,217	0,275	0,156	0,273
0,255	0,440	0,306	0,384	0,297	0,334	0,290	0,287	0,285	0,245	0,282	0,220	0,280	0,157	0,278
0,260	0,451	0,313	0,393	0,304	0,341	0,296	0,293	0,291	0,249	0,288	0,223	0,286	0,158	0,284
0,265	0,462	0,321	0,402	0,310	0,349	0,303	0,300	0,297	0,253	0,294	0,225	0,292	0,159	0,289
0,270	0,473	0,329	0,411	0,317	0,356	0,309	0,306	0,304	0,259	0,299	0,228	0,297	0,160	0,295
0,275	0,484	0,336	0,420	0,325	0,364	0,316	0,312	0,310	0,264	0,305	0,230	0,303	0,161	0,301
0,280	0,495	0,344	0,430	0,332	0,371	0,323	0,318	0,316	0,269	0,311	0,233	0,309	0,161	0,306
0,285	0,507	0,352	0,439	0,339	0,379	0,329	0,325	0,322	0,274	0,317	0,235	0,315	0,162	0,312
0,290	0,519	0,361	0,448	0,346	0,387	0,336	0,331	0,329	0,279	0,323	0,238	0,320	0,163	0,317
0,295	0,531	0,369	0,458	0,353	0,394	0,343	0,337	0,335	0,284	0,329	0,241	0,326	0,164	0,323
0,300	0,543	0,377	0,467	0,361	0,402	0,349	0,344	0,341	0,290	0,335	0,243	0,332	0,164	0,328
0,305	0,555	0,386	0,477	0,368	0,410	0,356	0,350	0,348	0,295	0,341	0,246	0,337	0,165	0,334
0,310	0,568	0,394	0,487	0,376	0,418	0,363	0,356	0,354	0,300	0,347	0,248	0,343	0,166	0,339
0,315	0,580	0,403	0,497	0,383	0,426	0,370	0,363	0,360	0,305	0,354	0,251	0,349	0,166	0,345
0,320	0,593	0,412	0,507	0,391	0,434	0,377	0,369	0,367	0,310	0,360	0,255	0,355	0,167	0,351
0,325	0,606	0,421	0,517	0,399	0,442	0,384	0,376	0,373	0,316	0,366	0,259	0,361	0,168	0,356
0,330	0,620	0,431	0,527	0,407	0,450	0,391	0,382	0,380	0,321	0,372	0,264	0,367	0,168	0,362
0,335	0,633	0,456	0,537	0,415	0,458	0,398	0,389	0,386	0,326	0,378	0,268	0,372	0,169	0,367
0,340	0,647	0,495	0,548	0,423	0,466	0,405	0,396	0,393	0,332	0,384	0,272	0,378	0,170	0,373
0,345	0,661	0,539	0,558	0,431	0,475	0,412	0,402	0,399	0,337	0,390	0,276	0,384	0,170	0,378
0,350	0,676	0,588	0,569	0,439	0,483	0,419	0,409	0,406	0,342	0,397	0,281	0,390	0,171	0,384

# FLEXÃO SIMPLES

Tabela 7

Zona	$\epsilon_c$ (m/m)	$\epsilon_s$ (m/m)	$\alpha$
II a	0,0000	0,0250	0,0000
II b	0,0023	0,0250	0,0842
III a	0,0029	0,0250	0,1039
III b	0,0029	0,0017	0,6251
fim	0,0029	0,0000	1,0000

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b \times d^2 \times f_{cd}} \quad \omega = \frac{A_s}{b \times d} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}}$$



$\mu$	$\beta = 0$		$\beta = 0,1$		$\beta = 0,2$		$\beta = 0,3$		$\beta = 0,4$		$\beta = 0,5$		$\beta = 1,0$	
	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$
0,355	0,691	0,643	0,580	0,448	0,491	0,427	0,416	0,413	0,348	0,403	0,285	0,396	0,171	0,390
0,360	0,706	0,707	0,590	0,456	0,500	0,434	0,422	0,419	0,353	0,409	0,289	0,402	0,172	0,395
0,365	0,722	0,780	0,602	0,465	0,508	0,442	0,429	0,426	0,359	0,415	0,293	0,408	0,172	0,401
0,370	0,738	0,864	0,613	0,473	0,517	0,449	0,436	0,433	0,364	0,422	0,298	0,414	0,173	0,406
0,375	0,754	0,964	0,624	0,482	0,525	0,457	0,443	0,440	0,369	0,428	0,302	0,420	0,174	0,412
0,380	0,771	1,082	0,632	0,505	0,534	0,464	0,450	0,446	0,375	0,434	0,306	0,426	0,174	0,417
0,385	0,789	1,226	0,640	0,530	0,543	0,472	0,456	0,453	0,380	0,441	0,311	0,432	0,175	0,423
0,390	0,807	1,402	0,647	0,556	0,552	0,479	0,463	0,460	0,386	0,447	0,315	0,438	0,175	0,428
0,395	0,825	1,626	0,654	0,583	0,561	0,487	0,470	0,467	0,391	0,453	0,319	0,444	0,176	0,434
0,400	0,845	1,916	0,662	0,611	0,570	0,495	0,477	0,474	0,397	0,460	0,324	0,450	0,176	0,440
0,405	0,865	2,311	0,669	0,639	0,579	0,503	0,484	0,481	0,402	0,466	0,328	0,456	0,177	0,445
0,410	0,886	2,878	0,675	0,669	0,588	0,511	0,491	0,488	0,408	0,473	0,332	0,462	0,177	0,451
0,415	0,908	3,759	0,682	0,700	0,597	0,519	0,499	0,495	0,413	0,479	0,337	0,468	0,178	0,456
0,420	0,932	5,328	0,688	0,731	0,607	0,527	0,506	0,502	0,419	0,485	0,341	0,474	0,178	0,462
0,425	0,957	8,899	0,695	0,763	0,616	0,535	0,513	0,509	0,425	0,492	0,346	0,480	0,179	0,468
0,430	0,984	25,140	0,701	0,796	0,625	0,544	0,520	0,516	0,430	0,498	0,350	0,486	0,179	0,473
0,435			0,707	0,830	0,630	0,562	0,527	0,524	0,436	0,505	0,354	0,493	0,180	0,478
0,440			0,713	0,865	0,635	0,581	0,535	0,531	0,442	0,512	0,359	0,499	0,180	0,484
0,445			0,718	0,901	0,639	0,599	0,542	0,538	0,447	0,518	0,363	0,505	0,180	0,489
0,450			0,724	0,937	0,644	0,618	0,549	0,545	0,453	0,525	0,368	0,511	0,181	0,495
0,455			0,729	0,974	0,648	0,638	0,557	0,553	0,459	0,531	0,372	0,517	0,181	0,501
0,460			0,734	1,012	0,652	0,657	0,564	0,560	0,465	0,538	0,376	0,523	0,182	0,507
0,465			0,739	1,051	0,656	0,677	0,572	0,568	0,470	0,545	0,381	0,529	0,182	0,512
0,470			0,744	1,090	0,660	0,697	0,579	0,575	0,476	0,551	0,385	0,536	0,183	0,518
0,475			0,748	1,130	0,664	0,717	0,587	0,583	0,482	0,558	0,390	0,542	0,183	0,523
0,480			0,753	1,170	0,668	0,738	0,595	0,590	0,488	0,565	0,394	0,548	0,183	0,529
0,485			0,757	1,212	0,672	0,758	0,602	0,598	0,494	0,572	0,399	0,554	0,184	0,534
0,490			0,761	1,253	0,675	0,779	0,610	0,606	0,499	0,578	0,403	0,561	0,184	0,540
0,495			0,766	1,296	0,679	0,800	0,618	0,614	0,505	0,585	0,408	0,567	0,185	0,545
0,500			0,769	1,338	0,682	0,822	0,625	0,622	0,511	0,592	0,412	0,573	0,185	0,551
0,505			0,773	1,381	0,685	0,843	0,628	0,636	0,517	0,599	0,417	0,580	0,185	0,556
0,510			0,777	1,425	0,689	0,865	0,631	0,651	0,523	0,606	0,421	0,586	0,186	0,562
0,515			0,780	1,470	0,692	0,887	0,634	0,665	0,529	0,613	0,426	0,592	0,186	0,567
0,520			0,784	1,515	0,695	0,909	0,637	0,680	0,535	0,620	0,431	0,598	0,187	0,573
0,525			0,787	1,560	0,698	0,931	0,640	0,695	0,541	0,627	0,435	0,605	0,187	0,579
0,530			0,790	1,605	0,701	0,953	0,642	0,710	0,547	0,634	0,440	0,611	0,187	0,584
0,535			0,793	1,651	0,704	0,976	0,645	0,725	0,553	0,641	0,444	0,618	0,188	0,590
0,540			0,796	1,697	0,707	0,999	0,647	0,740	0,559	0,648	0,449	0,624	0,188	0,595
0,545			0,799	1,744	0,709	1,021	0,650	0,756	0,565	0,655	0,454	0,630	0,188	0,601
0,550			0,802	1,791	0,712	1,045	0,652	0,771	0,572	0,662	0,458	0,637	0,189	0,607
0,555			0,805	1,838	0,715	1,068	0,655	0,786	0,578	0,669	0,463	0,643	0,189	0,612
0,560			0,807	1,886	0,717	1,091	0,657	0,802	0,584	0,676	0,467	0,650	0,189	0,617
0,565			0,810	1,933	0,720	1,114	0,659	0,817	0,590	0,684	0,472	0,656	0,190	0,623
0,570			0,812	1,982	0,722	1,138	0,662	0,833	0,596	0,691	0,477	0,663	0,190	0,628
0,575			0,815	2,031	0,725	1,161	0,664	0,849	0,603	0,698	0,481	0,669	0,190	0,634
0,580			0,817	2,079	0,727	1,185	0,666	0,864	0,609	0,705	0,486	0,676	0,191	0,640
0,585			0,819	2,127	0,729	1,209	0,668	0,880	0,615	0,713	0,491	0,682	0,191	0,646
0,590			0,822	2,178	0,731	1,233	0,670	0,896	0,622	0,720	0,496	0,689	0,191	0,651
0,595			0,824	2,227	0,734	1,257	0,672	0,912	0,626	0,730	0,500	0,695	0,192	0,657
0,600			0,826	2,276	0,736	1,281	0,674	0,928	0,628	0,742	0,505	0,702	0,192	0,662
0,605			0,828	2,326	0,738	1,305	0,676	0,944	0,630	0,753	0,510	0,709	0,192	0,668
0,610			0,830	2,376	0,740	1,330	0,678	0,960	0,631	0,766	0,514	0,715	0,192	0,673
0,615			0,831	2,426	0,742	1,354	0,680	0,976	0,633	0,778	0,519	0,722	0,193	0,679
0,620			0,833	2,476	0,744	1,378	0,682	0,992	0,635	0,790	0,524	0,728	0,193	0,685
0,625			0,835	2,527	0,745	1,403	0,684	1,008	0,637	0,802	0,529	0,735	0,193	0,690
0,630			0,837	2,578	0,747	1,428	0,686	1,025	0,638	0,814	0,534	0,742	0,194	0,695
0,635			0,838	2,628	0,749	1,452	0,687	1,041	0,640	0,826	0,538	0,748	0,194	0,701
0,640			0,840	2,679	0,751	1,478	0,689	1,058	0,642	0,839	0,543	0,755	0,194	0,707
0,645			0,841	2,730	0,753	1,502	0,691	1,074	0,643	0,851	0,548	0,762	0,194	0,712
0,650			0,843	2,782	0,754	1,527	0,692	1,091	0,645	0,863	0,553	0,769	0,195	0,718
0,655			0,844	2,833	0,756	1,552	0,694	1,107	0,646	0,876	0,558	0,775	0,195	0,723
0,660			0,846	2,885	0,757	1,577	0,695	1,124	0,648	0,888	0,563	0,782	0,195	0,728
0,665			0,847	2,937	0,759	1,603	0,697	1,141	0,649	0,900	0,568	0,789	0,196	0,735
0,670			0,849	2,988	0,761	1,628	0,699	1,157	0,651	0,913	0,572	0,796	0,196	0,740
0,675			0,850	3,041	0,762	1,653	0,700	1,174	0,652	0,926	0,577	0,802	0,196	0,745
0,680			0,851	3,091	0,764	1,678	0,701	1,190	0,653	0,938	0,582	0,809	0,196	0,751
0,685			0,853	3,145	0,765	1,704	0,703	1,207	0,655	0,951	0,587	0,816	0,197	0,756
0,690			0,854	3,196	0,766	1,730	0,704	1,224	0,656	0,963	0,592	0,823	0,197	0,762
0,695			0,855	3,248	0,768	1,754	0,706	1,241	0,658	0,976	0,597	0,830	0,197	0,767
0,700			0,856	3,300	0,769	1,780	0,707	1,258	0,659	0,989	0,602	0,837	0,197	0,773

# FLEXÃO SIMPLES

Tabela 8

$$\alpha = \frac{x}{d} \quad A_s = A_{s1} + A_{s2}$$

EC2	
Betão	C60/75
Aço	S500
a/d	0,10

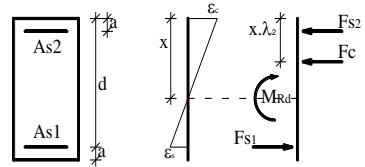
μ	β = 0		β = 0,1		β = 0,2		β = 0,3		β = 0,4		β = 0,5		β = 1,0	
	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω
0,005	0,024	0,005	0,025	0,005	0,026	0,005	0,027	0,005	0,028	0,005	0,029	0,005	0,032	0,005
0,010	0,035	0,010	0,036	0,010	0,037	0,010	0,038	0,010	0,039	0,010	0,040	0,010	0,044	0,010
0,015	0,043	0,015	0,045	0,015	0,046	0,015	0,047	0,015	0,048	0,015	0,049	0,015	0,054	0,015
0,020	0,050	0,020	0,052	0,020	0,053	0,020	0,054	0,020	0,055	0,020	0,056	0,020	0,061	0,020
0,025	0,057	0,025	0,058	0,025	0,059	0,025	0,061	0,025	0,062	0,025	0,063	0,025	0,067	0,025
0,030	0,063	0,031	0,064	0,031	0,065	0,030	0,067	0,030	0,068	0,030	0,069	0,030	0,073	0,030
0,035	0,068	0,036	0,070	0,036	0,071	0,036	0,072	0,036	0,073	0,036	0,074	0,035	0,078	0,035
0,040	0,074	0,041	0,075	0,041	0,076	0,041	0,077	0,041	0,078	0,041	0,079	0,041	0,082	0,041
0,045	0,079	0,046	0,080	0,046	0,081	0,046	0,082	0,046	0,083	0,046	0,083	0,046	0,086	0,046
0,050	0,084	0,052	0,085	0,051	0,086	0,051	0,086	0,051	0,087	0,051	0,088	0,051	0,090	0,051
0,055	0,089	0,057	0,090	0,057	0,090	0,057	0,091	0,057	0,091	0,057	0,092	0,057	0,093	0,057
0,060	0,094	0,062	0,095	0,062	0,095	0,062	0,095	0,062	0,095	0,062	0,096	0,062	0,097	0,062
0,065	0,099	0,067	0,099	0,067	0,099	0,067	0,099	0,067	0,099	0,067	0,100	0,067	0,100	0,067
0,070	0,105	0,073	0,104	0,073	0,104	0,073	0,104	0,073	0,103	0,073	0,103	0,073	0,102	0,073
0,075	0,113	0,078	0,111	0,078	0,110	0,078	0,109	0,078	0,108	0,078	0,107	0,078	0,105	0,078
0,080	0,121	0,084	0,118	0,084	0,116	0,084	0,114	0,084	0,113	0,084	0,112	0,084	0,108	0,084
0,085	0,128	0,089	0,125	0,089	0,122	0,089	0,120	0,089	0,118	0,089	0,116	0,089	0,111	0,089
0,090	0,136	0,095	0,132	0,095	0,128	0,095	0,125	0,095	0,123	0,095	0,121	0,095	0,114	0,095
0,095	0,145	0,100	0,139	0,100	0,135	0,100	0,131	0,100	0,128	0,100	0,125	0,100	0,117	0,100
0,100	0,153	0,106	0,146	0,106	0,141	0,106	0,136	0,106	0,132	0,106	0,129	0,106	0,119	0,106
0,105	0,161	0,112	0,153	0,112	0,147	0,112	0,142	0,112	0,137	0,112	0,134	0,111	0,122	0,112
0,110	0,169	0,117	0,160	0,117	0,153	0,117	0,147	0,117	0,142	0,117	0,138	0,117	0,124	0,117
0,115	0,177	0,123	0,167	0,123	0,159	0,123	0,152	0,123	0,147	0,123	0,142	0,123	0,127	0,123
0,120	0,186	0,129	0,175	0,129	0,165	0,129	0,158	0,128	0,151	0,128	0,146	0,128	0,129	0,128
0,125	0,194	0,135	0,182	0,134	0,172	0,134	0,163	0,134	0,156	0,134	0,150	0,134	0,131	0,134
0,130	0,202	0,141	0,189	0,140	0,178	0,140	0,168	0,140	0,160	0,140	0,154	0,139	0,133	0,139
0,135	0,211	0,147	0,196	0,146	0,184	0,146	0,174	0,145	0,165	0,145	0,158	0,145	0,135	0,145
0,140	0,220	0,153	0,204	0,152	0,190	0,151	0,179	0,151	0,169	0,151	0,162	0,151	0,138	0,150
0,145	0,228	0,159	0,211	0,158	0,196	0,157	0,184	0,157	0,174	0,156	0,165	0,156	0,140	0,156
0,150	0,237	0,165	0,218	0,164	0,203	0,163	0,190	0,162	0,179	0,162	0,169	0,162	0,141	0,162
0,155	0,246	0,171	0,226	0,170	0,209	0,169	0,195	0,168	0,183	0,168	0,173	0,168	0,143	0,167
0,160	0,255	0,177	0,233	0,176	0,215	0,175	0,200	0,174	0,187	0,174	0,177	0,173	0,145	0,173
0,165	0,264	0,183	0,241	0,182	0,222	0,181	0,205	0,180	0,192	0,179	0,181	0,179	0,147	0,178
0,170	0,273	0,189	0,248	0,188	0,228	0,186	0,211	0,186	0,196	0,185	0,184	0,185	0,149	0,184
0,175	0,282	0,196	0,256	0,194	0,234	0,192	0,216	0,191	0,201	0,191	0,188	0,190	0,150	0,189
0,180	0,291	0,202	0,264	0,200	0,241	0,198	0,221	0,197	0,205	0,196	0,192	0,196	0,152	0,195
0,185	0,300	0,209	0,271	0,206	0,247	0,204	0,227	0,203	0,210	0,202	0,195	0,202	0,154	0,201
0,190	0,309	0,215	0,279	0,212	0,254	0,210	0,232	0,209	0,214	0,208	0,199	0,207	0,155	0,206
0,195	0,319	0,222	0,287	0,218	0,260	0,216	0,237	0,215	0,218	0,214	0,203	0,213	0,157	0,212
0,200	0,328	0,228	0,295	0,225	0,267	0,222	0,243	0,221	0,223	0,219	0,206	0,219	0,159	0,217
0,205	0,338	0,235	0,303	0,231	0,273	0,228	0,248	0,227	0,227	0,225	0,210	0,224	0,160	0,223
0,210	0,348	0,242	0,311	0,237	0,280	0,234	0,253	0,232	0,232	0,231	0,214	0,230	0,162	0,228
0,215	0,358	0,249	0,319	0,244	0,286	0,241	0,259	0,238	0,236	0,237	0,217	0,236	0,163	0,234
0,220	0,367	0,255	0,327	0,250	0,293	0,247	0,264	0,244	0,240	0,243	0,221	0,242	0,164	0,239
0,225	0,377	0,262	0,335	0,257	0,299	0,253	0,270	0,250	0,245	0,249	0,224	0,247	0,166	0,245
0,230	0,388	0,269	0,343	0,263	0,306	0,259	0,275	0,256	0,249	0,254	0,228	0,253	0,167	0,251
0,235	0,398	0,276	0,351	0,270	0,313	0,265	0,280	0,262	0,253	0,260	0,231	0,259	0,169	0,256
0,240	0,408	0,284	0,360	0,277	0,319	0,272	0,286	0,268	0,258	0,266	0,235	0,265	0,170	0,262
0,245	0,419	0,291	0,368	0,283	0,326	0,278	0,291	0,274	0,262	0,272	0,238	0,270	0,171	0,267
0,250	0,429	0,298	0,376	0,290	0,333	0,284	0,297	0,280	0,266	0,278	0,242	0,276	0,173	0,273
0,255	0,440	0,306	0,385	0,297	0,340	0,291	0,302	0,287	0,271	0,284	0,245	0,282	0,174	0,279
0,260	0,451	0,313	0,393	0,304	0,346	0,297	0,307	0,293	0,275	0,290	0,249	0,288	0,175	0,284
0,265	0,462	0,321	0,402	0,310	0,353	0,303	0,313	0,299	0,280	0,296	0,252	0,293	0,176	0,290
0,270	0,473	0,329	0,411	0,317	0,360	0,310	0,318	0,305	0,284	0,302	0,256	0,299	0,177	0,295
0,275	0,484	0,336	0,420	0,325	0,367	0,316	0,324	0,311	0,288	0,307	0,259	0,305	0,179	0,301
0,280	0,495	0,344	0,430	0,332	0,374	0,323	0,329	0,317	0,293	0,313	0,263	0,311	0,180	0,307
0,285	0,507	0,352	0,439	0,339	0,381	0,330	0,335	0,323	0,297	0,319	0,266	0,317	0,181	0,312
0,290	0,519	0,361	0,448	0,346	0,388	0,336	0,340	0,330	0,301	0,325	0,269	0,323	0,182	0,318
0,295	0,531	0,369	0,458	0,353	0,395	0,343	0,346	0,336	0,306	0,331	0,273	0,328	0,183	0,323
0,300	0,543	0,377	0,467	0,361	0,402	0,349	0,351	0,342	0,310	0,337	0,276	0,334	0,184	0,329
0,305	0,555	0,386	0,477	0,368	0,410	0,356	0,357	0,348	0,314	0,343	0,280	0,340	0,185	0,334
0,310	0,568	0,394	0,487	0,376	0,418	0,363	0,362	0,355	0,319	0,349	0,283	0,346	0,186	0,340
0,315	0,580	0,418	0,497	0,383	0,426	0,370	0,368	0,361	0,323	0,355	0,286	0,352	0,188	0,346
0,320	0,593	0,451	0,507	0,391	0,434	0,377	0,374	0,367	0,327	0,361	0,290	0,358	0,189	0,351
0,325	0,606	0,486	0,517	0,399	0,442	0,384	0,379	0,374	0,332	0,367	0,293	0,363	0,190	0,357
0,330	0,620	0,526	0,527	0,407	0,450	0,391	0,385	0,380	0,336	0,374	0,296	0,369	0,191	0,362
0,335	0,633	0,570	0,537	0,415	0,458	0,398	0,391	0,386	0,340	0,380	0,300	0,375	0,192	0,368
0,340	0,647	0,619	0,548	0,423	0,466	0,405	0,396	0,393	0,345	0,386	0,303	0,381	0,193	0,374
0,345	0,661	0,673	0,558	0,431	0,475	0,412	0,402	0,399	0,349	0,392	0,307	0,387	0,194	0,379
0,350	0,676	0,735	0,569	0,439	0,483	0,419	0,409	0,406	0,353	0,398	0,310	0,393	0,195	0,385

# FLEXÃO SIMPLES

Tabela 8

Zona	$\epsilon_c$ (m/m)	$\epsilon_s$ (m/m)	$\alpha$
II a	0,0000	0,0250	0,0000
II b	0,0023	0,0250	0,0842
III a	0,0029	0,0250	0,1039
III b	0,0029	0,0022	0,5716
fim	0,0029	0,0000	1,0000

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b \times d^2 \times f_{cd}} \quad \omega = \frac{A_s}{b \times d} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}}$$



$\mu$	$\beta = 0$		$\beta = 0,1$		$\beta = 0,2$		$\beta = 0,3$		$\beta = 0,4$		$\beta = 0,5$		$\beta = 1,0$	
	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$
0,355	0,691	0,804	0,577	0,457	0,491	0,427	0,416	0,413	0,358	0,404	0,313	0,399	0,196	0,390
0,360	0,706	0,883	0,585	0,480	0,500	0,434	0,422	0,419	0,362	0,410	0,317	0,405	0,196	0,396
0,365	0,722	0,975	0,592	0,503	0,508	0,442	0,429	0,426	0,367	0,416	0,320	0,411	0,197	0,401
0,370	0,738	1,080	0,600	0,527	0,517	0,449	0,436	0,433	0,371	0,423	0,323	0,417	0,198	0,407
0,375	0,754	1,205	0,607	0,553	0,525	0,457	0,443	0,440	0,375	0,429	0,327	0,422	0,199	0,413
0,380	0,771	1,353	0,614	0,578	0,534	0,464	0,450	0,446	0,380	0,435	0,330	0,428	0,200	0,418
0,385	0,789	1,532	0,621	0,605	0,543	0,472	0,456	0,453	0,384	0,441	0,333	0,434	0,201	0,424
0,390	0,807	1,753	0,628	0,633	0,552	0,479	0,463	0,460	0,389	0,447	0,337	0,440	0,202	0,429
0,395	0,825	2,032	0,635	0,661	0,561	0,487	0,470	0,467	0,393	0,453	0,340	0,446	0,203	0,435
0,400	0,845	2,395	0,641	0,690	0,570	0,495	0,477	0,474	0,397	0,460	0,343	0,452	0,204	0,441
0,405	0,865	2,889	0,648	0,720	0,576	0,510	0,484	0,481	0,402	0,466	0,346	0,458	0,204	0,446
0,410	0,886	3,597	0,654	0,751	0,580	0,527	0,491	0,488	0,408	0,473	0,350	0,464	0,205	0,452
0,415	0,908	4,699	0,660	0,782	0,585	0,545	0,499	0,495	0,413	0,479	0,353	0,470	0,206	0,458
0,420	0,932	6,660	0,666	0,815	0,590	0,563	0,506	0,502	0,419	0,485	0,356	0,476	0,207	0,463
0,425			0,672	0,848	0,594	0,581	0,513	0,509	0,425	0,492	0,360	0,482	0,208	0,469
0,430			0,678	0,882	0,599	0,599	0,520	0,516	0,430	0,498	0,363	0,488	0,209	0,474
0,435			0,683	0,917	0,603	0,618	0,527	0,524	0,436	0,505	0,366	0,494	0,209	0,480
0,440			0,689	0,952	0,607	0,637	0,535	0,531	0,442	0,512	0,370	0,500	0,210	0,485
0,445			0,694	0,988	0,611	0,656	0,542	0,538	0,447	0,518	0,373	0,506	0,211	0,491
0,450			0,699	1,025	0,615	0,675	0,549	0,545	0,453	0,525	0,376	0,512	0,212	0,496
0,455			0,704	1,062	0,619	0,695	0,557	0,553	0,459	0,531	0,379	0,518	0,212	0,502
0,460			0,709	1,101	0,623	0,715	0,564	0,560	0,465	0,538	0,383	0,524	0,213	0,508
0,465			0,714	1,139	0,627	0,735	0,572	0,568	0,470	0,545	0,386	0,530	0,214	0,513
0,470			0,718	1,179	0,631	0,755	0,575	0,582	0,476	0,551	0,389	0,536	0,215	0,519
0,475			0,723	1,219	0,634	0,775	0,578	0,596	0,482	0,558	0,392	0,542	0,215	0,524
0,480			0,727	1,259	0,638	0,796	0,581	0,610	0,488	0,565	0,396	0,548	0,216	0,530
0,485			0,731	1,300	0,641	0,817	0,584	0,624	0,494	0,572	0,399	0,554	0,217	0,536
0,490			0,735	1,342	0,645	0,838	0,587	0,638	0,499	0,578	0,403	0,561	0,217	0,541
0,495			0,739	1,384	0,648	0,859	0,590	0,653	0,505	0,585	0,408	0,567	0,218	0,547
0,500			0,743	1,426	0,651	0,881	0,593	0,667	0,511	0,592	0,412	0,573	0,219	0,552
0,505			0,746	1,470	0,654	0,902	0,595	0,682	0,517	0,599	0,417	0,580	0,220	0,558
0,510			0,750	1,513	0,658	0,924	0,598	0,697	0,523	0,606	0,422	0,586	0,220	0,563
0,515			0,754	1,557	0,661	0,946	0,601	0,711	0,529	0,613	0,426	0,592	0,221	0,569
0,520			0,757	1,601	0,664	0,968	0,603	0,726	0,535	0,620	0,431	0,599	0,222	0,575
0,525			0,760	1,646	0,666	0,990	0,606	0,741	0,541	0,627	0,435	0,605	0,222	0,580
0,530			0,763	1,691	0,669	1,013	0,608	0,756	0,547	0,634	0,440	0,611	0,223	0,586
0,535			0,766	1,737	0,672	1,035	0,611	0,771	0,553	0,641	0,444	0,618	0,224	0,591
0,540			0,769	1,783	0,675	1,058	0,613	0,787	0,559	0,648	0,449	0,624	0,224	0,597
0,545			0,772	1,829	0,677	1,081	0,615	0,802	0,565	0,655	0,454	0,630	0,225	0,603
0,550			0,775	1,876	0,680	1,103	0,618	0,817	0,572	0,662	0,458	0,637	0,225	0,608
0,555			0,778	1,922	0,682	1,127	0,620	0,833	0,574	0,674	0,463	0,643	0,226	0,614
0,560			0,780	1,969	0,685	1,150	0,622	0,848	0,576	0,685	0,467	0,650	0,227	0,620
0,565			0,783	2,017	0,687	1,173	0,624	0,864	0,578	0,697	0,472	0,656	0,227	0,625
0,570			0,785	2,065	0,690	1,197	0,627	0,879	0,579	0,709	0,477	0,663	0,228	0,631
0,575			0,788	2,112	0,692	1,220	0,629	0,895	0,581	0,721	0,481	0,669	0,229	0,636
0,580			0,790	2,161	0,694	1,244	0,631	0,911	0,583	0,733	0,486	0,676	0,229	0,642
0,585			0,792	2,209	0,696	1,267	0,633	0,927	0,585	0,745	0,491	0,682	0,230	0,647
0,590			0,795	2,258	0,698	1,291	0,635	0,943	0,587	0,756	0,496	0,689	0,230	0,653
0,595			0,797	2,307	0,701	1,315	0,637	0,959	0,589	0,769	0,500	0,695	0,231	0,658
0,600			0,799	2,356	0,703	1,339	0,638	0,974	0,590	0,780	0,505	0,702	0,231	0,664
0,605			0,801	2,405	0,705	1,364	0,640	0,991	0,592	0,792	0,510	0,709	0,232	0,670
0,610			0,803	2,455	0,707	1,388	0,642	1,006	0,594	0,805	0,515	0,715	0,233	0,675
0,615			0,805	2,504	0,709	1,412	0,644	1,023	0,595	0,817	0,519	0,722	0,233	0,681
0,620			0,807	2,555	0,710	1,437	0,646	1,039	0,597	0,829	0,524	0,728	0,234	0,686
0,625			0,809	2,604	0,712	1,461	0,647	1,055	0,599	0,841	0,529	0,735	0,234	0,692
0,630			0,810	2,654	0,714	1,485	0,649	1,072	0,600	0,853	0,534	0,742	0,235	0,698
0,635			0,812	2,705	0,716	1,510	0,651	1,088	0,602	0,866	0,538	0,748	0,235	0,703
0,640			0,814	2,756	0,718	1,535	0,652	1,104	0,603	0,878	0,543	0,755	0,236	0,709
0,645			0,815	2,807	0,719	1,559	0,654	1,121	0,605	0,890	0,548	0,762	0,236	0,714
0,650			0,817	2,858	0,721	1,584	0,656	1,137	0,606	0,903	0,553	0,769	0,237	0,720
0,655			0,819	2,908	0,723	1,609	0,657	1,153	0,608	0,915	0,558	0,775	0,238	0,725
0,660			0,820	2,959	0,724	1,634	0,659	1,170	0,609	0,928	0,563	0,782	0,238	0,731
0,665			0,822	3,011	0,726	1,659	0,660	1,187	0,610	0,940	0,568	0,789	0,239	0,737
0,670			0,823	3,062	0,727	1,684	0,662	1,203	0,612	0,952	0,572	0,796	0,239	0,743
0,675			0,824	3,113	0,729	1,710	0,663	1,220	0,613	0,965	0,573	0,806	0,240	0,748
0,680			0,826	3,164	0,730	1,734	0,664	1,236	0,614	0,978	0,574	0,816	0,240	0,754
0,685			0,827	3,216	0,732	1,759	0,666	1,253	0,616	0,990	0,576	0,826	0,241	0,759
0,690			0,828	3,267	0,733	1,785	0,667	1,270	0,617	1,003	0,577	0,836	0,241	0,765
0,695			0,830	3,320	0,735	1,811	0,669	1,287	0,618	1,015	0,578	0,846	0,242	0,770
0,700			0,831	3,371	0,736	1,836	0,670	1,303	0,620	1,028	0,579	0,857	0,242	0,776

## FLEXÃO SIMPLES

Tabela 9

EC2	
Betão	C70/85
Aço	S400
a/d	0,10

$$\alpha = \frac{x}{d} \quad A_s = A_{s1} + A_{s2}$$

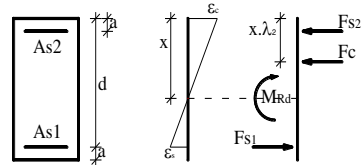
$\mu$	$\beta = 0$		$\beta = 0,1$		$\beta = 0,2$		$\beta = 0,3$		$\beta = 0,4$		$\beta = 0,5$		$\beta = 1,0$	
	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$
0,005	0,026	0,005	0,027	0,005	0,028	0,005	0,029	0,005	0,030	0,005	0,031	0,005	0,035	0,005
0,010	0,037	0,010	0,039	0,010	0,040	0,010	0,041	0,010	0,043	0,010	0,044	0,010	0,048	0,010
0,015	0,046	0,015	0,047	0,015	0,049	0,015	0,050	0,015	0,052	0,015	0,053	0,015	0,058	0,015
0,020	0,053	0,020	0,055	0,020	0,056	0,020	0,058	0,020	0,059	0,020	0,060	0,020	0,065	0,020
0,025	0,060	0,025	0,061	0,025	0,063	0,025	0,064	0,025	0,066	0,025	0,067	0,025	0,071	0,025
0,030	0,066	0,031	0,067	0,031	0,069	0,030	0,070	0,030	0,071	0,030	0,072	0,030	0,077	0,030
0,035	0,072	0,036	0,073	0,036	0,074	0,036	0,076	0,036	0,077	0,036	0,078	0,036	0,081	0,035
0,040	0,077	0,041	0,078	0,041	0,079	0,041	0,081	0,041	0,081	0,041	0,082	0,041	0,086	0,041
0,045	0,082	0,046	0,083	0,046	0,084	0,046	0,085	0,046	0,086	0,046	0,087	0,046	0,089	0,046
0,050	0,087	0,052	0,088	0,052	0,089	0,051	0,090	0,051	0,090	0,051	0,091	0,051	0,093	0,051
0,055	0,092	0,057	0,093	0,057	0,093	0,057	0,094	0,057	0,094	0,057	0,095	0,057	0,096	0,057
0,060	0,098	0,062	0,098	0,062	0,098	0,062	0,098	0,062	0,098	0,062	0,099	0,062	0,099	0,062
0,065	0,106	0,068	0,105	0,068	0,105	0,068	0,104	0,068	0,104	0,068	0,103	0,068	0,102	0,068
0,070	0,115	0,073	0,113	0,073	0,111	0,073	0,110	0,073	0,109	0,073	0,108	0,073	0,105	0,073
0,075	0,123	0,078	0,120	0,078	0,118	0,078	0,116	0,079	0,114	0,079	0,113	0,079	0,108	0,079
0,080	0,132	0,084	0,127	0,084	0,124	0,084	0,121	0,084	0,119	0,084	0,117	0,084	0,111	0,084
0,085	0,140	0,090	0,135	0,090	0,130	0,090	0,127	0,090	0,124	0,090	0,121	0,090	0,114	0,090
0,090	0,149	0,095	0,142	0,095	0,137	0,095	0,132	0,095	0,129	0,095	0,126	0,095	0,116	0,095
0,095	0,158	0,101	0,150	0,101	0,143	0,101	0,138	0,101	0,133	0,101	0,130	0,101	0,119	0,101
0,100	0,167	0,106	0,157	0,106	0,150	0,106	0,143	0,106	0,138	0,106	0,134	0,106	0,121	0,106
0,105	0,176	0,112	0,165	0,112	0,156	0,112	0,149	0,112	0,143	0,112	0,138	0,112	0,124	0,112
0,110	0,185	0,118	0,173	0,118	0,162	0,117	0,154	0,117	0,147	0,117	0,142	0,117	0,126	0,117
0,115	0,194	0,124	0,180	0,123	0,169	0,123	0,159	0,123	0,152	0,123	0,146	0,123	0,128	0,123
0,120	0,203	0,130	0,188	0,129	0,175	0,129	0,165	0,129	0,156	0,128	0,150	0,128	0,130	0,128
0,125	0,212	0,135	0,196	0,135	0,182	0,134	0,170	0,134	0,161	0,134	0,153	0,134	0,132	0,134
0,130	0,222	0,141	0,203	0,141	0,188	0,140	0,176	0,140	0,165	0,140	0,157	0,140	0,134	0,140
0,135	0,231	0,147	0,211	0,146	0,194	0,146	0,181	0,146	0,170	0,145	0,161	0,145	0,135	0,145
0,140	0,241	0,153	0,219	0,152	0,201	0,152	0,186	0,151	0,174	0,151	0,165	0,151	0,137	0,151
0,145	0,250	0,159	0,227	0,158	0,207	0,157	0,191	0,157	0,179	0,157	0,168	0,156	0,139	0,156
0,150	0,260	0,166	0,235	0,164	0,214	0,163	0,197	0,163	0,183	0,162	0,172	0,162	0,140	0,162
0,155	0,270	0,172	0,243	0,170	0,220	0,169	0,202	0,168	0,187	0,168	0,175	0,168	0,142	0,167
0,160	0,279	0,178	0,251	0,176	0,227	0,175	0,207	0,174	0,192	0,174	0,179	0,173	0,143	0,173
0,165	0,289	0,184	0,259	0,182	0,233	0,181	0,213	0,180	0,196	0,179	0,182	0,179	0,145	0,178
0,170	0,299	0,191	0,267	0,188	0,240	0,187	0,218	0,186	0,200	0,185	0,186	0,185	0,146	0,184
0,175	0,309	0,197	0,275	0,194	0,246	0,193	0,223	0,191	0,204	0,191	0,189	0,190	0,148	0,190
0,180	0,319	0,204	0,283	0,201	0,253	0,198	0,228	0,197	0,209	0,196	0,193	0,196	0,149	0,195
0,185	0,330	0,210	0,292	0,207	0,260	0,204	0,234	0,203	0,213	0,202	0,196	0,202	0,151	0,201
0,190	0,340	0,217	0,301	0,213	0,266	0,210	0,239	0,209	0,217	0,208	0,199	0,207	0,152	0,206
0,195	0,350	0,223	0,310	0,219	0,273	0,216	0,244	0,215	0,221	0,214	0,203	0,213	0,153	0,212
0,200	0,361	0,230	0,319	0,226	0,279	0,222	0,249	0,220	0,225	0,219	0,206	0,218	0,154	0,217
0,205	0,372	0,237	0,328	0,232	0,287	0,229	0,255	0,226	0,229	0,225	0,209	0,224	0,156	0,223
0,210	0,383	0,244	0,337	0,239	0,295	0,235	0,260	0,232	0,234	0,231	0,212	0,230	0,157	0,228
0,215	0,393	0,251	0,346	0,245	0,302	0,241	0,265	0,238	0,238	0,236	0,216	0,235	0,158	0,234
0,220	0,404	0,258	0,355	0,252	0,310	0,247	0,271	0,244	0,242	0,242	0,219	0,241	0,159	0,239
0,225	0,416	0,265	0,365	0,258	0,318	0,253	0,276	0,250	0,246	0,248	0,222	0,247	0,160	0,245
0,230	0,427	0,272	0,374	0,265	0,326	0,260	0,281	0,256	0,250	0,254	0,225	0,253	0,161	0,251
0,235	0,438	0,279	0,384	0,272	0,334	0,266	0,288	0,262	0,254	0,260	0,228	0,258	0,162	0,256
0,240	0,450	0,287	0,393	0,278	0,342	0,272	0,294	0,268	0,258	0,265	0,232	0,264	0,163	0,262
0,245	0,462	0,294	0,403	0,285	0,350	0,279	0,301	0,274	0,262	0,271	0,235	0,270	0,164	0,267
0,250	0,473	0,302	0,413	0,292	0,358	0,285	0,308	0,280	0,266	0,277	0,238	0,275	0,165	0,273
0,255	0,485	0,309	0,423	0,299	0,366	0,292	0,315	0,286	0,270	0,283	0,241	0,281	0,166	0,278
0,260	0,498	0,317	0,432	0,306	0,375	0,298	0,321	0,293	0,274	0,289	0,244	0,287	0,167	0,284
0,265	0,510	0,325	0,442	0,313	0,383	0,305	0,328	0,299	0,278	0,295	0,247	0,293	0,168	0,290
0,270	0,523	0,333	0,453	0,320	0,391	0,312	0,335	0,305	0,283	0,300	0,250	0,298	0,169	0,295
0,275	0,535	0,341	0,463	0,328	0,399	0,318	0,342	0,311	0,289	0,306	0,253	0,304	0,170	0,301
0,280	0,548	0,349	0,473	0,335	0,408	0,325	0,349	0,318	0,294	0,312	0,256	0,310	0,171	0,306
0,285	0,561	0,358	0,484	0,342	0,416	0,332	0,356	0,324	0,300	0,318	0,259	0,315	0,172	0,312
0,290	0,575	0,366	0,494	0,350	0,425	0,338	0,363	0,330	0,306	0,324	0,262	0,321	0,173	0,318
0,295	0,588	0,375	0,505	0,357	0,433	0,345	0,370	0,337	0,311	0,331	0,265	0,327	0,173	0,323
0,300	0,602	0,384	0,515	0,365	0,442	0,352	0,377	0,343	0,317	0,337	0,268	0,333	0,174	0,329
0,305	0,616	0,406	0,526	0,373	0,451	0,359	0,384	0,349	0,323	0,343	0,271	0,338	0,175	0,334
0,310	0,630	0,441	0,537	0,380	0,460	0,366	0,391	0,356	0,328	0,349	0,274	0,344	0,176	0,340
0,315	0,645	0,481	0,548	0,388	0,468	0,373	0,398	0,362	0,334	0,355	0,277	0,350	0,177	0,345
0,320	0,660	0,525	0,560	0,396	0,477	0,380	0,405	0,369	0,340	0,361	0,280	0,356	0,177	0,351
0,325	0,675	0,575	0,571	0,404	0,486	0,387	0,412	0,375	0,346	0,367	0,284	0,362	0,178	0,356
0,330	0,690	0,632	0,582	0,412	0,495	0,394	0,420	0,382	0,352	0,373	0,288	0,368	0,179	0,362
0,335	0,706	0,697	0,594	0,421	0,504	0,402	0,427	0,389	0,357	0,380	0,293	0,373	0,180	0,368
0,340	0,723	0,773	0,606	0,429	0,513	0,409	0,434	0,395	0,363	0,386	0,298	0,379	0,180	0,373
0,345	0,739	0,860	0,615	0,449	0,523	0,416	0,442	0,402	0,369	0,392	0,302	0,385	0,181	0,379
0,350	0,756	0,964	0,623	0,473	0,532	0,424	0,449	0,409	0,375	0,398	0,307	0,391	0,182	0,384

## FLEXÃO SIMPLES

Tabela 9

Zona	$\epsilon_c$ (m/m)	$\epsilon_s$ (m/m)	$\alpha$
II a	0,0000	0,0250	0,0000
II b	0,0024	0,0250	0,0876
III a	0,0027	0,0250	0,0975
III b	0,0027	0,0017	0,6082
fim	0,0027	0,0000	1,0000

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b \times d^2 \times f_{cd}} \quad \omega = \frac{A_s}{b \times d} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}}$$



$\mu$	$\beta = 0$		$\beta = 0,1$		$\beta = 0,2$		$\beta = 0,3$		$\beta = 0,4$		$\beta = 0,5$		$\beta = 1,0$	
	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$
0,355	0,774	1,088	0,631	0,498	0,541	0,431	0,456	0,415	0,381	0,405	0,312	0,397	0,182	0,390
0,360	0,792	1,239	0,639	0,523	0,551	0,439	0,464	0,422	0,387	0,411	0,316	0,403	0,183	0,395
0,365	0,811	1,426	0,646	0,550	0,560	0,446	0,471	0,429	0,393	0,417	0,321	0,409	0,184	0,401
0,370	0,830	1,665	0,654	0,577	0,570	0,454	0,479	0,436	0,399	0,424	0,326	0,415	0,184	0,406
0,375	0,850	1,980	0,661	0,606	0,580	0,462	0,487	0,443	0,405	0,430	0,331	0,421	0,185	0,412
0,380	0,871	2,414	0,668	0,635	0,589	0,470	0,494	0,450	0,411	0,436	0,335	0,427	0,186	0,418
0,385	0,893	3,048	0,675	0,665	0,599	0,477	0,502	0,457	0,417	0,443	0,340	0,433	0,186	0,423
0,390	0,915	4,065	0,682	0,697	0,609	0,486	0,509	0,464	0,423	0,449	0,345	0,439	0,187	0,429
0,395	0,939	5,966	0,689	0,729	0,614	0,504	0,517	0,471	0,429	0,456	0,349	0,445	0,188	0,435
0,400	0,965	10,771	0,695	0,762	0,619	0,522	0,525	0,478	0,435	0,462	0,354	0,452	0,188	0,440
0,405			0,701	0,796	0,624	0,540	0,533	0,485	0,441	0,469	0,359	0,458	0,189	0,445
0,410			0,707	0,830	0,629	0,559	0,541	0,492	0,447	0,475	0,364	0,464	0,189	0,451
0,415			0,713	0,866	0,633	0,578	0,549	0,499	0,454	0,482	0,369	0,470	0,190	0,457
0,420			0,719	0,902	0,638	0,597	0,557	0,507	0,460	0,488	0,373	0,476	0,190	0,462
0,425			0,724	0,939	0,642	0,616	0,565	0,514	0,466	0,495	0,378	0,482	0,191	0,468
0,430			0,729	0,977	0,647	0,636	0,573	0,521	0,472	0,501	0,383	0,488	0,192	0,474
0,435			0,735	1,015	0,651	0,655	0,581	0,529	0,478	0,508	0,388	0,494	0,192	0,479
0,440			0,739	1,054	0,655	0,675	0,589	0,536	0,485	0,515	0,393	0,501	0,193	0,484
0,445			0,744	1,094	0,659	0,696	0,597	0,544	0,491	0,521	0,398	0,507	0,193	0,490
0,450			0,749	1,135	0,663	0,716	0,605	0,551	0,497	0,528	0,403	0,513	0,194	0,496
0,455			0,753	1,176	0,667	0,737	0,610	0,563	0,504	0,535	0,407	0,519	0,194	0,501
0,460			0,758	1,218	0,670	0,758	0,614	0,577	0,510	0,542	0,412	0,525	0,195	0,507
0,465			0,762	1,260	0,674	0,780	0,617	0,591	0,516	0,548	0,417	0,532	0,195	0,512
0,470			0,766	1,303	0,677	0,801	0,620	0,606	0,523	0,555	0,422	0,538	0,196	0,518
0,475			0,770	1,346	0,681	0,822	0,623	0,621	0,529	0,562	0,427	0,544	0,196	0,524
0,480			0,773	1,390	0,684	0,844	0,626	0,635	0,536	0,569	0,432	0,551	0,197	0,529
0,485			0,777	1,435	0,687	0,866	0,629	0,650	0,542	0,576	0,437	0,557	0,197	0,535
0,490			0,781	1,479	0,691	0,888	0,632	0,665	0,549	0,583	0,442	0,563	0,198	0,540
0,495			0,784	1,524	0,694	0,911	0,634	0,680	0,555	0,590	0,447	0,570	0,198	0,546
0,500			0,787	1,570	0,697	0,933	0,637	0,695	0,562	0,597	0,452	0,576	0,199	0,551
0,505			0,790	1,616	0,700	0,956	0,640	0,710	0,568	0,604	0,457	0,582	0,199	0,557
0,510			0,793	1,662	0,702	0,978	0,642	0,725	0,575	0,611	0,462	0,589	0,199	0,563
0,515			0,796	1,709	0,705	1,002	0,645	0,741	0,582	0,618	0,467	0,595	0,200	0,568
0,520			0,799	1,756	0,708	1,025	0,647	0,756	0,588	0,625	0,472	0,601	0,200	0,573
0,525			0,802	1,803	0,711	1,048	0,650	0,771	0,595	0,632	0,477	0,608	0,201	0,579
0,530			0,805	1,851	0,713	1,071	0,652	0,787	0,602	0,639	0,482	0,614	0,201	0,584
0,535			0,807	1,899	0,716	1,095	0,654	0,803	0,608	0,646	0,487	0,621	0,202	0,590
0,540			0,810	1,947	0,718	1,118	0,657	0,818	0,610	0,658	0,492	0,627	0,202	0,596
0,545			0,812	1,995	0,721	1,142	0,659	0,834	0,612	0,670	0,497	0,634	0,202	0,601
0,550			0,814	2,045	0,723	1,166	0,661	0,850	0,614	0,682	0,502	0,640	0,203	0,607
0,555			0,817	2,094	0,725	1,190	0,663	0,866	0,616	0,694	0,507	0,647	0,203	0,613
0,560			0,819	2,143	0,727	1,214	0,665	0,882	0,618	0,706	0,513	0,653	0,204	0,618
0,565			0,821	2,192	0,730	1,238	0,667	0,898	0,620	0,718	0,518	0,660	0,204	0,623
0,570			0,823	2,242	0,732	1,263	0,669	0,914	0,622	0,730	0,523	0,666	0,204	0,629
0,575			0,825	2,292	0,734	1,287	0,671	0,930	0,624	0,742	0,528	0,673	0,205	0,635
0,580			0,827	2,342	0,736	1,311	0,673	0,946	0,626	0,754	0,533	0,680	0,205	0,641
0,585			0,829	2,392	0,738	1,335	0,675	0,962	0,627	0,767	0,538	0,686	0,206	0,646
0,590			0,831	2,443	0,740	1,360	0,677	0,979	0,629	0,779	0,544	0,693	0,206	0,652
0,595			0,832	2,493	0,741	1,385	0,679	0,995	0,631	0,791	0,549	0,699	0,206	0,657
0,600			0,834	2,544	0,743	1,410	0,681	1,011	0,633	0,803	0,554	0,706	0,207	0,662
0,605			0,836	2,595	0,745	1,435	0,682	1,028	0,634	0,816	0,559	0,713	0,207	0,668
0,610			0,837	2,645	0,747	1,459	0,684	1,045	0,636	0,828	0,565	0,719	0,207	0,674
0,615			0,839	2,696	0,749	1,484	0,686	1,061	0,637	0,840	0,570	0,726	0,208	0,680
0,620			0,840	2,748	0,750	1,510	0,687	1,078	0,639	0,853	0,575	0,733	0,208	0,685
0,625			0,842	2,799	0,752	1,534	0,689	1,094	0,640	0,865	0,580	0,740	0,208	0,691
0,630			0,843	2,851	0,753	1,559	0,690	1,111	0,642	0,878	0,586	0,746	0,209	0,696
0,635			0,845	2,903	0,755	1,585	0,692	1,128	0,643	0,890	0,591	0,753	0,209	0,701
0,640			0,846	2,954	0,757	1,610	0,693	1,144	0,645	0,903	0,596	0,760	0,209	0,707
0,645			0,847	3,007	0,758	1,635	0,695	1,161	0,646	0,915	0,602	0,767	0,210	0,713
0,650			0,849	3,059	0,760	1,661	0,696	1,178	0,648	0,928	0,607	0,774	0,210	0,718
0,655			0,850	3,111	0,761	1,687	0,698	1,195	0,649	0,940	0,609	0,783	0,210	0,724
0,660			0,851	3,162	0,762	1,712	0,699	1,212	0,650	0,953	0,610	0,793	0,211	0,729
0,665			0,852	3,215	0,764	1,738	0,701	1,228	0,652	0,966	0,612	0,803	0,211	0,735
0,670			0,853	3,267	0,765	1,763	0,702	1,245	0,653	0,979	0,613	0,813	0,211	0,741
0,675			0,855	3,320	0,766	1,789	0,703	1,263	0,654	0,991	0,614	0,824	0,212	0,746
0,680			0,856	3,372	0,768	1,815	0,705	1,280	0,655	1,004	0,615	0,833	0,212	0,751
0,685			0,857	3,426	0,769	1,841	0,706	1,296	0,657	1,017	0,617	0,844	0,212	0,758
0,690			0,858	3,478	0,770	1,867	0,707	1,313	0,658	1,029	0,618	0,854	0,213	0,763
0,695			0,859	3,530	0,771	1,892	0,708	1,331	0,659	1,042	0,619	0,864	0,213	0,769
0,700			0,860	3,583	0,773	1,918	0,710	1,348	0,660	1,055	0,620	0,874	0,213	0,774

## FLEXÃO SIMPLES

Tabela 10

EC2	
Betão	C70/85
Aço	S500
a/d	0,10

$$\alpha = \frac{x}{d} \quad A_s = A_{s1} + A_{s2}$$

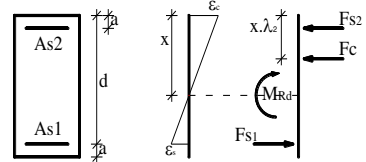
μ	β = 0		β = 0,1		β = 0,2		β = 0,3		β = 0,4		β = 0,5		β = 1,0	
	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω
0,005	0,026	0,005	0,027	0,005	0,028	0,005	0,029	0,005	0,030	0,005	0,031	0,005	0,034	0,005
0,010	0,037	0,010	0,038	0,010	0,040	0,010	0,041	0,010	0,042	0,010	0,043	0,010	0,047	0,010
0,015	0,046	0,015	0,047	0,015	0,048	0,015	0,050	0,015	0,051	0,015	0,052	0,015	0,056	0,015
0,020	0,053	0,020	0,055	0,020	0,056	0,020	0,057	0,020	0,058	0,020	0,059	0,020	0,063	0,020
0,025	0,060	0,025	0,061	0,025	0,062	0,025	0,064	0,025	0,065	0,025	0,066	0,025	0,070	0,025
0,030	0,066	0,031	0,067	0,031	0,068	0,031	0,069	0,030	0,070	0,030	0,071	0,030	0,075	0,030
0,035	0,072	0,036	0,073	0,036	0,074	0,036	0,075	0,036	0,076	0,036	0,077	0,036	0,080	0,035
0,040	0,077	0,041	0,078	0,041	0,079	0,041	0,080	0,041	0,081	0,041	0,081	0,041	0,084	0,041
0,045	0,082	0,046	0,083	0,046	0,084	0,046	0,085	0,046	0,085	0,046	0,086	0,046	0,088	0,046
0,050	0,087	0,052	0,088	0,052	0,089	0,052	0,089	0,051	0,090	0,051	0,090	0,051	0,092	0,051
0,055	0,092	0,057	0,093	0,057	0,093	0,057	0,094	0,057	0,094	0,057	0,094	0,057	0,095	0,057
0,060	0,098	0,062	0,098	0,062	0,098	0,062	0,098	0,062	0,098	0,062	0,098	0,062	0,099	0,062
0,065	0,106	0,068	0,105	0,068	0,105	0,068	0,104	0,068	0,104	0,068	0,104	0,068	0,103	0,068
0,070	0,115	0,073	0,113	0,073	0,112	0,073	0,111	0,073	0,110	0,073	0,109	0,073	0,106	0,073
0,075	0,123	0,078	0,121	0,079	0,118	0,079	0,117	0,079	0,115	0,079	0,114	0,079	0,110	0,079
0,080	0,132	0,084	0,128	0,084	0,125	0,084	0,123	0,084	0,121	0,084	0,119	0,084	0,113	0,084
0,085	0,140	0,090	0,136	0,090	0,132	0,090	0,129	0,090	0,126	0,090	0,124	0,090	0,116	0,090
0,090	0,149	0,095	0,144	0,095	0,139	0,095	0,135	0,095	0,131	0,095	0,129	0,095	0,119	0,095
0,095	0,158	0,101	0,151	0,101	0,146	0,101	0,141	0,101	0,137	0,101	0,133	0,101	0,122	0,101
0,100	0,167	0,106	0,159	0,106	0,152	0,106	0,147	0,106	0,142	0,106	0,138	0,106	0,125	0,106
0,105	0,176	0,112	0,167	0,112	0,159	0,112	0,153	0,112	0,147	0,112	0,143	0,112	0,128	0,112
0,110	0,185	0,118	0,175	0,118	0,166	0,118	0,159	0,117	0,153	0,117	0,147	0,117	0,131	0,117
0,115	0,194	0,124	0,183	0,123	0,173	0,123	0,165	0,123	0,158	0,123	0,152	0,123	0,133	0,123
0,120	0,203	0,130	0,191	0,129	0,180	0,129	0,171	0,129	0,163	0,129	0,156	0,128	0,136	0,128
0,125	0,212	0,135	0,199	0,135	0,187	0,135	0,177	0,134	0,168	0,134	0,161	0,134	0,138	0,134
0,130	0,222	0,141	0,207	0,141	0,194	0,140	0,183	0,140	0,173	0,140	0,165	0,140	0,140	0,139
0,135	0,231	0,147	0,215	0,147	0,201	0,146	0,189	0,146	0,178	0,145	0,170	0,145	0,143	0,145
0,140	0,241	0,153	0,223	0,153	0,208	0,152	0,195	0,151	0,184	0,151	0,174	0,151	0,145	0,151
0,145	0,250	0,159	0,231	0,158	0,215	0,158	0,201	0,157	0,189	0,157	0,179	0,157	0,147	0,156
0,150	0,260	0,166	0,239	0,164	0,222	0,164	0,207	0,163	0,194	0,163	0,183	0,162	0,149	0,162
0,155	0,270	0,172	0,248	0,170	0,229	0,169	0,213	0,169	0,199	0,168	0,187	0,168	0,152	0,167
0,160	0,279	0,178	0,256	0,176	0,236	0,175	0,219	0,175	0,204	0,174	0,192	0,174	0,154	0,173
0,165	0,289	0,184	0,264	0,182	0,243	0,181	0,225	0,180	0,209	0,180	0,196	0,179	0,156	0,178
0,170	0,299	0,191	0,273	0,189	0,250	0,187	0,231	0,186	0,214	0,185	0,200	0,185	0,158	0,184
0,175	0,309	0,197	0,281	0,195	0,257	0,193	0,237	0,192	0,219	0,191	0,204	0,191	0,160	0,190
0,180	0,319	0,204	0,290	0,201	0,264	0,199	0,243	0,198	0,224	0,197	0,209	0,196	0,161	0,195
0,185	0,330	0,210	0,298	0,207	0,271	0,205	0,249	0,204	0,229	0,203	0,213	0,202	0,163	0,201
0,190	0,340	0,217	0,307	0,214	0,279	0,211	0,255	0,210	0,234	0,209	0,217	0,208	0,165	0,206
0,195	0,350	0,223	0,316	0,220	0,286	0,217	0,261	0,216	0,239	0,214	0,221	0,214	0,167	0,212
0,200	0,361	0,230	0,325	0,226	0,293	0,223	0,267	0,222	0,244	0,220	0,225	0,219	0,169	0,218
0,205	0,372	0,237	0,333	0,233	0,301	0,230	0,273	0,228	0,249	0,226	0,229	0,225	0,170	0,223
0,210	0,383	0,244	0,342	0,239	0,308	0,236	0,279	0,233	0,254	0,232	0,234	0,231	0,172	0,229
0,215	0,393	0,251	0,351	0,246	0,315	0,242	0,285	0,239	0,259	0,238	0,238	0,236	0,174	0,234
0,220	0,404	0,258	0,360	0,252	0,323	0,248	0,291	0,246	0,264	0,244	0,242	0,242	0,175	0,240
0,225	0,416	0,265	0,369	0,259	0,330	0,255	0,297	0,252	0,269	0,249	0,246	0,248	0,177	0,245
0,230	0,427	0,272	0,379	0,265	0,338	0,261	0,303	0,258	0,274	0,255	0,250	0,254	0,179	0,251
0,235	0,438	0,279	0,388	0,272	0,345	0,267	0,309	0,264	0,279	0,261	0,254	0,260	0,180	0,257
0,240	0,450	0,287	0,397	0,279	0,353	0,274	0,316	0,270	0,284	0,267	0,258	0,265	0,182	0,262
0,245	0,462	0,294	0,406	0,286	0,361	0,280	0,322	0,276	0,289	0,273	0,262	0,271	0,183	0,268
0,250	0,473	0,302	0,416	0,293	0,368	0,286	0,328	0,282	0,294	0,279	0,266	0,277	0,185	0,273
0,255	0,485	0,309	0,425	0,300	0,376	0,293	0,334	0,288	0,299	0,285	0,270	0,283	0,186	0,279
0,260	0,498	0,317	0,435	0,307	0,384	0,299	0,340	0,294	0,304	0,291	0,274	0,289	0,188	0,285
0,265	0,510	0,325	0,445	0,314	0,391	0,306	0,347	0,301	0,309	0,297	0,278	0,295	0,189	0,290
0,270	0,523	0,333	0,455	0,321	0,399	0,313	0,353	0,307	0,314	0,303	0,282	0,300	0,190	0,296
0,275	0,535	0,341	0,465	0,328	0,407	0,319	0,359	0,313	0,319	0,309	0,286	0,306	0,192	0,301
0,280	0,548	0,349	0,474	0,335	0,415	0,326	0,366	0,319	0,325	0,315	0,290	0,312	0,193	0,307
0,285	0,561	0,369	0,485	0,343	0,423	0,333	0,372	0,326	0,330	0,321	0,294	0,318	0,194	0,313
0,290	0,575	0,398	0,495	0,350	0,431	0,339	0,378	0,332	0,335	0,327	0,298	0,324	0,196	0,318
0,295	0,588	0,431	0,505	0,357	0,439	0,346	0,385	0,338	0,340	0,333	0,302	0,330	0,197	0,324
0,300	0,602	0,467	0,515	0,365	0,447	0,353	0,391	0,345	0,345	0,339	0,306	0,336	0,198	0,329
0,305	0,616	0,507	0,526	0,373	0,455	0,360	0,397	0,351	0,350	0,345	0,310	0,342	0,200	0,335
0,310	0,630	0,551	0,537	0,380	0,463	0,367	0,404	0,358	0,355	0,352	0,314	0,347	0,201	0,340
0,315	0,645	0,601	0,548	0,388	0,472	0,374	0,410	0,364	0,360	0,358	0,318	0,353	0,202	0,346
0,320	0,660	0,657	0,558	0,403	0,480	0,381	0,417	0,371	0,365	0,364	0,322	0,359	0,203	0,352
0,325	0,675	0,719	0,566	0,424	0,488	0,388	0,423	0,377	0,370	0,370	0,326	0,365	0,205	0,357
0,330	0,690	0,790	0,574	0,446	0,497	0,395	0,430	0,384	0,375	0,376	0,330	0,371	0,206	0,363
0,335	0,706	0,872	0,582	0,469	0,505	0,402	0,436	0,390	0,380	0,382	0,334	0,377	0,207	0,368
0,340	0,723	0,966	0,590	0,493	0,513	0,409	0,443	0,397	0,385	0,389	0,338	0,383	0,208	0,374
0,345	0,739	1,076	0,598	0,517	0,523	0,416	0,450	0,403	0,391	0,395	0,342	0,389	0,209	0,380
0,350	0,756	1,205	0,605	0,543	0,532	0,424	0,456	0,410	0,396	0,401	0,346	0,395	0,210	0,385

