



Universidade Federal da Paraíba
Campus I – Centro de Tecnologia
Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil e Ambiental
Mestrado

ANÁLISE DOS DOMÍNIOS DE DEFORMAÇÃO DE SEÇÕES RETANGULARES DE CONCRETO ARMADO SUBMETIDAS À FLEXÃO COMPOSTA NORMAL – SEGUNDO NBR 6118/14

Por
Wesley Imperiano Gomes de Melo

Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade Federal da Paraíba para
obtenção do grau de Mestre.

WESLEY IMPERIANO GOMES DE MELO

ANÁLISE DOS DOMÍNIOS DE DEFORMAÇÃO DE SEÇÕES
RETANGULARES DE CONCRETO ARMADO SUBMETIDAS À
FLEXÃO COMPOSTA NORMAL – SEGUNDO NBR 6118/14

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil e Ambiental.

Orientador: Normando Perazzo Barbosa

João Pessoa – Paraíba

Agosto, 2015

M528p Melo, Wesley Imperiano Gomes de.
 Análise dos domínios de deformação de seções
 retangulares de concreto armado submetidas à flexão composta
 normal – segundo NBR 6118/14 / Wesley Imperiano Gomes de
 Melo. – João Pessoa, 2015.
 129f. : il.
 Orientador: Normando Perazzo Barbosa
 Dissertação (Mestrado) – UFPB/CT
 1. Engenharia Civil e Ambiental. 2. Tecnologia do concreto.
 3. Flexão composta normal. 4. Concreto Armado.
 5. Dimensionamento.

UFPB/BC

CDU: 624:504(043)

**ANÁLISE DOS DOMÍNIOS DE DEFORMAÇÃO DE SEÇÕES
RETANGULARES DE CONCRETO ARMADO SUBMETIDAS À
FLEXÃO COMPOSTA NORMAL – SEGUNDO NBR 6118/14**

Por

WESLEY IMPERIANO GOMES DE MELO

Dissertação aprovada em 28 de Agosto de 2015


Prof. Dr. NORMANDO PERAZZO BARBOSA - UFPB
(Orientador)


Prof. Dr. ROBERTO LEAL PIMENTEL - UFPB
(Membro Interno)


Prof. Dr. HUMBERTO CORREIA LIMA JÚNIOR - UFPE
(Membro Externo)

DEDICATÓRIA



*Partiu aos 93 anos, levando a alegria do jardim, carregando consigo a alegria da nossa família, levando em seu peito nosso amor e nossa consideração. Siga em paz minha avó **ÂNGELA IMPERIANO DA CONCEIÇÃO**.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a DEUS e as forças do bem por permitirem meu trilhar constante nos degraus do crescimento pessoal e profissional;

Agradeço a meus pais, Rousseau e Sandra, pelo apoio e dedicação em minha formação intelectual;

Agradeço a minha avó Ângela pelo exemplo sempre presente de perseverança e de não se deixar abater nas adversidades;

Agradeço a minha avó Nininha por minha formação moral e pelos valorosos exemplos do bom proceder. A quem devo toda fé que possuo;

Agradeço ao Diego por suas palavras de ânimo e encorajamento na execução deste trabalho, agradecimento este extensível a Josefa da Conceição da Silva;

Agradeço ao professor Dr. Normando Perazzo Barbosa pela orientação nesta dissertação, agradeço também as valorosas lições que me foram passadas à nível de graduação e pós-graduação relacionadas a engenharia estrutural;

Agradeço também ao Professor Dr. José Marcílio Filgueiras Cruz por seu total apoio, incentivo e colaboração no desenvolvimento desta dissertação, agradeço ainda a oportunidade de trabalhar na preparação de livros técnicos sobre engenharia estrutural;

Agradeço à CAPES pelo financiamento da pesquisa e

Agradeço a todos que contribuíram de forma direta ou indireta para a confecção desta dissertação.

RESUMO

No sentido de acompanhar o desenvolvimento ocorrido no campo da tecnologia do concreto, que tem possibilitado a obtenção de concretos com cada vez maior resistência, a norma brasileira ABNT NBR 6118:2014 incorporou na sua última versão, em vigor há pouco mais de um ano, considerações sobre os concretos das classes de resistência superiores à $C - 50$ limitados à classe $C - 90$. Esses concretos são mais frágeis e as relações constitutivas utilizadas para aqueles até à classe $C - 50$ tiveram que ser modificadas, para levar em conta esse fato. Parâmetros tidos como fixos para o cálculo das solicitações resistentes de cálculo, como por exemplo a deformação última do concreto em flexão, passam a depender da sua resistência característica. Isto faz com que a formulação utilizada para o dimensionamento das seções de concreto armado submetidos a esforço normal e momento fletor tenha que ser atualizada. Neste trabalho foram desenvolvidas tabelas para o dimensionamento a flexo-tração e flexo-compressão de seções de tirantes e pilares de concreto armado, em conformidade com a última versão da NBR 6118. Apresentam-se as expressões e o procedimento empregados na geração destas tabelas, levando em consideração os concretos até $C - 90$. Indica-se o procedimento utilizado para obtenção das solicitações em pilares, com as quais se procede ao dimensionamento. Das classes $C - 20$ à $C - 50$ as tabelas são únicas para todas as classes intermediárias. De $C - 55$ à $C - 90$, a cada classe corresponde uma tabela. Foram utilizadas quatro arranjos de armaduras, e considerados três afastamentos da armadura à borda do concreto. Apresentam-se exemplos de aplicação das tabelas. Os resultados mostraram coerência com o que foi desenvolvido.

Palavras – chave: Flexão composta normal, Concreto Armado, Dimensionamento.

ABSTRACT

In order to follow the development occurred in the field of concrete technology, which has permitted the achievement of concrete with increased resistance, brazilian norms ABNT NBR 6118:2014 has incorporated in the latest version in force just over a year, considerations about the concrete of strength classes higher à $C - 50$ limitados à classe $C - 90$. These concretes are more fragile and the constitutive relations for those used to the $C - 50$ class had to be modified to take into account this fact. Taken as fixed parameters to calculate the resistance calculation requests, such as the last bending deformation of concrete, become dependent on its characteristic resistance. This makes the wording used for the design of reinforced concrete sections subject to normal effort and bending moment has to be updated. In this work were developed tables for sizing the flexo - traction and flexo- compression rods and sections of reinforced concrete columns, in accordance with the latest version of NBR 6118. We present the expressions and procedures employed in generating these tables, taking into account the concrete to $C - 90$. It indicates the procedure used to obtain the requests pillars, with which it comes to dimensioning. Classes of $C - 20$ to $C - 50$ the tables are unique to all intermediate classes. $C - 55$ à $C - 90$, each class corresponds to a table. Four arrangements of reinforced were used, and considered three departures from the armor of concrete edge. Are examples of application of the tables. The results were consistent with what was developed.

Keywords: Flexion composed normal, Reinforced Concrete, Sizing.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
1.1. RELEVÂNCIA DO TRABALHO	1
1.2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	2
1.2.1. CONCRETOS DE ALTA RESISTÊNCIA	2
1.2.2. DIAGRAMA TENSÃO VERSUS DEFORMAÇÃO DO CONCRETO SEGUNDO EUROCODE 02 (pr EN 1992-1-1:2004)	7
1.2.3. DIAGRAMA TENSÃO VERSUS DEFORMAÇÃO DO CONCRETO SEGUNDO ABNT NBR 6118:2014	11
1.2.4. ALTERAÇÕES NAS PROPRIEDADES DO CONCRETO NA ABNT NBR 6118:2014	16
1.2.5. EVOLUÇÃO BIBLIOGRÁFICA	17
1.3. OBJETIVOS	19
1.3.1. OBJETIVO GERAL	19
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
1.4. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	20
CAPÍTULO 2	21
2.1. CONTEXTUALIZAÇÃO	21
2.2. PARÂMETROS DE DIMENSIONAMENTO DE PILARES	23
2.3. ROTINA DE DIMENSIONAMENTO DE PILARES INTERMEDIÁRIOS E DE EXTREMIDADE	25
CAPÍTULO 3	32
3.1. DIAGRAMAS E LIMITES	32
3.2. OBTENÇÃO DA RESULTANTE DE COMPRESSÃO NO CONCRETO NO DOMÍNIO (1)	33
3.3. OBTENÇÃO DA RESULTANTE DE COMPRESSÃO NO CONCRETO NO DOMÍNIO (2a)	34
3.4. OBTENÇÃO DA RESULTANTE DE COMPRESSÃO NO CONCRETO NO DOMÍNIO (2b)	36
3.5. OBTENÇÃO DA RESULTANTE DE COMPRESSÃO NO CONCRETO NOS DOMÍNIOS (3) e (4)	39
3.6. OBTENÇÃO DA RESULTANTE DE COMPRESSÃO NO CONCRETO NOS DOMÍNIOS (4a) e (5)	41
3.7. OBTENÇÃO DA RESULTANTE DE COMPRESSÃO NO CONCRETO NOS DOMÍNIOS (2a) e (2b) VIA DIAGRAMA RETANGULAR DA TENSÃO DE COMPRESSÃO NO CONCRETO	41
CAPÍTULO 4	43
4.1. EQUAÇÕES PARA A CONFIGURAÇÃO DE 2 CAMADAS DE ARMADURA	45
4.2. EQUAÇÕES PARA A CONFIGURAÇÃO DE 3 CAMADAS DE ARMADURA	47

CAPÍTULO 5	49
5.1. EQUACIONAMENTO NO DOMÍNIO (2a)	49
5.1.1. EQUAÇÕES PARA A CONFIGURAÇÃO DE 2 CAMADAS DE ARMADURA	50
5.1.2. EQUAÇÕES PARA A CONFIGURAÇÃO DE 3 CAMADAS DE ARMADURA	53
5.2. EQUACIONAMENTO NO DOMÍNIO (2b)	56
5.2.1. EQUAÇÕES PARA A CONFIGURAÇÃO DE 2 CAMADAS DE ARMADURA	57
5.2.2. EQUAÇÕES PARA A CONFIGURAÇÃO DE 3 CAMADAS DE ARMADURA	61
5.3. EQUACIONAMENTO NO DOMÍNIO (3)	63
5.3.1. EQUAÇÕES PARA A CONFIGURAÇÃO DE 2 CAMADAS DE ARMADURA	64
5.3.2. EQUAÇÕES PARA A CONFIGURAÇÃO DE 3 CAMADAS DE ARMADURA	69
5.4. EQUACIONAMENTO NO DOMÍNIO (4a) e (5)	72
5.4.1. EQUAÇÕES PARA A CONFIGURAÇÃO DE 2 CAMADAS DE ARMADURA	73
5.4.2. EQUAÇÕES PARA A CONFIGURAÇÃO DE 3 CAMADAS DE ARMADURA	75
CAPÍTULO 6	77
CAPÍTULO 7	107
7.1. CONTEXTUALIZAÇÃO	107
7.2. FLEXO – TRAÇÃO: TIRANTE	107
7.2.1. TRAÇÃO CENTRADA	108
7.2.2. TRAÇÃO EXCÊNTRICA	110
7.3. FLEXO – COMPRESSÃO: PILAR	112
7.3.1. PILAR INTERMEDIÁRIO	112
7.3.2. PILAR DE EXTREMIDADE	115
CAPÍTULO 8	119
8.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS	119
8.2. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	120
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	121
ANEXO I	123
ANEXO II	124
ANEXO III	126

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1: Tensão x Deformação dos concretos de alta resistência	3
Figura 1.2: Definição dos trechos no diagrama de tensão x deformação do concreto	4
Figura 1.3: Detalhamento dos trechos (I) e (II) do diagrama de Tensão x Deformação do concreto	4
Figura 1.4: Diagrama tensão x deformação dos concretos de alta resistência	6
Figura 1.5: Diagrama de tensão x deformação do concreto, segundo Eurocode 02	7
Figura 1.6: Diagrama bilinear de tensão x deformação do concreto, segundo Eurocode 02	8
Figura 1.7: Diagrama retangular de tensão x deformação do concreto, segundo Eurocode 02	9
Figura 1.8: Diagrama tensão x deformação do concreto sob efeito Rüsç	12
Figura 1.9: Diagrama tensão x deformação do concreto, segundo ABNT NBR 6118:2014	13
Figura 1.10: Diagrama retangular de tensão x deformação do concreto, segundo ABNT NBR 6118:2014	14
Figura 2.1: Planicidade da seção após a deformação	21
Figura 2.2: Deslocamentos ocorridos na seção de concreto armado	22
Figura 2.3: Diagrama tensão versus deformação idealizado para o concreto	22
Figura 2.4: Domínios de estado limite último de uma seção transversal	23
Figura 2.5: Proteção contra flambagem das barras	25
Figura 2.6: Caracterização dos pilares analisados: (a) Intermediários e (b) de Extremidade	25
Figura 2.7: Modelo engastamento viga-pilar	26
Figura 2.8: Momentos no pilar	27
Figura 3.1: Destaque dos domínios de estado limite último	32
Figura 3.2: Deformação e forças resistentes no domínio (1)	33
Figura 3.3: Tensão e deformação no domínio (2a)	34
Figura 3.4: Tensão e deformação no domínio (2b)	36
Figura 3.5: Tensão e deformação na compressão no domínio (2b)	36
Figura 3.6: retangularização do diagrama parábola-retângulo a partir do domínio (3)	40
Figura 3.7: Retangularização do diagrama parábola-retângulo a partir do Domínio (2a)	42
Figura 3.8: Retangularização do diagrama parábola-retângulo a partir do Domínio (2b)	42
Figura 4.1: Diagrama de deformação da peça de concreto armado no domínio (1)	43
Figura 4.2: Primeira configuração de análise – 2 camadas de armadura	43
Figura 4.3: Segunda configuração de análise – 3 camadas de armadura	44

Figura 4.4: Diagrama de tensão deformação do aço	44
Figura 4.5: Forças e Esforços resistentes no domínio (1) para 2 camadas de armadura	45
Figura 4.6: Forças e Esforços resistentes no domínio (1) para 3 camadas de armadura	47
Figura 5.1: Diagrama de deformação da peça de concreto armado no domínio (2a)	49
Figura 5.2: Forças e Esforços resistentes no domínio (2a) para 2 camadas de armadura	50
Figura 5.3: Forças e Esforços resistentes no domínio (2a) para 3 camadas de armadura	54
Figura 5.4: Diagrama de deformação da peça de concreto armado no domínio (2b)	56
Figura 5.5: Forças e Esforços resistentes no domínio (2b) para 2 camadas de armadura	57
Figura 5.6: Forças e Esforços resistentes no domínio (2b) para 3 camadas de armadura	61
Figura 5.7: Diagrama de deformação da peça de concreto armado no domínio (3)	63
Figura 5.8: Forças e Esforços resistentes no domínio (3) para 2 camadas de armadura	64
Figura 5.9: Forças e Esforços resistentes no domínio (3) para 3 camadas de armadura	70
Figura 5.10: Diagrama de deformação da peça de concreto armado nos domínios (4a) e (5)	72
Figura 5.11: Forças e Esforços resistentes nos domínios (4a) e (5) para 2 camadas de armadura	73
Figura 5.12: Forças e Esforços resistentes nos domínios (4a) e (5) para 3 camadas de armadura	75
Figura 6.1: Flexo – Tração e configurações das armaduras em: 2 e 3 camadas, respectivamente	77
Figura 6.2: Flexo – Compressão e configurações das armaduras em: 2 e 3 camadas, respectivamente	77
Figura 7.1: Tirante de concreto armado sob carga: (a) centrada, (b) excêntrica	107
Figura 7.2: Tirante de concreto armado sob carga centrada	108
Figura 7.3: Tirante de concreto armado sob carga excêntrica	111
Figura 7.4: Detalhes do pilar intermediário	112
Figura 7.5: Porcentagem de taxa de armadura no pilar de extremidade em função da classe do concreto, na direção y	114
Figura 7.6: Porcentagem de taxa de armadura no pilar de extremidade em função da classe do concreto, com base no $C - 30$	115
Figura 7.7: Detalhes do pilar de extremidade	115
Figura A.1: Tensão e deformação na configuração de 3 camadas de armadura	123

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1: Classes de resistência de concretos estruturais, segundo ABNT NBR 6118:2014	2
Tabela 1.2: Classes de resistência de concretos estruturais, segundo ABNT NBR 8953:2015	3
Tabela 1.3: Deformações específicas ε_{c2} e ε_{cu} e o expoente n em função das classes de resistência do concreto	6
Tabela 1.4: Áreas sob os diagramas de tensão x deformação dos concretos admitidos no Eurocode 02	10
Tabela 1.5: Comparativo das áreas em relação ao diagrama parábola-retângulo da tensão de compressão do concreto pelo Eurocode 02	11
Tabela 1.6: Áreas sob os diagramas de tensão x deformação dos concretos admitidos pela ABNT NBR 6118:2014	15
Tabela 1.7: Comparativo das áreas em relação ao diagrama parábola-retângulo da tensão de compressão do concreto pela ABNT NBR 6118:2014.....	15
Tabela 2.1: Coeficiente de ponderação das ações γ_f	29
Tabela 4.1: Coeficiente de ponderação do aço	44

LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1: Relação Linha neutra no limite entre os domínios (2a) e (2b) e a altura útil	35
Quadro 3.2: Relação Linha neutra no limite entre os domínios (2b) e (3) e a altura útil	37
Quadro 3.3: Relação Linha neutra no limite entre os domínios (3) e (4) e a altura útil	39
Quadro 5.1: Valores máximos de ν em relação a classe do concreto e a relação δ para o domínio (2a)	53
Quadro 5.2: Valores máximos de ν em relação a classe do concreto e a relação δ para o domínio (2b)	60
Quadro 5.3: Valores máximos de ν em relação a classe do concreto e a relação δ para o domínio (3)	67
Quadro 5.4: Valores dos coeficientes A_3, B_3 e C	69
Quadro 6.1: Taxa de armadura para Flexo – Tração para 2 e 3 camadas de aço e $\delta = 0,05$	79
Quadro 6.2: Taxa de armadura para Flexo – Tração para 2 e 3 camadas de aço e $\delta = 0,10$	80
Quadro 6.3: Taxa de armadura para Flexo – Tração para 2 e 3 camadas de aço e $\delta = 0,15$	81
Quadro 6.4: Taxa de armadura para Flexo – Tração para 2 e 3 camadas de aço e $\delta = 0,20$	82
Quadro 6.5: Taxa de armadura para Flexo – Compressão, $C \leq C - 50$ para 2 e 3 camadas de aço e $\delta = 0,05$	83
Quadro 6.6: Taxa de armadura para Flexo – Compressão, $C \leq C - 50$ para 2 e 3 camadas de aço e $\delta = 0,10$	84
Quadro 6.7: Taxa de armadura para Flexo – Compressão, $C \leq C - 50$ para 2 e 3 camadas de aço e $\delta = 0,15$	85
Quadro 6.8: Taxa de armadura para Flexo – Compressão, $C \leq C - 50$ para 2 e 3 camadas de aço e $\delta = 0,20$	86
Quadro 6.9: Taxa de armadura para Flexo – Compressão, $C - 55$ para 2 e 3 camadas de aço e $\delta = 0,05$	87
Quadro 6.10: Taxa de armadura para Flexo – Compressão, $C - 55$ para 2 e 3 camadas de aço e $\delta = 0,10$	88
Quadro 6.11: Taxa de armadura para Flexo – Compressão, $C - 55$ para 2 e 3 camadas de aço e $\delta = 0,15$	89
Quadro 6.12: Taxa de armadura para Flexo – Compressão, $C - 55$ para 2 e 3 camadas de aço e $\delta = 0,20$	90
Quadro 6.13: Taxa de armadura para Flexo – Compressão, $C - 60$ para 2 e 3 camadas de aço e $\delta = 0,05$	91
Quadro 6.14: Taxa de armadura para Flexo – Compressão, $C - 60$ para 2 e 3 camadas de aço e $\delta = 0,10$	92
Quadro 6.15: Taxa de armadura para Flexo – Compressão, $C - 60$ para 2 e 3 camadas de aço e $\delta = 0,15$	93

Quadro 6.16: Taxa de armadura para Flexo – Compressão, $C = 60$ para 2 e 3 camadas de aço e $\delta = 0,20$	94
Quadro 6.17: Taxa de armadura para Flexo – Compressão, $C = 70$ para 2 e 3 camadas de aço e $\delta = 0,05$	95
Quadro 6.18: Taxa de armadura para Flexo – Compressão, $C = 70$ para 2 e 3 camadas de aço e $\delta = 0,10$	96
Quadro 6.19: Taxa de armadura para Flexo – Compressão, $C = 70$ para 2 e 3 camadas de aço e $\delta = 0,15$	97
Quadro 6.20: Taxa de armadura para Flexo – Compressão, $C = 70$ para 2 e 3 camadas de aço e $\delta = 0,20$	98
Quadro 6.21: Taxa de armadura para Flexo – Compressão, $C = 80$ para 2 e 3 camadas de aço e $\delta = 0,05$	99
Quadro 6.22: Taxa de armadura para Flexo – Compressão, $C = 80$ para 2 e 3 camadas de aço e $\delta = 0,10$	100
Quadro 6.23: Taxa de armadura para Flexo – Compressão, $C = 80$ para 2 e 3 camadas de aço e $\delta = 0,15$	101
Quadro 6.24: Taxa de armadura para Flexo – Compressão, $C = 80$ para 2 e 3 camadas de aço e $\delta = 0,20$	102
Quadro 6.25: Taxa de armadura para Flexo – Compressão, $C = 90$ para 2 e 3 camadas de aço e $\delta = 0,05$	103
Quadro 6.26: Taxa de armadura para Flexo – Compressão, $C = 90$ para 2 e 3 camadas de aço e $\delta = 0,10$	104
Quadro 6.27: Taxa de armadura para Flexo – Compressão, $C = 90$ para 2 e 3 camadas de aço e $\delta = 0,15$	105
Quadro 6.28: Taxa de armadura para Flexo – Compressão, $C = 90$ para 2 e 3 camadas de aço e $\delta = 0,20$	106
Quadro 7.1: Excentricidades em x e y em (cm) para o pilar intermediário	113
Quadro 7.2: Parâmetros e armaduras em x e y para o pilar intermediário	114
Quadro 7.3: Excentricidades em x e y em (cm) para o pilar de extremidade .	117
Quadro 7.4: Momento fletor de cálculo em (kNm) por seção de dimensionamento para o pilar de extremidade	118
Quadro 7.5: Parâmetros e armaduras em x e y para o pilar de extremidade .	118
Quadro A.1: Funções simplificadas da taxa de armadura ω_s para o domínio (2a) e configuração de 2 camadas	124
Quadro A.2: Funções simplificadas da taxa de armadura ω_s para o domínio (2b) e configuração de 2 camadas	124
Quadro A.3: Funções simplificadas da taxa de armadura ω_s para o domínio (3) e configuração de 2 camadas	125
Quadro A.4: Análise comparativa da taxa de armadura ω_s para $\delta = 0,05$ com $\mu = 0,00$ e $\mu = 0,30$	126
Quadro A.5: Análise comparativa da taxa de armadura ω_s para $\delta = 0,05$ com $\mu = 0,60$ e $\mu = 0,80$	126
Quadro A.6: Análise comparativa da taxa de armadura ω_s para $\delta = 0,10$ com $\mu = 0,00$ e $\mu = 0,30$	127
Quadro A.7: Análise comparativa da taxa de armadura ω_s para $\delta = 0,10$ com $\mu = 0,60$ e $\mu = 0,80$	127
Quadro A.8: Análise comparativa da taxa de armadura ω_s para $\delta = 0,15$ com $\mu = 0,00$ e $\mu = 0,30$	128

Quadro A.9: Análise comparativa da taxa de armadura ω_s para $\delta = 0,15$ com $\mu = 0,60$ e $\mu = 0,80$	128
Quadro A.10: Análise comparativa da taxa de armadura ω_s para $\delta = 0,20$ com $\mu = 0,00$ e $\mu = 0,30$	129
Quadro A.11: Análise comparativa da taxa de armadura ω_s para $\delta = 0,20$ com $\mu = 0,60$ e $\mu = 0,80$	129

LISTA DE ABREVIATURAS

<i>C</i> – 50	Concreto de resistência à compressão de 50 MPa
<i>C</i> – 55	Concreto de resistência à compressão de 55 MPa
<i>C</i> – 60	Concreto de resistência à compressão de 60 MPa
<i>C</i> – 70	Concreto de resistência à compressão de 70 MPa
<i>C</i> – 80	Concreto de resistência à compressão de 80 MPa
<i>C</i> – 90	Concreto de resistência à compressão de 90 MPa
CA – 50	Aço de resistência $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$
CG	Centro de gravidade da seção transversal
CAR	Concreto de Alta Resistência
CAD	Concreto de Alto Desempenho
Int.	Interpolação por função linear
Apr.	Aproximação

LISTA DE SÍMBOLOS

$A_{s_{ext}}$	Armadura longitudinal na seção transversal no topo do pilar
$A_{sx_{int}}, A_{sy_{int}}$	Armadura longitudinal na seção transversal intermediária do pilar em x e y
$A_s, A_{s_1}, A_{s_2}, A_s', A_{si}$	Armaduras de aço resistentes aos esforços solicitantes
A_p	Área do diagrama tensão de compressão do concreto no trecho parabólico
A_R	Área do diagrama tensão de compressão do concreto no trecho retangular
A_{a_1}, A_{a_1}, A_a	Áreas sob o diagrama de compressão Parábola-Retângulo do concreto
A_{b_1}, A_{b_1}, A_b	Áreas sob o diagrama de compressão Bilinear do concreto
A_c	Área sob o diagrama de compressão retangularizado do concreto
A_c	Área de concreto – Seção Transversal
$A_{s_{min}}$	Armadura mínima para a seção transversal
$A_{s_{max}}$	Armadura máxima admitida para a seção transversal
A_3	Coeficiente
α_i	Coeficiente correlacionante dos Módulos de Elasticidade E_{cs} e E_{ci}
α_E	Coeficiente de ponderação da influência do agregado graúdo no Módulo de Elasticidade Inicial E_{ci}
$\alpha_{p_{sup}}, \alpha_{p_{inf}}, \alpha_{p_{viga}}$	Rigidez à flexão dos elementos estruturais
α_c	Parâmetro de redução da resistência do concreto na compressão
σ_c	Tensão de compressão no concreto
σ_R	Tensão de compressão no concreto no trecho retangular
σ_p	Tensão de compressão no concreto no trecho parabólico
$\sigma_s', \sigma_{s_1}, \sigma_s$	Tensões atuantes no aço
γ_s	Coeficiente de ponderação da resistência do aço
γ_n	Coeficiente de majoração da carga normal no pilar
γ_f	Coeficiente de ponderação das ações
γ	Ponderação do formato da seção transversal, se ocorre redução na largura a partir da linha neutra até a borda comprimida
λ_c	Relação entre a profundidade y do diagrama retangular de compressão equivalente e a profundidade efetiva x da linha neutra
λ	Coeficientes adimensionais
ν	Esforço normal adimensional e Coeficiente de Poisson
μ	Momento fletor adimensional
ω, ω_s	Taxa de armadura unitária e para toda a seção transversal
ω_x, ω_y	Taxa de armadura em x e y
$\omega_{s(2)}$	Taxa de armadura para a seção transversal com 2 camadas de armadura
$\omega_{s(3)}$	Taxa de armadura para a seção transversal com 3 camadas de armadura
η	Coeficiente normalizado
b_w	Base de viga

B_3	Coeficiente
C	Coeficiente
d	Altura útil da seção transversal
d_1, d'	Distâncias na seção transversal
$D_{maxAgregado}$ <i>Graúdo</i>	Diâmetro máximo do agregado graúdo no concreto
$\varepsilon_c, \varepsilon_{c3}$	Deformação no concreto
$\varepsilon_s, \varepsilon_{s1}, \varepsilon_{sn}, \varepsilon_s'$	Deformações no aço
ε_{c2}	Deformação específica de encurtamento do concreto no início do patamar plástico
$\varepsilon_{cu}, \varepsilon_{cu2}, \varepsilon_{cu3}$	Deformação específica de encurtamento do concreto na ruptura
$e_{Ax}, e_{i_{sup}}$	Excentricidade no topo do pilar
$e_{Bx}, e_{i_{inf}}$	Excentricidade na base do pilar
e_x, e_{1x}, e_{2x}	Excentricidades em x, sendo e_{1x} de 1ª ordem e e_{2x} de 2ª ordem
e_{1y}, e_{2y}, e_y	Excentricidades em y, sendo e_{1y} de 1ª ordem e e_{2y} de 2ª ordem
ε_{yd}	Deformação de escoamento do aço
$e_{i_{sup}}$	Excentricidade na seção no nível intermediário do pilar
E_{ci}	Módulo de Elasticidade Inicial
E_{cs}	Módulo de Elasticidade Secante
F_s, F_s', F_{s1}	Forças solicitantes nas armaduras
f_c, f_{ck}, f_{cd}	Resistência à compressão do concreto no valor característico e de cálculo, respectivamente.
f_c'	Força máxima de compressão.
f_{yk}, f_{yd}	Resistência do aço no valor característico e de cálculo, respectivamente.
dF_c, F_c	Força de compressão no concreto e seu infinitesimal
dF_{cp}, F_{cp}	Força de compressão no concreto no trecho parabólico e seu infinitesimal
F_{cR}	Força de compressão no concreto no trecho retangular
$f_{ctk,inf}$	Resistência à tração do concreto no valor característico inferior
$f_{ctk,sup}$	Resistência à tração do concreto no valor característico superior
$f_{ct,m}$	Resistência à tração do concreto no valor médio
$F_{c(2a)}, F_{c(2b)}, F_{c(3)}$	Força resultante de compressão no concreto nos domínios (2a), (2b) e (3)
G_c	Módulo de Elasticidade Transversal
h_{viga}	Altura da seção transversal da viga
h	Altura total da seção transversal
h_x, h_y	Dimensões da seção transversal do pilar
I_i	Momento de Inércia do elemento i
$k_{p_{sup}}, k_{p_{inf}}, k_{p_{viga}}$	Coeficientes de distribuição de X nos elementos estruturais
l_i	Comprimento do elemento i
l_e	Comprimento equivalente no pilar
l_{viga}	Comprimento da viga
M_{sd_x}, M_{sd_y}	Momento fletor de cálculo do pilar em x e y
M_{sup}	Momento no topo do pilar
M_{inf}	Momento na base do pilar
M_{Ax}	Momento na seção superior do pilar
M_{Bx}	Momento inferior do pilar
M_{viga}	Momento na seção da viga

M_{int}	Momento na seção no nível intermediário do pilar
M_{Rd}	Momento fletor resistente de cálculo
M_{Sd}	Momento fletor solicitante de cálculo
n	Coefficiente normatizado
N	Esforço normal no valor característico
N_{Rd}	Esforço normal resistente de cálculo
N_{Sd}	Esforço normal solicitante de cálculo
$\emptyset_{long-min}$	Diâmetro longitudinal mínimo no pilar
$\emptyset_{long-max}$	Diâmetro longitudinal máximo no pilar
$\emptyset_{long}$	Diâmetro da armadura longitudinal no pilar
$\emptyset_{tmin}$	Diâmetro mínimo para armadura transversal no pilar
p_{viga}	Carregamento uniforme na viga
r_{sup}	Rigidez no topo do pilar
r_{inf}	Rigidez na base do pilar
r_{viga}	Rigidez na viga
$s_{long-max}$	Espaçamento máximo da armadura longitudinal do pilar
$s_{long-min}$	Espaçamento mínimo da armadura longitudinal do pilar
$s_{transv-max}$	Espaçamento máximo na armadura transversal no pilar
$x, x_1, x_{2a}, x_{2b},$ x_3, x_4, x_{4a}, x_5	Posições da linha neutra por domínio de deformação
dx_1, x_1	Intervalo de integração de σ_c
x_p	Profundidade do trecho parabólico do diagrama de compressão do concreto
$\bar{x}_{12a}, \bar{x}_{1p}, \bar{x}_{1R}, \bar{x}_{12b}$	Posições média de atuação da força de compressão no concreto
X	Momento engastamento perfeito viga – pilar

CAPÍTULO 1

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1.1. RELEVÂNCIA DO TRABALHO

Nos projetos estruturais, o dimensionamento de elementos submetidos à flexão composta normal ocorre de forma iterativa, sendo calculados dois esforços adimensionais (μ , ν) em momento e em normal, respectivamente; Em seguida, é determinada uma taxa de armadura para a seção analisada. As referidas taxas são organizadas em tabelas ou ábacos em função dos esforços adimensionais, valendo ressaltar que as tabelas são mais precisas. A utilização das mencionadas tabelas interativas objetiva a obtenção da armadura necessária ao equilíbrio de esforços e deformações, ressaltando a consideração das resistências do concreto e do aço, além das dimensões da seção transversal.

A contribuição desta dissertação é a atualização das tabelas de interação de (μ , ν) para obter a taxa de armadura (ω) na flexão composta normal, visto que antes da vigência da ABNT NBR 6118:2014 era permitido concretos até classe de resistência à compressão de 50 MPa, Posteriormente, na vigência da referida norma, os concretos são mensurados até a classe $C - 90$. Valendo ressaltar que a formulação matemática até $C - 50$ é única e das classes de $C - 55$ a $C - 90$ variando de 5 MPa é singular por classe.

1.2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica será pautada em quatro aspectos, sendo o primeiro na definição e descrição do funcionamento dos concretos de alta resistência. O segundo na definição do diagrama de tensão x deformação do concreto, conforme o EUROCODE 02 (pr EN 1992-1-1:2004) e suas consequentes simplificações. O terceiro na definição do referido diagrama de tensão x deformação do concreto sob os aspectos da ABNT NBR 6118:2014 e sua simplificação. O último aspecto trata-se da apresentação de uma simplificada evolução bibliográfica de estudos e publicações relacionadas ao tema desta dissertação.

1.2.1. CONCRETOS DE ALTA RESISTÊNCIA

Aguiar e Pinheiro (2008) adverte a diferença entre Concreto de Alta Resistência (CAR) e o Concreto de Alto Desempenho (CAD), onde o CAD apresenta características especiais muito além da elevada resistência à compressão. Os principais fatores de alto desempenho são: baixa retração, baixo módulo de deformação longitudinal, baixa permeabilidade, entre outros. Para os Concretos de Alta Resistência, agraga-se entre demais propriedades as seguintes: Elevado módulo de deformação longitudinal, alta densidade, maior durabilidade e maior aderência entre a armadura e o concreto.

A norma ABNT NBR 6118:2014 define os concretos de classe *C* – 20 até *C* – 90, estes variando de 5 Mpa. Apresentando assim 15 classes de concreto, sendo estes apresentados na Tabela 1.1.

Tabela 1.1: Classes de resistência de concretos estruturais, segundo ABNT NBR 6118:2014

Concretos Estruturais															
20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	

Fonte: Adaptado da ABNT NBR 6118:2014

A norma brasileira ABNT NBR 8953:2015 define os concretos para fins estruturais, classificando-os em dois grupos de resistência, sendo apresentada, na Tabela 1.2, as referidas classes e suas respectivas resistência à compressão.

Tabela 1.2: Classes de resistência de concretos estruturais, segundo ABNT NBR 8953:2015

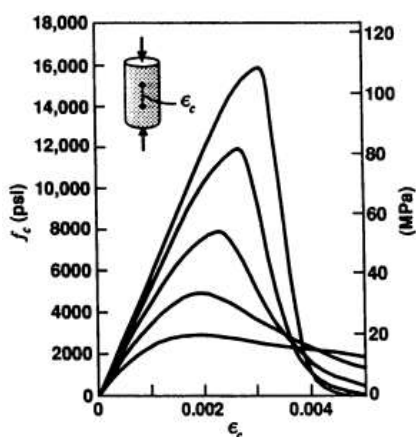
GRUPO	CLASSE	Resistência característica à compressão (MPa)	GRUPO	CLASSE	Resistência característica à compressão (MPa)
I	C – 20	20	II	C – 55	55
	C – 25	25		C – 60	60
	C – 30	30		C – 70	70
	C – 35	35		C – 80	80
	C – 40	40		C – 90	90
	C – 45	45		C – 100	100
	C – 50	50			

Fonte: ABNT NBR 8953:2015

Nos concretos de alta resistência, estes pertencentes ao grupo II da ABNT NBR 8953:2004, a ABNT NBR 6118:2014 limita-os a classe de resistência $C – 90$ e acrescenta três classes intermediárias: $C – 65$, $C – 75$ e $C – 85$. Para as análises e contribuições contidas nesta dissertação será adotada a definição de classes de concreto apresentada na ABNT NBR 6118:2014 e compatibilizando pela ABNT NBR 8953:2015.

A medida que a resistência à compressão do concreto aumenta, é característico o aumento do módulo de deformação longitudinal, isto devido a elevação do pico de resistência de forma íngreme e mais linear. Conforme Figura 1.1. Sendo ϵ_c a deformação no concreto e f_c a resistência á compressão.

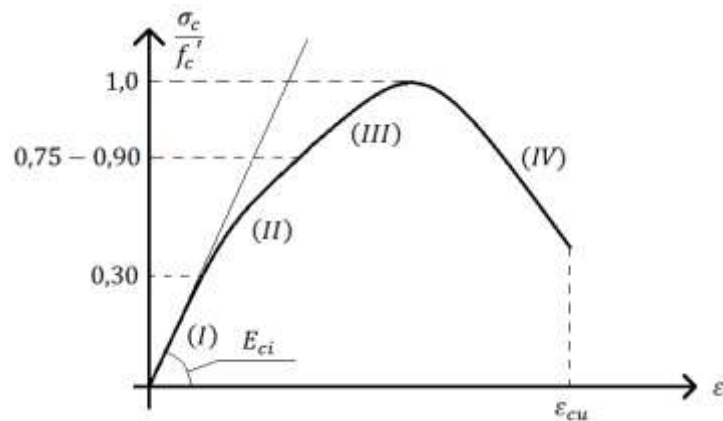
Figura 1.1: Tensão x Deformação dos concretos de alta resistência



Fonte: (COLLINS et al. , 1993)

A partir das discussões apresentadas em Chen (2007) o diagrama de tensão x deformação do concreto relativo a força compressiva máxima f_c' apresenta quatro trechos distintos de funcionamento estrutural da peça de concreto. Sendo o trecho (I) a parte elástica-linear; refletindo pela tangente, o módulo de elasticidade inicial E_{ci} e limitada a 30% da força compressiva máxima do concreto. O trecho (II) limita-se até 75% a 90% da força f_c' e caracterizada pelo crescimento da curvatura. Após o limite de $0,90 \cdot f_c'$ a curvatura aumenta de maneira mais efetiva até atingir a máxima atuação da força compressiva f_c' , caracterizando o trecho (III). A deformação máxima antes do esmagamento do concreto ϵ_{cu} será atingida após o trecho (IV) que configura-se pelo formato decrescente. Conforme Figura 1.2.

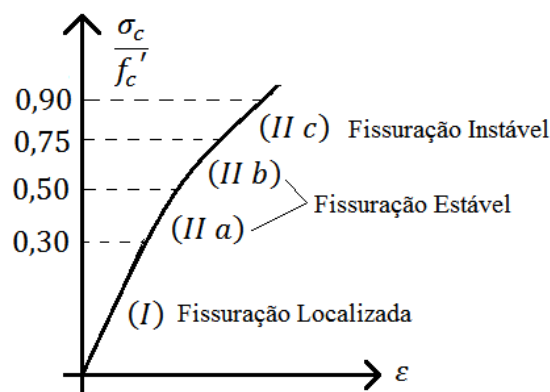
Figura 1.2: Definição dos trechos no diagrama de tensão x deformação do concreto



Fonte: Adaptado de (CHEN, 2007)

A curva de tensão x deformação é função dos mecanismos de microfissuras internas e progressiva. Conforme Figura 1.3.

Figura 1.3: Detalhamento dos trechos (I) e (II) do diagrama de tensão x deformação do concreto



Fonte: Adaptado de (CHEN, 2007)

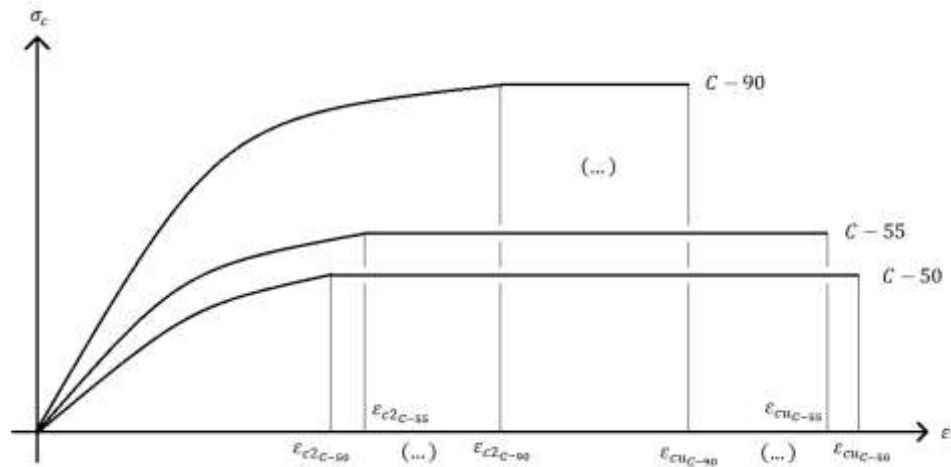
Segundo Chen (2007 apud Kotosovos e Newman, 1977) no diagrama de tensão x deformação no trecho (I); conforme Figura (1.3), que limita-se até $0,30 \cdot f_c'$, as fissuras existentes no concreto são praticamente idênticas a configuração descarregada do elemento de concreto. Indicando que a energia interna é inferior a energia requerida para aumentar a configuração fissurada. Sendo este trecho denominado de Fissuração Localizada e configurante do limite do funcionamento elástico.

Ainda segundo Chen (2007 apud Kotosovos e Newman, 1977) no trecho (II a), apresentado na Figura 1.3, as fissuras são extendidas devido ao incremento de tensões no limite do concreto não fissurado. Neste trecho é característico o equilíbrio entre a energia interna e a energia necessária para fissuração, ocorrendo propagação estável. Algo é que atingirá seu estado final de fissuração mesmo que a tensão seja mantida constante.

Por fim em concordância com Chen (2007 apud Kotosovos e Newman, 1977) no trecho (II b) surge a fissuração da argamassa e ocorre o crescimento gradual das fissuras. Se a carga for aplicada constantemente as fissuras continuam a propagarem-se, porém com taxa decrescente até atingir o estado final. No trecho (II c) as fissuras atingem o comprimento crítico. Para ambos os trechos a energia interna disponível é superior a energia requerida á fissuração, configurando um sistema instável. A 75% da força máxima compressiva f_c' inicia a propagação instável das fissuras.

O diagrama de tensão x deformação do concreto é decrescente após a tensão de pico, porém para efeito de cálculo considera-se o efeito parabólico no trecho ascendente e uma função constante a partir de uma deformação específica ε_{c2} ; sendo crescente ao passo que eleva-se a classe de resistência do concreto, isto devido a ocorrência da tensão de pico adiantar ao crescer a resistência. Já a consideração de linearidade após a tensão de pico será limitada a deformação ε_{cu} ; onde esta é decrescente ao acréscimo de resistência no concreto, este decrescimento na extensão de atuação da função deve-se a compensação das áreas do diagrama de tensão x deformação. Conforme apresentado na Figura 1.4.

Figura 1.4: Diagrama Tensão x Deformação dos concretos de alta resistência



As deformações específicas ε_{c2} e ε_{cu} são definidas em conformidade do EUROCODE 02 (pr EN 1992-1-1:2004) e a ABNT NBR 6118:2014, por:

$$\varepsilon_{c2} = \begin{cases} 2\text{‰} & \text{Para } C \leq C - 50 \\ 2\text{‰} + 0,085\text{‰} \cdot (f_{ck} - 50)^{0,53} & \text{Para } C - 55 \leq C \leq C - 90 \end{cases}$$

$$\varepsilon_{cu} = \begin{cases} 3,5\text{‰} & \text{Para } C \leq C - 50 \\ 2,6\text{‰} + 3,5\text{‰} \cdot \left[\frac{(90 - f_{ck})}{100} \right]^4 & \text{Para } C - 55 \leq C \leq C - 90 \end{cases} \quad (1.1 \text{ a} - \text{b})$$

Onde:

$$n = \begin{cases} 2 & \text{Para } C \leq C - 50 \\ 1,4 + 23,4 \cdot \left[\frac{(90 - f_{ck})}{100} \right]^4 & \text{Para } C - 55 \leq C \leq C - 90 \end{cases} \quad (1.2)$$

Sendo apresentado na Tabela 1.3 os valores das deformações específicas de encurtamento do concreto no início do patamar plástico ε_{c2} e de encurtamento na ruptura ε_{cu} e o expoente n em função das classes de resistência do concreto admitidas na ABNT NBR 6118:2014.

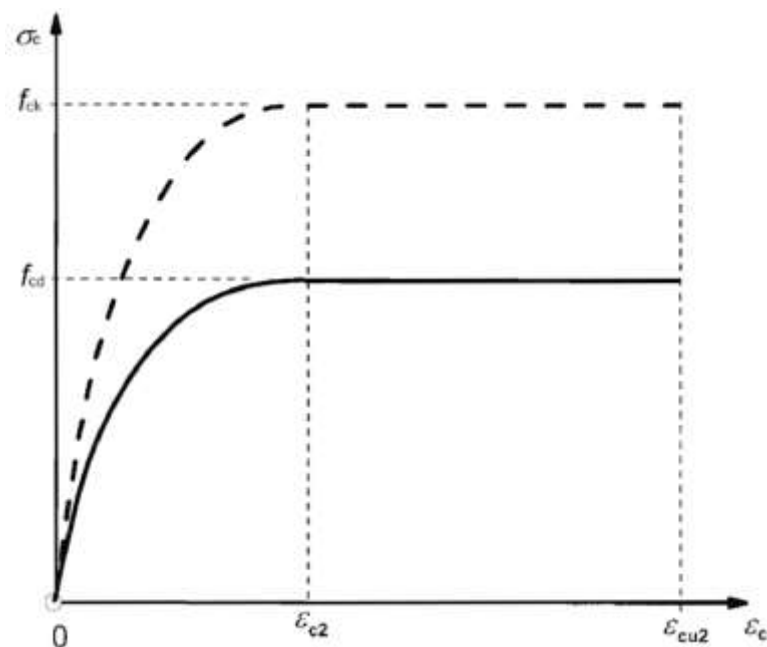
Tabela 1.3: Deformações específicas ε_{c2} e ε_{cu} e o expoente n em função das classes de resistência do concreto

	$C \leq 50$	$C - 55$	$C - 60$	$C - 65$	$C - 70$	$C - 75$	$C - 80$	$C - 85$	$C - 90$
$\varepsilon_{c2}(\text{‰})$	2,00000	2,19947	2,28802	2,35707	2,41588	2,46809	2,51558	2,55947	2,60050
$\varepsilon_{cu}(\text{‰})$	3,50000	3,12522	2,88350	2,73672	2,65600	2,61772	2,60350	2,60022	2,60000
n	2,00000	1,75115	1,58954	1,49141	1,43744	1,41185	1,40234	1,40015	1,40000

1.2.2. DIAGRAMA TENSÃO VERSUS DEFORMAÇÃO DO CONCRETO SEGUNDO EUROCODE 02 (pr EN 1992-1-1:2004)

O diagrama de tensão x deformação do concreto é apresentado no EUROCODE 02 (pr EN 1992-1-1:2004) com o funcionamento parabólico até a deformação ε_{c2} e constante até a deformação última ε_{cu2} . Para o dimensionamento será utilizada a curva com a tensão de cálculo do concreto f_{cd} . Sendo apresentado na Figura 1.5 o referido diagrama.

Figura 1.5: Diagrama de tensão x deformação do concreto, segundo o Eurocode 02



Fonte: (EUROCODE 02, 2004)

A tensão no concreto σ_c será definida em função das deformações específicas ε_{c2} e ε_{cu2} , por:

$$\sigma_c = f_{cd} \cdot \left[1 - \left(1 - \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{c2}} \right)^n \right] \quad ; \quad 0 \leq \varepsilon_c \leq \varepsilon_{c2}$$

$$\sigma_c = f_{cd} \quad ; \quad \varepsilon_{c2} \leq \varepsilon_c \leq \varepsilon_{cu2} \quad (1.3 a - b)$$

Onde n é apresentado na equação (1.2)

A tensão resistente de cálculo no concreto f_{cd} será a minoração da resistência característica do concreto f_{ck} por 1,5. Sendo este valor de minoração

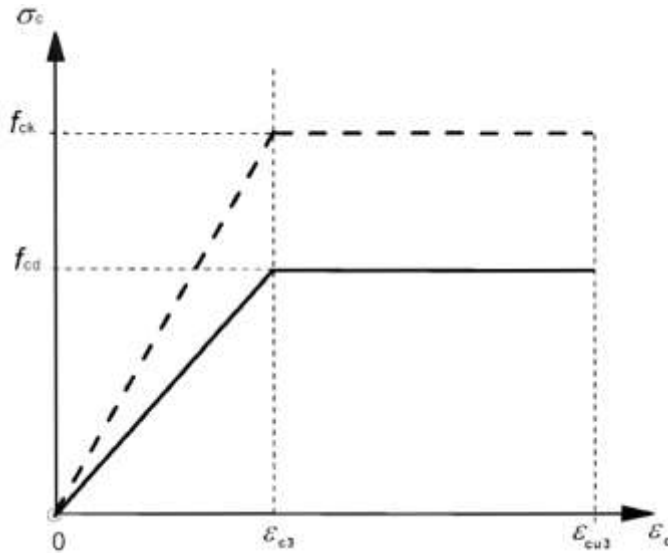
apresentado no EUROCODE 02 (pr EN 1992-1-1:2004) para as cargas não acidentais. As deformações ε_{c2} e ε_{cu2} são definidas por um valor único para concretos de classes de resistência até $C - 50$ e funções para o intervalo da alta resistência, no caso de $C - 55$ a $C - 90$. Sendo então:

$$\varepsilon_{c2} = \begin{cases} 2,0\text{‰} & ; \quad f_{ck} \leq 50 \text{ MPa} \\ 2,0\text{‰} + 0,085\text{‰} \cdot (f_{ck} - 50)^{0,53} & ; \quad f_{ck} \geq 55 \text{ MPa} \end{cases}$$

$$\varepsilon_{cu2} = \begin{cases} 3,5\text{‰} & ; \quad f_{ck} \leq 50 \text{ MPa} \\ 2,6\text{‰} + 35\text{‰} \cdot \left[\frac{(90 - f_{ck})}{100} \right]^4 & ; \quad f_{ck} \geq 55 \text{ MPa} \end{cases} \quad (1.4 \text{ a} - \text{b})$$

Para simplificar o equacionamento matemático, o Eurocode 02 (2004) permite duas possíveis simplificações no diagrama apresentado na Figura 1.5. A primeira simplificação impõe o funcionamento de uma reta ao invés do relacionamento parabólico da tensão e deformação do concreto. Caracterizando assim o diagrama bilinear, porém com deformações limitantes diferentes, sendo ε_{c3} menor que ε_{c2} e ε_{cu3} igual a ε_{cu2} . Conforme Figura 1.6.

Figura 1.6: Diagrama bilinear de tensão x deformação do concreto, segundo o Eurocode 02



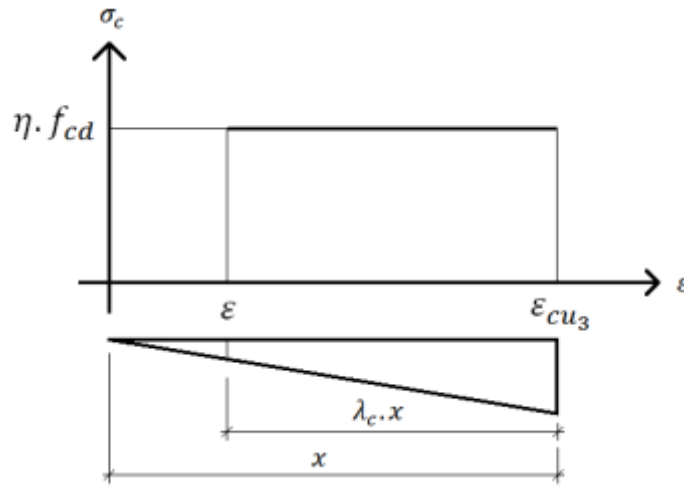
Fonte: (EUROCODE 02, 2004)

A deformação ε_{c3} é definida como:

$$\varepsilon_{c3} = \begin{cases} 1,75\text{‰} & ; \quad f_{ck} \leq 50 \text{ MPa} \\ 1,75\text{‰} + 0,55\text{‰} \cdot \left[\frac{(f_{ck} - 50)}{40} \right] & ; \quad f_{ck} \geq 55 \text{ MPa} \end{cases} \quad (1.5)$$

A segunda simplificação consiste em substituir a área de compressão apresentada no diagrama da Figura 1.5 do formato parábola – retângulo por um retangular de extensão reduzida, porém com início defasado da origem da compressão. Conforme apresentado na Figura 1.7.

Figura 1.7: Diagrama retangular de tensão x deformação do concreto, segundo o Eurocode 02



Fonte: Adaptado de (EUROCODE 02, 2004)

Onde x é a profundidade da linha neutra e os parâmetros η e λ são apresentados com a mesma característica das deformações, sendo único até concreto de classe até C – 50 e uma função nas classes de resistência superior. Assim:

$$\lambda_c = \begin{cases} 0,8 & ; \quad f_{ck} \leq 50 \text{ MPa} \\ 0,8 - \left[\frac{(f_{ck} - 50)}{400} \right] & ; \quad f_{ck} \geq 55 \text{ MPa} \end{cases}$$

$$\eta = \begin{cases} 1,0 & ; \quad f_{ck} \leq 50 \text{ MPa} \\ 1,0 - \left[\frac{(f_{ck} - 50)}{200} \right] & ; \quad f_{ck} \geq 55 \text{ MPa} \end{cases} \quad (1.6 a - b)$$

A deformação ε será definida por:

$$\varepsilon = \varepsilon_{cu3} \cdot (1 - \lambda_c) \quad (1.7)$$

Para análise da eficiência das simplificações permitidas pelo Eurocode 02 (2004) será verificada a compatibilidade nas áreas pertencentes aos diagramas apresentados nas Figuras 1.5, 1.6 e 1.7.

A área no diagrama apresentado na Figura 1.5 será obtida pelo somatório das áreas sob a curva parabólica A_{a1} e sob o trecho reto A_{a2} . Sendo a área sob a curva parabólica obtida via integração da função apresentada na equação (1.3 a) e utilizando as integrais genéricas resolvidas no manual de fórmulas da coleção Schaum (2010).

$$A_{a1} = f_{cd} \cdot (\varepsilon_{cu2} - \varepsilon_{c2})$$

$$A_{a2} = f_{cd} \cdot \varepsilon_{c2} \cdot \frac{n}{n+1}$$

$$A_a = A_{a1} + A_{a2} \quad (1.8 \text{ a} - c)$$

A área sob o diagrama da primeira simplificação apresentado na Figura 1.6 será o somatório das áreas sob o trecho reto A_{b1} e a área A_{b2} no trecho constante. Sendo o primeiro trecho até a deformação ε_{c3} e o segundo trecho contido entre as deformações ε_{c3} e ε_{cu3} . Assim:

$$A_{b1} = f_{cd} \cdot \frac{\varepsilon_{cu3}}{2}$$

$$A_{b2} = f_{cd} \cdot (\varepsilon_{cu3} - \varepsilon_{c3})$$

$$A_b = A_{b1} + A_{b2} \quad (1.9 \text{ a} - c)$$

A área sob o diagrama da segunda simplificação apresentado na Figura 1.7 será em função das deformações ε_{cu3} e ε , definido por:

$$A_c = \eta \cdot f_{cd} \cdot (\varepsilon_{cu3} - \varepsilon) \quad (1.10)$$

Na Tabela 1.4 é disposta as áreas pertinentes as três configurações do diagrama de tensão x deformação do concreto (A_a , A_b e A_c), em função da classe de resistência do concreto.

Tabela 1.4: Áreas sob os diagramas de tensão x deformação dos concretos admitidos pelo Eurocode 02

	C – 50	C – 55	C – 60	C – 70	C – 80	C – 90
$A_a (m^2)$	94,44444	85,27739	79,99751	77,69278	83,00601	90,98750
$A_b (m^2)$	87,50000	81,24765	77,59000	76,69667	81,18667	87,00000
$A_c (m^2)$	93,33333	87,98471	84,91908	83,66400	85,56837	87,36000

Admitindo-se como parâmetro para comparativo a área do diagrama apresentado na Figura 1.5 A_a , percebe-se a apresentação de áreas menores na primeira simplificação A_b e na segunda simplificação é notório redução da área A_c apenas nos concretos de classe $C - 50$ e $C - 90$, ocorrendo acréscimo de área nas demais classes. Sendo apresentado na Tabela 1.5 a porcentagem de decréscimo ou aumento ao longo das classes de resistência do concreto.

Tabela 1.5: Comparativo das áreas em relação ao diagrama parábola – retângulo da tensão de compressão do concreto pelo Eurocode 02

	$C - 50$	$C - 55$	$C - 60$	$C - 70$	$C - 80$	$C - 90$
Variação de A_b (%)	Diminui	Diminui	Diminui	Diminui	Diminui	Diminui
	7,35	4,73	3,01	1,28	2,19	4,38
Variação de A_c (%)	Diminui	Aumenta	Aumenta	Aumenta	Aumenta	Diminui
	1,18	3,18	6,15	7,69	3,09	3,99

A segunda aproximação é expressivamente mais a favor da segurança que a primeira aproximação, uma vez que nas classes $C - 50$ e $C - 90$ onde apresenta redução na compressão em relação a curva exata apresentada na Figura 1.5 é significativamente menor nos concretos $C - 50$ e relativamente inferior na classe $C - 90$. Além da pequena redução nas classes $C - 50$ e $C - 90$, é observado o acréscimo nas demais classes de resistência do concreto.

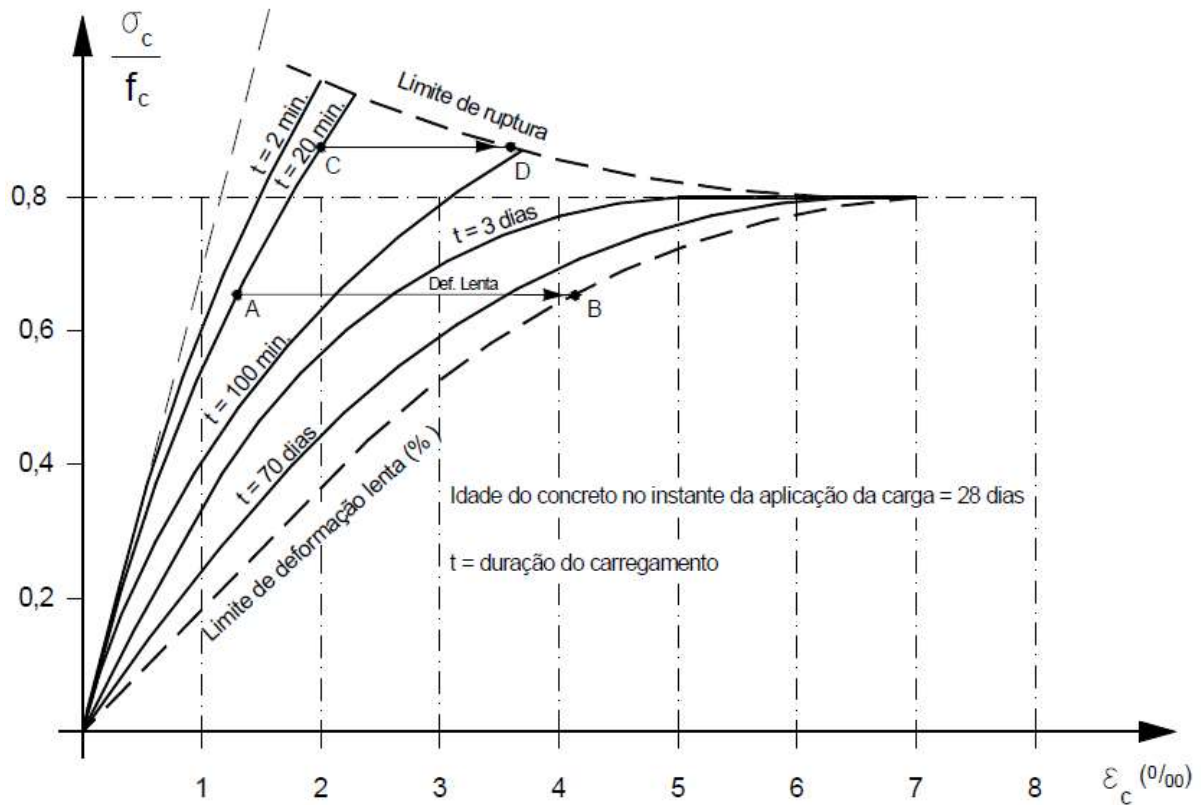
1.2.3. DIAGRAMA TENSÃO VERSUS DEFORMAÇÃO DO CONCRETO SEGUNDO ABNT NBR 6118:2014

O ensaio para obtenção da resistência à compressão é realizado via carga compressiva no topo de corpos de prova de seção transversal circular. Convém observar que a velocidade de aplicação do carregamento interfere no valor obtido de resistência.

Pautado nesta interferência da velocidade de aplicação da carga na mensuração da resistência à compressão do concreto, então Giongo (2009 apud Rüsck, 1975) analisou este fenômeno em vista ao limite de ruptura e o limite de

deformação lenta e observa-se que a uma tensão de 80% da tensão de ruptura ocorre a convergência entre as duas curvas: a curva limite de ruptura e a curva limite de deformação lenta. Isto conforme mostrado na Figura 1.8.

Figura 1.8: Diagrama tensão x deformação do concreto sob efeito Rüschi

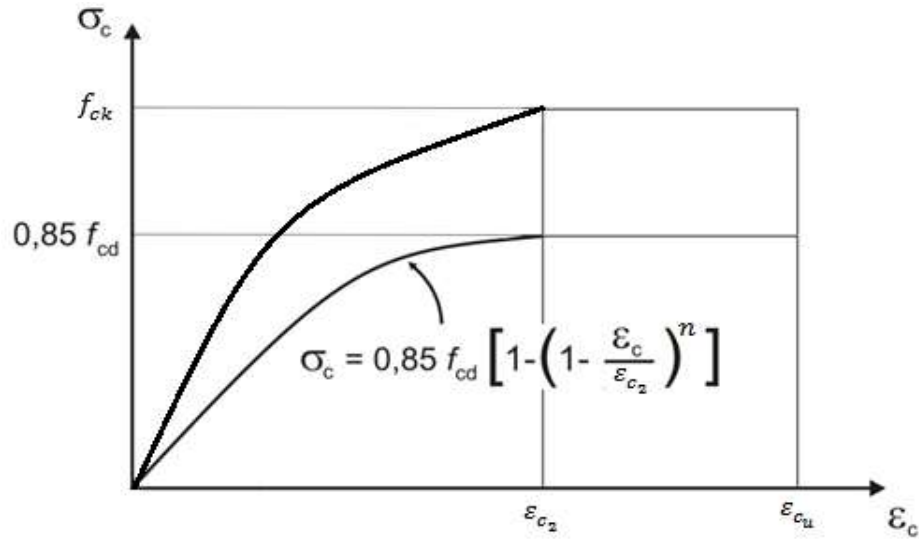


Fonte: (GIONGO, 2009)

Em suma o Efeito Rüschi implica que o tempo de aplicação de carga para se alcançar a ruptura é inversamente proporcional a resistência do concreto. Apesar do valor de convergência de 80%; deve-se aplicar a tensão resistente do concreto o fator de 85%, isto proporcionado pela elevação da resistência do concreto ao longo do tempo e a influência do formato cilíndrico do corpo de prova.