## FLEXÃO SIMPLES

**Tabela 10**

Zona	$\epsilon_c$ (m/m)	$\epsilon_s$ (m/m)	$\alpha$
II a	0,0000	0,0250	0,0000
II b	0,0024	0,0250	0,0876
III a	0,0027	0,0250	0,0975
III b	0,0027	0,0022	0,5540
fim	0,0027	0,0000	1,0000

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b \times d^2 \times f_{cd}} \quad \omega = \frac{A_s}{b \times d} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}}$$



$\mu$	$\beta = 0$		$\beta = 0,1$		$\beta = 0,2$		$\beta = 0,3$		$\beta = 0,4$		$\beta = 0,5$		$\beta = 1,0$	
	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$
0,355	0,774	1,360	0,613	0,569	0,541	0,431	0,463	0,417	0,401	0,407	0,350	0,401	0,212	0,391
0,360	0,792	1,548	0,620	0,596	0,551	0,439	0,469	0,423	0,406	0,413	0,354	0,407	0,213	0,396
0,365	0,811	1,783	0,627	0,625	0,558	0,452	0,476	0,430	0,411	0,420	0,358	0,413	0,214	0,402
0,370	0,830	2,082	0,634	0,653	0,563	0,469	0,483	0,437	0,416	0,426	0,362	0,419	0,215	0,408
0,375	0,850	2,474	0,640	0,683	0,568	0,486	0,490	0,443	0,421	0,432	0,366	0,425	0,216	0,413
0,380	0,871	3,017	0,647	0,714	0,573	0,503	0,496	0,450	0,427	0,439	0,370	0,431	0,217	0,419
0,385	0,893	3,810	0,653	0,746	0,578	0,521	0,503	0,457	0,432	0,445	0,374	0,437	0,218	0,424
0,390	0,915	5,082	0,660	0,778	0,583	0,539	0,510	0,464	0,437	0,451	0,378	0,443	0,219	0,430
0,395	0,939	7,457	0,666	0,811	0,587	0,557	0,517	0,471	0,442	0,458	0,382	0,449	0,220	0,436
0,400	0,965	13,464	0,672	0,845	0,592	0,575	0,525	0,478	0,447	0,464	0,386	0,455	0,221	0,441
0,405			0,678	0,879	0,597	0,594	0,533	0,485	0,453	0,470	0,390	0,461	0,222	0,447
0,410			0,683	0,915	0,601	0,613	0,541	0,492	0,458	0,477	0,394	0,467	0,223	0,452
0,415			0,689	0,951	0,605	0,632	0,549	0,499	0,463	0,483	0,398	0,473	0,224	0,458
0,420			0,694	0,988	0,609	0,652	0,555	0,509	0,468	0,490	0,402	0,480	0,225	0,464
0,425			0,699	1,025	0,614	0,671	0,559	0,522	0,473	0,496	0,406	0,486	0,226	0,469
0,430			0,704	1,063	0,618	0,691	0,562	0,536	0,479	0,503	0,409	0,492	0,227	0,475
0,435			0,709	1,102	0,621	0,711	0,565	0,550	0,484	0,509	0,413	0,498	0,228	0,480
0,440			0,714	1,142	0,625	0,732	0,569	0,564	0,489	0,516	0,417	0,504	0,229	0,486
0,445			0,718	1,182	0,629	0,753	0,572	0,578	0,495	0,522	0,421	0,510	0,230	0,491
0,450			0,723	1,222	0,633	0,773	0,575	0,592	0,500	0,529	0,425	0,516	0,231	0,497
0,455			0,727	1,263	0,636	0,794	0,578	0,606	0,505	0,535	0,429	0,522	0,232	0,503
0,460			0,731	1,305	0,640	0,815	0,581	0,621	0,511	0,542	0,433	0,529	0,233	0,508
0,465			0,735	1,347	0,643	0,837	0,584	0,635	0,516	0,548	0,437	0,535	0,234	0,514
0,470			0,739	1,390	0,646	0,858	0,587	0,650	0,523	0,555	0,441	0,541	0,234	0,519
0,475			0,743	1,433	0,649	0,880	0,589	0,665	0,529	0,562	0,445	0,547	0,235	0,525
0,480			0,746	1,476	0,653	0,902	0,592	0,680	0,536	0,569	0,449	0,553	0,236	0,531
0,485			0,750	1,521	0,656	0,924	0,595	0,695	0,542	0,576	0,453	0,559	0,237	0,536
0,490			0,753	1,565	0,659	0,946	0,597	0,709	0,549	0,583	0,457	0,566	0,238	0,542
0,495			0,757	1,610	0,662	0,969	0,600	0,725	0,554	0,590	0,461	0,572	0,239	0,547
0,500			0,760	1,655	0,664	0,991	0,603	0,740	0,557	0,602	0,465	0,578	0,240	0,553
0,505			0,763	1,701	0,667	1,014	0,605	0,755	0,559	0,614	0,469	0,584	0,241	0,559
0,510			0,766	1,747	0,670	1,036	0,607	0,770	0,561	0,625	0,473	0,590	0,241	0,564
0,515			0,769	1,794	0,673	1,060	0,610	0,786	0,563	0,637	0,477	0,597	0,242	0,570
0,520			0,772	1,839	0,675	1,082	0,612	0,801	0,565	0,649	0,481	0,603	0,243	0,576
0,525			0,774	1,886	0,678	1,106	0,614	0,817	0,567	0,660	0,485	0,609	0,244	0,581
0,530			0,777	1,934	0,680	1,129	0,617	0,832	0,569	0,672	0,489	0,615	0,245	0,587
0,535			0,780	1,982	0,683	1,153	0,619	0,848	0,571	0,684	0,493	0,622	0,245	0,592
0,540			0,782	2,029	0,685	1,176	0,621	0,864	0,573	0,696	0,497	0,628	0,246	0,598
0,545			0,785	2,078	0,687	1,200	0,623	0,879	0,575	0,708	0,501	0,634	0,247	0,603
0,550			0,787	2,126	0,690	1,224	0,625	0,895	0,577	0,720	0,505	0,641	0,248	0,609
0,555			0,789	2,174	0,692	1,248	0,627	0,911	0,579	0,732	0,509	0,647	0,249	0,615
0,560			0,792	2,223	0,694	1,272	0,629	0,927	0,581	0,744	0,513	0,653	0,249	0,620
0,565			0,794	2,272	0,696	1,295	0,631	0,943	0,582	0,756	0,518	0,660	0,250	0,626
0,570			0,796	2,321	0,698	1,319	0,633	0,959	0,584	0,768	0,523	0,666	0,251	0,631
0,575			0,798	2,370	0,700	1,344	0,635	0,976	0,586	0,780	0,528	0,673	0,252	0,637
0,580			0,800	2,420	0,702	1,368	0,637	0,992	0,587	0,792	0,533	0,680	0,252	0,643
0,585			0,802	2,471	0,704	1,393	0,638	1,008	0,589	0,805	0,538	0,686	0,253	0,648
0,590			0,804	2,520	0,706	1,417	0,640	1,024	0,591	0,817	0,544	0,693	0,254	0,654
0,595			0,806	2,570	0,708	1,441	0,642	1,041	0,592	0,829	0,549	0,699	0,255	0,660
0,600			0,807	2,620	0,710	1,466	0,644	1,057	0,594	0,842	0,554	0,706	0,255	0,665
0,605			0,809	2,671	0,711	1,491	0,645	1,073	0,595	0,854	0,555	0,716	0,256	0,671
0,610			0,811	2,722	0,713	1,516	0,647	1,090	0,597	0,866	0,557	0,726	0,257	0,676
0,615			0,812	2,773	0,715	1,541	0,648	1,106	0,598	0,879	0,558	0,736	0,257	0,682
0,620			0,814	2,824	0,716	1,566	0,650	1,123	0,600	0,891	0,559	0,746	0,258	0,688
0,625			0,816	2,874	0,718	1,590	0,652	1,140	0,601	0,903	0,561	0,756	0,259	0,693
0,630			0,817	2,925	0,720	1,616	0,653	1,156	0,603	0,916	0,562	0,766	0,259	0,699
0,635			0,819	2,977	0,721	1,640	0,654	1,173	0,604	0,929	0,563	0,776	0,260	0,704
0,640			0,820	3,028	0,723	1,666	0,656	1,190	0,605	0,941	0,565	0,786	0,261	0,710
0,645			0,821	3,080	0,724	1,691	0,657	1,206	0,607	0,954	0,566	0,796	0,261	0,715
0,650			0,823	3,130	0,726	1,716	0,659	1,223	0,608	0,966	0,567	0,806	0,262	0,721
0,655			0,824	3,183	0,727	1,742	0,660	1,240	0,609	0,979	0,568	0,816	0,263	0,727
0,660			0,825	3,234	0,729	1,768	0,662	1,257	0,610	0,991	0,569	0,827	0,263	0,732
0,665			0,827	3,287	0,730	1,792	0,663	1,274	0,612	1,004	0,571	0,837	0,264	0,738
0,670			0,828	3,339	0,731	1,819	0,664	1,291	0,613	1,016	0,572	0,847	0,265	0,744
0,675			0,829	3,391	0,733	1,844	0,665	1,308	0,614	1,030	0,573	0,857	0,265	0,749
0,680			0,830	3,443	0,734	1,869	0,667	1,324	0,615	1,042	0,574	0,867	0,266	0,754
0,685			0,832	3,495	0,735	1,895	0,668	1,342	0,617	1,055	0,575	0,877	0,267	0,760
0,690			0,833	3,548	0,736	1,921	0,669	1,358	0,618	1,068	0,576	0,888	0,267	0,766
0,695			0,834	3,600	0,738	1,947	0,670	1,375	0,619	1,080	0,577	0,898	0,268	0,772
0,700			0,835	3,651	0,739	1,972	0,672	1,392	0,620	1,093	0,578	0,908	0,269	0,777

# FLEXÃO SIMPLES

Tabela 11

$$\alpha = \frac{x}{d} \quad A_s = A_{s1} + A_{s2}$$

<b>EC2</b>	
<b>Betão</b>	<b>C80/95</b>
<b>Aço</b>	<b>S400</b>
<b>a/d</b>	<b>0,10</b>

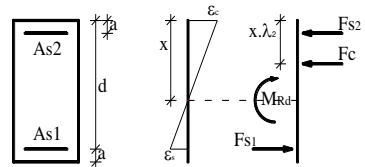
$\mu$	$\beta = 0$		$\beta = 0,1$		$\beta = 0,2$		$\beta = 0,3$		$\beta = 0,4$		$\beta = 0,5$		$\beta = 1,0$	
	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$
0,005	0,027	0,005	0,028	0,005	0,029	0,005	0,030	0,005	0,031	0,005	0,032	0,005	0,036	0,005
0,010	0,038	0,010	0,040	0,010	0,041	0,010	0,043	0,010	0,044	0,010	0,045	0,010	0,050	0,010
0,015	0,047	0,015	0,049	0,015	0,050	0,015	0,052	0,015	0,053	0,015	0,054	0,015	0,059	0,015
0,020	0,055	0,020	0,057	0,020	0,058	0,020	0,059	0,020	0,061	0,020	0,062	0,020	0,067	0,020
0,025	0,062	0,026	0,063	0,025	0,065	0,025	0,066	0,025	0,067	0,025	0,068	0,025	0,073	0,025
0,030	0,068	0,031	0,069	0,031	0,071	0,031	0,072	0,030	0,073	0,030	0,074	0,030	0,078	0,030
0,035	0,074	0,036	0,075	0,036	0,076	0,036	0,077	0,036	0,078	0,036	0,079	0,036	0,083	0,035
0,040	0,079	0,041	0,080	0,041	0,081	0,041	0,082	0,041	0,083	0,041	0,084	0,041	0,087	0,041
0,045	0,084	0,046	0,085	0,046	0,086	0,046	0,087	0,046	0,088	0,046	0,088	0,046	0,091	0,046
0,050	0,090	0,052	0,090	0,052	0,091	0,052	0,091	0,052	0,092	0,051	0,092	0,051	0,094	0,051
0,055	0,095	0,057	0,096	0,057	0,096	0,057	0,096	0,057	0,097	0,057	0,097	0,057	0,098	0,057
0,060	0,104	0,062	0,103	0,062	0,103	0,062	0,103	0,062	0,102	0,062	0,102	0,062	0,102	0,062
0,065	0,113	0,068	0,111	0,068	0,110	0,068	0,109	0,068	0,108	0,068	0,107	0,068	0,105	0,068
0,070	0,122	0,073	0,119	0,073	0,117	0,073	0,115	0,073	0,113	0,073	0,112	0,073	0,108	0,073
0,075	0,131	0,079	0,127	0,079	0,124	0,079	0,121	0,079	0,119	0,079	0,117	0,079	0,111	0,079
0,080	0,140	0,084	0,135	0,084	0,131	0,084	0,127	0,084	0,124	0,084	0,122	0,084	0,114	0,084
0,085	0,150	0,090	0,143	0,090	0,137	0,090	0,133	0,090	0,129	0,090	0,126	0,090	0,117	0,090
0,090	0,159	0,095	0,151	0,095	0,144	0,095	0,139	0,095	0,135	0,095	0,131	0,095	0,120	0,095
0,095	0,169	0,101	0,159	0,101	0,151	0,101	0,145	0,101	0,140	0,101	0,135	0,101	0,122	0,101
0,100	0,178	0,107	0,167	0,107	0,158	0,106	0,151	0,106	0,145	0,106	0,140	0,106	0,125	0,106
0,105	0,188	0,112	0,175	0,112	0,165	0,112	0,157	0,112	0,150	0,112	0,144	0,112	0,127	0,112
0,110	0,197	0,118	0,183	0,118	0,172	0,118	0,162	0,118	0,155	0,118	0,148	0,117	0,129	0,117
0,115	0,207	0,124	0,192	0,124	0,179	0,123	0,168	0,123	0,160	0,123	0,152	0,123	0,132	0,123
0,120	0,217	0,130	0,200	0,129	0,186	0,129	0,174	0,129	0,164	0,129	0,157	0,129	0,134	0,129
0,125	0,227	0,136	0,208	0,135	0,193	0,135	0,180	0,135	0,169	0,134	0,161	0,134	0,136	0,134
0,130	0,237	0,142	0,216	0,141	0,199	0,141	0,186	0,140	0,174	0,140	0,165	0,140	0,138	0,140
0,135	0,247	0,148	0,225	0,147	0,206	0,146	0,191	0,146	0,179	0,146	0,169	0,145	0,140	0,145
0,140	0,257	0,154	0,233	0,153	0,213	0,152	0,197	0,152	0,184	0,151	0,173	0,151	0,141	0,151
0,145	0,267	0,160	0,242	0,159	0,220	0,158	0,203	0,157	0,188	0,157	0,177	0,157	0,143	0,156
0,150	0,278	0,166	0,250	0,165	0,227	0,164	0,208	0,163	0,193	0,163	0,180	0,162	0,145	0,162
0,155	0,288	0,173	0,259	0,171	0,234	0,170	0,214	0,169	0,198	0,168	0,184	0,168	0,147	0,167
0,160	0,299	0,179	0,267	0,177	0,241	0,175	0,220	0,175	0,202	0,174	0,188	0,174	0,148	0,173
0,165	0,309	0,185	0,276	0,183	0,248	0,181	0,226	0,180	0,207	0,180	0,192	0,179	0,150	0,178
0,170	0,320	0,192	0,285	0,189	0,256	0,187	0,231	0,186	0,212	0,185	0,196	0,185	0,151	0,184
0,175	0,331	0,198	0,294	0,195	0,263	0,193	0,237	0,192	0,216	0,191	0,199	0,190	0,153	0,190
0,180	0,342	0,205	0,302	0,201	0,270	0,199	0,243	0,198	0,221	0,197	0,203	0,196	0,154	0,195
0,185	0,353	0,211	0,312	0,208	0,277	0,205	0,249	0,204	0,225	0,203	0,207	0,202	0,156	0,201
0,190	0,364	0,218	0,321	0,214	0,284	0,211	0,254	0,209	0,230	0,208	0,210	0,207	0,157	0,206
0,195	0,375	0,225	0,331	0,220	0,291	0,217	0,260	0,215	0,235	0,214	0,214	0,213	0,158	0,212
0,200	0,387	0,232	0,341	0,227	0,299	0,223	0,266	0,221	0,239	0,220	0,218	0,219	0,160	0,217
0,205	0,398	0,239	0,351	0,233	0,306	0,230	0,272	0,227	0,244	0,226	0,221	0,225	0,161	0,223
0,210	0,410	0,246	0,360	0,240	0,315	0,236	0,277	0,233	0,248	0,231	0,225	0,230	0,162	0,229
0,215	0,422	0,253	0,370	0,247	0,323	0,242	0,283	0,239	0,253	0,237	0,228	0,236	0,164	0,234
0,220	0,434	0,260	0,380	0,253	0,331	0,248	0,289	0,245	0,257	0,243	0,232	0,242	0,165	0,240
0,225	0,446	0,267	0,390	0,260	0,340	0,255	0,295	0,251	0,262	0,249	0,235	0,247	0,166	0,245
0,230	0,458	0,275	0,401	0,267	0,348	0,261	0,300	0,257	0,266	0,255	0,239	0,253	0,167	0,251
0,235	0,471	0,282	0,411	0,274	0,357	0,267	0,307	0,263	0,271	0,260	0,242	0,259	0,168	0,256
0,240	0,483	0,290	0,421	0,281	0,366	0,274	0,314	0,269	0,275	0,266	0,246	0,265	0,169	0,262
0,245	0,496	0,297	0,432	0,287	0,374	0,280	0,321	0,275	0,280	0,272	0,249	0,270	0,170	0,268
0,250	0,509	0,305	0,442	0,295	0,383	0,287	0,329	0,281	0,284	0,278	0,253	0,276	0,172	0,273
0,255	0,522	0,313	0,453	0,302	0,392	0,293	0,336	0,288	0,288	0,284	0,256	0,282	0,173	0,279
0,260	0,536	0,321	0,464	0,309	0,401	0,300	0,343	0,294	0,293	0,290	0,259	0,287	0,174	0,284
0,265	0,549	0,329	0,475	0,316	0,409	0,307	0,350	0,300	0,297	0,296	0,263	0,293	0,175	0,290
0,270	0,563	0,337	0,486	0,323	0,418	0,314	0,358	0,306	0,302	0,301	0,266	0,299	0,176	0,295
0,275	0,577	0,346	0,497	0,331	0,427	0,320	0,365	0,313	0,308	0,307	0,269	0,305	0,177	0,301
0,280	0,591	0,354	0,508	0,338	0,437	0,327	0,373	0,319	0,314	0,313	0,273	0,310	0,178	0,307
0,285	0,606	0,373	0,519	0,346	0,446	0,334	0,380	0,325	0,320	0,320	0,276	0,316	0,178	0,312
0,290	0,620	0,407	0,531	0,353	0,455	0,341	0,388	0,332	0,326	0,326	0,279	0,322	0,179	0,318
0,295	0,635	0,444	0,542	0,361	0,464	0,348	0,395	0,338	0,332	0,332	0,283	0,328	0,180	0,323
0,300	0,651	0,486	0,554	0,369	0,474	0,355	0,403	0,345	0,338	0,338	0,286	0,334	0,181	0,329
0,305	0,666	0,534	0,566	0,377	0,483	0,362	0,410	0,351	0,344	0,344	0,289	0,339	0,182	0,334
0,310	0,682	0,588	0,578	0,385	0,492	0,369	0,418	0,358	0,350	0,350	0,293	0,345	0,183	0,340
0,315	0,699	0,650	0,590	0,393	0,502	0,376	0,426	0,364	0,357	0,356	0,296	0,351	0,184	0,346
0,320	0,716	0,722	0,601	0,405	0,512	0,383	0,433	0,371	0,363	0,362	0,299	0,357	0,185	0,351
0,325	0,733	0,805	0,610	0,427	0,521	0,391	0,441	0,378	0,369	0,369	0,302	0,363	0,185	0,357
0,330	0,750	0,904	0,619	0,451	0,531	0,398	0,449	0,384	0,375	0,375	0,307	0,368	0,186	0,362
0,335	0,768	1,022	0,627	0,476	0,541	0,405	0,457	0,391	0,382	0,381	0,312	0,374	0,187	0,368
0,340	0,787	1,166	0,635	0,501	0,551	0,413	0,465	0,398	0,388	0,387	0,317	0,380	0,188	0,374
0,345	0,806	1,345	0,643	0,528	0,561	0,420	0,473	0,405	0,394	0,394	0,322	0,386	0,188	0,379
0,350	0,826	1,573	0,651	0,556	0,571	0,428	0,480	0,411	0,401	0,400	0,327	0,392	0,189	0,385

## FLEXÃO SIMPLES

**Tabela 11**

Zona	$\epsilon_c$ (m/m)	$\epsilon_s$ (m/m)	$\alpha$
II a	0,0000	0,0250	0,0000
II b	0,0025	0,0250	0,0909
III a	0,0026	0,0250	0,0942
III b	0,0026	0,0017	0,5992
fim	0,0026	0,0000	1,0000

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b \times d^2 \times f_{cd}} \qquad \omega = \frac{A_s}{b \times d} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}}$$



$\mu$	$\beta = 0$		$\beta = 0,1$		$\beta = 0,2$		$\beta = 0,3$		$\beta = 0,4$		$\beta = 0,5$		$\beta = 1,0$	
	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$
0,355	0,847	1,873	0,658	0,584	0,581	0,436	0,488	0,418	0,407	0,406	0,332	0,398	0,190	0,390
0,360	0,868	2,286	0,666	0,613	0,592	0,443	0,497	0,425	0,413	0,413	0,337	0,404	0,191	0,396
0,365	0,890	2,889	0,673	0,644	0,601	0,454	0,505	0,432	0,420	0,419	0,342	0,410	0,191	0,401
0,370	0,913	3,854	0,680	0,675	0,606	0,471	0,513	0,439	0,426	0,426	0,347	0,416	0,192	0,407
0,375	0,938	5,643	0,687	0,707	0,611	0,489	0,521	0,446	0,432	0,432	0,352	0,423	0,193	0,412
0,380	0,963	10,092	0,693	0,740	0,617	0,507	0,529	0,453	0,439	0,438	0,358	0,429	0,194	0,418
0,385			0,700	0,775	0,622	0,525	0,537	0,460	0,445	0,445	0,363	0,435	0,194	0,424
0,390			0,706	0,809	0,627	0,544	0,546	0,467	0,452	0,451	0,368	0,441	0,195	0,429
0,395			0,712	0,845	0,631	0,563	0,554	0,475	0,458	0,458	0,373	0,447	0,196	0,435
0,400			0,718	0,882	0,636	0,582	0,563	0,482	0,465	0,465	0,378	0,453	0,196	0,440
0,405			0,723	0,919	0,641	0,602	0,571	0,489	0,472	0,471	0,383	0,459	0,197	0,446
0,410			0,729	0,957	0,645	0,621	0,580	0,496	0,478	0,478	0,388	0,465	0,197	0,451
0,415			0,734	0,996	0,649	0,641	0,588	0,504	0,485	0,484	0,393	0,471	0,198	0,457
0,420			0,739	1,035	0,654	0,662	0,597	0,511	0,491	0,491	0,398	0,478	0,199	0,463
0,425			0,744	1,076	0,658	0,682	0,602	0,523	0,498	0,498	0,404	0,484	0,199	0,468
0,430			0,749	1,116	0,662	0,703	0,605	0,537	0,505	0,504	0,409	0,490	0,200	0,474
0,435			0,753	1,157	0,666	0,724	0,609	0,552	0,512	0,511	0,414	0,496	0,200	0,479
0,440			0,758	1,200	0,669	0,745	0,612	0,566	0,518	0,518	0,419	0,502	0,201	0,485
0,445			0,762	1,242	0,673	0,766	0,615	0,581	0,525	0,525	0,424	0,509	0,202	0,491
0,450			0,766	1,285	0,677	0,788	0,618	0,595	0,532	0,531	0,430	0,515	0,202	0,496
0,455			0,770	1,329	0,680	0,810	0,621	0,610	0,539	0,538	0,435	0,521	0,203	0,501
0,460			0,774	1,373	0,683	0,832	0,624	0,624	0,546	0,545	0,440	0,528	0,203	0,507
0,465			0,777	1,418	0,687	0,854	0,627	0,639	0,553	0,552	0,445	0,534	0,204	0,513
0,470			0,781	1,463	0,690	0,876	0,630	0,654	0,559	0,559	0,451	0,540	0,204	0,518
0,475			0,784	1,508	0,693	0,898	0,633	0,669	0,566	0,566	0,456	0,546	0,205	0,524
0,480			0,787	1,554	0,696	0,921	0,636	0,685	0,573	0,573	0,461	0,553	0,205	0,529
0,485			0,791	1,600	0,699	0,944	0,638	0,700	0,580	0,580	0,466	0,559	0,206	0,535
0,490			0,794	1,647	0,702	0,967	0,641	0,715	0,587	0,587	0,472	0,566	0,206	0,541
0,495			0,797	1,694	0,705	0,990	0,644	0,731	0,595	0,594	0,477	0,572	0,207	0,546
0,500			0,799	1,741	0,707	1,013	0,646	0,746	0,600	0,602	0,483	0,578	0,207	0,552
0,505			0,802	1,789	0,710	1,037	0,649	0,762	0,602	0,614	0,488	0,585	0,208	0,557
0,510			0,805	1,837	0,713	1,060	0,651	0,777	0,604	0,626	0,493	0,591	0,208	0,563
0,515			0,807	1,885	0,715	1,084	0,653	0,793	0,606	0,638	0,499	0,598	0,209	0,569
0,520			0,810	1,934	0,718	1,108	0,655	0,809	0,609	0,650	0,504	0,604	0,209	0,574
0,525			0,812	1,982	0,720	1,131	0,658	0,825	0,611	0,662	0,509	0,611	0,210	0,580
0,530			0,815	2,031	0,722	1,156	0,660	0,841	0,613	0,674	0,515	0,617	0,210	0,585
0,535			0,817	2,080	0,725	1,179	0,662	0,857	0,615	0,686	0,520	0,624	0,211	0,590
0,540			0,819	2,131	0,727	1,203	0,664	0,873	0,617	0,698	0,526	0,630	0,211	0,596
0,545			0,821	2,180	0,729	1,228	0,666	0,889	0,618	0,710	0,531	0,637	0,212	0,602
0,550			0,823	2,229	0,731	1,252	0,668	0,905	0,620	0,722	0,537	0,643	0,212	0,607
0,555			0,825	2,280	0,733	1,277	0,670	0,922	0,622	0,734	0,542	0,650	0,213	0,613
0,560			0,827	2,330	0,735	1,301	0,672	0,938	0,624	0,746	0,548	0,657	0,213	0,618
0,565			0,829	2,380	0,737	1,326	0,674	0,954	0,626	0,759	0,553	0,663	0,214	0,624
0,570			0,831	2,431	0,739	1,351	0,676	0,970	0,627	0,771	0,559	0,670	0,214	0,629
0,575			0,832	2,482	0,741	1,376	0,678	0,987	0,629	0,783	0,564	0,677	0,214	0,635
0,580			0,834	2,533	0,743	1,400	0,679	1,003	0,631	0,796	0,570	0,683	0,215	0,641
0,585			0,836	2,585	0,744	1,425	0,681	1,020	0,632	0,808	0,576	0,690	0,215	0,647
0,590			0,837	2,634	0,746	1,451	0,683	1,036	0,634	0,821	0,581	0,697	0,216	0,652
0,595			0,839	2,686	0,748	1,476	0,684	1,053	0,636	0,833	0,587	0,703	0,216	0,657
0,600			0,840	2,739	0,750	1,501	0,686	1,070	0,637	0,846	0,592	0,710	0,216	0,663
0,605			0,842	2,790	0,751	1,526	0,688	1,087	0,639	0,858	0,598	0,717	0,217	0,669
0,610			0,843	2,841	0,753	1,551	0,689	1,103	0,640	0,870	0,600	0,726	0,217	0,674
0,615			0,845	2,893	0,754	1,577	0,691	1,120	0,642	0,883	0,602	0,736	0,218	0,680
0,620			0,846	2,946	0,756	1,602	0,692	1,137	0,643	0,896	0,603	0,746	0,218	0,686
0,625			0,847	2,997	0,757	1,628	0,694	1,153	0,644	0,908	0,604	0,757	0,218	0,691
0,630			0,849	3,049	0,759	1,653	0,695	1,170	0,646	0,921	0,606	0,767	0,219	0,697
0,635			0,850	3,101	0,760	1,679	0,696	1,188	0,647	0,934	0,607	0,777	0,219	0,702
0,640			0,851	3,153	0,762	1,704	0,698	1,204	0,648	0,946	0,608	0,787	0,220	0,708
0,645			0,852	3,207	0,763	1,730	0,699	1,221	0,650	0,959	0,609	0,797	0,220	0,713
0,650			0,853	3,259	0,764	1,756	0,701	1,238	0,651	0,972	0,611	0,807	0,220	0,718
0,655			0,854	3,311	0,766	1,782	0,702	1,255	0,652	0,985	0,612	0,818	0,221	0,724
0,660			0,856	3,364	0,767	1,808	0,703	1,273	0,653	0,997	0,613	0,828	0,221	0,730
0,665			0,857	3,417	0,768	1,834	0,704	1,290	0,655	1,010	0,614	0,838	0,221	0,735
0,670			0,858	3,470	0,769	1,859	0,706	1,307	0,656	1,023	0,615	0,848	0,222	0,741
0,675			0,859	3,522	0,771	1,885	0,707	1,324	0,657	1,036	0,616	0,858	0,222	0,747
0,680			0,860	3,576	0,772	1,911	0,708	1,341	0,658	1,049	0,618	0,869	0,222	0,752
0,685			0,861	3,628	0,773	1,937	0,709	1,359	0,659	1,062	0,619	0,879	0,223	0,758
0,690			0,862	3,682	0,774	1,964	0,710	1,376	0,660	1,074	0,620	0,889	0,223	0,763
0,695			0,862	3,734	0,775	1,990	0,711	1,393	0,662	1,087	0,621	0,900	0,223	0,769
0,700			0,863	3,787	0,776	2,016	0,713	1,411	0,663	1,100	0,622	0,910	0,224	0,774

# FLEXÃO SIMPLES

Tabela 12

$$\alpha = \frac{x}{d} \quad A_s = A_{s1} + A_{s2}$$

EC2	
Betão	C80/95
Aço	S500
a/d	0,10

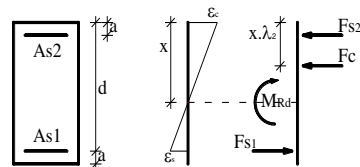
μ	β = 0		β = 0,1		β = 0,2		β = 0,3		β = 0,4		β = 0,5		β = 1,0	
	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω
0,005	0,027	0,005	0,028	0,005	0,029	0,005	0,030	0,005	0,031	0,005	0,032	0,005	0,035	0,005
0,010	0,038	0,010	0,040	0,010	0,041	0,010	0,042	0,010	0,043	0,010	0,044	0,010	0,048	0,010
0,015	0,047	0,015	0,049	0,015	0,050	0,015	0,051	0,015	0,052	0,015	0,053	0,015	0,057	0,015
0,020	0,055	0,020	0,056	0,020	0,058	0,020	0,059	0,020	0,060	0,020	0,061	0,020	0,065	0,020
0,025	0,062	0,026	0,063	0,025	0,064	0,025	0,065	0,025	0,066	0,025	0,067	0,025	0,071	0,025
0,030	0,068	0,031	0,069	0,031	0,070	0,031	0,071	0,030	0,072	0,030	0,073	0,030	0,077	0,030
0,035	0,074	0,036	0,075	0,036	0,076	0,036	0,077	0,036	0,078	0,036	0,078	0,036	0,082	0,035
0,040	0,079	0,041	0,080	0,041	0,081	0,041	0,082	0,041	0,083	0,041	0,083	0,041	0,086	0,041
0,045	0,084	0,046	0,085	0,046	0,086	0,046	0,087	0,046	0,087	0,046	0,088	0,046	0,090	0,046
0,050	0,090	0,052	0,090	0,052	0,091	0,052	0,091	0,051	0,092	0,051	0,092	0,051	0,093	0,051
0,055	0,095	0,057	0,095	0,057	0,096	0,057	0,096	0,057	0,096	0,057	0,097	0,057	0,098	0,057
0,060	0,104	0,062	0,103	0,062	0,103	0,062	0,103	0,062	0,103	0,062	0,102	0,062	0,102	0,062
0,065	0,113	0,068	0,112	0,068	0,110	0,068	0,109	0,068	0,109	0,068	0,108	0,068	0,106	0,068
0,070	0,122	0,073	0,120	0,073	0,118	0,073	0,116	0,073	0,115	0,073	0,113	0,073	0,110	0,073
0,075	0,131	0,079	0,128	0,079	0,125	0,079	0,123	0,079	0,121	0,079	0,119	0,079	0,113	0,079
0,080	0,140	0,084	0,136	0,084	0,132	0,084	0,129	0,084	0,126	0,084	0,124	0,084	0,117	0,084
0,085	0,150	0,090	0,144	0,090	0,140	0,090	0,136	0,090	0,132	0,090	0,129	0,090	0,120	0,090
0,090	0,159	0,095	0,152	0,095	0,147	0,095	0,142	0,095	0,138	0,095	0,135	0,095	0,123	0,095
0,095	0,169	0,101	0,161	0,101	0,154	0,101	0,149	0,101	0,144	0,101	0,140	0,101	0,126	0,101
0,100	0,178	0,107	0,169	0,107	0,161	0,106	0,155	0,106	0,149	0,106	0,145	0,106	0,129	0,106
0,105	0,188	0,112	0,178	0,112	0,169	0,112	0,161	0,112	0,155	0,112	0,150	0,112	0,132	0,112
0,110	0,197	0,118	0,186	0,118	0,176	0,118	0,168	0,118	0,161	0,118	0,155	0,118	0,135	0,117
0,115	0,207	0,124	0,194	0,124	0,184	0,123	0,174	0,123	0,166	0,123	0,160	0,123	0,138	0,123
0,120	0,217	0,130	0,203	0,130	0,191	0,129	0,181	0,129	0,172	0,129	0,164	0,129	0,141	0,129
0,125	0,227	0,136	0,212	0,135	0,198	0,135	0,187	0,135	0,177	0,134	0,169	0,134	0,143	0,134
0,130	0,237	0,142	0,220	0,141	0,206	0,141	0,194	0,140	0,183	0,140	0,174	0,140	0,146	0,140
0,135	0,247	0,148	0,229	0,147	0,213	0,147	0,200	0,146	0,189	0,146	0,179	0,146	0,148	0,145
0,140	0,257	0,154	0,238	0,153	0,221	0,152	0,206	0,152	0,194	0,152	0,184	0,151	0,151	0,151
0,145	0,267	0,160	0,246	0,159	0,228	0,158	0,213	0,158	0,200	0,157	0,188	0,157	0,153	0,156
0,150	0,278	0,166	0,255	0,165	0,236	0,164	0,219	0,163	0,205	0,163	0,193	0,163	0,155	0,162
0,155	0,288	0,173	0,264	0,171	0,244	0,170	0,226	0,169	0,211	0,169	0,198	0,168	0,157	0,168
0,160	0,299	0,179	0,273	0,177	0,251	0,176	0,232	0,175	0,216	0,174	0,202	0,174	0,160	0,173
0,165	0,309	0,185	0,282	0,183	0,259	0,182	0,239	0,181	0,222	0,180	0,207	0,180	0,162	0,179
0,170	0,320	0,192	0,291	0,190	0,267	0,188	0,245	0,187	0,227	0,186	0,212	0,185	0,164	0,184
0,175	0,331	0,198	0,301	0,196	0,274	0,194	0,252	0,193	0,233	0,192	0,216	0,191	0,166	0,190
0,180	0,342	0,205	0,310	0,202	0,282	0,200	0,258	0,199	0,238	0,198	0,221	0,197	0,168	0,195
0,185	0,353	0,211	0,319	0,208	0,290	0,206	0,265	0,204	0,244	0,203	0,225	0,203	0,170	0,201
0,190	0,364	0,218	0,328	0,215	0,298	0,212	0,271	0,210	0,249	0,209	0,230	0,208	0,172	0,207
0,195	0,375	0,225	0,338	0,221	0,306	0,218	0,278	0,216	0,255	0,215	0,235	0,214	0,174	0,212
0,200	0,387	0,232	0,347	0,228	0,314	0,225	0,285	0,222	0,260	0,221	0,239	0,220	0,176	0,218
0,205	0,398	0,239	0,357	0,234	0,322	0,231	0,291	0,228	0,265	0,227	0,244	0,226	0,178	0,223
0,210	0,410	0,246	0,367	0,241	0,330	0,237	0,298	0,234	0,271	0,233	0,248	0,231	0,180	0,229
0,215	0,422	0,253	0,376	0,247	0,338	0,243	0,305	0,240	0,276	0,239	0,253	0,237	0,181	0,235
0,220	0,434	0,260	0,386	0,254	0,346	0,250	0,311	0,247	0,282	0,244	0,257	0,243	0,183	0,240
0,225	0,446	0,267	0,396	0,261	0,354	0,256	0,318	0,253	0,287	0,250	0,262	0,249	0,185	0,246
0,230	0,458	0,275	0,406	0,267	0,362	0,262	0,325	0,259	0,293	0,256	0,266	0,255	0,187	0,251
0,235	0,471	0,282	0,416	0,274	0,370	0,269	0,331	0,265	0,298	0,262	0,271	0,260	0,188	0,257
0,240	0,483	0,290	0,426	0,281	0,378	0,275	0,338	0,271	0,304	0,268	0,275	0,266	0,190	0,263
0,245	0,496	0,297	0,436	0,288	0,387	0,282	0,345	0,277	0,309	0,274	0,280	0,272	0,192	0,268
0,250	0,509	0,305	0,447	0,295	0,395	0,288	0,352	0,284	0,315	0,280	0,284	0,278	0,193	0,274
0,255	0,522	0,313	0,457	0,302	0,404	0,295	0,358	0,290	0,320	0,286	0,288	0,284	0,195	0,279
0,260	0,536	0,321	0,468	0,309	0,412	0,302	0,365	0,296	0,326	0,292	0,293	0,290	0,196	0,285
0,265	0,549	0,335	0,478	0,317	0,420	0,308	0,372	0,302	0,331	0,298	0,297	0,296	0,198	0,290
0,270	0,563	0,363	0,489	0,324	0,429	0,315	0,379	0,309	0,337	0,304	0,302	0,301	0,199	0,296
0,275	0,577	0,394	0,500	0,331	0,438	0,322	0,386	0,315	0,342	0,310	0,306	0,307	0,201	0,302
0,280	0,591	0,428	0,511	0,339	0,446	0,328	0,393	0,321	0,348	0,317	0,311	0,313	0,202	0,307
0,285	0,606	0,466	0,522	0,346	0,455	0,335	0,400	0,328	0,354	0,323	0,315	0,319	0,204	0,313
0,290	0,620	0,508	0,533	0,354	0,464	0,342	0,407	0,334	0,359	0,329	0,319	0,325	0,205	0,319
0,295	0,635	0,555	0,544	0,362	0,473	0,349	0,414	0,341	0,365	0,335	0,324	0,331	0,207	0,324
0,300	0,651	0,608	0,553	0,381	0,481	0,356	0,421	0,347	0,370	0,341	0,328	0,337	0,208	0,330
0,305	0,666	0,667	0,561	0,402	0,490	0,363	0,428	0,354	0,376	0,347	0,333	0,343	0,210	0,335
0,310	0,682	0,735	0,570	0,424	0,499	0,370	0,435	0,360	0,381	0,353	0,337	0,349	0,211	0,341
0,315	0,699	0,813	0,578	0,446	0,508	0,377	0,442	0,367	0,387	0,360	0,342	0,355	0,212	0,346
0,320	0,716	0,902	0,586	0,470	0,518	0,384	0,449	0,373	0,393	0,366	0,346	0,361	0,214	0,352
0,325	0,733	1,007	0,593	0,494	0,527	0,392	0,456	0,380	0,398	0,372	0,350	0,367	0,215	0,358
0,330	0,750	1,130	0,601	0,519	0,536	0,399	0,463	0,387	0,404	0,378	0,355	0,373	0,216	0,363
0,335	0,768	1,278	0,609	0,545	0,545	0,407	0,471	0,393	0,410	0,385	0,359	0,379	0,218	0,369
0,340	0,787	1,458	0,616	0,572	0,551	0,423	0,478	0,400	0,415	0,391	0,364	0,385	0,219	0,374
0,345	0,806	1,681	0,623	0,600	0,556	0,439	0,485	0,407	0,421	0,397	0,368	0,391	0,220	0,380
0,350	0,826	1,966	0,631	0,629	0,561	0,455	0,492	0,413	0,427	0,403	0,372	0,397	0,221	0,386

## FLEXÃO SIMPLES

Tabela 12

Zona	$\epsilon_c$ (m/m)	$\epsilon_s$ (m/m)	$\alpha$
II a	0,0000	0,0250	0,0000
II b	0,0025	0,0250	0,0909
III a	0,0026	0,0250	0,0942
III b	0,0026	0,0022	0,5446
fim	0,0026	0,0000	1,0000

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b \times d^2 \times f_{cd}} \quad \omega = \frac{A_s}{b \times d} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}}$$



$\mu$	$\beta = 0$		$\beta = 0,1$		$\beta = 0,2$		$\beta = 0,3$		$\beta = 0,4$		$\beta = 0,5$		$\beta = 1,0$	
	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$
0,355	0,847	2,341	0,638	0,659	0,566	0,472	0,500	0,420	0,432	0,410	0,377	0,403	0,223	0,391
0,360	0,868	2,858	0,644	0,690	0,571	0,489	0,507	0,427	0,438	0,416	0,381	0,409	0,224	0,397
0,365	0,890	3,611	0,651	0,721	0,576	0,507	0,515	0,434	0,444	0,423	0,386	0,415	0,225	0,402
0,370	0,913	4,818	0,658	0,754	0,581	0,525	0,522	0,441	0,449	0,429	0,390	0,421	0,226	0,408
0,375	0,938	7,054	0,664	0,787	0,586	0,542	0,529	0,448	0,455	0,435	0,395	0,427	0,227	0,414
0,380	0,963	12,616	0,670	0,821	0,590	0,561	0,537	0,455	0,461	0,442	0,399	0,433	0,229	0,419
0,385			0,676	0,856	0,595	0,579	0,544	0,462	0,467	0,448	0,403	0,439	0,230	0,425
0,390			0,682	0,891	0,599	0,598	0,548	0,475	0,472	0,455	0,408	0,445	0,231	0,431
0,395			0,687	0,927	0,603	0,617	0,552	0,488	0,478	0,461	0,412	0,452	0,232	0,436
0,400			0,693	0,965	0,608	0,636	0,555	0,501	0,484	0,468	0,417	0,458	0,233	0,442
0,405			0,698	1,002	0,612	0,655	0,559	0,515	0,490	0,474	0,421	0,464	0,234	0,447
0,410			0,703	1,041	0,616	0,675	0,562	0,528	0,496	0,481	0,425	0,470	0,236	0,453
0,415			0,708	1,080	0,620	0,696	0,565	0,542	0,501	0,487	0,430	0,476	0,237	0,458
0,420			0,713	1,120	0,624	0,716	0,568	0,556	0,507	0,494	0,434	0,482	0,238	0,464
0,425			0,718	1,160	0,627	0,737	0,571	0,570	0,513	0,500	0,439	0,488	0,239	0,470
0,430			0,722	1,201	0,631	0,758	0,574	0,584	0,519	0,507	0,443	0,495	0,240	0,475
0,435			0,726	1,242	0,635	0,779	0,577	0,598	0,525	0,513	0,448	0,501	0,241	0,481
0,440			0,731	1,284	0,638	0,800	0,580	0,613	0,531	0,520	0,452	0,507	0,242	0,486
0,445			0,735	1,327	0,642	0,822	0,583	0,627	0,537	0,527	0,456	0,513	0,243	0,492
0,450			0,739	1,370	0,645	0,844	0,586	0,641	0,543	0,533	0,461	0,519	0,244	0,498
0,455			0,742	1,413	0,648	0,865	0,589	0,656	0,546	0,543	0,465	0,526	0,245	0,503
0,460			0,746	1,457	0,651	0,888	0,591	0,671	0,549	0,554	0,470	0,532	0,246	0,509
0,465			0,750	1,502	0,655	0,910	0,594	0,685	0,551	0,566	0,474	0,538	0,247	0,514
0,470			0,753	1,547	0,658	0,932	0,596	0,700	0,553	0,577	0,479	0,544	0,248	0,520
0,475			0,757	1,592	0,661	0,955	0,599	0,715	0,555	0,588	0,483	0,551	0,249	0,526
0,480			0,760	1,637	0,663	0,977	0,601	0,730	0,557	0,600	0,488	0,557	0,250	0,531
0,485			0,763	1,683	0,666	1,000	0,604	0,745	0,560	0,611	0,492	0,563	0,251	0,537
0,490			0,766	1,729	0,669	1,023	0,606	0,760	0,562	0,623	0,497	0,570	0,252	0,542
0,495			0,769	1,776	0,672	1,046	0,608	0,775	0,564	0,635	0,501	0,576	0,253	0,548
0,500			0,772	1,823	0,674	1,070	0,610	0,790	0,566	0,646	0,505	0,582	0,254	0,554
0,505			0,774	1,870	0,677	1,093	0,613	0,806	0,568	0,658	0,510	0,589	0,255	0,559
0,510			0,777	1,918	0,679	1,117	0,615	0,821	0,569	0,669	0,514	0,595	0,256	0,565
0,515			0,780	1,965	0,682	1,140	0,617	0,837	0,571	0,681	0,519	0,601	0,257	0,571
0,520			0,782	2,014	0,684	1,164	0,619	0,853	0,573	0,693	0,523	0,608	0,258	0,576
0,525			0,785	2,061	0,686	1,188	0,621	0,869	0,575	0,705	0,528	0,614	0,259	0,582
0,530			0,787	2,111	0,689	1,211	0,623	0,885	0,577	0,717	0,532	0,620	0,260	0,587
0,535			0,789	2,160	0,691	1,235	0,625	0,901	0,578	0,728	0,537	0,627	0,260	0,593
0,540			0,792	2,208	0,693	1,259	0,627	0,917	0,580	0,740	0,541	0,633	0,261	0,599
0,545			0,794	2,257	0,695	1,284	0,629	0,933	0,582	0,752	0,545	0,640	0,262	0,604
0,550			0,796	2,307	0,697	1,308	0,631	0,949	0,583	0,764	0,547	0,650	0,263	0,610
0,555			0,798	2,357	0,699	1,332	0,633	0,966	0,585	0,776	0,548	0,660	0,264	0,615
0,560			0,800	2,407	0,701	1,357	0,635	0,982	0,587	0,788	0,549	0,670	0,265	0,621
0,565			0,802	2,456	0,703	1,381	0,637	0,998	0,588	0,800	0,551	0,680	0,266	0,627
0,570			0,804	2,506	0,705	1,406	0,638	1,015	0,590	0,812	0,552	0,689	0,267	0,632
0,575			0,805	2,557	0,707	1,431	0,640	1,031	0,591	0,825	0,554	0,699	0,267	0,638
0,580			0,807	2,607	0,709	1,455	0,642	1,048	0,593	0,837	0,555	0,709	0,268	0,643
0,585			0,809	2,659	0,710	1,481	0,644	1,064	0,594	0,849	0,556	0,719	0,269	0,649
0,590			0,811	2,709	0,712	1,505	0,645	1,081	0,595	0,861	0,558	0,729	0,270	0,655
0,595			0,812	2,761	0,714	1,530	0,647	1,097	0,597	0,873	0,559	0,739	0,271	0,660
0,600			0,814	2,811	0,715	1,555	0,648	1,114	0,598	0,885	0,560	0,749	0,272	0,666
0,605			0,815	2,862	0,717	1,580	0,650	1,130	0,600	0,898	0,561	0,759	0,272	0,671
0,610			0,817	2,913	0,719	1,606	0,651	1,147	0,601	0,910	0,562	0,769	0,273	0,677
0,615			0,818	2,964	0,720	1,631	0,653	1,164	0,602	0,922	0,564	0,779	0,274	0,683
0,620			0,820	3,016	0,722	1,656	0,654	1,181	0,603	0,935	0,565	0,789	0,275	0,688
0,625			0,821	3,068	0,723	1,682	0,656	1,198	0,605	0,947	0,566	0,799	0,276	0,694
0,630			0,823	3,120	0,725	1,707	0,657	1,214	0,606	0,959	0,567	0,809	0,276	0,700
0,635			0,824	3,171	0,726	1,733	0,658	1,231	0,607	0,972	0,568	0,819	0,277	0,705
0,640			0,825	3,223	0,727	1,758	0,660	1,248	0,608	0,984	0,569	0,829	0,278	0,711
0,645			0,826	3,275	0,729	1,783	0,661	1,266	0,609	0,997	0,570	0,839	0,279	0,716
0,650			0,828	3,328	0,730	1,809	0,662	1,283	0,611	1,009	0,571	0,849	0,279	0,722
0,655			0,829	3,380	0,731	1,834	0,664	1,299	0,612	1,022	0,573	0,859	0,280	0,728
0,660			0,830	3,432	0,733	1,860	0,665	1,316	0,613	1,035	0,574	0,869	0,281	0,733
0,665			0,831	3,484	0,734	1,887	0,666	1,334	0,614	1,047	0,575	0,879	0,282	0,739
0,670			0,832	3,538	0,735	1,912	0,667	1,351	0,615	1,060	0,576	0,889	0,282	0,744
0,675			0,833	3,589	0,737	1,938	0,669	1,368	0,616	1,073	0,577	0,899	0,283	0,750
0,680			0,834	3,643	0,738	1,964	0,670	1,385	0,618	1,086	0,578	0,910	0,284	0,755
0,685			0,835	3,696	0,739	1,989	0,671	1,402	0,619	1,099	0,578	0,920	0,285	0,761
0,690			0,836	3,748	0,740	2,015	0,672	1,419	0,620	1,112	0,579	0,930	0,285	0,767
0,695			0,837	3,801	0,741	2,042	0,673	1,436	0,621	1,125	0,580	0,940	0,286	0,772
0,700			0,838	3,853	0,742	2,067	0,674	1,454	0,622	1,138	0,581	0,950	0,287	0,778