Assim a ABNT NBR 6118:2014 define o diagrama de tensão x deformação do concreto para as deformações ε_{c2} , específica de encurtamento do concreto no início do patamar plástico e ε_{cu} , específica de encurtamento do concreto na ruptura. Conforme indicado na Figura 1.9.

Figura 1.9: Diagrama tensão x deformação do concreto, segundo ABNT NBR 6118:2014



Fonte: Adaptado de (ABNT NBR 6118:2014)

A tensão no concreto σ_c será definida em função das deformações específicas ε_{c2} e ε_{cu} , por:

$$\sigma_c = 0,85 \cdot f_{cd} \cdot \left[1 - \left(1 - \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{c2}} \right)^n \right] \quad ; \quad 0 \leq \varepsilon_c \leq \varepsilon_{c2}$$

$$\sigma_c = f_{cd} \quad ; \quad \varepsilon_{c2} \leq \varepsilon_c \leq \varepsilon_{cu} \quad (1.11 \text{ a} - \text{b})$$

Onde n é apresentado na equação (1.2)

As deformações específicas ε_{c2} e ε_{cu} são definidos para os concretos até classe de resistência $C - 50$, por:

$$\varepsilon_{c2} = 2\text{‰} \quad ; \quad f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon_{cu} = 3,5\text{‰} \quad ; \quad f_{ck} \leq 50 \text{ MPa} \quad (1.12 \text{ a} - \text{b})$$

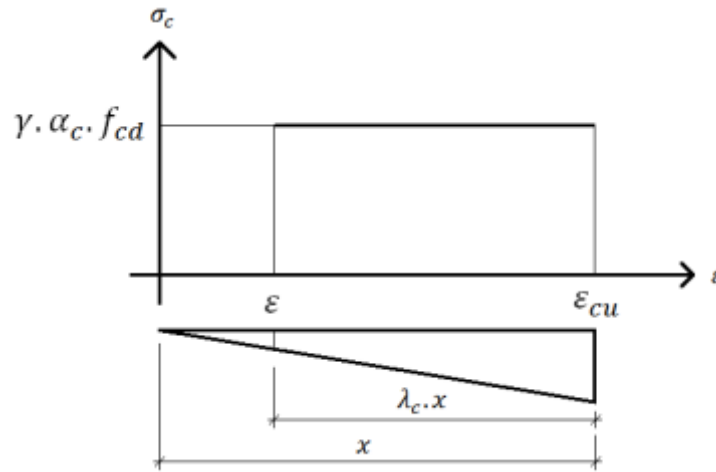
A principal contribuição da atualização da norma brasileira de projeto de estruturas de concreto armado e protendido, a ABNT NBR 6118:2014, são os Concretos de Alta Resistência. Estes das Classes $C - 55$ a $C - 90$; para as quais, as deformações específicas são definidas por:

$$\varepsilon_{c2} = 2\text{‰} + 0,085\text{‰} \cdot (f_{ck} - 50)^{0,53} \quad ; \quad f_{ck} \geq 55 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon_{cu} = 2,6\text{‰} + 35\text{‰} \cdot \left[\frac{(90 - f_{ck})}{100} \right]^4 \quad ; \quad f_{ck} \geq 55 \text{ MPa} \quad (1.13 \text{ a} - \text{b})$$

A referida norma permite uma simplificação para o diagrama de tensão x deformação do concreto, apresentado na Figura 1.9. Consistindo esta simplificação em retangularizar o diagrama parábola-retângulo. Sendo aplicado um retângulo a partir de certa deformação ε até a deformação de ruptura ε_{cu} , onde o intervalo de atuação será minorado da profundidade da linha neutra x por um coeficiente λ_c . Conforme indicado na Figura 1.10.

Figura 1.10: Diagrama retangular de tensão x deformação do concreto, segundo ABNT NBR 6118:2014



Fonte: Adaptado de (ABNT NBR 6118:2014)

A deformação ε será definida por:

$$\varepsilon = \varepsilon_{cu} \cdot (1 - \lambda_c) \quad (1.14)$$

Onde para seções retangulares γ vale 1,0. Já os demais coeficientes definidos em função das classes de resistência do concreto, assim:

$$\lambda_c = \begin{cases} 0,8 & ; \quad f_{ck} \leq 50 \text{ MPa} \\ 0,8 - \frac{(f_{ck} - 50)}{400} & ; \quad f_{ck} \geq 55 \text{ MPa} \end{cases}$$

$$\alpha_c = \begin{cases} 0,85 & ; \quad f_{ck} \leq 50 \text{ MPa} \\ 0,85 \cdot \left[1 - \frac{(f_{ck} - 50)}{200} \right] & ; \quad f_{ck} \geq 55 \text{ MPa} \end{cases} \quad (1.15 \text{ a} - \text{b})$$

A área no diagrama apresentado na Figura 1.9 será obtida pelo somatório das áreas sob a curva parabólica A_{a1} e sob o trecho reto A_{a2} . Sendo a área sob a curva parabólica obtida via integração da função apresentada na equação (1.11 a) e

utilizando as integrais genéricas resolvidas no manual de fórmulas da coleção Schaum (2010).

$$A_{a1} = 0,85 \cdot f_{cd} \cdot (\varepsilon_{cu} - \varepsilon_{c2})$$

$$A_{a2} = 0,85 \cdot f_{cd} \cdot \varepsilon_{c2} \cdot \frac{n}{n+1}$$

$$A_a = A_{a1} + A_{a2} \quad (1.16 \text{ a} - \text{c})$$

A área sob o diagrama para a simplificação apresentado na Figura 1.10 será em função das deformações ε_{cu} e ε , definido por:

$$A_c = \alpha_c \cdot \lambda_c \cdot f_{cd} \cdot (\varepsilon_{cu} - \varepsilon) \quad (1.17)$$

Na Tabela 1.6 é disposta as áreas pertinentes as duas configurações do diagrama de tensão x deformação do concreto (A_a e A_c), em função da classe de resistência do concreto.

Tabela 1.6: Áreas sob os diagramas de tensão x deformação dos concretos admitidos pela ABNT NBR 6118:2014

	C – 50	C – 55	C – 60	C – 70	C – 80	C – 90
$A_a \text{ (m}^2\text{)}$	86,01190	77,66334	72,85487	70,75593	75,59476	82,86362
$A_c \text{ (m}^2\text{)}$	68,00000	63,91091	61,51345	60,32025	61,48316	62,65350

Admitindo-se como parâmetro para comparativo a área do diagrama apresentado na Figura 1.9 A_a , percebe-se notória redução da área A_c em todas as classes de resistência dos concretos. É relevante observar a redução média de 18,67% na área comprimida de concreto. Sendo apresentado na Tabela 1.7 a porcentagem de decréscimo das áreas ao longo das classes de resistência do concreto.

Tabela 1.7: Comparativo das áreas em relação ao diagrama parábola – retângulo da tensão de compressão do concreto pela ABNT NBR 6118:2014

	C – 50	C – 55	C – 60	C – 70	C – 80	C – 90
Variação de A_c (%)	Diminui	Diminui	Diminui	Diminui	Diminui	Diminui
	20,94	17,71	15,57	14,75	18,67	24,39

1.2.4. ALTERAÇÕES NAS PROPRIEDADES DO CONCRETO NA ABNT NBR 6118:2014

A principal contribuição da ABNT NBR 6118:2014 foi a incorporação dos Concretos de Alta Resistência, sendo estes da classe $C - 55$ a $C - 90$. Para tanto foram mantidos o mesmo funcionamento para os concretos de classe de resistência até $C - 50$. As mudanças são nas propriedades do concreto, dentre elas: a Resistência à Tração, Módulo de Elasticidade e o Diagrama de Tensão x Deformação.

Para a resistência do concreto à tração direta característica inferior $f_{ctk,inf}$ e a resistência à tração superior $f_{ctk,sup}$, a formulação foi mantida a mesma e em função da resistência à tração média $f_{ct,m}$. Esta última apresenta a mesma configuração até os concretos $C - 50$ e acrescentado o funcionamento para os Concretos de Alta Resistência. Ressaltando que $f_{ct,m}$ e a resistência à compressão do concreto f_{ck} são expressos em megapascal (MPa), por:

$$f_{ctk,inf} = 0,7 \cdot f_{ct,m}$$

$$f_{ctk,sup} = 1,3 \cdot f_{ct,m}$$

$$f_{ct,m} = \begin{cases} 0,3 \cdot f_{ck}^{2/3} & ; \quad f_{ck} \leq 50MPa \\ 2,12 \cdot \ln(1 + 0,11 \cdot f_{ck}) & ; \quad f_{ck} \geq 55MPa \end{cases} \quad (1.18 \text{ a} - c)$$

Ao cálculo do Módulo de Elasticidade Inicial E_{ci} foi acrescentado além do efeito dos Concretos de Alta Resistência, a influência do agregado graúdo via coeficiente α_E . O Módulo de Elasticidade Inicial e a resistência f_{ck} são expressos em megapascal (MPa), por:

$$E_{ci} = \begin{cases} \alpha_E \cdot 5600 \cdot \sqrt{f_{ck}} & ; \quad f_{ck} \leq 50MPa \\ 21,5 \cdot 10^3 \cdot \alpha_E \cdot \left(\frac{f_{ck}}{10} + 1,25 \right)^{1/3} & ; \quad f_{ck} \geq 55MPa \end{cases} \quad (1.19)$$

Onde:

$$\alpha_E = \begin{cases} 1,2 & \text{para Basalto e Diabásio} \\ 1,0 & \text{para Granito e Gnaisse} \\ 0,9 & \text{para Calcário} \\ 0,7 & \text{para Arenito} \end{cases}$$

O Módulo de Elasticidade Secante E_{cs} foi totalmente alterado, sendo função da classe do concreto e sem retomar a formulação da ABNT NBR 6118:2003. Portanto o Módulo de Elasticidade Secante é expresso, em MPa, por:

$$E_{cs} = \alpha_i \cdot E_{ci}$$

$$\alpha_i = 0,8 + 0,2 \cdot \frac{f_{ck}}{80} \leq 1,0 \quad (1.20 \text{ a} - \text{b})$$

O coeficiente de Poisson ν foi mantido como igual a 0,2. Porém o Módulo de Elasticidade Transversal G_c foi alterado para:

$$G_c = \frac{E_{cs}}{2,4} \quad (1.21)$$

O Diagrama de Tensão x Deformação do concreto foi modificado para que as deformações específicas sejam compatibilizadas pela classe de resistência do concreto, agregando assim os Concretos de Alta Resistência, conforme explicado no item 1.2.3 desta dissertação.

1.2.5. EVOLUÇÃO BIBLIOGRÁFICA

O funcionamento estrutural dos elementos de concreto armado submetidos à flexão composta normal será equacionado na análise ao longo dos domínios de deformação. O processamento matemático do problema físico é adaptável as constantes evoluções das ferramentas de cálculo estrutural e da evolução na reologia do concreto, a exemplo a expansão dos programas computacionais de

cálculo e do acréscimo de classes de resistência à compressão do concreto, repectivamente.

Em Venturini e Rodrigues (1987) é procedido o cálculo da taxa de armadura para seções retangulares dos concretos até $C - 50$ sob flexão composta reta. Neste período vigorava a ABNT NBR 6118:1978, que regulamentava a utilização de concretos com resistências à compressão até 50 MPa.

Em boa parte da literatura sobre o assunto dos procedimentos matemáticos necessários à confecção das tabelas interativas e ábacos são expostos com uma breve ilustração. A exemplificar Sussekind (1987) no curso de concreto armado volume II, onde disserta sobre o dimensionamento dos pilares. Todavia é importante lembrar que em Fusco (1981) já eram adotados os conceitos pertinentes a solicitações normais no estado limite último (ELU).

Importantes contribuições nesta área são as do professor Lauro Modesto dos Santos, em particular em Santos (1981) na determinação dos ábacos e tabelas de interação para diversas seções, dentre elas: retangulares, rômbricas, triangulares, circulares, em coroa de círculo e retangulares vazadas. Valendo salientar que até a vigência da ABNT NBR 6118:2003 era necessário apenas gerar as análises para a configuração de concretos até $C - 50$. Após a vigência da ABNT NBR 6118:2014 a formulação matemática necessita de expansão para as elevadas classes de resistência do concreto até $C - 90$. A relevância desta dissertação é embasada na adequação da formulação e equacionamento para a flexão composta normal.

São, também, dignos de nota os trabalhos apresentados por Montoya et. al (2000), por Araújo (2003) e Barbosa (2011). Apesar dos dois últimos sob a vigência da ABNT NBR 6118:2003, em ambos há a demonstração comentada dos processos pertinentes ao equilíbrio em esforços e deformações da seção. O processamento é conduzido ao longo dos domínios de deformação: (1), (2a), (2b), (3), (4), (4a) e (5), caracterizando em outras palavras desde a flexo – tração até a flexo – compressão retas.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GERAL

Obter as tabelas de interação da taxa de armadura, em função de (μ, ν) , para a flexão composta normal em elementos de concreto armado até a classe de resistência $C - 90$, segundo a ABNT NBR 6118:2014.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

São objetivos específicos desta dissertação os seguintes:

- Obter o equacionamento das grandezas de interesse para o estudo das seções de concreto armado submetida à flexão composta normal nos domínios de deformação, da flexo – tração a flexo – compressão, para 2 e 3 camadas de armaduras e
- Gerar as tabelas à flexão composta normal para os concretos até $C - 90$.

1.4. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Em primeira análise, no capítulo 2, é apresentado o dimensionamento de pilares sob ação de flexão composta normal e a contextualização dos parâmetros envolvidos, bem como a rotina de cálculo.

No capítulo 3, são analisados os domínios de deformação da seção de concreto armado, onde além da definição do intervalo de ocorrência de cada um deles são definidos também os esforços ativados e decorrente quantificação.

Para as configurações de 2 e 3 camadas de armadura na seção transversal retangular é realizado no capítulo 4, o equacionamento das taxas de armadura na flexo – tração, ou seja, no domínio de deformação (1).

No capítulo 5, procede-se o equacionamento para taxas de armadura na flexo – compressão, variando os domínios (2a), (2b), (3), (4), (4a) e (5) para as três configurações de armadura na seção transversal retangular.

As tabelas resultantes dos equacionamentos efetuados nos capítulos 4 e 5 são apresentadas no capítulo 6. A tabulação dos resultados obtidos confere praticidade ao desenvolvimento dos projetos estruturais de elementos sob a flexão composta normal.

No capítulo 7, são apresentadas duas aplicações numéricas: a primeira referente à utilização das tabelas na flexo – tração e a segunda na flexo – compressão. Oportunidade que percebe-se que a tabulação confere praticidade e agrega eficiência.

CAPÍTULO 2

DIMENSIONAMENTO DE PILARES SUBMETIDOS A FLEXÃO COMPOSTA NORMAL

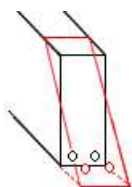
2.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

Segundo Cruz (2012) e Lucena (2011), os esforços resistentes das seções das estruturas analisadas em função dos esforços normal e momento fletor. Deste modo, o dimensionamento das armaduras longitudinais deve garantir o equilíbrio dos esforços resistentes (N_{Rd}, M_{Rd}), de maneira que a envoltória de esforços solicitantes (N_{Sd}, M_{Sd}) oriundos da análise estrutural seja no mínimo iguais a capacidade resistente.

A análise dos esforços resistentes para seções dos pilares levará em conta as seguintes hipóteses básicas:

- a) As seções transversais se mantêm planas após a deformação sofrida, vide Figura 2.1;

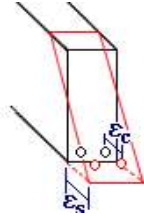
Figura 2.1: Planicidade da seção após a deformação



Fonte: (MELO, 2013)

- b) A deformação do aço ε_s e do concreto ε_c adjacente é igual, por conta da aderência entre os dois materiais, conforme Figura 2.2.

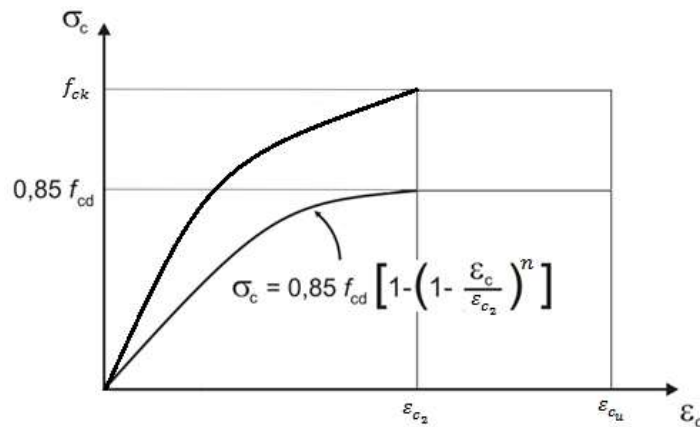
Figura 2.2: Deformações ocorridas na seção de concreto armado



Fonte: (MELO, 2013)

- c) As tensões resistentes do concreto na tração são desprezadas obrigatoriamente no estado limite último (ELU);
- d) A distribuição das tensões de compressão no concreto é representado pelo diagrama parábola-retângulo, definido na ABNT NBR 6118:2014, conforme Figura 2.3;

Figura 2.3: Diagrama tensão versus deformação idealizado para o concreto



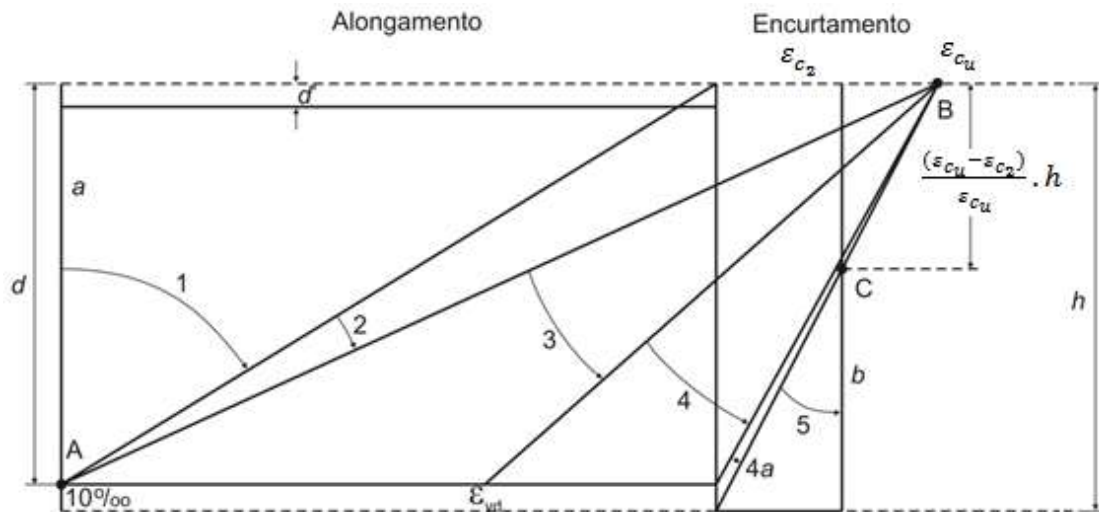
Fonte: Adaptado de (ABNT NBR 6118:2014)

Sendo:

$$\begin{aligned}
 n &= \begin{cases} 2 & \text{Para } C \leq C - 50 \\ 1,4 + 23,4 \cdot \left[\frac{(90 - f_{ck})}{100} \right]^4 & \text{Para } C - 55 \leq C \leq C - 90 \end{cases} \\
 \varepsilon_{c2} &= \begin{cases} 2\text{‰} & \text{Para } C \leq C - 50 \\ 2\text{‰} + 0,085\text{‰} \cdot (f_{ck} - 50)^{0,53} & \text{Para } C - 55 \leq C \leq C - 90 \end{cases} \\
 \varepsilon_{cu} &= \begin{cases} 3,5\text{‰} & \text{Para } C \leq C - 50 \\ 2,6\text{‰} + 35\text{‰} \cdot \left[\frac{(90 - f_{ck})}{100} \right]^4 & \text{Para } C - 55 \leq C \leq C - 90 \end{cases} \quad (2.1 a - c)
 \end{aligned}$$

- e) O diagrama parábola-retângulo da distribuição de tensões de compressão no concreto, pode ser substituído por um diagrama retangular;
- f) O encurtamento de ruptura do concreto em seções não comprimidas inteiramente é de ε_{cu} ;
- g) O alongamento máximo permitido ao longo da armadura de tração é de 10,0‰, para evitar deformações plásticas excessivas e
- h) O estado limite último ocorre quando a distribuição das deformações na seção transversal pertencer a um dos domínios definidos na norma em análise, conforme apresentado na Figura 2.4.

Figura 2.4: Domínios de estado limite último de uma seção transversal



Fonte: Adaptado de (ABNT NBR 6118:2014)

2.2. PARÂMETROS DE DIMENSIONAMENTO DE PILARES

A ABNT NBR 6118:2014 limita a menor dimensão admissível de 14 cm e a dimensão mínima de um pilar em 19 cm sem a majoração das cargas atuantes pelo coeficiente " γ_n ":

$$\gamma_n = 1,95 - 0,05 \cdot b_w \quad (2.2)$$

A norma ABNT NBR 6118:2014 indica, ainda, os seguintes limites, quanto a armadura longitudinal e transversal das seções de concreto armado, incluídas também considerações sobre os referidos espaçamentos. A armadura longitudinal mínima em seções de pilares e tirantes em função do esforço normal e da área de concreto:

$$A_{smin} \geq \begin{cases} 0,15 \cdot \frac{N_{sd}}{f_{yd}} \\ 0,004 \cdot A_c \end{cases} \quad (2.3)$$

A armadura longitudinal máxima admitida, incluindo a superposição das armaduras longitudinais na região de emenda por transpasse, vale:

$$A_{smax} = 8\% \cdot A_c \quad (2.4)$$

As bitolas mínimas e máximas para a armadura longitudinal, são definidas por:

$$\phi_{long-min} = 10.0 \text{ mm}$$

$$\phi_{long-max} = \frac{b_w}{8} \quad (2.5 \text{ a} - \text{b})$$

São estabelecidos também os espaçamentos, máximo e mínimo, entre as barras longitudinais:

$$s_{long-max} \leq \begin{cases} 400 \text{ mm} \\ 2 \cdot b_w \end{cases}$$

$$s_{long-min} \geq \begin{cases} 20 \text{ mm} \\ \phi_{long} \\ 1,2 \cdot D_{\text{max Agregado Graúdo}} \end{cases} \quad (2.6 \text{ a} - \text{b})$$

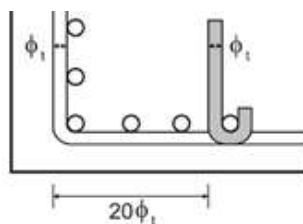
São definidos, o diâmetro mínimo da armadura transversal e seu espaçamento máximo:

$$\phi_{tmin} \geq \begin{cases} 5 \text{ mm} \\ \frac{\phi_{long}}{4} \end{cases}$$

$$s_{transvmax} \leq \begin{cases} 200 \text{ mm} \\ b_w \\ 12 \cdot \phi_{long} \end{cases} \quad \begin{matrix} \text{para aço CA} - 50 \end{matrix} \quad (2.7 \text{ a} - \text{b})$$

A ABNT NBR 6118:2014 explicita que os estribos previnem a flambagem das barras longitudinais por uma distância de vinte vezes o seu diâmetro, admitindo-se até duas barras de aço entre os estribos. Nas configurações nas quais não são atendidas ambas condições é necessária a imposição de estribos suplementares, conforme Figura 2.5.

Figura 2.5: Proteção contra flambagem das barras

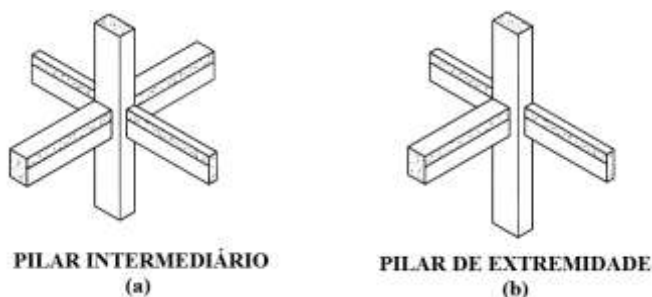


Fonte: ABNT NBR 6118:2014

2.3. ROTINA DE DIMENSIONAMENTO DE PILARES INTERMEDIÁRIOS E DE EXTREMIDADE

Pilares intermediários estão submetidos à compressão centrada, podendo apresentar flexão composta se a força de compressão não for aplicada no eixo do pilar. Esta aplicação fora do eixo é decorrente de imposições arquitetônicas ou construtivas. Em termos práticos a excentricidade é decorrente da variação na seção transversal do pilar ou quando as vigas são excêntricas ao eixo do mesmo. Conforme Figura 2.6 (a). Pilares de extremidade representam o apoio na interrupção da viga perpendicular à face analisada e por este fato submetidos à flexão composta normal, conforme Figura 2.6 (b).

Figura 2.6: Caracterização dos pilares analisados: (a) Intermediário e (b) de Extremidade



Fonte: Adaptado de: (FUSCO, 1981)

Quando não realizado o cálculo exato da interação dos esforços entre pilares e vigas é permitido pela ABNT NBR 6118:2014 uma análise aproximada. Os momentos são determinados pela premultiplicação de coeficientes específicos em função da rigidez r dos elementos envolvidos, sendo o coeficiente da viga, o coeficiente do tramo superior e do tramo inferior no pilar, respectivamente:

$$k_{pviga} = \frac{r_{sup} + r_{inf}}{(r_{viga} + r_{sup} + r_{inf})}$$

$$k_{psup} = \frac{r_{sup}}{(r_{viga} + r_{sup} + r_{inf})}$$

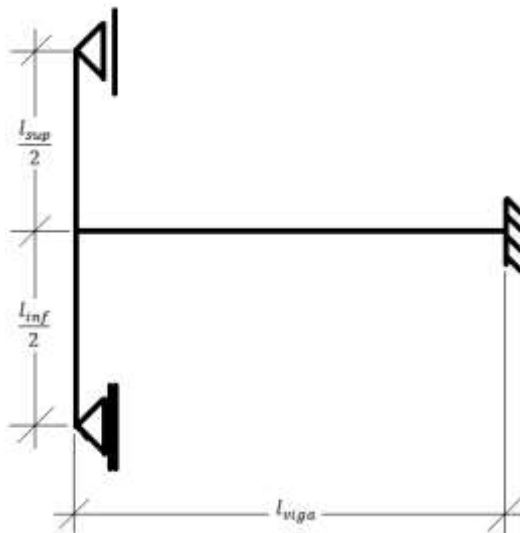
$$k_{pinf} = \frac{r_{inf}}{(r_{viga} + r_{sup} + r_{inf})} \quad (2.8 a - c)$$

$$\text{Sendo: } r_i = \alpha_i \cdot \frac{I_i}{l_i}$$

No qual: r_i é a rigidez, I_i a inércia, l_i o comprimento e α_i rigidez à flexão por elemento. Segundo Araújo (2003) os coeficientes de rigidez à flexão α_i por elemento são os seguintes: $\alpha_{viga} = 4$ e $\alpha_{psup} = \alpha_{pinf} = 6$.

Os coeficientes apresentados nas equações (2.8 a – c) ponderarão os momentos ativados no pilar e na viga, isto com base no momento de engastamento perfeito X da viga. Conforme Figura 2.7.

Figura 2.7: Modelo engastamento viga-pilar



Fonte: Adaptado de (ABNT NBR 6118:2014)

$$M_{viga} = k_{viga} \cdot X$$

$$M_{p_{sup}} = k_{p_{sup}} \cdot X$$

$$M_{p_{inf}} = k_{p_{inf}} \cdot X \quad (2.9 \text{ a} - \text{c})$$

$$\text{Sendo: } X = \frac{p_{viga} \cdot l_{viga}^2}{12}$$

A excentricidade inicial é proveniente da ligação entre os pilares e as vigas que são por estes interrompidas, sendo as excentricidades no topo, na seção intermediária e na base as seguintes:

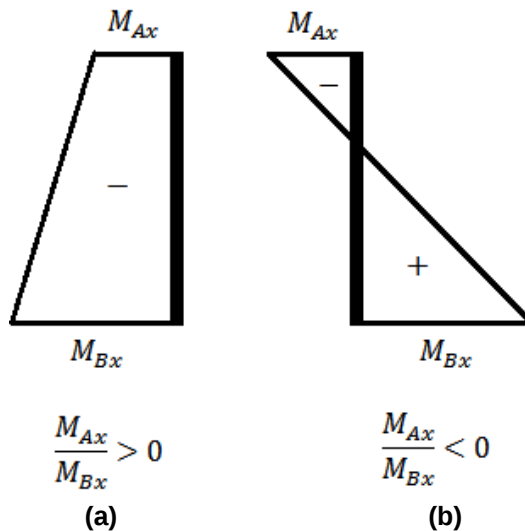
$$e_{i_{sup}} = e_{Ax} = \frac{M_{Ax}}{N_{sd}}$$

$$e_{i_{int}} = \frac{M_{int}}{N_{sd}}$$

$$e_{i_{inf}} = e_{Bx} = \frac{M_{Bx}}{N_{sd}} \quad (2.10 \text{ a} - \text{c})$$

Os momentos atuantes nas seções superior e inferior no pilar podem apresentar valores positiva ou negativa. A relação positiva implica em tração na mesma face do pilar em ambas seções, conforme Figura 2.8 (a). E de razão negativa quando o momento na seção superior tracionar a face oposta a tracionada na seção inferior, conforme Figura 2.8 (b).

Figura 2.8: Momentos no pilar



A excentricidade na seção intermediária para pilares biapoiados sem cargas transversais pode ser obtida pelo maior valor expresso entre a combinação das excentricidades das extremidades e a ponderação da maior excentricidade, assim:

$$e_{i_{int}} \geq \begin{cases} 0,6 \cdot e_{B_x} + 0,4 \cdot e_{A_x} \\ 0,4 \cdot e_{B_x} \end{cases} \quad (2.11)$$

Serão realizados três dimensionamentos: o primeiro na seção de extremidade e os outros dois na seção intermediária, sendo um na direção x e outro na direção y. A excentricidade do primeiro dimensionamento será o maior valor entre a excentricidade mínima dos efeitos de 1ª ordem definida pela ABNT NBR 6118:2014 e a soma entre a excentricidade inicial na extremidade e a parcela devido ao deslocamento de nós fixos da estrutura, também definido na referida norma.

$$e_x \geq \begin{cases} 1,5 + 0,03 \cdot h_x \\ e_{A_x} + \frac{l_e}{400} \end{cases} \quad (2.12)$$

A excentricidade envolvida no segundo dimensionamento remete a seção intermediária na direção x, que será o maior valor entre a excentricidade mínima dos efeitos de 1ª ordem definida pela ABNT NBR 6118:2014 e a soma entre a excentricidade inicial na referida seção e a parcela devido ao deslocamento da estrutura como de nós fixos, também definido na norma em questão. O efeito de 2ª ordem é definido em função do comprimento equivalente l_e e a curvatura que é computada em dependência da dimensão x do pilar e o esforço normal adimensional ν . Assim as excentricidades são obtidas por:

$$e_{1x_{int}} \geq \begin{cases} 1,5 + 0,03 \cdot h_x \\ e_{i_{int}} + \frac{l_e}{400} \end{cases}$$

$$e_{2y_{int}} = \frac{l_e^2}{10} \cdot \frac{0,005}{(\nu + 0,5) \cdot h_y} \quad (2.13 \text{ a} - \text{b})$$

$$\text{Onde: } \nu = \frac{N_{sd}}{b_w \cdot h \cdot f_{cd}}$$

A terceira excentricidade remete também a seção intermediária, porém na direção y, sendo consideradas excentricidades de 1ª e de 2ª ordem, onde a de 1ª ordem é o maior valor entre o mínimo valor definido pela ABNT NBR 6118:2014 e o

deslocamento por nós fixos. O efeito de 2ª ordem é definido em função do comprimento equivalente l_e e a curvatura que é computada em dependência da dimensão y do pilar e o esforço normal adimensional ν . Por fim a excentricidade na direção y será a soma dos efeitos de 1ª e de 2ª ordem, logo:

$$e_{1y_{int}} \geq \begin{cases} 1,5 + 0,03 \cdot h_x \\ \frac{l_e}{400} \end{cases}$$

$$e_{2y_{int}} = \frac{l_e^2}{10} \cdot \frac{0,005}{(\nu + 0,5) \cdot h_y}$$

$$e_{y_{int}} = e_{1y_{int}} + e_{2y_{int}} \quad (2.14 \text{ a} - \text{c})$$

Os esforços normais de cálculo serão ponderados em função das combinações de ações pelo coeficiente γ_f . Nos casos mais comuns para as classes de carregamento permanente e variáveis, conforme Tabela 2.1.

Tabela 2.1: Coeficiente de ponderação das ações γ_f

Combinações de ações	Permanentes		Variáveis	
	Desfavorável	Favorável	Geral	Temperatura
Normais	1,4	1,0	1,4	1,2
Especiais ou de Construção	1,3	1,0	1,2	1,0
Excepcionais	1,2	1,0	1,0	0

Para os três dimensionamentos o esforço normal de cálculo N_{sd} é obtido pela ponderação do esforço normal atuante N pelo coeficiente γ_f apresentado na Tabela 2.1.

$$N_{sd} = \gamma_f \cdot N \quad (2.15)$$

Para o primeiro dimensionamento o momento fletor de cálculo M_{sd_x} será obtido pela multiplicação do esforço normal de cálculo N_{sd} pela excentricidade apresentada na equação (2.12).

$$M_{sd_x} = N_{sd} \cdot e_x \quad (2.16)$$

Para o segundo dimensionamento o momento fletor de cálculo M_{sd_x} será obtido pela multiplicação do esforço normal de cálculo N_{sd} pela excentricidade apresentada na equação (2.13)

$$M_{sd_{x_{int}}} = N_{sd} \cdot e_{1x_{int}} \quad (2.17)$$

Para o ultimo dimensionamento o momento fletor de cálculo M_{sd_x} será obtido pela multiplicação do esforço normal de cálculo N_{sd} pela excentricidade apresentada na equação (2.14 a – c)

$$M_{sd_{y_{int}}} = N_{sd} \cdot e_{y_{int}} \quad (2.18)$$

Após a determinação dos esforços solicitantes nas três configurações de cálculo efetua-se o dimensionamento via utilização dos ábacos ou tabelas de interação entre os esforços adimensionais μ e ν , obtendo-se nas tabelas geradas nesta dissertação a taxa de armadura na seção transversal.

$$\mu = \frac{M_{sd}}{b_w \cdot h^2 \cdot f_{cd}}$$

$$\nu = \frac{N_{sd}}{b_w \cdot h \cdot f_{cd}} \quad (2.19 \text{ a} - \text{b})$$

É necessário extrair nas tabelas interativas as taxas de armadura para os três dimensionamentos, estes em função de μ e ν . Para o primeiro dimensionamento obtem-se a taxa ω_x na seção de extremidade na direção x. Para o segundo dimensionamento extrai-se $\omega_{x_{int}}$ na seção intermediária e também na direção x. Para o último dimensionamento aplica-se a taxa $\omega_{y_{int}}$ na seção intermediária, porém na direção y. Para cada taxa de armadura suprecitada, calcula-se a armadura correspondente ($A_{s_{ext}}$, $A_{sx_{int}}$ e $A_{sy_{int}}$), assim:

$$A_{s_{ext}} = \omega_x \cdot h_x \cdot h_y \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}}$$

$$A_{sx_{int}} = \omega_{x_{int}} \cdot h_x \cdot h_y \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}}$$

$$A_{sy_{int}} = \omega_{y_{int}} \cdot h_x \cdot h_y \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \quad (2.20 \text{ a} - \text{c})$$

Após os três dimensionamentos compara-se as armaduras na direção x para as seções de extremidade e intermediária e dota-se a de maior módulo. Em seguida, compara-se a armadura adotada na direção x com a armadura proveniente do

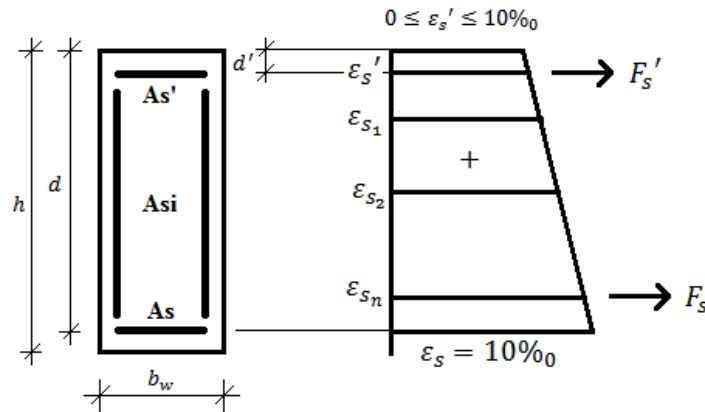
dimensionamento na direção y na seção intermediária e adota-se a maior armadura. Por fim a armadura calculada não pode infringir a armadura mínima definida na equação (2.3) para a seção de concreto armado em análise.

3.2. OBTENÇÃO DA RESULTANTE DE TRAÇÃO NO CONCRETO NO DOMÍNIO (1)

No início do domínio (1) a Reta (a), Tração uniforme, a posição da linha neutra encontra-se no infinito negativo, pois todas as fibras estão tracionadas. Ressaltando a consideração positiva o alongamento e negativa o encurtamento. A deformação máxima configura de $\varepsilon_s = \varepsilon_c = 10,0\text{‰}$ e a posição da linha neutra fora da seção $x = -\infty$.

No Domínio (1) propriamente dito, Tração não uniforme, e sem compressão, sendo trações de pequenas excentricidades. O início do domínio caracterizado pelo alongamento máximo do aço nas duas bordas, assim: $\varepsilon_s = 10,0\text{‰}$; $\varepsilon_c = 10,0\text{‰}$; $x = -\infty$ e no final do domínio por: $\varepsilon_s = 10,0\text{‰}$; $\varepsilon_c = 0,0\text{‰}$; $x = x_1 = 0$. A principal consideração para efeito de dimensionamento neste domínio é a contabilização dos esforços resistentes apenas nas armaduras, desprezando-se a resistência à tração do concreto, como esquematizado na Figura 3.2.

Figura 3.2: Deformação e forças resistentes no domínio (1)



Os esforços resistentes nas armaduras são definidos em relação a área de aço e da tensão atuante como:

$$F_s = f_{yd} \cdot A_s$$

$$F_{s1} = \sigma_{s1} \cdot A_{s1}$$

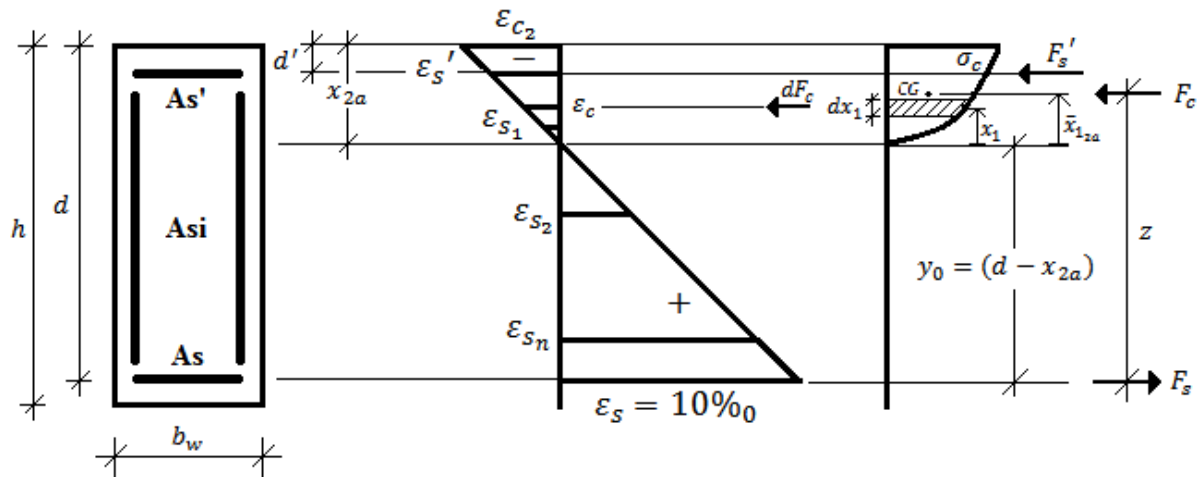
$$F_{s2} = \sigma_{s2} \cdot A_{s2}$$

$$F_s' = \sigma_s' \cdot A_s' \quad (3.1 a - b)$$

3.3. OBTENÇÃO DA RESULTANTE DE COMPRESSÃO NO CONCRETO NO DOMÍNIO (2a)

O Domínio (2a) é caracterizado pelo surgimento da Flexão simples ou composta, sem ruptura à compressão do concreto; pois $\varepsilon_c < \varepsilon_{c2}$ e máximo alongamento permitido para o aço. O início do domínio é delimitado por: $\varepsilon_s = 10,0\text{‰}$; $\varepsilon_c = 0,0\text{‰}$; $x = x_1 = 0$ e o término definido por: $\varepsilon_s = 10,0\text{‰}$; $\varepsilon_c = \varepsilon_{c2}$; $x = x_{2a}$. Desse modo o equacionamento da resultante de compressão do concreto, seu posicionamento e profundidade da linha neutra podem ser obtidas a partir da Figura 3.3.

Figura 3.3: Tensão e deformação no domínio (2a)



Sendo a tensão compressiva conforme a ABNT NBR 6118:2014 e a força infinitesimal de compressão concreto, conforme Figura 3.3, expressas por:

$$\sigma_c = 0,85 \cdot f_{cd} \cdot \left[1 - \left(1 - \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{c2}} \right)^n \right]$$

$$dF_c = b_w \cdot \sigma_c \cdot dx_1 \quad (3.2 a - b)$$

Onde n é apresentado na equação (2.1 a)

Sendo relevante mencionar que por análise crítica das implicações da equação (3.2 a) percebe-se que a partir do ponto onde $\varepsilon_c = \varepsilon_{c2}$ a tensão no concreto será constante e de valor $0,85 \cdot f_{cd}$. Surgindo a partir de então o domínio (2b).

As relações entre a profundidade da linha neutra e a variável de integração x_1 em função das deformações no aço e no concreto são:

$$x_{2a} = \frac{\varepsilon_{c2}}{(\varepsilon_{c2} + \varepsilon_s)} \cdot d$$

$$x_1 = \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{c2}} \cdot x_{2a} \quad (3.3 \text{ a} - \text{b})$$

No Quadro 3.1, são indicadas para as várias classes de concreto, desde $C - 50$ até $C - 90$, a relação entre a profundidade da linha neutra x_{2a} e a altura útil d :

Quadro 3.1: Relação Linha neutra no limite entre os domínios (2a) e (2b) e a altura útil

	$C - 50$	$C - 55$	$C - 60$	$C - 70$	$C - 80$	$C - 90$
$\frac{\varepsilon_{c2}}{\varepsilon_{c2} + 10\text{‰}}$	0,16667	0,18029	0,18620	0,19458	0,20100	0,20638

A força de compressão é por definição a integração da força compressiva infinitesimal ao longo do intervalo de atuação da função que representa sua variação, logo de zero a profundidade da linha neutra x_{2a} . Além desta definição aplica-se a equação (3.2 b) e recorrendo as equações (3.3 a – b), e por fim utilizando as integrais resolvidas na Schaum (2010), tem-se:

$$F_{c(2a)} = \int_0^{x_{2a}} dF_c = 0,85 \cdot b_w \cdot f_{cd} \cdot \frac{n}{n+1} \cdot x_{2a} \quad (3.4)$$

A posição de atuação da força resultante de compressão no concreto será a partir da linha neutra definida por:

$$\bar{x}_{12a} = \frac{\int_0^{x_{2a}} (\sigma_c \cdot x_1) dA}{\int_0^{x_{2a}} (\sigma_c) dA} \quad (3.5)$$

Substituindo-se as equações (3.2 a – b), (3.3 a – b) e procedendo analogamente a obtenção da força compressiva resultante, então a posição do CG vale:

$$\bar{x}_{12a} = \frac{n+1}{n^2 + 3 \cdot n + 2} \quad (3.6)$$

Onde n é explicitado na equação (2.1 a)

3.4. OBTENÇÃO DA RESULTANTE DE COMPRESSÃO NO CONCRETO NO DOMÍNIO (2b)

No Domínio (2b) o surgimento Flexão simples ou composta ocorre sem ruptura à compressão do concreto; pois $\varepsilon_c < \varepsilon_{cu}$ e com o máximo alongamento permitido para o aço. O início do domínio é delimitado por: $\varepsilon_s = 10,0\text{‰}$; $\varepsilon_c = \varepsilon_{c2}$; $x = x_{2a}$ e o término do domínio por: $\varepsilon_s = 10,0\text{‰}$; $\varepsilon_c = \varepsilon_{cu}$; $x = x_{2b}$. O equacionamento da resultante de compressão do concreto, seu posicionamento e profundidade da linha neutra realizados a partir das Figuras 3.4 e 3.5.

Figura 3.4: Tensão e deformação no domínio (2b)

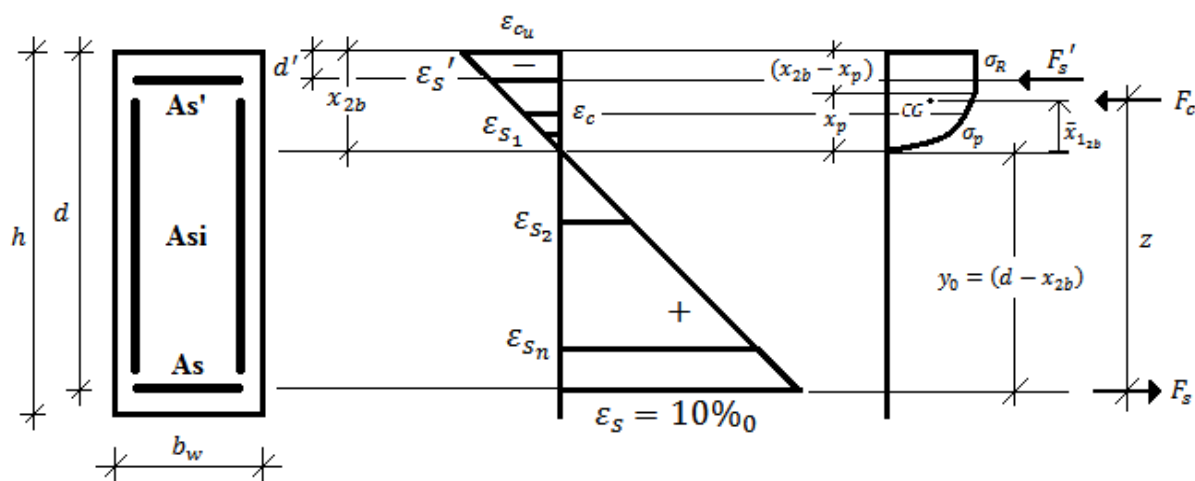
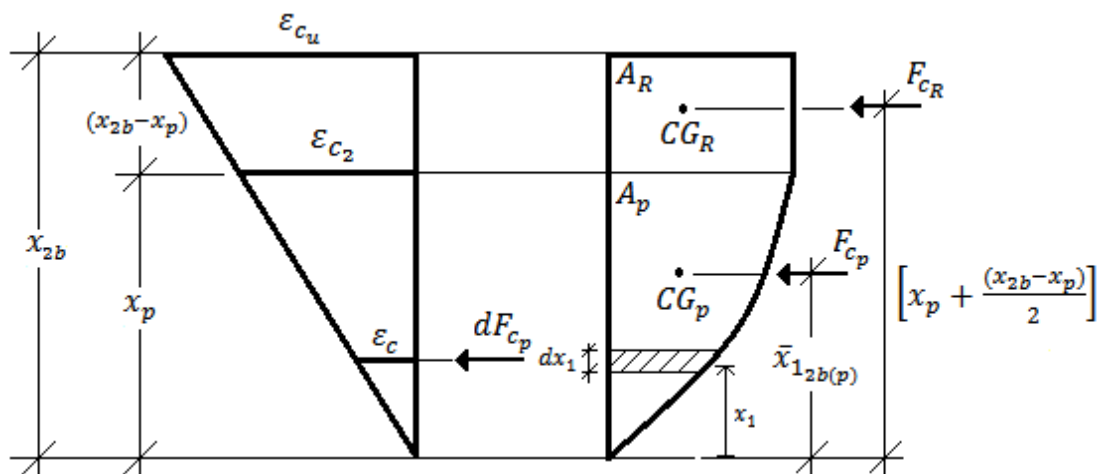


Figura 3.5: Tensão e deformação na compressão no domínio (2b)



Sendo a tensão compressiva para a parte retangular σ_R e para o trecho parabólico σ_p conforme a ABNT NBR 6118:2014 e a força infinitesimal de compressão concreto no trecho em parábola, expressas por:

$$\sigma_R = 0,85 \cdot f_{cd}$$

$$\sigma_p = 0,85 \cdot f_{cd} \cdot \left[1 - \left(1 - \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{c2}} \right)^n \right]$$

$$dF_{c_p} = b_w \cdot \sigma_p \cdot dx_1 \quad (3.7 \text{ a} - \text{c})$$

As relações da profundidade da linha neutra e a variável de integração x_p em função das deformações no aço e no concreto são:

$$x_{2b} = \frac{\varepsilon_{cu}}{(\varepsilon_{cu} + \varepsilon_s)} \cdot d$$

$$x_p = \frac{\varepsilon_{c2}}{(\varepsilon_{c2} + \varepsilon_s)} \cdot d$$

$$x_1 = \frac{\varepsilon_{c2}}{\varepsilon_{cu}} \cdot x_{2b} \quad (3.8 \text{ a} - \text{c})$$

A relação da profundidade da linha neutra x_{2b} e a altura útil é quantificada no Quadro 3.2:

Quadro 3.2: Relação Linha neutra no limite entre os domínios (2b) e (3) e a altura útil

	C – 50	C – 55	C – 60	C – 70	C – 80	C – 90
$\frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} + 10\text{‰}}$	0,25926	0,20974	0,20818	0,20671	0,20637	0,20635

A força de compressão no trecho parabólico é por definição a integração da força compressiva infinitesimal ao longo do intervalo de atuação da função, logo de zero a x_p . Além desta definição aplica-se a equação (3.7 b) e recorrendo as equações (3.8 a – b), obtém-se:

$$F_{c_p} = \int_0^{x_p} dF_{c_p} = 0,85 \cdot b_w \cdot f_{cd} \cdot \frac{n}{n+1} \cdot x_p \quad (3.9)$$

A força de compressão no trecho retangular é definida pela integração da tensão de compressão da equação (3.7 a) no intervalo correspondente, tem-se:

$$F_{c_R} = \int_0^{(x_{2b}-x_p)} \sigma_R \cdot b_w \cdot dx_1 = 0,85 \cdot b_w \cdot f_{cd} \cdot (x_{2b} - x_p) \quad (3.10)$$

A força de compressão resultante será a soma das forças expressas nas equações (3.9) e (3.10), logo:

$$F_{c_{(2b)}} = F_{c_p} + F_{c_R} = 0,85 \cdot b_w \cdot f_{cd} \cdot \left[x_{2b} - \frac{x_p}{(n+1)} \right] \quad (3.11)$$

A posição do CG da parte parabólica será obtida via integração da tensão de compressão dividida pela força atuante:

$$\bar{x}_{1_p} = \frac{\int_0^{x_p} (b_w \cdot \sigma_p \cdot x_1) dx_1}{F_{c_p}} = \frac{n+1}{n^2 + 3 \cdot n + 2} \quad (3.12)$$

A posição do CG do trecho retangular será obtida via geometria, sendo:

$$\bar{x}_{1_R} = x_p + \frac{(x_{2b} - x_p)}{2} = \frac{x_{2b} + x_p}{2} \quad (3.13)$$

As áreas delimitadas sob o gráfico nos trechos em análise são definidas por integração da respectiva tensão de compressão:

$$A_p = \int_0^{x_p} \sigma_p \cdot dx_1 = 0,85 \cdot f_{cd} \cdot \frac{n}{n+1} \cdot x_p$$

$$A_R = \int_0^{(x_{2b}-x_p)} \sigma_R \cdot dx_1 = 0,85 \cdot f_{cd} \cdot (x_{2b} - x_p) \quad (3.14 a - b)$$

A posição de atuação da força resultante de compressão no concreto será a partir da linha neutra definida pela média ponderada pelas áreas das posições nos trechos retangular e parabólico, combinando as equações (3.12), (3.13) e (3.14 a – b):

$$\bar{x}_{1_{2b}} = \left[\frac{n}{n^2 + 3 \cdot n + 2} \cdot x_p + \frac{x_{2b}^2 - x_p^2}{2} \right] \cdot \left[\frac{n+1}{(n+1) \cdot x_{2b} - x_p} \right] \quad (3.15)$$

Onde n é explicitado na equação (2.1 a)

3.5. OBTENÇÃO DA RESULTANTE DE COMPRESSÃO NO CONCRETO NOS DOMÍNIOS (3) e (4)

No Domínio (3) caracterizado por flexão simples e com seção subarmada ou flexão composta com ruptura à compressão do concreto; pois $\varepsilon_c = \varepsilon_{cu}$ e escoamento do aço, sendo o início do domínio caracterizado por: $\varepsilon_s = 10,0\text{‰}$; $\varepsilon_c = \varepsilon_{cu}$; $x = x_{2b}$. O final do domínio é delimitado por: $\varepsilon_s = \varepsilon_{yd}$; $\varepsilon_c = \varepsilon_{cu}$; $x = x_3$. A posição da linha neutra no ponto de transição entre os domínios (3) e (4) e para o aço CA – 50 que a tensão de escoamento vale $\varepsilon_{yd} = 2,07\text{‰}$.

$$x_3 = \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} + \varepsilon_{yd}} \cdot d \quad (3.16)$$

No Quadro 3.3 é apresentado a relação que interliga a posição da linha neutra x_3 e a altura útil.

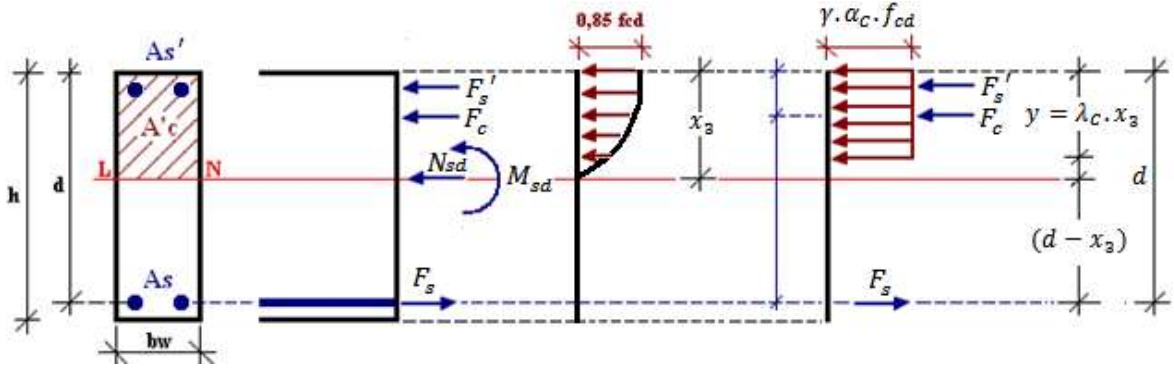
Quadro 3.3: Relação Linha neutra no limite entre os domínios (3) e (4) e a altura útil

	C – 50	C – 55	C – 60	C – 70	C – 80	C – 90
$\frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} + \varepsilon_{yd}}$	0,62837	0,561181	0,55950	0,55729	0,55678	0,55675

Nota-se que a distância da Linha Neutra ao bordo comprimido decresce com o aumento da resistência do concreto. Isto porque a deformação última do concreto no diagrama idealizado, depois da classe C – 50, passa de 3,5‰ para 2,6‰ no concreto da classe C – 90. É uma forma de levar em consideração a maior fragilidade dos Concretos de Alta Resistência.

O diagrama de tensão de compressão do concreto do formato retângulo-parábola pode ser retangularizado, isto segundo a ABNT NBR 6118:2014 com as seguintes considerações e formulações apresentadas na Figura 3.6.

Figura 3.6: retangularização do diagrama parábola-retângulo a partir do domínio (3)



Fonte: Adaptado de (MELO, 2013)

Sendo os parâmetros apresentados na figura 3.6 os seguintes:

$$\lambda_c = \begin{cases} 0,8 & \text{Para } C \leq C - 50 \\ 0,8 - \frac{(f_{ck} - 50)}{400} & \text{Para } C - 55 \leq C \leq C - 90 \end{cases}$$

$$\gamma = \begin{cases} 1,0 & \text{se a largura não diminuir da Linha Neutra a borda comprimida} \\ 0,9 & \text{Caso contrário} \end{cases}$$

$$\alpha_c = \begin{cases} 0,85 & \text{Para } C \leq C - 50 \\ 0,85 \cdot \left[1 - \frac{(f_{ck} - 50)}{200} \right] & \text{Para } C - 55 \leq C \leq C - 90 \end{cases} \quad (3.17 a - c)$$

Assim a resultante de compressão no concreto para seções retangulares, vale:

$$F_{c(3)} = (\alpha_c \cdot f_{cd}) \cdot (\lambda_c \cdot x_3) \cdot b_w \quad (3.18)$$

No Domínio (4) apresenta-se flexão simples com seção superarmada ou flexão composta com ruptura à compressão do concreto; pois $\varepsilon_c = \varepsilon_{cu}$ e escoamento do aço, sendo o início do domínio caracterizado por: $\varepsilon_s = \varepsilon_{yd}$; $\varepsilon_c = \varepsilon_{cu}$; $x = x_3$. O final do domínio delimitado por: $\varepsilon_s = 0,0\%$; $\varepsilon_c = \varepsilon_{cu}$; $x = x_4 = d$. A ruptura no domínio 4 é frágil, pois o concreto se rompe sem que a armadura atinja a deformação de escoamento. Utilizando-se ao máximo as resistências do concreto e desprezando-se as propriedades resistentes do aço, perdendo-se assim a deformação da estrutura e em decorrente um aviso do colapso estrutural.

3.6. OBTENÇÃO DA RESULTANTE DE COMPRESSÃO NO CONCRETO NOS DOMÍNIOS (4a) e (5)

No Domínio (4a) ocorre flexão composta com ruptura à compressão do concreto; pois $\varepsilon_c = \varepsilon_{cu}$ e armaduras comprimidas. O início do domínio é caracterizado por: $\varepsilon_s = 0,0\text{‰}$; $\varepsilon_c = \varepsilon_{cu}$; $x = x_4 = d$ e o final do domínio por: $\varepsilon_s = \left(1 - \frac{d}{h}\right) \cdot \varepsilon_{cu}$; $\varepsilon_c = \varepsilon_{cu}$; $x = x_{4a} = h$.

No Domínio (5) configura-se compressão não uniforme, sem tração e com compressões de pequenas excentricidades. Sendo o início do domínio caracterizado por: $\varepsilon_s = \left(1 - \frac{d}{h}\right) \cdot \varepsilon_{cu}$; $\varepsilon_c = \varepsilon_{cu}$; $x = x_{4a} = h$ e o final do domínio delimitado por: $\varepsilon_s = \varepsilon_{c2}$; $\varepsilon_c = \varepsilon_{c2}$; $x = x_5 = +\infty$.

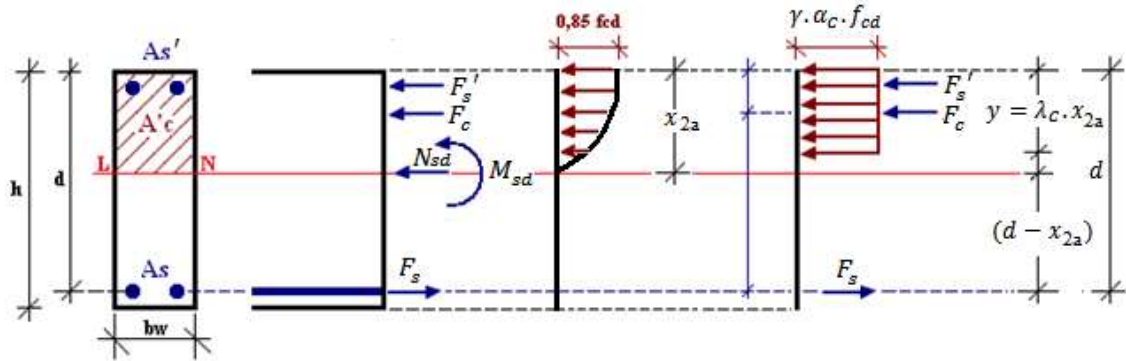
Na Reta (b) ocorre compressão uniforme, onde as deformações valem: $\varepsilon_s = \varepsilon_c = \varepsilon_{c2}$ e a posição da linha neutra continua fora da seção transversal: $x = x_5 = +\infty$.

3.7. OBTENÇÃO DA RESULTANTE DE COMPRESSÃO NO CONCRETO NOS DOMÍNIOS (2a) e (2b) VIA DIAGRAMA RETANGULAR DA TENSÃO DE COMPRESSÃO NO CONCRETO.

No equacionamento dos esforços adimensionais μ e ν , encontra-se o problema de utilizar a dedução da resultante de compressão nos domínios (2a) e (2b), devido a dificuldade de adimensionalizar a profundidade dos centroídes $\bar{x}_{12a}$ e $\bar{x}_{12b}$ quando estas divididas pela altura da seção transversal. Para tanto a opção se faz em processar o cálculo da resultante dos referidos domínios de deformação análogo ao processado para os Domínios (3) e (4).

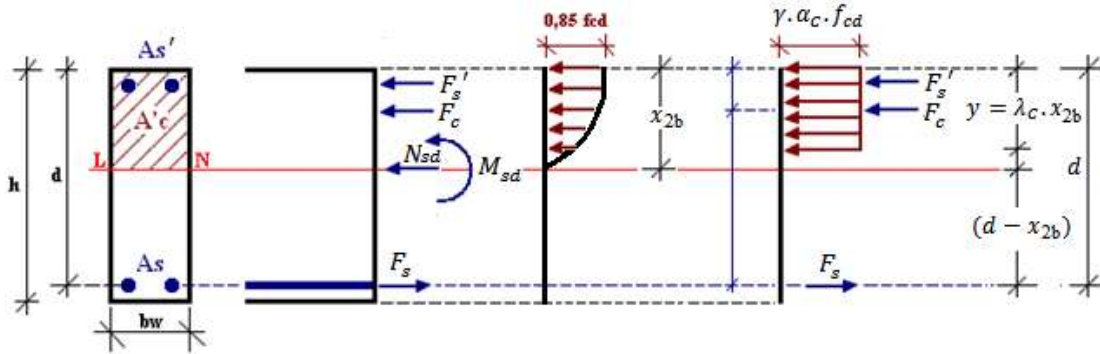
São apresentadas nas Figuras 3.7 e 3.8 as retangularizações do diagrama de tensão x deformação do concreto nos domínios (2a) e (2b), respectivamente.