# FLEXÃO SIMPLES

**Tabela 13**

<b>EC2</b>	
<b>Betão</b>	<b>C90/105</b>
<b>Aço</b>	<b>S400</b>
<b>a/d</b>	<b>0,10</b>

$$\alpha = \frac{x}{d} \quad A_s = A_{s1} + A_{s2}$$

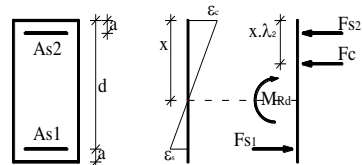
$\mu$	$\beta = 0$		$\beta = 0,1$		$\beta = 0,2$		$\beta = 0,3$		$\beta = 0,4$		$\beta = 0,5$		$\beta = 1,0$	
	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$
0,005	0,028	0,005	0,029	0,005	0,030	0,005	0,031	0,005	0,032	0,005	0,033	0,005	0,037	0,005
0,010	0,039	0,010	0,041	0,010	0,042	0,010	0,043	0,010	0,045	0,010	0,046	0,010	0,051	0,010
0,015	0,048	0,015	0,050	0,015	0,051	0,015	0,053	0,015	0,054	0,015	0,055	0,015	0,060	0,015
0,020	0,056	0,020	0,058	0,020	0,059	0,020	0,060	0,020	0,062	0,020	0,063	0,020	0,068	0,020
0,025	0,063	0,026	0,064	0,025	0,066	0,025	0,067	0,025	0,068	0,025	0,069	0,025	0,074	0,025
0,030	0,069	0,031	0,071	0,031	0,072	0,031	0,073	0,030	0,074	0,030	0,075	0,030	0,079	0,030
0,035	0,075	0,036	0,076	0,036	0,077	0,036	0,079	0,036	0,079	0,036	0,080	0,036	0,084	0,035
0,040	0,080	0,041	0,082	0,041	0,083	0,041	0,084	0,041	0,084	0,041	0,085	0,041	0,088	0,041
0,045	0,086	0,046	0,087	0,046	0,088	0,046	0,088	0,046	0,089	0,046	0,089	0,046	0,092	0,046
0,050	0,091	0,052	0,092	0,052	0,092	0,052	0,093	0,052	0,093	0,051	0,093	0,051	0,095	0,051
0,055	0,098	0,057	0,098	0,057	0,098	0,057	0,098	0,057	0,098	0,057	0,099	0,057	0,099	0,057
0,060	0,107	0,062	0,106	0,062	0,105	0,062	0,105	0,062	0,104	0,062	0,104	0,062	0,103	0,062
0,065	0,116	0,068	0,114	0,068	0,112	0,068	0,111	0,068	0,110	0,068	0,109	0,068	0,106	0,068
0,070	0,126	0,073	0,122	0,073	0,119	0,073	0,117	0,073	0,116	0,073	0,114	0,073	0,109	0,073
0,075	0,135	0,079	0,130	0,079	0,127	0,079	0,124	0,079	0,121	0,079	0,119	0,079	0,113	0,079
0,080	0,144	0,084	0,138	0,084	0,134	0,084	0,130	0,084	0,126	0,084	0,124	0,084	0,116	0,084
0,085	0,154	0,090	0,147	0,090	0,141	0,090	0,136	0,090	0,132	0,090	0,128	0,090	0,118	0,090
0,090	0,164	0,095	0,155	0,095	0,148	0,095	0,142	0,095	0,137	0,095	0,133	0,095	0,121	0,095
0,095	0,173	0,101	0,163	0,101	0,155	0,101	0,148	0,101	0,142	0,101	0,138	0,101	0,124	0,101
0,100	0,183	0,107	0,171	0,107	0,162	0,107	0,154	0,107	0,147	0,107	0,142	0,106	0,126	0,107
0,105	0,193	0,113	0,180	0,112	0,169	0,112	0,160	0,112	0,153	0,112	0,146	0,112	0,128	0,112
0,110	0,203	0,118	0,188	0,118	0,176	0,118	0,166	0,118	0,158	0,118	0,151	0,118	0,131	0,118
0,115	0,213	0,124	0,197	0,124	0,183	0,124	0,172	0,123	0,163	0,123	0,155	0,123	0,133	0,123
0,120	0,223	0,130	0,205	0,130	0,190	0,129	0,178	0,129	0,168	0,129	0,159	0,129	0,135	0,129
0,125	0,233	0,136	0,214	0,135	0,197	0,135	0,184	0,135	0,173	0,134	0,163	0,134	0,137	0,134
0,130	0,244	0,142	0,222	0,141	0,204	0,141	0,190	0,140	0,177	0,140	0,168	0,140	0,139	0,140
0,135	0,254	0,148	0,231	0,147	0,212	0,147	0,195	0,146	0,182	0,146	0,172	0,146	0,141	0,145
0,140	0,265	0,154	0,240	0,153	0,219	0,152	0,201	0,152	0,187	0,151	0,176	0,151	0,143	0,151
0,145	0,275	0,161	0,248	0,159	0,226	0,158	0,207	0,157	0,192	0,157	0,180	0,157	0,145	0,156
0,150	0,286	0,167	0,257	0,165	0,233	0,164	0,213	0,163	0,197	0,163	0,184	0,162	0,146	0,162
0,155	0,297	0,173	0,266	0,171	0,240	0,170	0,219	0,169	0,202	0,168	0,188	0,168	0,148	0,168
0,160	0,308	0,179	0,275	0,177	0,248	0,176	0,225	0,175	0,206	0,174	0,191	0,174	0,150	0,173
0,165	0,319	0,186	0,284	0,183	0,255	0,182	0,231	0,181	0,211	0,180	0,195	0,179	0,151	0,179
0,170	0,330	0,192	0,293	0,190	0,262	0,188	0,237	0,186	0,216	0,186	0,199	0,185	0,153	0,184
0,175	0,341	0,199	0,302	0,196	0,269	0,194	0,243	0,192	0,221	0,191	0,203	0,191	0,154	0,190
0,180	0,352	0,206	0,312	0,202	0,277	0,200	0,248	0,198	0,225	0,197	0,207	0,196	0,156	0,195
0,185	0,364	0,212	0,321	0,208	0,284	0,206	0,254	0,204	0,230	0,203	0,210	0,202	0,157	0,201
0,190	0,375	0,219	0,331	0,215	0,292	0,212	0,260	0,210	0,235	0,208	0,214	0,208	0,159	0,206
0,195	0,387	0,226	0,341	0,221	0,299	0,218	0,266	0,216	0,239	0,214	0,218	0,213	0,160	0,212
0,200	0,399	0,233	0,351	0,228	0,307	0,224	0,272	0,221	0,244	0,220	0,222	0,219	0,161	0,218
0,205	0,411	0,240	0,361	0,234	0,316	0,230	0,278	0,227	0,249	0,226	0,225	0,225	0,163	0,223
0,210	0,423	0,247	0,372	0,241	0,324	0,236	0,284	0,233	0,253	0,232	0,229	0,230	0,164	0,229
0,215	0,435	0,254	0,382	0,247	0,333	0,243	0,290	0,239	0,258	0,237	0,232	0,236	0,165	0,234
0,220	0,448	0,261	0,392	0,254	0,341	0,249	0,296	0,245	0,263	0,243	0,236	0,242	0,166	0,240
0,225	0,461	0,269	0,403	0,261	0,350	0,255	0,302	0,251	0,267	0,249	0,240	0,248	0,167	0,246
0,230	0,473	0,276	0,413	0,268	0,359	0,262	0,309	0,257	0,272	0,255	0,243	0,253	0,169	0,251
0,235	0,486	0,284	0,424	0,275	0,368	0,268	0,316	0,263	0,276	0,261	0,247	0,259	0,170	0,256
0,240	0,499	0,291	0,435	0,282	0,377	0,275	0,324	0,270	0,281	0,266	0,250	0,265	0,171	0,262
0,245	0,513	0,299	0,445	0,289	0,386	0,281	0,331	0,276	0,285	0,272	0,254	0,270	0,172	0,268
0,250	0,526	0,307	0,456	0,296	0,395	0,288	0,338	0,282	0,290	0,278	0,257	0,276	0,173	0,273
0,255	0,540	0,315	0,467	0,303	0,404	0,294	0,346	0,288	0,295	0,284	0,261	0,282	0,174	0,279
0,260	0,554	0,323	0,479	0,310	0,413	0,301	0,353	0,295	0,299	0,290	0,264	0,288	0,175	0,284
0,265	0,568	0,331	0,490	0,318	0,422	0,308	0,361	0,301	0,304	0,296	0,268	0,293	0,176	0,290
0,270	0,583	0,340	0,501	0,325	0,431	0,315	0,369	0,307	0,311	0,302	0,271	0,299	0,177	0,296
0,275	0,597	0,348	0,513	0,332	0,441	0,321	0,376	0,314	0,317	0,308	0,274	0,305	0,178	0,301
0,280	0,612	0,377	0,525	0,340	0,450	0,328	0,384	0,320	0,323	0,314	0,278	0,311	0,179	0,307
0,285	0,628	0,413	0,536	0,348	0,460	0,335	0,392	0,326	0,329	0,320	0,281	0,316	0,180	0,312
0,290	0,643	0,452	0,548	0,355	0,469	0,342	0,399	0,333	0,336	0,326	0,285	0,322	0,181	0,318
0,295	0,659	0,497	0,561	0,363	0,479	0,349	0,407	0,339	0,342	0,332	0,288	0,328	0,182	0,323
0,300	0,675	0,548	0,573	0,371	0,489	0,356	0,415	0,346	0,348	0,338	0,291	0,334	0,183	0,329
0,305	0,692	0,606	0,585	0,379	0,498	0,363	0,423	0,352	0,354	0,345	0,295	0,340	0,183	0,334
0,310	0,709	0,673	0,598	0,387	0,508	0,371	0,431	0,359	0,361	0,351	0,298	0,345	0,184	0,340
0,315	0,726	0,751	0,607	0,408	0,518	0,378	0,439	0,366	0,367	0,357	0,301	0,351	0,185	0,346
0,320	0,744	0,843	0,616	0,432	0,528	0,385	0,447	0,372	0,374	0,363	0,306	0,357	0,186	0,351
0,325	0,762	0,953	0,624	0,456	0,538	0,392	0,455	0,379	0,380	0,369	0,311	0,363	0,187	0,357
0,330	0,781	1,086	0,633	0,481	0,548	0,400	0,463	0,386	0,386	0,376	0,316	0,369	0,188	0,362
0,335	0,800	1,252	0,641	0,507	0,559	0,407	0,471	0,392	0,393	0,382	0,321	0,375	0,188	0,368
0,340	0,820	1,462	0,649	0,534	0,569	0,415	0,479	0,399	0,399	0,388	0,327	0,381	0,189	0,374
0,345	0,841	1,737	0,657	0,563	0,580	0,423	0,487	0,406	0,406	0,395	0,332	0,387	0,190	0,379
0,350	0,863	2,113	0,664	0,592	0,590	0,430	0,495	0,413	0,412	0,401	0,337	0,393	0,191	0,385

## FLEXÃO SIMPLES

**Tabela 13**

Zona	$\epsilon_c$ (m/m)	$\epsilon_s$ (m/m)	$\alpha$
II a	0,0000	0,0250	0,0000
II b	0,0026	0,0250	0,0942
III a	0,0026	0,0250	0,0942
III b	0,0026	0,0017	0,5992
fim	0,0026	0,0000	1,0000

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b \times d^2 \times f_{cd}} \quad \omega = \frac{A_s}{b \times d} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}}$$



$\mu$	$\beta = 0$		$\beta = 0,1$		$\beta = 0,2$		$\beta = 0,3$		$\beta = 0,4$		$\beta = 0,5$		$\beta = 1,0$	
	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$
0,355	0,885	2,657	0,672	0,622	0,600	0,439	0,504	0,420	0,419	0,407	0,342	0,399	0,191	0,390
0,360	0,908	3,513	0,679	0,653	0,606	0,457	0,512	0,427	0,426	0,414	0,347	0,405	0,192	0,396
0,365	0,933	5,052	0,686	0,685	0,611	0,474	0,521	0,434	0,432	0,420	0,352	0,411	0,193	0,401
0,370	0,959	8,661	0,693	0,718	0,616	0,492	0,529	0,441	0,439	0,427	0,358	0,417	0,194	0,407
0,375			0,699	0,752	0,622	0,511	0,537	0,448	0,446	0,433	0,363	0,423	0,194	0,413
0,380			0,706	0,787	0,627	0,529	0,546	0,455	0,452	0,440	0,368	0,429	0,195	0,418
0,385			0,712	0,823	0,632	0,548	0,555	0,462	0,459	0,446	0,373	0,435	0,196	0,424
0,390			0,718	0,859	0,636	0,567	0,563	0,469	0,466	0,453	0,378	0,442	0,196	0,429
0,395			0,724	0,896	0,641	0,587	0,572	0,477	0,472	0,459	0,384	0,448	0,197	0,435
0,400			0,729	0,934	0,646	0,607	0,581	0,484	0,479	0,466	0,389	0,454	0,198	0,440
0,405			0,735	0,973	0,650	0,627	0,590	0,491	0,486	0,472	0,394	0,460	0,198	0,446
0,410			0,740	1,013	0,654	0,647	0,598	0,499	0,493	0,479	0,400	0,466	0,199	0,452
0,415			0,745	1,053	0,658	0,667	0,602	0,512	0,500	0,486	0,405	0,472	0,199	0,457
0,420			0,749	1,094	0,662	0,688	0,606	0,526	0,507	0,493	0,410	0,479	0,200	0,463
0,425			0,754	1,135	0,666	0,709	0,609	0,540	0,513	0,499	0,415	0,485	0,201	0,468
0,430			0,759	1,177	0,670	0,730	0,613	0,555	0,520	0,506	0,421	0,491	0,201	0,474
0,435			0,763	1,220	0,674	0,752	0,616	0,569	0,527	0,513	0,426	0,497	0,202	0,479
0,440			0,767	1,263	0,678	0,773	0,619	0,584	0,534	0,520	0,432	0,503	0,202	0,485
0,445			0,771	1,307	0,681	0,795	0,622	0,599	0,541	0,526	0,437	0,510	0,203	0,490
0,450			0,775	1,351	0,685	0,817	0,626	0,613	0,548	0,533	0,442	0,516	0,204	0,496
0,455			0,778	1,396	0,688	0,839	0,629	0,628	0,556	0,540	0,448	0,522	0,204	0,502
0,460			0,782	1,441	0,691	0,862	0,631	0,643	0,563	0,547	0,453	0,529	0,205	0,507
0,465			0,785	1,487	0,694	0,884	0,634	0,658	0,570	0,554	0,459	0,535	0,205	0,513
0,470			0,789	1,532	0,697	0,907	0,637	0,674	0,577	0,561	0,464	0,541	0,206	0,518
0,475			0,792	1,579	0,700	0,930	0,640	0,689	0,584	0,568	0,469	0,548	0,206	0,524
0,480			0,795	1,626	0,703	0,953	0,642	0,704	0,591	0,575	0,475	0,554	0,207	0,529
0,485			0,798	1,673	0,706	0,976	0,645	0,720	0,599	0,582	0,480	0,561	0,207	0,535
0,490			0,801	1,720	0,709	1,000	0,648	0,735	0,601	0,593	0,486	0,567	0,208	0,541
0,495			0,804	1,768	0,712	1,023	0,650	0,751	0,604	0,605	0,491	0,573	0,208	0,546
0,500			0,806	1,816	0,714	1,047	0,652	0,767	0,606	0,617	0,497	0,580	0,209	0,552
0,505			0,809	1,865	0,717	1,070	0,655	0,782	0,608	0,629	0,503	0,586	0,209	0,557
0,510			0,811	1,913	0,719	1,094	0,657	0,798	0,610	0,641	0,508	0,593	0,210	0,563
0,515			0,814	1,962	0,722	1,118	0,659	0,814	0,612	0,653	0,514	0,599	0,210	0,568
0,520			0,816	2,011	0,724	1,142	0,662	0,830	0,614	0,665	0,519	0,606	0,211	0,574
0,525			0,818	2,060	0,726	1,166	0,664	0,846	0,616	0,677	0,525	0,612	0,211	0,579
0,530			0,821	2,110	0,729	1,190	0,666	0,862	0,618	0,689	0,530	0,619	0,212	0,585
0,535			0,823	2,160	0,731	1,214	0,668	0,878	0,620	0,701	0,536	0,625	0,212	0,591
0,540			0,825	2,210	0,733	1,239	0,670	0,894	0,622	0,713	0,542	0,632	0,213	0,596
0,545			0,827	2,260	0,735	1,263	0,672	0,911	0,624	0,725	0,547	0,639	0,213	0,602
0,550			0,829	2,310	0,737	1,288	0,674	0,927	0,626	0,738	0,553	0,645	0,214	0,607
0,555			0,830	2,360	0,739	1,313	0,676	0,944	0,627	0,750	0,559	0,652	0,214	0,613
0,560			0,832	2,411	0,741	1,338	0,677	0,960	0,629	0,762	0,564	0,659	0,214	0,618
0,565			0,834	2,462	0,743	1,363	0,679	0,976	0,631	0,775	0,570	0,665	0,215	0,624
0,570			0,836	2,514	0,744	1,387	0,681	0,993	0,632	0,787	0,576	0,672	0,215	0,630
0,575			0,837	2,565	0,746	1,412	0,683	1,010	0,634	0,799	0,582	0,679	0,216	0,635
0,580			0,839	2,616	0,748	1,438	0,684	1,026	0,636	0,812	0,587	0,685	0,216	0,641
0,585			0,840	2,667	0,750	1,463	0,686	1,043	0,637	0,825	0,593	0,692	0,217	0,647
0,590			0,842	2,719	0,751	1,488	0,688	1,060	0,639	0,837	0,599	0,699	0,217	0,652
0,595			0,843	2,770	0,753	1,513	0,689	1,077	0,640	0,850	0,601	0,709	0,217	0,658
0,600			0,845	2,824	0,755	1,539	0,691	1,093	0,642	0,862	0,602	0,719	0,218	0,663
0,605			0,846	2,875	0,756	1,564	0,692	1,110	0,643	0,875	0,603	0,729	0,218	0,669
0,610			0,848	2,927	0,758	1,589	0,694	1,127	0,645	0,887	0,605	0,739	0,219	0,674
0,615			0,849	2,979	0,759	1,615	0,695	1,144	0,646	0,900	0,606	0,749	0,219	0,680
0,620			0,850	3,031	0,761	1,641	0,697	1,161	0,647	0,913	0,607	0,759	0,219	0,685
0,625			0,851	3,084	0,762	1,666	0,698	1,178	0,649	0,925	0,609	0,769	0,220	0,691
0,630			0,853	3,136	0,763	1,692	0,700	1,195	0,650	0,938	0,610	0,780	0,220	0,696
0,635			0,854	3,188	0,765	1,717	0,701	1,212	0,651	0,951	0,611	0,790	0,220	0,702
0,640			0,855	3,241	0,766	1,744	0,702	1,229	0,653	0,963	0,612	0,800	0,221	0,707
0,645			0,856	3,294	0,767	1,769	0,704	1,246	0,654	0,976	0,614	0,810	0,221	0,713
0,650			0,857	3,347	0,769	1,795	0,705	1,263	0,655	0,989	0,615	0,820	0,222	0,719
0,655			0,858	3,400	0,770	1,821	0,706	1,280	0,656	1,002	0,616	0,831	0,222	0,724
0,660			0,859	3,452	0,771	1,847	0,707	1,298	0,658	1,015	0,617	0,841	0,222	0,730
0,665			0,860	3,504	0,772	1,873	0,709	1,315	0,659	1,027	0,618	0,851	0,223	0,735
0,670			0,861	3,559	0,774	1,899	0,710	1,332	0,660	1,041	0,619	0,862	0,223	0,741
0,675			0,862	3,612	0,775	1,925	0,711	1,349	0,661	1,053	0,620	0,872	0,223	0,746
0,680			0,863	3,663	0,776	1,951	0,712	1,366	0,662	1,066	0,621	0,882	0,224	0,752
0,685			0,864	3,718	0,777	1,977	0,713	1,384	0,663	1,079	0,622	0,892	0,224	0,758
0,690			0,865	3,769	0,778	2,004	0,714	1,401	0,664	1,092	0,623	0,903	0,224	0,763
0,695			0,866	3,825	0,779	2,030	0,716	1,418	0,666	1,105	0,625	0,913	0,225	0,769
0,700			0,866	3,878	0,780	2,056	0,717	1,435	0,667	1,118	0,626	0,924	0,225	0,775

# FLEXÃO SIMPLES

**Tabela 14**

$$\alpha = \frac{x}{d} \quad A_s = A_{s1} + A_{s2}$$

<b>EC2</b>	
<b>Betão</b>	<b>C90/105</b>
<b>Aço</b>	<b>S500</b>
<b>a/d</b>	<b>0,10</b>

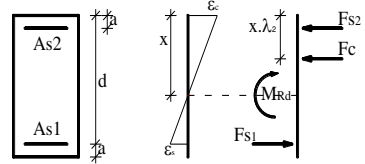
$\mu$	$\beta = 0$		$\beta = 0,1$		$\beta = 0,2$		$\beta = 0,3$		$\beta = 0,4$		$\beta = 0,5$		$\beta = 1,0$	
	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$
0,005	0,028	0,005	0,029	0,005	0,030	0,005	0,030	0,005	0,031	0,005	0,032	0,005	0,036	0,005
0,010	0,039	0,010	0,040	0,010	0,042	0,010	0,043	0,010	0,044	0,010	0,045	0,010	0,049	0,010
0,015	0,048	0,015	0,050	0,015	0,051	0,015	0,052	0,015	0,053	0,015	0,054	0,015	0,058	0,015
0,020	0,056	0,020	0,057	0,020	0,058	0,020	0,060	0,020	0,061	0,020	0,062	0,020	0,066	0,020
0,025	0,063	0,026	0,064	0,025	0,065	0,025	0,066	0,025	0,067	0,025	0,068	0,025	0,072	0,025
0,030	0,069	0,031	0,070	0,031	0,071	0,031	0,072	0,031	0,073	0,030	0,074	0,030	0,078	0,030
0,035	0,075	0,036	0,076	0,036	0,077	0,036	0,078	0,036	0,079	0,036	0,079	0,036	0,083	0,035
0,040	0,080	0,041	0,081	0,041	0,082	0,041	0,083	0,041	0,084	0,041	0,084	0,041	0,087	0,041
0,045	0,086	0,046	0,087	0,046	0,087	0,046	0,088	0,046	0,088	0,046	0,089	0,046	0,091	0,046
0,050	0,091	0,052	0,091	0,052	0,092	0,052	0,092	0,052	0,093	0,052	0,093	0,051	0,094	0,051
0,055	0,098	0,057	0,098	0,057	0,098	0,057	0,098	0,057	0,098	0,057	0,098	0,057	0,099	0,057
0,060	0,107	0,062	0,106	0,062	0,106	0,062	0,105	0,062	0,105	0,062	0,104	0,062	0,103	0,062
0,065	0,116	0,068	0,114	0,068	0,113	0,068	0,112	0,068	0,111	0,068	0,110	0,068	0,107	0,068
0,070	0,126	0,073	0,123	0,073	0,120	0,073	0,119	0,073	0,117	0,073	0,116	0,073	0,111	0,073
0,075	0,135	0,079	0,131	0,079	0,128	0,079	0,125	0,079	0,123	0,079	0,121	0,079	0,115	0,079
0,080	0,144	0,084	0,140	0,084	0,135	0,084	0,132	0,084	0,129	0,084	0,126	0,084	0,118	0,084
0,085	0,154	0,090	0,148	0,090	0,143	0,090	0,139	0,090	0,135	0,090	0,132	0,090	0,121	0,090
0,090	0,164	0,095	0,157	0,095	0,150	0,095	0,145	0,095	0,141	0,095	0,137	0,095	0,125	0,095
0,095	0,173	0,101	0,165	0,101	0,158	0,101	0,152	0,101	0,147	0,101	0,142	0,101	0,128	0,101
0,100	0,183	0,107	0,174	0,107	0,165	0,107	0,158	0,107	0,153	0,107	0,147	0,107	0,131	0,106
0,105	0,193	0,113	0,182	0,112	0,173	0,112	0,165	0,112	0,158	0,112	0,153	0,112	0,134	0,112
0,110	0,203	0,118	0,191	0,118	0,181	0,118	0,172	0,118	0,164	0,118	0,158	0,118	0,137	0,118
0,115	0,213	0,124	0,200	0,124	0,188	0,124	0,178	0,123	0,170	0,123	0,163	0,123	0,140	0,123
0,120	0,223	0,130	0,209	0,130	0,196	0,129	0,185	0,129	0,176	0,129	0,168	0,129	0,142	0,129
0,125	0,233	0,136	0,217	0,136	0,203	0,135	0,192	0,135	0,181	0,135	0,173	0,134	0,145	0,134
0,130	0,244	0,142	0,226	0,141	0,211	0,141	0,198	0,141	0,187	0,140	0,177	0,140	0,147	0,140
0,135	0,254	0,148	0,235	0,147	0,219	0,147	0,205	0,146	0,193	0,146	0,182	0,146	0,150	0,145
0,140	0,265	0,154	0,244	0,153	0,227	0,153	0,211	0,152	0,198	0,152	0,187	0,151	0,152	0,151
0,145	0,275	0,161	0,253	0,159	0,234	0,158	0,218	0,158	0,204	0,157	0,192	0,157	0,155	0,156
0,150	0,286	0,167	0,263	0,165	0,242	0,164	0,225	0,164	0,210	0,163	0,197	0,163	0,157	0,162
0,155	0,297	0,173	0,272	0,171	0,250	0,170	0,231	0,169	0,215	0,169	0,202	0,168	0,159	0,168
0,160	0,308	0,179	0,281	0,178	0,258	0,176	0,238	0,175	0,221	0,175	0,206	0,174	0,162	0,173
0,165	0,319	0,186	0,290	0,184	0,266	0,182	0,245	0,181	0,227	0,180	0,211	0,180	0,164	0,179
0,170	0,330	0,192	0,300	0,190	0,274	0,188	0,251	0,187	0,232	0,186	0,216	0,186	0,166	0,184
0,175	0,341	0,199	0,309	0,196	0,282	0,194	0,258	0,193	0,238	0,192	0,221	0,191	0,168	0,190
0,180	0,352	0,206	0,319	0,203	0,290	0,200	0,265	0,199	0,243	0,198	0,225	0,197	0,170	0,196
0,185	0,364	0,212	0,328	0,209	0,298	0,207	0,271	0,205	0,249	0,204	0,230	0,203	0,172	0,201
0,190	0,375	0,219	0,338	0,215	0,306	0,213	0,278	0,211	0,255	0,209	0,235	0,208	0,174	0,207
0,195	0,387	0,226	0,348	0,222	0,314	0,219	0,285	0,217	0,260	0,215	0,239	0,214	0,176	0,212
0,200	0,399	0,233	0,358	0,228	0,322	0,225	0,292	0,223	0,266	0,221	0,244	0,220	0,178	0,218
0,205	0,411	0,240	0,368	0,235	0,330	0,231	0,299	0,229	0,272	0,227	0,249	0,226	0,180	0,223
0,210	0,423	0,247	0,378	0,241	0,339	0,238	0,305	0,235	0,277	0,233	0,253	0,232	0,182	0,229
0,215	0,435	0,254	0,388	0,248	0,347	0,244	0,312	0,241	0,283	0,239	0,258	0,237	0,183	0,235
0,220	0,448	0,261	0,398	0,255	0,355	0,250	0,319	0,247	0,288	0,245	0,263	0,243	0,185	0,240
0,225	0,461	0,269	0,408	0,262	0,364	0,257	0,326	0,253	0,294	0,251	0,267	0,249	0,187	0,246
0,230	0,473	0,276	0,418	0,268	0,372	0,263	0,333	0,259	0,300	0,257	0,272	0,255	0,189	0,251
0,235	0,486	0,284	0,429	0,275	0,381	0,270	0,340	0,265	0,305	0,263	0,276	0,261	0,190	0,257
0,240	0,499	0,291	0,439	0,282	0,389	0,276	0,347	0,272	0,311	0,269	0,281	0,266	0,192	0,263
0,245	0,513	0,299	0,450	0,289	0,398	0,283	0,354	0,278	0,317	0,275	0,285	0,272	0,194	0,268
0,250	0,526	0,307	0,461	0,296	0,406	0,289	0,361	0,284	0,322	0,281	0,290	0,278	0,195	0,274
0,255	0,540	0,315	0,471	0,304	0,415	0,296	0,368	0,290	0,328	0,287	0,295	0,284	0,197	0,279
0,260	0,554	0,323	0,482	0,311	0,424	0,303	0,375	0,297	0,334	0,293	0,299	0,290	0,199	0,285
0,265	0,568	0,331	0,493	0,318	0,433	0,309	0,382	0,303	0,339	0,299	0,304	0,296	0,200	0,291
0,270	0,583	0,339	0,504	0,326	0,441	0,316	0,389	0,309	0,345	0,305	0,308	0,302	0,202	0,296
0,275	0,597	0,347	0,516	0,333	0,450	0,323	0,396	0,316	0,351	0,311	0,313	0,308	0,203	0,302
0,280	0,612	0,355	0,527	0,341	0,459	0,330	0,403	0,322	0,356	0,317	0,317	0,314	0,205	0,307
0,285	0,628	0,363	0,539	0,348	0,468	0,336	0,410	0,329	0,362	0,323	0,322	0,319	0,206	0,313
0,290	0,643	0,371	0,549	0,356	0,477	0,343	0,418	0,335	0,368	0,329	0,326	0,325	0,208	0,319
0,295	0,659	0,379	0,558	0,362	0,486	0,350	0,425	0,342	0,374	0,335	0,331	0,331	0,209	0,324
0,300	0,675	0,387	0,566	0,369	0,496	0,357	0,432	0,348	0,379	0,342	0,335	0,337	0,210	0,330
0,305	0,692	0,395	0,574	0,375	0,505	0,364	0,439	0,355	0,385	0,348	0,340	0,343	0,212	0,335
0,310	0,709	0,403	0,583	0,381	0,514	0,372	0,447	0,361	0,391	0,354	0,345	0,349	0,213	0,341
0,315	0,726	0,411	0,591	0,387	0,524	0,379	0,454	0,368	0,397	0,360	0,349	0,355	0,215	0,346
0,320	0,744	0,419	0,599	0,393	0,533	0,386	0,461	0,374	0,402	0,366	0,354	0,361	0,216	0,352
0,325	0,762	0,427	0,606	0,399	0,543	0,393	0,469	0,381	0,408	0,373	0,358	0,367	0,217	0,358
0,330	0,781	0,435	0,614	0,405	0,549	0,407	0,476	0,388	0,414	0,379	0,363	0,373	0,219	0,363
0,335	0,800	0,443	0,622	0,411	0,555	0,424	0,484	0,394	0,420	0,385	0,367	0,379	0,220	0,369
0,340	0,820	0,451	0,629	0,417	0,560	0,440	0,491	0,401	0,426	0,392	0,372	0,385	0,221	0,375
0,345	0,841	0,459	0,636	0,423	0,565	0,457	0,499	0,408	0,431	0,398	0,376	0,391	0,222	0,380
0,350	0,863	0,467	0,643	0,429	0,571	0,474	0,506	0,415	0,437	0,404	0,381	0,397	0,224	0,386

# FLEXÃO SIMPLES

Tabela 14

Zona	$\epsilon_c$ (m/m)	$\epsilon_s$ (m/m)	$\alpha$
II a	0,0000	0,0250	0,0000
II b	0,0026	0,0250	0,0942
III a	0,0026	0,0250	0,0942
III b	0,0026	0,0022	0,5446
fim	0,0026	0,0000	1,0000

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b \times d^2 \times f_{cd}} \quad \omega = \frac{A_s}{b \times d} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}}$$



$\mu$	$\beta = 0$		$\beta = 0,1$		$\beta = 0,2$		$\beta = 0,3$		$\beta = 0,4$		$\beta = 0,5$		$\beta = 1,0$	
	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$
0,355	0,885	3,322	0,650	0,697	0,576	0,491	0,514	0,422	0,443	0,411	0,385	0,403	0,225	0,391
0,360	0,908	4,391	0,657	0,730	0,581	0,509	0,521	0,428	0,449	0,417	0,390	0,409	0,226	0,397
0,365	0,933	6,315	0,663	0,763	0,585	0,527	0,529	0,435	0,455	0,423	0,394	0,416	0,227	0,402
0,370	0,959	10,826	0,670	0,797	0,590	0,545	0,537	0,442	0,461	0,430	0,399	0,422	0,229	0,408
0,375			0,676	0,832	0,595	0,563	0,544	0,449	0,467	0,436	0,403	0,428	0,230	0,414
0,380			0,682	0,867	0,599	0,582	0,548	0,462	0,473	0,443	0,408	0,434	0,231	0,419
0,385			0,687	0,903	0,604	0,601	0,552	0,476	0,479	0,449	0,413	0,440	0,232	0,425
0,390			0,693	0,940	0,608	0,620	0,555	0,489	0,485	0,456	0,417	0,446	0,233	0,431
0,395			0,698	0,978	0,612	0,640	0,559	0,503	0,490	0,462	0,422	0,452	0,235	0,436
0,400			0,704	1,016	0,616	0,659	0,562	0,516	0,496	0,469	0,426	0,458	0,236	0,442
0,405			0,709	1,055	0,620	0,680	0,566	0,530	0,502	0,475	0,431	0,465	0,237	0,447
0,410			0,714	1,095	0,624	0,700	0,569	0,544	0,508	0,482	0,435	0,471	0,238	0,453
0,415			0,718	1,135	0,628	0,721	0,572	0,558	0,514	0,488	0,440	0,477	0,239	0,458
0,420			0,723	1,176	0,632	0,742	0,575	0,572	0,521	0,495	0,444	0,483	0,240	0,464
0,425			0,727	1,218	0,636	0,763	0,578	0,586	0,527	0,502	0,449	0,489	0,241	0,470
0,430			0,732	1,260	0,639	0,785	0,581	0,600	0,533	0,508	0,453	0,495	0,242	0,475
0,435			0,736	1,302	0,643	0,806	0,584	0,615	0,539	0,515	0,458	0,502	0,243	0,481
0,440			0,740	1,346	0,646	0,828	0,587	0,629	0,545	0,522	0,463	0,508	0,244	0,487
0,445			0,744	1,389	0,649	0,850	0,590	0,644	0,547	0,533	0,467	0,514	0,246	0,492
0,450			0,747	1,433	0,653	0,872	0,592	0,658	0,550	0,544	0,472	0,520	0,247	0,498
0,455			0,751	1,478	0,656	0,894	0,595	0,673	0,552	0,555	0,476	0,527	0,248	0,503
0,460			0,755	1,523	0,659	0,917	0,597	0,688	0,554	0,567	0,481	0,533	0,249	0,509
0,465			0,758	1,568	0,662	0,939	0,600	0,703	0,556	0,578	0,485	0,539	0,250	0,515
0,470			0,761	1,613	0,665	0,962	0,602	0,718	0,559	0,590	0,490	0,545	0,251	0,520
0,475			0,764	1,660	0,668	0,985	0,605	0,733	0,561	0,601	0,495	0,552	0,252	0,526
0,480			0,767	1,706	0,670	1,008	0,607	0,748	0,563	0,613	0,499	0,558	0,253	0,531
0,485			0,770	1,752	0,673	1,031	0,610	0,763	0,565	0,624	0,504	0,564	0,254	0,537
0,490			0,773	1,800	0,676	1,054	0,612	0,778	0,567	0,636	0,508	0,571	0,255	0,543
0,495			0,776	1,848	0,678	1,078	0,614	0,794	0,569	0,648	0,513	0,577	0,256	0,548
0,500			0,779	1,894	0,681	1,101	0,616	0,810	0,571	0,659	0,518	0,583	0,257	0,554
0,505			0,781	1,943	0,683	1,125	0,619	0,825	0,573	0,671	0,522	0,590	0,257	0,560
0,510			0,784	1,991	0,686	1,149	0,621	0,841	0,574	0,683	0,527	0,596	0,258	0,565
0,515			0,786	2,039	0,688	1,173	0,623	0,857	0,576	0,695	0,531	0,602	0,259	0,571
0,520			0,789	2,088	0,690	1,196	0,625	0,873	0,578	0,707	0,536	0,609	0,260	0,576
0,525			0,791	2,137	0,693	1,221	0,627	0,889	0,580	0,718	0,541	0,615	0,261	0,582
0,530			0,793	2,187	0,695	1,245	0,629	0,905	0,582	0,730	0,545	0,622	0,262	0,587
0,535			0,795	2,236	0,697	1,269	0,631	0,922	0,583	0,742	0,546	0,632	0,263	0,593
0,540			0,798	2,285	0,699	1,293	0,633	0,938	0,585	0,754	0,548	0,641	0,264	0,599
0,545			0,800	2,335	0,701	1,318	0,635	0,954	0,586	0,766	0,549	0,651	0,265	0,604
0,550			0,802	2,384	0,703	1,342	0,637	0,970	0,588	0,778	0,551	0,661	0,266	0,610
0,555			0,803	2,435	0,705	1,367	0,638	0,987	0,590	0,790	0,552	0,671	0,267	0,616
0,560			0,805	2,485	0,707	1,392	0,640	1,003	0,591	0,803	0,554	0,681	0,267	0,621
0,565			0,807	2,536	0,709	1,416	0,642	1,020	0,593	0,815	0,555	0,690	0,268	0,627
0,570			0,809	2,586	0,710	1,441	0,644	1,036	0,594	0,827	0,556	0,700	0,269	0,632
0,575			0,811	2,636	0,712	1,466	0,645	1,053	0,596	0,839	0,558	0,710	0,270	0,638
0,580			0,812	2,688	0,714	1,491	0,647	1,070	0,597	0,851	0,559	0,720	0,271	0,643
0,585			0,814	2,739	0,716	1,516	0,648	1,086	0,598	0,863	0,560	0,730	0,272	0,649
0,590			0,816	2,790	0,717	1,541	0,650	1,103	0,600	0,876	0,561	0,740	0,273	0,655
0,595			0,817	2,842	0,719	1,567	0,652	1,120	0,601	0,888	0,563	0,750	0,273	0,660
0,600			0,819	2,893	0,720	1,591	0,653	1,136	0,602	0,900	0,564	0,760	0,274	0,666
0,605			0,820	2,945	0,722	1,617	0,655	1,153	0,604	0,913	0,565	0,770	0,275	0,671
0,610			0,821	2,996	0,724	1,643	0,656	1,170	0,605	0,925	0,566	0,780	0,276	0,677
0,615			0,823	3,048	0,725	1,668	0,657	1,187	0,606	0,937	0,567	0,790	0,277	0,683
0,620			0,824	3,100	0,726	1,693	0,659	1,204	0,607	0,950	0,569	0,800	0,277	0,689
0,625			0,825	3,151	0,728	1,718	0,660	1,220	0,609	0,962	0,570	0,810	0,278	0,694
0,630			0,827	3,204	0,729	1,744	0,662	1,237	0,610	0,974	0,571	0,820	0,279	0,699
0,635			0,828	3,256	0,731	1,770	0,663	1,255	0,611	0,987	0,572	0,830	0,280	0,705
0,640			0,829	3,307	0,732	1,796	0,664	1,272	0,612	1,000	0,573	0,840	0,281	0,711
0,645			0,830	3,360	0,733	1,821	0,665	1,288	0,614	1,013	0,574	0,850	0,281	0,716
0,650			0,832	3,414	0,735	1,847	0,667	1,305	0,615	1,025	0,575	0,860	0,282	0,722
0,655			0,833	3,465	0,736	1,873	0,668	1,323	0,616	1,038	0,576	0,871	0,283	0,728
0,660			0,834	3,517	0,737	1,899	0,669	1,340	0,617	1,051	0,577	0,881	0,284	0,733
0,665			0,835	3,570	0,738	1,924	0,670	1,357	0,618	1,064	0,578	0,891	0,284	0,739
0,670			0,836	3,622	0,740	1,950	0,671	1,374	0,619	1,077	0,579	0,901	0,285	0,744
0,675			0,837	3,676	0,741	1,977	0,673	1,391	0,620	1,090	0,580	0,911	0,286	0,750
0,680			0,838	3,728	0,742	2,003	0,674	1,409	0,621	1,103	0,581	0,921	0,287	0,755
0,685			0,839	3,782	0,743	2,028	0,675	1,426	0,622	1,116	0,582	0,932	0,287	0,761
0,690			0,840	3,834	0,744	2,054	0,676	1,443	0,623	1,129	0,583	0,942	0,288	0,767
0,695			0,841	3,887	0,745	2,081	0,677	1,460	0,625	1,142	0,584	0,952	0,289	0,772
0,700			0,842	3,942	0,746	2,106	0,678	1,477	0,626	1,154	0,585	0,962	0,290	0,778



## **Apêndice V - Tabelas de flexão composta EC2**

# FLEXÃO COMPOSTA

Tabela 1

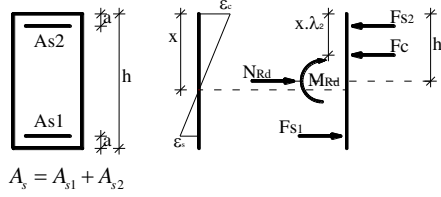
EC2	
Betão	c50/60
Aço	S400
$\beta$	1,0
a/h	0,1

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b \times h^2 \times f_{cd}}$$

$$\omega = \frac{A_s}{b \times h} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}}$$

$$\alpha = \frac{x}{h}$$

$$v = \frac{N_{Rd}}{b \times h \times f_{cd}}$$



Zonamento da secção			
Zona	Ec (m/m)	Es (m/m)	Alfa
II a	0,0000	0,0250	0,0000
II b	0,0020	0,0250	0,0667
III a	0,0035	0,0250	0,1105
III b	0,0035	0,0017	0,6012
IV a	0,0035	0,0000	1,0000
Fim	0,0035	0,0035	∞

$\mu$	v = 0		v = 0,1		v = 0,2		v = 0,3		v = 0,4		v = 0,5		v = 0,6		v = 0,8		v = 1,0		v = 1,20		v = 1,40		v = 1,60	
	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$	$\alpha$	$\omega$
0,005																	2,598	0,014	3,169	0,213	3,430	0,413	3,572	0,613
0,010	0,042	0,021															2,006	0,028	2,523	0,227	2,858	0,426	3,078	0,626
0,015	0,051	0,032															1,744	0,041	2,173	0,240	2,499	0,439	2,738	0,639
0,020	0,059	0,043															1,588	0,055	1,951	0,253	2,252	0,452	2,488	0,652
0,025	0,066	0,054															1,482	0,068	1,796	0,266	2,070	0,465	2,297	0,664
0,030	0,071	0,066															1,404	0,082	1,680	0,279	1,931	0,478	2,145	0,677
0,035	0,077	0,078															1,343	0,095	1,590	0,292	1,820	0,491	2,022	0,690
0,040	0,081	0,090															1,294	0,109	1,517	0,306	1,730	0,504	1,920	0,703
0,045	0,086	0,102	0,124	0,000													1,254	0,122	1,458	0,319	1,654	0,517	1,834	0,716
0,050	0,089	0,114	0,128	0,013													1,220	0,136	1,407	0,332	1,591	0,530	1,760	0,729
0,055	0,093	0,126	0,132	0,025													1,190	0,149	1,364	0,345	1,536	0,543	1,696	0,742
0,060	0,096	0,139	0,135	0,038													1,165	0,162	1,327	0,358	1,488	0,556	1,640	0,755
0,065	0,099	0,151	0,138	0,050													1,088	0,177	1,294	0,371	1,446	0,569	1,591	0,767
0,070	0,101	0,163	0,140	0,063													1,079	0,190	1,265	0,384	1,409	0,582	1,547	0,780
0,075	0,104	0,176	0,142	0,075										0,980	0,011		1,070	0,202	1,240	0,398	1,376	0,595	1,508	0,793
0,080	0,106	0,188	0,144	0,088	0,247	0,001								0,970	0,025		1,062	0,215	1,216	0,411	1,346	0,608	1,472	0,806
0,085	0,108	0,200	0,146	0,100	0,247	0,014								0,961	0,040		1,053	0,228	1,195	0,424	1,319	0,621	1,440	0,819
0,090	0,109	0,213	0,148	0,113	0,247	0,026								0,951	0,054		1,045	0,241	1,176	0,437	1,294	0,634	1,410	0,832
0,095	0,111	0,225	0,149	0,125	0,247	0,039								0,942	0,069		1,037	0,254	1,159	0,450	1,272	0,647	1,383	0,845
0,100	0,113	0,238	0,151	0,138	0,247	0,051								0,933	0,083		1,029	0,267	1,143	0,463	1,251	0,660	1,358	0,858
0,105	0,115	0,250	0,152	0,150	0,247	0,064	0,371	0,003						0,924	0,098		1,021	0,280	1,128	0,476	1,232	0,673	1,335	0,871
0,110	0,116	0,263	0,154	0,163	0,247	0,076	0,371	0,016						0,916	0,113		1,013	0,294	1,079	0,490	1,215	0,686	1,314	0,883
0,115	0,118	0,275	0,155	0,176	0,247	0,089	0,371	0,028					0,741	0,000		1,008	0,307	1,072	0,502	1,198	0,699	1,294	0,896	
0,120	0,119	0,288	0,156	0,188	0,247	0,101	0,371	0,041	0,494	0,006			0,736	0,015		1,000	0,321	1,065	0,515	1,183	0,712	1,276	0,909	
0,125	0,121	0,300	0,157	0,201	0,247	0,114	0,371	0,053	0,494	0,018	0,617	0,009	0,731	0,031		0,893	0,334	1,058	0,528	1,169	0,725	1,259	0,922	
0,130	0,122	0,313	0,158	0,213	0,247	0,126	0,371	0,066	0,494	0,031	0,617	0,022	0,726	0,046		0,885	0,348	1,052	0,540	1,155	0,738	1,243	0,935	
0,135	0,124	0,325	0,159	0,226	0,247	0,139	0,371	0,078	0,494	0,043	0,616	0,035	0,722	0,061		0,878	0,361	1,045	0,550	1,143	0,750	1,228	0,948	
0,140	0,125	0,338	0,160	0,238	0,247	0,151	0,371	0,091	0,494	0,056	0,616	0,048	0,718	0,076		0,872	0,375	1,039	0,566	1,131	0,763	1,213	0,961	
0,145	0,126	0,350	0,161	0,251	0,247	0,164	0,371	0,103	0,494	0,068	0,615	0,061	0,714	0,091		0,865	0,389	1,032	0,579	1,120	0,776	1,200	0,974	
0,150	0,127	0,363	0,162	0,263	0,247	0,176	0,371	0,116	0,494	0,081	0,615	0,073	0,711	0,106		0,859	0,403	1,026	0,592	1,109	0,789	1,187	0,986	
0,155	0,128	0,375	0,162	0,276	0,247	0,189	0,371	0,128	0,494	0,093	0,614	0,086	0,708	0,120		0,853	0,426	1,020	0,605	1,073	0,802	1,175	0,999	
0,160	0,130	0,388	0,163	0,288	0,247	0,201	0,371	0,141	0,494	0,106	0,614	0,099	0,704	0,135		0,847	0,441	1,014	0,618	1,067	0,815	1,164	1,012	
0,165	0,131	0,400	0,164	0,301	0,247	0,214	0,371	0,153	0,494	0,118	0,613	0,112	0,702	0,149		0,842	0,454	1,008	0,632	1,062	0,827	1,153	1,025	
0,170	0,132	0,413	0,164	0,313	0,247	0,226	0,371	0,166	0,494	0,131	0,613	0,125	0,699	0,163		0,836	0,468	1,002	0,645	1,056	0,840	1,143	1,038	
0,175	0,133	0,425	0,165	0,326	0,247	0,239	0,371	0,178	0,494	0,143	0,613	0,137	0,696	0,177		0,831	0,481	997	0,658	1,051	0,853	1,133	1,051	
0,180	0,134	0,438	0,166	0,338	0,247	0,251	0,371	0,191	0,494	0,156	0,613	0,150	0,694	0,192		0,826	0,496	991	0,672	1,045	0,866	1,124	1,064	
0,185	0,135	0,450	0,166	0,351	0,247	0,264	0,371	0,203	0,494	0,168	0,612	0,163	0,691	0,206		0,821	0,510	985	0,685	1,040	0,879	1,115	1,077	
0,190	0,135	0,463	0,167	0,363	0,247	0,276	0,371	0,216	0,494	0,181	0,612	0,176	0,689	0,220		0,817	0,524	980	0,698	1,035	0,891	1,106	1,089	
0,195	0,136	0,475	0,168	0,376	0,247	0,289	0,371	0,228	0,494	0,193	0,612	0,188	0,687	0,233		0,812	0,538	975	0,712	1,029	0,904	1,074	1,102	
0,200	0,137	0,488	0,168	0,388	0,247	0,301	0,371	0,241	0,494	0,206	0,611	0,201	0,685	0,247		0,808	0,547	970	0,725	1,024	0,917	1,069	1,115	
0,205	0,138	0,500	0,169	0,400	0,247	0,314	0,371	0,253	0,494	0,218	0,611	0,214	0,683	0,261		0,804	0,556	965	0,739	1,019	0,930	1,064	1,127	
0,210	0,139	0,513	0,169	0,413	0,247	0,326	0,371	0,266	0,494	0,231	0,611	0,226	0,681	0,275		0,800	0,570	960	0,752	1,014	0,943	1,059	1,140	
0,215	0,140	0,525	0,170	0,426	0,247	0,339	0,371	0,278	0,494	0,243	0,611	0,239	0,679	0,289		0,796	0,584	955	0,766	1,010	0,956	1,054	1,153	
0,220	0,140	0,538	0,170	0,438	0,247	0,351	0,371	0,291	0,494	0,256	0,611	0,252	0,678	0,302		0,793	0,598	950	0,779	1,005	0,970	1,050	1,165	
0,225	0,141	0,550	0,170	0,451	0,247	0,364	0,371	0,303	0,494	0,268	0,610	0,264	0,676	0,316		0,789	0,612	945	0,793	1,000	0,983	1,045	1,178	
0,230	0,142	0,563	0,171	0,463	0,247	0,376	0,371	0,316	0,494	0,281	0,610	0,277	0,675	0,329		0,786	0,626	941	0,807	995	0,996	1,041	1,191	
0,235	0,142	0,576	0,171	0,475	0,247	0,389	0,371	0,328	0,494	0,293	0,610	0,290	0,673	0,343		0,782	0,640	936	0,820	991	1,009	1,036	1,204	
0,240	0,143	0,588	0,172	0,488	0,247	0,401	0,371	0,341	0,494	0,306	0,610	0,302	0,672	0,356		0,779	0,654	932	0,834	987	1,022	1,032	1,217	
0,245	0,144	0,601	0,172	0,500	0,247	0,414	0,371	0,353	0,494	0,318	0,610	0,315	0,670	0,370		0,776	0,668	928	0,847	982	1,035	1,027	1,230	
0,250	0,144	0,613	0,173	0,513	0,247	0,426	0,371	0,366	0,494	0,331	0,609	0,328	0,669	0,383		0,773	0,682	923	0,861	978	1,049	1,023	1,242	
0,255	0,145	0,626	0,173	0,525	0,247	0,439	0,371	0,378	0,494	0,343	0,609	0,340												

## FLEXÃO COMPOSTA

Tabela 1

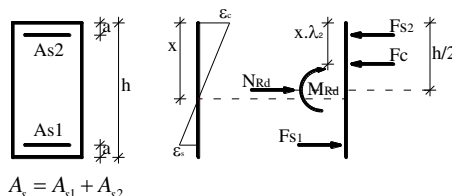
EC2	
Betão	≤C50/60
Aço	S400
β	1,0
a/h	0,1

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b \times h^2 \times f_{cd}}$$

$$\omega = \frac{A_s}{b \times h} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}}$$

$$\alpha = \frac{x}{h}$$

$$\nu = \frac{N_{Rd}}{b \times h \times f_{cd}}$$



Zonamento da secção			
Zona	Ec (m/m)	Es (m/m)	Alfa
II a	0,0000	0,0250	0,0000
II b	0,0020	0,0250	0,0667
III a	0,0035	0,0250	0,1105
III b	0,0035	0,0017	0,6012
IV a	0,0035	0,0000	1,0000
Fim	0,0035	0,0035	∞

μ	ν = 0		ν = 0,1		ν = 0,2		ν = 0,3		ν = 0,4		ν = 0,5		ν = 0,6		ν = 0,8		ν = 1,0		ν = 1,20		ν = 1,40		ν = 1,60	
	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω
0,300	0,150	0,738	0,176	0,638	0,247	0,551	0,371	0,491	0,494	0,456	0,608	0,454	0,658	0,516	0,748	0,659	0,823	0,821	0,886	0,997	0,939	1,182	0,984	1,373
0,305	0,151	0,751	0,176	0,649	0,247	0,564	0,371	0,503	0,494	0,468	0,608	0,466	0,657	0,529	0,746	0,672	0,820	0,835	0,883	1,011	0,935	1,195	0,980	1,386
0,310	0,151	0,763	0,176	0,662	0,247	0,576	0,371	0,516	0,494	0,481	0,608	0,479	0,656	0,542	0,744	0,686	0,818	0,849	0,879	1,024	0,932	1,208	0,976	1,399
0,315	0,151	0,776	0,177	0,675	0,247	0,589	0,371	0,528	0,494	0,493	0,608	0,491	0,656	0,555	0,742	0,700	0,815	0,862	0,876	1,038	0,928	1,222	0,973	1,412
0,320	0,152	0,788	0,177	0,687	0,247	0,601	0,371	0,541	0,494	0,506	0,608	0,504	0,655	0,568	0,740	0,713	0,812	0,876	0,873	1,051	0,925	1,235	0,969	1,425
0,325	0,152	0,801	0,177	0,700	0,247	0,614	0,371	0,553	0,494	0,518	0,608	0,516	0,654	0,581	0,738	0,727	0,809	0,890	0,870	1,065	0,922	1,249	0,966	1,438
0,330	0,153	0,813	0,177	0,712	0,247	0,626	0,371	0,566	0,494	0,531	0,608	0,529	0,653	0,594	0,736	0,740	0,807	0,903	0,867	1,079	0,918	1,262	0,963	1,451
0,335	0,153	0,826	0,178	0,724	0,247	0,639	0,371	0,578	0,494	0,543	0,607	0,542	0,652	0,607	0,734	0,754	0,804	0,917	0,864	1,092	0,915	1,275	0,959	1,465
0,340	0,154	0,838	0,178	0,737	0,247	0,651	0,371	0,591	0,494	0,556	0,607	0,554	0,652	0,620	0,732	0,767	0,802	0,931	0,861	1,106	0,912	1,289	0,956	1,478
0,345	0,154	0,851	0,178	0,749	0,247	0,664	0,371	0,603	0,494	0,568	0,607	0,567	0,651	0,633	0,731	0,781	0,800	0,944	0,858	1,119	0,909	1,302	0,953	1,491
0,350	0,155	0,863	0,178	0,761	0,247	0,676	0,371	0,616	0,494	0,581	0,607	0,579	0,650	0,646	0,729	0,794	0,797	0,958	0,856	1,133	0,906	1,315	0,950	1,504
0,355	0,155	0,876	0,179	0,774	0,247	0,689	0,371	0,628	0,494	0,593	0,607	0,592	0,650	0,659	0,727	0,808	0,795	0,972	0,853	1,146	0,903	1,329	0,946	1,517
0,360	0,155	0,888	0,179	0,786	0,247	0,701	0,371	0,641	0,494	0,606	0,607	0,604	0,649	0,672	0,726	0,821	0,793	0,985	0,850	1,160	0,900	1,342	0,943	1,531
0,365	0,156	0,901	0,179	0,799	0,247	0,714	0,371	0,653	0,494	0,618	0,607	0,617	0,648	0,685	0,724	0,835	0,790	0,999	0,848	1,173	0,897	1,356	0,940	1,544
0,370	0,156	0,913	0,179	0,812	0,247	0,726	0,371	0,666	0,494	0,631	0,607	0,630	0,648	0,698	0,723	0,848	0,788	1,012	0,845	1,187	0,894	1,369	0,937	1,557
0,375	0,156	0,926	0,179	0,824	0,247	0,739	0,371	0,678	0,494	0,643	0,607	0,642	0,647	0,711	0,721	0,862	0,786	1,026	0,843	1,200	0,892	1,382	0,934	1,570
0,380	0,157	0,938	0,180	0,837	0,247	0,751	0,371	0,691	0,494	0,656	0,607	0,655	0,647	0,724	0,720	0,875	0,784	1,039	0,840	1,214	0,889	1,396	0,932	1,583
0,385	0,157	0,951	0,180	0,849	0,247	0,764	0,371	0,703	0,494	0,668	0,607	0,667	0,646	0,737	0,718	0,888	0,782	1,053	0,838	1,227	0,886	1,409	0,929	1,597
0,390	0,158	0,964	0,180	0,861	0,247	0,776	0,371	0,716	0,494	0,681	0,607	0,680	0,645	0,750	0,717	0,902	0,780	1,066	0,835	1,241	0,884	1,422	0,926	1,610
0,395	0,158	0,976	0,180	0,874	0,247	0,789	0,371	0,728	0,494	0,693	0,606	0,692	0,645	0,763	0,716	0,915	0,778	1,080	0,833	1,254	0,881	1,436	0,923	1,623
0,400	0,158	0,989	0,180	0,887	0,247	0,801	0,371	0,741	0,494	0,706	0,606	0,705	0,644	0,776	0,714	0,928	0,776	1,093	0,831	1,268	0,878	1,449	0,920	1,636
0,410	0,159	1,014	0,181	0,911	0,247	0,826	0,371	0,766	0,494	0,731	0,606	0,730	0,643	0,801	0,712	0,955	0,773	1,120	0,826	1,295	0,873	1,476	0,915	1,663
0,420	0,160	1,039	0,181	0,936	0,247	0,851	0,371	0,791	0,494	0,756	0,606	0,755	0,642	0,827	0,710	0,981	0,769	1,147	0,822	1,322	0,869	1,503	0,910	1,689
0,430	0,160	1,064	0,181	0,961	0,247	0,876	0,371	0,816	0,494	0,781	0,606	0,780	0,642	0,853	0,707	1,008	0,766	1,174	0,818	1,348	0,864	1,529	0,905	1,716
0,440	0,161	1,089	0,182	0,986	0,247	0,901	0,371	0,841	0,494	0,806	0,606	0,805	0,641	0,878	0,705	1,034	0,763	1,200	0,814	1,375	0,859	1,556	0,900	1,742
0,450	0,161	1,114	0,182	1,010	0,247	0,926	0,371	0,866	0,494	0,831	0,606	0,830	0,640	0,904	0,703	1,061	0,759	1,227	0,810	1,402	0,855	1,583	0,895	1,769
0,460	0,162	1,139	0,182	1,035	0,247	0,951	0,371	0,891	0,494	0,856	0,606	0,855	0,639	0,930	0,701	1,087	0,756	1,254	0,806	1,429	0,851	1,609	0,891	1,795
0,470	0,162	1,164	0,183	1,060	0,247	0,976	0,371	0,916	0,494	0,881	0,606	0,880	0,638	0,955	0,699	1,113	0,754	1,280	0,803	1,455	0,847	1,636	0,886	1,822
0,480	0,163	1,189	0,183	1,084	0,247	1,001	0,371	0,941	0,494	0,906	0,606	0,905	0,637	0,981	0,697	1,139	0,751	1,307	0,799	1,482	0,843	1,662	0,882	1,848
0,490	0,164	1,214	0,183	1,109	0,247	1,026	0,371	0,966	0,494	0,931	0,605	0,931	0,637	1,007	0,695	1,166	0,748	1,333	0,796	1,509	0,839	1,689	0,878	1,874
0,500	0,164	1,239	0,183	1,134	0,247	1,051	0,371	0,991	0,494	0,956	0,605	0,956	0,636	1,032	0,693	1,192	0,746	1,360	0,793	1,535	0,835	1,715	0,874	1,901
0,510	0,165	1,264	0,184	1,159	0,247	1,076	0,371	1,016	0,494	0,981	0,605	0,981	0,635	1,058	0,692	1,218	0,743	1,386	0,789	1,562	0,832	1,742	0,870	1,927
0,520	0,165	1,289	0,184	1,184	0,247	1,101	0,371	1,041	0,494	1,006	0,605	1,006	0,635	1,083	0,690	1,244	0,741	1,413	0,786	1,588	0,828	1,768	0,866	1,954
0,530	0,165	1,314	0,184	1,209	0,247	1,126	0,371	1,066	0,494	1,031	0,605	1,031	0,634	1,108	0,689	1,270	0,738	1,439	0,783	1,615	0,825	1,795	0,862	1,980
0,540	0,166	1,339	0,184	1,233	0,247	1,151	0,371	1,091	0,494	1,056	0,605	1,056	0,634	1,134	0,687	1,296	0,736	1,465	0,781	1,641	0,821	1,821	0,858	2,006
0,550	0,166	1,364	0,185	1,258	0,247	1,176	0,371	1,116	0,494	1,081	0,605	1,081	0,633	1,159	0,686	1,322	0,734	1,492	0,778	1,667	0,818	1,848	0,855	2,033
0,560	0,167	1,389	0,185	1,282	0,247	1,201	0,371	1,141	0,494	1,106	0,605	1,106	0,632	1,185	0,684	1,348	0,732	1,518	0,775	1,694	0,815	1,874	0,851	2,059
0,570	0,167	1,414	0,185	1,307	0,247	1,226	0,371	1,166	0,494	1,131	0,605	1,131	0,632	1,210	0,683	1,374	0,730	1,544	0,773	1,720	0,812	1,901	0,848	2,085
0,580	0,168	1,439	0,185	1,332	0,247	1,251	0,371	1,191	0,494	1,156	0,605	1,156	0,631	1,236	0,682	1,400	0,728	1,570	0,770	1,747	0,809	1,927	0,844	2,112
0,590	0,168	1,464	0,185	1,357	0,247	1,276	0,371	1,216	0,494	1,181	0,605	1,181	0,631	1,261	0,680	1,425	0,726	1,596	0,768	1,773	0,806	1,953	0,841	2,138

## FLEXÃO COMPOSTA

**Tabela 2**

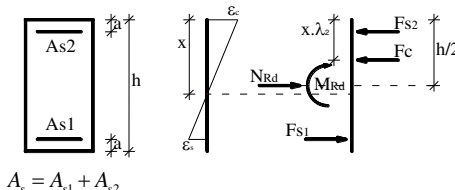
EC2	
Betão	≤C50/60
Aço	S500
β	1,0
a/h	0,1

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b \times h^2 \times f_{cd}}$$

$$\omega = \frac{A_s}{b \times h} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}}$$

$$\alpha = \frac{x}{h}$$

$$v = \frac{N_{Rd}}{b \times h \times f_{cd}}$$



Zonamento da secção			
Zona	Ec (m/m)	Es (m/m)	Alfa
II a	0,0000	0,0250	0,0000
II b	0,0020	0,0250	0,0667
III a	0,0035	0,0250	0,1105
III b	0,0035	0,0017	0,5552
IV a	0,0035	0,0000	1,0000
Fim	0,0035	0,0035	∞