Figura 3.7: retangularização do diagrama parábola-retângulo a partir do domínio (2a)



Fonte: Adaptado de (MELO, 2013)

Figura 3.8: retangularização do diagrama parábola-retângulo a partir do domínio (2b)



Fonte: Adaptado de (MELO, 2013)

Análogo ao procedimento na obtenção da resultante de compressão do concreto nos domínios (3) e (4), tem-se em função da classe de resistência do concreto:

$$F_{c(2a)} = (\alpha_c \cdot f_{cd}) \cdot (\lambda_c \cdot x_{2a}) \cdot b_w \quad (3.19)$$

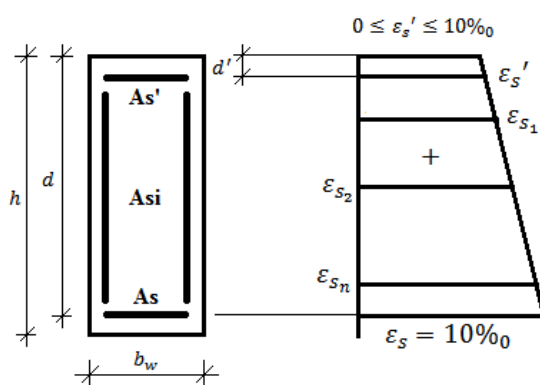
$$F_{c(2b)} = (\alpha_c \cdot f_{cd}) \cdot (\lambda_c \cdot x_{2b}) \cdot b_w \quad (3.20)$$

CAPÍTULO 4

EQUACIONAMENTO DAS TAXAS DE ARMADURA NA FLEXO – TRAÇÃO – DOMÍNIO (1)

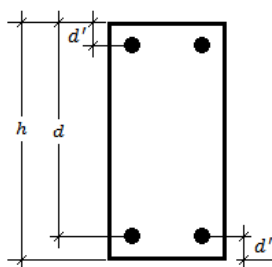
O funcionamento da peça estrutural de concreto armado no domínio (1) caracteriza-se pela Tração em toda a seção no valor definido na ABNT NBR 6118:2014, ou seja, $\varepsilon_s = 10,0\text{‰}$, conforme descrito no item (3.2). Sendo o diagrama de deformação e o posicionamento da linha neutra expressos na Figura 4.1.

Figura 4.1: Diagrama de deformação da peça de concreto armado no domínio (1)



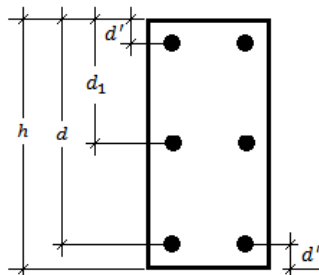
A análise será procedida para duas configurações de armadura, sendo em ambas considerada as condições de simetria próprias da seção retangular e distribuição uniforme das armaduras, tanto em área como em posicionamento. A primeira configuração estudada será a aplicação de duas camadas de aço, estas dispostas nas bordas extremas sob récuo d' entre a face externa e o centro de gravidade da referida armadura. Conforme pode ser observado na Figura 4.2.

Figura 4.2: Primeira configuração de análise – 2 camadas de armadura



A segunda configuração respeita as condições de simetria da primeira configuração aliada a distribuição de três camadas. Sendo possível a aplicação de armadura longitudinal no centro geométrico da peça, desde que esta seja devidamente ancorada por estribos. Conforme observa-se na Figura 4.3.

Figura 4.3: Segunda configuração de análise – 3 camadas de armadura



O coeficiente de minoração das resistências dos materiais são empregados no equacionamento do problema físico, permitindo a manutenção a manutenção da segurança. Sendo a apresentado na Tabela 4.1 este coeficiente de minoração para o aço γ_s , definido em função da combinação de carga utilizada, isto segundo a ABNT NBR 6118:2014.

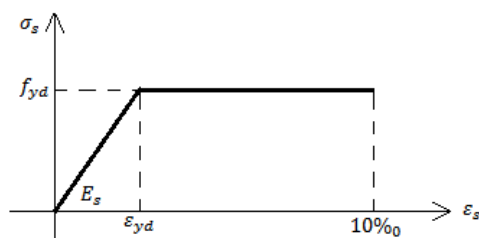
Tabela 4.1: Coeficiente de ponderação do aço

Combinações	γ_s (aço)
Normais	1,15
Especiais ou de Construção	1,15
Excepcionais	1,0

Fonte: ABNT NBR 6118:2014

A ABNT NBR 6118:2014 requisita emprego de aço CA – 50 nas armaduras longitudinais dos pilares. Para tanto convém explicitar que a tensão característica do aço em questão vale $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$ e que a deformação de escoamento do mesmo é de $\varepsilon_{yd} = 2,07\%$. Com a utilização do coeficiente de minoração γ_s para combinação normal de carga, obtem-se a tensão de cálculo no valor de $f_{yd} = 435 \text{ MPa}$. Sendo expresso na Figura 4.4 o diagrama de tensão – deformação do referido aço.

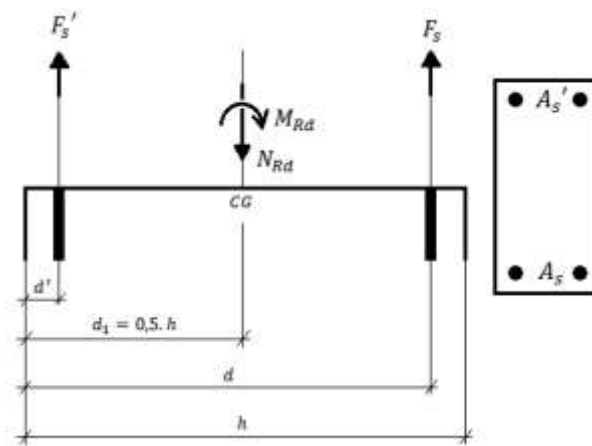
Figura 4.4: Diagrama de tensão deformação do aço



4.1. EQUAÇÕES PARA A CONFIGURAÇÃO DE 2 CAMADAS DE ARMADURA

Para o domínio em análise as duas armaduras A_s' e A_s são tracionadas. No centro de gravidade, encontra-se o esforço normal resistente de cálculo de compressão e o momento fletor resistente tracionando a face sob armadura A_s' , conforme Figura 4.5.

Figura 4.5: Forças e Esforços resistentes no domínio (1) para 2 camadas de armadura



Desprezando-se a contribuição da resistência à tração do concreto, os esforços solicitantes nas armaduras são definidas em relação a área de aço e da tensão atuante por:

$$F_s = f_{yd} \cdot A_s$$

$$F_s' = \sigma_s' \cdot A_s' \quad (4.1 a - b)$$

Aplicando as condições de equilíbrio na seção de concreto armado da Figura 4.5, obtêm-se as equações em esforço normal e momento fletor expressas por:

$$N_{Rd} = F_s' + F_s$$

$$M_{Rd} + N_{Rd} \cdot (0,5 \cdot h - d') = F_s \cdot (d - d') \quad (4.2 a - b)$$

Baseado na seção apresentada na Figura 4.5 é notório que $(d - d') = 2 \cdot (0,5 \cdot h - d')$, dividindo-se a equação (4.2 b) pela altura da seção h e considerar uma relação λ entre a altura e a distância entre a face externa e o centro de gravidade da armadura comprimida d' , conforme:

$$\frac{M_{Rd}}{h} + N_{Rd} \cdot \lambda = 2 \cdot F_s \cdot \lambda \quad (4.3)$$

Onde:

$$\lambda = \frac{(0,5 \cdot h - d')}{h}$$

Dividindo-se a equação (4.3) por $(b_w \cdot h \cdot \alpha_c \cdot f_{cd})$ e considerando os esforços normal v e momento fletor μ adimensionais, tem-se:

$$\mu + v \cdot \lambda = \frac{2 \cdot F_s}{b_w \cdot h \cdot (\alpha_c \cdot f_{cd})} \cdot \lambda \quad (4.4)$$

Onde:

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b_w \cdot h^2 \cdot (\alpha_c \cdot f_{cd})}$$

$$v = \frac{N_{Rd}}{b_w \cdot h \cdot (\alpha_c \cdot f_{cd})}$$

Aplicando-se as equações (4.1 a – b) em (4.4) e utilizando a simetria nas armaduras e uma taxa de armadura total, tem-se a equação governante da referida taxa de armadura para toda a seção em função dos esforços solicitantes adimensionais μ e v .

$$\omega_s = \frac{\mu + v \cdot \lambda}{\lambda} \quad (4.5)$$

Sendo:

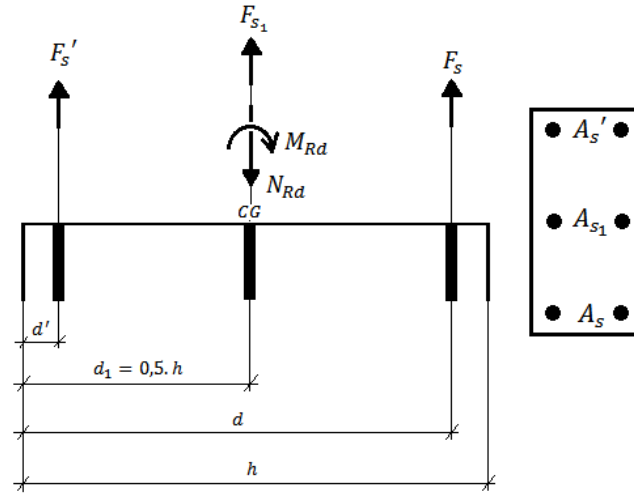
$$\omega_s = \frac{(A_s + A_s')}{A_c} \cdot \frac{f_{yd}}{(\alpha_c \cdot f_{cd})}$$

A_c – Área da seção transversal bruta

4.2. EQUAÇÕES PARA A CONFIGURAÇÃO DE 3 CAMADAS DE ARMADURA

Para o domínio em análise as três armaduras A_s' , A_{s1} e A_s são tracionadas. No centro de gravidade, encontra-se o esforço normal resistente de cálculo de compressão e o momento fletor resistente tracionando a face sob armadura A_s' , conforme Figura 4.6.

Figura 4.6: Forças e Esforços resistentes no domínio (1) para 3 camadas de armadura



Desprezando-se a contribuição da resistência à tração do concreto, os esforços solicitantes nas armaduras são definidas em relação a área de aço e da tensão atuante por:

$$F_s = f_{yd} \cdot A_s$$

$$F_{s1} = \sigma_{s1} \cdot A_{s1}$$

$$F_s' = \sigma_s' \cdot A_s' \quad (4.6 \text{ a} - \text{c})$$

Aplicando as condições de equilíbrio na seção de concreto armado da Figura 4.6, obtêm-se as equações em esforço normal e momento fletor expressas por:

$$N_{Rd} = F_s' + F_{s1} + F_s$$

$$M_{Rd} + N_{Rd} \cdot (0,5.h - d') = F_s \cdot (d - d') + F_{s1} \cdot (0,5.h - d') \quad (4.7 \text{ a} - \text{b})$$

Baseado na seção apresentada na Figura 4.6 é notório que $(d - d') = 2 \cdot (0,5 \cdot h - d')$, dividindo-se a equação (4.7 b) pela altura da seção h e considerar uma relação λ entre a altura e a distância entre a face externa e o centro de gravidade da armadura comprimida d' , conforme:

$$\frac{M_{Rd}}{h} + N_{Rd} \cdot \lambda = (2 \cdot F_s + F_{s_1}) \cdot \lambda \quad (4.8)$$

Onde:

$$\lambda = \frac{(0,5 \cdot h - d')}{h}$$

Dividindo-se a equação (4.8) por $(b_w \cdot h \cdot \alpha_c \cdot f_{cd})$ e considerando os esforços normal ν e momento fletor μ adimensionais, tem-se:

$$\mu + \nu \cdot \lambda = \frac{(2 \cdot F_s + F_{s_1})}{b_w \cdot h \cdot (\alpha_c \cdot f_{cd})} \cdot \lambda \quad (4.9)$$

Onde:

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b_w \cdot h^2 \cdot (\alpha_c \cdot f_{cd})}$$

$$\nu = \frac{N_{Rd}}{b_w \cdot h \cdot (\alpha_c \cdot f_{cd})}$$

Aplicando-se as equações (4.6 a – c) em (4.9) e utilizando a simetria nas armaduras e uma taxa de armadura total, tem-se a equação governante da referida taxa de armadura para toda a seção em função dos esforços solicitantes adimensionais μ e ν .

$$\omega_s = \frac{\mu + \nu \cdot \lambda}{\lambda} \quad (4.10)$$

Sendo:

$$\omega_s = \frac{(A_s + A_{s_1} + A_{s'})}{A_c} \cdot \frac{f_{yd}}{(\alpha_c \cdot f_{cd})}$$

A_c – Área da seção transversal bruta

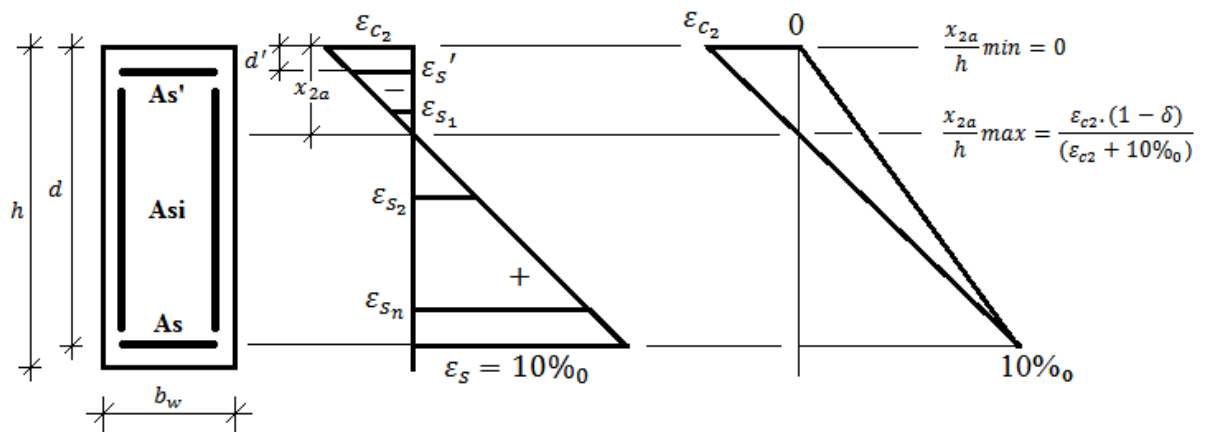
CAPÍTULO 5

EQUACIONAMENTO DAS TAXAS DE ARMADURA NA FLEXO – COMPRESSÃO

5.1. EQUACIONAMENTO NO DOMÍNIO (2a)

O domínio (2a) caracteriza-se peça deformação de 10 ‰ no aço tracionado e a deformação de compressão no concreto variando de zero a ε_{c2} . Sendo o diagrama de deformação e o posicionamento da linha neutra expressos na Figura 5.1.

Figura 5.1: Diagrama de deformação da peça de concreto armado no domínio (2a)

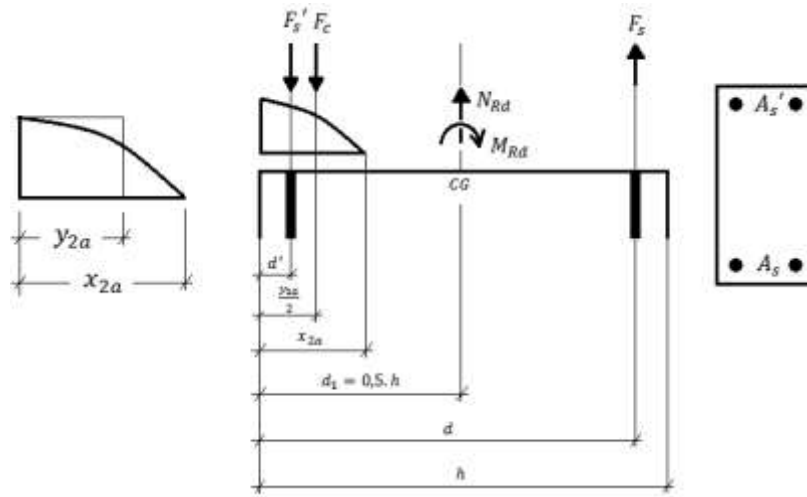


O equacionamento do funcionamento estrutural no domínio (2a) ocorrerá para duas configurações da armadura de aço, sendo a primeira para duas camadas de armadura e a segunda para três camadas de aço. Estas duas configurações são idênticas as estudadas na análise da tração, que foram explicadas no início do capítulo 4 nas Figuras 4.2 e 4.3. A profundidade relativa da linha neutra $\frac{x}{h}$ será adotada por simplificação igual ao limite $\frac{x_{2a}}{h}$.

5.1.1. EQUAÇÕES PARA A CONFIGURAÇÃO DE 2 CAMADAS DE ARMADURA

Para o domínio em análise a armadura A_s' é comprimida e a armadura A_s encontra-se tracionada. No centro de gravidade aplica-se o esforço normal resistente de cálculo tracionando a seção e o momento fletor resistente tracionando a face sob armadura A_s' , conforme Figura 5.2.

Figura 5.2: Forças e Esforços resistentes no domínio (2a) para 2 camadas de armadura



Considerando-se as resistências nas armaduras e a resistência à compressão no concreto. Os esforços solicitantes nas armaduras e na zona comprimida de concreto são definidos por:

$$F_s = f_{yd} \cdot A_s$$

$$F_s' = \sigma_s' \cdot A_s'$$

$$F_c = (\alpha_c \cdot f_{cd}) \cdot (\lambda_c \cdot x_{2a}) \cdot b_w \quad (5.1 \text{ a} - \text{c})$$

Aplicando as condições de equilíbrio na seção de concreto armado da Figura 5.2, obtêm-se as equações em esforço normal e momento fletor expressas por:

$$N_{Rd} = F_s' - F_s + F_c$$

$$M_{Rd} - N_{Rd} \cdot (0,5 \cdot h - d') = F_s \cdot (d - d') - F_c \cdot \left(\frac{y_{2a}}{2} - d' \right) \quad (5.2 \text{ a} - \text{b})$$

Baseado na seção apresentada na Figura 5.2 é notório que $(d - d') = 2 \cdot (0,5 \cdot h - d')$, dividindo-se a equação (5.2 b) pela altura da seção h e considerar uma relação λ entre a altura e a distância entre a face externa e o centro de gravidade da armadura comprimida d' , conforme:

$$\frac{M_{Rd}}{h} - N_{Rd} \cdot \lambda = 2 \cdot F_s \cdot \lambda - F_c \cdot \frac{\left(\frac{y_{2a}}{2} - d'\right)}{h} \quad (5.3)$$

Onde:

$$\lambda = \frac{(0,5 \cdot h - d')}{h}$$

Dividindo-se a equação (5.3) por $(b_w \cdot h \cdot \alpha_c \cdot f_{cd})$ e considerando os esforços normal v e momento fletor μ adimensionais, tem-se:

$$\mu - v \cdot \lambda = \frac{2 \cdot F_s}{b_w \cdot h \cdot f_{cd}} \lambda - \frac{F_c}{b_w \cdot h \cdot (\alpha_c \cdot f_{cd})} \cdot \left(\frac{y_{2a}}{2 \cdot h} - \frac{d'}{h}\right) \quad (5.4)$$

Onde:

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b_w \cdot h^2 \cdot (\alpha_c \cdot f_{cd})}$$

$$v = \frac{N_{Rd}}{b_w \cdot h \cdot (\alpha_c \cdot f_{cd})}$$

Aplicando-se as equações (5.1 a – c) em (5.4) e utilizando a simetria nas armaduras e uma taxa de armadura total, tem-se a equação governante da referida taxa de armadura para toda a seção em função dos esforços solicitantes adimensionais μ e v .

$$\omega_s = \frac{\mu - v \cdot \lambda}{\lambda} + \left[\left(\frac{\lambda_c}{\lambda} \cdot \frac{x_{2a}}{h} \right) \cdot \left(\frac{y_{2a}}{2 \cdot h} - \frac{d'}{h} \right) \right] \quad (5.5)$$

Donde:

$$\omega_s = \frac{(A_s + A_s')}{A_c} \cdot \frac{f_{yd}}{(\alpha_c \cdot f_{cd})}$$

A posição da linha neutra x_{2a} relativa a altura útil d , conforme apresentado na Figura 5.1, será expressa através de semelhança de triângulos relacionando a deformação do concreto ε_{c2} e a deformação do aço $\varepsilon_s = 10\text{‰}$:

$$\frac{x_{2a}}{d} = \frac{\varepsilon_{c_2}}{\varepsilon_{c_2} + 10\%_0} \quad (5.5 a)$$

Relevante se faz observar a equivalência:

$$\frac{x_{2a}}{(h - d')} = \frac{x_{2a}}{h} \cdot \frac{1}{\left(1 - \frac{d'}{h}\right)} \quad (5.5 b)$$

Aplicando na equação (5.5 a) a equivalência da equação (5.5 b) e a propriedade geométrica $d = (h - d')$, obtém-se a posição da linha neutra x_{2a} em relação a altura total da seção.

$$\frac{x_{2a}}{h} = \left(1 - \frac{d'}{h}\right) \cdot \frac{\varepsilon_{c_2}}{\varepsilon_{c_2} + 10\%_0} \quad (5.5 c)$$

Sendo ressaltante que na retangularização do diagrama de tensão no concreto, a profundidade de atuação da compressão valerá em função da profundidade da linha neutra $y_{2a} = \lambda_c \cdot x_{2a}$, logo a posição relativa a altura total da seção vale:

$$\frac{y_{2a}}{h} = \lambda_c \cdot \frac{x_{2a}}{h} = \lambda_c \cdot \left(1 - \frac{d'}{h}\right) \cdot \frac{\varepsilon_{c_2}}{\varepsilon_{c_2} + 10\%_0} \quad (5.6 d)$$

Para análise do esforço normal adimensional limite ν será considerada a resistência do concreto. Dividindo-se a equação (5.2 a) por $b_w \cdot h \cdot f_{cd}$ e desprezando a parcela da contribuição da armadura, uma vez que a caracterização do domínio (2a) é a ocorrência da deformação máxima no concreto de ε_{c_2} . Substituindo-se ainda a equação (5.1 c), tem-se o limite máximo de variação do esforço adimensional para o domínio em análise. Observando que o limite mínimo é nulo.

$$0 \leq \nu \leq \lambda_c \cdot \frac{x_{2a}}{h} \quad (5.6)$$

Para as variadas classe de resistência do concreto em função das relações $\delta = \frac{d'}{h}$ os valores máximos para o esforço adimensional ν no domínio (2a) são informados no Quadro 5.1. Sendo os valores de ε_{c_2} e n apresentados nas equações (2.1 b) e (2.1 a) respectivamente.

Quadro 5.1: Valores máximos de ν em relação a classe do concreto e a relação δ para o domínio (2a)

	$\delta = 0,05$	$\delta = 0,10$	$\delta = 0,15$	$\delta = 0,20$
$C \leq C - 50$	0,127	0,120	0,113	0,107
$C - 55$	0,132	0,125	0,120	0,113
$C - 60$	0,136	0,130	0,116	0,109
$C - 70$	0,138	0,130	0,123	0,116
$C - 80$	0,139	0,132	0,124	0,117
$C - 90$	0,137	0,129	0,124	0,116

Na equação (5.5) a taxa de armadura ω_s é apresentada como uma função dos esforços adimensionais (μ e ν), isto além da posição relativa da linha neutra $\frac{x_{2a}}{h}$ e a profundidade minorada $\frac{y_{2a}}{h}$. A problemática consiste em variar a seção no intervalo do domínio (2a), para tanto se faz necessário obter a função que correlacione a profundidade relativa $\frac{x_{2a}}{h}$ com o esforço adimensional ν .

Para determinar a função $\frac{x_{2a}}{h}(\nu)$ deve se recorrer a Figura 5.1 e considerar que para a profundidade $x_{2a} = 0$ equivale a $\frac{x_{2a}}{h} = 0$ e conseguinte $\nu = 0$. Para o limite do domínio (2a) a profundidade relativa é apresentada na equação (5.5 c) e ν na equação (5.6). Impondo uma função linear, obtem-se:

$$\frac{x_{2a}}{h}(\nu) = \frac{\nu}{\lambda_c} \quad (5.7)$$

Aplicando as equações (5.7) e (5.5 d) na equação (5.5) é obtida a taxa de armadura ω_s em função dos esforços adimensionais (μ e ν). Impondo ainda que $\delta = \frac{d'}{h}$.

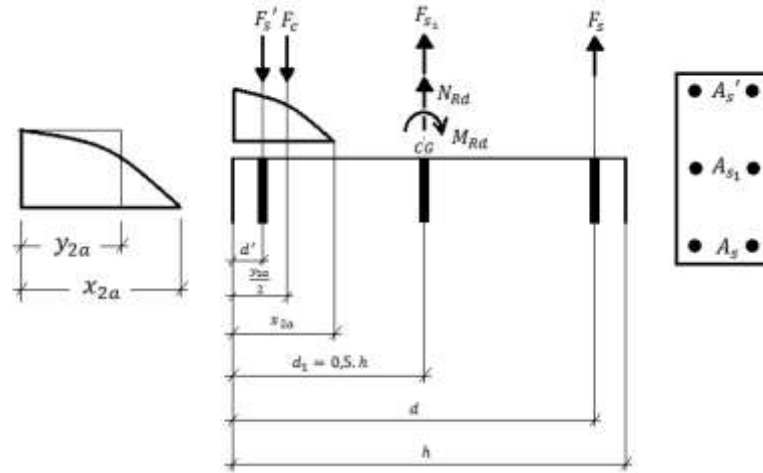
$$\omega_s = \frac{\mu - \nu \cdot \lambda}{\lambda} + \left[\frac{\nu}{\lambda} \cdot \left(\frac{\nu}{2} - \delta \right) \right] \quad (5.8)$$

5.1.2. EQUAÇÕES PARA A CONFIGURAÇÃO DE 3 CAMADAS DE ARMADURA

Para o domínio em análise tem-se a armadura A_s' comprimida e a armadura A_s tracionada. No centro de gravidade aplicado o esforço normal resistente de

cálculo tracionando a seção e o momento fletor resistente tracionando a face sob armadura A_s' , conforme Figura 5.3.

Figura 5.3: Forças e Esforços resistentes no domínio (2a) para 3 camadas de armadura



Considerando-se as resistências nas armaduras e a resistência à compressão no concreto. Os esforços solicitantes nas armaduras e na zona comprimida de concreto são definidos por:

$$F_s = f_{yd} \cdot A_s$$

$$F_s' = \sigma_s' \cdot A_s'$$

$$F_{s1} = \sigma_{s1} \cdot A_{s1}$$

$$F_c = (\alpha_c \cdot f_{cd}) \cdot (\lambda_c \cdot x_{2a}) \cdot b_w \quad (5.9 \text{ a} - d)$$

Aplicando as condições de equilíbrio na seção de concreto armado da Figura 5.3, obtêm-se as equações em esforço normal e momento fletor expressas como:

$$N_{Rd} = F_s' - F_s - F_{s1} + F_c$$

$$M_{Rd} - N_{Rd} \cdot (0,5 \cdot h - d') = F_s \cdot (d - d') + F_{s1} \cdot (0,5 \cdot h - d') - F_c \cdot \left(\frac{y_{2a}}{2} - d' \right) \quad (5.10 \text{ a} - b)$$

Baseado na seção apresentada na Figura 5.3 é notório que $(d - d') = 2 \cdot (0,5 \cdot h - d')$, dividindo-se a equação (5.10 b) pela altura da seção h e considerar uma relação λ entre a altura e a distância entre a face externa e o centro de gravidade da armadura comprimida d' , conforme:

$$\frac{M_{Rd}}{h} - N_{Rd} \cdot \lambda = 2 \cdot F_s \cdot \lambda + F_{s1} \cdot \lambda - F_c \cdot \left(\frac{y_{2a}}{2 \cdot h} - \frac{d'}{h} \right) \quad (5.11)$$

Onde:

$$\lambda = \frac{(0,5 \cdot h - d')}{h}$$

Dividindo-se a equação (5.11) por $(b_w \cdot h \cdot \alpha_c \cdot f_{cd})$ e considerando os esforços normal ν e momento fletor μ adimensionais, tem-se:

$$\mu - \nu \cdot \lambda = \frac{2 \cdot F_s \cdot \lambda + F_{s1} \cdot \lambda}{b_w \cdot h \cdot (\alpha_c \cdot f_{cd})} - \frac{F_c}{b_w \cdot h \cdot (\alpha_c \cdot f_{cd})} \cdot \left(\frac{y_{2a}}{2 \cdot h} - \frac{d'}{h} \right) \quad (5.12 \ a)$$

Onde:

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b_w \cdot h^2 \cdot (\alpha_c \cdot f_{cd})}$$

$$\nu = \frac{N_{Rd}}{b_w \cdot h \cdot (\alpha_c \cdot f_{cd})}$$

Aplicando-se as equações (5.9 a – d) em (5.12) e utilizando a simetria nas armaduras; tanto em área como na distribuição, conforme Figura 5.3, conclui-se que a força atuante na armadura A_{s1} será nula. Portanto:

$$\mu - \nu \cdot \lambda = \frac{2 \cdot A_s \cdot f_{yd}}{b_w \cdot h \cdot (\alpha_c \cdot f_{cd})} \cdot \lambda - \frac{F_c}{b_w \cdot h \cdot (\alpha_c \cdot f_{cd})} \cdot \left(\frac{y_{2a}}{2 \cdot h} - \frac{d'}{h} \right) \quad (5.12 \ b)$$

É notório que a taxa de armadura contida na equação (5.12 a) repercute apenas 2/3 da armadura total. A explicação mais detalhada é apresentada no Anexo I. Assim:

$$\mu - \nu \cdot \lambda = \frac{2}{3} \cdot \omega_s \cdot \lambda - \frac{F_c}{b_w \cdot h \cdot (\alpha_c \cdot f_{cd})} \cdot \left(\frac{y_{2a}}{2 \cdot h} - \frac{d'}{h} \right) \quad (5.12 \ c)$$

Reorganizando, tem-se a taxa de armadura para toda a seção transversal:

$$\omega_s = \frac{3}{2} \cdot \left(\frac{\mu - \nu \cdot \lambda}{\lambda} \right) + \frac{3}{2} \cdot \left[\left(\frac{\lambda_c}{\lambda} \cdot \frac{x_{2a}}{h} \right) \cdot \left(\frac{y_{2a}}{2 \cdot h} - \frac{d'}{h} \right) \right] \quad (5.13)$$

Onde:

$$\omega_s = \frac{(A_s + A_{s1} + A_s')}{A_c} \cdot \frac{f_{yd}}{(\alpha_c \cdot f_{cd})}$$

A_c – Área da seção transversal bruta

A posição da linha neutra em relação a altura total da seção será a mesma expressa na equação (5.7), pois depende apenas das relações de deformação máxima do concreto e do aço neste domínio. O mesmo se verifica no limite de atuação do esforço normal adimensional ν expresso na equação (5.8).