μ	v = 0		v = 0,1		v = 0,2		v = 0,3		v = 0,4		v = 0,5		v = 0,6		v = 0,8		v = 1,0		v = 1,20		v = 1,40		v = 1,60			
	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω		
0,005	0,028	0,010																	2,713	0,014	7,556	0,221	13,646	0,438	19,932	0,655
0,010	0,040	0,021																	2,082	0,027	4,325	0,226	7,244	0,441	10,333	0,658
0,015	0,049	0,032																	1,803	0,041	3,039	0,238	5,109	0,445	7,133	0,661
0,020	0,057	0,043																	1,637	0,055	2,474	0,252	3,974	0,451	5,534	0,664
0,025	0,063	0,055																	1,524	0,068	2,154	0,265	3,174	0,463	4,574	0,668
0,030	0,069	0,066																	1,440	0,081	1,945	0,278	2,710	0,476	3,823	0,676
0,035	0,075	0,078																	1,375	0,095	1,796	0,291	2,404	0,489	3,246	0,688
0,040	0,080	0,090																	1,323	0,108	1,684	0,304	2,187	0,502	2,859	0,701
0,045	0,084	0,102	0,124	0,000															1,280	0,122	1,595	0,317	2,023	0,515	2,580	0,714
0,050	0,088	0,114	0,129	0,013															1,243	0,135	1,524	0,331	1,896	0,528	2,370	0,727
0,055	0,092	0,126	0,133	0,025															1,212	0,148	1,464	0,344	1,793	0,541	2,205	0,740
0,060	0,095	0,139	0,137	0,038															1,185	0,162	1,414	0,357	1,708	0,554	2,071	0,752
0,065	0,098	0,151	0,140	0,051															1,160	0,175	1,371	0,370	1,637	0,567	1,962	0,765
0,070	0,101	0,163	0,144	0,063															1,139	0,188	1,333	0,383	1,576	0,580	1,869	0,778
0,075	0,104	0,176	0,146	0,076											0,981	0,011			1,120	0,201	1,300	0,396	1,524	0,593	1,791	0,791
0,080	0,106	0,188	0,149	0,089	0,247	0,001									0,971	0,025			1,069	0,215	1,271	0,409	1,478	0,606	1,723	0,804
0,085	0,109	0,200	0,152	0,101	0,247	0,014									0,961	0,039			1,060	0,228	1,245	0,422	1,437	0,619	1,664	0,817
0,090	0,111	0,213	0,154	0,114	0,248	0,026									0,952	0,054			1,052	0,240	1,221	0,436	1,401	0,632	1,611	0,830
0,095	0,113	0,225	0,156	0,126	0,248	0,039									0,943	0,069			1,044	0,253	1,200	0,449	1,368	0,645	1,565	0,843
0,100	0,115	0,238	0,158	0,139	0,248	0,051									0,934	0,083			1,036	0,266	1,180	0,462	1,339	0,658	1,523	0,856
0,105	0,118	0,250	0,160	0,152	0,249	0,064	0,371	0,003							0,925	0,098			1,028	0,280	1,162	0,475	1,313	0,671	1,486	0,868
0,110	0,120	0,263	0,162	0,164	0,249	0,077	0,371	0,016							0,917	0,113			1,020	0,293	1,146	0,488	1,288	0,684	1,452	0,881
0,115	0,122	0,275	0,164	0,177	0,249	0,089	0,371	0,028							0,908	0,128			1,012	0,306	1,131	0,501	1,266	0,697	1,421	0,894
0,120	0,123	0,288	0,166	0,190	0,249	0,102	0,371	0,041	0,494	0,006					0,735	0,016			0,900	0,143	1,005	0,320	1,116	0,514	1,246	0,907
0,125	0,125	0,300	0,167	0,202	0,250	0,114	0,371	0,053	0,494	0,018	0,616	0,010			0,729	0,032			0,892	0,157	0,997	0,333	1,103	0,527	1,227	0,920
0,130	0,127	0,313	0,169	0,215	0,250	0,127	0,371	0,066	0,494	0,031	0,614	0,024	0,723	0,048	0,885	0,172			0,990	0,347	1,065	0,540	1,209	0,736	1,343	0,933
0,135	0,129	0,325	0,170	0,227	0,250	0,139	0,371	0,078	0,494	0,043	0,612	0,038	0,718	0,064	0,877	0,187			0,982	0,360	1,059	0,553	1,193	0,749	1,321	0,946
0,140	0,130	0,338	0,172	0,240	0,250	0,152	0,371	0,091	0,494	0,056	0,610	0,052	0,713	0,079	0,870	0,202			0,975	0,374	1,052	0,565	1,178	0,762	1,300	0,959
0,145	0,132	0,350	0,173	0,253	0,250	0,164	0,371	0,103	0,494	0,068	0,608	0,066	0,708	0,095	0,863	0,218			0,968	0,388	1,045	0,578	1,163	0,775	1,281	0,972
0,150	0,134	0,363	0,175	0,265	0,251	0,177	0,371	0,116	0,494	0,081	0,607	0,080	0,704	0,110	0,856	0,233			0,961	0,402	1,039	0,591	1,150	0,788	1,263	0,985
0,155	0,135	0,375	0,176	0,278	0,251	0,189	0,371	0,128	0,494	0,093	0,605	0,093	0,699	0,125	0,850	0,248			0,955	0,416	1,032	0,604	1,137	0,801	1,246	0,997
0,160	0,136	0,388	0,177	0,290	0,251	0,202	0,371	0,141	0,494	0,106	0,604	0,107	0,696	0,140	0,844	0,263			0,948	0,430	1,026	0,617	1,126	0,814	1,230	1,010
0,165	0,138	0,401	0,178	0,303	0,251	0,214	0,371	0,153	0,494	0,118	0,602	0,121	0,692	0,155	0,837	0,278			0,942	0,444	1,019	0,630	1,114	0,827	1,216	1,023
0,170	0,139	0,413	0,179	0,316	0,251	0,227	0,371	0,166	0,494	0,131	0,601	0,134	0,688	0,170	0,832	0,292			0,935	0,458	1,013	0,644	1,104	0,840	1,202	1,036
0,175	0,141	0,426	0,181	0,328	0,252	0,240	0,371	0,178	0,494	0,143	0,600	0,148	0,685	0,185	0,826	0,307			0,929	0,472	1,007	0,657	1,069	0,852	1,188	1,049
0,180	0,142	0,438	0,182	0,341	0,252	0,252	0,371	0,191	0,494	0,156	0,599	0,161	0,682	0,200	0,820	0,322			0,923	0,486	1,001	0,670	1,063	0,865	1,176	1,062
0,185	0,143	0,451	0,183	0,354	0,252	0,265	0,371	0,203	0,494	0,168	0,598	0,175	0,678	0,214	0,815	0,337			0,917	0,500	0,995	0,683	1,057	0,878	1,164	1,075
0,190	0,144	0,463	0,184	0,366	0,252	0,277	0,371	0,216	0,494	0,181	0,597	0,188	0,675	0,229	0,810	0,352			0,911	0,514	0,989	0,697	1,052	0,890	1,153	1,088
0,195	0,146	0,476	0,185	0,379	0,252	0,290	0,371	0,228	0,494	0,193	0,596	0,201	0,673	0,243	0,805	0,367			0,906	0,528	0,984	0,710	1,046	0,903	1,142	1,100
0,200	0,147	0,488	0,186	0,391	0,252	0,302	0,371	0,241	0,494	0,206	0,595	0,214	0,670	0,257	0,800	0,382			0,900	0,542	0,978	0,724	1,041	0,916	1,132	1,113
0,205	0,148	0,501	0,187	0,404	0,252	0,315	0,371	0,253	0,494	0,218	0,594	0,228	0,667	0,272	0,795	0,396			0,895	0,557	0,972	0,737	1,035	0,929	1,087	1,127
0,210	0,149	0,513	0,188	0,417	0,253	0,327	0,371	0,266	0,494	0,231	0,593	0,241	0,665	0,286	0,791	0,411			0,889	0,571	0,967	0,751	1,030	0,942	1,082	1,140
0,215	0,150	0,526	0,188	0,429	0,253	0,340	0,371	0,278	0,494	0,243	0,592	0,254	0,663	0,300	0,786	0,426			0,884	0,585	0,962	0,764	1,024	0,955	1,077	1,152
0,220	0,151	0,539	0,189	0,442	0,253	0,352	0,371	0,291	0,494	0,256	0,591	0,267	0,660	0,314	0,782	0,440			0,879	0,599	0,956	0,778	1,019	0,968	1,072	1,165
0,225	0,152	0,551	0,190	0,454	0,253	0,365	0,371	0,303	0,494	0,268	0,591	0,280	0,658	0,328	0,778	0,455			0,874	0,613	0,951	0,791	1,014	0,981	1,066	1,177
0,230	0,153	0,564	0,191	0,467	0,253	0,377	0,371	0,316	0,494	0,281	0,590	0,293	0,656	0,342	0,774	0,469			0,869	0,628	0,946	0,805	1,009	0,994	1,061	1,190
0,235	0,154	0,576	0,192	0,480	0,253	0,390	0,371	0,328	0,494	0,293	0,589	0,306	0,654	0,356	0,770	0,484			0,865	0,642	0,941	0,819	1,004	1,007	1,056	1,203
0,240																										

## FLEXÃO COMPOSTA

Tabela 2

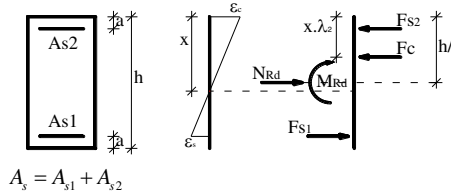
EC2	
Betão	C20/25
Aço	S500
β	1,0
a/h	0,1

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b \times h^2 \times f_{cd}}$$

$$\omega = \frac{A_s}{b \times h} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}}$$

$$\alpha = \frac{x}{h}$$

$$v = \frac{N_{Rd}}{b \times h \times f_{cd}}$$



Zonamento da secção			
Zona	Ec (m/m)	Es (m/m)	Alfa
II a	0,0000	0,0250	0,0000
II b	0,0020	0,0250	0,0667
III a	0,0035	0,0250	0,1105
III b	0,0035	0,0017	0,5552
IV a	0,0035	0,0000	1,0000
Fim	0,0035	0,0035	∞

μ	v = 0		v = 0,1		v = 0,2		v = 0,3		v = 0,4		v = 0,5		v = 0,6		v = 0,8		v = 1,0		v = 1,20		v = 1,40		v = 1,60	
	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω
0,300	0,166	0,739	0,200	0,643	0,255	0,552	0,371	0,491	0,494	0,456	0,582	0,475	0,634	0,533	0,730	0,669	0,813	0,825	0,884	0,997	0,945	1,180	0,997	1,371
0,305	0,166	0,752	0,201	0,656	0,255	0,565	0,371	0,503	0,494	0,468	0,582	0,488	0,633	0,547	0,727	0,683	0,810	0,839	0,880	1,011	0,941	1,194	0,993	1,384
0,310	0,167	0,765	0,202	0,668	0,255	0,577	0,371	0,516	0,494	0,481	0,581	0,501	0,632	0,560	0,725	0,697	0,807	0,853	0,876	1,025	0,937	1,207	0,989	1,397
0,315	0,168	0,777	0,202	0,681	0,255	0,590	0,371	0,528	0,494	0,493	0,581	0,513	0,631	0,574	0,723	0,711	0,803	0,867	0,873	1,039	0,933	1,221	0,985	1,410
0,320	0,169	0,790	0,203	0,693	0,255	0,602	0,371	0,541	0,494	0,506	0,581	0,526	0,629	0,587	0,720	0,725	0,800	0,881	0,869	1,053	0,929	1,234	0,981	1,423
0,325	0,169	0,802	0,203	0,706	0,255	0,615	0,371	0,553	0,494	0,518	0,580	0,539	0,628	0,600	0,718	0,739	0,797	0,895	0,866	1,066	0,925	1,248	0,977	1,436
0,330	0,170	0,815	0,204	0,718	0,255	0,628	0,371	0,566	0,494	0,531	0,580	0,552	0,627	0,614	0,716	0,752	0,794	0,909	0,862	1,080	0,921	1,261	0,973	1,449
0,335	0,171	0,827	0,204	0,731	0,255	0,640	0,371	0,578	0,494	0,543	0,579	0,565	0,626	0,627	0,714	0,766	0,791	0,923	0,859	1,094	0,918	1,275	0,969	1,463
0,340	0,171	0,840	0,205	0,744	0,255	0,653	0,371	0,591	0,494	0,556	0,579	0,577	0,625	0,640	0,712	0,780	0,788	0,937	0,855	1,108	0,914	1,288	0,965	1,476
0,345	0,172	0,852	0,205	0,756	0,255	0,665	0,371	0,603	0,494	0,568	0,579	0,590	0,624	0,653	0,710	0,794	0,786	0,951	0,852	1,121	0,910	1,302	0,962	1,489
0,350	0,173	0,865	0,206	0,769	0,255	0,678	0,371	0,616	0,494	0,581	0,578	0,603	0,623	0,667	0,708	0,808	0,783	0,965	0,849	1,135	0,907	1,315	0,958	1,502
0,355	0,173	0,878	0,206	0,781	0,256	0,690	0,371	0,628	0,494	0,593	0,578	0,626	0,623	0,680	0,706	0,821	0,780	0,978	0,846	1,149	0,903	1,329	0,954	1,516
0,360	0,174	0,890	0,207	0,794	0,256	0,702	0,371	0,641	0,494	0,606	0,578	0,629	0,622	0,693	0,704	0,835	0,778	0,992	0,843	1,163	0,900	1,342	0,951	1,529
0,365	0,174	0,903	0,207	0,806	0,256	0,715	0,371	0,653	0,494	0,618	0,578	0,641	0,621	0,706	0,702	0,849	0,775	1,006	0,840	1,176	0,897	1,356	0,947	1,542
0,370	0,175	0,915	0,207	0,819	0,256	0,727	0,371	0,666	0,494	0,631	0,577	0,654	0,620	0,719	0,700	0,862	0,773	1,020	0,837	1,190	0,893	1,369	0,944	1,556
0,375	0,176	0,928	0,208	0,832	0,256	0,740	0,371	0,678	0,494	0,643	0,577	0,667	0,619	0,732	0,698	0,876	0,770	1,034	0,834	1,204	0,890	1,383	0,940	1,569
0,380	0,176	0,940	0,208	0,844	0,256	0,752	0,371	0,691	0,494	0,656	0,577	0,680	0,618	0,745	0,697	0,890	0,768	1,047	0,831	1,217	0,887	1,396	0,937	1,582
0,385	0,177	0,953	0,209	0,857	0,256	0,765	0,371	0,703	0,494	0,668	0,576	0,692	0,618	0,759	0,695	0,903	0,765	1,061	0,828	1,231	0,884	1,410	0,934	1,595
0,390	0,177	0,965	0,209	0,869	0,256	0,777	0,371	0,716	0,494	0,681	0,576	0,705	0,617	0,772	0,693	0,917	0,763	1,075	0,825	1,245	0,881	1,423	0,930	1,609
0,395	0,178	0,978	0,210	0,882	0,256	0,790	0,371	0,728	0,494	0,693	0,576	0,718	0,616	0,785	0,692	0,930	0,761	1,089	0,823	1,258	0,878	1,437	0,927	1,622
0,400	0,179	0,991	0,210	0,894	0,256	0,803	0,371	0,741	0,494	0,706	0,576	0,730	0,615	0,798	0,690	0,944	0,759	1,102	0,820	1,272	0,875	1,450	0,924	1,635
0,410	0,180	1,016	0,211	0,920	0,256	0,827	0,371	0,766	0,494	0,731	0,575	0,756	0,614	0,824	0,687	0,971	0,754	1,130	0,815	1,299	0,869	1,477	0,918	1,662
0,420	0,181	1,041	0,212	0,945	0,256	0,853	0,371	0,791	0,494	0,756	0,575	0,781	0,613	0,850	0,684	0,998	0,750	1,157	0,810	1,327	0,863	1,505	0,912	1,689
0,430	0,182	1,066	0,212	0,970	0,257	0,878	0,371	0,816	0,494	0,781	0,574	0,807	0,611	0,876	0,682	1,024	0,746	1,184	0,805	1,354	0,858	1,532	0,906	1,716
0,440	0,183	1,091	0,213	0,995	0,257	0,902	0,371	0,841	0,494	0,806	0,574	0,832	0,610	0,902	0,679	1,051	0,743	1,211	0,800	1,381	0,853	1,559	0,900	1,742
0,450	0,184	1,116	0,214	1,020	0,257	0,927	0,371	0,866	0,494	0,831	0,573	0,857	0,609	0,928	0,677	1,078	0,739	1,238	0,796	1,408	0,848	1,586	0,895	1,769
0,460	0,185	1,141	0,214	1,045	0,257	0,953	0,371	0,891	0,494	0,856	0,573	0,883	0,608	0,954	0,674	1,105	0,735	1,265	0,791	1,435	0,843	1,613	0,889	1,796
0,470	0,186	1,166	0,215	1,070	0,257	0,977	0,371	0,916	0,494	0,881	0,573	0,908	0,607	0,980	0,672	1,131	0,732	1,292	0,787	1,462	0,838	1,640	0,884	1,822
0,480	0,186	1,191	0,216	1,095	0,257	1,003	0,371	0,941	0,494	0,906	0,572	0,933	0,606	1,005	0,669	1,158	0,729	1,319	0,783	1,489	0,833	1,666	0,879	1,849
0,490	0,187	1,216	0,216	1,120	0,257	1,027	0,371	0,966	0,494	0,931	0,572	0,958	0,605	1,031	0,667	1,184	0,726	1,346	0,779	1,516	0,829	1,693	0,874	1,876
0,500	0,188	1,242	0,217	1,145	0,257	1,053	0,371	0,991	0,494	0,956	0,572	0,984	0,604	1,057	0,665	1,211	0,723	1,373	0,775	1,543	0,824	1,720	0,869	1,902
0,510	0,189	1,267	0,218	1,170	0,257	1,077	0,371	1,016	0,494	0,981	0,571	1,009	0,603	1,083	0,663	1,237	0,720	1,400	0,772	1,570	0,820	1,747	0,864	1,929
0,520	0,190	1,292	0,218	1,196	0,257	1,103	0,371	1,041	0,494	1,006	0,571	1,034	0,602	1,108	0,661	1,264	0,717	1,426	0,768	1,597	0,816	1,774	0,860	1,956
0,530	0,191	1,317	0,219	1,221	0,258	1,127	0,371	1,066	0,494	1,031	0,571	1,060	0,601	1,134	0,659	1,290	0,714	1,453	0,765	1,624	0,812	1,801	0,855	1,983
0,540	0,191	1,342	0,219	1,246	0,258	1,152	0,371	1,091	0,494	1,056	0,571	1,085	0,600	1,160	0,658	1,316	0,711	1,480	0,761	1,651	0,808	1,827	0,851	2,009
0,550	0,192	1,367	0,220	1,271	0,258	1,177	0,371	1,116	0,494	1,081	0,570	1,110	0,600	1,185	0,656	1,342	0,709	1,506	0,758	1,677	0,804	1,854	0,847	2,036
0,560	0,193	1,392	0,220	1,296	0,258	1,202	0,371	1,141	0,494	1,106	0,570	1,135	0,599	1,211	0,654	1,369	0,706	1,533	0,755	1,704	0,800	1,881	0,842	2,063
0,570	0,194	1,417	0,221	1,321	0,258	1,227	0,371	1,166	0,494	1,131	0,570	1,160	0,598	1,236	0,653	1,395	0,704	1,559	0,752	1,731	0,797	1,908	0,838	2,089
0,580	0,194	1,442	0,221	1,346	0,258	1,252	0,371	1,191	0,494	1,156	0,570	1,186	0,597	1,262	0,651	1,421	0,702	1,586	0,749	1,757	0,793	1,934	0,835	2,116
0,590	0,195	1,467	0,222	1,371	0,258	1,277	0,371	1,216	0,494	1,181	0,569	1,211	0,597	1,288	0,649	1,447	0,699	1,612	0,746	1,784	0,790	1,961	0,831	2,142

## FLEXÃO COMPOSTA

**Tabela 3**

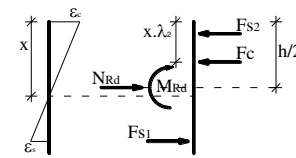
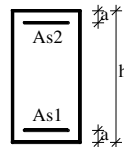
EC2	
Betão	≤C50/60
Aço	S400
β	1,0
a/h	0,05

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b \times h^2 \times f_{cd}}$$

$$\omega = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{b \times h \cdot f_{cd}}$$

$$\alpha = \frac{x}{h}$$

$$v = \frac{N_{Rd}}{b \times h \times f_{cd}}$$



$$A_s = A_{s1} + A_{s2}$$

Zonamento da secção			
Zona	Ec (m/m)	Es (m/m)	Alfa
II a	0,0000	0,0250	0,0000
II b	0,0020	0,0250	0,0667
III a	0,0035	0,0250	0,1105
III b	0,0035	0,0017	0,6012
IV a	0,0035	0,0000	1,0000
Fim	0,0035	0,0035	∞

μ	v = 0		v = 0,1		v = 0,2		v = 0,3		v = 0,4		v = 0,5		v = 0,6		v = 0,8		v = 1,0		v = 1,20		v = 1,40		v = 1,60				
	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω			
0,005	0,025	0,010															2,622	0,014	3,399	0,213	3,726	0,412	3,897	0,612			
0,010	0,034	0,021															2,033	0,027	2,707	0,225	3,121	0,424	3,381	0,624			
0,015	0,040	0,032															1,772	0,040	2,327	0,237	2,732	0,436	3,016	0,635			
0,020	0,046	0,043															1,617	0,054	2,084	0,249	2,460	0,448	2,744	0,647			
0,025	0,050	0,054															1,511	0,066	1,914	0,261	2,258	0,459	2,533	0,658			
0,030	0,054	0,065															1,433	0,079	1,786	0,274	2,103	0,471	2,365	0,670			
0,035	0,057	0,076															1,372	0,092	1,688	0,286	1,978	0,483	2,227	0,682			
0,040	0,060	0,087															1,324	0,105	1,608	0,298	1,877	0,495	2,112	0,693			
0,045	0,063	0,098	0,124	0,000													1,283	0,118	1,543	0,310	1,792	0,507	2,015	0,705			
0,050	0,065	0,109	0,124	0,011													1,249	0,130	1,488	0,323	1,720	0,519	1,931	0,717			
0,055	0,067	0,120	0,124	0,023													1,220	0,143	1,441	0,335	1,658	0,531	1,859	0,728			
0,060	0,069	0,131	0,124	0,034													1,194	0,155	1,400	0,347	1,605	0,543	1,795	0,740			
0,065	0,071	0,142	0,124	0,045													1,172	0,168	1,365	0,359	1,557	0,554	1,739	0,752			
0,070	0,072	0,153	0,124	0,056													1,152	0,180	1,333	0,371	1,515	0,566	1,688	0,764			
0,075	0,074	0,164	0,124	0,067											0,982	0,010	1,134	0,192	1,305	0,383	1,478	0,578	1,643	0,775			
0,080	0,075	0,175	0,124	0,078	0,247	0,001											0,973	0,023	1,118	0,205	1,280	0,395	1,444	0,590	1,603	0,787	
0,085	0,076	0,186	0,124	0,089	0,247	0,012											0,965	0,037	1,103	0,217	1,257	0,408	1,414	0,602	1,566	0,799	
0,090	0,077	0,197	0,124	0,100	0,247	0,023											0,957	0,050	1,089	0,229	1,236	0,420	1,386	0,614	1,532	0,811	
0,095	0,079	0,209	0,124	0,111	0,247	0,035											0,949	0,063	1,077	0,242	1,217	0,432	1,361	0,626	1,501	0,822	
0,100	0,080	0,220	0,124	0,123	0,247	0,046											0,942	0,076	1,065	0,254	1,200	0,444	1,338	0,638	1,473	0,834	
0,105	0,080	0,231	0,124	0,134	0,247	0,057	0,371	0,003									0,935	0,090	1,042	0,265	1,184	0,456	1,316	0,650	1,446	0,846	
0,110	0,081	0,242	0,124	0,145	0,247	0,068	0,371	0,014									0,928	0,103	1,036	0,277	1,169	0,468	1,296	0,661	1,422	0,857	
0,115	0,082	0,253	0,124	0,156	0,247	0,079	0,371	0,025						0,741	0,000	0,921	0,116	1,029	0,289	1,155	0,480	1,278	0,673	1,400	0,869		
0,120	0,083	0,264	0,124	0,167	0,247	0,090	0,371	0,036	0,494	0,005				0,738	0,013	0,914	0,130	1,022	0,301	1,142	0,492	1,261	0,685	1,379	0,881		
0,125	0,084	0,275	0,124	0,178	0,247	0,101	0,371	0,047	0,494	0,016	0,618	0,008				0,735	0,026	0,908	0,143	1,016	0,314	1,130	0,504	1,245	0,697	1,359	0,893
0,130	0,084	0,286	0,124	0,189	0,247	0,112	0,371	0,058	0,494	0,027	0,618	0,019	0,732	0,039			0,902	0,156	1,010	0,326	1,119	0,516	1,230	0,709	1,340	0,904	
0,135	0,085	0,298	0,124	0,200	0,247	0,123	0,371	0,069	0,494	0,038	0,618	0,030	0,729	0,052			0,896	0,169	1,004	0,338	1,108	0,528	1,216	0,721	1,323	0,916	
0,140	0,086	0,309	0,124	0,211	0,247	0,135	0,371	0,081	0,494	0,049	0,618	0,041	0,726	0,065			0,891	0,183	0,998	0,351	1,098	0,540	1,203	0,732	1,307	0,928	
0,145	0,086	0,320	0,124	0,223	0,247	0,146	0,371	0,092	0,494	0,060	0,618	0,052	0,723	0,077			0,885	0,196	0,992	0,363	1,089	0,552	1,190	0,744	1,292	0,939	
0,150	0,087	0,331	0,124	0,234	0,247	0,157	0,371	0,103	0,494	0,072	0,618	0,063	0,721	0,090			0,880	0,209	0,986	0,376	1,080	0,563	1,179	0,756	1,277	0,951	
0,155	0,087	0,342	0,124	0,245	0,247	0,168	0,371	0,114	0,494	0,083	0,618	0,074	0,719	0,103			0,875	0,222	0,981	0,388	1,072	0,575	1,167	0,768	1,263	0,963	
0,160	0,088	0,353	0,124	0,256	0,247	0,179	0,371	0,125	0,494	0,094	0,618	0,085	0,717	0,115			0,870	0,235	0,975	0,401	1,064	0,587	1,157	0,780	1,250	0,974	
0,165	0,088	0,364	0,124	0,267	0,247	0,190	0,371	0,136	0,494	0,105	0,618	0,097	0,715	0,127			0,865	0,248	0,970	0,413	1,045	0,598	1,147	0,791	1,238	0,986	
0,170	0,089	0,375	0,124	0,278	0,247	0,201	0,371	0,147	0,494	0,116	0,618	0,108	0,713	0,140			0,861	0,261	0,964	0,426	1,040	0,610	1,137	0,803	1,226	0,998	
0,175	0,089	0,386	0,124	0,289	0,247	0,212	0,371	0,158	0,494	0,127	0,618	0,119	0,711	0,152			0,856	0,274	0,959	0,438	1,035	0,622	1,128	0,815	1,215	1,010	
0,180	0,090	0,398	0,124	0,300	0,247	0,223	0,371	0,169	0,494	0,138	0,618	0,130	0,709	0,164			0,852	0,287	0,954	0,451	1,030	0,633	1,120	0,827	1,205	1,021	
0,185	0,090	0,409	0,124	0,311	0,247	0,235	0,371	0,181	0,494	0,149	0,618	0,141	0,707	0,177			0,848	0,300	0,950	0,463	1,025	0,645	1,112	0,839	1,194	1,033	
0,190	0,091	0,420	0,124	0,323	0,247	0,246	0,371	0,192	0,494	0,160	0,618	0,152	0,706	0,189			0,844	0,313	0,945	0,476	1,020	0,657	1,104	0,850	1,185	1,045	
0,195	0,091	0,431	0,124	0,334	0,247	0,257	0,371	0,203	0,494	0,172	0,618	0,163	0,704	0,201			0,840	0,326	0,940	0,488	1,015	0,669	1,096	0,862	1,175	1,056	
0,200	0,091	0,442	0,124	0,345	0,247	0,268	0,371	0,214	0,494	0,183	0,618	0,174	0,703	0,213			0,836	0,339	0,936	0,500	1,011	0,681	1,089	0,874	1,167	1,068	
0,205	0,092	0,453	0,124	0,356	0,247	0,279	0,371	0,225	0,494	0,194	0,618	0,185	0,701	0,225			0,833	0,351	0,931	0,513	1,006	0,693	1,082	0,886	1,158	1,080	
0,210	0,092	0,464	0,124	0,367	0,247	0,290	0,371	0,236	0,494	0,205	0,618	0,197	0,700	0,237			0,829	0,364	0,927	0,525	1,001	0,705	1,075	0,897	1,150	1,091	
0,215	0,092	0,475	0,124	0,378	0,247	0,301	0,371	0,247	0,494	0,216	0,618	0,208	0,699	0,249			0,826	0,377	0,923	0,538	0,997	0,718	1,069	0,909	1,142	1,103	
0,220	0,093	0,486	0,124	0,389	0,247	0,312	0,371	0,258	0,494	0,227	0,618	0,219	0,697	0,261			0,823	0,389	0,919	0,550	0,993	0,730	1,063	0,921	1,134	1,115	
0,225	0,093	0,498	0,124	0,400	0,247	0,323	0,371	0,269	0,494	0,238	0,618	0,230	0,696	0,273			0,820	0,402	0,915	0,563	0,988	0,742	1,057	0,932	1,127	1,126	
0,230	0,093	0,509	0,124	0,411	0,247	0,335	0,371	0,																			

## FLEXÃO COMPOSTA

**Tabela 3**

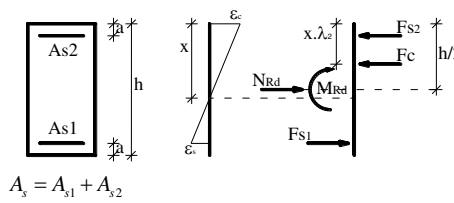
EC2	
Betão	≤C50/60
Aço	S400
β	1,0
a/h	0,05

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b \times h^2 \times f_{cd}}$$

$$\omega = \frac{A_s}{b \times h} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}}$$

$$\alpha = \frac{x}{h}$$

$$v = \frac{N_{Rd}}{b \times h \times f_{cd}}$$



$$A_s = A_{s1} + A_{s2}$$

Zonamento da secção			
Zona	Ec (m/m)	Es (m/m)	Alfa
II a	0,0000	0,0250	0,0000
II b	0,0020	0,0250	0,0667
III a	0,0035	0,0250	0,1105
III b	0,0035	0,0017	0,6012
IV a	0,0035	0,0000	1,0000
Fim	0,0035	0,0035	∞

μ	v = 0		v = 0,1		v = 0,2		v = 0,3		v = 0,4		v = 0,5		v = 0,6		v = 0,8		v = 1,0		v = 1,20		v = 1,40		v = 1,60	
	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω
0,300	0,096	0,664	0,124	0,567	0,247	0,490	0,371	0,436	0,494	0,405	0,618	0,397	0,683	0,449	0,782	0,588	0,865	0,748	0,933	0,924	0,990	1,108	1,038	1,299
0,305	0,096	0,675	0,124	0,578	0,247	0,501	0,371	0,447	0,494	0,416	0,618	0,408	0,682	0,460	0,780	0,600	0,862	0,761	0,930	0,936	0,986	1,120	1,034	1,310
0,310	0,097	0,686	0,124	0,589	0,247	0,512	0,371	0,458	0,494	0,427	0,618	0,419	0,681	0,472	0,778	0,612	0,859	0,773	0,927	0,948	0,983	1,132	1,031	1,322
0,315	0,097	0,697	0,124	0,600	0,247	0,523	0,371	0,469	0,494	0,438	0,618	0,430	0,681	0,483	0,776	0,624	0,857	0,785	0,924	0,960	0,980	1,144	1,027	1,334
0,320	0,097	0,709	0,124	0,611	0,247	0,535	0,371	0,481	0,494	0,449	0,618	0,441	0,680	0,495	0,774	0,636	0,854	0,797	0,921	0,972	0,977	1,156	1,024	1,345
0,325	0,097	0,720	0,124	0,623	0,247	0,546	0,371	0,492	0,494	0,460	0,618	0,452	0,679	0,507	0,773	0,648	0,852	0,809	0,918	0,984	0,973	1,168	1,021	1,357
0,330	0,097	0,731	0,124	0,634	0,247	0,557	0,371	0,503	0,494	0,472	0,618	0,463	0,679	0,518	0,771	0,661	0,849	0,822	0,915	0,996	0,970	1,180	1,018	1,369
0,335	0,097	0,742	0,124	0,645	0,247	0,568	0,371	0,514	0,494	0,483	0,618	0,474	0,678	0,530	0,769	0,673	0,847	0,834	0,912	1,008	0,967	1,191	1,014	1,381
0,340	0,098	0,753	0,124	0,656	0,247	0,579	0,371	0,525	0,494	0,494	0,618	0,485	0,677	0,541	0,768	0,685	0,844	0,846	0,909	1,020	0,964	1,203	1,011	1,392
0,345	0,098	0,764	0,124	0,667	0,247	0,590	0,371	0,536	0,494	0,505	0,618	0,497	0,677	0,553	0,766	0,697	0,842	0,858	0,906	1,032	0,961	1,215	1,008	1,404
0,350	0,098	0,775	0,124	0,678	0,247	0,601	0,371	0,547	0,494	0,516	0,618	0,508	0,676	0,564	0,764	0,709	0,840	0,870	0,904	1,044	0,958	1,227	1,005	1,416
0,355	0,098	0,786	0,124	0,689	0,247	0,612	0,371	0,558	0,494	0,527	0,618	0,519	0,676	0,576	0,763	0,721	0,838	0,882	0,901	1,056	0,955	1,239	1,002	1,427
0,360	0,098	0,797	0,124	0,700	0,247	0,623	0,371	0,569	0,494	0,538	0,618	0,530	0,675	0,587	0,761	0,733	0,835	0,895	0,896	1,069	0,953	1,251	0,999	1,439
0,365	0,098	0,808	0,124	0,711	0,247	0,635	0,371	0,581	0,494	0,549	0,618	0,541	0,675	0,598	0,760	0,745	0,833	0,907	0,898	1,081	0,950	1,263	0,996	1,451
0,370	0,098	0,820	0,124	0,723	0,247	0,646	0,371	0,592	0,494	0,560	0,618	0,552	0,674	0,610	0,758	0,756	0,831	0,919	0,893	1,093	0,947	1,275	0,993	1,463
0,375	0,098	0,831	0,124	0,734	0,247	0,657	0,371	0,603	0,494	0,572	0,618	0,563	0,674	0,621	0,757	0,768	0,829	0,931	0,891	1,105	0,944	1,287	0,991	1,474
0,380	0,099	0,842	0,124	0,745	0,247	0,668	0,371	0,614	0,494	0,583	0,618	0,574	0,673	0,633	0,756	0,780	0,827	0,943	0,889	1,117	0,942	1,299	0,988	1,486
0,385	0,099	0,853	0,124	0,756	0,247	0,679	0,371	0,625	0,494	0,594	0,618	0,585	0,673	0,644	0,754	0,792	0,825	0,955	0,886	1,129	0,939	1,311	0,985	1,498
0,390	0,099	0,864	0,124	0,767	0,247	0,690	0,371	0,636	0,494	0,605	0,618	0,597	0,672	0,656	0,753	0,804	0,823	0,967	0,884	1,141	0,936	1,322	0,982	1,510
0,395	0,099	0,875	0,124	0,778	0,247	0,701	0,371	0,647	0,494	0,616	0,618	0,608	0,672	0,667	0,752	0,816	0,821	0,979	0,882	1,153	0,934	1,334	0,980	1,521
0,400	0,099	0,886	0,124	0,789	0,247	0,712	0,371	0,658	0,494	0,627	0,618	0,619	0,672	0,678	0,750	0,828	0,819	0,991	0,879	1,165	0,931	1,346	0,977	1,533
0,410	0,099	0,908	0,124	0,811	0,247	0,735	0,371	0,681	0,494	0,649	0,618	0,641	0,671	0,701	0,748	0,851	0,816	1,015	0,875	1,189	0,926	1,370	0,972	1,557
0,420	0,099	0,931	0,124	0,834	0,247	0,757	0,371	0,703	0,494	0,672	0,618	0,663	0,670	0,724	0,746	0,875	0,812	1,039	0,871	1,213	0,922	1,394	0,967	1,580
0,430	0,100	0,953	0,124	0,856	0,247	0,779	0,371	0,725	0,494	0,694	0,618	0,685	0,669	0,747	0,743	0,899	0,809	1,063	0,867	1,236	0,917	1,418	0,962	1,604
0,440	0,100	0,975	0,124	0,878	0,247	0,801	0,371	0,747	0,494	0,716	0,618	0,708	0,669	0,770	0,741	0,922	0,806	1,086	0,863	1,260	0,913	1,441	0,957	1,628
0,450	0,100	0,997	0,124	0,900	0,247	0,823	0,371	0,769	0,494	0,738	0,618	0,730	0,668	0,792	0,739	0,946	0,803	1,110	0,859	1,284	0,908	1,465	0,952	1,651
0,460	0,100	1,019	0,124	0,923	0,247	0,846	0,371	0,792	0,494	0,760	0,618	0,752	0,667	0,815	0,737	0,969	0,800	1,134	0,855	1,308	0,904	1,489	0,948	1,675
0,470	0,100	1,042	0,124	0,945	0,247	0,868	0,371	0,814	0,494	0,783	0,618	0,774	0,667	0,838	0,735	0,992	0,797	1,158	0,851	1,332	0,900	1,512	0,943	1,698
0,480	0,100	1,064	0,124	0,967	0,247	0,890	0,371	0,836	0,494	0,805	0,618	0,797	0,666	0,860	0,734	1,016	0,794	1,181	0,848	1,356	0,896	1,536	0,939	1,722
0,490	0,101	1,086	0,124	0,989	0,247	0,912	0,371	0,858	0,494	0,827	0,618	0,819	0,665	0,883	0,732	1,039	0,791	1,205	0,845	1,379	0,892	1,560	0,934	1,745
0,500	0,101	1,108	0,124	1,011	0,247	0,935	0,371	0,881	0,494	0,849	0,618	0,841	0,665	0,906	0,730	1,062	0,789	1,229	0,841	1,403	0,888	1,583	0,930	1,769
0,510	0,101	1,130	0,124	1,034	0,247	0,957	0,371	0,903	0,494	0,872	0,618	0,863	0,664	0,928	0,728	1,085	0,786	1,252	0,838	1,427	0,885	1,607	0,926	1,792
0,520	0,101	1,153	0,124	1,056	0,247	0,979	0,371	0,925	0,494	0,894	0,618	0,885	0,664	0,951	0,727	1,109	0,784	1,276	0,835	1,450	0,881	1,631	0,922	1,816
0,530	0,101	1,175	0,124	1,078	0,247	1,001	0,371	0,947	0,494	0,916	0,618	0,908	0,663	0,973	0,725	1,132	0,781	1,299	0,832	1,474	0,878	1,654	0,919	1,839
0,540	0,101	1,197	0,124	1,100	0,247	1,023	0,371	0,969	0,494	0,938	0,618	0,930	0,663	0,996	0,724	1,155	0,779	1,323	0,829	1,497	0,874	1,678	0,915	1,863
0,550	0,101	1,219	0,124	1,123	0,247	1,046	0,371	0,992	0,494	0,960	0,618	0,952	0,662	1,018	0,722	1,178	0,777	1,346	0,826	1,521	0,871	1,701	0,911	1,886
0,560	0,102	1,241	0,124	1,145	0,247	1,068	0,371	1,014	0,494	0,983	0,618	0,974	0,662	1,041	0,721	1,201	0,775	1,370	0,823	1,545	0,868	1,725	0,908	1,910
0,570	0,102	1,263	0,124	1,167	0,247	1,090	0,371	1,036	0,494	1,005	0,618	0,997	0,661	1,063	0,720	1,224	0,773	1,393	0,821	1,568	0,864	1,748	0,904	1,933
0,580	0,102	1,285	0,124	1,189	0,247	1,112	0,371	1,058	0,494	1,027	0,618	1,019	0,661	1,086	0,718	1,247	0,771	1,416	0,818	1,592	0,861	1,772	0,901	1,957
0,590	0,102	1,308	0,124	1,211	0,247	1,135	0,371	1,081	0,494	1,049	0,618	1,041	0,660	1,109	0,717	1,270	0,769	1,440	0,816	1,615	0,858	1,795	0,897	1,980

## FLEXÃO COMPOSTA

**Tabela 4**

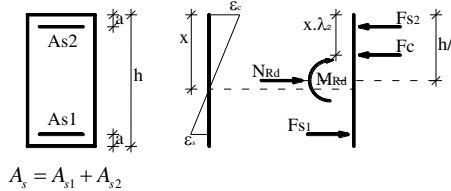
EC2	
Betão	≤C50/60
Aço	S500
β	1,0
a/h	0,05

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b \times h^2 \times f_{cd}}$$

$$\omega = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{b \times h \cdot f_{cd}}$$

$$\alpha = \frac{x}{h}$$

$$v = \frac{N_{Rd}}{b \times h \times f_{cd}}$$



$$A_s = A_{s1} + A_{s2}$$

Zonamento da secção			
Zona	Ec (m/m)	Es (m/m)	Alfa
II a	0,0000	0,0250	0,0000
II b	0,0020	0,0250	0,0667
III a	0,0035	0,0250	0,1105
III b	0,0035	0,0017	0,5552
IV a	0,0035	0,0000	1,0000
Fim	0,0035	0,0035	∞

μ	v = 0		v = 0,1		v = 0,2		v = 0,3		v = 0,4		v = 0,5		v = 0,6		v = 0,8		v = 1,0		v = 1,20		v = 1,40		v = 1,60	
	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω
0,005	0,024	0,010															2,748	0,013	9,139	0,220	16,977	0,437	24,985	0,654
0,010	0,033	0,021															2,115	0,027	5,079	0,224	8,878	0,439	12,836	0,656
0,015	0,040	0,032															1,835	0,040	3,460	0,235	6,180	0,442	8,788	0,659
0,020	0,045	0,043															1,668	0,053	2,755	0,247	4,831	0,445	6,764	0,661
0,025	0,050	0,054															1,555	0,066	2,367	0,259	3,763	0,457	5,550	0,664
0,030	0,054	0,065															1,471	0,078	2,117	0,271	3,151	0,468	4,721	0,667
0,035	0,058	0,076															1,405	0,091	1,942	0,283	2,757	0,480	3,924	0,679
0,040	0,061	0,087															1,353	0,104	1,812	0,296	2,481	0,492	3,402	0,690
0,045	0,064	0,098	0,124	0,000													1,310	0,117	1,710	0,308	2,276	0,504	3,033	0,702
0,050	0,066	0,109	0,124	0,011													1,273	0,129	1,628	0,320	2,118	0,516	2,758	0,713
0,055	0,069	0,120	0,124	0,022													1,241	0,142	1,560	0,332	1,992	0,527	2,545	0,725
0,060	0,071	0,131	0,124	0,033													1,214	0,154	1,504	0,344	1,889	0,539	2,374	0,737
0,065	0,073	0,142	0,125	0,044													1,189	0,167	1,455	0,357	1,802	0,551	2,235	0,748
0,070	0,075	0,153	0,125	0,055													1,168	0,179	1,413	0,369	1,729	0,563	2,119	0,760
0,075	0,077	0,164	0,125	0,066										0,982	0,010		1,149	0,191	1,376	0,381	1,666	0,575	2,020	0,772
0,080	0,078	0,175	0,125	0,077	0,247	0,001								0,973	0,023		1,131	0,204	1,343	0,393	1,611	0,587	1,935	0,783
0,085	0,080	0,186	0,125	0,088	0,247	0,012								0,965	0,036		1,115	0,216	1,314	0,405	1,563	0,599	1,862	0,795
0,090	0,081	0,197	0,125	0,099	0,247	0,023								0,957	0,050		1,101	0,228	1,288	0,417	1,520	0,611	1,797	0,807
0,095	0,083	0,209	0,126	0,111	0,247	0,035								0,949	0,063		1,087	0,241	1,264	0,429	1,482	0,623	1,740	0,819
0,100	0,084	0,220	0,126	0,122	0,247	0,046								0,942	0,076		1,075	0,253	1,243	0,442	1,448	0,635	1,689	0,830
0,105	0,085	0,231	0,126	0,133	0,247	0,057	0,371	0,003						0,934	0,090		1,063	0,265	1,223	0,454	1,417	0,646	1,644	0,842
0,110	0,086	0,242	0,126	0,144	0,247	0,068	0,371	0,014						0,927	0,103		1,041	0,276	1,205	0,466	1,388	0,658	1,602	0,854
0,115	0,087	0,253	0,126	0,155	0,247	0,079	0,371	0,025					0,741	0,000		1,020	0,288	1,188	0,478	1,362	0,670	1,565	0,865	
0,120	0,088	0,264	0,126	0,166	0,247	0,090	0,371	0,036	0,494	0,005			0,737	0,014		1,013	0,301	1,173	0,490	1,339	0,682	1,531	0,877	
0,125	0,089	0,275	0,126	0,177	0,247	0,101	0,371	0,047	0,494	0,016	0,617	0,008	0,732	0,028		1,006	0,313	1,158	0,502	1,317	0,694	1,499	0,889	
0,130	0,090	0,287	0,127	0,188	0,247	0,112	0,371	0,058	0,494	0,027	0,616	0,020	0,728	0,041		1,000	0,325	1,145	0,514	1,296	0,706	1,470	0,901	
0,135	0,091	0,298	0,127	0,199	0,247	0,123	0,371	0,069	0,494	0,038	0,615	0,032	0,724	0,055		0,994	0,338	1,132	0,526	1,278	0,718	1,444	0,912	
0,140	0,092	0,309	0,127	0,210	0,247	0,135	0,371	0,081	0,494	0,049	0,614	0,044	0,721	0,068		0,988	0,350	1,120	0,538	1,260	0,730	1,419	0,924	
0,145	0,092	0,320	0,127	0,221	0,247	0,146	0,371	0,092	0,494	0,060	0,614	0,055	0,717	0,081		0,982	0,362	1,109	0,550	1,244	0,741	1,396	0,936	
0,150	0,093	0,331	0,127	0,232	0,247	0,157	0,371	0,103	0,494	0,072	0,613	0,067	0,714	0,095		0,976	0,375	1,099	0,562	1,228	0,753	1,375	0,948	
0,155	0,094	0,342	0,127	0,243	0,247	0,168	0,371	0,114	0,494	0,083	0,612	0,079	0,711	0,108		0,970	0,387	1,089	0,574	1,214	0,765	1,355	0,959	
0,160	0,094	0,353	0,127	0,254	0,247	0,179	0,371	0,125	0,494	0,094	0,612	0,090	0,708	0,121		0,965	0,399	1,080	0,586	1,200	0,777	1,336	0,971	
0,165	0,095	0,364	0,127	0,266	0,247	0,190	0,371	0,136	0,494	0,105	0,611	0,102	0,705	0,134		0,960	0,413	1,071	0,598	1,187	0,789	1,318	0,983	
0,170	0,096	0,376	0,127	0,277	0,247	0,201	0,371	0,147	0,494	0,116	0,610	0,113	0,702	0,147		0,955	0,425	1,063	0,610	1,175	0,801	1,302	0,995	
0,175	0,096	0,387	0,127	0,287	0,247	0,212	0,371	0,158	0,494	0,127	0,610	0,125	0,699	0,160		0,950	0,438	1,055	0,621	1,164	0,813	1,286	1,006	
0,180	0,097	0,398	0,127	0,299	0,247	0,223	0,371	0,169	0,494	0,138	0,609	0,137	0,697	0,172		0,945	0,450	1,038	0,632	1,153	0,824	1,271	1,018	
0,185	0,097	0,409	0,128	0,309	0,247	0,235	0,371	0,181	0,494	0,149	0,609	0,148	0,695	0,185		0,940	0,463	1,033	0,644	1,143	0,836	1,257	1,030	
0,190	0,098	0,420	0,128	0,321	0,247	0,246	0,371	0,192	0,494	0,160	0,608	0,160	0,692	0,198		0,936	0,475	1,024	0,656	1,133	0,848	1,244	1,041	
0,195	0,098	0,431	0,128	0,332	0,247	0,257	0,371	0,203	0,494	0,172	0,608	0,171	0,690	0,210		0,931	0,488	1,023	0,668	1,124	0,860	1,231	1,053	
0,200	0,099	0,442	0,128	0,343	0,247	0,268	0,371	0,214	0,494	0,183	0,607	0,183	0,688	0,223		0,927	0,501	1,017	0,680	1,115	0,872	1,220	1,065	
0,205	0,099	0,453	0,128	0,354	0,247	0,279	0,371	0,225	0,494	0,194	0,607	0,194	0,686	0,235		0,923	0,513	1,012	0,692	1,106	0,883	1,208	1,077	
0,210	0,100	0,465	0,128	0,365	0,247	0,290	0,371	0,236	0,494	0,205	0,606	0,205	0,684	0,248		0,919	0,526	1,007	0,704	1,098	0,895	1,197	1,088	
0,215	0,100	0,476	0,128	0,376	0,247	0,301	0,371	0,247	0,494	0,216	0,606	0,217	0,682	0,260		0,915	0,539	1,002	0,716	1,090	0,907	1,187	1,100	
0,220	0,100	0,487	0,128	0,387	0,247	0,312	0,371	0,258	0,494	0,227	0,606	0,228	0,680	0,273		0,911	0,551	0,998	0,728	1,083	0,919	1,177	1,112	
0,225	0,101	0,498	0,128	0,398	0,247	0,323	0,371	0,269	0,494	0,238	0,605	0,240	0,679	0,285		0,908	0,564	0,993	0,741	1,076	0,931	1,168	1,123	
0,230	0,101	0,509	0,128	0,409	0,247	0,335	0,371	0,281	0,494	0,249	0,605	0,251	0,677	0,297		0,904	0,577	0,988	0,753	1,069	0,942	1,158	1,135	
0,235	0,101	0,520	0,128	0,420	0,247	0,346	0,371	0,292	0,494	0,260	0,605	0,262	0,675	0,309		0,901	0,589	0,984	0,765	1,062	0,954	1,150	1,147	
0,240	0,102	0,531	0,128	0,431	0,247	0,357	0,371	0,303	0,494	0,272	0,604	0,274	0,674	0,322		0,898	0,602	0,979	0,777	1,046	0,964	1,141	1,158	
0,245	0,102	0,542	0,128	0,442	0,247	0,368	0,371	0,314	0,494	0,283	0,604	0,285	0,672	0,334		0,894	0,614	0,975	0,789	1,041	0,976	1,133	1,170	
0,250	0,102	0,554	0,128	0,453	0,247	0,379	0,371	0,325	0,494	0,294	0,604	0,297	0,671	0,346		0,890	0,6							

## FLEXÃO COMPOSTA

Tabela 4

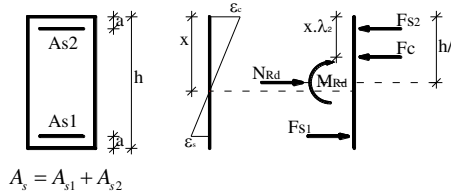
EC2	
Betão	≤C50/60
Aço	S500
β	1,0
a/h	0,05

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b \times h^2 \times f_{cd}}$$

$$\omega = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{b \times h \cdot f_{cd}}$$

$$\alpha = \frac{x}{h}$$

$$v = \frac{N_{Rd}}{b \times h \times f_{cd}}$$



Zonamento da secção			
Zona	Ec (m/m)	Es (m/m)	Alfa
II a	0,0000	0,0250	0,0000
II b	0,0020	0,0250	0,0667
III a	0,0035	0,0250	0,1105
III b	0,0035	0,0017	0,5552
IV a	0,0035	0,0000	1,0000
Fim	0,0035	0,0035	∞

μ	v = 0		v = 0,1		v = 0,2		v = 0,3		v = 0,4		v = 0,5		v = 0,6		v = 0,8		v = 1,0		v = 1,20		v = 1,40		v = 1,60	
	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω	α	ω
0,300	0,105	0,665	0,129	0,563	0,247	0,490	0,371	0,436	0,494	0,405	0,601	0,410	0,659	0,466	0,764	0,598	0,854	0,753	0,931	0,924	0,995	1,107	1,062	1,298
0,305	0,105	0,676	0,129	0,575	0,247	0,501	0,371	0,447	0,494	0,416	0,601	0,421	0,657	0,478	0,762	0,610	0,851	0,765	0,927	0,936	0,992	1,119	1,057	1,310
0,310	0,106	0,687	0,129	0,585	0,247	0,512	0,371	0,458	0,494	0,427	0,601	0,432	0,656	0,489	0,759	0,623	0,848	0,777	0,923	0,949	0,988	1,131	1,043	1,320
0,315	0,106	0,698	0,129	0,597	0,247	0,523	0,371	0,469	0,494	0,438	0,600	0,444	0,656	0,501	0,757	0,635	0,845	0,790	0,920	0,961	0,984	1,143	1,040	1,332
0,320	0,106	0,709	0,129	0,608	0,247	0,535	0,371	0,481	0,494	0,449	0,600	0,455	0,655	0,513	0,755	0,647	0,842	0,802	0,917	0,973	0,980	1,155	1,036	1,344
0,325	0,106	0,720	0,129	0,619	0,247	0,546	0,371	0,492	0,494	0,460	0,600	0,466	0,654	0,525	0,753	0,660	0,839	0,815	0,913	0,985	0,977	1,167	1,032	1,355
0,330	0,107	0,731	0,129	0,629	0,247	0,557	0,371	0,503	0,494	0,472	0,600	0,477	0,653	0,537	0,751	0,672	0,836	0,827	0,910	0,998	0,973	1,179	1,028	1,367
0,335	0,107	0,742	0,129	0,641	0,247	0,568	0,371	0,514	0,494	0,483	0,600	0,489	0,652	0,548	0,749	0,684	0,833	0,840	0,907	1,010	0,970	1,191	1,025	1,379
0,340	0,107	0,754	0,129	0,652	0,247	0,579	0,371	0,525	0,494	0,494	0,600	0,500	0,651	0,560	0,747	0,697	0,831	0,852	0,903	1,022	0,966	1,203	1,021	1,390
0,345	0,107	0,765	0,129	0,663	0,247	0,590	0,371	0,536	0,494	0,505	0,599	0,511	0,650	0,572	0,745	0,709	0,828	0,864	0,900	1,034	0,963	1,215	1,018	1,402
0,350	0,107	0,776	0,129	0,673	0,247	0,601	0,371	0,547	0,494	0,516	0,599	0,522	0,649	0,583	0,743	0,721	0,825	0,877	0,897	1,047	0,960	1,227	1,014	1,414
0,355	0,107	0,787	0,129	0,685	0,247	0,612	0,371	0,558	0,494	0,527	0,599	0,534	0,649	0,595	0,741	0,733	0,823	0,889	0,894	1,059	0,956	1,239	1,011	1,426
0,360	0,108	0,798	0,129	0,696	0,247	0,623	0,371	0,569	0,494	0,538	0,599	0,545	0,648	0,607	0,739	0,746	0,820	0,901	0,891	1,071	0,953	1,251	1,007	1,438
0,365	0,108	0,809	0,129	0,706	0,247	0,635	0,371	0,581	0,494	0,549	0,599	0,556	0,647	0,618	0,737	0,758	0,818	0,914	0,888	1,083	0,950	1,263	1,004	1,449
0,370	0,108	0,820	0,129	0,718	0,247	0,646	0,371	0,592	0,494	0,560	0,599	0,567	0,646	0,630	0,736	0,770	0,815	0,926	0,885	1,095	0,947	1,275	1,000	1,461
0,375	0,108	0,831	0,129	0,729	0,247	0,657	0,371	0,603	0,494	0,572	0,598	0,579	0,646	0,642	0,734	0,782	0,813	0,938	0,882	1,108	0,943	1,287	0,997	1,473
0,380	0,108	0,842	0,129	0,739	0,247	0,668	0,371	0,614	0,494	0,583	0,598	0,590	0,645	0,653	0,732	0,794	0,811	0,950	0,880	1,120	0,940	1,299	0,994	1,485
0,385	0,108	0,853	0,129	0,750	0,247	0,679	0,371	0,625	0,494	0,594	0,598	0,601	0,644	0,665	0,731	0,806	0,808	0,963	0,877	1,132	0,937	1,311	0,991	1,497
0,390	0,109	0,865	0,129	0,762	0,247	0,690	0,371	0,636	0,494	0,605	0,598	0,612	0,644	0,677	0,729	0,818	0,806	0,975	0,874	1,144	0,934	1,323	0,988	1,508
0,395	0,109	0,876	0,129	0,773	0,247	0,701	0,371	0,647	0,494	0,616	0,598	0,623	0,643	0,688	0,728	0,830	0,804	0,987	0,872	1,156	0,931	1,335	0,984	1,520
0,400	0,109	0,887	0,129	0,783	0,247	0,712	0,371	0,658	0,494	0,627	0,598	0,635	0,642	0,700	0,726	0,842	0,802	0,999	0,869	1,169	0,928	1,347	0,981	1,532
0,410	0,109	0,909	0,129	0,806	0,247	0,735	0,371	0,681	0,494	0,649	0,597	0,657	0,641	0,723	0,723	0,866	0,798	1,024	0,864	1,193	0,923	1,371	0,975	1,556
0,420	0,109	0,931	0,130	0,827	0,247	0,757	0,371	0,703	0,494	0,672	0,597	0,680	0,640	0,746	0,720	0,890	0,793	1,048	0,859	1,217	0,917	1,395	0,969	1,580
0,430	0,110	0,953	0,130	0,850	0,247	0,779	0,371	0,725	0,494	0,694	0,597	0,702	0,639	0,769	0,718	0,914	0,790	1,072	0,854	1,241	0,912	1,419	0,964	1,603
0,440	0,110	0,975	0,130	0,871	0,247	0,801	0,371	0,747	0,494	0,716	0,597	0,724	0,638	0,792	0,715	0,938	0,786	1,096	0,849	1,266	0,907	1,443	0,958	1,627
0,450	0,110	0,998	0,130	0,894	0,247	0,823	0,371	0,769	0,494	0,738	0,596	0,747	0,637	0,815	0,713	0,962	0,782	1,121	0,845	1,290	0,902	1,467	0,952	1,651
0,460	0,110	1,020	0,130	0,915	0,247	0,846	0,371	0,792	0,494	0,760	0,596	0,769	0,636	0,838	0,710	0,986	0,779	1,145	0,841	1,314	0,897	1,491	0,947	1,674
0,470	0,111	1,042	0,130	0,938	0,247	0,868	0,371	0,814	0,494	0,783	0,596	0,792	0,635	0,861	0,708	1,010	0,775	1,169	0,836	1,338	0,892	1,515	0,942	1,698
0,480	0,111	1,064	0,130	0,958	0,247	0,890	0,371	0,836	0,494	0,805	0,596	0,814	0,634	0,884	0,706	1,033	0,772	1,193	0,832	1,362	0,887	1,539	0,937	1,722
0,490	0,111	1,087	0,130	0,981	0,247	0,912	0,371	0,858	0,494	0,827	0,596	0,836	0,633	0,907	0,704	1,057	0,769	1,217	0,828	1,386	0,883	1,563	0,932	1,746
0,500	0,111	1,109	0,130	1,003	0,247	0,935	0,371	0,881	0,494	0,849	0,596	0,859	0,632	0,930	0,701	1,080	0,766	1,241	0,825	1,410	0,878	1,587	0,927	1,770
0,510	0,111	1,131	0,130	1,025	0,247	0,957	0,371	0,903	0,494	0,872	0,595	0,881	0,631	0,953	0,699	1,104	0,763	1,265	0,821	1,434	0,874	1,611	0,922	1,793
0,520	0,112	1,153	0,130	1,047	0,247	0,979	0,371	0,925	0,494	0,894	0,595	0,903	0,630	0,976	0,698	1,127	0,760	1,288	0,817	1,458	0,870	1,635	0,918	1,817
0,530	0,112	1,175	0,130	1,068	0,247	1,001	0,371	0,947	0,494	0,916	0,595	0,926	0,630	0,998	0,696	1,151	0,757	1,312	0,814	1,482	0,866	1,659	0,913	1,841
0,540	0,112	1,197	0,130	1,091	0,247	1,023	0,371	0,969	0,494	0,938	0,595	0,948	0,629	1,021	0,694	1,174	0,754	1,336	0,810	1,506	0,862	1,683	0,909	1,864
0,550	0,112	1,220	0,130	1,111	0,247	1,046	0,371	0,992	0,494	0,960	0,595	0,970	0,628	1,044	0,692	1,198	0,752	1,360	0,807	1,530	0,858	1,707	0,904	1,888
0,560	0,112	1,242	0,130	1,135	0,247	1,068	0,371	1,014	0,494	0,983	0,595	0,993	0,627	1,067	0,690	1,221	0,749	1,384	0,804	1,554	0,854	1,731	0,900	1,912
0,570	0,112	1,264	0,130	1,157	0,247	1,090	0,371	1,036	0,494	1,005	0,594	1,015	0,627	1,089	0,689	1,244	0,747	1,408	0,801	1,577	0,850	1,754	0,896	1,936
0,580	0,113	1,286	0,130	1,177	0,247	1,112	0,371	1,058	0,494	1,027	0,594	1,037	0,626	1,112	0,687	1,268	0,744	1,431	0,798	1,601	0,847	1,778	0,892	1,959
0,590	0,113	1,308	0,130	1,201	0,247	1,135	0,371	1,081	0,494	1,049	0,594	1,060	0,626	1,135	0,686	1,291	0,742	1,455	0,795	1,625	0,843	1,802	0,888	1,983