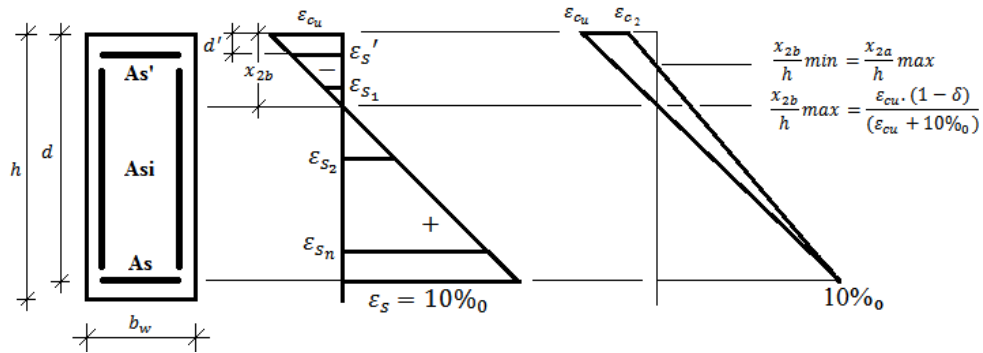
Análogo ao procedido para obter a taxa de armadura ω_s em função de μ e ν na equação (5.8), pode-se compor a referida taxa de armadura para três camadas, por:

$$\omega_s = \frac{3}{2} \cdot \left(\frac{\mu - \nu \cdot \lambda}{\lambda} \right) + \frac{3}{2} \cdot \left[\frac{\nu}{\lambda} \cdot \left(\frac{\nu}{2} - \delta \right) \right] \quad (5.13 a)$$

5.2. EQUACIONAMENTO NO DOMÍNIO (2b)

O domínio (2b) caracteriza-se peça de deformação de 10 ‰ no aço tracionado e a deformação de compressão no concreto variando de ε_{c2} a ε_{cu} . Sendo o diagrama de deformação e o posicionamento da linha neutra expressos na Figura 5.4.

Figura 5.4: Diagrama de deformação da peça de concreto armado no domínio (2b)

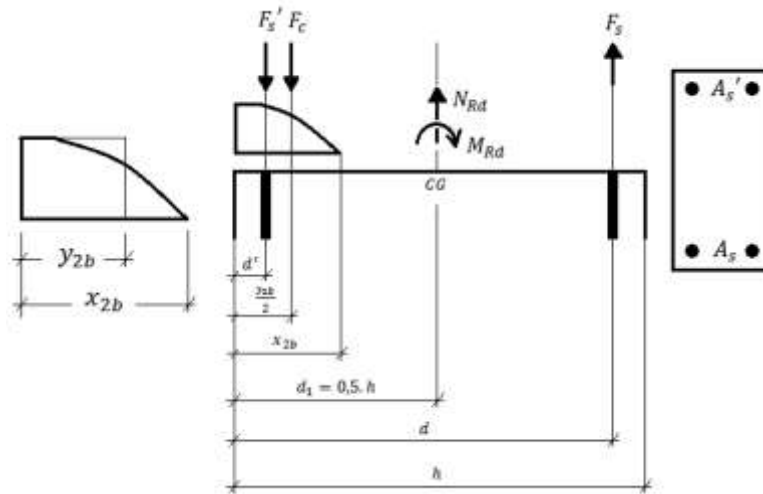


O equacionamento do funcionamento estrutural no domínio (2b) ocorrerá para duas configurações da armadura de aço, sendo a primeira para duas camadas e a segunda para três camadas. Estas duas configurações conforme as Figuras 4.2 e 4.3. A profundidade relativa da linha neutra $\frac{x}{h}$ será adotada por simplificação igual ao limite $\frac{x_{2b}}{h}$.

5.2.1. EQUAÇÕES PARA A CONFIGURAÇÃO DE 2 CAMADAS DE ARMADURA

Para o domínio em questão tem-se a armadura A_s' comprimida e a armadura A_s tracionada. No centro de gravidade o esforço normal resistente de cálculo tracionando a seção e o momento fletor resistente tracionando a face sob armadura A_s' , conforme Figura 5.5.

Figura 5.5: Forças e Esforços resistentes no domínio (2b) para 2 camadas de armadura



Considerando-se as resistências nas armaduras e a resistência à compressão no concreto. Os esforços solicitantes nas armaduras e na zona comprimida de concreto são definidos por:

$$F_s = f_{yd} \cdot A_s$$

$$F_s' = \sigma_s' \cdot A_s'$$

$$F_c = (\alpha_c \cdot f_{cd}) \cdot (\lambda_c \cdot x_{2b}) \cdot b_w \quad (5.14 \text{ a} - \text{c})$$

Aplicando as condições de equilíbrio na seção de concreto armado da Figura 5.5, obtêm-se as equações em esforço normal e momento fletor expressas por:

$$N_{Rd} = F_s' - F_s + F_c$$

$$M_{Rd} - N_{Rd} \cdot (0,5 \cdot h - d') = F_s \cdot (d - d') - F_c \cdot \left(\frac{y_{2b}}{2} - d' \right) \quad (5.15 \text{ a} - \text{b})$$

Baseado na seção apresentada na Figura 5.5 é notório que $(d - d') = 2 \cdot (0,5 \cdot h - d')$, dividindo-se a equação (5.15 b) pela altura da seção h e considerar uma relação λ entre a altura e a distância entre a face externa e o centro de gravidade da armadura comprimida d' , conforme:

$$\frac{M_{Rd}}{h} - N_{Rd} \cdot \lambda = 2 \cdot F_s \cdot \lambda - F_c \cdot \left(\frac{y_{2b}}{2 \cdot h} - \frac{d'}{h} \right) \quad (5.16)$$

Onde:

$$\lambda = \frac{(0,5 \cdot h - d')}{h}$$

Dividindo-se a equação (5.16) por $(b_w \cdot h \cdot \alpha_c \cdot f_{cd})$ e considerando os esforços normal ν e momento fletor μ adimensionais, tem-se:

$$\mu - \nu \cdot \lambda = \frac{2 \cdot F_s}{b_w \cdot h \cdot (\alpha_c \cdot f_{cd})} \cdot \lambda - \frac{F_c}{b_w \cdot h \cdot (\alpha_c \cdot f_{cd})} \cdot \left(\frac{y_{2b}}{2 \cdot h} - \frac{d'}{h} \right) \quad (5.17)$$

Onde:

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b_w \cdot h^2 \cdot (\alpha_c \cdot f_{cd})}$$

$$\nu = \frac{N_{Rd}}{b_w \cdot h \cdot (\alpha_c \cdot f_{cd})}$$

Aplicando-se as equações (5.14 a – c) em (5.17) e utilizando a simetria nas armaduras e uma taxa de armadura total, tem-se a equação governante da referida taxa de armadura para toda a seção em função dos esforços solicitantes adimensionais μ e ν .

$$\omega_s = \frac{\mu - \nu \cdot \lambda}{\lambda} + \left[\left(\frac{\lambda_c}{\lambda} \cdot \frac{x_{2b}}{h} \right) \cdot \left(\frac{y_{2b}}{2 \cdot h} - \frac{d'}{h} \right) \right] \quad (5.18)$$

Onde:

$$\omega_s = \frac{(A_s + A_s')}{A_c} \cdot \frac{f_{yd}}{(\alpha_c \cdot f_{cd})}$$

A_c – Área da seção transversal bruta

A posição da linha neutra x_{2b} relativa a altura útil d , conforme apresentado na Figura 5.4, será expressa através de semelhança de triângulos relacionando a deformação do concreto ε_{cu} e a deformação do aço $\varepsilon_s = 10\text{‰}$:

$$\frac{x_{2b}}{d} = \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} + 10\text{‰}} \quad (5.18 a)$$

Relevante se faz observar a equivalência:

$$\frac{x_{2a}}{(h - d')} = \frac{x_{2a}}{h} \cdot \frac{1}{\left(1 - \frac{d'}{h}\right)} \quad (5.18 b)$$

Aplicando na equação (5.18 a) a equivalência da equação (5.18 b) e a propriedade geométrica $d = (h - d')$, obtém-se a posição da linha neutra x_{2b} em relação a altura total da seção.

$$\frac{x_{2b}}{h} = \left(1 - \frac{d'}{h}\right) \cdot \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} + 10\text{‰}} \quad (5.18 c)$$

Sendo ressaltante que na retangularização do diagrama de tensão no concreto, a profundidade de atuação da compressão valerá em função da profundidade da linha neutra $y_{2b} = \lambda_c \cdot x_{2b}$, logo a posição relativa a altura total da seção vale:

$$\frac{y_{2b}}{h} = \lambda_c \cdot \frac{x_{2b}}{h} = \lambda_c \cdot \left(1 - \frac{d'}{h}\right) \cdot \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} + 10\text{‰}} \quad (5.18 d)$$

Para análise do esforço normal adimensional limite ν será considerada a resistência do concreto. Dividindo-se a equação (5.15 a) por $b_w \cdot h \cdot f_{cd}$ e desprezando-se a parcela da contribuição da armadura, uma vez que a caracterização do domínio (2b) é a ocorrência da deformação máxima no concreto de ε_{cu} . Substituindo-se também a equação (5.14 c), tem-se o limite máximo de variação do esforço adimensional para o domínio em análise. Observando-se que o limite mínimo será o limite máximo do domínio (2a), apresentado no Quadro 5.1.

$$\nu_{max_{2a}} \leq \nu \leq \lambda_c \cdot \frac{x_{2b}}{h} \quad (5.19)$$

Para as variadas classe de resistência do concreto em função das relações $\delta = \frac{d'}{h}$ os valores máximos para o esforço adimensional ν no domínio (2b) são

informados no Quadro 5.2. Sendo os valores de ε_{cu} e n apresentados nas equações (2.1 c) e (2.1 a), respectivamente.

Quadro 5.2: Valores máximos de ν em relação a classe do concreto e a relação δ para o domínio (2b)

	$\delta = 0,05$	$\delta = 0,10$	$\delta = 0,15$	$\delta = 0,20$
$C \leq C - 50$	0,196	0,187	0,176	0,165
$C - 55$	0,178	0,169	0,159	0,149
$C - 60$	0,164	0,155	0,147	0,138
$C - 70$	0,148	0,140	0,132	0,125
$C - 80$	0,143	0,135	0,128	0,121
$C - 90$	0,137	0,129	0,122	0,116

Na equação (5.18) a taxa de armadura ω_s é apresentada como uma função dos esforços adimensionais (μ e ν), isto além da posição relativa da linha neutra $\frac{x_{2b}}{h}$ e a profundidade minorada $\frac{y_{2b}}{h}$. A problemática consiste em variar a seção no intervalo do domínio (2b), para tanto se faz necessário obter a função que correlacione a profundidade relativa $\frac{x_{2b}}{h}$ com o esforço adimensional ν .

Para determinar a função $\frac{x_{2b}}{h}(\nu)$ deve se recorrer a Figura 5.4 e considerar que para a profundidade $x_{2b} = x_{2a_{max}}$, no início do domínio, equivale a $\frac{x_{2b}}{h} = \frac{x_{2a_{max}}}{h}$ apresentado na equação (5.5 c) e conseguinte $\nu_{2b} = \nu_{2a_{max}}$ apresentado na equação (5.6). Para o limite do domínio (2b) a profundidade relativa é apresentada na equação (5.18 c) e ν na equação (5.19). Impondo uma função linear, obtem-se:

$$\frac{x_{2b}}{h}(\nu) = \frac{\nu}{\lambda_c} \quad (5.7)$$

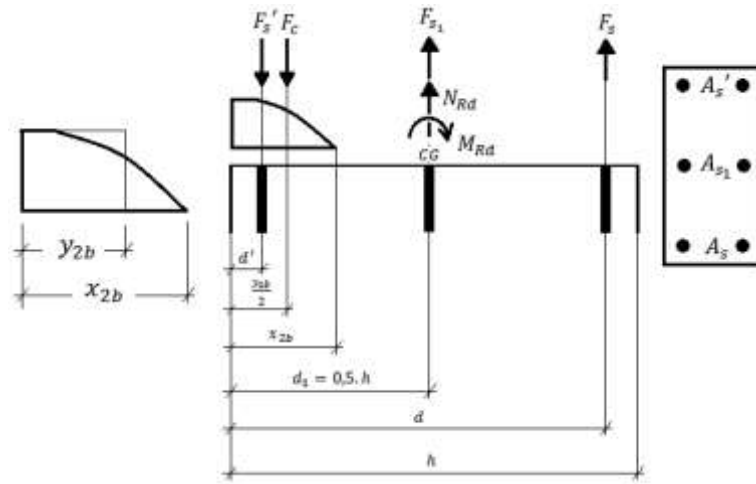
Aplicando as equações (5.20) e (5.18 d) na equação (5.18) é obtida a taxa de armadura ω_s em função dos esforços adimensionais (μ e ν). Impondo ainda que $\delta = \frac{d'}{h}$.

$$\omega_s = \frac{\mu - \nu \cdot \lambda}{\lambda} + \left[\frac{\nu}{\lambda} \cdot \left(\frac{\nu}{2} - \delta \right) \right] \quad (5.21)$$

5.2.2. EQUAÇÕES PARA A CONFIGURAÇÃO DE 3 CAMADAS DE ARMADURA

Para o domínio de deformação em análise tem-se a armadura A_s' comprimida e a armadura A_s tracionada. No centro de gravidade o esforço normal resistente de cálculo tracionando a seção e o momento fletor resistente tracionando a face sob armadura A_s' , conforme Figura 5.6.

Figura 5.6: Forças e Esforços resistentes no domínio (2b) para 3 camadas de armadura



Considerando-se as resistências nas armaduras e a resistência à compressão no concreto. Os esforços solicitantes nas armaduras e na zona comprimida de concreto são definidos por:

$$F_s = f_{yd} \cdot A_s$$

$$F_s' = \sigma_s' \cdot A_s'$$

$$F_{s1} = \sigma_{s1} \cdot A_{s1}$$

$$F_c = (\alpha_c \cdot f_{cd}) \cdot (\lambda_c \cdot x_{2b}) \cdot b_w \quad (5.22 \text{ a} - \text{d})$$

Aplicando as condições de equilíbrio na seção de concreto armado da Figura 5.6, obtêm-se as equações em esforço normal e momento fletor expressas como:

$$N_{Rd} = F_s' - F_s - F_{s1} + F_c$$

$$M_{Rd} - N_{Rd} \cdot (0,5 \cdot h - d') = F_s \cdot (d - d') + F_{s1} \cdot (0,5 \cdot h - d') - F_c \cdot \left(\frac{y_{2b}}{2} - d' \right) \quad (5.23 \text{ a} - \text{b})$$

Baseado na seção apresentada na Figura 5.6 é notório que $(d - d') = 2 \cdot (0,5 \cdot h - d')$, dividindo-se a equação (5.23 b) pela altura da seção h e considerar uma relação λ entre a altura e a distância entre a face externa e o centro de gravidade da armadura comprimida d' , conforme:

$$\frac{M_{Rd}}{h} - N_{Rd} \cdot \lambda = 2 \cdot F_s \cdot \lambda + F_{s1} \cdot \lambda - F_c \cdot \left(\frac{y_{2b}}{2 \cdot h} - \frac{d'}{h} \right) \quad (5.24)$$

Onde:

$$\lambda = \frac{(0,5 \cdot h - d')}{h}$$

Dividindo-se a equação (5.24) por $(b_w \cdot h \cdot \alpha_c \cdot f_{cd})$ e considerando os esforços normal ν e momento fletor μ adimensionais, tem-se:

$$\mu - \nu \cdot \lambda = \frac{2 \cdot F_s \cdot \lambda + F_{s1} \cdot \lambda}{b_w \cdot h \cdot (\alpha_c \cdot f_{cd})} - \frac{F_c}{b_w \cdot h \cdot (\alpha_c \cdot f_{cd})} \cdot \left(\frac{y_{2b}}{2 \cdot h} - \frac{d'}{h} \right) \quad (5.25)$$

Onde:

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b_w \cdot h^2 \cdot (\alpha_c \cdot f_{cd})}$$

$$\nu = \frac{N_{Rd}}{b_w \cdot h \cdot (\alpha_c \cdot f_{cd})}$$

Aplicando-se as equações (5.22 a – d) em (5.25) e utilizando a simetria nas armaduras e uma taxa de armadura total, tem-se a equação governante da referida taxa de armadura para toda a seção em função dos esforços solicitantes adimensionais μ e ν . E com base na análise procedida no item 5.1.2, tem-se a taxa de armadura para a seção:

$$\omega_s = \frac{3}{2} \cdot \left(\frac{\mu - \nu \cdot \lambda}{\lambda} \right) + \frac{3}{2} \cdot \left[\left(\frac{\lambda_c}{\lambda} \cdot \frac{x_{2b}}{h} \right) \cdot \left(\frac{y_{2b}}{2 \cdot h} - \frac{d'}{h} \right) \right] \quad (5.26)$$

Onde:

$$\omega_s = \frac{(A_s + A_{s1} + A_s')}{A_c} \cdot \frac{f_{yd}}{(\alpha_c \cdot f_{cd})}$$

A_c – Área da seção transversal bruta

A posição da linha neutra em relação a altura total da seção será a mesma expressa na equação (5.20), pois depende apenas das relações de deformação máxima do concreto e do aço neste domínio.

O mesmo se verifica no limite de atuação do esforço normal adimensional ν expresso na equação (5.21).

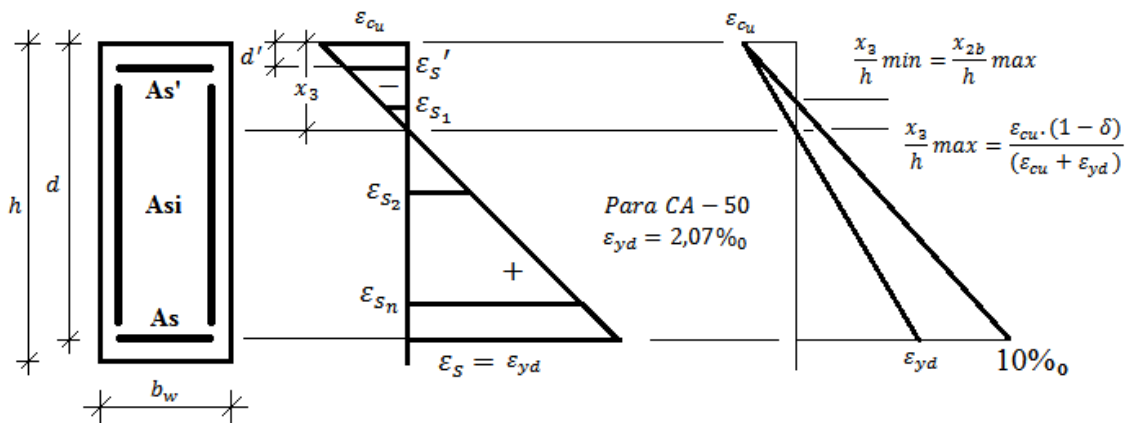
Análogo ao procedido para obter a taxa de armadura ω_s em função de μ e ν na equação (5.21), pode-se compor a referida taxa de armadura para três camadas, por:

$$\omega_s = \frac{3}{2} \cdot \left(\frac{\mu - \nu \cdot \lambda}{\lambda} \right) + \frac{3}{2} \cdot \left[\frac{\nu}{\lambda} \cdot \left(\frac{\nu}{2} - \delta \right) \right] \quad (5.26 a)$$

5.3. EQUACIONAMENTO NO DOMÍNIO (3)

O domínio (3) é caracterizado pela deformação de compressão no concreto igual a ε_{cu} e a deformação no aço tracionado entre ε_{yd} e 10‰ . Sendo o diagrama de deformação e o posicionamento da linha neutra expressos na Figura 5.7.

Figura 5.7: Diagrama de deformação da peça de concreto armado no domínio (3)



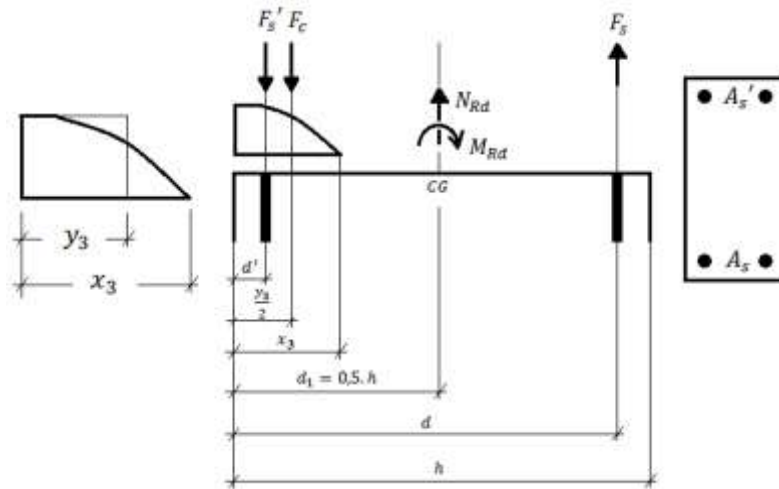
O equacionamento do funcionamento estrutural no domínio (3) ocorrerá para duas configurações da armadura de aço, sendo a primeira para duas camadas de aço e a segunda para três camadas de aço.

Estas duas configurações são idênticas as estudadas na análise da tração, que foram explicadas no início do capítulo 4 nas Figuras 4.2 e 4.3. A profundidade relativa da linha neutra $\frac{x}{h}$ será adotada por simplificação igual ao limite $\frac{x_3}{h}$.

5.3.1. EQUAÇÕES PARA A CONFIGURAÇÃO DE 2 CAMADAS DE ARMADURA

Para o domínio em análise tem-se a armadura A_s' comprimida e a armadura A_s tracionada. No centro de gravidade o esforço normal resistente de cálculo tracionando a seção e o momento fletor resistente tracionando a face sob armadura A_s' , conforme Figura 5.8.

Figura 5.8: Forças e Esforços resistentes no domínio (3) para 2 camadas de armadura



Considerando-se as resistências nas armaduras e a resistência à compressão no concreto. Os esforços solicitantes nas armaduras e na zona comprimida de concreto são definidos por:

$$F_s = f_{yd} \cdot A_s$$

$$F_s' = \sigma_s' \cdot A_s'$$

$$F_c = (\alpha_c \cdot f_{cd}) \cdot (\lambda_c \cdot x_3) \cdot b_w \quad (5.27 a - c)$$

Aplicando as condições de equilíbrio na seção de concreto armado da Figura 5.8, obtêm-se as equações em esforço normal e momento fletor expressas por:

$$N_{Rd} = F_s' - F_s + F_c$$

$$M_{Rd} + N_{Rd} \cdot (0,5 \cdot h - d') = F_s' \cdot (d - d') + F_c \cdot \left(h - \frac{y_3}{2} - d' \right) \quad (5.28 \text{ a} - \text{b})$$

Baseado na seção apresentada na Figura 5.8 é notório que $(d - d') = 2 \cdot (0,5 \cdot h - d')$, dividindo-se a equação (5.28 b) pela altura da seção h e considerar uma relação λ entre a altura e a distância entre a face externa e o centro de gravidade da armadura comprimida d' , conforme:

$$\frac{M_{Rd}}{h} + N_{Rd} \cdot \lambda = 2 \cdot F_s' \cdot \lambda + F_c \cdot \left(1 - \frac{y_3}{2 \cdot h} - \frac{d'}{h} \right) \quad (5.29)$$

Onde:

$$\lambda = \frac{(0,5 \cdot h - d')}{h}$$

Dividindo-se a equação (5.29) por $(b_w \cdot h \cdot \alpha_c \cdot f_{cd})$ e considerando os esforços normal e momento fletor adimensionais, tem-se:

$$\mu + v \cdot \lambda = \frac{2 \cdot F_s'}{b_w \cdot h \cdot (\alpha_c \cdot f_{cd})} \cdot \lambda + \frac{F_c}{b_w \cdot h \cdot (\alpha_c \cdot f_{cd})} \cdot \left(1 - \frac{y_3}{2 \cdot h} - \frac{d'}{h} \right) \quad (5.30)$$

Onde:

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b_w \cdot h^2 \cdot (\alpha_c \cdot f_{cd})}$$

$$v = \frac{N_{Rd}}{b_w \cdot h \cdot (\alpha_c \cdot f_{cd})}$$

Aplicando-se as equações (5.27 a – c) em (5.30) e utilizando a simetria nas armaduras e uma taxa de armadura total, tem-se a equação governante da referida taxa de armadura para toda a seção em função dos esforços solicitantes adimensionais μ e v .

$$\omega_s = \frac{\mu + v \cdot \lambda}{\lambda} - \left[\left(\frac{\lambda_c}{\lambda} \cdot \frac{x_3}{h} \right) \cdot \left(1 - \frac{y_3}{2 \cdot h} - \frac{d'}{h} \right) \right] \quad (5.31)$$

Onde:

$$\omega_s = \frac{(A_s + A_s')}{A_c} \cdot \frac{f_{yd}}{(\alpha_c \cdot f_{cd})}$$

A_c – Área da seção transversal bruta

A posição da linha neutra x_3 relativa a altura útil d , conforme apresentado na Figura 5.7, será expressa através de semelhança de triângulos relacionando a deformação do concreto ε_{cu} e a deformação do aço $\varepsilon_s = \varepsilon_{yd}$:

$$\frac{x_3}{d} = \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} + \varepsilon_{yd}} \quad (5.31 a)$$

Relevante se faz observar a equivalência:

$$\frac{x_3}{(h - d')} = \frac{x_3}{h} \cdot \frac{1}{\left(1 - \frac{d'}{h}\right)} \quad (5.31 b)$$

Aplicando na equação (5.31 a) a equivalência da equação (5.31 b) e a propriedade geométrica $d = (h - d')$, obtem-se a posição da linha neutra x_3 em relação a altura total da seção.

$$\frac{x_3}{h} = \left(1 - \frac{d'}{h}\right) \cdot \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} + \varepsilon_{yd}} \quad (5.31 c)$$

Sendo ressaltante que na retangularização do diagrama de tensão no concreto, a profundidade de atuação da compressão valerá em função da profundidade da linha neutra $y_3 = \lambda_c \cdot x_3$, logo a posição relativa a altura total da seção vale:

$$\frac{y_3}{h} = \lambda_c \cdot \frac{x_3}{h} = \lambda_c \cdot \left(1 - \frac{d'}{h}\right) \cdot \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} + \varepsilon_{yd}} \quad (5.31 d)$$

Para análise do esforço normal adimensional limite ν será considerada a resistência do concreto e da armadura A_s , para tanto despreza-se a contribuição da armadura comprimida A_s' , resultando do balanço de esforços apresentado na equação (5.28 a):

$$N_{Rd} = F_c - F_s \quad (5.32 a)$$

Substituindo-se as equações (5.27 a e c) na equação (5.32 a), tem-se:

$$N_{Rd} = [(\alpha_c \cdot f_{cd}) \cdot (\lambda_c \cdot x_3) \cdot b_w] - (f_{yd} \cdot A_s) \quad (5.35 b)$$

Dividindo-se a equação (5.35 b) por $(b_w \cdot h \cdot f_{cd})$ e considerando os esforço adimensional em normal ν e a taxa de armadura unitária ω na armadura A_s , tem-se:

$$\nu = \left(\lambda_c \cdot \frac{x_3}{h} \right) - \omega \quad (5.32 c)$$

O limite mínimo de ν para este domínio será o limite máximo do domínio (2b). Para determinar-se o limite máximo de atuação do domínio em análise aplica-se equação (5.31) para $(\mu = 0)$ na equação (5.32 c) e ressaltando que a taxa de armadura para toda a seção ω_s é o dobro da taxa de armadura unitária ω , tem-se que o limite máximo de ν para o domínio (3) é o seguinte:

$$\nu_{2b_{máx}} \leq \nu \leq \nu_{3máx} \quad (5.32 d)$$

Sendo:

$$\nu_{3máx} = \frac{2}{3} \cdot \left(\lambda_c \cdot \frac{x_3}{h} \right) + 3 \cdot \left[\left(\frac{\lambda_c}{\lambda} \cdot \frac{x_3}{h} \right) \cdot \left(1 - \frac{y_3}{2 \cdot h} - \frac{d'}{h} \right) \right]$$

Ou ainda:

$$\nu_{3máx} = \lambda_c \cdot \frac{x_3}{h} \cdot \left[\frac{(2 \cdot \lambda + 9 - 9 \cdot \delta)}{3 \cdot \lambda} - \frac{3 \cdot \lambda_c}{2 \cdot \lambda} \cdot \frac{x_3}{h} \right]$$

Para as variadas classe de resistência do concreto em função das relações $\delta = \frac{d'}{h}$ os valores máximos para o esforço adimensional ν no domínio (3) são informados no Quadro 5.3, sendo os valores de ε_{cu} , α_c e λ_c apresentados nas equações (2.1 c), (3.16 c) e (3.16 a) respectivamente.

Quadro 5.3: Valores máximos de ν em relação a classe do concreto e a relação δ para o domínio (3)

	$\delta = 0,05$	$\delta = 0,10$	$\delta = 0,15$	$\delta = 0,20$
$C \leq C - 50$	2,901	3,267	3,714	4,286
$C - 55$	2,771	3,116	3,537	4,076
$C - 60$	2,665	2,993	3,395	3,909
$C - 70$	2,519	2,825	3,200	3,679
$C - 80$	2,460	2,756	3,118	3,583
$C - 90$	2,381	2,666	3,016	3,463

Na equação (5.31) a taxa de armadura ω_s é apresentada como uma função dos esforços adimensionais (μ e ν), isto além da posição relativa da linha neutra $\frac{x_3}{h}$ e a profundidade minorada $\frac{y_3}{h}$. A problemática consiste em variar a seção no intervalo do domínio (3), para tanto se faz necessário obter a função que correlacione a profundidade relativa $\frac{x_3}{h}$ com o esforço adimensional ν .

Para determinar a função $\frac{x_3}{h}(\nu)$ deve se recorrer a Figura 5.7 e considerar que para a profundidade $x_3 = x_{2b_{max}}$, no início do domínio, equivale a $\frac{x_3}{h} = \frac{x_{2b_{max}}}{h}$ apresentado na equação (5.18 c) e conseqüente $\nu_3 = \nu_{2b_{max}}$ apresentado na equação (5.19). Para o limite máximo do domínio (3) a profundidade relativa é apresentada na equação (5.31 c) e ν na equação (5.32 d). Impondo uma função linear, obtém-se:

$$\frac{x_3}{h}(\nu) = A_3 \cdot \nu + B_3 \quad (5.32 e)$$

Onde:

$$A_3 = \frac{\left[\frac{\varepsilon_{cu}}{(\varepsilon_{cu} + 10\%_0)} - \frac{\varepsilon_{cu}}{(\varepsilon_{cu} + \varepsilon_{yd})} \right]}{\left[\frac{\varepsilon_{cu}}{(\varepsilon_{cu} + 10\%_0)} - \frac{\varepsilon_{cu}}{(\varepsilon_{cu} + \varepsilon_{yd})} \right] \cdot C} \cdot \lambda_c$$

$$C = \left\{ \frac{(2 \cdot \lambda - 9 + 9 \cdot \delta)}{3 \cdot \lambda} + \frac{3 \cdot \lambda_c}{\lambda} \cdot \frac{\varepsilon_{cu} \cdot (1 - \delta)}{(\varepsilon_{cu} + \varepsilon_{yd})} \right\}$$

$$B_3 = 1 - \frac{\left[\frac{\varepsilon_{cu}}{(\varepsilon_{cu} + 10\%_0)} - \frac{\varepsilon_{cu}}{(\varepsilon_{cu} + \varepsilon_{yd})} \right]}{\left[\frac{\varepsilon_{cu}}{(\varepsilon_{cu} + 10\%_0)} - \frac{\varepsilon_{cu}}{(\varepsilon_{cu} + \varepsilon_{yd})} \right] \cdot C}$$

Aplicando as equações (5.32 e) e (5.31 d) na equação (5.31) é obtida a taxa de armadura ω_s em função dos esforços adimensionais (μ e ν). Impondo ainda que $\delta = \frac{d'}{h}$.

$$\omega_s = \frac{\mu + \nu \cdot \lambda}{\lambda} - \left\{ \left[\frac{\lambda_c}{\lambda} \cdot (A_3 \cdot \nu + B_3) \right] \cdot \left[1 - \delta - \frac{\lambda_c}{3} \cdot (A_3 \cdot \nu + B_3) \right] \right\} \quad (5.33)$$

No Quadro 5.4 são apresentados os coeficientes A_3 , B_3 e C para a função de interpolação da profundidade relativa da linha neutra $\frac{x_3}{h}$.