## **Apêndice VI - Ábacos de flexão composta EC2**

# FLEXÃO COMPOSTA

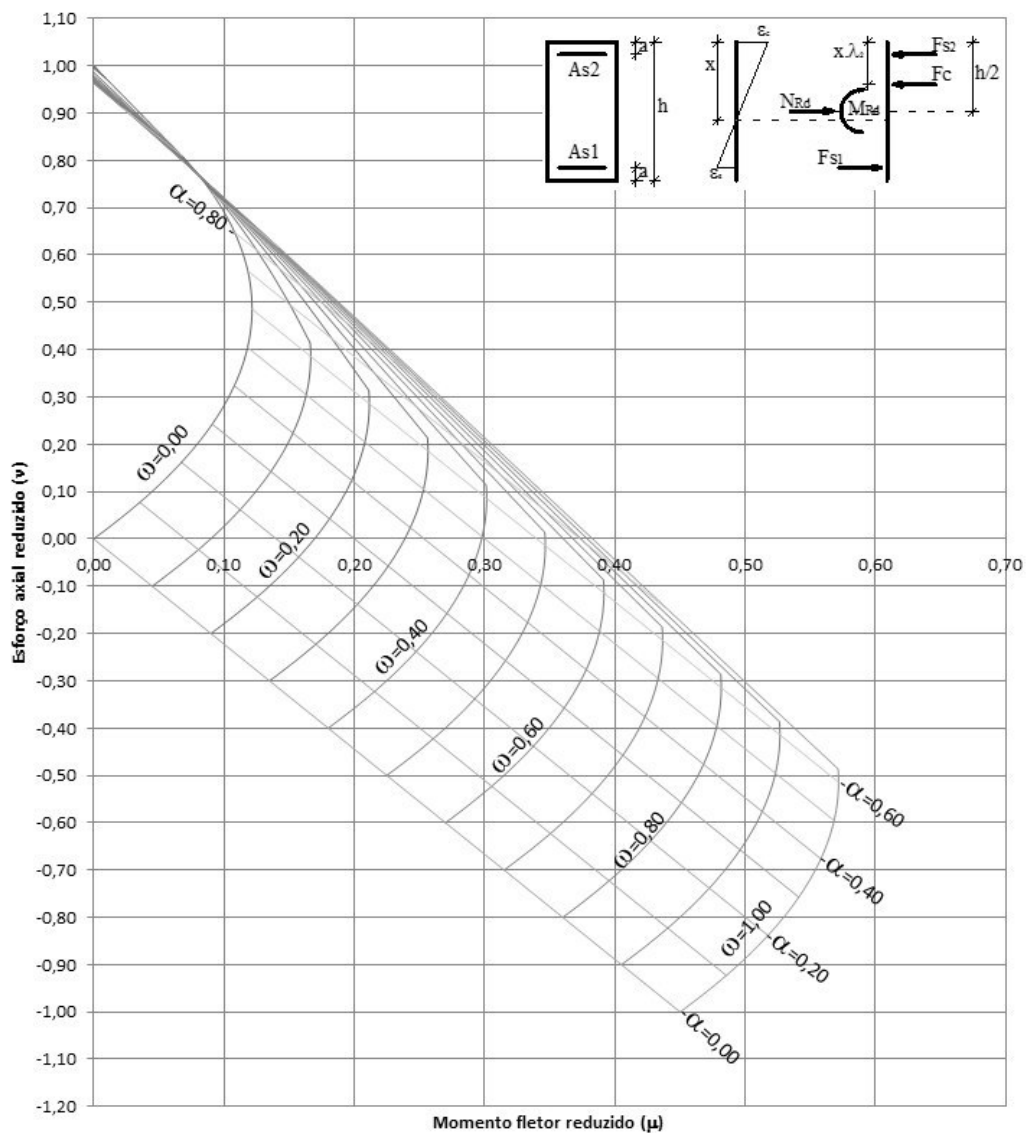
Ábaco 1

EC2	
Betão	≤C50/60
Aço	S400
As2/As1	0,00
a/h	0,05

Zonamento da secção			
Zona	Ec (m/m)	Es (m/m)	x/h
II a	0,0000	0,0250	0,0000
II b	0,0020	0,0250	0,0704
III a	0,0035	0,0250	0,1167
III b	0,0035	0,0017	0,6346
IV a	0,0035	0,0002	1,0000
Fim	0,0020	0,0020	∞

$$\omega = \frac{A_s}{b \times h} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \quad v = \frac{N_{Rd}}{b \times h \times f_{cd}}$$

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b \times h^2 \times f_{cd}} \quad \alpha = \frac{x}{h} \quad A_s = A_{s1} + A_{s2}$$



# FLEXÃO COMPOSTA

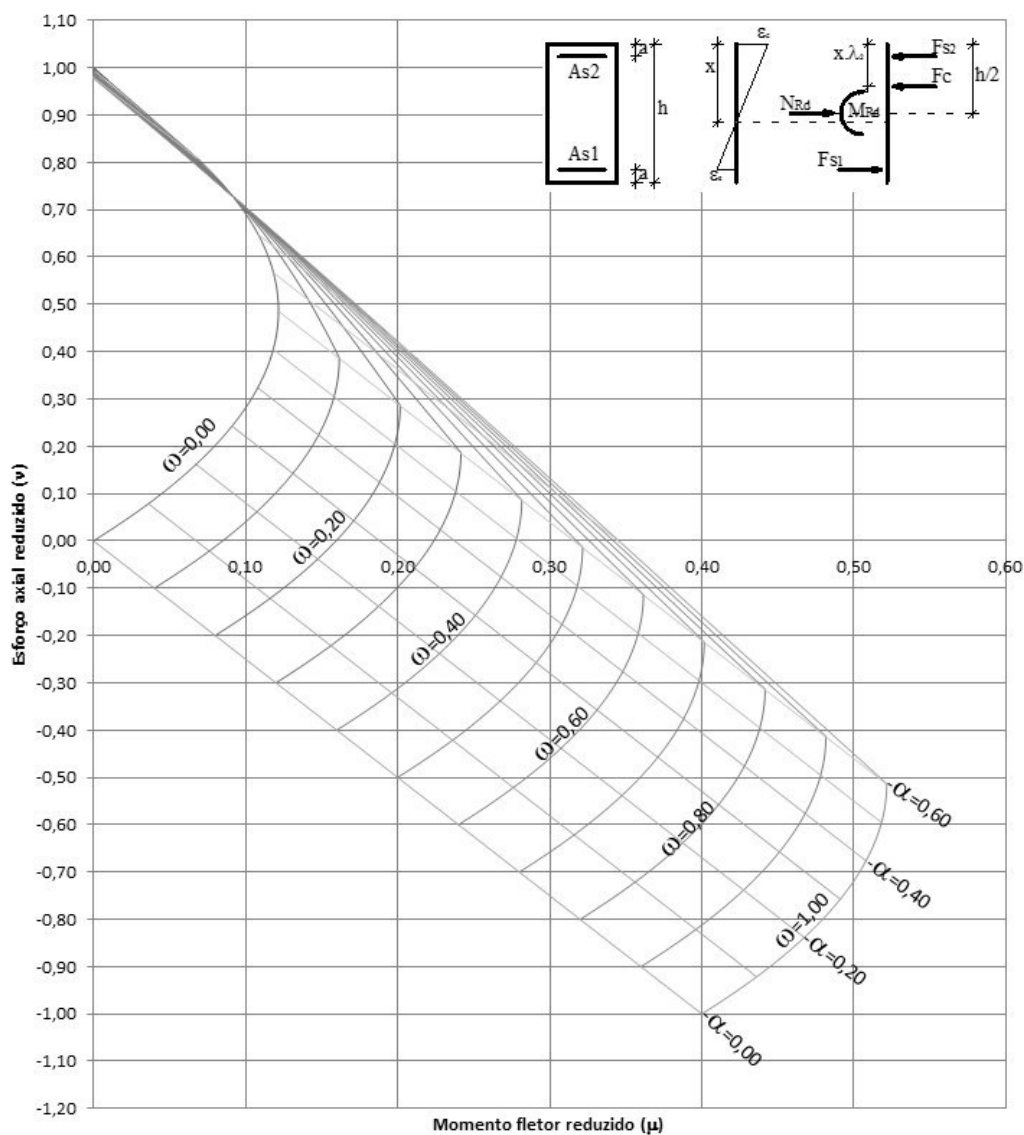
Ábaco 2

EC2	
Betão	≤C50/60
Aço	S400
As2/As1	0,00
a/h	0,10

Zonamento da secção			
Zona	Ec (m/m)	Es (m/m)	x/h
II a	0,0000	0,0250	0,0000
II b	0,0020	0,0250	0,0667
III a	0,0035	0,0250	0,1105
III b	0,0035	0,0017	0,6012
IV a	0,0035	0,0004	1,0000
Fim	0,0020	0,0020	∞

$$\omega = \frac{A_z}{b \times h} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \quad v = \frac{N_{Rd}}{b \times h \times f_{cd}}$$

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b \times h^2 \times f_{cd}} \quad \alpha = \frac{x}{h} \quad A_z = A_{s1} + A_{s2}$$



# FLEXÃO COMPOSTA

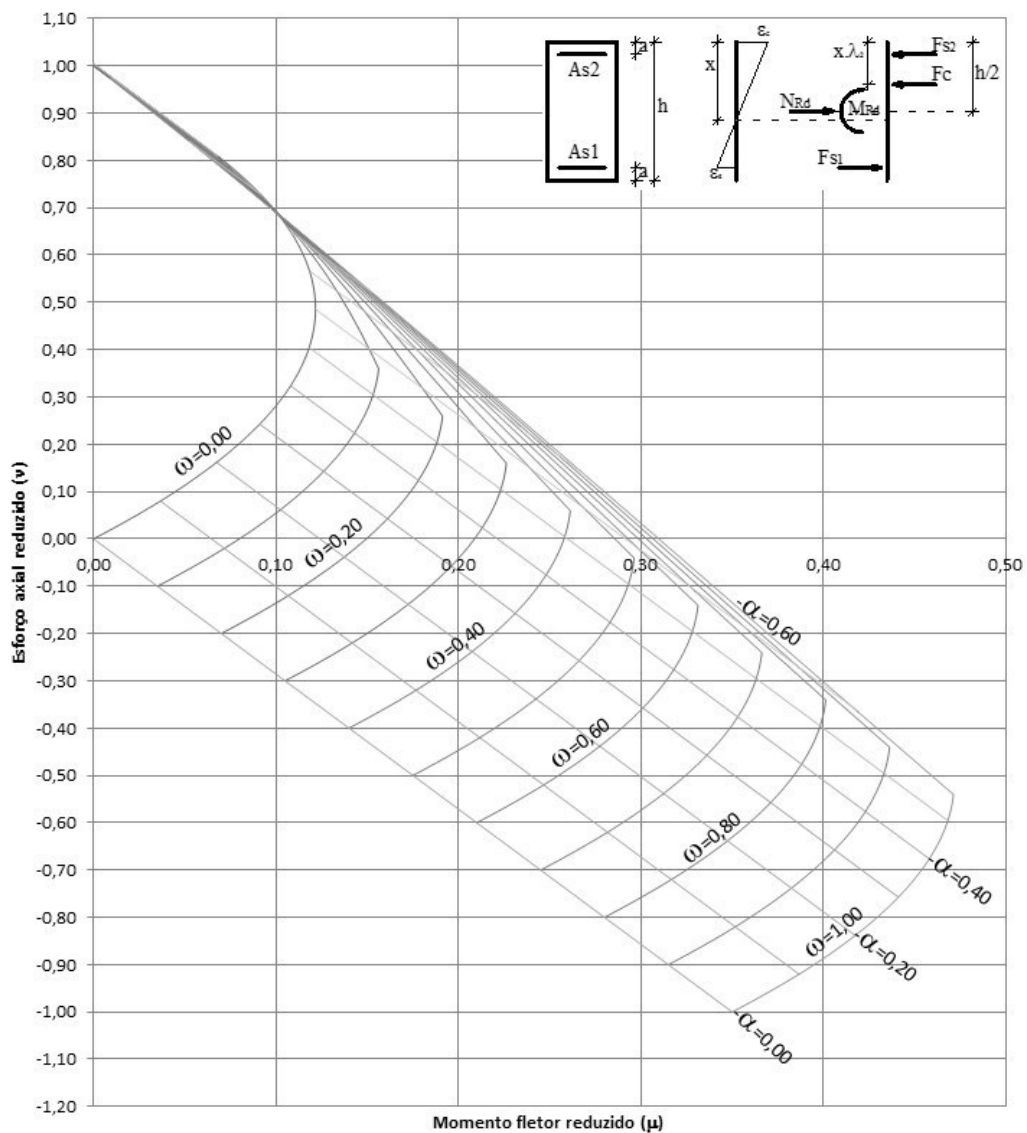
Ábaco 3

EC2	
Betão	≤C50/60
Aço	S400
As2/As1	0,00
a/h	0,15

Zonamento da secção			
Zona	Ec (m/m)	Es (m/m)	x/h
II a	0,0000	0,0250	0,0000
II b	0,0020	0,0250	0,0630
III a	0,0035	0,0250	0,1044
III b	0,0035	0,0017	0,5678
IV a	0,0035	0,0005	1,0000
Fim	0,0020	0,0020	∞

$$\omega = \frac{A_s}{b \times h} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \quad v = \frac{N_{Rd}}{b \times h \times f_{cd}}$$

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b \times h^2 \times f_{cd}} \quad \alpha = \frac{x}{h} \quad A_s = A_{s1} + A_{s2}$$



# FLEXÃO COMPOSTA

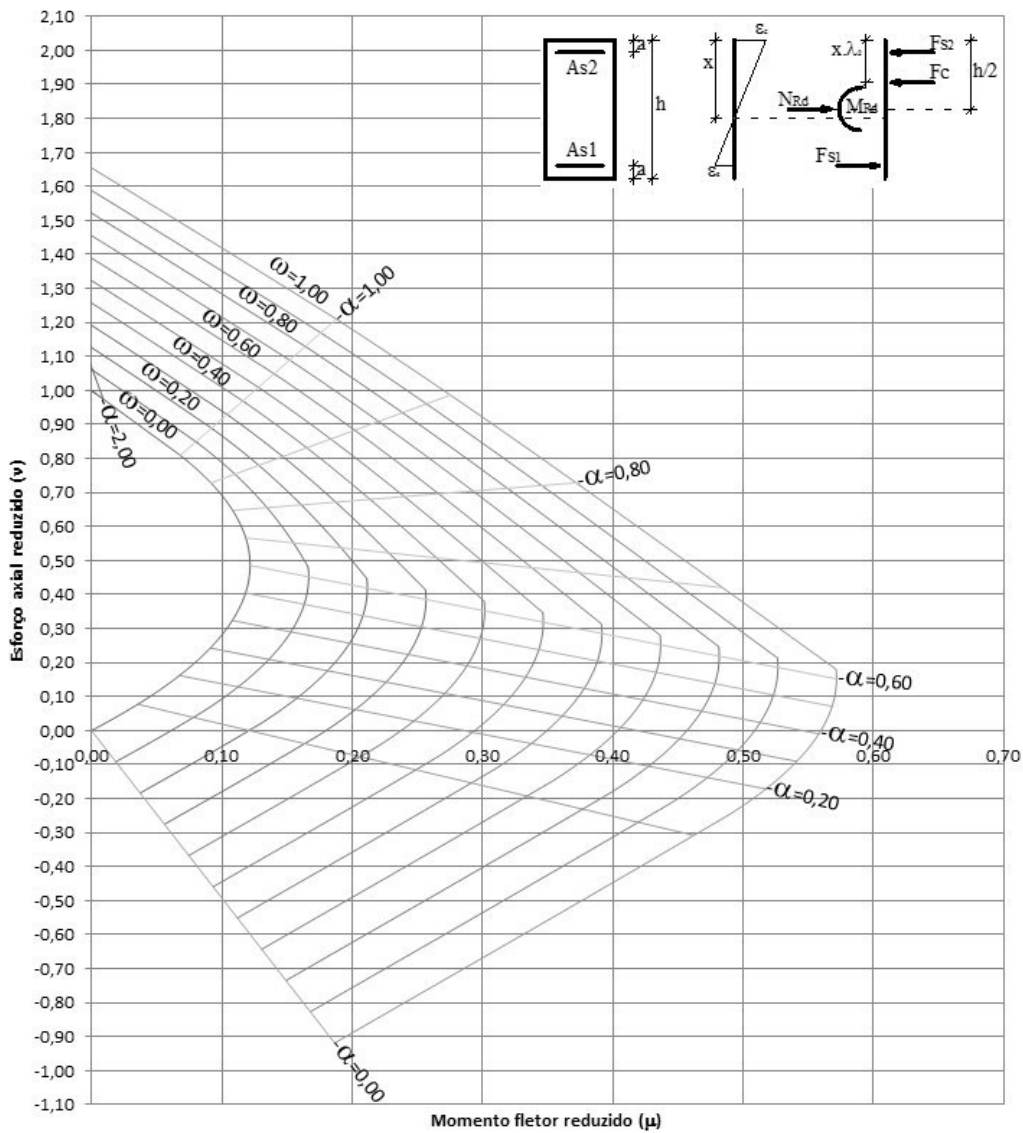
Ábaco 4

EC2	
Betão	≤C50/60
Aço	S400
As2/As1	0,50
a/h	0,05

Zonamento da secção			
Zona	Ec (m/m)	Es (m/m)	x/h
II a	0,0000	0,0250	0,0000
II b	0,0020	0,0250	0,0704
III a	0,0035	0,0250	0,1167
III b	0,0035	0,0017	0,6346
IV a	0,0035	0,0002	1,0000
Fim	0,0020	0,0020	∞

$$\omega = \frac{A_z}{b \times h} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \quad v = \frac{N_{Rd}}{b \times h \times f_{cd}}$$

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b \times h^2 \times f_{cd}} \quad \alpha = \frac{x}{h} \quad A_z = A_{s1} + A_{s2}$$



# FLEXÃO COMPOSTA

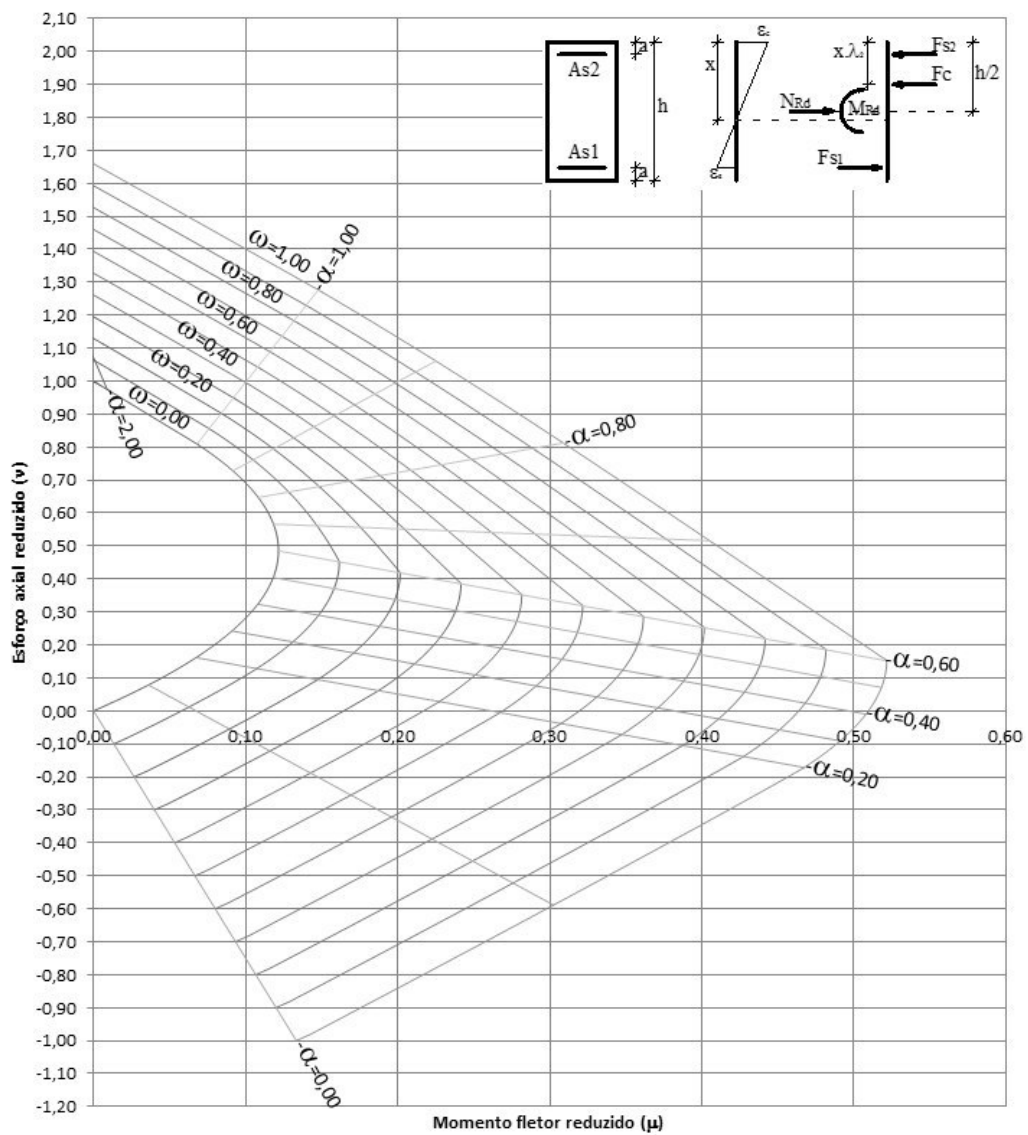
Ábaco 5

EC2	
Betão	≤C50/60
Aço	S400
As2/As1	0,50
a/h	0,10

Zonamento da secção			
Zona	Ec (m/m)	Es (m/m)	x/h
II a	0,0000	0,0250	0,0000
II b	0,0020	0,0250	0,0667
III a	0,0035	0,0250	0,1105
III b	0,0035	0,0017	0,6012
IV a	0,0035	0,0004	1,0000
Fim	0,0020	0,0020	∞

$$\omega = \frac{A_s}{b \times h} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \quad v = \frac{N_{Rd}}{b \times h \times f_{cd}}$$

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b \times h^2 \times f_{cd}} \quad \alpha = \frac{x}{h} \quad A_s = A_{s1} + A_{s2}$$



# FLEXÃO COMPOSTA

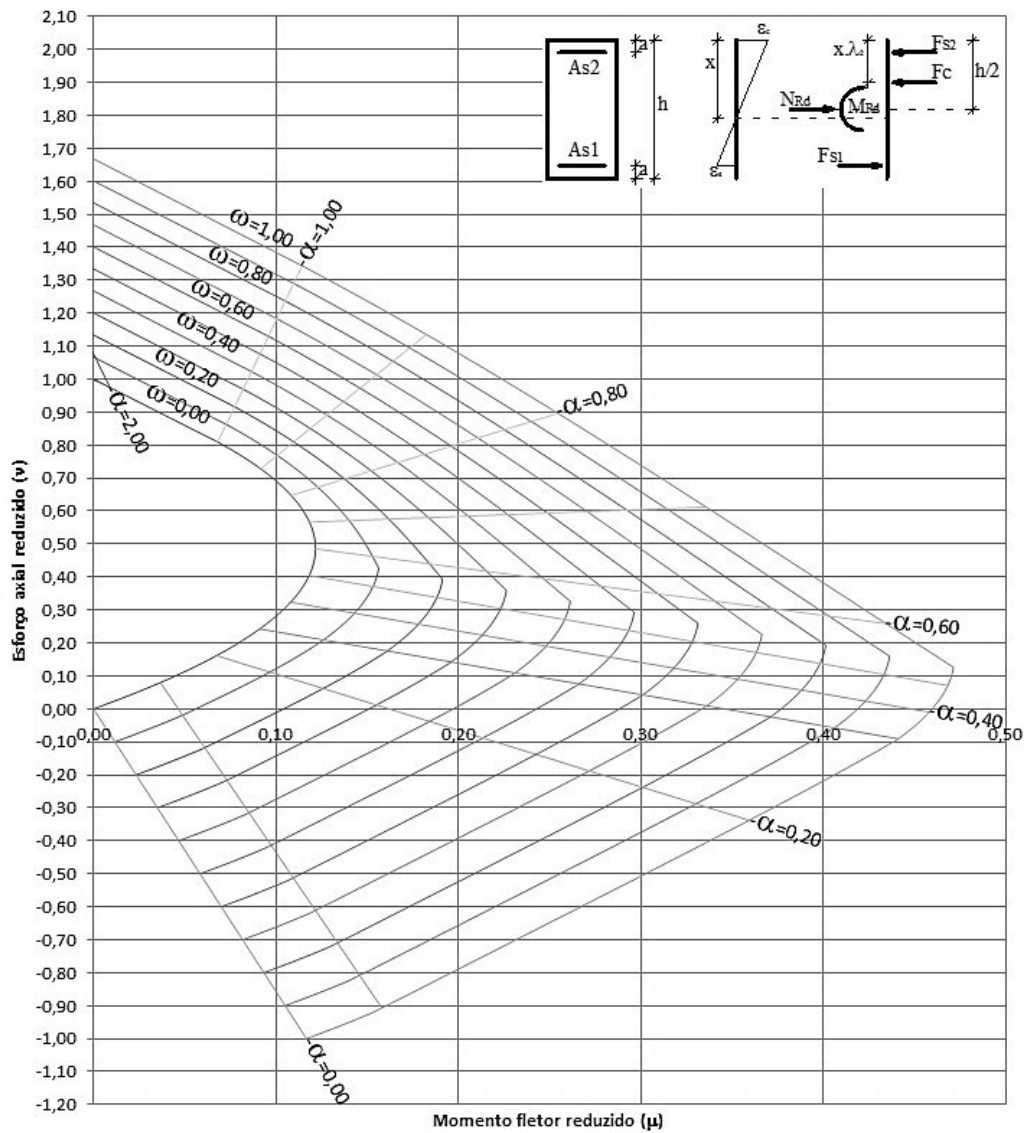
Ábaco 6

EC2	
Betão	≤C50/60
Aço	S400
As2/As1	0,50
a/h	0,15

Zonamento da secção			
Zona	Ec (m/m)	Es (m/m)	x/h
II a	0,0000	0,0250	0,0000
II b	0,0020	0,0250	0,0630
III a	0,0035	0,0250	0,1044
III b	0,0035	0,0017	0,5678
IV a	0,0035	0,0005	1,0000
Fim	0,0020	0,0020	∞

$$\omega = \frac{A_z}{b \times h} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \quad v = \frac{N_{Rd}}{b \times h \times f_{cd}}$$

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b \times h^2 \times f_{cd}} \quad \alpha = \frac{x}{h} \quad A_z = A_{s1} + A_{s2}$$



# FLEXÃO COMPOSTA

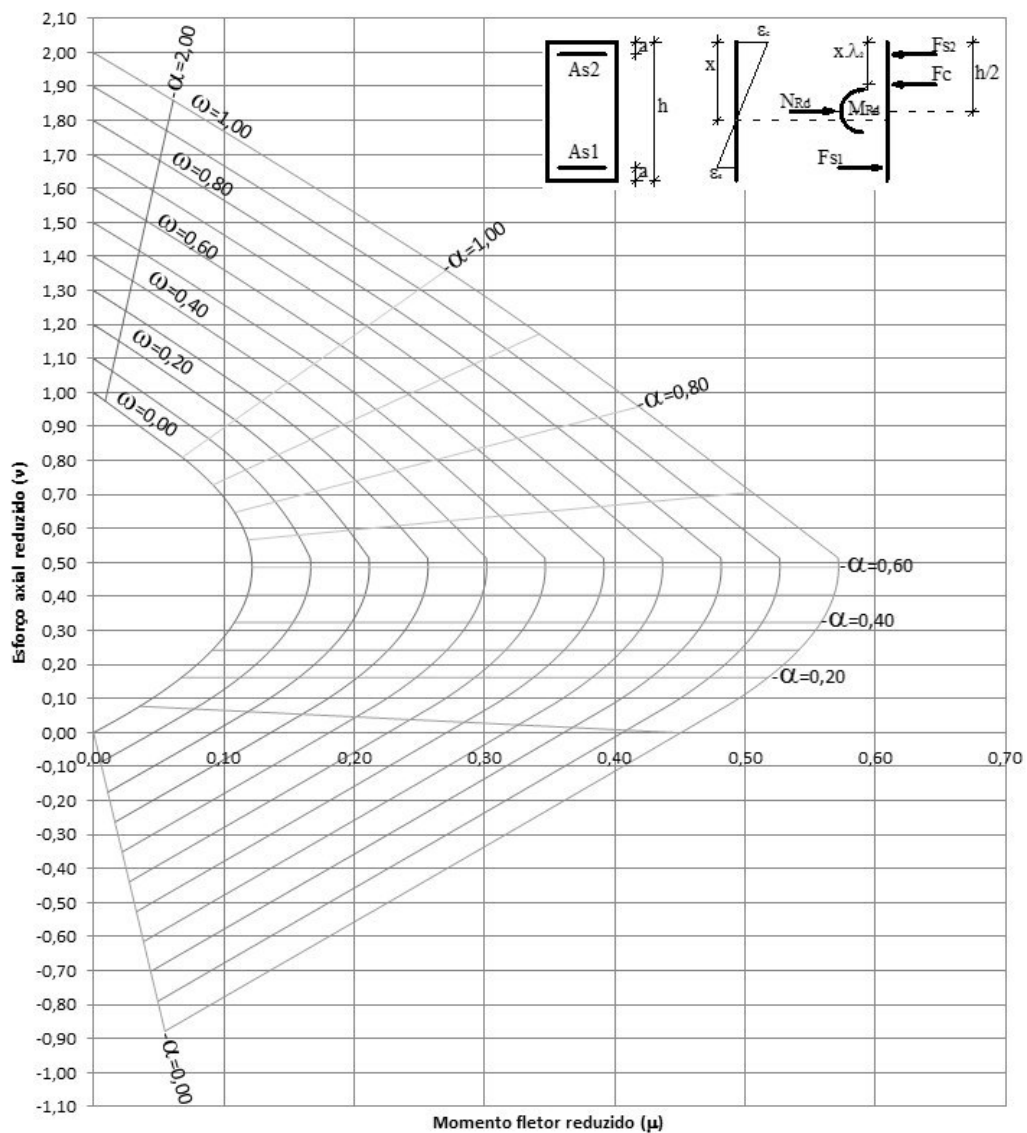
Ábaco 7

EC2	
Betão	≤C50/60
Aço	S400
As2/As1	1,00
a/h	0,05

Zonamento da secção			
Zona	Ec (m/m)	Es (m/m)	x/h
II a	0,0000	0,0250	0,0000
II b	0,0020	0,0250	0,0704
III a	0,0035	0,0250	0,1167
III b	0,0035	0,0017	0,6346
IV a	0,0035	0,0002	1,0000
Fim	0,0020	0,0020	∞

$$\omega = \frac{A_s}{b \times h} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \quad v = \frac{N_{Rd}}{b \times h \times f_{cd}}$$

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b \times h^2 \times f_{cd}} \quad \alpha = \frac{x}{h} \quad A_s = A_{s1} + A_{s2}$$



# FLEXÃO COMPOSTA

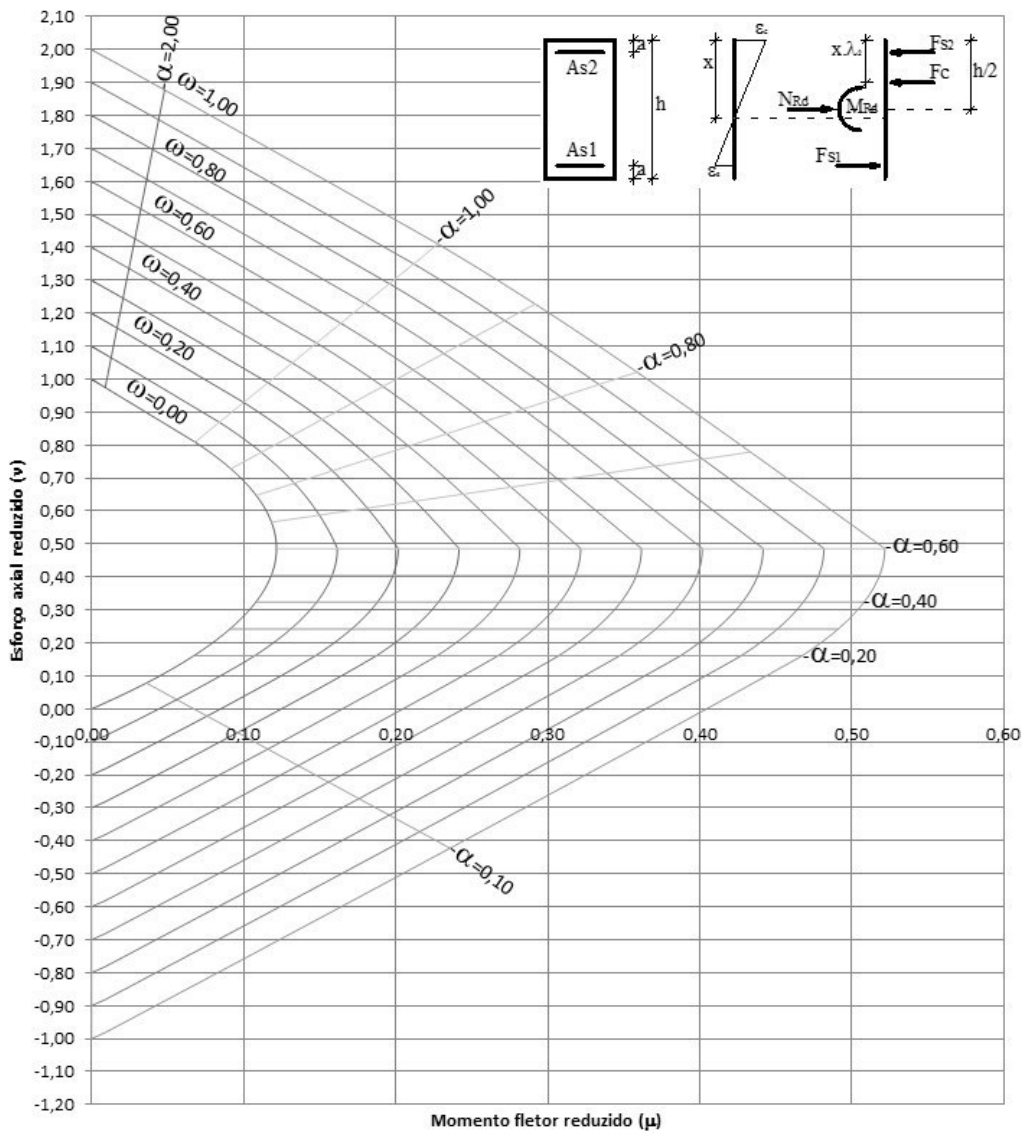
Ábaco 8

EC2	
Betão	≤C50/60
Aço	S400
As2/As1	1,00
a/h	0,10

Zonamento da secção			
Zona	Ec (m/m)	Es (m/m)	x/h
II a	0,0000	0,0250	0,0000
II b	0,0020	0,0250	0,0667
III a	0,0035	0,0250	0,1105
III b	0,0035	0,0017	0,6012
IV a	0,0035	0,0004	1,0000
Fim	0,0020	0,0020	∞

$$\omega = \frac{A_z}{b \times h} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \quad v = \frac{N_{Rd}}{b \times h \times f_{cd}}$$

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b \times h^2 \times f_{cd}} \quad \alpha = \frac{x}{h} \quad A_z = A_{s1} + A_{s2}$$



# FLEXÃO COMPOSTA

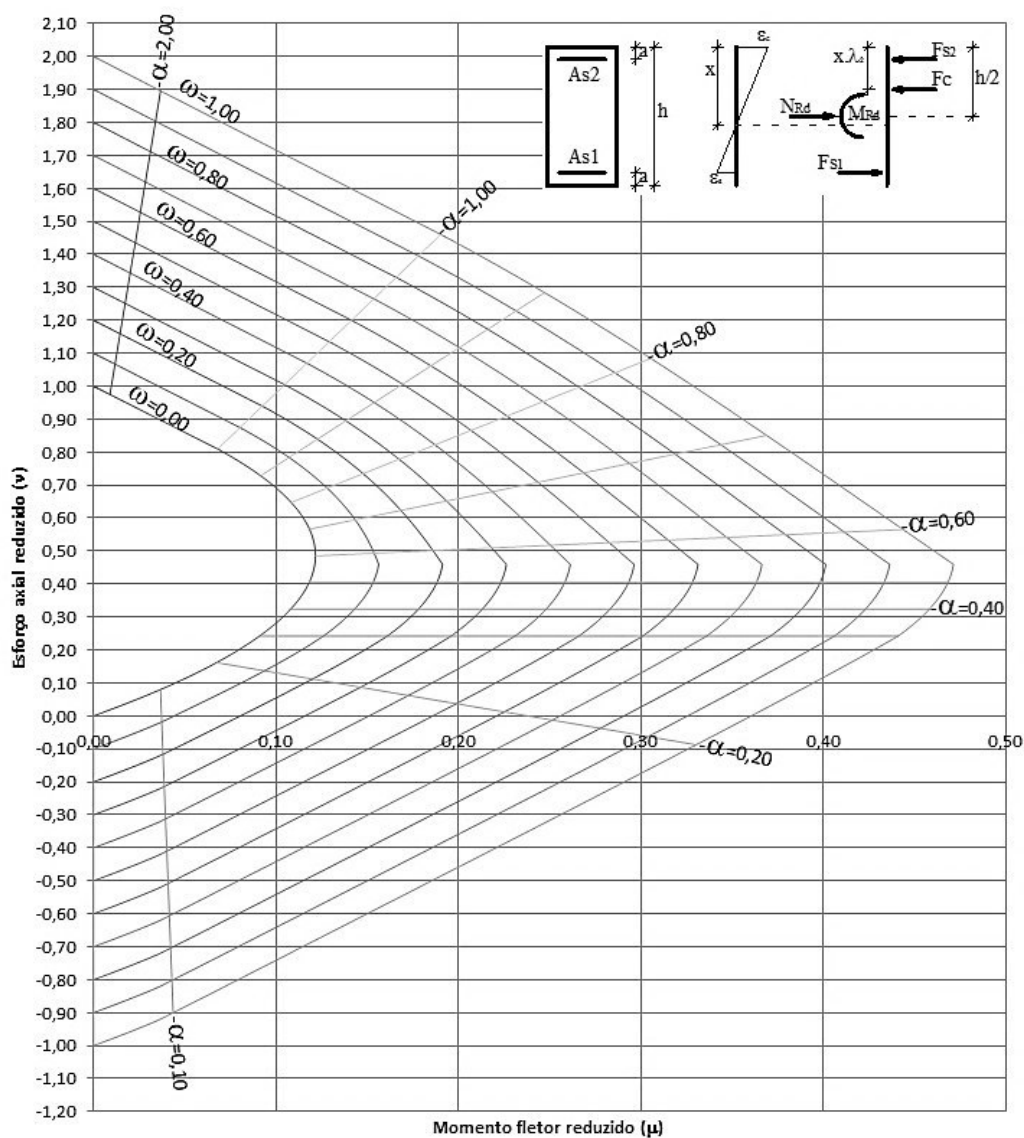
Ábaco 9

EC2	
Betão	≤C50/60
Aço	S400
As2/As1	1,00
a/h	0,15

Zonamento da secção			
Zona	Ec (m/m)	Es (m/m)	x/h
II a	0,0000	0,0250	0,0000
II b	0,0020	0,0250	0,0630
III a	0,0035	0,0250	0,1044
III b	0,0035	0,0017	0,5678
IV a	0,0035	0,0005	1,0000
Fim	0,0020	0,0020	∞

$$\omega = \frac{A_s}{b \times h} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \quad v = \frac{N_{Rd}}{b \times h \times f_{cd}}$$

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b \times h^2 \times f_{cd}} \quad \alpha = \frac{x}{h} \quad A_s = A_{s1} + A_{s2}$$



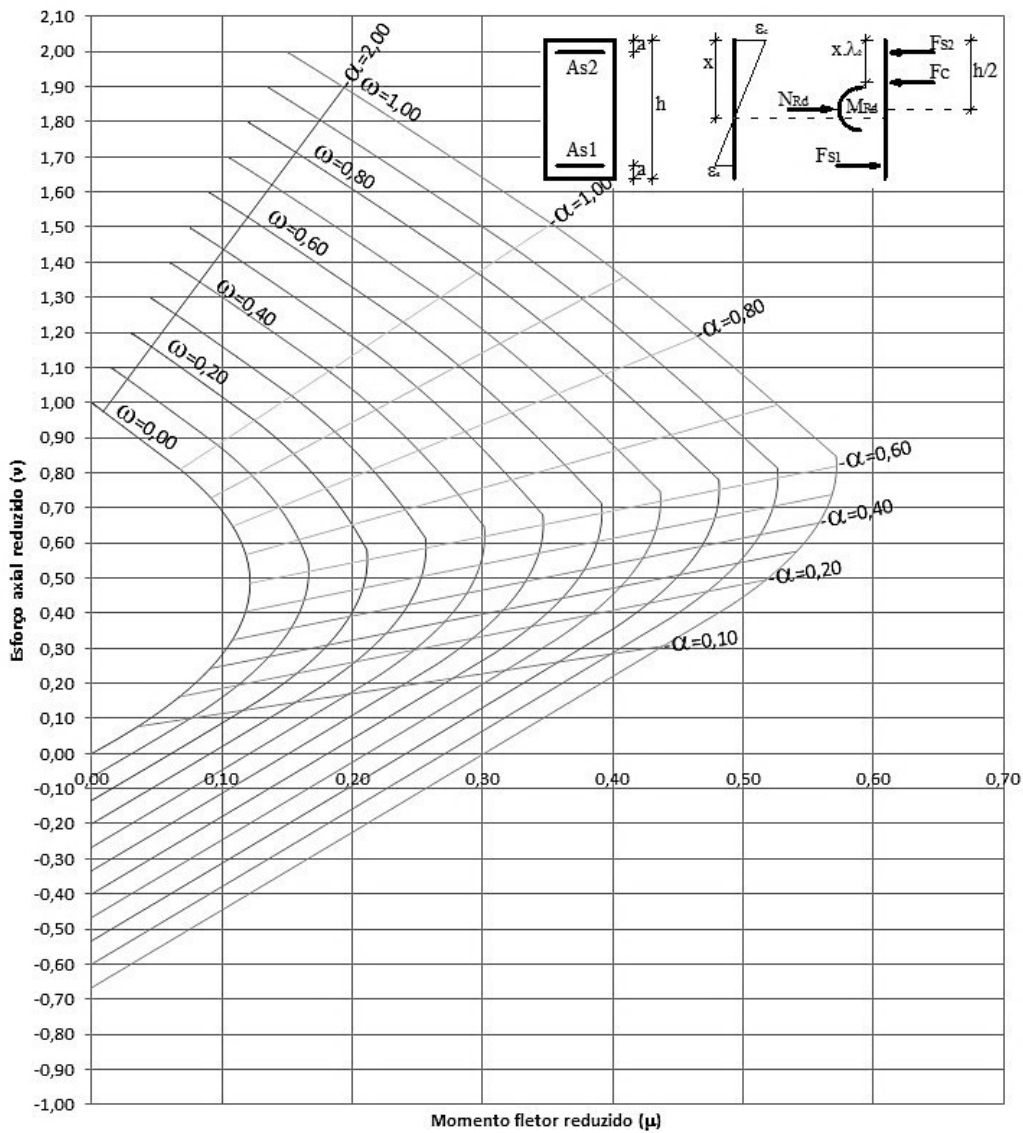
# FLEXÃO COMPOSTA

EC2	
Betão	≤C50/60
Aço	S400
As2/As1	2,00
a/h	0,05

Zonamento da secção			
Zona	Ec (m/m)	Es (m/m)	x/h
II a	0,0000	0,0250	0,0000
II b	0,0020	0,0250	0,0704
III a	0,0035	0,0250	0,1167
III b	0,0035	0,0017	0,6346
IV a	0,0035	0,0002	1,0000
Fim	0,0020	0,0020	∞

$$\omega = \frac{A_z}{b \times h} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \qquad v = \frac{N_{Rd}}{b \times h \times f_{cd}}$$

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b \times h^2 \times f_{cd}} \qquad \alpha = \frac{x}{h} \qquad A_z = A_{s1} + A_{s2}$$



# FLEXÃO COMPOSTA

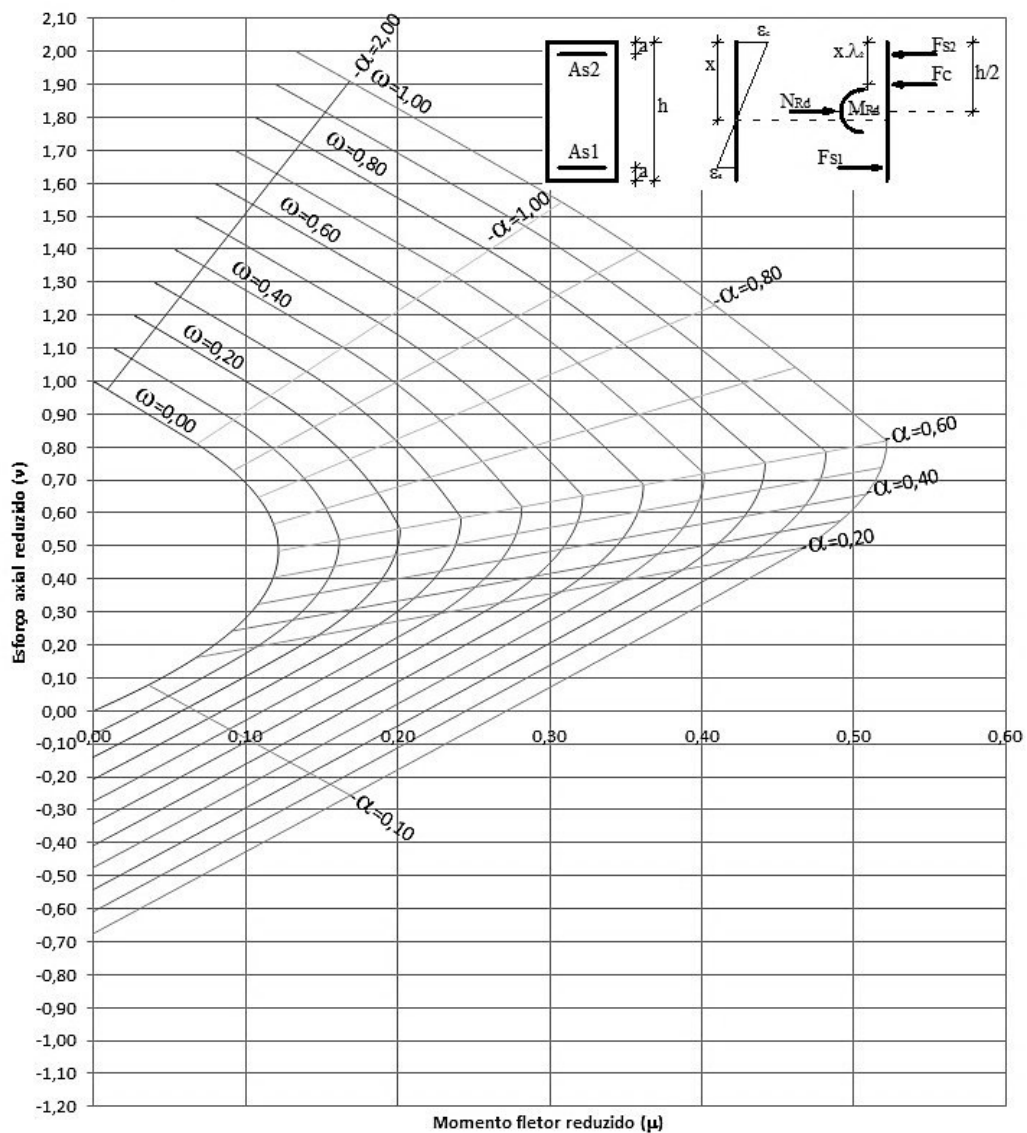
Ábaco 11

EC2	
Betão	≤C50/60
Aço	S400
As2/As1	2,00
a/h	0,10

Zonamento da secção			
Zona	Ec (m/m)	Es (m/m)	x/h
II a	0,0000	0,0250	0,0000
II b	0,0020	0,0250	0,0667
III a	0,0035	0,0250	0,1105
III b	0,0035	0,0017	0,6012
IV a	0,0035	0,0004	1,0000
Fim	0,0020	0,0020	∞

$$\omega = \frac{A_s}{b \times h} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \quad v = \frac{N_{Rd}}{b \times h \times f_{cd}}$$

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b \times h^2 \times f_{cd}} \quad \alpha = \frac{x}{h} \quad A_s = A_{s1} + A_{s2}$$



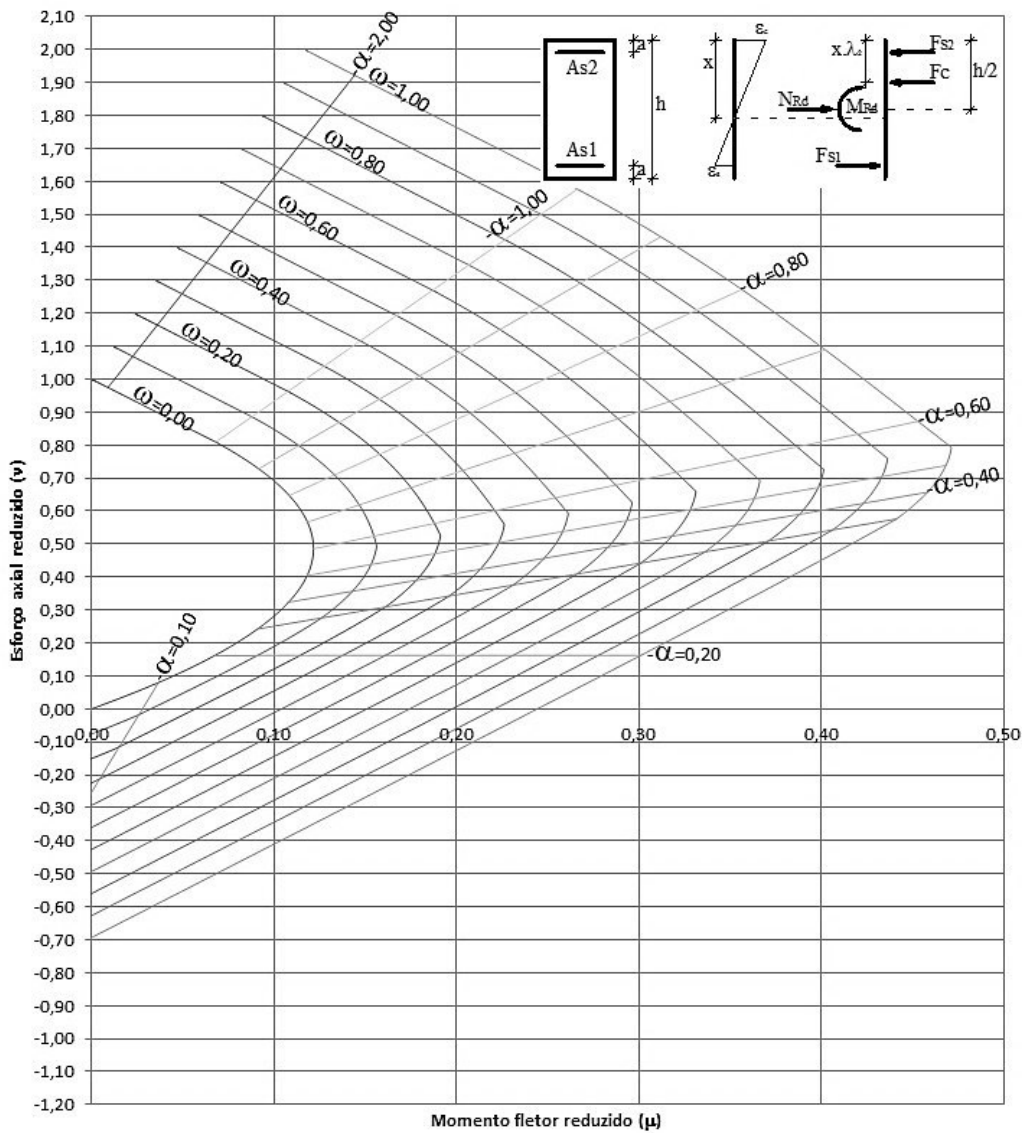
# FLEXÃO COMPOSTA

EC2	
Betão	≤C50/60
Aço	S400
As2/As1	2,00
a/h	0,15

Zonamento da secção			
Zona	Ec (m/m)	Es (m/m)	x/h
II a	0,0000	0,0250	0,0000
II b	0,0020	0,0250	0,0630
III a	0,0035	0,0250	0,1044
III b	0,0035	0,0017	0,5678
IV a	0,0035	0,0005	1,0000
Fim	0,0020	0,0020	∞

$$\omega = \frac{A_z}{b \times h} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \qquad v = \frac{N_{Rd}}{b \times h \times f_{cd}}$$

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b \times h^2 \times f_{cd}} \qquad \alpha = \frac{x}{h} \qquad A_z = A_{s1} + A_{s2}$$