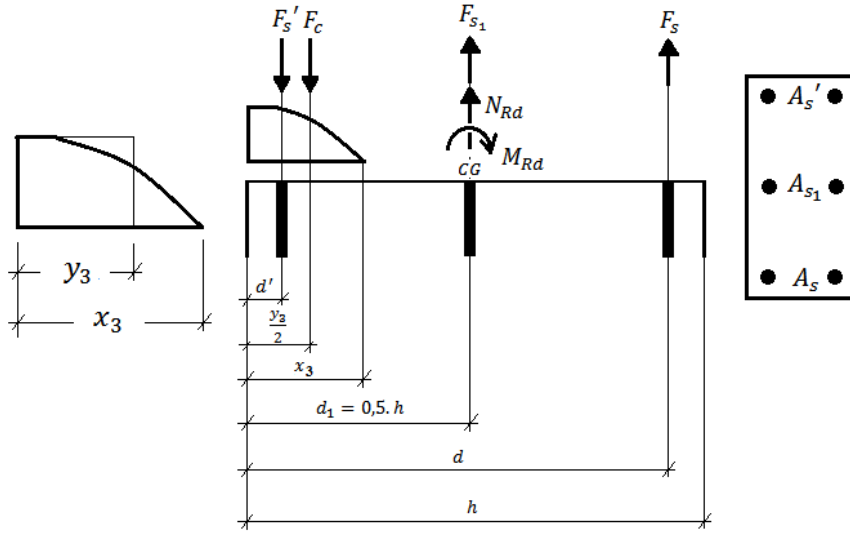
Quadro 5.4: Valores dos coeficientes A_3 , B_3 e C

		$\delta = 0,05$	$\delta = 0,10$	$\delta = 0,15$	$\delta = 0,20$
$C - 50$	A_3	- 0,253	- 0,236	- 0,218	- 0,197
	B_3	1,203	1,189	1,174	1,158
	C	- 2,483	- 2,690	- 2,957	- 3,312
$C - 55$	A_3	- 0,251	- 0,234	- 0,216	- 0,195
	B_3	1,197	1,184	1,170	1,153
	C	- 2,666	- 2,866	- 3,168	- 3,544
$C - 60$	A_3	- 0,249	- 0,232	- 0,215	- 0,194
	B_3	1,193	1,180	1,166	1,150
	C	- 2,809	- 3,038	- 3,332	- 3,724
$C - 70$	A_3	- 0,249	- 0,232	- 0,214	- 0,194
	B_3	1,186	1,173	1,160	1,145
	C	- 2,997	- 3,238	- 3,548	- 3,961
$C - 80$	A_3	- 0,248	- 0,232	- 0,214	- 0,194
	B_3	1,181	1,169	1,155	1,141
	C	- 3,109	- 3,357	- 3,676	- 4,102
$C - 90$	A_3	- 0,252	- 0,235	- 0,217	- 0,196
	B_3	1,176	1,165	1,152	1,137
	C	- 3,198	- 3,453	- 3,780	- 4,216

5.3.2. EQUAÇÕES PARA A CONFIGURAÇÃO DE 3 CAMADAS DE ARMADURA

Para o domínio em questão tem-se a armadura A_s' comprimida e a armadura A_s tracionada. No centro de gravidade o esforço normal resistente de cálculo tracionando a seção e o momento fletor resistente tracionando a face sob armadura A_s' , conforme Figura 5.9.

Figura 5.9: Forças e Esforços resistentes no domínio (3) para 3 camadas de armadura



Considerando-se as resistências nas armaduras e a resistência à compressão no concreto. Os esforços solicitantes nas armaduras e na zona comprimida de concreto são definidos por:

$$F_s = f_{yd} \cdot A_s$$

$$F_s' = \sigma_s' \cdot A_s'$$

$$F_{s1} = \sigma_{s1} \cdot A_{s1}$$

$$F_c = (\alpha_c \cdot f_{cd}) \cdot (\lambda_c \cdot x_3) \cdot b_w \quad (5.34 \text{ a} - \text{d})$$

Aplicando as condições de equilíbrio na seção de concreto armado da Figura 5.9, obtêm-se as equações em esforço normal e momento fletor expressas como:

$$N_{Rd} = F_s' - F_s - F_{s1} + F_c$$

$$M_{Rd} + N_{Rd} \cdot (0,5 \cdot h - d') = F_s' \cdot (d - d') + F_{s1} \cdot (0,5 \cdot h - d') + F_c \cdot \left(h - \frac{y_3}{2} - d' \right) \quad (5.35 \text{ a} - \text{b})$$

Baseado na seção apresentada na Figura 5.9 é notório que $(d - d') = 2 \cdot (0,5 \cdot h - d')$, dividindo-se a equação (5.35 b) pela altura da seção (h) e considerar uma relação (λ) entre a altura e a distância entre a face externa e o centro de gravidade da armadura comprimida (d'), conforme:

$$\frac{M_{Rd}}{h} + N_{Rd} \cdot \lambda = 2 \cdot F_s' \cdot \lambda + F_{s1} \cdot \lambda + F_c \cdot \left(1 - \frac{y_3}{2 \cdot h} - \frac{d'}{h} \right) \quad (5.36)$$

Onde:

$$\lambda = \frac{(0,5 \cdot h - d')}{h}$$

Dividindo-se a equação (5.36) por $(b_w \cdot h \cdot \alpha_c \cdot f_{cd})$ e considerando os esforços normal ν e momento fletor μ adimensionais, tem-se:

$$\mu + \nu \cdot \lambda = \frac{2 \cdot F_s \cdot \lambda + F_{s1} \cdot \lambda}{b_w \cdot h \cdot (\alpha_c \cdot f_{cd})} + \frac{F_c}{b_w \cdot h \cdot (\alpha_c \cdot f_{cd})} \cdot \left(1 - \frac{y_3}{2 \cdot h} - \frac{d'}{h}\right) \quad (5.37)$$

Onde:

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b_w \cdot h^2 \cdot (\alpha_c \cdot f_{cd})}$$

$$\nu = \frac{N_{Rd}}{b_w \cdot h \cdot (\alpha_c \cdot f_{cd})}$$

Aplicando-se as equações (5.34 a – d) em (5.37) e utilizar a simetria nas armaduras e uma taxa de armadura total, tem-se a equação governante da referida taxa de armadura para toda a seção em função dos esforços solicitantes adimensionais μ e ν . E com base na análise procedida no item 5.1.2, tem-se a taxa de armadura para a seção:

$$\omega_s = \frac{3}{2} \cdot \left(\frac{\mu + \nu \cdot \lambda}{\lambda}\right) - \frac{3}{2} \cdot \left[\left(\frac{\lambda_c}{\lambda} \cdot \frac{x_3}{h}\right) \cdot \left(1 - \frac{y_3}{2 \cdot h} - \frac{d'}{h}\right)\right] \quad (5.38)$$

Onde:

$$\omega_s = \frac{(A_s + A_{s1} + A_{s'})}{A_c} \cdot \frac{f_{yd}}{(\alpha_c \cdot f_{cd})}$$

A_c – Área da seção transversal bruta

A posição da linha neutra em relação a altura total da seção será a mesma expressa na equação (5.33), pois depende apenas das relações de deformação máxima do concreto e do aço neste domínio.

O mesmo se verifica no limite de atuação do esforço normal adimensional ν expresso na equação (5.35).

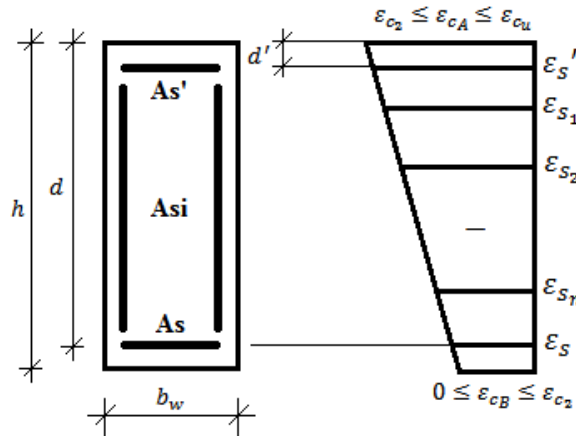
Análogo ao procedido para obter a taxa de armadura ω_s em função de μ e ν na equação (5.33), pode-se compor a referida taxa de armadura para três camadas, por:

$$\omega_s = \frac{3}{2} \cdot \left(\frac{\mu + \nu \cdot \lambda}{\lambda} \right) - \frac{3}{2} \cdot \left\{ \left[\frac{\lambda_c}{\lambda} \cdot (A_3 \cdot \nu + B_3) \right] \cdot \left[1 - \delta - \frac{\lambda_c}{3} \cdot (A_3 \cdot \nu + B_3) \right] \right\} \quad (5.38 a)$$

5.4. EQUACIONAMENTO NOS DOMÍNIOS (4a) e (5)

O funcionamento da peça estrutural de concreto armado nos domínios (4a) e (5) caracteriza-se pela compressão em toda a seção transversal no valor limitado na ABNT NBR 6118:2014, ou seja, entre ε_{cu} e ε_{c2} que será função da classe de resistência do concreto, conforme descrito no item (3.6). Sendo o diagrama de deformação e o posicionamento da linha neutra expressos na Figura 5.10.

Figura 5.10: Diagrama de deformação da peça de concreto armado nos domínios (4a) e (5)

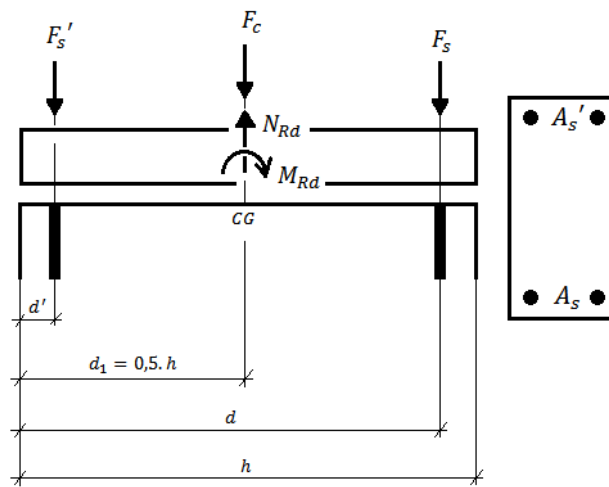


O equacionamento do funcionamento estrutural no domínio (4a) e (5) ocorrerá para duas configurações da armadura de aço, sendo a primeira para duas camadas e a segunda para três camadas. Estas duas configurações são idênticas as estudadas na análise da tração, que foram explicadas no início do capítulo 4 nas Figuras 4.2 e 4.3. Devido a presença da alta excentricidade a tensão de compressão no domínio (5) será uniforme em toda a seção transversal, sem ser necessária a preocupação com a retangularização presente nos domínios (2a), (2b) e (3).

5.4.1. EQUAÇÕES PARA A CONFIGURAÇÃO DE 2 CAMADAS DE ARMADURA

Para o domínio de deformação em análise tem-se a armadura A_s' comprimida e a armadura A_s comprimida. No centro de gravidade o esforço normal resistente de cálculo tracionando a seção e o momento fletor resistente tracionando a face sob armadura A_s' , conforme Figura 5.11.

Figura 5.11: Forças e Esforços resistentes nos domínios (4a) e (5) para 2 camadas de armadura



Considerando-se as resistências nas armaduras e a resistência à compressão no concreto. Os esforços solicitantes nas armaduras e na zona comprimida de concreto são definidos por:

$$F_s = f_{yd} \cdot A_s$$

$$F_s' = \sigma_s' \cdot A_s'$$

$$F_c = (\alpha_c \cdot f_{cd}) \cdot h \cdot b_w \quad (5.39 \text{ a} - \text{c})$$

Aplicando as condições de equilíbrio na seção de concreto armado da Figura 5.11, obtem-se as equações em esforço normal e momento fletor expressas por:

$$N_{Rd} = F_s' + F_s + F_c$$

$$M_{Rd} - N_{Rd} \cdot (0,5 \cdot h - d') = -F_s \cdot (d - d') - F_c \cdot (0,5 \cdot h - d') \quad (5.40 \text{ a} - \text{b})$$

Baseado na seção apresentada na Figura 5.11 é notório que $(d - d') = 2 \cdot (0,5 \cdot h - d')$, dividindo-se a equação (5.40 b) pela altura da seção h e considerar

uma relação λ entre a altura e a distância entre a face externa e o centro de gravidade da armadura comprimida d' , conforme:

$$\frac{M_{Rd}}{h} - N_{Rd} \cdot \lambda = -2 \cdot F_s \cdot \lambda - F_c \cdot \lambda \quad (5.41)$$

Onde:

$$\lambda = \frac{(0,5 \cdot h - d')}{h}$$

Dividindo-se a equação (5.41) por $(b_w \cdot h \cdot \alpha_c \cdot f_{cd})$ e considerando os esforços normal ν e momento fletor μ adimensionais, tem-se:

$$\mu - \nu \cdot \lambda = -\frac{2 \cdot F_s}{b_w \cdot h \cdot (\alpha_c \cdot f_{cd})} \cdot \lambda - \frac{F_c}{b_w \cdot h \cdot (\alpha_c \cdot f_{cd})} \cdot \lambda \quad (5.42)$$

Onde:

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b_w \cdot h^2 \cdot (\alpha_c \cdot f_{cd})}$$

$$\nu = \frac{N_{Rd}}{b_w \cdot h \cdot (\alpha_c \cdot f_{cd})}$$

Aplicando-se as equações (5.39 a – c) em (5.42) e utilizando a simetria nas armaduras e uma taxa de armadura total, tem-se a equação governante da referida taxa de armadura para toda a seção em função dos esforços solicitantes adimensionais μ e ν .

$$\omega_s = \frac{-\mu + \nu \cdot \lambda}{\lambda} - 1 \quad (5.43)$$

Onde:

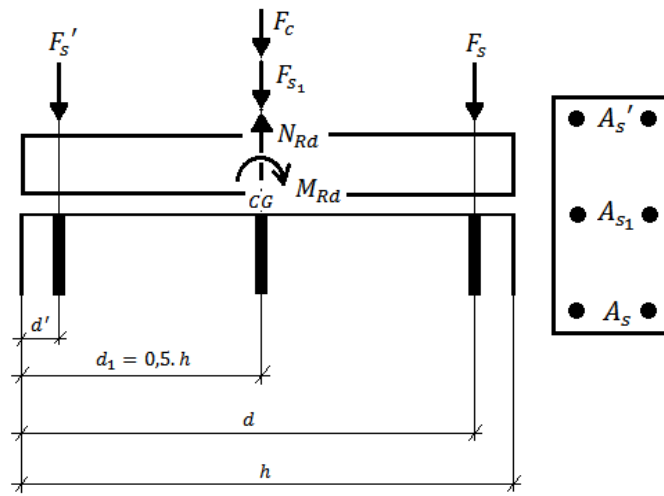
$$\omega_s = \frac{(A_s + A_s')}{A_c} \cdot \frac{f_{yd}}{(\alpha_c \cdot f_{cd})}$$

A_c – Área da seção transversal bruta

5.4.2. EQUAÇÕES PARA A CONFIGURAÇÃO DE 3 CAMADAS DE ARMADURA

Para o domínio em questão tem-se a armadura A_s' comprimida e a armadura A_s comprimida. No centro de gravidade o esforço normal resistente de cálculo tracionando a seção e o momento fletor resistente tracionando a face sob armadura A_s' , conforme Figura 5.12.

Figura 5.12: Forças e Esforços resistentes nos domínios (4a) e (5) para 3 camadas de armadura



Considerando-se as resistências nas armaduras e a resistência à compressão no concreto. Os esforços solicitantes nas armaduras e na zona comprimida de concreto são definidos por:

$$F_s = f_{yd} \cdot A_s$$

$$F_s' = \sigma_s' \cdot A_s'$$

$$F_{s1} = \sigma_{s1} \cdot A_{s1}$$

$$F_c = (\alpha_c \cdot f_{cd}) \cdot h \cdot b_w \quad (5.44 \text{ a} - d)$$

Aplicando as condições de equilíbrio na seção de concreto armado da Figura 5.12, obtêm-se as equações em esforço normal e momento fletor expressas por:

$$N_{Rd} = F_s' + F_s + F_{s1} + F_c$$

$$M_{Rd} - N_{Rd} \cdot (0,5 \cdot h - d') = -F_s \cdot (d - d') - F_{s1} \cdot (0,5 \cdot h - d') - F_c \cdot (0,5 \cdot h - d') \quad (5.45 \text{ a} - b)$$

Baseado na seção apresentada na Figura 5.12 é notório que $(d - d') = 2 \cdot (0,5 \cdot h - d')$, dividindo-se a equação (5.45 b) pela altura da seção h e considerar uma relação λ entre a altura e a distância entre a face externa e o centro de gravidade da armadura comprimida d' , conforme:

$$\frac{M_{Rd}}{h} - N_{Rd} \cdot \lambda = -2 \cdot F_s' \cdot \lambda - F_{s1} \cdot \lambda - F_c \cdot \lambda \quad (5.46)$$

Onde:

$$\lambda = \frac{(0,5 \cdot h - d')}{h}$$

Dividindo-se a equação (5.46) por $(b_w \cdot h \cdot \alpha_c \cdot f_{cd})$ e considerando os esforços normal ν e momento fletor μ adimensionais, tem-se:

$$\mu - \nu \cdot \lambda = \frac{-2 \cdot F_s - F_{s1}}{b_w \cdot h \cdot (\alpha_c \cdot f_{cd})} \cdot \lambda - \frac{F_c}{b_w \cdot h \cdot (\alpha_c \cdot f_{cd})} \cdot \lambda \quad (5.57)$$

Onde:

$$\mu = \frac{M_{Rd}}{b_w \cdot h^2 \cdot (\alpha_c \cdot f_{cd})}$$

$$\nu = \frac{N_{Rd}}{b_w \cdot h \cdot (\alpha_c \cdot f_{cd})}$$

Aplicando-se as equações (5.44 a – d) em (5.47) e utilizar a simetria nas armaduras e uma taxa de armadura total, tem-se a equação governante da referida taxa de armadura para toda a seção em função dos esforços solicitantes adimensionais μ e ν .

$$\omega_s = \frac{-\mu + \nu \cdot \lambda}{\lambda} - 1 \quad (5.48)$$

Onde:

$$\omega_s = \frac{(A_s + A_{s1} + A_s')}{A_c} \cdot \frac{f_{yd}}{(\alpha_c \cdot f_{cd})}$$

A_c – Área da seção transversal bruta

CAPÍTULO 6

TABELAS DA FLEXÃO COMPOSTA NORMAL

As tabelas constantes neste capítulo destinam-se ao dimensionamento de seções retangulares submetidas à flexo – tração e flexo compressão, para tanto as Figuras 6.1 e 6.2 auxiliam na compreensão da distribuição da armadura por camadas de aço, sendo respectivamente orientações sobre a flexo – tração e a flexo – compressão. As referidas tabelas foram geradas no Microsoft EXCEL 2010, seguindo as funções deduzidas nos capítulos 4 e 5 desta dissertação.

Figura 6.1: Flexo – Tração e configurações das armaduras em: 2 e 3 camadas, respectivamente

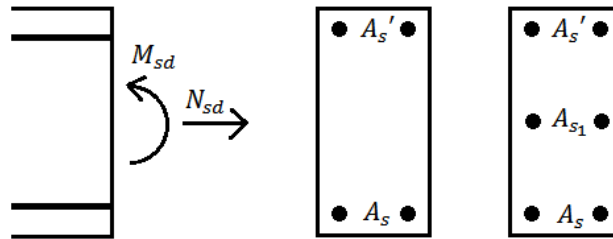
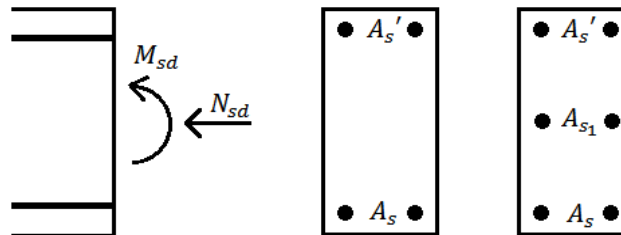


Figura 6.2: Flexo – Compressão e configurações das armaduras em: 2 e 3 camadas, respectivamente



Os parâmetros de entrada e a taxa de armadura com as devidas unidades, são os seguintes:

$$\mu = \frac{M_{sd} [kNm]}{b_w [m] \cdot h^2 [cm^2] \cdot (\alpha_c \cdot f_{cd}) \left[\frac{kN}{cm^2} \right]} \quad \nu = \frac{N_{sd} [kN]}{b_w [cm] \cdot h [cm] \cdot (\alpha_c \cdot f_{cd}) \left[\frac{kN}{cm^2} \right]}$$

$$\omega_s = \frac{A_{s_{total}} [cm^2] \cdot f_{yd} \left[\frac{kN}{cm^2} \right]}{b_w [cm] \cdot h [cm] \cdot (\alpha_c \cdot f_{cd}) \left[\frac{kN}{cm^2} \right]}$$

Vale ressaltar que qualquer combinação de unidades que resulte em adimensionais em (μ, ν) e unidade de área na taxa de armadura ω_s podem ser empregadas. Ainda é possível obter a taxa de armadura ω_s via funções simplificadas, com 5 casas decimais, apresentadas no Anexo II. Estas funções são definidas por classe de resistência do concreto e afastamento δ e no limite dos domínios de deformação.

No Anexo III é exposto nos Quadros A.4, A.5, A.6 e A.7 as taxas de armadura ω_s , obtidas pela interpolação da posição da linha neutra por uma função linear e por simplificação e aproximação em admitir o equacionamento no limite do domínio e variar os esforços (μ, ν) . Nos referidos Quadros são apresentados ainda a taxa de armadura correspondente, apresentada por Araújo (2003) para os concretos $C - 50$ e conseguinte percentual excedente ou inferior das taxas ω_s calculadas. O cálculo da taxa de armadura ω_s pela imposição da função interpoladora é expressa nas equações (5.8), (5.21) e (5.33) na configuração de duas camadas de armadura e nas equações (5.13 a), (5.36 a) e (5.38 a) para três camadas. A obtenção de ω_s para a aproximação expressa nas equações (5.5), (5.18) e (5.31) para duas camadas e nas equações (5.13), (5.26) e (5.38) para três camadas. Sendo estes apresentados nos Quadros A.4 ao Quadro A.7 no Anexo III.

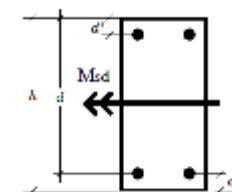
É notório a ocorrência média de 50,00% das taxas de armadura ω_s com valores inferior aos apresentados em Araújo (2003) na utilização da função interpoladora. Já na utilização da aproximação é observado valores iguais em 20,34% das ocorrências verificadas e valores superiores em média de 9,87% dos apresentados em Araújo (2003) em 68,75% das ocorrências, sendo apenas 10,42% das verificações que a taxa ω_s é inferior. Portanto os Quadros de taxa de armadura ω_s em função do classe de resistência do concreto e do afastamento δ via utilização da aproximação pelo equacionamento no limite dos domínios. Para o $\delta = 0,05$ a variação é de 7,84% e para $\delta = 0,10$ é de 5,41%. Após as referidas análises é evidente a escolha pela aproximação e para tanto verifica-se nos Quadros A.8 ao Quadro A.11 a equivalência com a bibliografia base do professor Araújo (2003) para o concreto $C - 50$ e afastamentos $\delta = 0,15$ e $\delta = 0,20$. Nesta análise verifica-se uma variação de 4,02% e 8,63%, respectivamente. Por fim expressando uma variação média de 6,48% para o Concreto $C - 50$.

Quadro 6.1: Taxa de armadura para a Flexo – Tração para 2 e 3 camadas de aço e $\delta = 0,05$

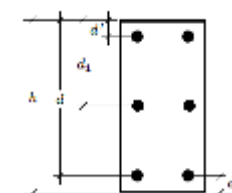
$\delta = 0,05$		μ																				
		ω_s	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95
v	0,00	0,00	0,11	0,22	0,33	0,44	0,56	0,67	0,78	0,89	1,00	1,11	1,22	1,33	1,44	1,56	1,67	1,78	1,89	2,00	2,11	2,22
	0,05	0,05	0,16	0,27	0,38	0,49	0,61	0,72	0,83	0,94	1,05	1,16	1,27	1,38	1,49	1,61	1,72	1,83	1,94	2,05	2,16	2,27
	0,10	0,10	0,21	0,32	0,43	0,54	0,66	0,77	0,88	0,99	1,10	1,21	1,32	1,43	1,54	1,66	1,77	1,88	1,99	2,10	2,21	2,32
	0,15	0,15	0,26	0,37	0,48	0,59	0,71	0,82	0,93	1,04	1,15	1,26	1,37	1,48	1,59	1,71	1,82	1,93	2,04	2,15	2,26	2,37
	0,20	0,20	0,31	0,42	0,53	0,64	0,76	0,87	0,98	1,09	1,20	1,31	1,42	1,53	1,64	1,76	1,87	1,98	2,09	2,20	2,31	2,42
	0,25	0,25	0,36	0,47	0,58	0,69	0,81	0,92	1,03	1,14	1,25	1,36	1,47	1,58	1,69	1,81	1,92	2,03	2,14	2,25	2,36	2,47
	0,30	0,30	0,41	0,52	0,63	0,74	0,86	0,97	1,08	1,19	1,30	1,41	1,52	1,63	1,74	1,86	1,97	2,08	2,19	2,30	2,41	2,52
	0,35	0,35	0,46	0,57	0,68	0,79	0,91	1,02	1,13	1,24	1,35	1,46	1,57	1,68	1,79	1,91	2,02	2,13	2,24	2,35	2,46	2,57
	0,40	0,40	0,51	0,62	0,73	0,84	0,96	1,07	1,18	1,29	1,40	1,51	1,62	1,73	1,84	1,96	2,07	2,18	2,29	2,40	2,51	2,62
	0,45	0,45	0,56	0,67	0,78	0,89	1,01	1,12	1,23	1,34	1,45	1,56	1,67	1,78	1,89	2,01	2,12	2,23	2,34	2,45	2,56	2,67
	0,50	0,50	0,61	0,72	0,83	0,94	1,06	1,17	1,28	1,39	1,50	1,61	1,72	1,83	1,94	2,06	2,17	2,28	2,39	2,50	2,61	2,72
	0,55	0,55	0,66	0,77	0,88	0,99	1,11	1,22	1,33	1,44	1,55	1,66	1,77	1,88	1,99	2,11	2,22	2,33	2,44	2,55	2,66	2,77
	0,60	0,60	0,71	0,82	0,93	1,04	1,16	1,27	1,38	1,49	1,60	1,71	1,82	1,93	2,04	2,16	2,27	2,38	2,49	2,60	2,71	2,82
	0,65	0,65	0,76	0,87	0,98	1,09	1,21	1,32	1,43	1,54	1,65	1,76	1,87	1,98	2,09	2,21	2,32	2,43	2,54	2,65	2,76	2,87
	0,70	0,70	0,81	0,92	1,03	1,14	1,26	1,37	1,48	1,59	1,70	1,81	1,92	2,03	2,14	2,26	2,37	2,48	2,59	2,70	2,81	2,92
	0,75	0,75	0,86	0,97	1,08	1,19	1,31	1,42	1,53	1,64	1,75	1,86	1,97	2,08	2,19	2,31	2,42	2,53	2,64	2,75	2,86	2,97
	0,80	0,80	0,91	1,02	1,13	1,24	1,36	1,47	1,58	1,69	1,80	1,91	2,02	2,13	2,24	2,36	2,47	2,58	2,69	2,80	2,91	3,02
	0,85	0,85	0,96	1,07	1,18	1,29	1,41	1,52	1,63	1,74	1,85	1,96	2,07	2,18	2,29	2,41	2,52	2,63	2,74	2,85	2,96	3,07
	0,90	0,90	1,01	1,12	1,23	1,34	1,46	1,57	1,68	1,79	1,90	2,01	2,12	2,23	2,34	2,46	2,57	2,68	2,79	2,90	3,01	3,12
	0,95	0,95	1,06	1,17	1,28	1,39	1,51	1,62	1,73	1,84	1,95	2,06	2,17	2,28	2,39	2,51	2,62	2,73	2,84	2,95	3,06	3,17
	1,00	1,00	1,11	1,22	1,33	1,44	1,56	1,67	1,78	1,89	2,00	2,11	2,22	2,33	2,44	2,56	2,67	2,78	2,89	3,00	3,11	3,22
1,05	1,05	1,16	1,27	1,38	1,49	1,61	1,72	1,83	1,94	2,05	2,16	2,27	2,38	2,49	2,61	2,72	2,83	2,94	3,05	3,16	3,27	
1,10	1,10	1,21	1,32	1,43	1,54	1,66	1,77	1,88	1,99	2,10	2,21	2,32	2,43	2,54	2,66	2,77	2,88	2,99	3,10	3,21	3,32	
1,15	1,15	1,26	1,37	1,48	1,59	1,71	1,82	1,93	2,04	2,15	2,26	2,37	2,48	2,59	2,71	2,82	2,93	3,04	3,15	3,26	3,37	
1,20	1,20	1,31	1,42	1,53	1,64	1,76	1,87	1,98	2,09	2,20	2,31	2,42	2,53	2,64	2,76	2,87	2,98	3,09	3,20	3,31	3,42	
1,25	1,25	1,36	1,47	1,58	1,69	1,81	1,92	2,03	2,14	2,25	2,36	2,47	2,58	2,69	2,81	2,92	3,03	3,14	3,25	3,36	3,47	
1,30	1,30	1,41	1,52	1,63	1,74	1,86	1,97	2,08	2,19	2,30	2,41	2,52	2,63	2,74	2,86	2,97	3,08	3,19	3,30	3,41	3,52	
1,35	1,35	1,46	1,57	1,68	1,79	1,91	2,02	2,13	2,24	2,35	2,46	2,57	2,68	2,79	2,91	3,02	3,13	3,24	3,35	3,46	3,57	
1,40	1,40	1,51	1,62	1,73	1,84	1,96	2,07	2,18	2,29	2,40	2,51	2,62	2,73	2,84	2,96	3,07	3,18	3,29	3,40	3,51	3,62	
1,45	1,45	1,56	1,67	1,78	1,89	2,01	2,12	2,23	2,34	2,45	2,56	2,67	2,78	2,89	3,01	3,12	3,23	3,34	3,45	3,56	3,67	
1,50	1,50	1,61	1,72	1,83	1,94	2,06	2,17	2,28	2,39	2,50	2,61	2,72	2,83	2,94	3,06	3,17	3,28	3,39	3,50	3,61	3,72	
1,55	1,55	1,66	1,77	1,88	1,99	2,11	2,22	2,33	2,44	2,55	2,66	2,77	2,88	2,99	3,11	3,22	3,33	3,44	3,55	3,66	3,77	
1,60	1,60	1,71	1,82	1,93	2,04	2,16	2,27	2,38	2,49	2,60	2,71	2,82	2,93	3,04	3,16	3,27	3,38	3,49	3,60	3,71	3,82	
1,65	1,65	1,76	1,87	1,98	2,09	2,21	2,32	2,43	2,54	2,65	2,76	2,87	2,98	3,09	3,21	3,32	3,43	3,54	3,65	3,76	3,87	
1,70	1,70	1,81	1,92	2,03	2,14	2,26	2,37	2,48	2,59	2,70	2,81	2,92	3,03	3,14	3,26	3,37	3,48	3,59	3,70	3,81	3,92	
1,75	1,75	1,86	1,97	2,08	2,19	2,31	2,42	2,53	2,64	2,75	2,86	2,97	3,08	3,19	3,31	3,42	3,53	3,64	3,75	3,86	3,97	
1,80	1,80	1,91	2,02	2,13	2,24	2,36	2,47	2,58	2,69	2,80	2,91	3,02	3,13	3,24	3,36	3,47	3,58	3,69	3,80	3,91	4,02	
1,85	1,85	1,96	2,07	2,18	2,29	2,41	2,52	2,63	2,74	2,85	2,96	3,07	3,18	3,29	3,41	3,52	3,63	3,74	3,85	3,96	4,07	
1,90	1,90	2,01	2,12	2,23	2,34	2,46	2,57	2,68	2,79	2,90	3,01	3,12	3,23	3,34	3,46	3,57	3,68	3,79	3,90	4,01	4,12	
1,95	1,95	2,06	2,17	2,28	2,39	2,51	2,62	2,73	2,84	2,95	3,06	3,17	3,28	3,39	3,51	3,62	3,73	3,84	3,95	4,06	4,17	
2,00	2,00	2,11	2,22	2,33	2,44	2,56	2,67	2,78	2,89	3,00	3,11	3,22	3,33	3,44	3,56	3,67	3,78	3,89	4,00	4,11	4,22	

$$v = \frac{N_{sd}}{b_w \cdot h \cdot (\alpha_c \cdot f_{cd})}$$

$$\mu = \frac{M_{sd}}{b_w \cdot h^2 \cdot (\alpha_c \cdot f_{cd})}$$



$$A_{s(2)} = \omega_s \cdot A_c \cdot \frac{(\alpha_c \cdot f_{cd})}{f_{yd}}$$



$$A_{s(3)} = \frac{3}{2} \cdot \omega_s \cdot A_c \cdot \frac{(\alpha_c \cdot f_{cd})}{f_{yd}}$$