# FLEXÃO COMPOSTA

Ábaco 13

EC2	
Betão	≤C50/60
Aço	S500
As2/As1	0,00
a/h	0,05

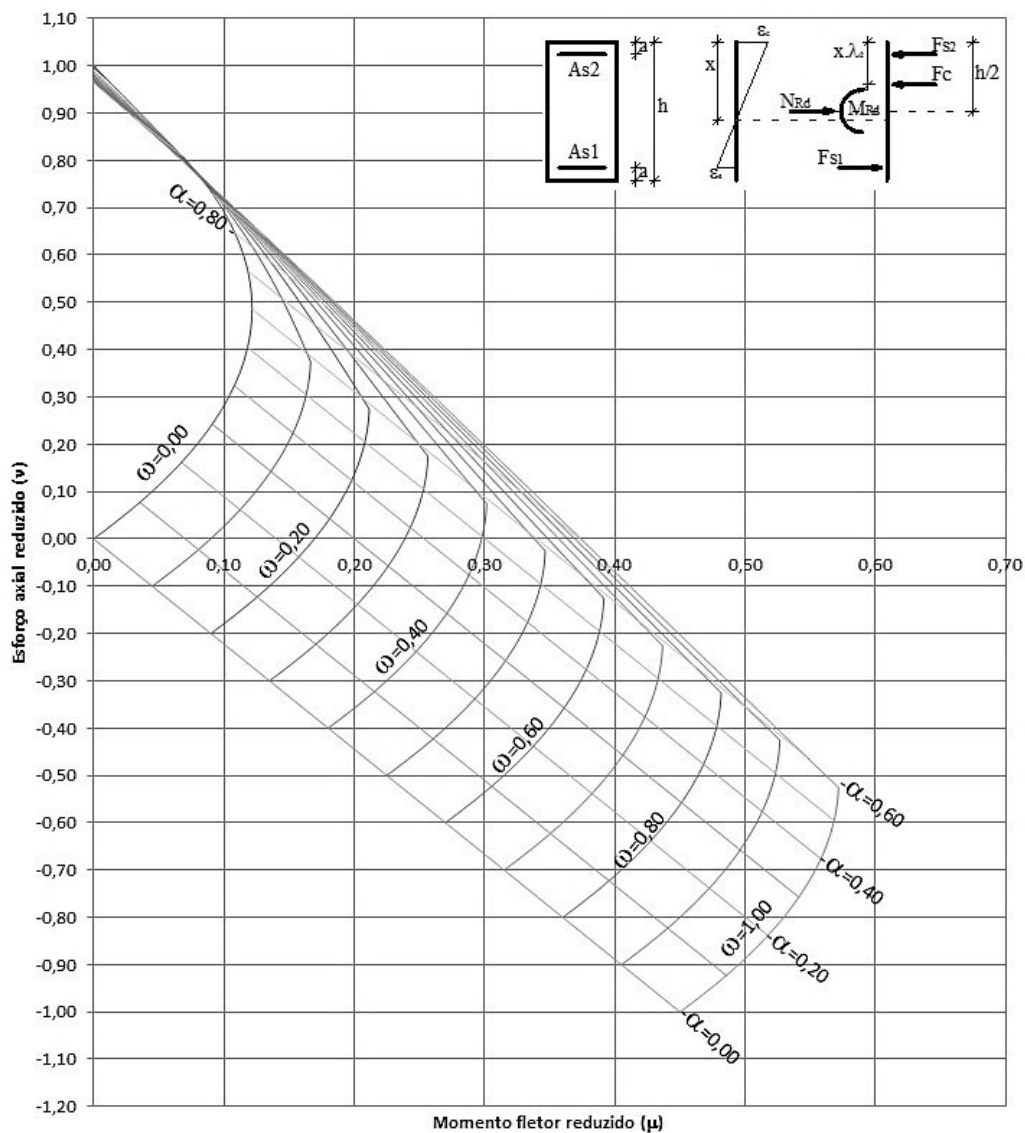
Zonamento da secção			
Zona	Ec (m/m)	Es (m/m)	x/h
II a	0,0000	0,0250	0,0000
II b	0,0020	0,0250	0,0704
III a	0,0035	0,0250	0,1167
III b	0,0035	0,0022	0,5860
IV a	0,0035	0,0002	1,0000
Fim	0,0020	0,0020	∞

$$\omega = \frac{A_s}{b \times h} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}}$$

$$v = \frac{N_{Rd}}{b \times h \times f_{cd}}$$

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b \times h^2 \times f_{cd}}$$

$$\alpha = \frac{x}{h} \quad A_s = A_{s1} + A_{s2}$$



# FLEXÃO COMPOSTA

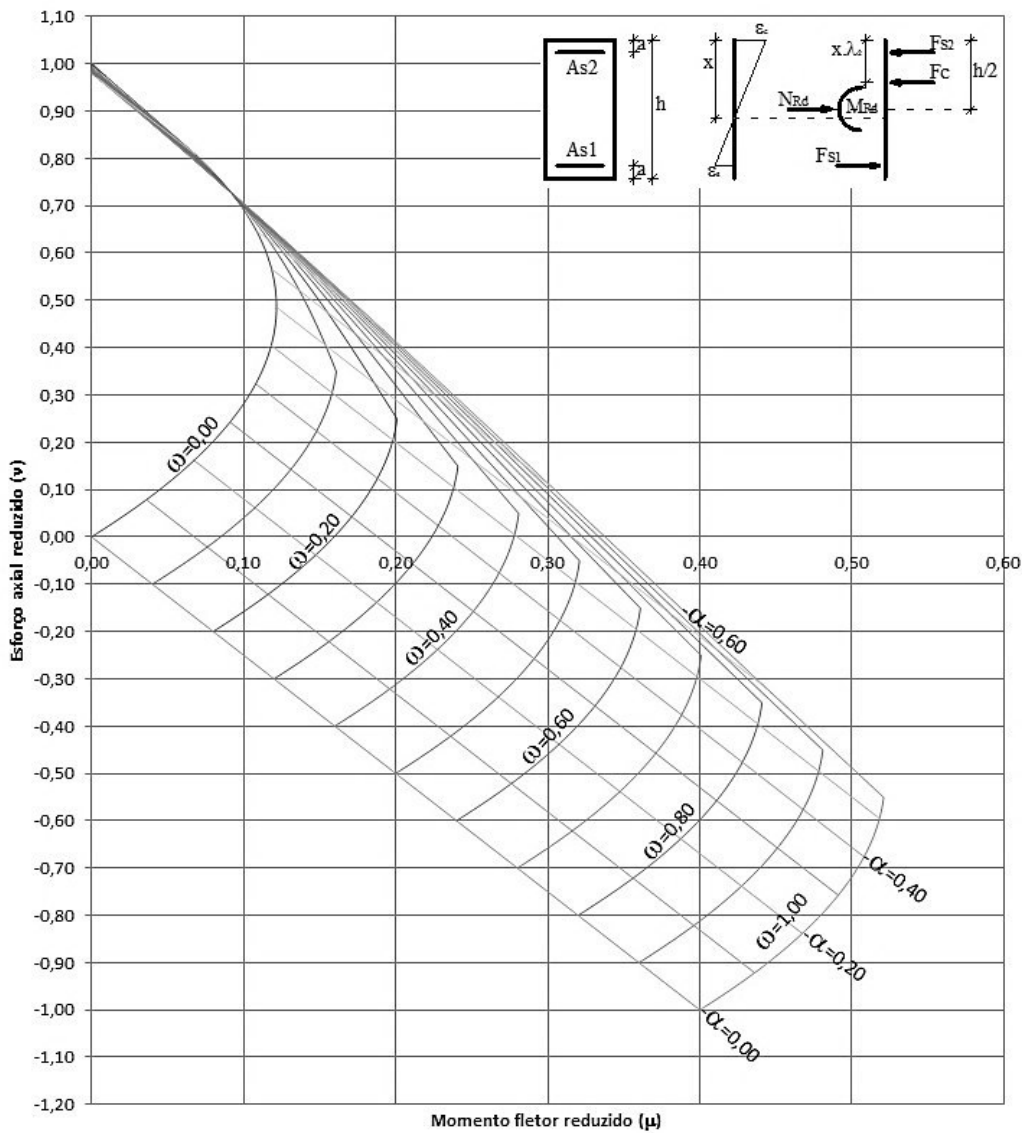
Ábaco 14

EC2	
Betão	≤C50/60
Aço	S500
As2/As1	0,00
a/h	0,10

Zonamento da secção			
Zona	Ec (m/m)	Es (m/m)	x/h
II a	0,0000	0,0250	0,0000
II b	0,0020	0,0250	0,0667
III a	0,0035	0,0250	0,1105
III b	0,0035	0,0022	0,5552
IV a	0,0035	0,0004	1,0000
Fim	0,0020	0,0020	∞

$$\omega = \frac{A_z}{b \times h} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \quad v = \frac{N_{Rd}}{b \times h \times f_{cd}}$$

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b \times h^2 \times f_{cd}} \quad \alpha = \frac{x}{h} \quad A_z = A_{s1} + A_{s2}$$



# FLEXÃO COMPOSTA

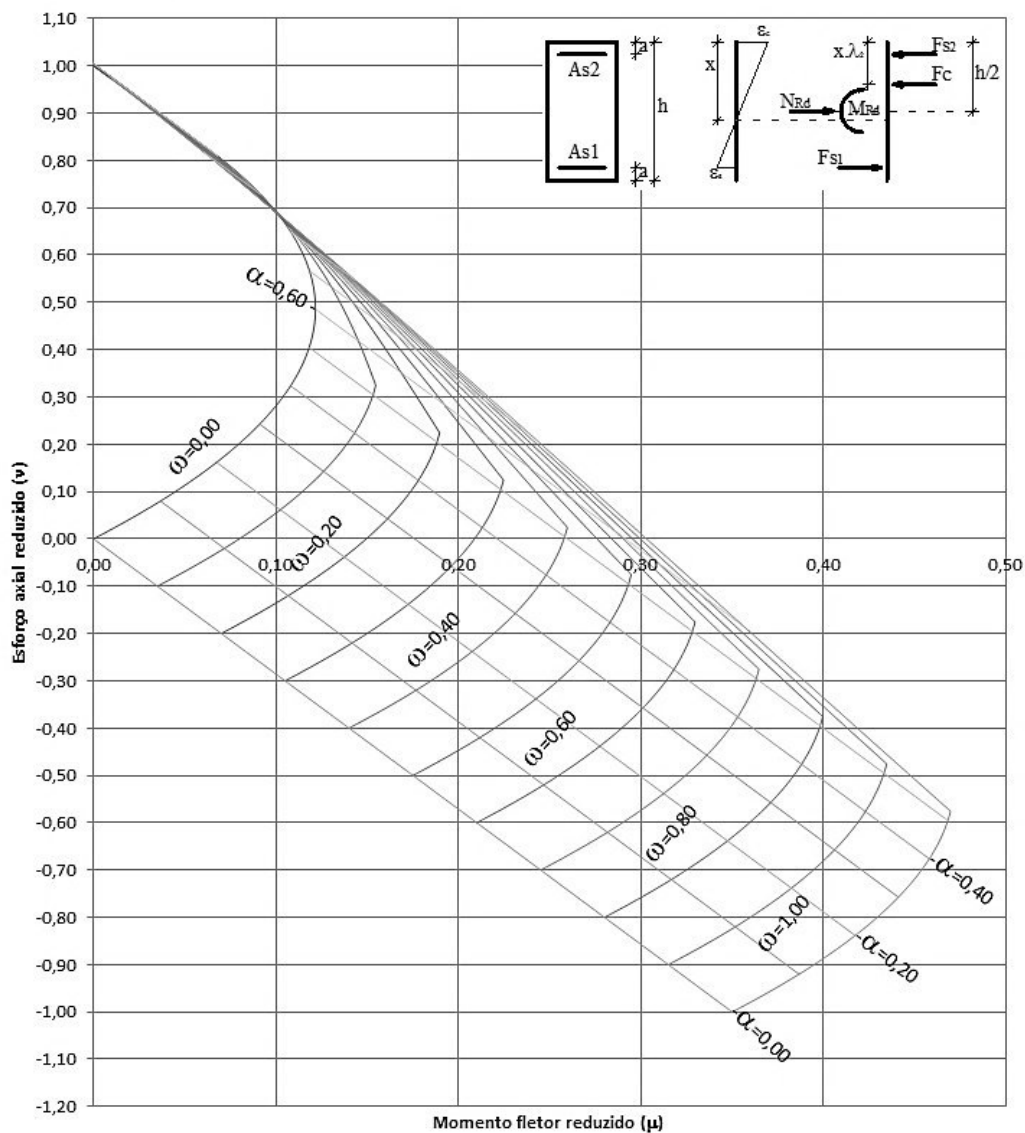
Ábaco 15

EC2	
Betão	≤C50/60
Aço	S500
As2/As1	0,00
a/h	0,15

Zonamento da secção			
Zona	Ec (m/m)	Es (m/m)	x/h
II a	0,0000	0,0250	0,0000
II b	0,0020	0,0250	0,0630
III a	0,0035	0,0250	0,1044
III b	0,0035	0,0022	0,5243
IV a	0,0035	0,0005	1,0000
Fim	0,0020	0,0020	∞

$$\omega = \frac{A_s}{b \times h} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \quad v = \frac{N_{Rd}}{b \times h \times f_{cd}}$$

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b \times h^2 \times f_{cd}} \quad \alpha = \frac{x}{h} \quad A_s = A_{s1} + A_{s2}$$



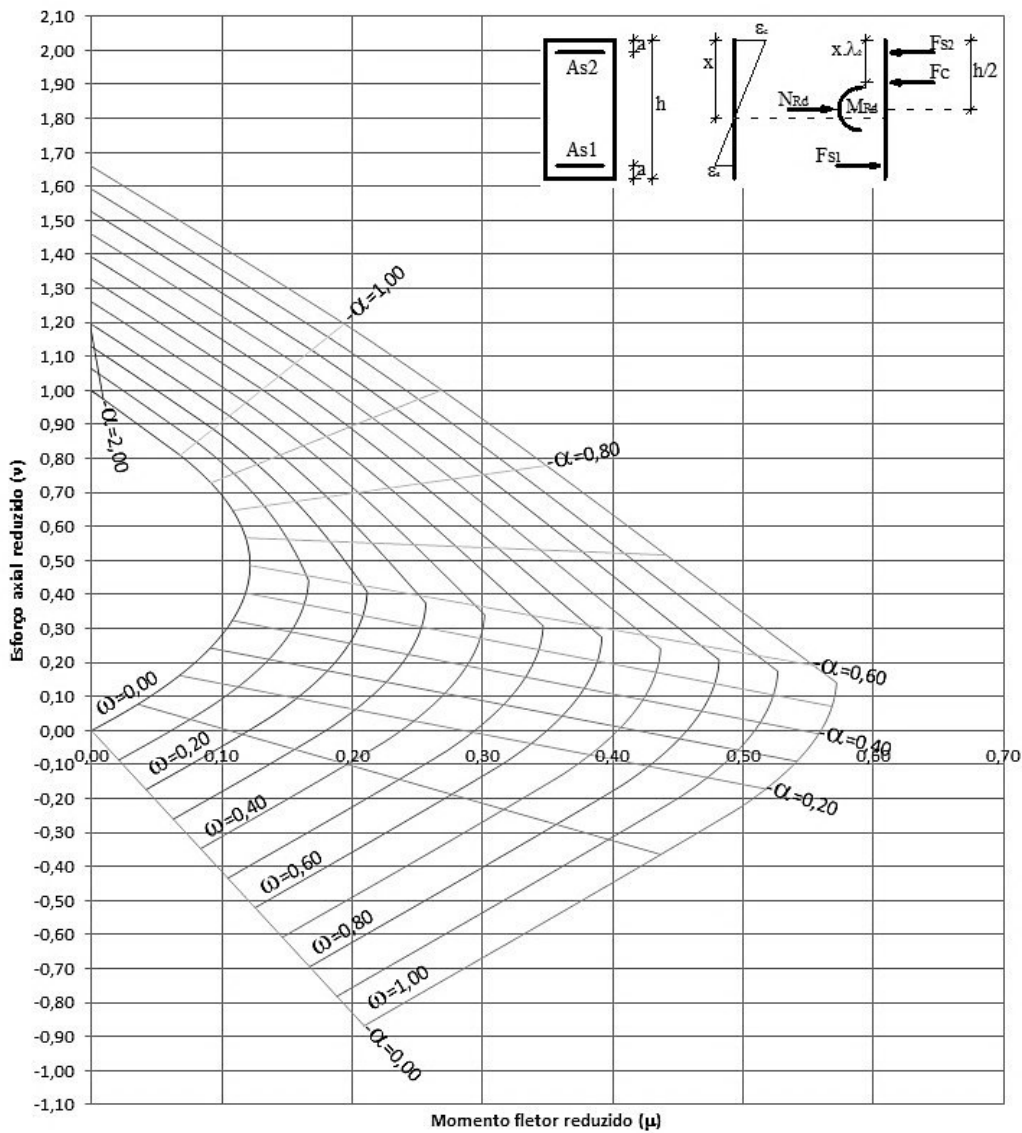
# FLEXÃO COMPOSTA

EC2	
Betão	≤C50/60
Aço	S500
As2/As1	0,50
a/h	0,05

Zonamento da secção			
Zona	Ec (m/m)	Es (m/m)	x/h
II a	0,0000	0,0250	0,0000
II b	0,0020	0,0250	0,0704
III a	0,0035	0,0250	0,1167
III b	0,0035	0,0022	0,5860
IV a	0,0035	0,0002	1,0000
Fim	0,0020	0,0020	∞

$$\omega = \frac{A_z \cdot f_{yd}}{b \times h \cdot f_{cd}} \quad v = \frac{N_{Rd}}{b \times h \times f_{cd}}$$

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b \times h^2 \times f_{cd}} \quad \alpha = \frac{x}{h} \quad A_z = A_{s1} + A_{s2}$$



# FLEXÃO COMPOSTA

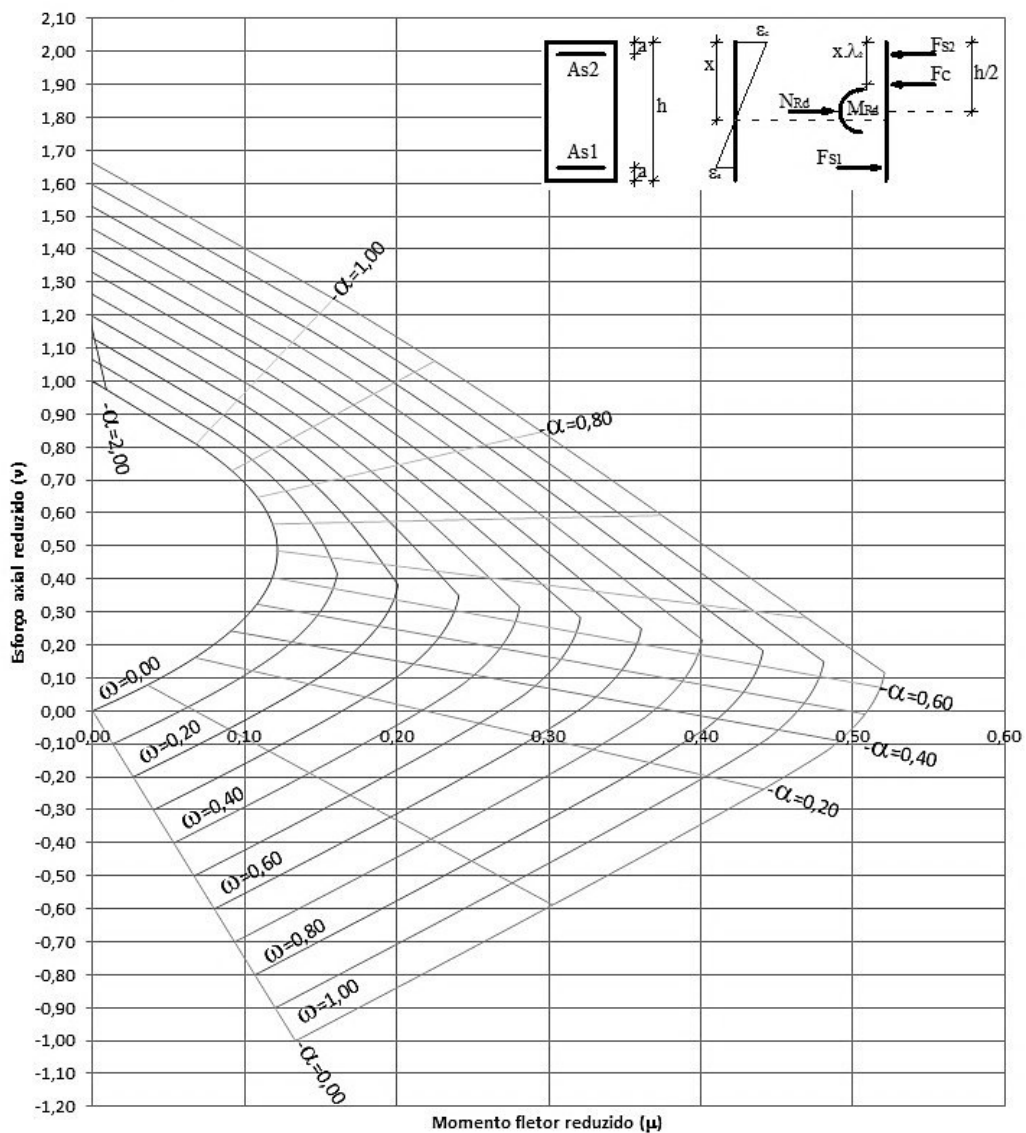
Ábaco 17

EC2	
Betão	≤C50/60
Aço	S500
As2/As1	0,50
a/h	0,10

Zonamento da secção			
Zona	Ec (m/m)	Es (m/m)	x/h
II a	0,0000	0,0250	0,0000
II b	0,0020	0,0250	0,0667
III a	0,0035	0,0250	0,1105
III b	0,0035	0,0022	0,5552
IV a	0,0035	0,0004	1,0000
Fim	0,0020	0,0020	∞

$$\omega = \frac{A_s}{b \times h} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \quad v = \frac{N_{Rd}}{b \times h \times f_{cd}}$$

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b \times h^2 \times f_{cd}} \quad \alpha = \frac{x}{h} \quad A_s = A_{s1} + A_{s2}$$



# FLEXÃO COMPOSTA

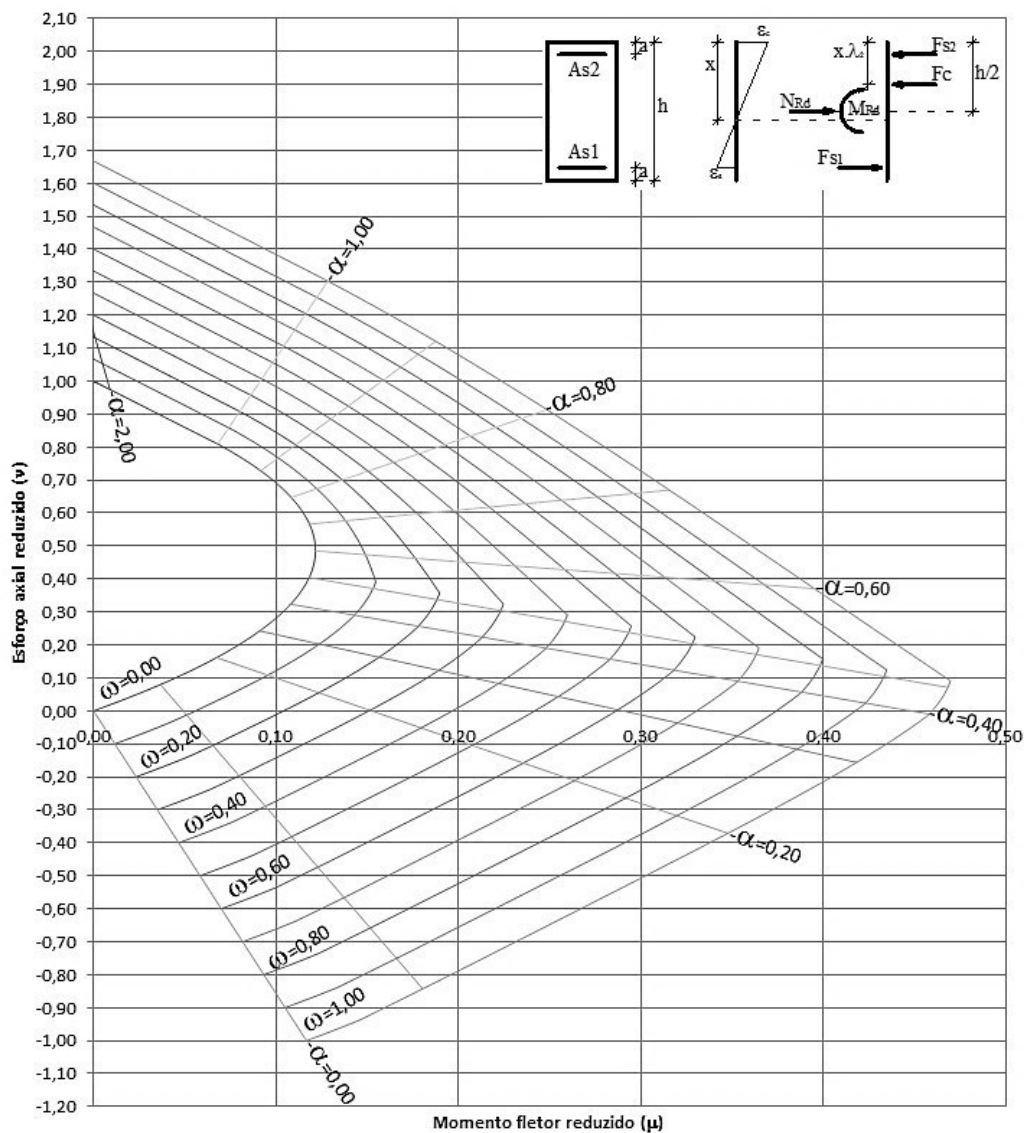
Ábaco 18

EC2	
Betão	≤C50/60
Aço	S500
As2/As1	0,50
a/h	0,15

Zonamento da secção			
Zona	Ec (m/m)	Es (m/m)	x/h
II a	0,0000	0,0250	0,0000
II b	0,0020	0,0250	0,0630
III a	0,0035	0,0250	0,1044
III b	0,0035	0,0022	0,5243
IV a	0,0035	0,0005	1,0000
Fim	0,0020	0,0020	∞

$$\omega = \frac{A_z}{b \times h} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \quad v = \frac{N_{Rd}}{b \times h \times f_{cd}}$$

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b \times h^2 \times f_{cd}} \quad \alpha = \frac{x}{h} \quad A_z = A_{s1} + A_{s2}$$



# FLEXÃO COMPOSTA

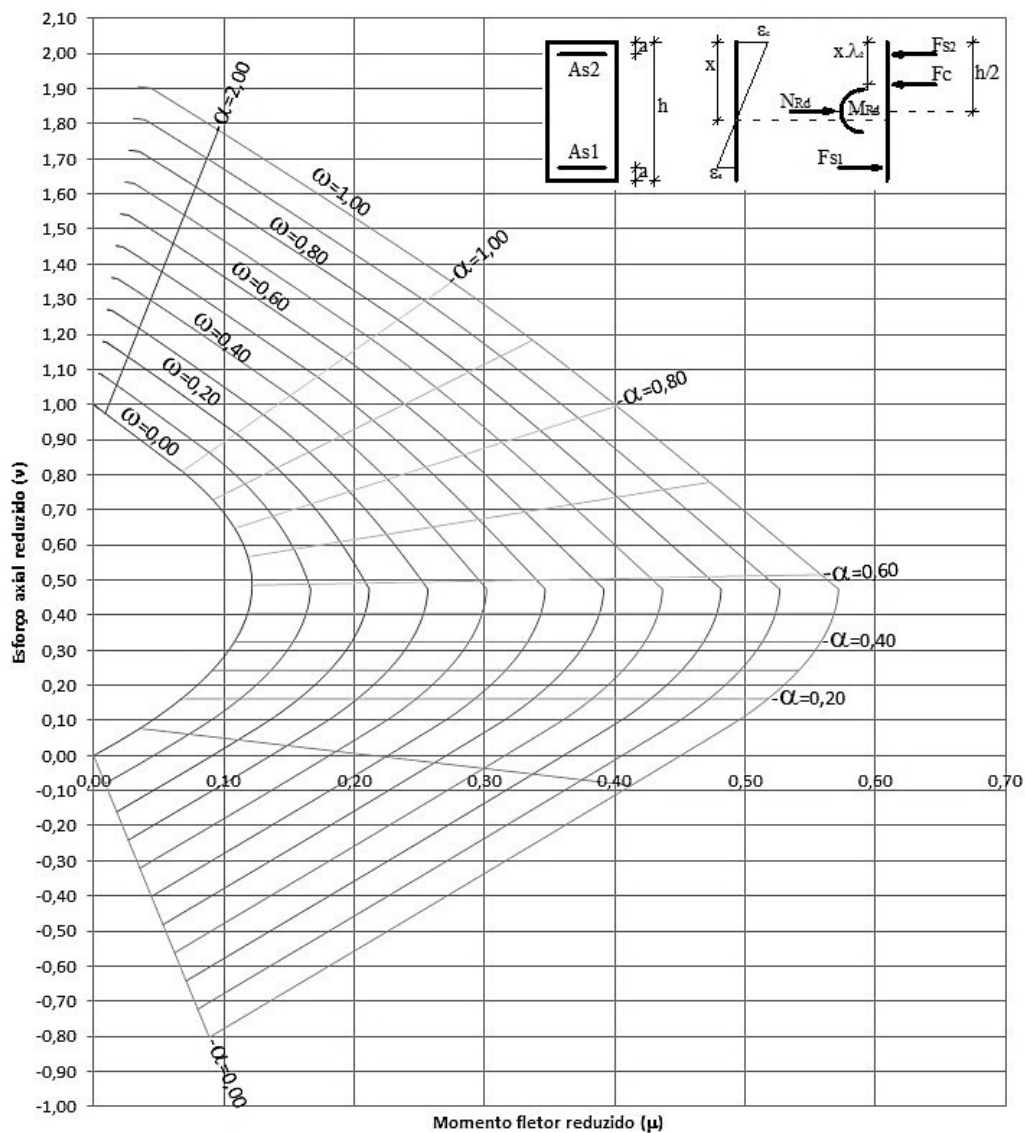
Ábaco 19

EC2	
Betão	≤C50/60
Aço	S500
As2/As1	1,00
a/h	0,05

Zonamento da secção			
Zona	Ec (m/m)	Es (m/m)	x/h
II a	0,0000	0,0250	0,0000
II b	0,0020	0,0250	0,0704
III a	0,0035	0,0250	0,1167
III b	0,0035	0,0022	0,5860
IV a	0,0035	0,0002	1,0000
Fim	0,0020	0,0020	∞

$$\omega = \frac{A_s}{b \times h} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \quad v = \frac{N_{Rd}}{b \times h \times f_{cd}}$$

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b \times h^2 \times f_{cd}} \quad \alpha = \frac{x}{h} \quad A_s = A_{s1} + A_{s2}$$



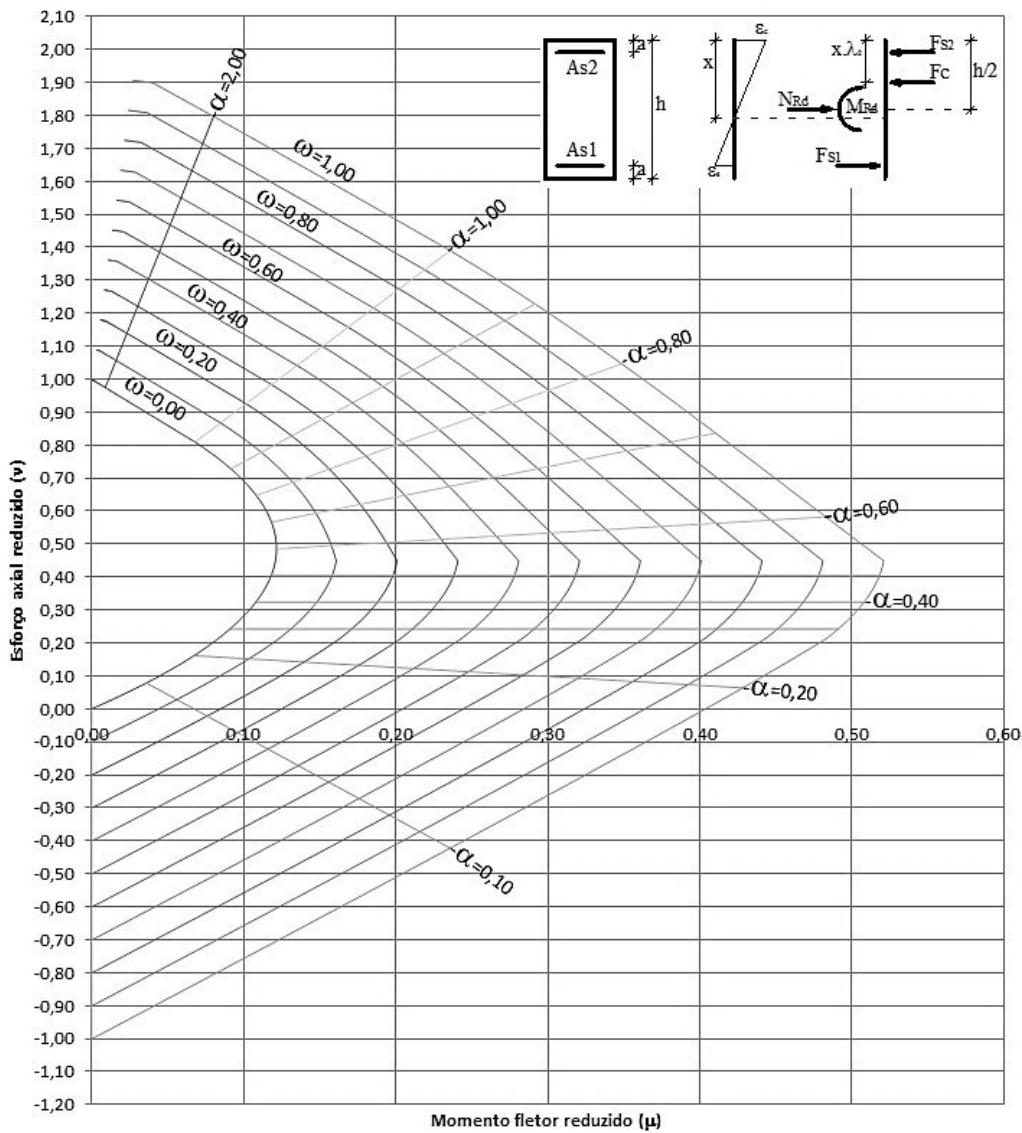
# FLEXÃO COMPOSTA

EC2	
Betão	≤C50/60
Aço	S500
As2/As1	1,00
a/h	0,10

Zonamento da secção			
Zona	Ec (m/m)	Es (m/m)	x/h
II a	0,0000	0,0250	0,0000
II b	0,0020	0,0250	0,0667
III a	0,0035	0,0250	0,1105
III b	0,0035	0,0022	0,5552
IV a	0,0035	0,0004	1,0000
Fim	0,0020	0,0020	∞

$$\omega = \frac{A_z}{b \times h} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \qquad v = \frac{N_{Rd}}{b \times h \times f_{cd}}$$

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b \times h^2 \times f_{cd}} \qquad \alpha = \frac{x}{h} \qquad A_z = A_{s1} + A_{s2}$$



# FLEXÃO COMPOSTA

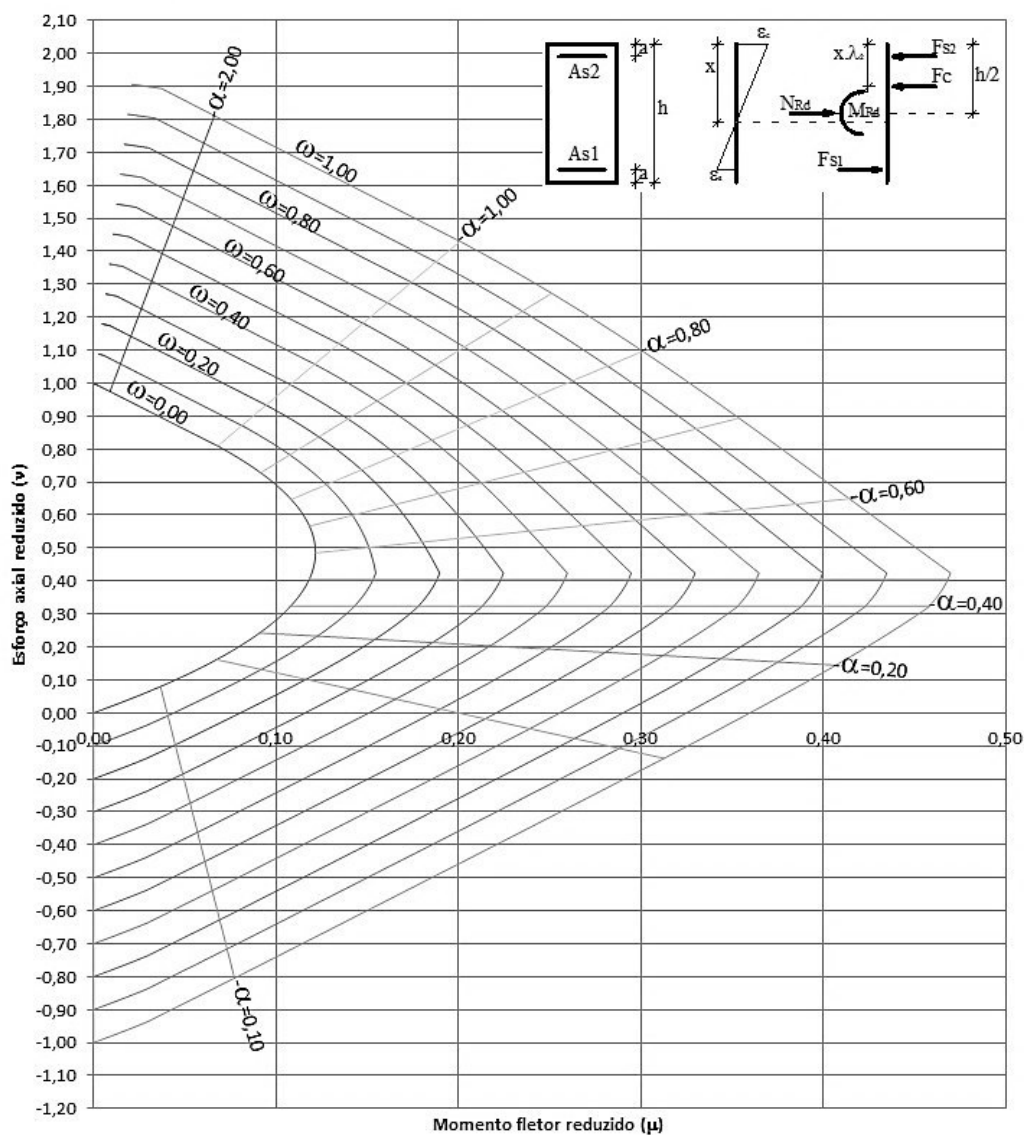
Ábaco 21

EC2	
Betão	≤C50/60
Aço	S500
As2/As1	1,00
a/h	0,15

Zonamento da secção			
Zona	Ec (m/m)	Es (m/m)	x/h
II a	0,0000	0,0250	0,0000
II b	0,0020	0,0250	0,0630
III a	0,0035	0,0250	0,1044
III b	0,0035	0,0022	0,5243
IV a	0,0035	0,0005	1,0000
Fim	0,0020	0,0020	∞

$$\omega = \frac{A_s}{b \times h} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \quad v = \frac{N_{Rd}}{b \times h \times f_{cd}}$$

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b \times h^2 \times f_{cd}} \quad \alpha = \frac{x}{h} \quad A_s = A_{s1} + A_{s2}$$



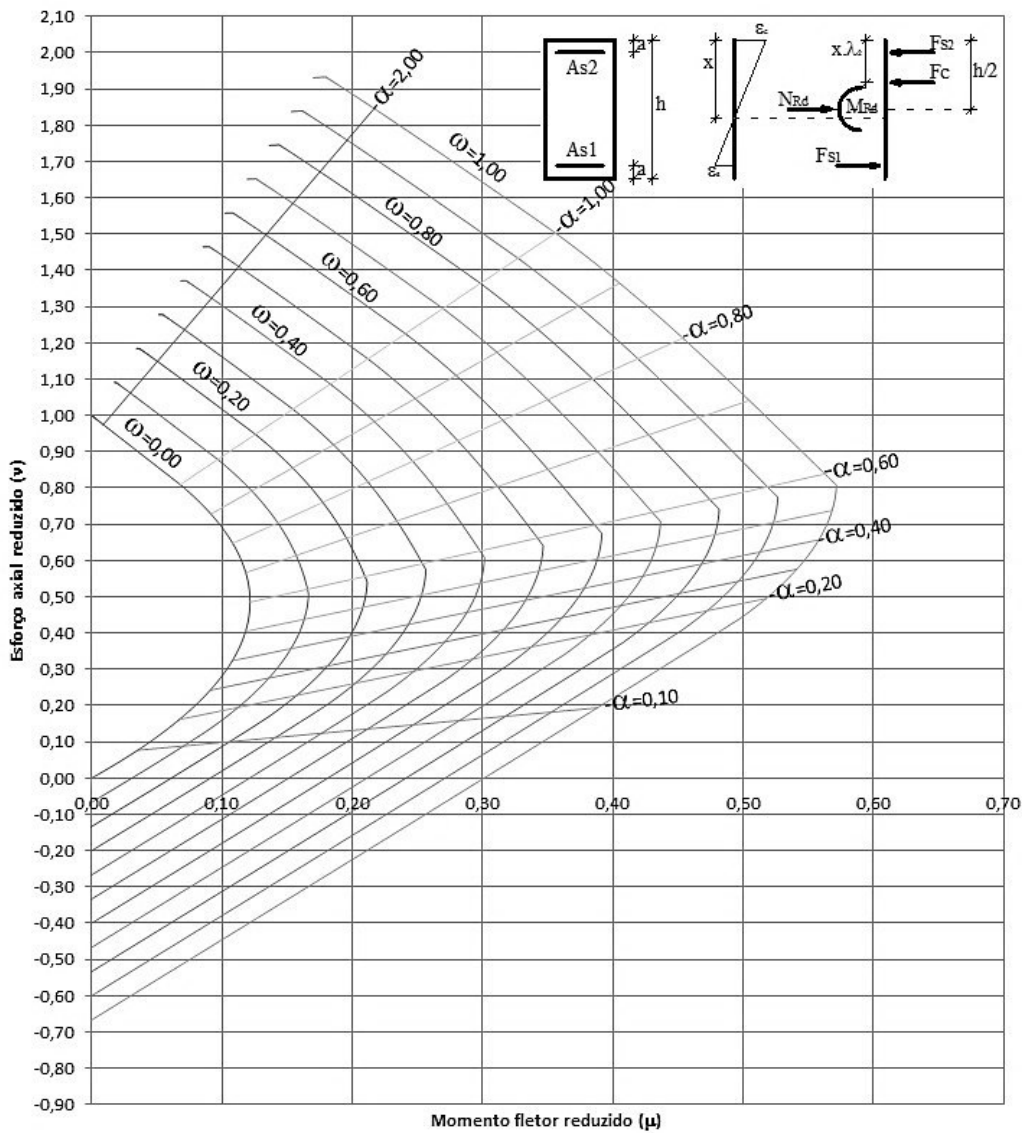
# FLEXÃO COMPOSTA

EC2	
Betão	≤C50/60
Aço	S500
As2/As1	2,00
a/h	0,05

Zonamento da secção			
Zona	Ec (m/m)	Es (m/m)	x/h
II a	0,0000	0,0250	0,0000
II b	0,0020	0,0250	0,0704
III a	0,0035	0,0250	0,1167
III b	0,0035	0,0022	0,5860
IV a	0,0035	0,0002	1,0000
Fim	0,0020	0,0020	∞

$$\omega = \frac{A_z}{b \times h} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \qquad v = \frac{N_{Rd}}{b \times h \times f_{cd}}$$

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b \times h^2 \times f_{cd}} \qquad \alpha = \frac{x}{h} \qquad A_z = A_{s1} + A_{s2}$$



# FLEXÃO COMPOSTA

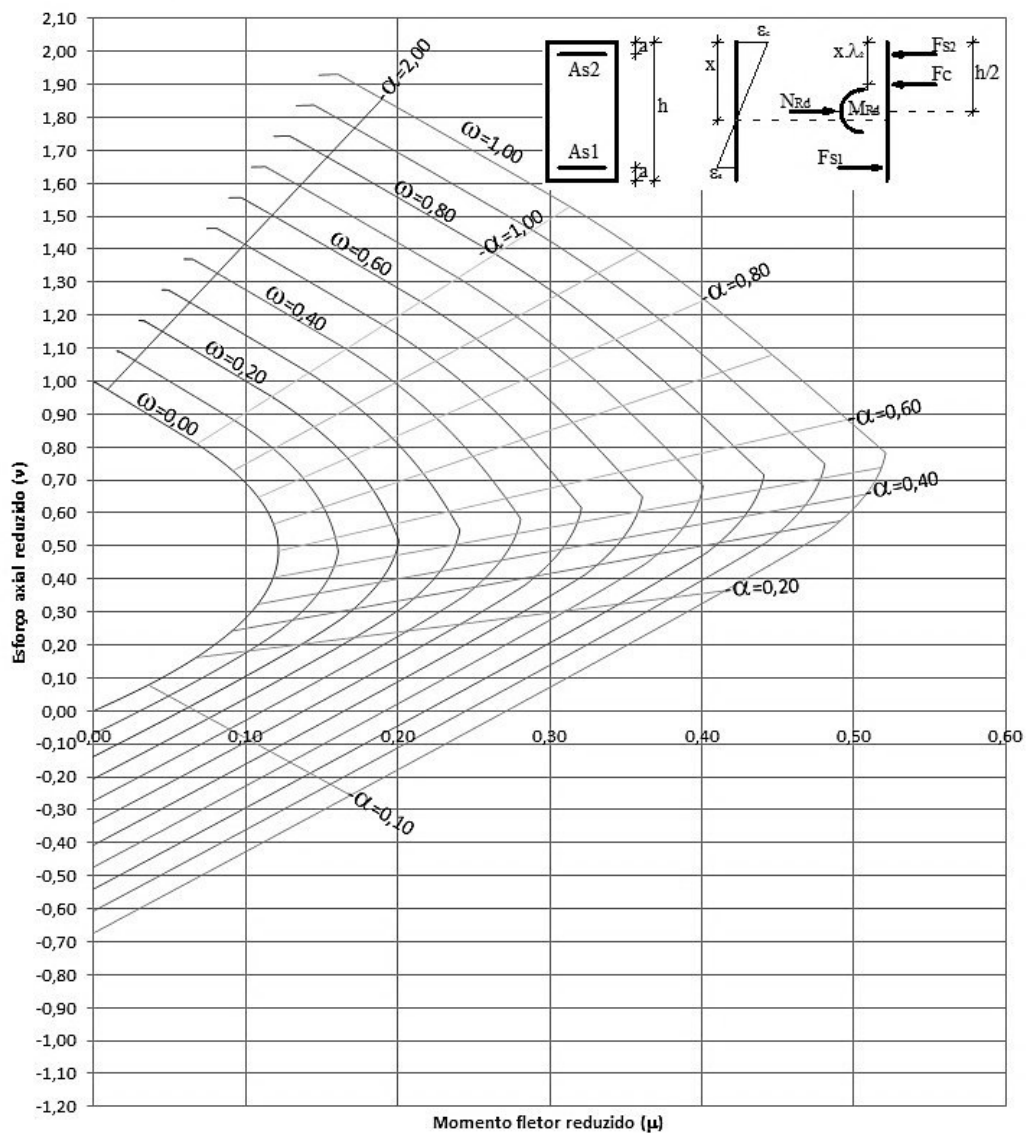
Ábaco 23

EC2	
Betão	≤C50/60
Aço	S500
As2/As1	2,00
a/h	0,10

Zonamento da secção			
Zona	Ec (m/m)	Es (m/m)	x/h
II a	0,0000	0,0250	0,0000
II b	0,0020	0,0250	0,0667
III a	0,0035	0,0250	0,1105
III b	0,0035	0,0022	0,5552
IV a	0,0035	0,0004	1,0000
Fim	0,0020	0,0020	∞

$$\omega = \frac{A_s}{b \times h} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \quad v = \frac{N_{Rd}}{b \times h \times f_{cd}}$$

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b \times h^2 \times f_{cd}} \quad \alpha = \frac{x}{h} \quad A_s = A_{s1} + A_{s2}$$



# FLEXÃO COMPOSTA

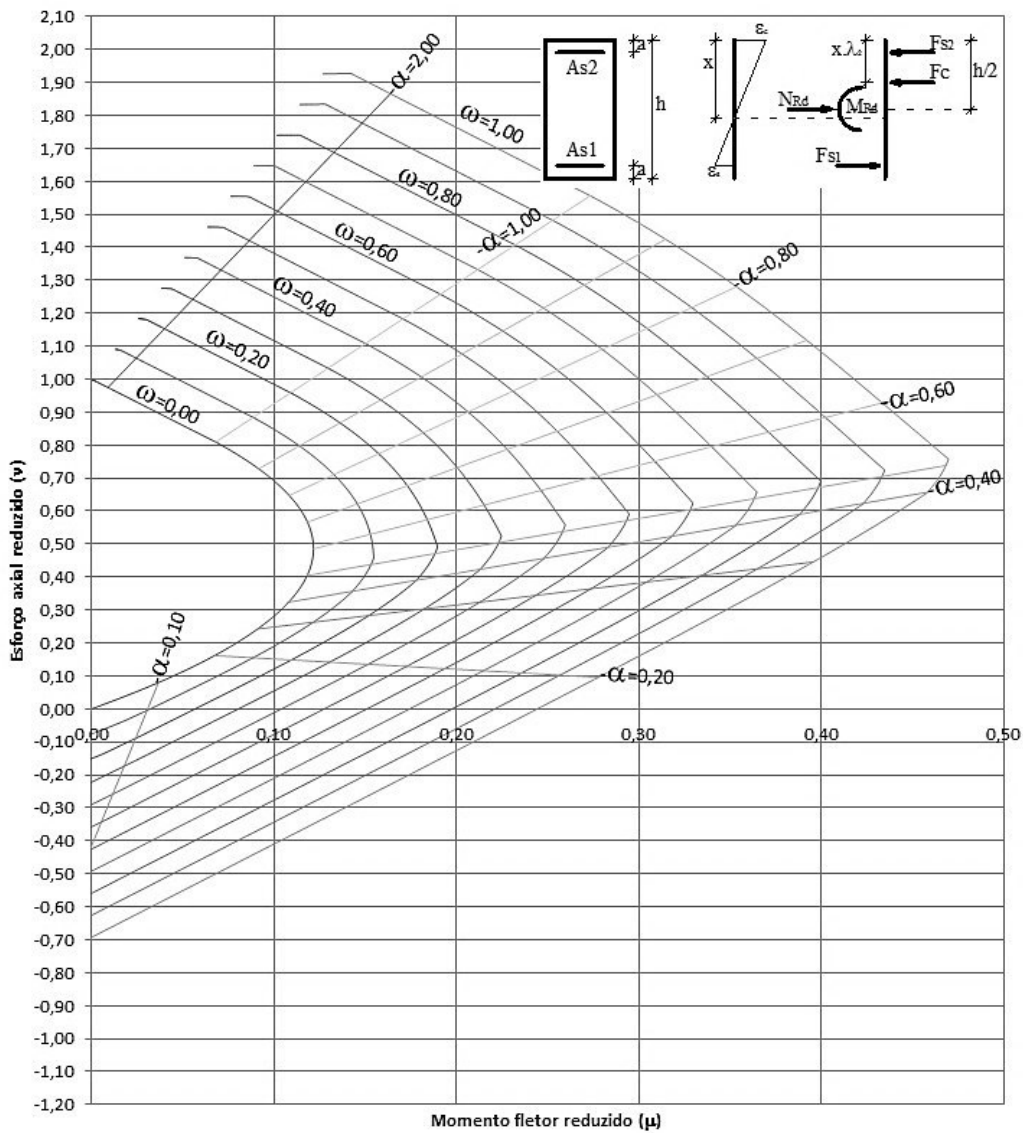
Ábaco 24

EC2	
Betão	≤C50/60
Aço	S500
As2/As1	2,00
a/h	0,15

Zonamento da secção			
Zona	Ec (m/m)	Es (m/m)	x/h
II a	0,0000	0,0250	0,0000
II b	0,0020	0,0250	0,0630
III a	0,0035	0,0250	0,1044
III b	0,0035	0,0022	0,5243
IV a	0,0035	0,0005	1,0000
Fim	0,0020	0,0020	∞

$$\omega = \frac{A_z}{b \times h} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \quad v = \frac{N_{Rd}}{b \times h \times f_{cd}}$$

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b \times h^2 \times f_{cd}} \quad \alpha = \frac{x}{h} \quad A_z = A_{s1} + A_{s2}$$



# FLEXÃO COMPOSTA

EC2	
Betão	C55/67
Aço	S400
As2/As1	0,00
a/h	0,05

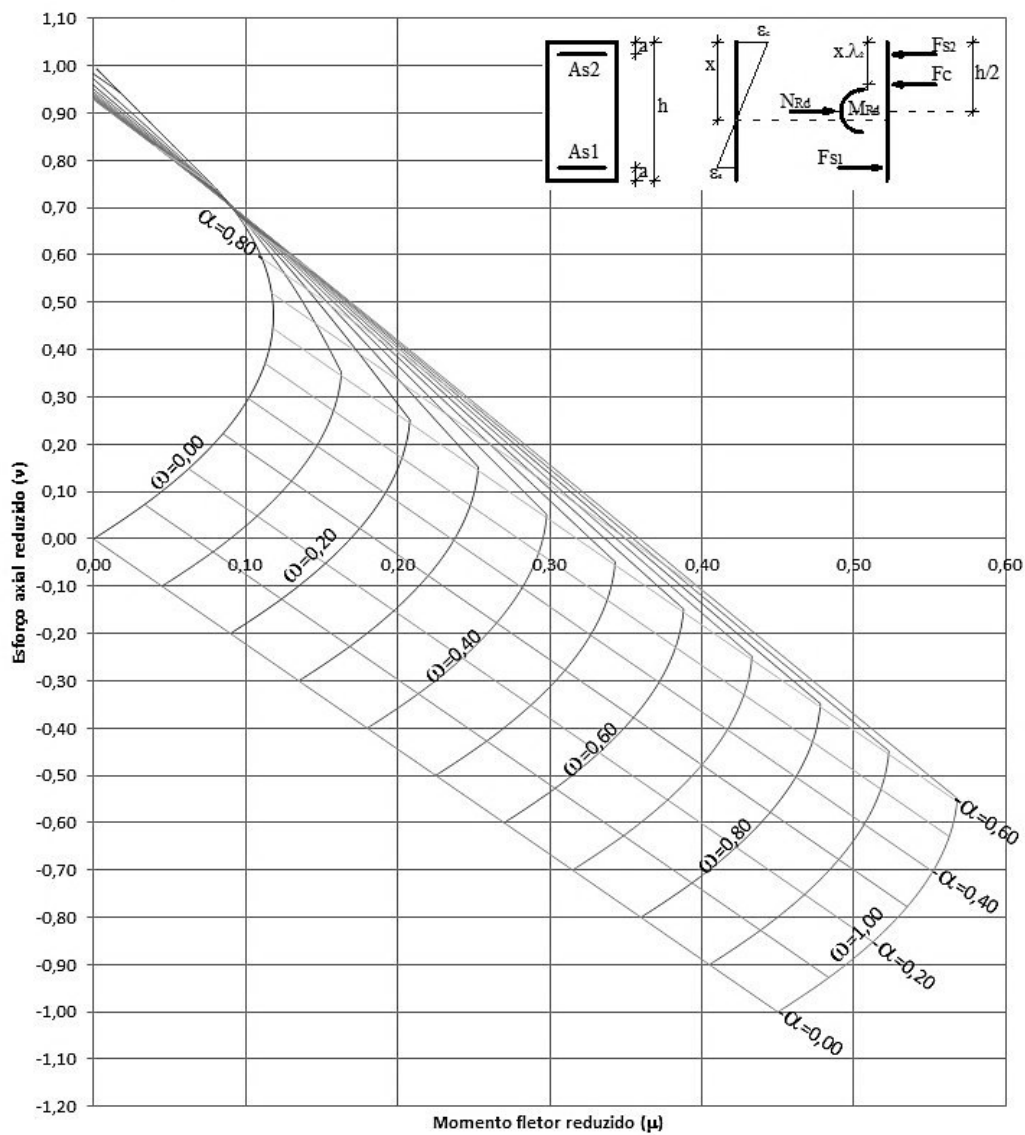
Zonamento da secção			
Zona	Ec (m/m)	Es (m/m)	x/h
II a	0,0000	0,0250	0,0000
II b	0,0022	0,0250	0,0768
III a	0,0031	0,0250	0,1048
III b	0,0031	0,0017	0,6086
IV a	0,0031	0,0002	1,0000
Fim	0,0022	0,0022	∞

$$\omega = \frac{A_s}{b \times h} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}}$$

$$v = \frac{N_{Rd}}{b \times h \times f_{cd}}$$

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b \times h^2 \times f_{cd}}$$

$$\alpha = \frac{x}{h} \quad A_s = A_{s1} + A_{s2}$$



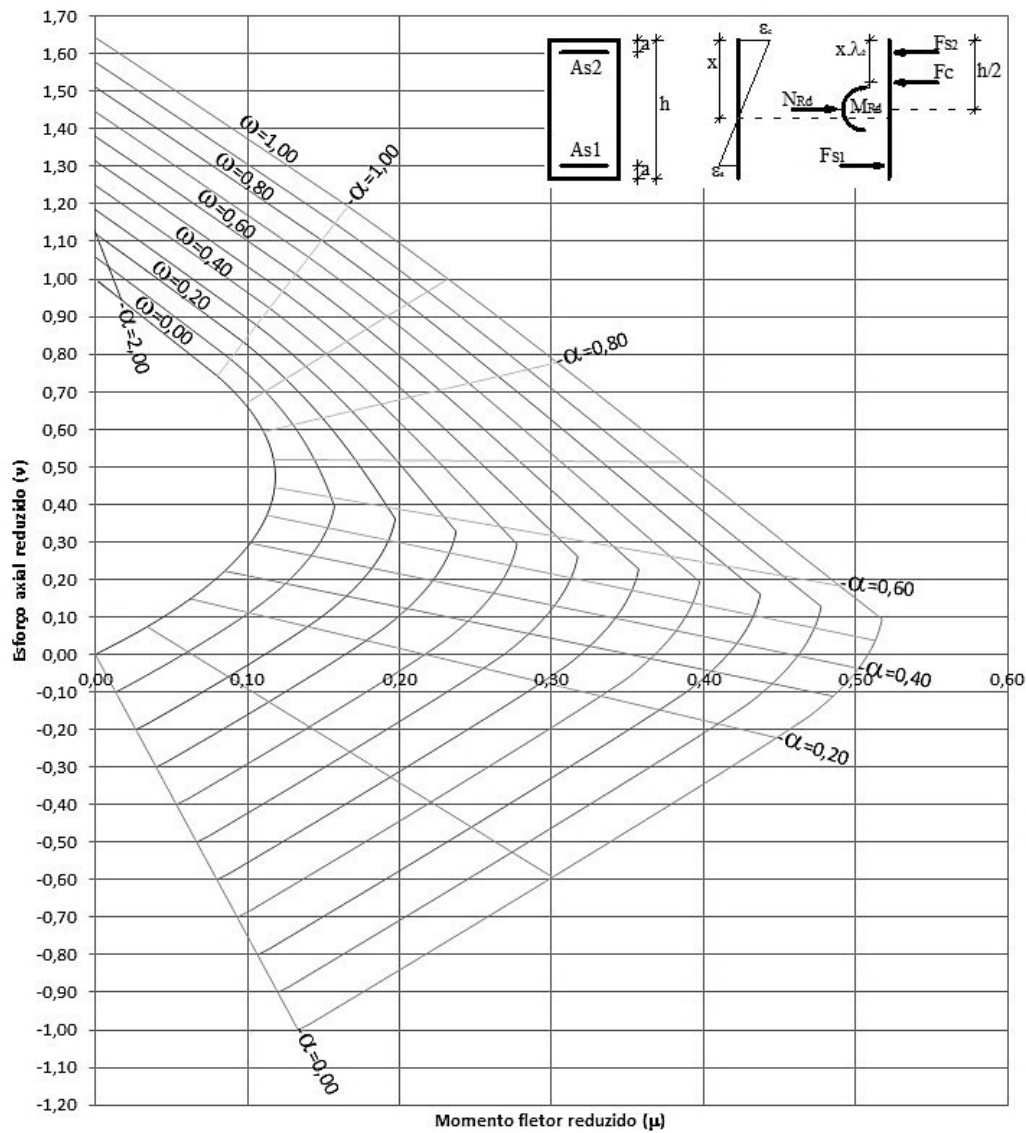
# FLEXÃO COMPOSTA

EC2	
Betão	C55/67
Aço	S400
As2/As1	0,50
a/h	0,10

Zonamento da secção			
Zona	Ec (m/m)	Es (m/m)	x/h
II a	0,0000	0,0250	0,0000
II b	0,0022	0,0250	0,0728
III a	0,0031	0,0250	0,0993
III b	0,0031	0,0017	0,5765
IV a	0,0031	0,0003	1,0000
Fim	0,0022	0,0022	∞

$$\omega = \frac{A_z \cdot f_{yd}}{b \times h \cdot f_{cd}} \qquad v = \frac{N_{Rd}}{b \times h \times f_{cd}}$$

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b \times h^2 \times f_{cd}} \qquad \alpha = \frac{x}{h} \qquad A_z = A_{s1} + A_{s2}$$



# FLEXÃO COMPOSTA

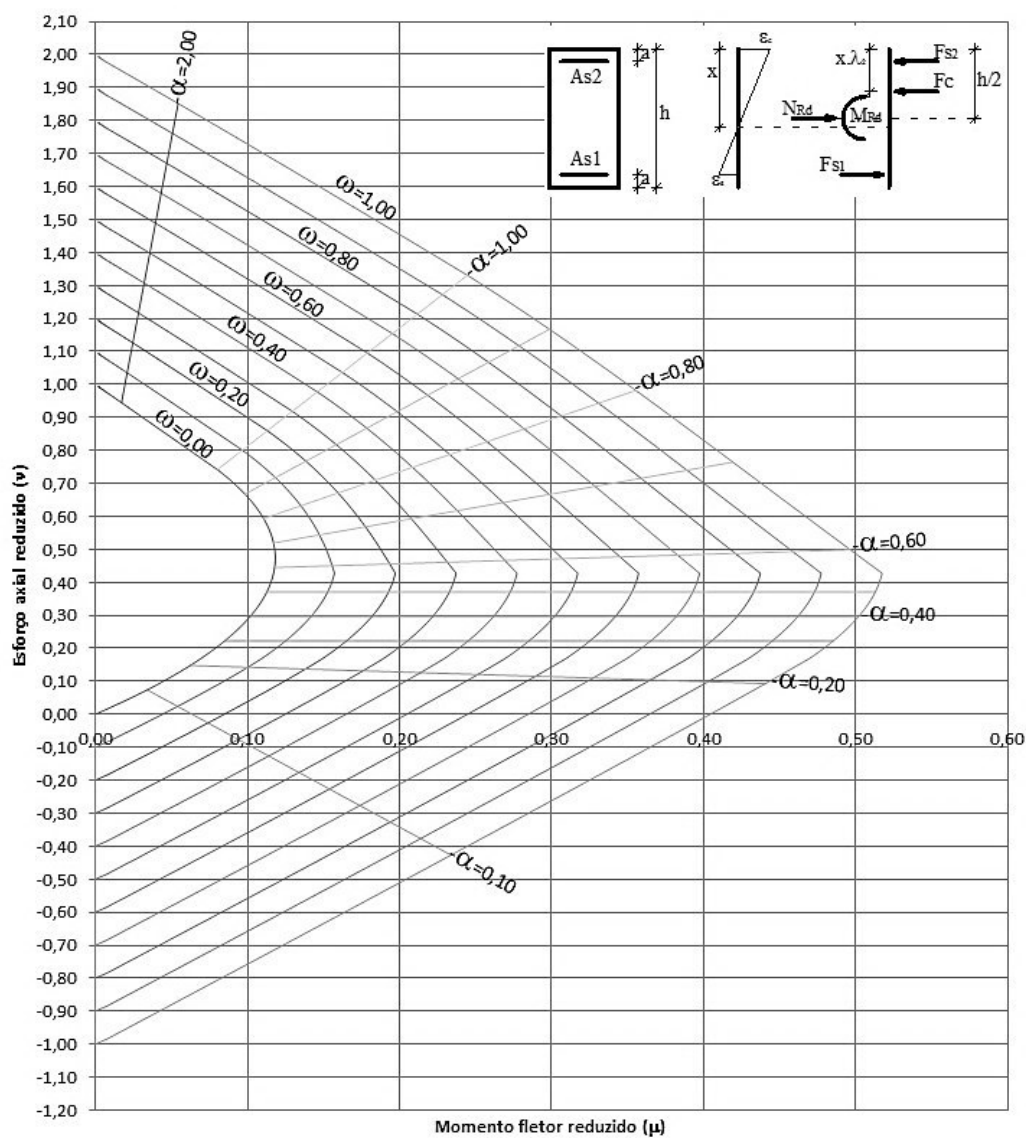
Ábaco 27

EC2	
Betão	C55/67
Aço	S400
As2/As1	1,00
a/h	0,10

Zonamento da secção			
Zona	Ec (m/m)	Es (m/m)	x/h
II a	0,0000	0,0250	0,0000
II b	0,0022	0,0250	0,0728
III a	0,0031	0,0250	0,0993
III b	0,0031	0,0017	0,5765
IV a	0,0031	0,0003	1,0000
Fim	0,0022	0,0022	∞

$$\omega = \frac{A_s}{b \times h} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \quad v = \frac{N_{Rd}}{b \times h \times f_{cd}}$$

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b \times h^2 \times f_{cd}} \quad \alpha = \frac{x}{h} \quad A_s = A_{s1} + A_{s2}$$



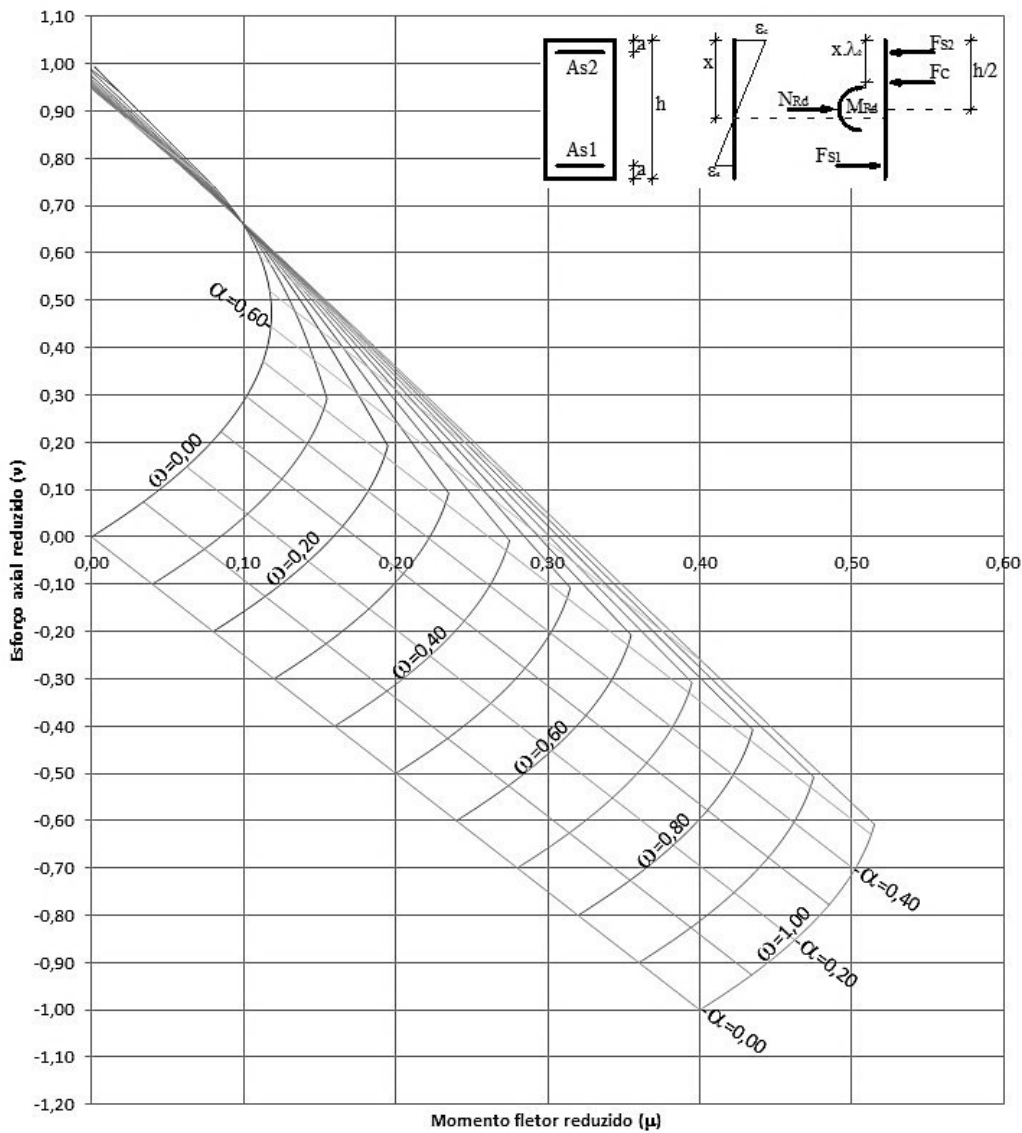
# FLEXÃO COMPOSTA

EC2	
Betão	C55/67
Aço	S500
As2/As1	0,00
a/h	0,10

Zonamento da secção			
Zona	Ec (m/m)	Es (m/m)	x/h
II a	0,0000	0,0250	0,0000
II b	0,0022	0,0250	0,0728
III a	0,0031	0,0250	0,0993
III b	0,0031	0,0022	0,5290
IV a	0,0031	0,0003	1,0000
Fim	0,0022	0,0022	∞

$$\omega = \frac{A_z \cdot f_{yd}}{b \times h \cdot f_{cd}} \quad v = \frac{N_{Rd}}{b \times h \times f_{cd}}$$

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b \times h^2 \times f_{cd}} \quad \alpha = \frac{x}{h} \quad A_z = A_{s1} + A_{s2}$$



# FLEXÃO COMPOSTA

EC2	
Betão	C55/67
Aço	S500
As2/As1	0,50
a/h	0,10

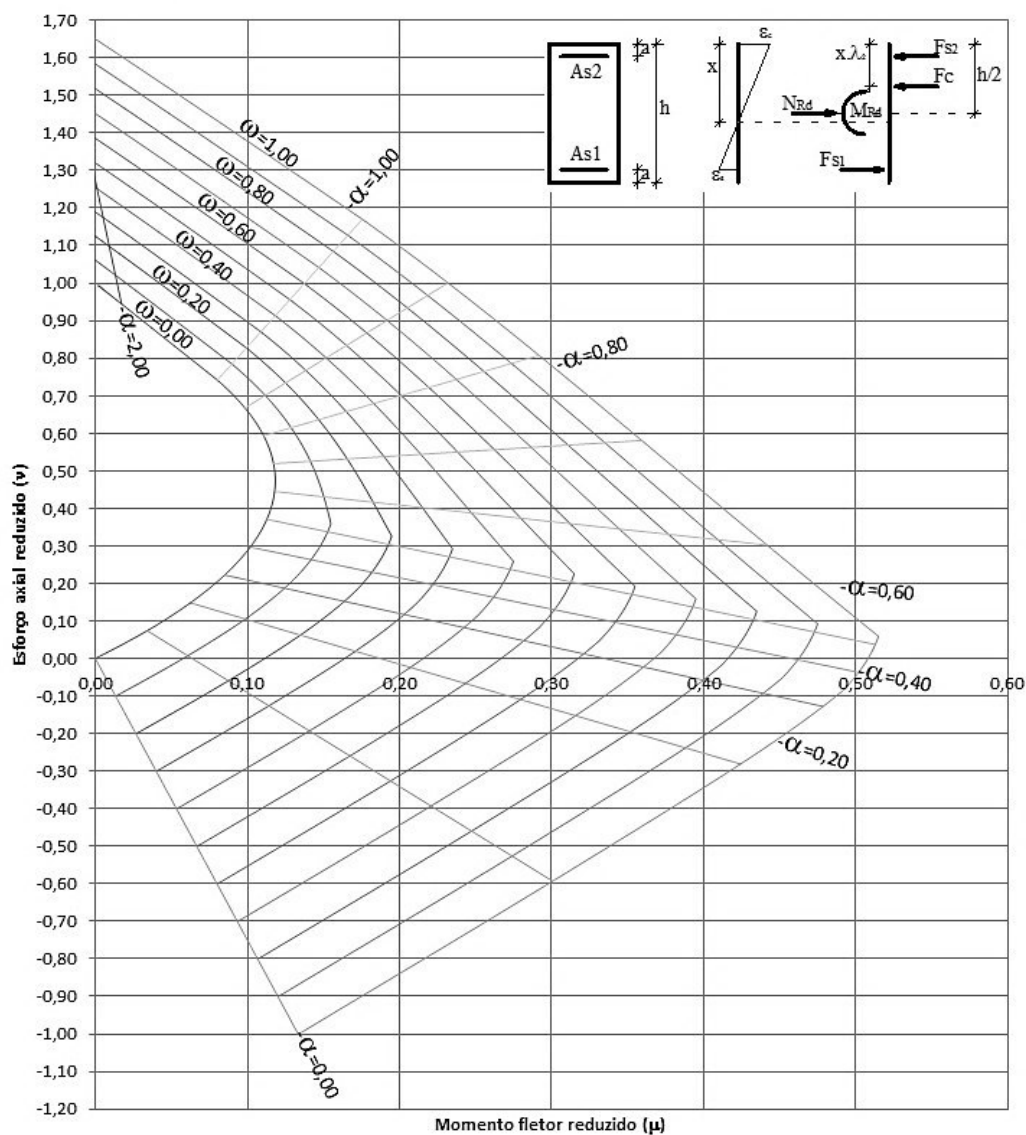
Zonamento da secção			
Zona	Ec (m/m)	Es (m/m)	x/h
II a	0,0000	0,0250	0,0000
II b	0,0022	0,0250	0,0728
III a	0,0031	0,0250	0,0993
III b	0,0031	0,0022	0,5290
IV a	0,0031	0,0003	1,0000
Fim	0,0022	0,0022	∞

$$\omega = \frac{A_s}{b \times h} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}}$$

$$v = \frac{N_{Rd}}{b \times h \times f_{cd}}$$

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b \times h^2 \times f_{cd}}$$

$$\alpha = \frac{x}{h} \quad A_s = A_{s1} + A_{s2}$$



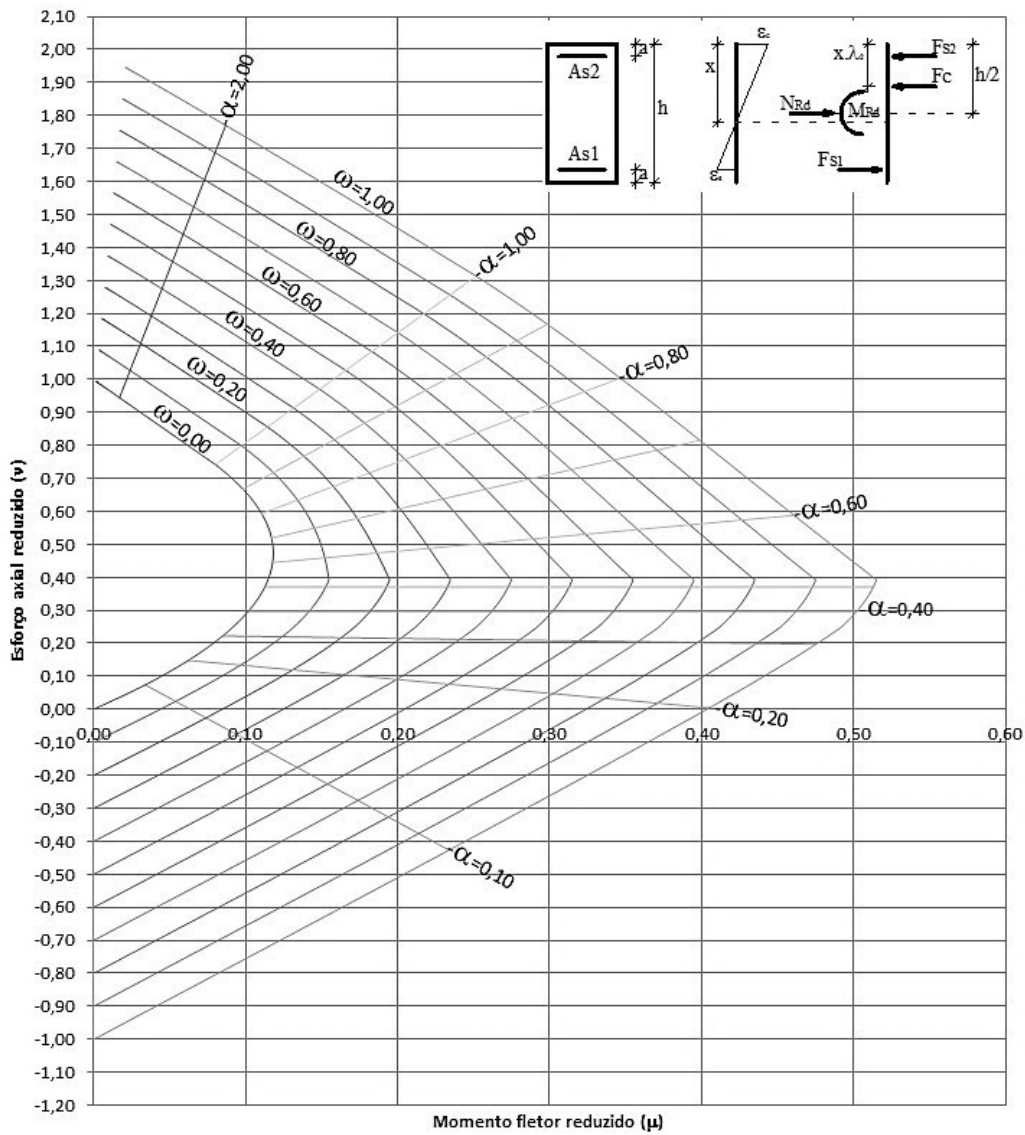
# FLEXÃO COMPOSTA

EC2	
Betão	C55/67
Aço	S500
As2/As1	1,00
a/h	0,10

Zonamento da secção			
Zona	Ec (m/m)	Es (m/m)	x/h
II a	0,0000	0,0250	0,0000
II b	0,0022	0,0250	0,0728
III a	0,0031	0,0250	0,0993
III b	0,0031	0,0022	0,5290
IV a	0,0031	0,0003	1,0000
Fim	0,0022	0,0022	∞

$$\omega = \frac{A_z}{b \times h} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \qquad v = \frac{N_{Rd}}{b \times h \times f_{cd}}$$

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b \times h^2 \times f_{cd}} \qquad \alpha = \frac{x}{h} \qquad A_z = A_{s1} + A_{s2}$$



# FLEXÃO COMPOSTA

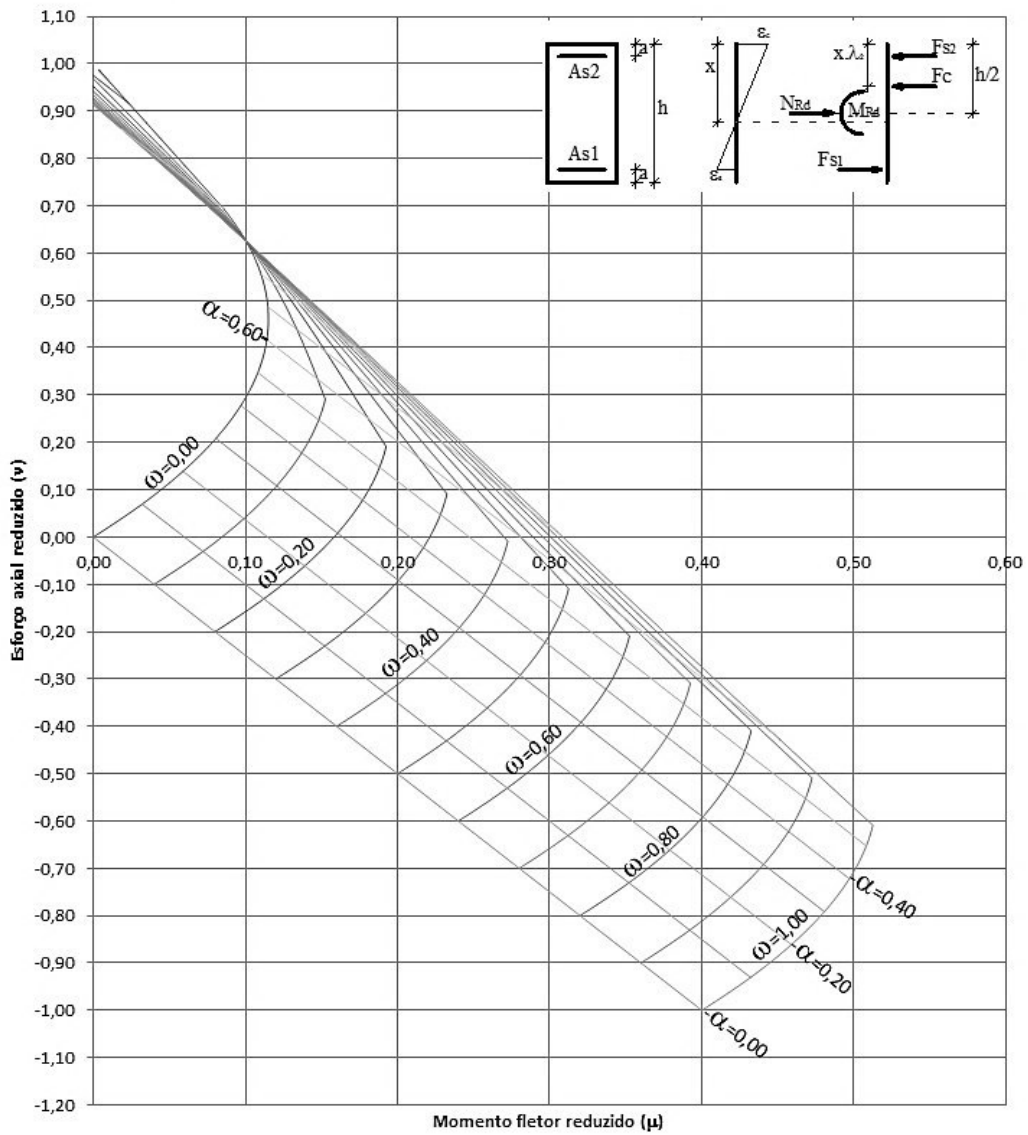
Ábaco 31

EC2	
Betão	C60/75
Aço	S400
As2/As1	0,00
a/h	0,10

Zonamento da secção			
Zona	Ec (m/m)	Es (m/m)	x/h
II a	0,0000	0,0250	0,0000
II b	0,0023	0,0250	0,0758
III a	0,0029	0,0250	0,0935
III b	0,0029	0,0017	0,5626
IV a	0,0029	0,0003	1,0000
Fim	0,0023	0,0023	∞

$$\omega = \frac{A_s}{b \times h} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \quad v = \frac{N_{Rd}}{b \times h \times f_{cd}}$$

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b \times h^2 \times f_{cd}} \quad \alpha = \frac{x}{h} \quad A_s = A_{s1} + A_{s2}$$



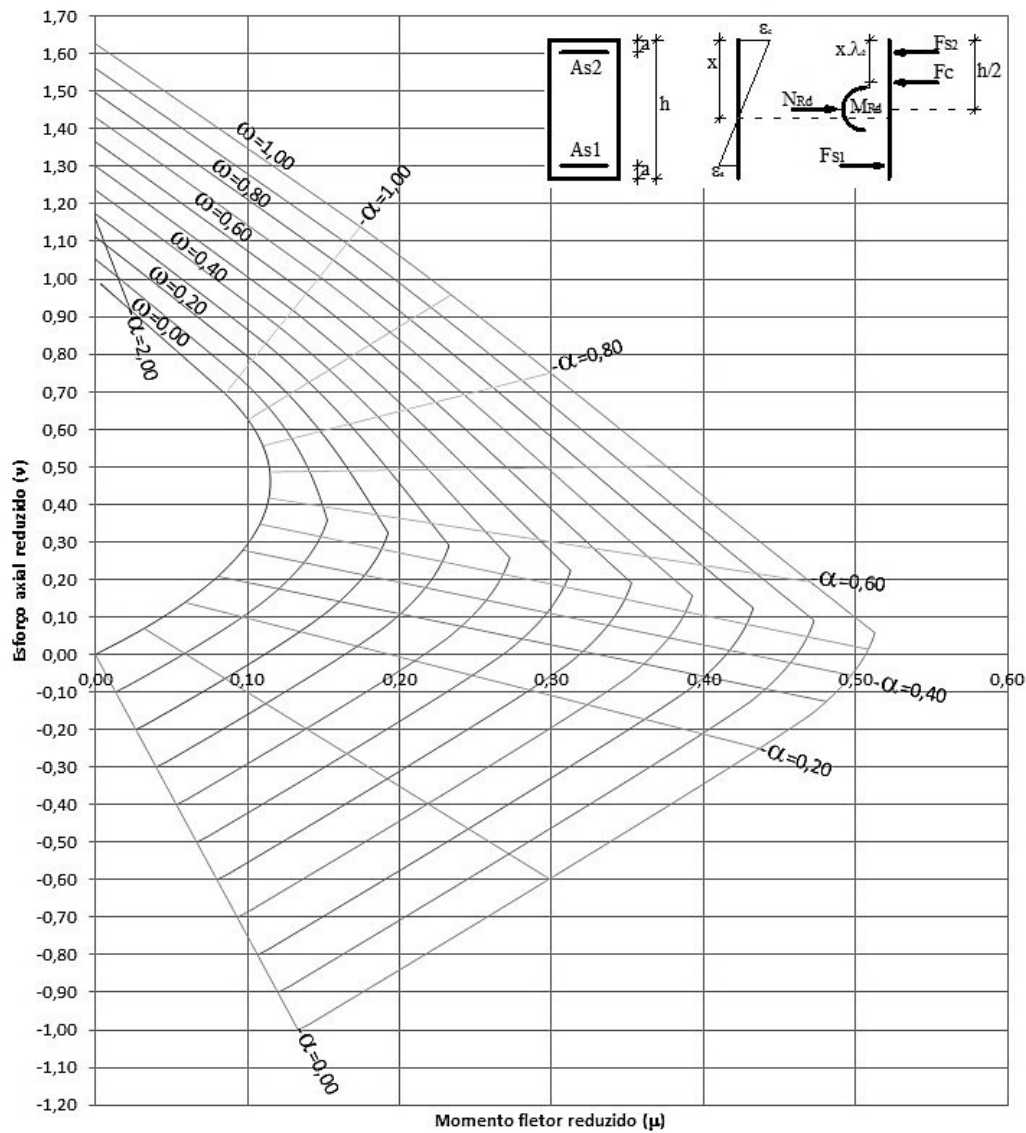
# FLEXÃO COMPOSTA

EC2	
Betão	C60/75
Aço	S400
As2/As1	0,50
a/h	0,10

Zonamento da secção			
Zona	Ec (m/m)	Es (m/m)	x/h
II a	0,0000	0,0250	0,0000
II b	0,0023	0,0250	0,0758
III a	0,0029	0,0250	0,0935
III b	0,0029	0,0017	0,5626
IV a	0,0029	0,0003	1,0000
Fim	0,0023	0,0023	∞

$$\omega = \frac{A_z \cdot f_{yd}}{b \times h \cdot f_{cd}} \quad v = \frac{N_{Rd}}{b \times h \times f_{cd}}$$

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b \times h^2 \times f_{cd}} \quad \alpha = \frac{x}{h} \quad A_z = A_{s1} + A_{s2}$$



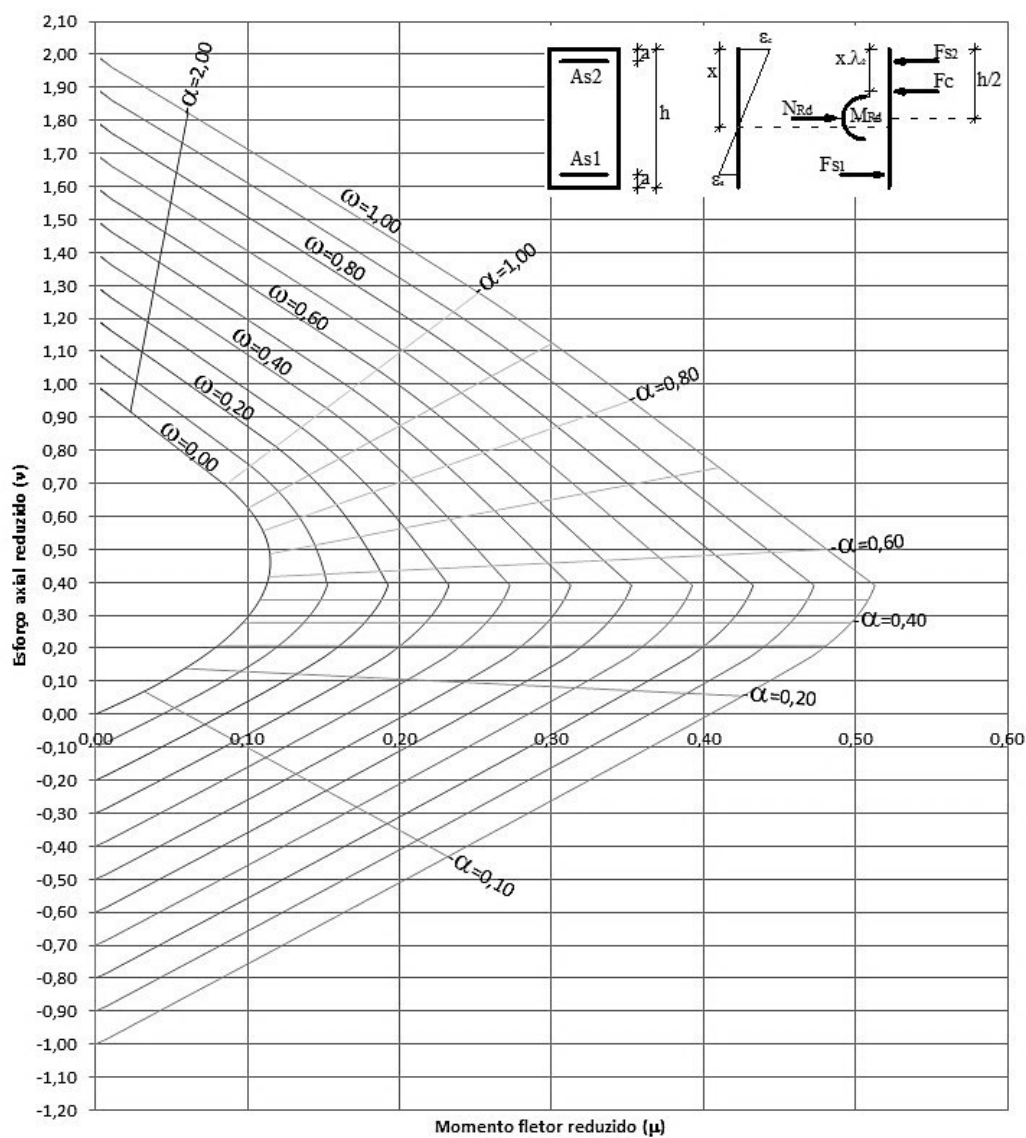
# FLEXÃO COMPOSTA

EC2	
Betão	C60/75
Aço	S400
As2/As1	1,00
a/h	0,10

Zonamento da secção			
Zona	Ec (m/m)	Es (m/m)	x/h
II a	0,0000	0,0250	0,0000
II b	0,0023	0,0250	0,0758
III a	0,0029	0,0250	0,0935
III b	0,0029	0,0017	0,5626
IV a	0,0029	0,0003	1,0000
Fim	0,0023	0,0023	∞

$$\omega = \frac{A_s}{b \times h} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \quad v = \frac{N_{Rd}}{b \times h \times f_{cd}}$$

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b \times h^2 \times f_{cd}} \quad \alpha = \frac{x}{h} \quad A_s = A_{s1} + A_{s2}$$



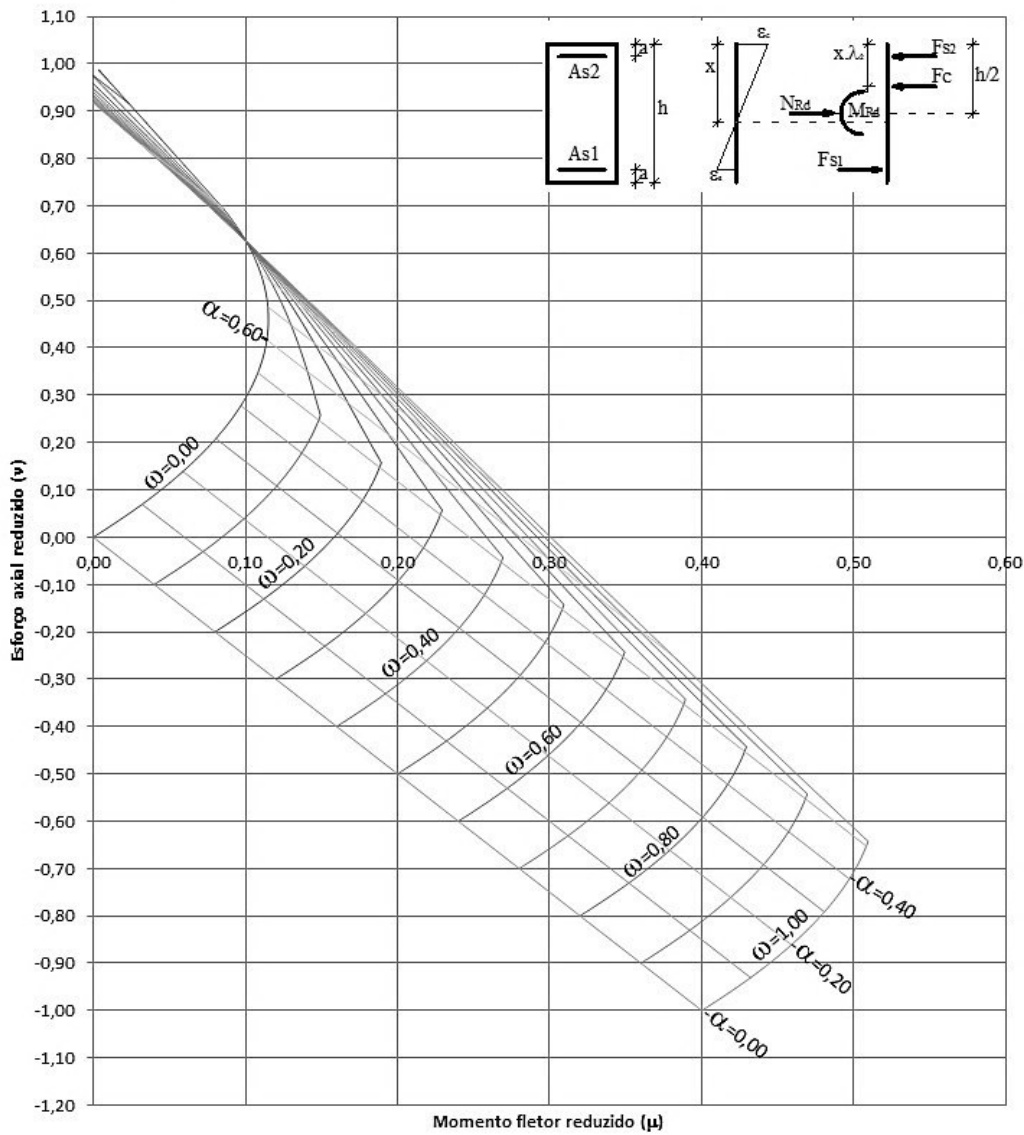
# FLEXÃO COMPOSTA

EC2	
Betão	C60/75
Aço	S500
As2/As1	0,00
a/h	0,10

Zonamento da secção			
Zona	Ec (m/m)	Es (m/m)	x/h
II a	0,0000	0,0250	0,0000
II b	0,0023	0,0250	0,0758
III a	0,0029	0,0250	0,0935
III b	0,0029	0,0022	0,5144
IV a	0,0029	0,0003	1,0000
Fim	0,0023	0,0023	∞

$$\omega = \frac{A_z}{b \times h} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \quad v = \frac{N_{Rd}}{b \times h \times f_{cd}}$$

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b \times h^2 \times f_{cd}} \quad \alpha = \frac{x}{h} \quad A_z = A_{s1} + A_{s2}$$



# FLEXÃO COMPOSTA

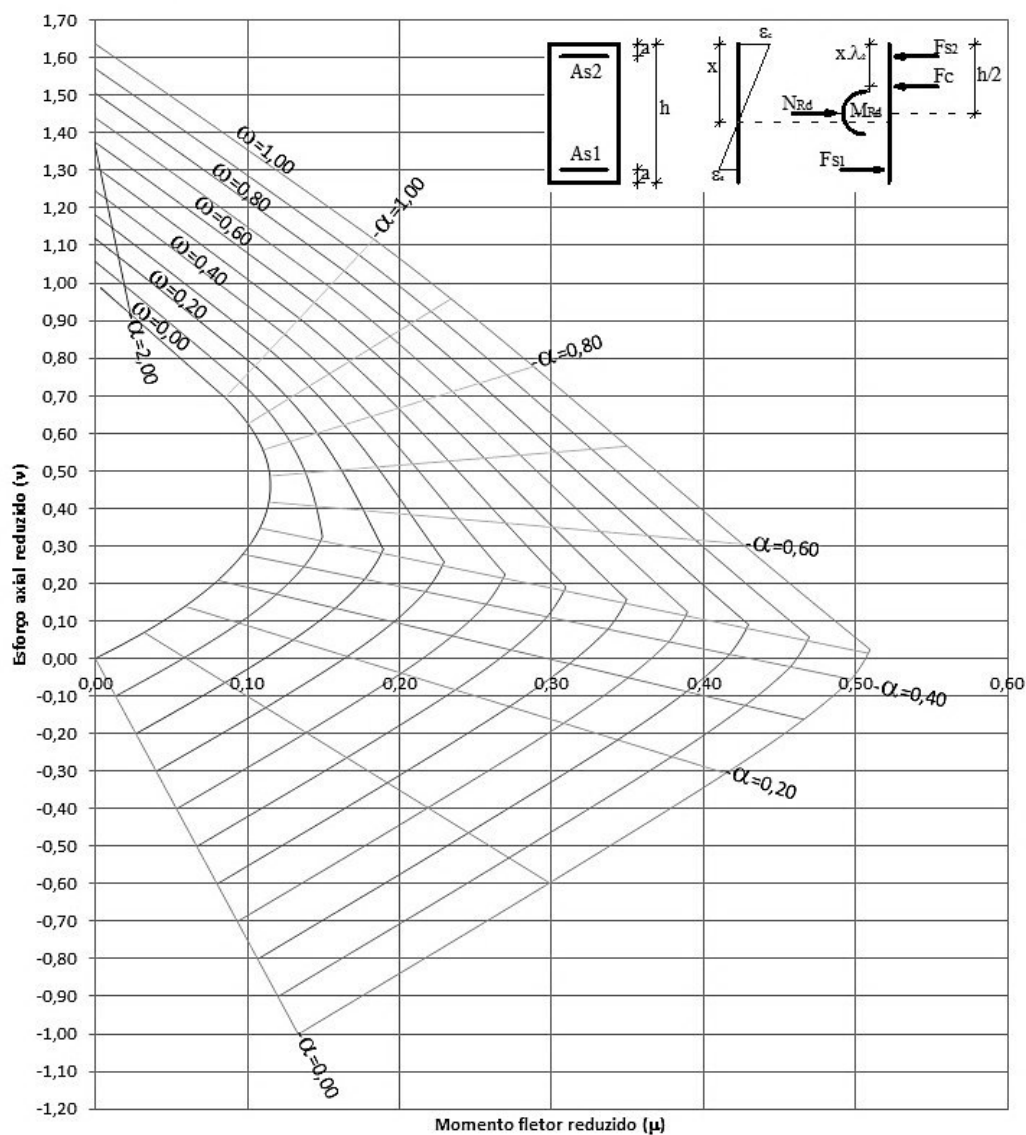
Ábaco 35

EC2	
Betão	C60/75
Aço	S500
As2/As1	0,50
a/h	0,10

Zonamento da secção			
Zona	Ec (m/m)	Es (m/m)	x/h
II a	0,0000	0,0250	0,0000
II b	0,0023	0,0250	0,0758
III a	0,0029	0,0250	0,0935
III b	0,0029	0,0022	0,5144
IV a	0,0029	0,0003	1,0000
Fim	0,0023	0,0023	=

$$\omega = \frac{A_s}{b \times h} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \quad v = \frac{N_{Rd}}{b \times h \times f_{cd}}$$

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b \times h^2 \times f_{cd}} \quad \alpha = \frac{x}{h} \quad A_s = A_{s1} + A_{s2}$$



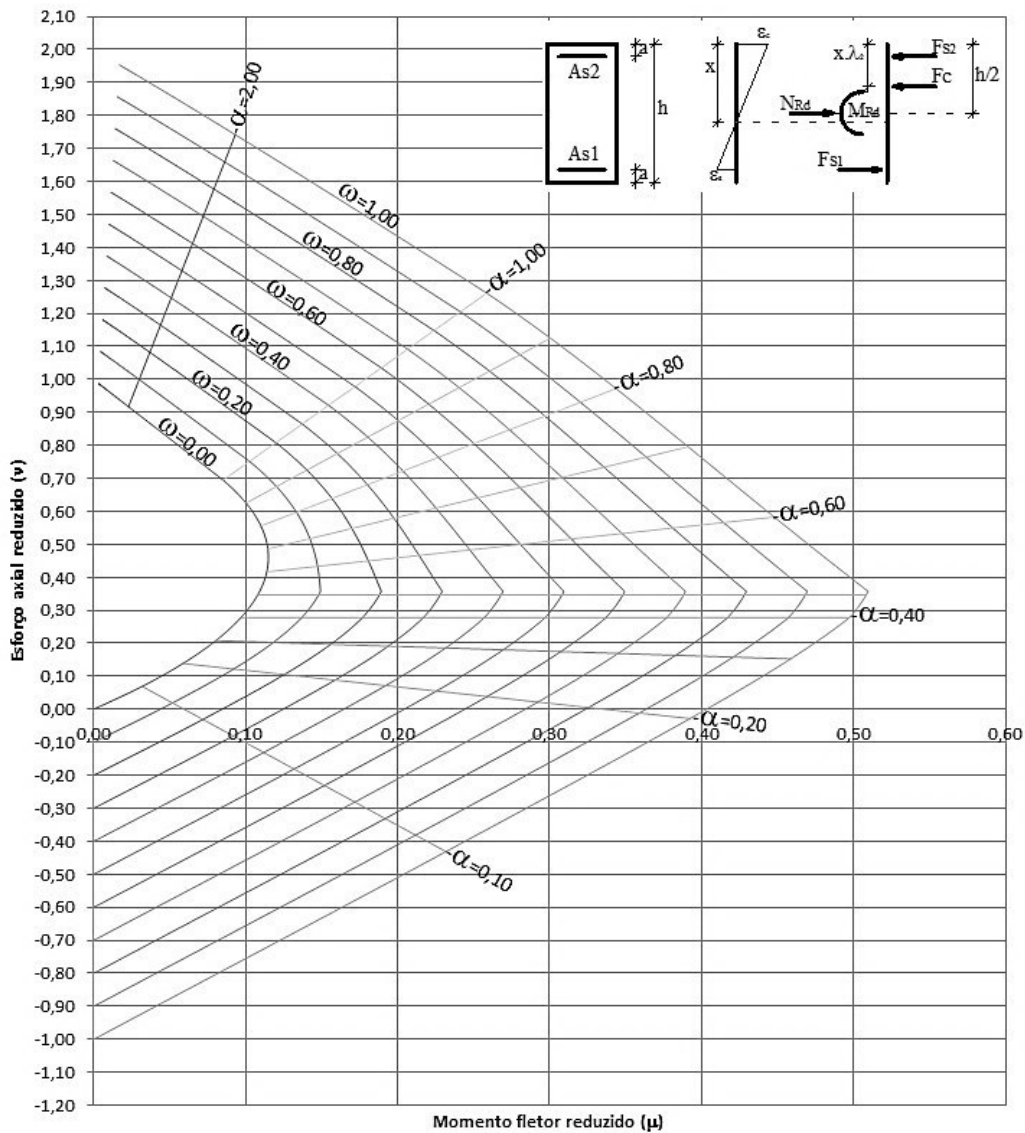
# FLEXÃO COMPOSTA

EC2	
Betão	C60/75
Aço	S500
As2/As1	1,00
a/h	0,10

Zonamento da secção			
Zona	Ec (m/m)	Es (m/m)	x/h
II a	0,0000	0,0250	0,0000
II b	0,0023	0,0250	0,0758
III a	0,0029	0,0250	0,0935
III b	0,0029	0,0022	0,5144
IV a	0,0029	0,0003	1,0000
Fim	0,0023	0,0023	∞

$$\omega = \frac{A_z}{b \times h} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \qquad v = \frac{N_{Rd}}{b \times h \times f_{cd}}$$

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b \times h^2 \times f_{cd}} \qquad \alpha = \frac{x}{h} \qquad A_z = A_{s1} + A_{s2}$$



# FLEXÃO COMPOSTA

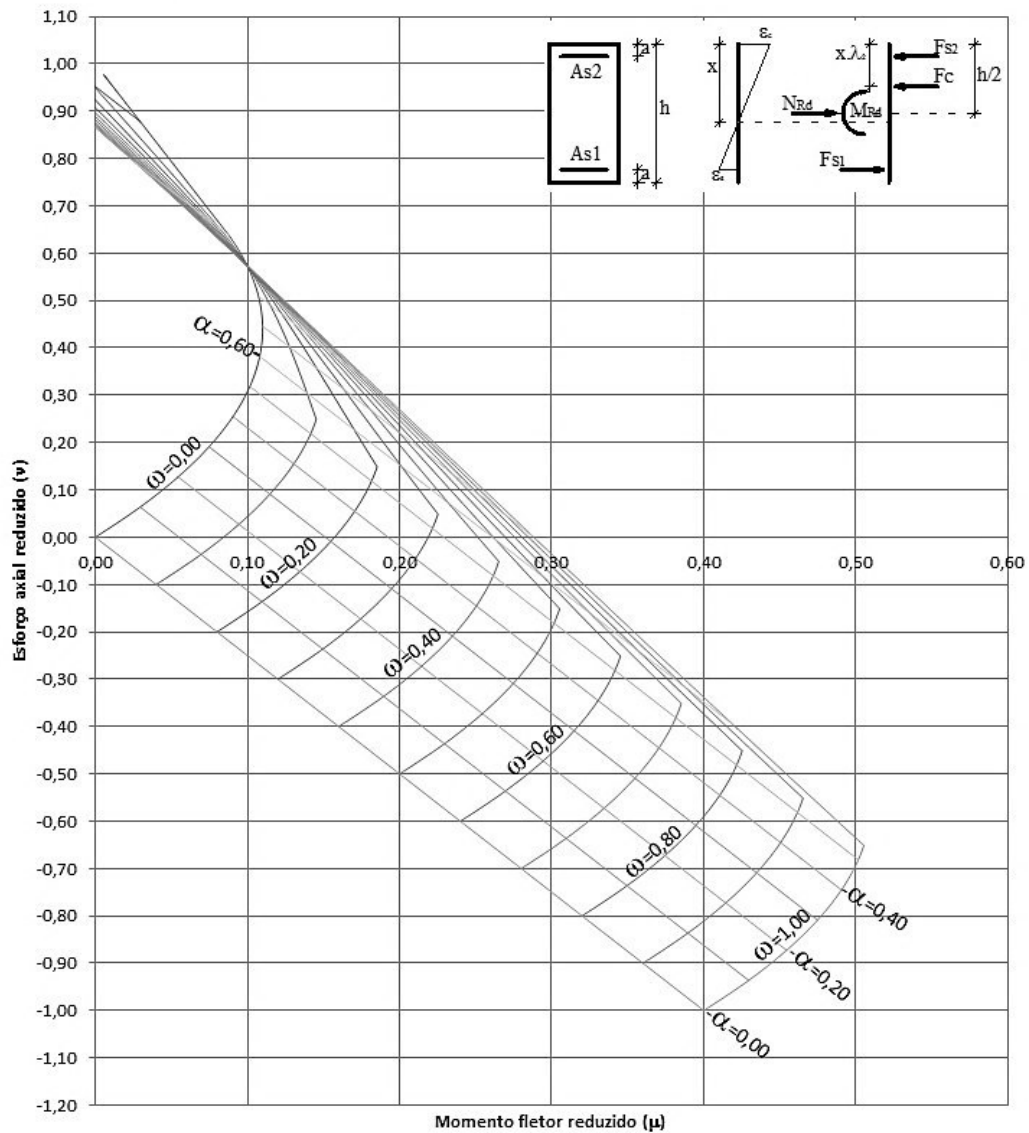
Ábaco 37

EC2	
Betão	C70/85
Aço	S400
As2/As1	0,00
a/h	0,10

Zonamento da secção			
Zona	Ec (m/m)	Es (m/m)	x/h
II a	0,0000	0,0250	0,0000
II b	0,0024	0,0250	0,0788
III a	0,0027	0,0250	0,0877
III b	0,0027	0,0017	0,5474
IV a	0,0027	0,0003	1,0000
Fim	0,0024	0,0024	∞

$$\omega = \frac{A_s}{b \times h} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \quad v = \frac{N_{Rd}}{b \times h \times f_{cd}}$$

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b \times h^2 \times f_{cd}} \quad \alpha = \frac{x}{h} \quad A_s = A_{s1} + A_{s2}$$



# FLEXÃO COMPOSTA

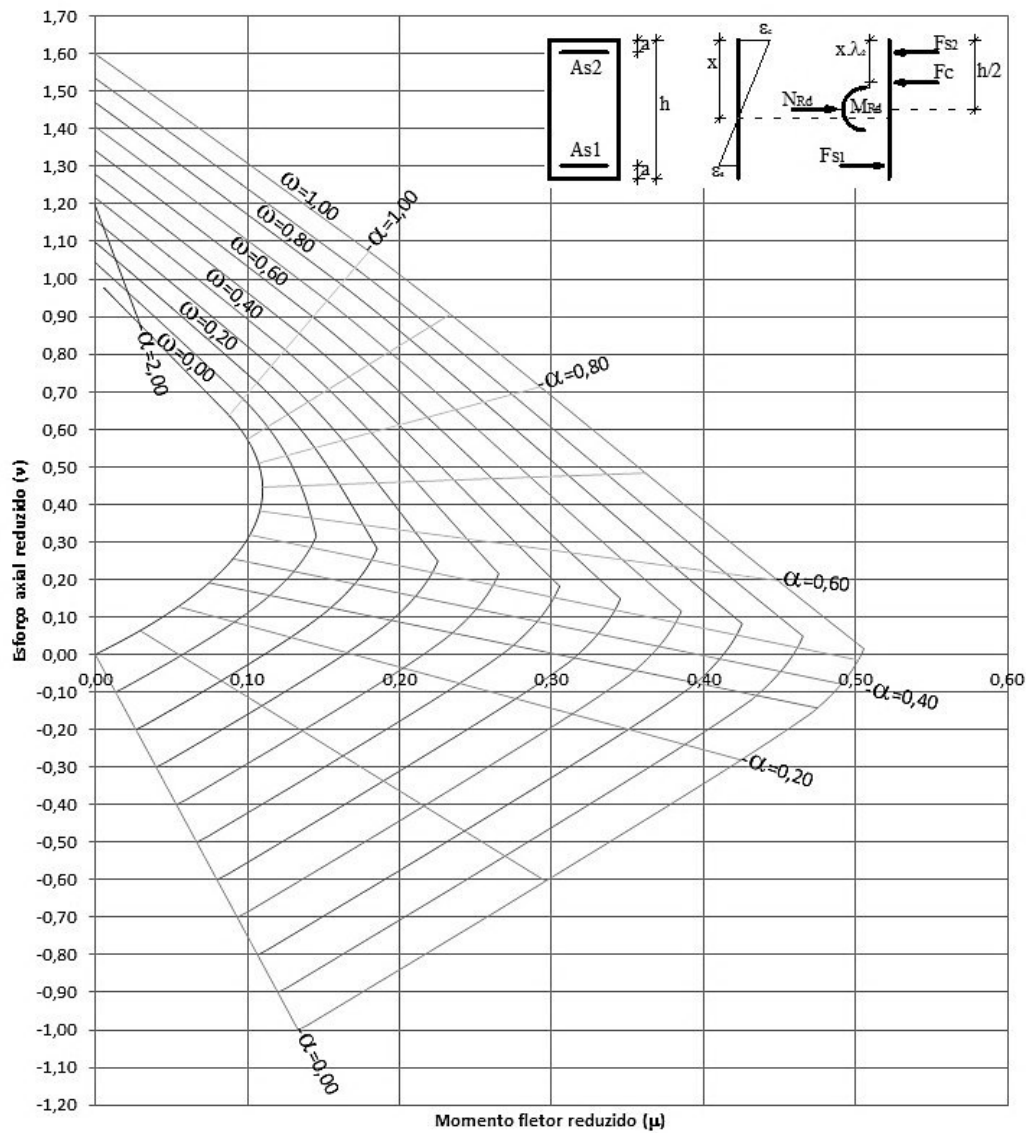
Ábaco 38

EC2	
Betão	C70/85
Aço	S400
As2/As1	0,50
a/h	0,10

Zonamento da secção			
Zona	Ec (m/m)	Es (m/m)	x/h
II a	0,0000	0,0250	0,0000
II b	0,0024	0,0250	0,0788
III a	0,0027	0,0250	0,0877
III b	0,0027	0,0017	0,5474
IV a	0,0027	0,0003	1,0000
Fim	0,0024	0,0024	∞

$$\omega = \frac{A_z \cdot f_{yd}}{b \times h \cdot f_{cd}} \quad v = \frac{N_{Rd}}{b \times h \times f_{cd}}$$

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b \times h^2 \times f_{cd}} \quad \alpha = \frac{x}{h} \quad A_z = A_{s1} + A_{s2}$$



# FLEXÃO COMPOSTA

EC2	
Betão	C70/85
Aço	S400
As2/As1	1,00
a/h	0,10

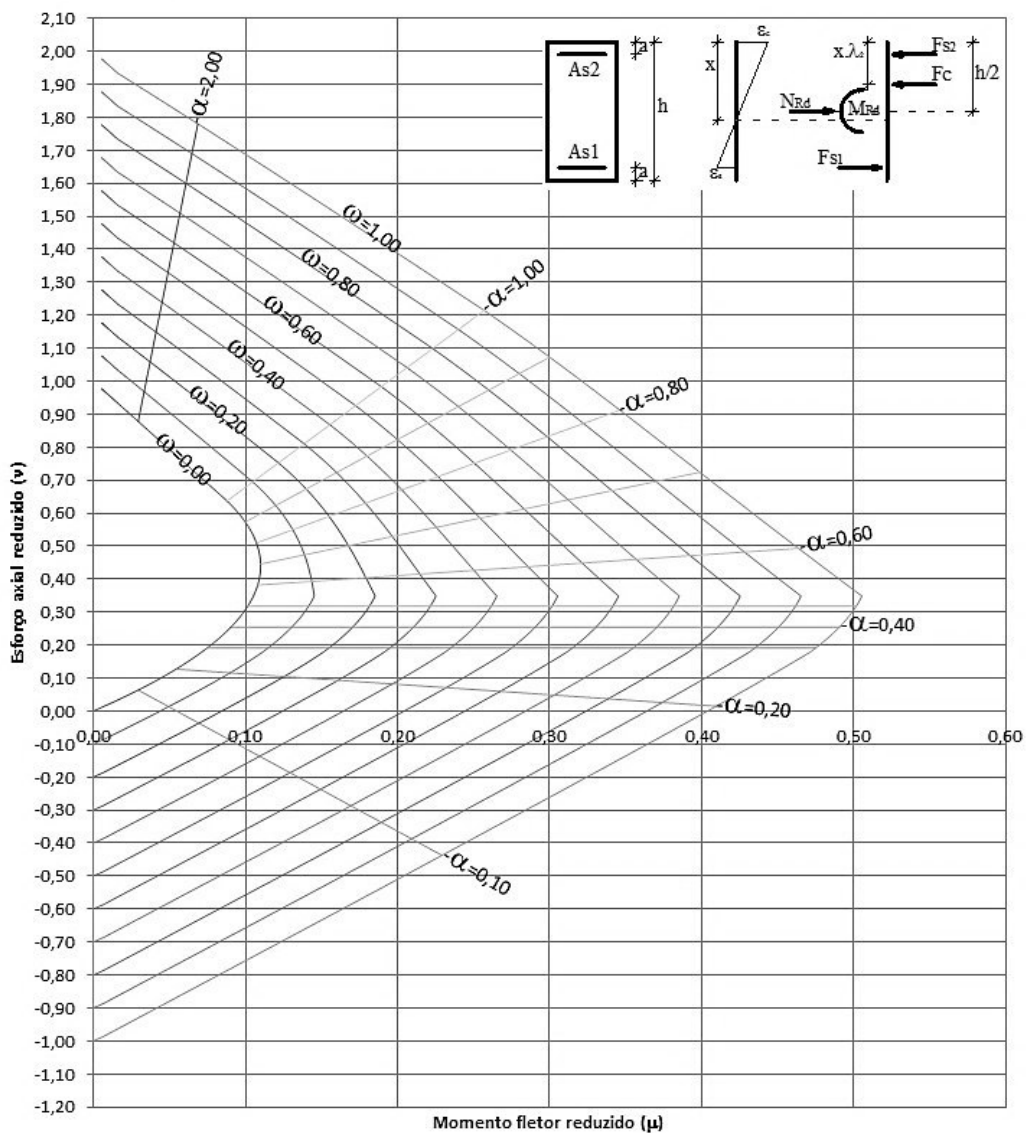
Zonamento da secção			
Zona	Ec (m/m)	Es (m/m)	x/h
II a	0,0000	0,0250	0,0000
II b	0,0024	0,0250	0,0788
III a	0,0027	0,0250	0,0877
III b	0,0027	0,0017	0,5474
IV a	0,0027	0,0003	1,0000
Fim	0,0024	0,0024	∞

$$\omega = \frac{A_s}{b \times h} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}}$$

$$v = \frac{N_{Rd}}{b \times h \times f_{cd}}$$

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b \times h^2 \times f_{cd}}$$

$$\alpha = \frac{x}{h} \quad A_s = A_{s1} + A_{s2}$$



# FLEXÃO COMPOSTA

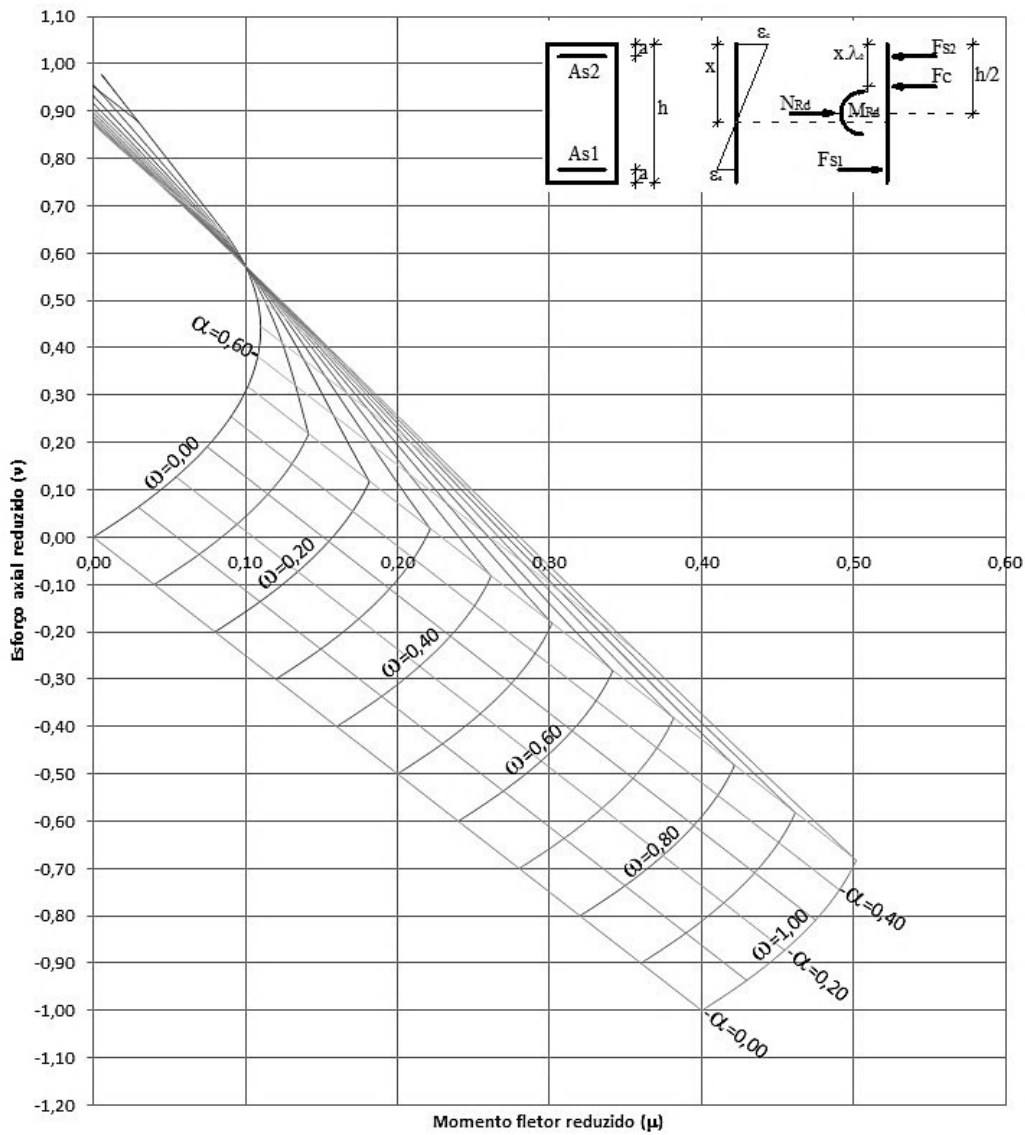
Ábaco 40

EC2	
Betão	C70/85
Aço	S500
As2/As1	0,00
a/h	0,10

Zonamento da secção			
Zona	Ec (m/m)	Es (m/m)	x/h
II a	0,0000	0,0250	0,0000
II b	0,0024	0,0250	0,0788
III a	0,0027	0,0250	0,0877
III b	0,0027	0,0022	0,4986
IV a	0,0027	0,0003	1,0000
Fim	0,0024	0,0024	∞

$$\omega = \frac{A_z}{b \times h} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \quad v = \frac{N_{Rd}}{b \times h \times f_{cd}}$$

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b \times h^2 \times f_{cd}} \quad \alpha = \frac{x}{h} \quad A_z = A_{s1} + A_{s2}$$



# FLEXÃO COMPOSTA

Ábaco 41

EC2	
Betão	C70/85
Aço	S500
As2/As1	0,50
a/h	0,10

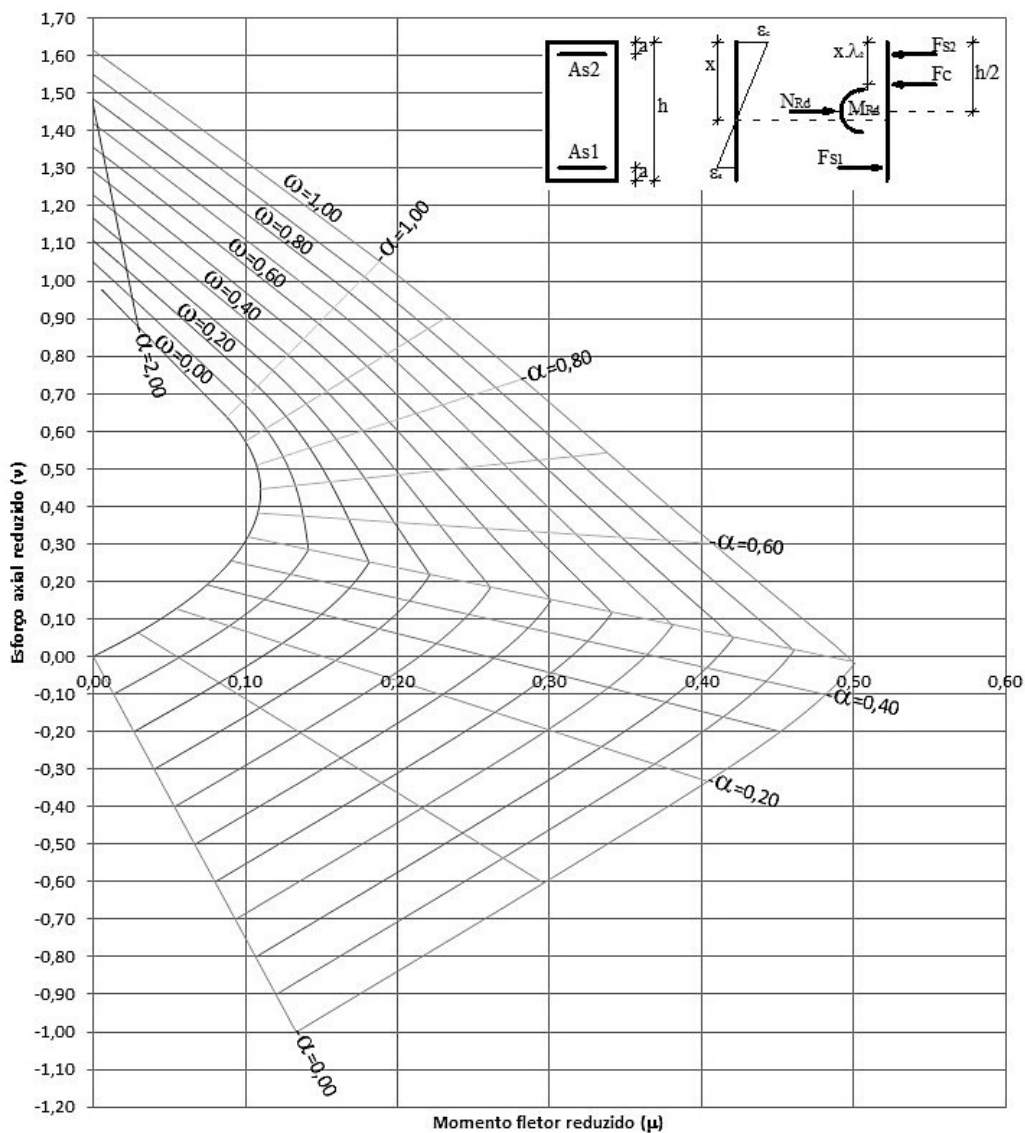
Zonamento da secção			
Zona	Ec (m/m)	Es (m/m)	x/h
II a	0,0000	0,0250	0,0000
II b	0,0024	0,0250	0,0788
III a	0,0027	0,0250	0,0877
III b	0,0027	0,0022	0,4986
IV a	0,0027	0,0003	1,0000
Fim	0,0024	0,0024	∞

$$\omega = \frac{A_s}{b \times h} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}}$$

$$v = \frac{N_{Rd}}{b \times h \times f_{cd}}$$

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b \times h^2 \times f_{cd}}$$

$$\alpha = \frac{x}{h} \quad A_s = A_{s1} + A_{s2}$$



# FLEXÃO COMPOSTA

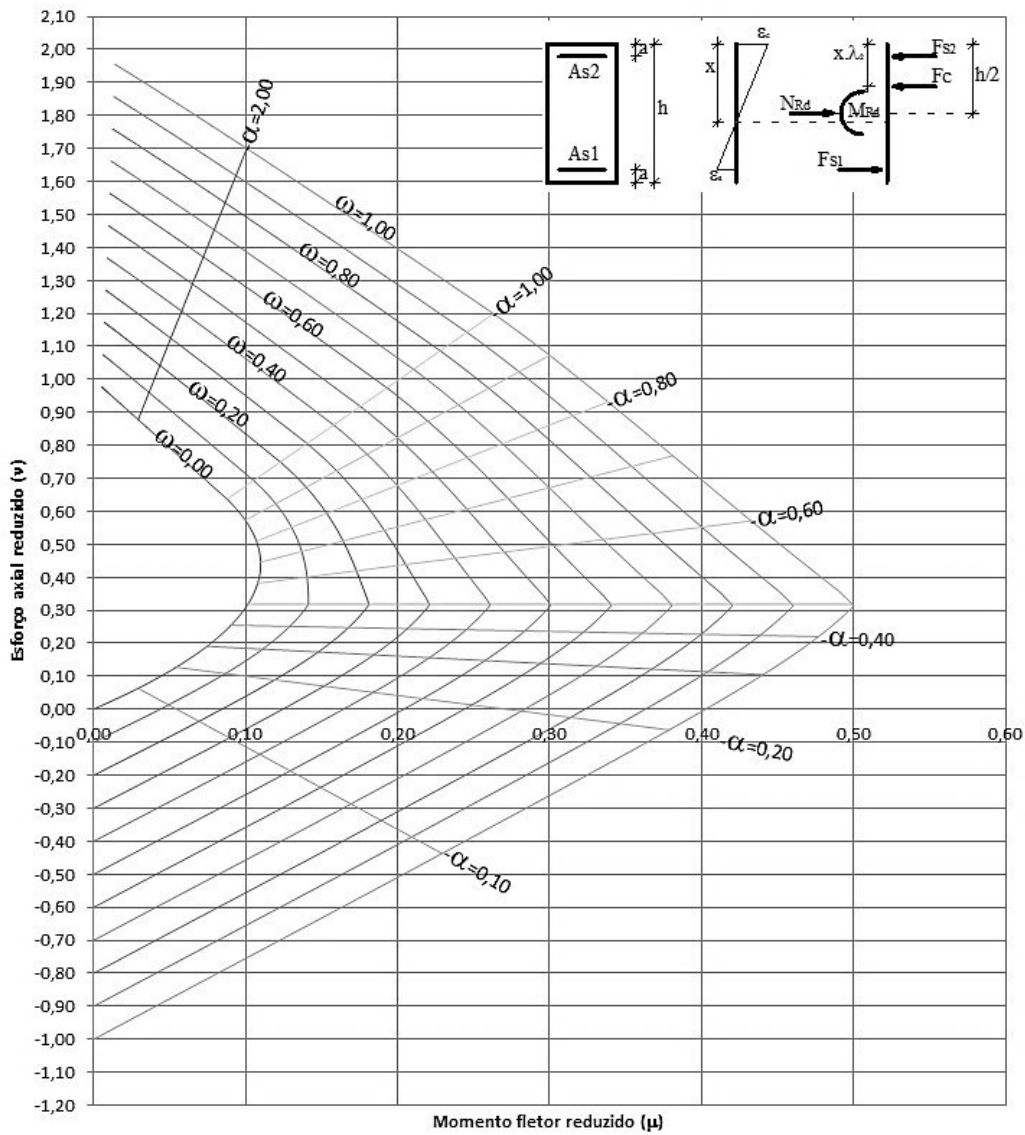
Ábaco 42

EC2	
Betão	C70/85
Aço	S500
As2/As1	1,00
a/h	0,10

Zonamento da secção			
Zona	Ec (m/m)	Es (m/m)	x/h
II a	0,0000	0,0250	0,0000
II b	0,0024	0,0250	0,0788
III a	0,0027	0,0250	0,0877
III b	0,0027	0,0022	0,4986
IV a	0,0027	0,0003	1,0000
Fim	0,0024	0,0024	∞

$$\omega = \frac{A_z}{b \times h} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \quad v = \frac{N_{Rd}}{b \times h \times f_{cd}}$$

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b \times h^2 \times f_{cd}} \quad \alpha = \frac{x}{h} \quad A_z = A_{s1} + A_{s2}$$



# FLEXÃO COMPOSTA

Ábaco 43

EC2	
Betão	C80/95
Aço	S400
As2/As1	0,00
a/h	0,10

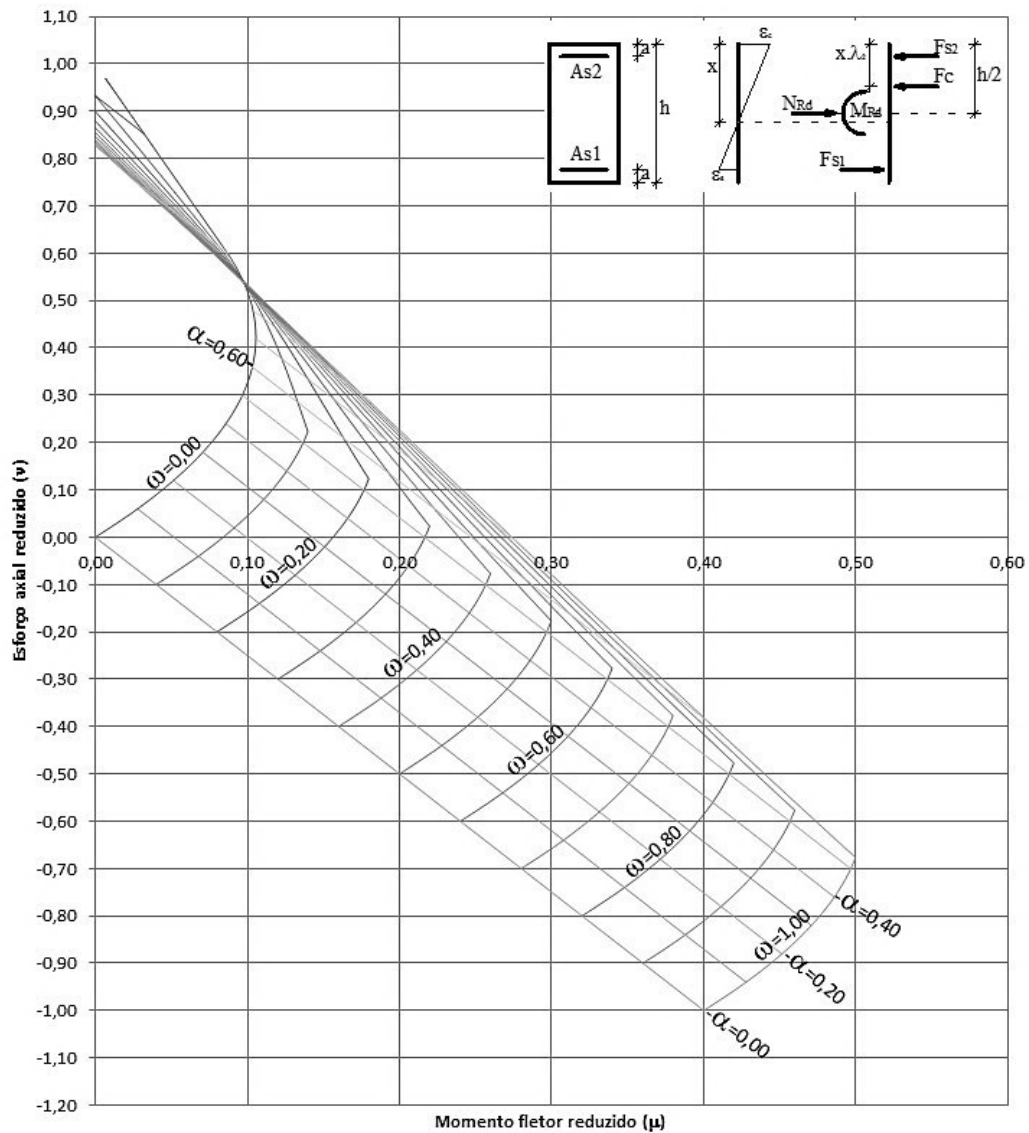
Zonamento da secção			
Zona	Ec (m/m)	Es (m/m)	x/h
II a	0,0000	0,0250	0,0000
II b	0,0025	0,0250	0,0818
III a	0,0026	0,0250	0,0848
III b	0,0026	0,0017	0,5393
IV a	0,0026	0,0003	1,0000
Fim	0,0025	0,0025	∞

$$\omega = \frac{A_s}{b \times h} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}}$$

$$v = \frac{N_{Rd}}{b \times h \times f_{cd}}$$

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b \times h^2 \times f_{cd}}$$

$$\alpha = \frac{x}{h} \quad A_s = A_{s1} + A_{s2}$$



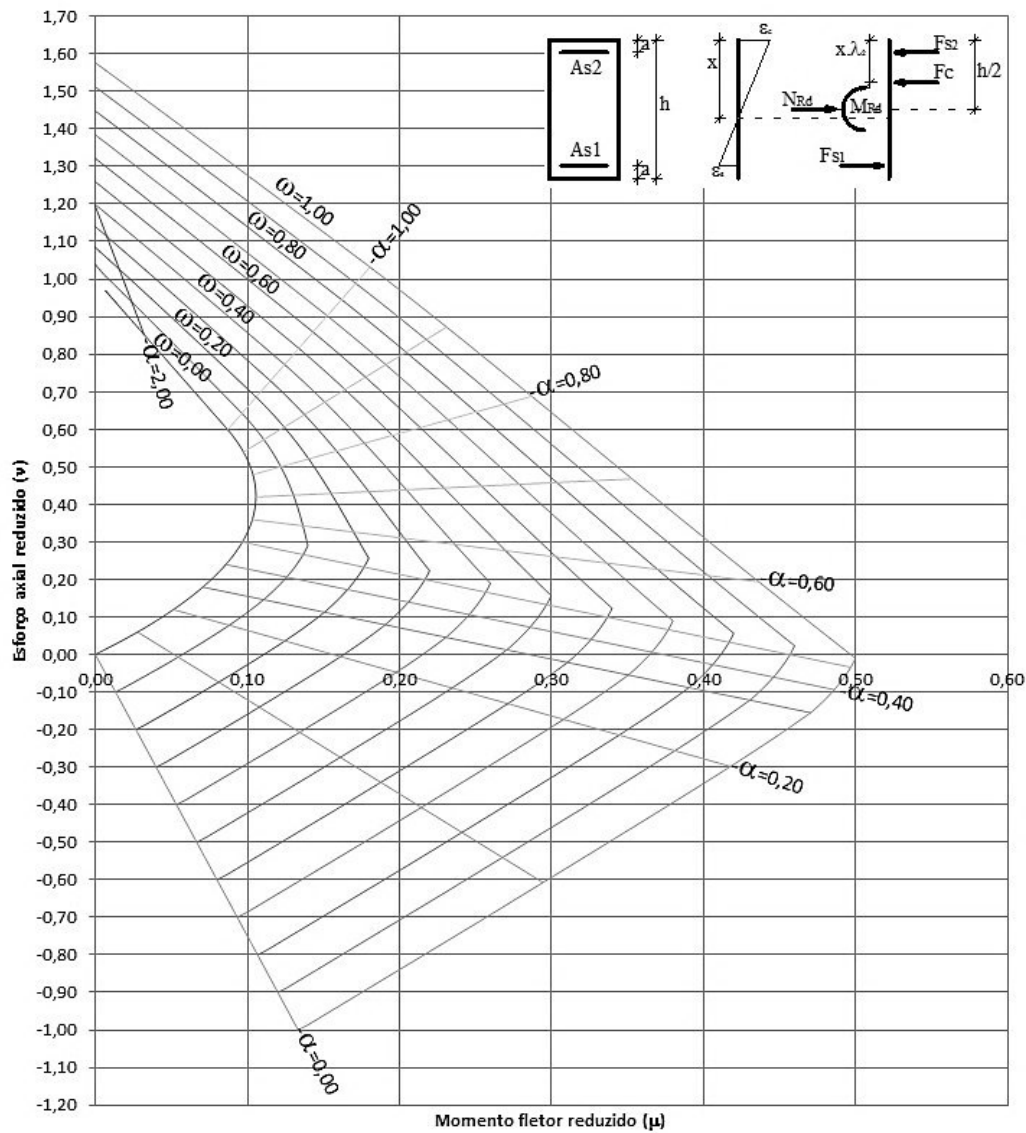
# FLEXÃO COMPOSTA

EC2	
Betão	C80/95
Aço	S400
As2/As1	0,50
a/h	0,10

Zonamento da secção			
Zona	Ec (m/m)	Es (m/m)	x/h
II a	0,0000	0,0250	0,0000
II b	0,0025	0,0250	0,0818
III a	0,0026	0,0250	0,0848
III b	0,0026	0,0017	0,5393
IV a	0,0026	0,0003	1,0000
Fim	0,0025	0,0025	∞

$$\omega = \frac{A_z \cdot f_{yd}}{b \times h \cdot f_{cd}} \quad v = \frac{N_{Rd}}{b \times h \times f_{cd}}$$

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b \times h^2 \times f_{cd}} \quad \alpha = \frac{x}{h} \quad A_z = A_{s1} + A_{s2}$$



# FLEXÃO COMPOSTA

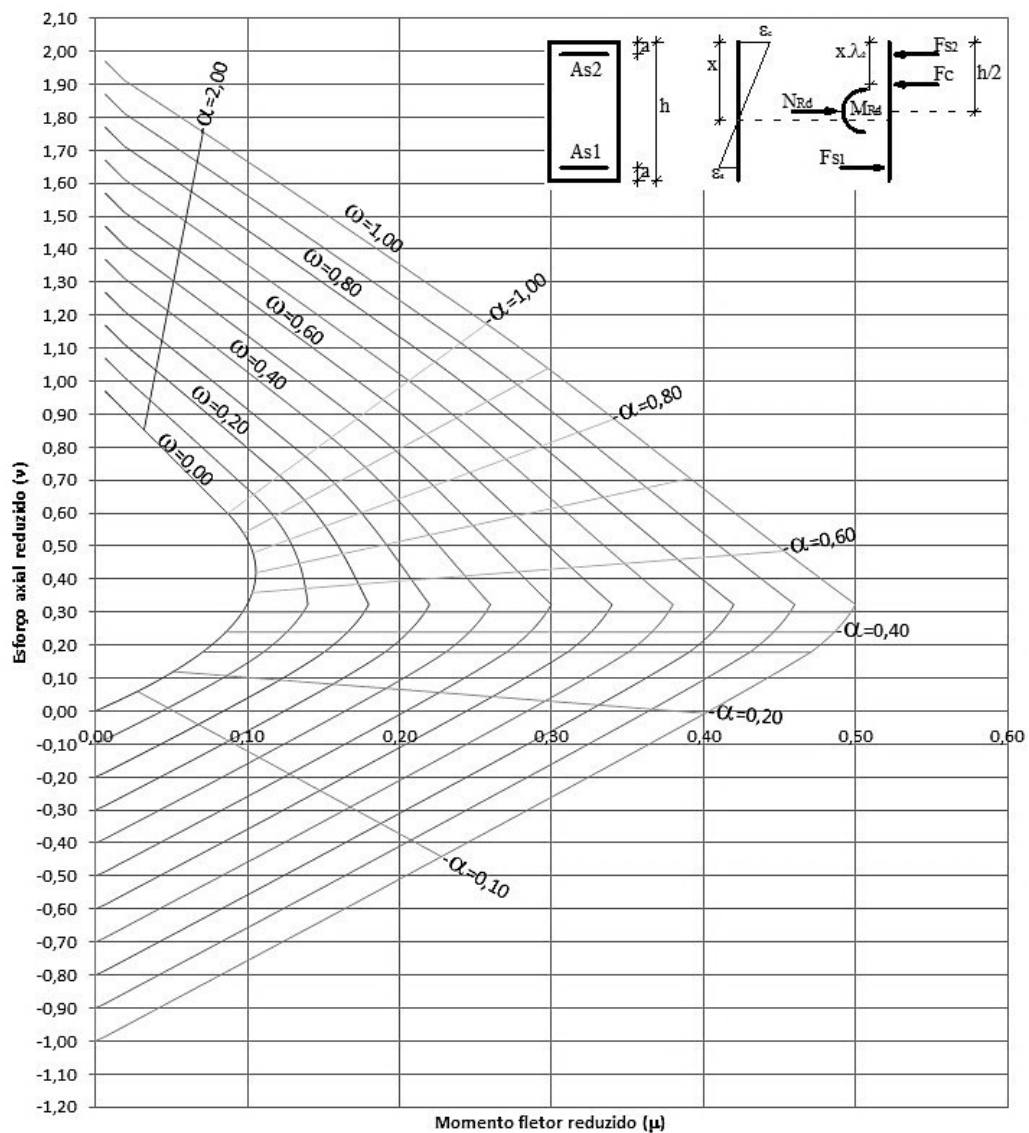
Ábaco 45

EC2	
Betão	C80/95
Aço	S400
As2/As1	1,00
a/h	0,10

Zonamento da secção			
Zona	Ec (m/m)	Es (m/m)	x/h
II a	0,0000	0,0250	0,0000
II b	0,0025	0,0250	0,0818
III a	0,0026	0,0250	0,0848
III b	0,0026	0,0017	0,5393
IV a	0,0026	0,0003	1,0000
Fim	0,0025	0,0025	=

$$\omega = \frac{A_s}{b \times h} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \quad v = \frac{N_{Rd}}{b \times h \times f_{cd}}$$

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b \times h^2 \times f_{cd}} \quad \alpha = \frac{x}{h} \quad A_s = A_{s1} + A_{s2}$$



# FLEXÃO COMPOSTA

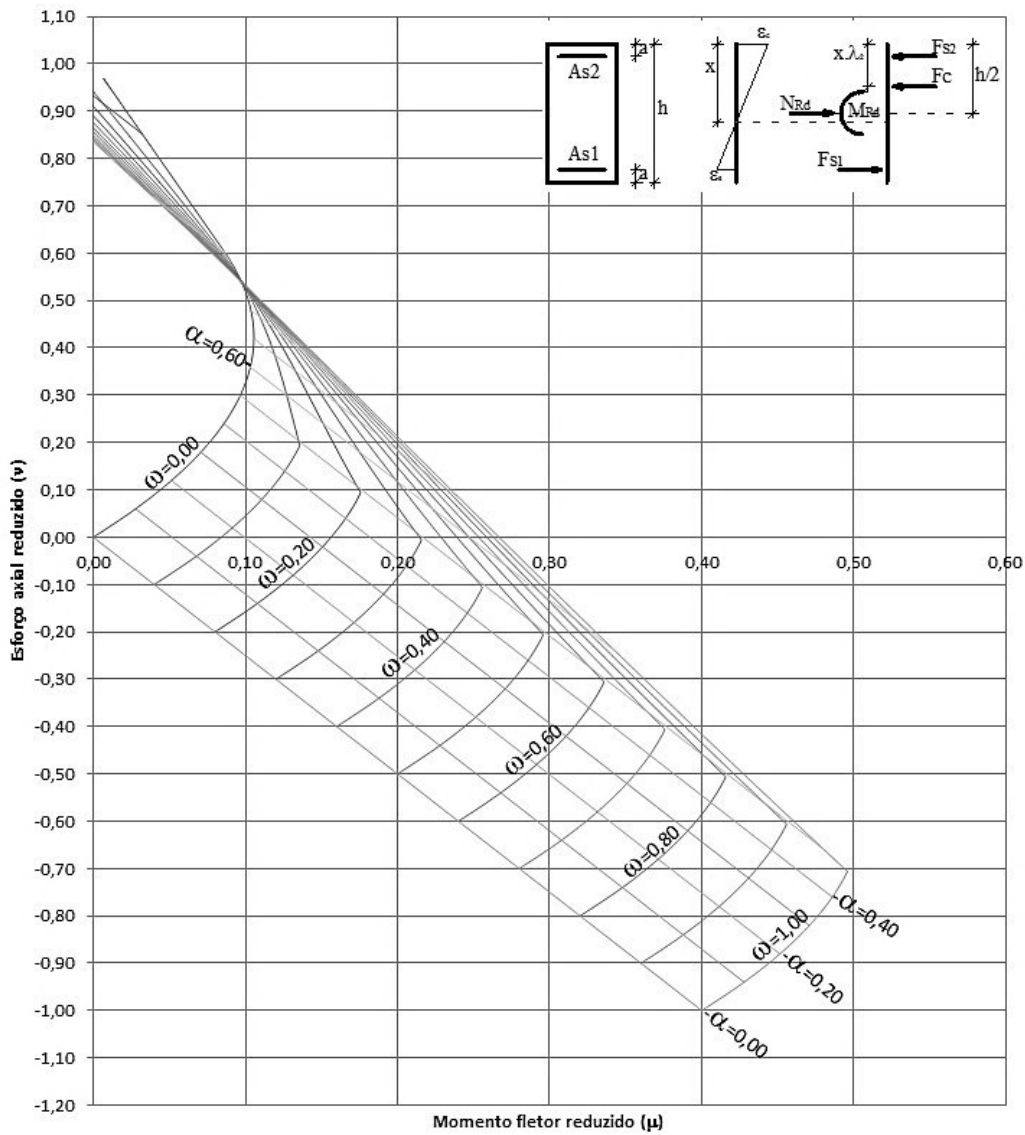
Ábaco 46

EC2	
Betão	C80/95
Aço	S500
As2/As1	0,00
a/h	0,10

Zonamento da secção			
Zona	Ec (m/m)	Es (m/m)	x/h
II a	0,0000	0,0250	0,0000
II b	0,0025	0,0250	0,0818
III a	0,0026	0,0250	0,0848
III b	0,0026	0,0022	0,4902
IV a	0,0026	0,0003	1,0000
Fim	0,0025	0,0025	∞

$$\omega = \frac{A_z}{b \times h} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \quad v = \frac{N_{Rd}}{b \times h \times f_{cd}}$$

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b \times h^2 \times f_{cd}} \quad \alpha = \frac{x}{h} \quad A_z = A_{s1} + A_{s2}$$



# FLEXÃO COMPOSTA

Ábaco 47

EC2	
Betão	C80/95
Aço	S500
As2/As1	0,50
a/h	0,10

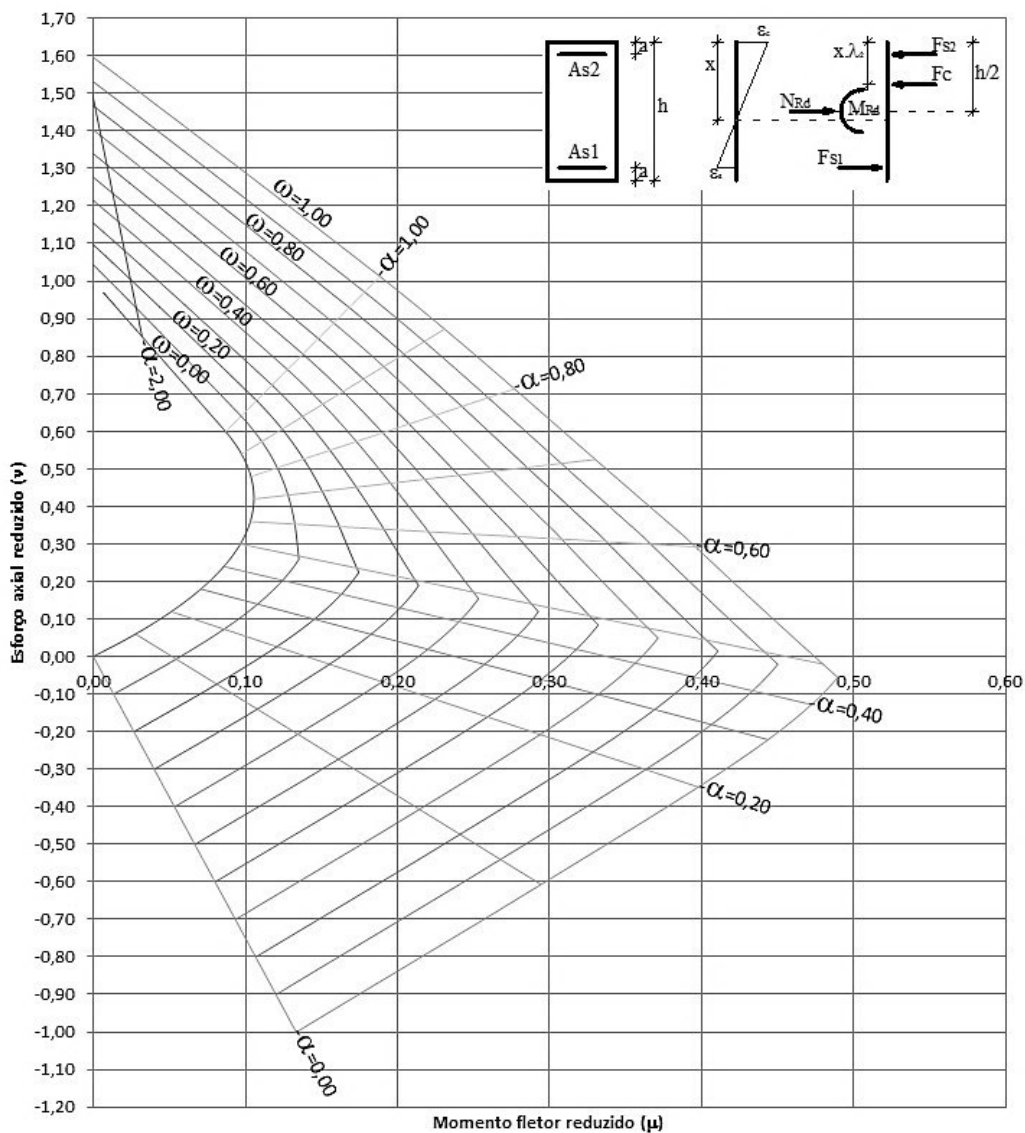
Zonamento da secção			
Zona	Ec (m/m)	Es (m/m)	x/h
II a	0,0000	0,0250	0,0000
II b	0,0025	0,0250	0,0818
III a	0,0026	0,0250	0,0848
III b	0,0026	0,0022	0,4902
IV a	0,0026	0,0003	1,0000
Fim	0,0025	0,0025	=

$$\omega = \frac{A_s}{b \times h} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}}$$

$$v = \frac{N_{Rd}}{b \times h \times f_{cd}}$$

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b \times h^2 \times f_{cd}}$$

$$\alpha = \frac{x}{h} \quad A_s = A_{s1} + A_{s2}$$



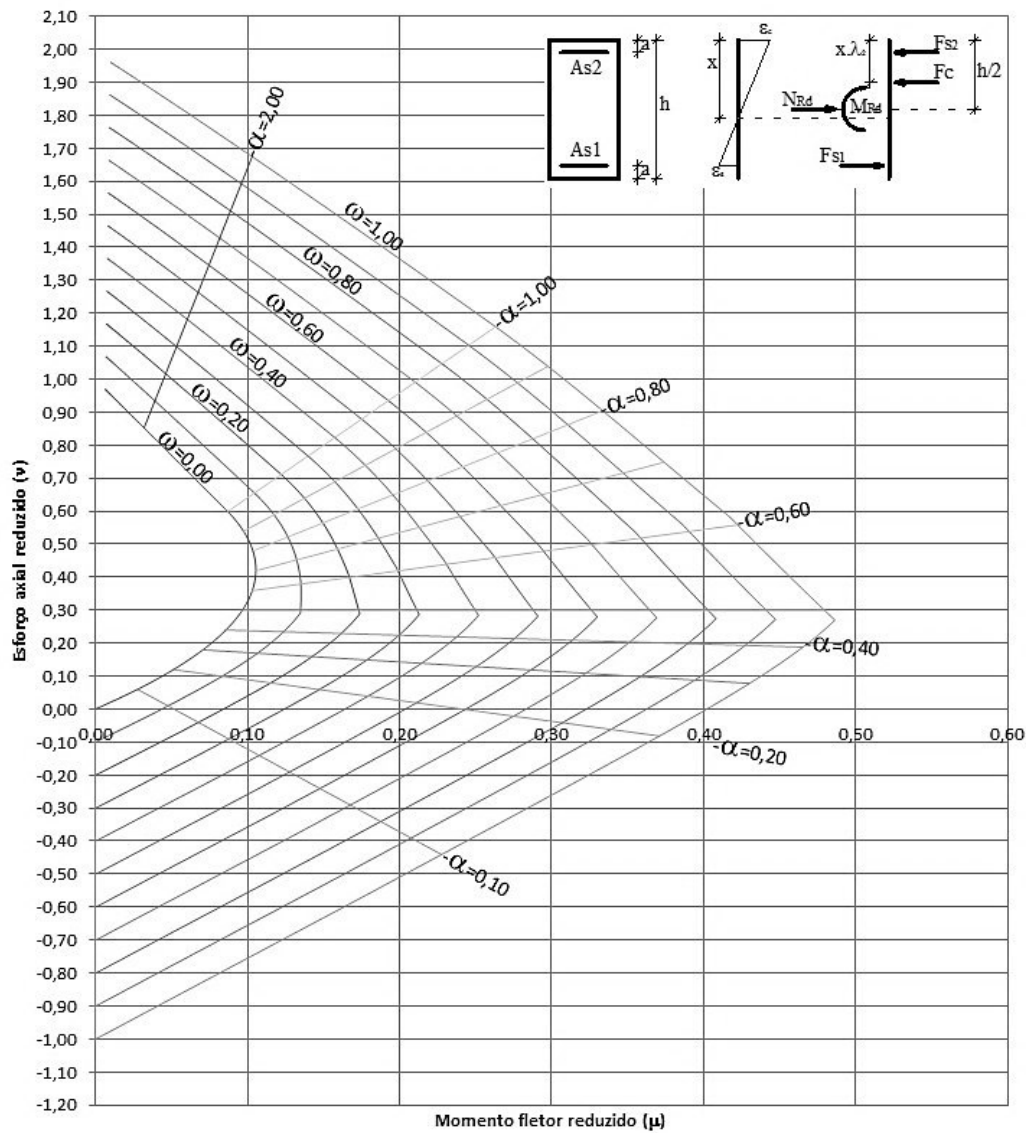
# FLEXÃO COMPOSTA

EC2	
Betão	C80/95
Aço	S500
As2/As1	1,00
a/h	0,10

Zonamento da secção			
Zona	Ec (m/m)	Es (m/m)	x/h
II a	0,0000	0,0250	0,0000
II b	0,0025	0,0250	0,0818
III a	0,0026	0,0250	0,0848
III b	0,0026	0,0022	0,4902
IV a	0,0026	0,0003	1,0000
Fim	0,0025	0,0025	∞

$$\omega = \frac{A_z}{b \times h} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \quad v = \frac{N_{Rd}}{b \times h \times f_{cd}}$$

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b \times h^2 \times f_{cd}} \quad \alpha = \frac{x}{h} \quad A_z = A_{s1} + A_{s2}$$



# FLEXÃO COMPOSTA

EC2	
Betão	C90/105
Aço	S400
As2/As1	0,00
a/h	0,10

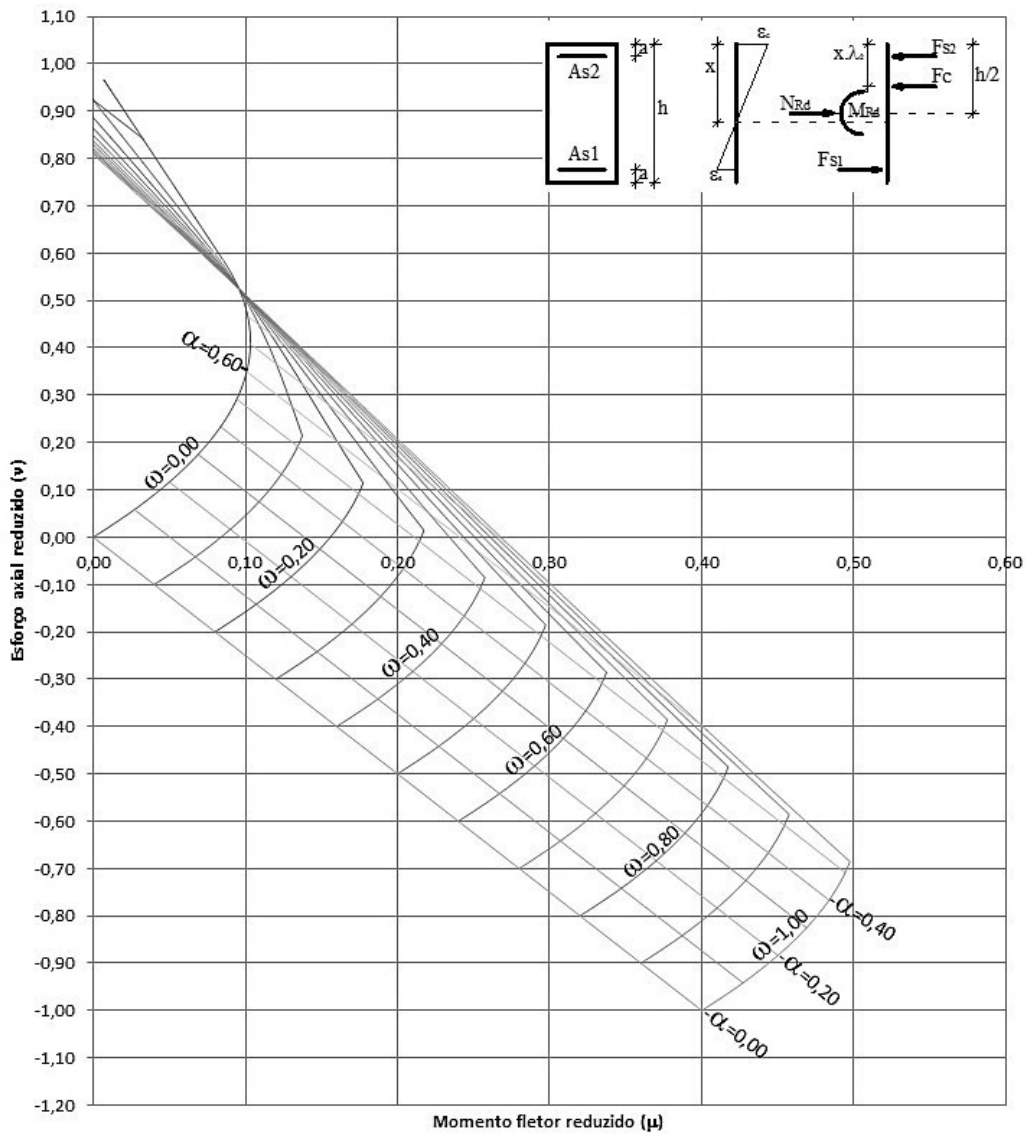
Zonamento da secção			
Zona	Ec (m/m)	Es (m/m)	x/h
II a	0,0000	0,0250	0,0000
II b	0,0026	0,0250	0,0848
III a	0,0026	0,0250	0,0848
III b	0,0026	0,0017	0,5393
IV a	0,0026	0,0003	1,0000
Fim	0,0026	0,0026	∞

$$\omega = \frac{A_s}{b \times h} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}}$$

$$v = \frac{N_{Rd}}{b \times h \times f_{cd}}$$

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b \times h^2 \times f_{cd}}$$

$$\alpha = \frac{x}{h} \quad A_s = A_{s1} + A_{s2}$$



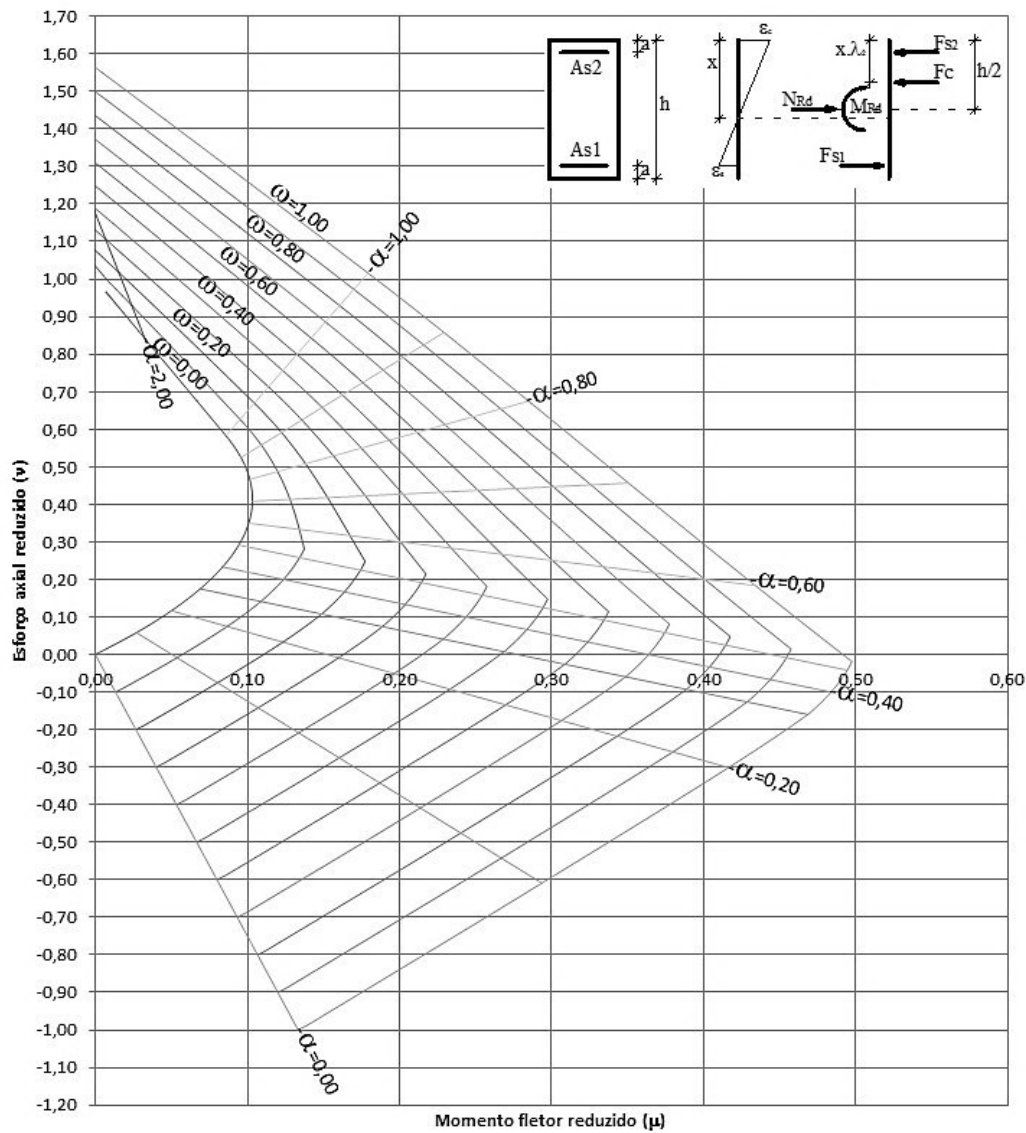
# FLEXÃO COMPOSTA

EC2	
Betão	C90/105
Aço	S400
As2/As1	0,50
a/h	0,10

Zonamento da secção			
Zona	Ec (m/m)	Es (m/m)	x/h
II a	0,0000	0,0250	0,0000
II b	0,0026	0,0250	0,0848
III a	0,0026	0,0250	0,0848
III b	0,0026	0,0017	0,5393
IV a	0,0026	0,0003	1,0000
Fim	0,0026	0,0026	∞

$$\omega = \frac{A_z \cdot f_{yd}}{b \times h \cdot f_{cd}} \qquad v = \frac{N_{Rd}}{b \times h \times f_{cd}}$$

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b \times h^2 \times f_{cd}} \qquad \alpha = \frac{x}{h} \qquad A_z = A_{s1} + A_{s2}$$



# FLEXÃO COMPOSTA

EC2	
Betão	C90/105
Aço	S400
As2/As1	1,00
a/h	0,10

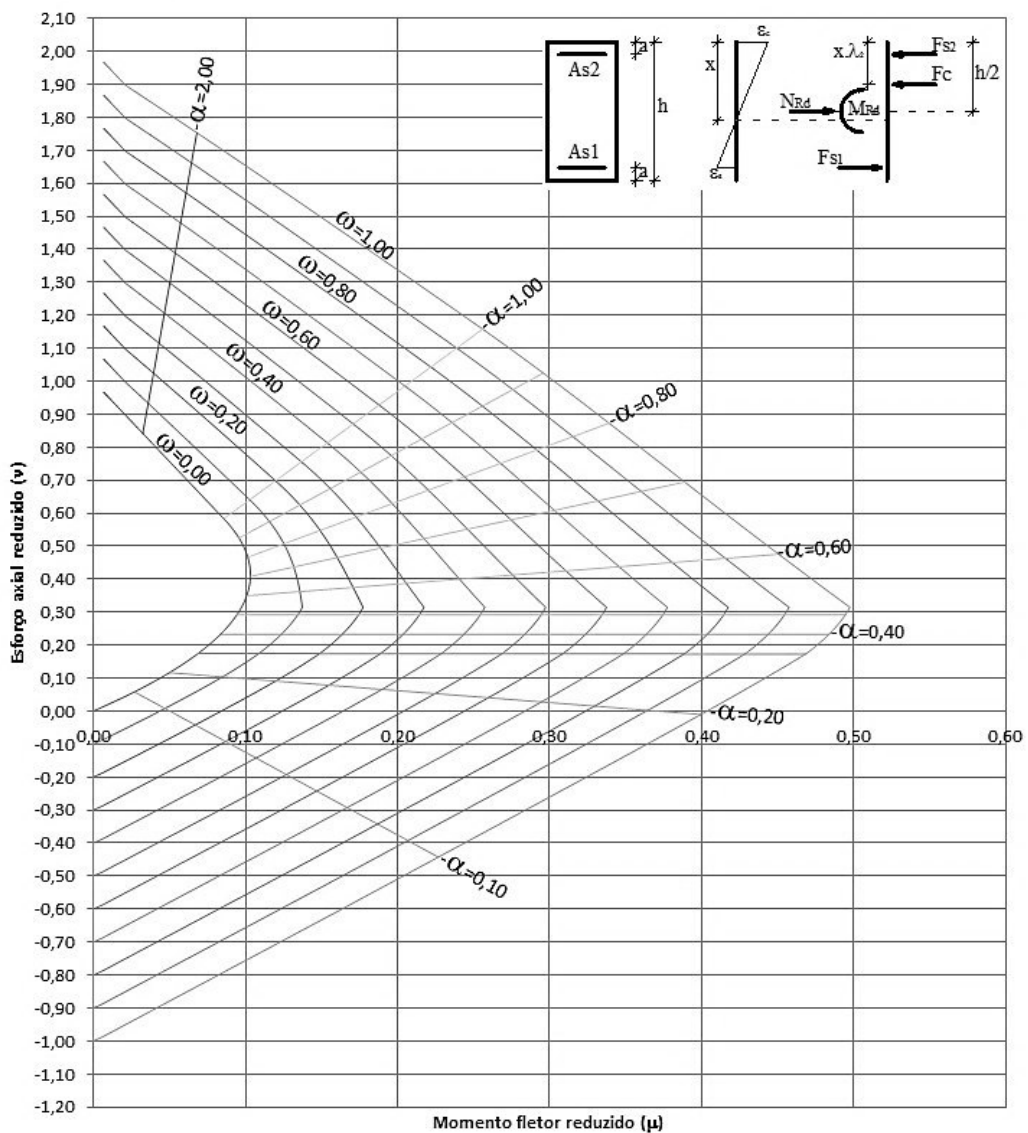
Zonamento da secção			
Zona	Ec (m/m)	Es (m/m)	x/h
II a	0,0000	0,0250	0,0000
II b	0,0026	0,0250	0,0848
III a	0,0026	0,0250	0,0848
III b	0,0026	0,0017	0,5393
IV a	0,0026	0,0003	1,0000
Fim	0,0026	0,0026	∞

$$\omega = \frac{A_s}{b \times h} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}}$$

$$v = \frac{N_{Rd}}{b \times h \times f_{cd}}$$

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b \times h^2 \times f_{cd}}$$

$$\alpha = \frac{x}{h} \quad A_s = A_{s1} + A_{s2}$$



# FLEXÃO COMPOSTA

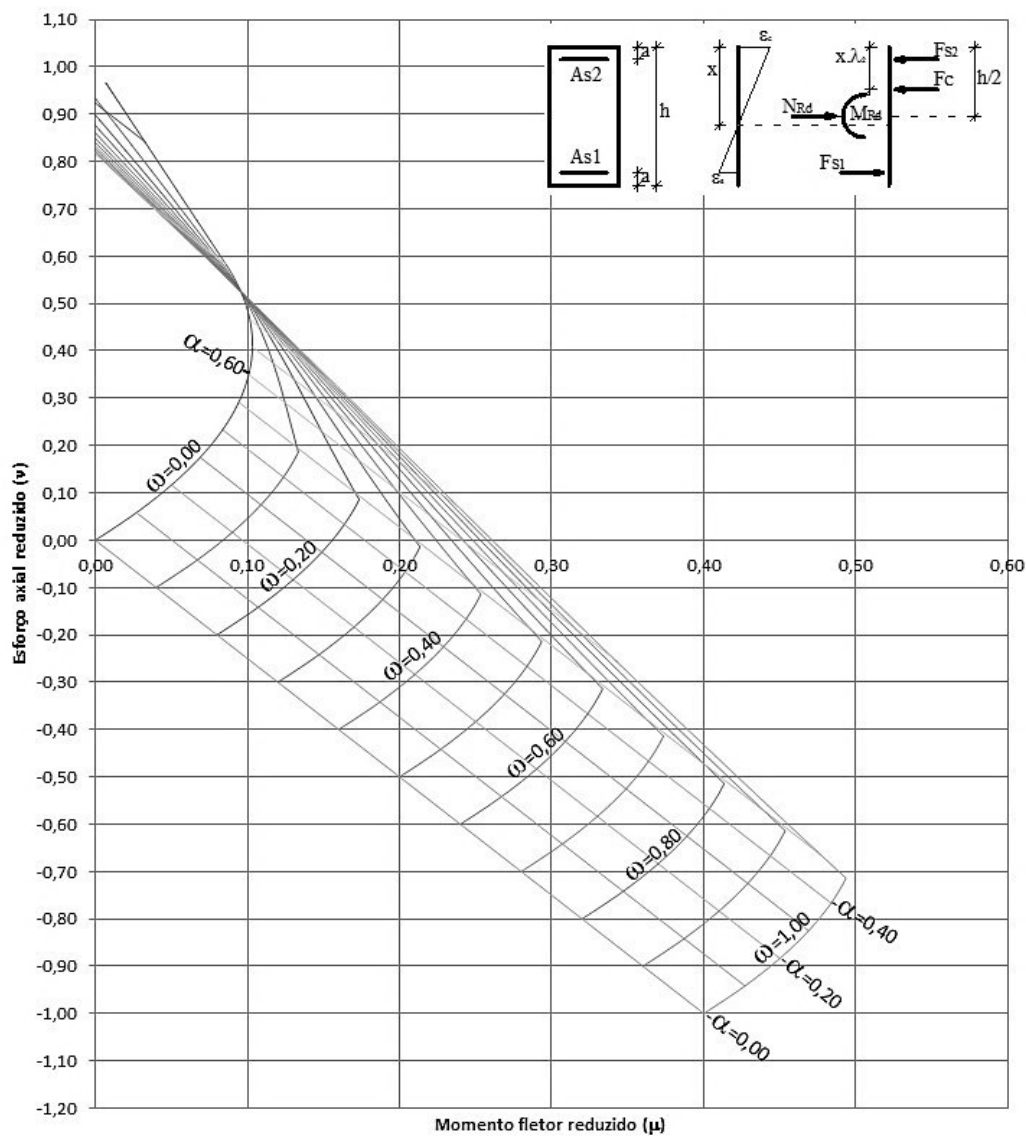
Ábaco 52

EC2	
Betão	C90/105
Aço	S500
As2/As1	0,00
a/h	0,10

Zonamento da secção			
Zona	Ec (m/m)	Es (m/m)	x/h
II a	0,0000	0,0250	0,0000
II b	0,0026	0,0250	0,0848
III a	0,0026	0,0250	0,0848
III b	0,0026	0,0022	0,4902
IV a	0,0026	0,0003	1,0000
Fim	0,0026	0,0026	∞

$$\omega = \frac{A_z}{b \times h} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \quad v = \frac{N_{Rd}}{b \times h \times f_{cd}}$$

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b \times h^2 \times f_{cd}} \quad \alpha = \frac{x}{h} \quad A_z = A_{s1} + A_{s2}$$



# FLEXÃO COMPOSTA

Ábaco 53

EC2	
Betão	C90/105
Aço	S500
As2/As1	0,50
a/h	0,10

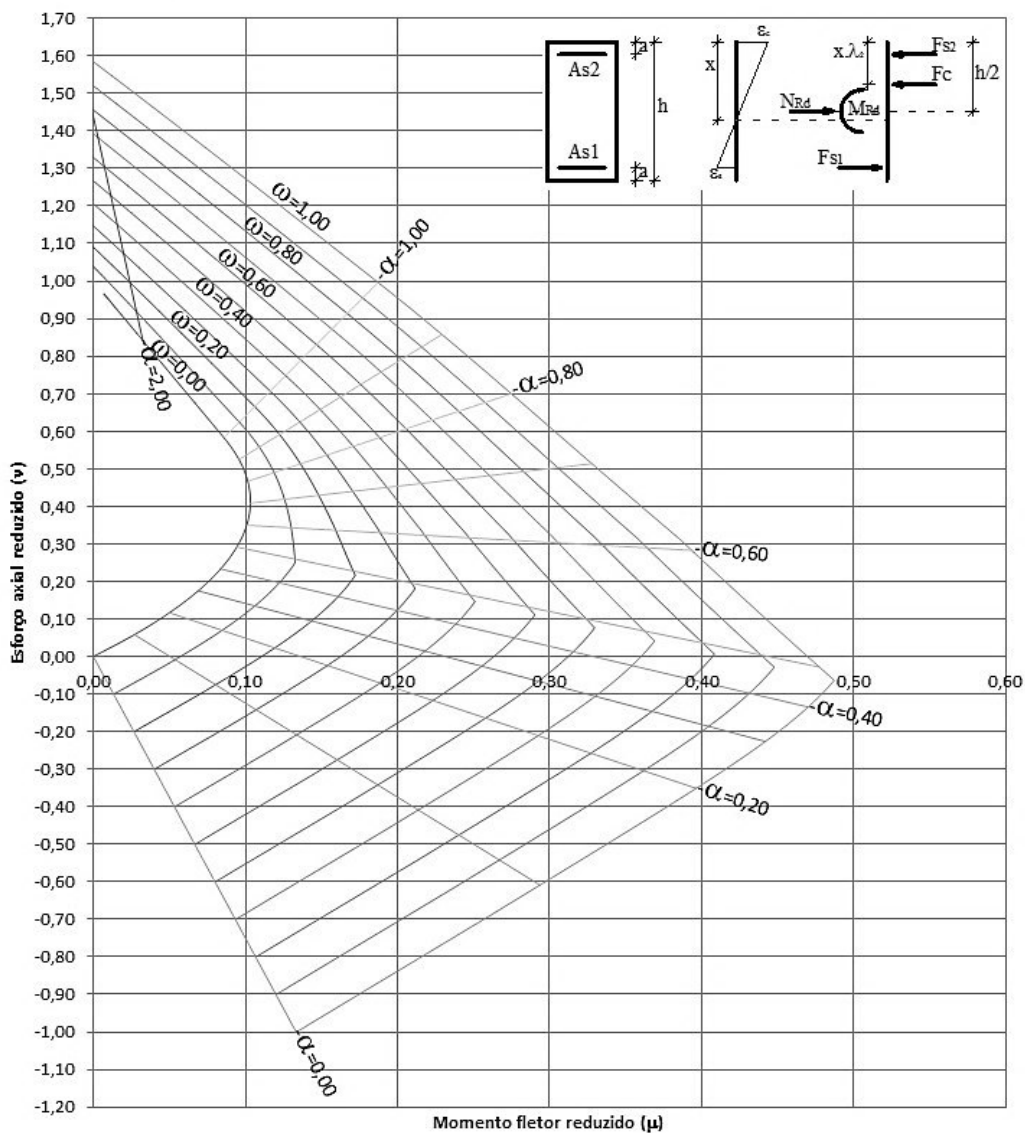
Zonamento da secção			
Zona	Ec (m/m)	Es (m/m)	x/h
II a	0,0000	0,0250	0,0000
II b	0,0026	0,0250	0,0848
III a	0,0026	0,0250	0,0848
III b	0,0026	0,0022	0,4902
IV a	0,0026	0,0003	1,0000
Fim	0,0026	0,0026	∞

$$\omega = \frac{A_s}{b \times h} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}}$$

$$v = \frac{N_{Rd}}{b \times h \times f_{cd}}$$

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b \times h^2 \times f_{cd}}$$

$$\alpha = \frac{x}{h} \quad A_s = A_{s1} + A_{s2}$$



# FLEXÃO COMPOSTA

EC2	
Betão	C90/105
Aço	S500
As2/As1	1,00
a/h	0,10

Zonamento da secção			
Zona	Ec (m/m)	Es (m/m)	x/h
II a	0,0000	0,0250	0,0000
II b	0,0026	0,0250	0,0848
III a	0,0026	0,0250	0,0848
III b	0,0026	0,0022	0,4902
IV a	0,0026	0,0003	1,0000
Fim	0,0026	0,0026	∞

$$\omega = \frac{A_z}{b \times h} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \quad v = \frac{N_{Rd}}{b \times h \times f_{cd}}$$

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b \times h^2 \times f_{cd}} \quad \alpha = \frac{x}{h} \quad A_z = A_{s1} + A_{s2}$$