	C – 50	C – 55	C – 60
α_c	0,85	0,83	0,81

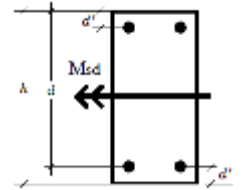
	C – 70	C – 80	C – 90
α_c	0,77	0,72	0,68

Quadro 6.2: Taxa de armadura para a Flexo – Tração para 2 e 3 camadas de aço e $\delta = 0,10$

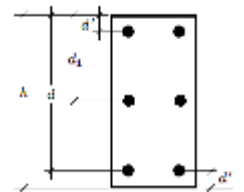
$\delta = 0,10$		μ																					
		ω_s	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
v	0,00	0,00	0,13	0,25	0,38	0,50	0,63	0,75	0,88	1,00	1,13	1,25	1,38	1,50	1,63	1,75	1,88	2,00	2,13	2,25	2,38	2,50	
	0,05	0,05	0,18	0,30	0,43	0,55	0,68	0,80	0,93	1,05	1,18	1,30	1,43	1,55	1,68	1,80	1,93	2,05	2,18	2,30	2,43	2,55	
	0,10	0,10	0,23	0,35	0,48	0,60	0,73	0,85	0,98	1,10	1,23	1,35	1,48	1,60	1,73	1,85	1,98	2,10	2,23	2,35	2,48	2,60	
	0,15	0,15	0,28	0,40	0,53	0,65	0,78	0,90	1,03	1,15	1,28	1,40	1,53	1,65	1,78	1,90	2,03	2,15	2,28	2,40	2,53	2,65	
	0,20	0,20	0,33	0,45	0,58	0,70	0,83	0,95	1,08	1,20	1,33	1,45	1,58	1,70	1,83	1,95	2,08	2,20	2,33	2,45	2,58	2,70	
	0,25	0,25	0,38	0,50	0,63	0,75	0,88	1,00	1,13	1,25	1,38	1,50	1,63	1,75	1,88	2,00	2,13	2,25	2,38	2,50	2,63	2,75	
	0,30	0,30	0,43	0,55	0,68	0,80	0,93	1,05	1,18	1,30	1,43	1,55	1,68	1,80	1,93	2,05	2,18	2,30	2,43	2,55	2,68	2,80	
	0,35	0,35	0,48	0,60	0,73	0,85	0,98	1,10	1,23	1,35	1,48	1,60	1,73	1,85	1,98	2,10	2,23	2,35	2,48	2,60	2,73	2,85	
	0,40	0,40	0,53	0,65	0,78	0,90	1,03	1,15	1,28	1,40	1,53	1,65	1,78	1,90	2,03	2,15	2,28	2,40	2,53	2,65	2,78	2,90	
	0,45	0,45	0,58	0,70	0,83	0,95	1,08	1,20	1,33	1,45	1,58	1,70	1,83	1,95	2,08	2,20	2,33	2,45	2,58	2,70	2,83	2,95	
	0,50	0,50	0,63	0,75	0,88	1,00	1,13	1,25	1,38	1,50	1,63	1,75	1,88	2,00	2,13	2,25	2,38	2,50	2,63	2,75	2,88	3,00	
	0,55	0,55	0,68	0,80	0,93	1,05	1,18	1,30	1,43	1,55	1,68	1,80	1,93	2,05	2,18	2,30	2,43	2,55	2,68	2,80	2,93	3,05	
	0,60	0,60	0,73	0,85	0,98	1,10	1,23	1,35	1,48	1,60	1,73	1,85	1,98	2,10	2,23	2,35	2,48	2,60	2,73	2,85	2,98	3,10	
	0,65	0,65	0,78	0,90	1,03	1,15	1,28	1,40	1,53	1,65	1,78	1,90	2,03	2,15	2,28	2,40	2,53	2,65	2,78	2,90	3,03	3,15	
	0,70	0,70	0,83	0,95	1,08	1,20	1,33	1,45	1,58	1,70	1,83	1,95	2,08	2,20	2,33	2,45	2,58	2,70	2,83	2,95	3,08	3,20	
	0,75	0,75	0,88	1,00	1,13	1,25	1,38	1,50	1,63	1,75	1,88	2,00	2,13	2,25	2,38	2,50	2,63	2,75	2,88	3,00	3,13	3,25	
	0,80	0,80	0,93	1,05	1,18	1,30	1,43	1,55	1,68	1,80	1,93	2,05	2,18	2,30	2,43	2,55	2,68	2,80	2,93	3,05	3,18	3,30	
	0,85	0,85	0,98	1,10	1,23	1,35	1,48	1,60	1,73	1,85	1,98	2,10	2,23	2,35	2,48	2,60	2,73	2,85	2,98	3,10	3,23	3,35	
	0,90	0,90	1,03	1,15	1,28	1,40	1,53	1,65	1,78	1,90	2,03	2,15	2,28	2,40	2,53	2,65	2,78	2,90	3,03	3,15	3,28	3,40	
	0,95	0,95	1,08	1,20	1,33	1,45	1,58	1,70	1,83	1,95	2,08	2,20	2,33	2,45	2,58	2,70	2,83	2,95	3,08	3,20	3,33	3,45	
	1,00	1,00	1,13	1,25	1,38	1,50	1,63	1,75	1,88	2,00	2,13	2,25	2,38	2,50	2,63	2,75	2,88	3,00	3,13	3,25	3,38	3,50	
	1,05	1,05	1,18	1,30	1,43	1,55	1,68	1,80	1,93	2,05	2,18	2,30	2,43	2,55	2,68	2,80	2,93	3,05	3,18	3,30	3,43	3,55	
	1,10	1,10	1,23	1,35	1,48	1,60	1,73	1,85	1,98	2,10	2,23	2,35	2,48	2,60	2,73	2,85	2,98	3,10	3,23	3,35	3,48	3,60	
	1,15	1,15	1,28	1,40	1,53	1,65	1,78	1,90	2,03	2,15	2,28	2,40	2,53	2,65	2,78	2,90	3,03	3,15	3,28	3,40	3,53	3,65	
	1,20	1,20	1,33	1,45	1,58	1,70	1,83	1,95	2,08	2,20	2,33	2,45	2,58	2,70	2,83	2,95	3,08	3,20	3,33	3,45	3,58	3,70	
	1,25	1,25	1,38	1,50	1,63	1,75	1,88	2,00	2,13	2,25	2,38	2,50	2,63	2,75	2,88	3,00	3,13	3,25	3,38	3,50	3,63	3,75	
	1,30	1,30	1,43	1,55	1,68	1,80	1,93	2,05	2,18	2,30	2,43	2,55	2,68	2,80	2,93	3,05	3,18	3,30	3,43	3,55	3,68	3,80	
	1,35	1,35	1,48	1,60	1,73	1,85	1,98	2,10	2,23	2,35	2,48	2,60	2,73	2,85	2,98	3,10	3,23	3,35	3,48	3,60	3,73	3,85	
	1,40	1,40	1,53	1,65	1,78	1,90	2,03	2,15	2,28	2,40	2,53	2,65	2,78	2,90	3,03	3,15	3,28	3,40	3,53	3,65	3,78	3,90	
	1,45	1,45	1,58	1,70	1,83	1,95	2,08	2,20	2,33	2,45	2,58	2,70	2,83	2,95	3,08	3,20	3,33	3,45	3,58	3,70	3,83	3,95	
	1,50	1,50	1,63	1,75	1,88	2,00	2,13	2,25	2,38	2,50	2,63	2,75	2,88	3,00	3,13	3,25	3,38	3,50	3,63	3,75	3,88	4,00	
	1,55	1,55	1,68	1,80	1,93	2,05	2,18	2,30	2,43	2,55	2,68	2,80	2,93	3,05	3,18	3,30	3,43	3,55	3,68	3,80	3,93	4,05	
1,60	1,60	1,73	1,85	1,98	2,10	2,23	2,35	2,48	2,60	2,73	2,85	2,98	3,10	3,23	3,35	3,48	3,60	3,73	3,85	3,98	4,10		
1,65	1,65	1,78	1,90	2,03	2,15	2,28	2,40	2,53	2,65	2,78	2,90	3,03	3,15	3,28	3,40	3,53	3,65	3,78	3,90	4,03	4,15		
1,70	1,70	1,83	1,95	2,08	2,20	2,33	2,45	2,58	2,70	2,83	2,95	3,08	3,20	3,33	3,45	3,58	3,70	3,83	3,95	4,08	4,20		
1,75	1,75	1,88	2,00	2,13	2,25	2,38	2,50	2,63	2,75	2,88	3,00	3,13	3,25	3,38	3,50	3,63	3,75	3,88	4,00	4,13	4,25		
1,80	1,80	1,93	2,05	2,18	2,30	2,43	2,55	2,68	2,80	2,93	3,05	3,18	3,30	3,43	3,55	3,68	3,80	3,93	4,05	4,18	4,30		
1,85	1,85	1,98	2,10	2,23	2,35	2,48	2,60	2,73	2,85	2,98	3,10	3,23	3,35	3,48	3,60	3,73	3,85	3,98	4,10	4,23	4,35		
1,90	1,90	2,03	2,15	2,28	2,40	2,53	2,65	2,78	2,90	3,03	3,15	3,28	3,40	3,53	3,65	3,78	3,90	4,03	4,15	4,28	4,40		
1,95	1,95	2,08	2,20	2,33	2,45	2,58	2,70	2,83	2,95	3,08	3,20	3,33	3,45	3,58	3,70	3,83	3,95	4,08	4,20	4,33	4,45		
2,00	2,00	2,13	2,25	2,38	2,50	2,63	2,75	2,88	3,00	3,13	3,25	3,38	3,50	3,63	3,75	3,88	4,00	4,13	4,25	4,38	4,50		

$$v = \frac{N_{sd}}{b_w \cdot h \cdot (\alpha_c \cdot f_{cd})}$$

$$\mu = \frac{M_{sd}}{b_w \cdot h^2 \cdot (\alpha_c \cdot f_{cd})}$$



$$A_{s(2)} = \omega_s \cdot A_c \cdot \frac{(\alpha_c \cdot f_{cd})}{f_{yd}}$$



$$A_{s(3)} = \frac{3}{2} \cdot \omega_s \cdot A_c \cdot \frac{(\alpha_c \cdot f_{cd})}{f_{yd}}$$

	C – 50	C – 55	C – 60
α_c	0,85	0,83	0,81

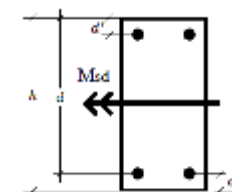
	C – 70	C – 80	C – 90
α_c	0,77	0,72	0,68

Quadro 6.3: Taxa de armadura para a Flexo – Tração para 2 e 3 camadas de aço e $\delta = 0,15$

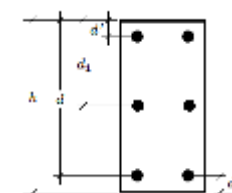
$\delta = 0,15$		μ																				
		ω_s	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95
v	0,00	0,00	0,14	0,29	0,43	0,57	0,71	0,86	1,00	1,14	1,29	1,43	1,57	1,71	1,86	2,00	2,14	2,29	2,43	2,57	2,71	2,86
	0,05	0,05	0,19	0,34	0,48	0,62	0,76	0,91	1,05	1,19	1,34	1,48	1,62	1,76	1,91	2,05	2,19	2,34	2,48	2,62	2,76	2,91
	0,10	0,10	0,24	0,39	0,53	0,67	0,81	0,96	1,10	1,24	1,39	1,53	1,67	1,81	1,96	2,10	2,24	2,39	2,53	2,67	2,81	2,96
	0,15	0,15	0,29	0,44	0,58	0,72	0,86	1,01	1,15	1,29	1,44	1,58	1,72	1,86	2,01	2,15	2,29	2,44	2,58	2,72	2,86	3,01
	0,20	0,20	0,34	0,49	0,63	0,77	0,91	1,06	1,20	1,34	1,49	1,63	1,77	1,91	2,06	2,20	2,34	2,49	2,63	2,77	2,91	3,06
	0,25	0,25	0,39	0,54	0,68	0,82	0,96	1,11	1,25	1,39	1,54	1,68	1,82	1,96	2,11	2,25	2,39	2,54	2,68	2,82	2,96	3,11
	0,30	0,30	0,44	0,59	0,73	0,87	1,01	1,16	1,30	1,44	1,59	1,73	1,87	2,01	2,16	2,30	2,44	2,59	2,73	2,87	3,01	3,16
	0,35	0,35	0,49	0,64	0,78	0,92	1,06	1,21	1,35	1,49	1,64	1,78	1,92	2,06	2,21	2,35	2,49	2,64	2,78	2,92	3,06	3,21
	0,40	0,40	0,54	0,69	0,83	0,97	1,11	1,26	1,40	1,54	1,69	1,83	1,97	2,11	2,26	2,40	2,54	2,69	2,83	2,97	3,11	3,26
	0,45	0,45	0,59	0,74	0,88	1,02	1,16	1,31	1,45	1,59	1,74	1,88	2,02	2,16	2,31	2,45	2,59	2,74	2,88	3,02	3,16	3,31
	0,50	0,50	0,64	0,79	0,93	1,07	1,21	1,36	1,50	1,64	1,79	1,93	2,07	2,21	2,36	2,50	2,64	2,79	2,93	3,07	3,21	3,36
	0,55	0,55	0,69	0,84	0,98	1,12	1,26	1,41	1,55	1,69	1,84	1,98	2,12	2,26	2,41	2,55	2,69	2,84	2,98	3,12	3,26	3,41
	0,60	0,60	0,74	0,89	1,03	1,17	1,31	1,46	1,60	1,74	1,89	2,03	2,17	2,31	2,46	2,60	2,74	2,89	3,03	3,17	3,31	3,46
	0,65	0,65	0,79	0,94	1,08	1,22	1,36	1,51	1,65	1,79	1,94	2,08	2,22	2,36	2,51	2,65	2,79	2,94	3,08	3,22	3,36	3,51
	0,70	0,70	0,84	0,99	1,13	1,27	1,41	1,56	1,70	1,84	1,99	2,13	2,27	2,41	2,56	2,70	2,84	2,99	3,13	3,27	3,41	3,56
	0,75	0,75	0,89	1,04	1,18	1,32	1,46	1,61	1,75	1,89	2,04	2,18	2,32	2,46	2,61	2,75	2,89	3,04	3,18	3,32	3,46	3,61
	0,80	0,80	0,94	1,09	1,23	1,37	1,51	1,66	1,80	1,94	2,09	2,23	2,37	2,51	2,66	2,80	2,94	3,09	3,23	3,37	3,51	3,66
	0,85	0,85	0,99	1,14	1,28	1,42	1,56	1,71	1,85	1,99	2,14	2,28	2,42	2,56	2,71	2,85	2,99	3,14	3,28	3,42	3,56	3,71
	0,90	0,90	1,04	1,19	1,33	1,47	1,61	1,76	1,90	2,04	2,19	2,33	2,47	2,61	2,76	2,90	3,04	3,19	3,33	3,47	3,61	3,76
	0,95	0,95	1,09	1,24	1,38	1,52	1,66	1,81	1,95	2,09	2,24	2,38	2,52	2,66	2,81	2,95	3,09	3,24	3,38	3,52	3,66	3,81
1,00	1,00	1,14	1,29	1,43	1,57	1,71	1,86	2,00	2,14	2,29	2,43	2,57	2,71	2,86	3,00	3,14	3,29	3,43	3,57	3,71	3,86	
1,05	1,05	1,19	1,34	1,48	1,62	1,76	1,91	2,05	2,19	2,34	2,48	2,62	2,76	2,91	3,05	3,19	3,34	3,48	3,62	3,76	3,91	
1,10	1,10	1,24	1,39	1,53	1,67	1,81	1,96	2,10	2,24	2,39	2,53	2,67	2,81	2,96	3,10	3,24	3,39	3,53	3,67	3,81	3,96	
1,15	1,15	1,29	1,44	1,58	1,72	1,86	2,01	2,15	2,29	2,44	2,58	2,72	2,86	3,01	3,15	3,29	3,44	3,58	3,72	3,86	4,01	
1,20	1,20	1,34	1,49	1,63	1,77	1,91	2,06	2,20	2,34	2,49	2,63	2,77	2,91	3,06	3,20	3,34	3,49	3,63	3,77	3,91	4,06	
1,25	1,25	1,39	1,54	1,68	1,82	1,96	2,11	2,25	2,39	2,54	2,68	2,82	2,96	3,11	3,25	3,39	3,54	3,68	3,82	3,96	4,11	
1,30	1,30	1,44	1,59	1,73	1,87	2,01	2,16	2,30	2,44	2,59	2,73	2,87	3,01	3,16	3,30	3,44	3,59	3,73	3,87	4,01	4,16	
1,35	1,35	1,49	1,64	1,78	1,92	2,06	2,21	2,35	2,49	2,64	2,78	2,92	3,06	3,21	3,35	3,49	3,64	3,78	3,92	4,06	4,21	
1,40	1,40	1,54	1,69	1,83	1,97	2,11	2,26	2,40	2,54	2,69	2,83	2,97	3,11	3,26	3,40	3,54	3,69	3,83	3,97	4,11	4,26	
1,45	1,45	1,59	1,74	1,88	2,02	2,16	2,31	2,45	2,59	2,74	2,88	3,02	3,16	3,31	3,45	3,59	3,74	3,88	4,02	4,16	4,31	
1,50	1,50	1,64	1,79	1,93	2,07	2,21	2,36	2,50	2,64	2,79	2,93	3,07	3,21	3,36	3,50	3,64	3,79	3,93	4,07	4,21	4,36	
1,55	1,55	1,69	1,84	1,98	2,12	2,26	2,41	2,55	2,69	2,84	2,98	3,12	3,26	3,41	3,55	3,69	3,84	3,98	4,12	4,26	4,41	
1,60	1,60	1,74	1,89	2,03	2,17	2,31	2,46	2,60	2,74	2,89	3,03	3,17	3,31	3,46	3,60	3,74	3,89	4,03	4,17	4,31	4,46	
1,65	1,65	1,79	1,94	2,08	2,22	2,36	2,51	2,65	2,79	2,94	3,08	3,22	3,36	3,51	3,65	3,79	3,94	4,08	4,22	4,36	4,51	
1,70	1,70	1,84	1,99	2,13	2,27	2,41	2,56	2,70	2,84	2,99	3,13	3,27	3,41	3,56	3,70	3,84	3,99	4,13	4,27	4,41	4,56	
1,75	1,75	1,89	2,04	2,18	2,32	2,46	2,61	2,75	2,89	3,04	3,18	3,32	3,46	3,61	3,75	3,89	4,04	4,18	4,32	4,46	4,61	
1,80	1,80	1,94	2,09	2,23	2,37	2,51	2,66	2,80	2,94	3,09	3,23	3,37	3,51	3,66	3,80	3,94	4,09	4,23	4,37	4,51	4,66	
1,85	1,85	1,99	2,14	2,28	2,42	2,56	2,71	2,85	2,99	3,14	3,28	3,42	3,56	3,71	3,85	3,99	4,14	4,28	4,42	4,56	4,71	
1,90	1,90	2,04	2,19	2,33	2,47	2,61	2,76	2,90	3,04	3,19	3,33	3,47	3,61	3,76	3,90	4,04	4,19	4,33	4,47	4,61	4,76	
1,95	1,95	2,09	2,24	2,38	2,52	2,66	2,81	2,95	3,09	3,24	3,38	3,52	3,66	3,81	3,95	4,09	4,24	4,38	4,52	4,66	4,81	
2,00	2,00	2,14	2,29	2,43	2,57	2,71	2,86	3,00	3,14	3,29	3,43	3,57	3,71	3,86	4,00	4,14	4,29	4,43	4,57	4,71	4,86	

$$v = \frac{N_{sd}}{b_w \cdot h \cdot (\alpha_c \cdot f_{cd})}$$

$$\mu = \frac{M_{sd}}{b_w \cdot h^2 \cdot (\alpha_c \cdot f_{cd})}$$



$$A_{s(2)} = \omega_s \cdot A_c \cdot \frac{(\alpha_c \cdot f_{cd})}{f_{yd}}$$



$$A_{s(3)} = \frac{3}{2} \cdot \omega_s \cdot A_c \cdot \frac{(\alpha_c \cdot f_{cd})}{f_{yd}}$$

	C – 50	C – 55	C – 60
α_c	0,85	0,83	0,81

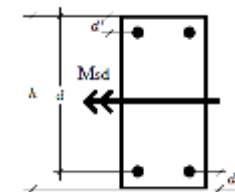
	C – 70	C – 80	C – 90
α_c	0,77	0,72	0,68

Quadro 6.4: Taxa de armadura para a Flexo – Tração para 2 e 3 camadas de aço e $\delta = 0,20$

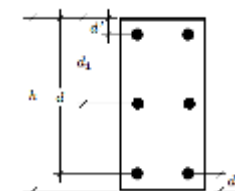
$\delta = 0,20$		μ																					
		ω_s	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
v	0,00	0,00	0,17	0,33	0,50	0,67	0,83	1,00	1,17	1,33	1,50	1,67	1,83	2,00	2,17	2,33	2,50	2,67	2,83	3,00	3,17	3,33	
	0,05	0,05	0,22	0,38	0,55	0,72	0,88	1,05	1,22	1,38	1,55	1,72	1,88	2,05	2,22	2,38	2,55	2,72	2,88	3,05	3,22	3,38	
	0,10	0,10	0,27	0,43	0,60	0,77	0,93	1,10	1,27	1,43	1,60	1,77	1,93	2,10	2,27	2,43	2,60	2,77	2,93	3,10	3,27	3,43	
	0,15	0,15	0,32	0,48	0,65	0,82	0,98	1,15	1,32	1,48	1,65	1,82	1,98	2,15	2,32	2,48	2,65	2,82	2,98	3,15	3,32	3,48	
	0,20	0,20	0,37	0,53	0,70	0,87	1,03	1,20	1,37	1,53	1,70	1,87	2,03	2,20	2,37	2,53	2,70	2,87	3,03	3,20	3,37	3,53	
	0,25	0,25	0,42	0,58	0,75	0,92	1,08	1,25	1,42	1,58	1,75	1,92	2,08	2,25	2,42	2,58	2,75	2,92	3,08	3,25	3,42	3,58	
	0,30	0,30	0,47	0,63	0,80	0,97	1,13	1,30	1,47	1,63	1,80	1,97	2,13	2,30	2,47	2,63	2,80	2,97	3,13	3,30	3,47	3,63	
	0,35	0,35	0,52	0,68	0,85	1,02	1,18	1,35	1,52	1,68	1,85	2,02	2,18	2,35	2,52	2,68	2,85	3,02	3,18	3,35	3,52	3,68	
	0,40	0,40	0,57	0,73	0,90	1,07	1,23	1,40	1,57	1,73	1,90	2,07	2,23	2,40	2,57	2,73	2,90	3,07	3,23	3,40	3,57	3,73	
	0,45	0,45	0,62	0,78	0,95	1,12	1,28	1,45	1,62	1,78	1,95	2,12	2,28	2,45	2,62	2,78	2,95	3,12	3,28	3,45	3,62	3,78	
	0,50	0,50	0,67	0,83	1,00	1,17	1,33	1,50	1,67	1,83	2,00	2,17	2,33	2,50	2,67	2,83	3,00	3,17	3,33	3,50	3,67	3,83	
	0,55	0,55	0,72	0,88	1,05	1,22	1,38	1,55	1,72	1,88	2,05	2,22	2,38	2,55	2,72	2,88	3,05	3,22	3,38	3,55	3,72	3,88	
	0,60	0,60	0,77	0,93	1,10	1,27	1,43	1,60	1,77	1,93	2,10	2,27	2,43	2,60	2,77	2,93	3,10	3,27	3,43	3,60	3,77	3,93	
	0,65	0,65	0,82	0,98	1,15	1,32	1,48	1,65	1,82	1,98	2,15	2,32	2,48	2,65	2,82	2,98	3,15	3,32	3,48	3,65	3,82	3,98	
	0,70	0,70	0,87	1,03	1,20	1,37	1,53	1,70	1,87	2,03	2,20	2,37	2,53	2,70	2,87	3,03	3,20	3,37	3,53	3,70	3,87	4,03	
	0,75	0,75	0,92	1,08	1,25	1,42	1,58	1,75	1,92	2,08	2,25	2,42	2,58	2,75	2,92	3,08	3,25	3,42	3,58	3,75	3,92	4,08	
	0,80	0,80	0,97	1,13	1,30	1,47	1,63	1,80	1,97	2,13	2,30	2,47	2,63	2,80	2,97	3,13	3,30	3,47	3,63	3,80	3,97	4,13	
	0,85	0,85	1,02	1,18	1,35	1,52	1,68	1,85	2,02	2,18	2,35	2,52	2,68	2,85	3,02	3,18	3,35	3,52	3,68	3,85	4,02	4,18	
	0,90	0,90	1,07	1,23	1,40	1,57	1,73	1,90	2,07	2,23	2,40	2,57	2,73	2,90	3,07	3,23	3,40	3,57	3,73	3,90	4,07	4,23	
	0,95	0,95	1,12	1,28	1,45	1,62	1,78	1,95	2,12	2,28	2,45	2,62	2,78	2,95	3,12	3,28	3,45	3,62	3,78	3,95	4,12	4,28	
1,00	1,00	1,17	1,33	1,50	1,67	1,83	2,00	2,17	2,33	2,50	2,67	2,83	3,00	3,17	3,33	3,50	3,67	3,83	4,00	4,17	4,33		
1,05	1,05	1,22	1,38	1,55	1,72	1,88	2,05	2,22	2,38	2,55	2,72	2,88	3,05	3,22	3,38	3,55	3,72	3,88	4,05	4,22	4,38		
1,10	1,10	1,27	1,43	1,60	1,77	1,93	2,10	2,27	2,43	2,60	2,77	2,93	3,10	3,27	3,43	3,60	3,77	3,93	4,10	4,27	4,43		
1,15	1,15	1,32	1,48	1,65	1,82	1,98	2,15	2,32	2,48	2,65	2,82	2,98	3,15	3,32	3,48	3,65	3,82	3,98	4,15	4,32	4,48		
1,20	1,20	1,37	1,53	1,70	1,87	2,03	2,20	2,37	2,53	2,70	2,87	3,03	3,20	3,37	3,53	3,70	3,87	4,03	4,20	4,37	4,53		
1,25	1,25	1,42	1,58	1,75	1,92	2,08	2,25	2,42	2,58	2,75	2,92	3,08	3,25	3,42	3,58	3,75	3,92	4,08	4,25	4,42	4,58		
1,30	1,30	1,47	1,63	1,80	1,97	2,13	2,30	2,47	2,63	2,80	2,97	3,13	3,30	3,47	3,63	3,80	3,97	4,13	4,30	4,47	4,63		
1,35	1,35	1,52	1,68	1,85	2,02	2,18	2,35	2,52	2,68	2,85	3,02	3,18	3,35	3,52	3,68	3,85	4,02	4,18	4,35	4,52	4,68		
1,40	1,40	1,57	1,73	1,90	2,07	2,23	2,40	2,57	2,73	2,90	3,07	3,23	3,40	3,57	3,73	3,90	4,07	4,23	4,40	4,57	4,73		
1,45	1,45	1,62	1,78	1,95	2,12	2,28	2,45	2,62	2,78	2,95	3,12	3,28	3,45	3,62	3,78	3,95	4,12	4,28	4,45	4,62	4,78		
1,50	1,50	1,67	1,83	2,00	2,17	2,33	2,50	2,67	2,83	3,00	3,17	3,33	3,50	3,67	3,83	4,00	4,17	4,33	4,50	4,67	4,83		
1,55	1,55	1,72	1,88	2,05	2,22	2,38	2,55	2,72	2,88	3,05	3,22	3,38	3,55	3,72	3,88	4,05	4,22	4,38	4,55	4,72	4,88		
1,60	1,60	1,77	1,93	2,10	2,27	2,43	2,60	2,77	2,93	3,10	3,27	3,43	3,60	3,77	3,93	4,10	4,27	4,43	4,60	4,77	4,93		
1,65	1,65	1,82	1,98	2,15	2,32	2,48	2,65	2,82	2,98	3,15	3,32	3,48	3,65	3,82	3,98	4,15	4,32	4,48	4,65	4,82	4,98		
1,70	1,70	1,87	2,03	2,20	2,37	2,53	2,70	2,87	3,03	3,20	3,37	3,53	3,70	3,87	4,03	4,20	4,37	4,53	4,70	4,87	5,03		
1,75	1,75	1,92	2,08	2,25	2,42	2,58	2,75	2,92	3,08	3,25	3,42	3,58	3,75	3,92	4,08	4,25	4,42	4,58	4,75	4,92	5,08		
1,80	1,80	1,97	2,13	2,30	2,47	2,63	2,80	2,97	3,13	3,30	3,47	3,63	3,80	3,97	4,13	4,30	4,47	4,63	4,80	4,97	5,13		
1,85	1,85	2,02	2,18	2,35	2,52	2,68	2,85	3,02	3,18	3,35	3,52	3,68	3,85	4,02	4,18	4,35	4,52	4,68	4,85	5,02	5,18		
1,90	1,90	2,07	2,23	2,40	2,57	2,73	2,90	3,07	3,23	3,40	3,57	3,73	3,90	4,07	4,23	4,40	4,57	4,73	4,90	5,07	5,23		
1,95	1,95	2,12	2,28	2,45	2,62	2,78	2,95	3,12	3,28	3,45	3,62	3,78	3,95	4,12	4,28	4,45	4,62	4,78	4,95	5,12	5,28		
2,00	2,00	2,17	2,33	2,50	2,67	2,83	3,00	3,17	3,33	3,50	3,67	3,83	4,00	4,17	4,33	4,50	4,67	4,83	5,00	5,17	5,33		

$$v = \frac{N_{sd}}{b_w \cdot h \cdot (\alpha_c \cdot f_{cd})}$$

$$\mu = \frac{M_{sd}}{b_w \cdot h^2 \cdot (\alpha_c \cdot f_{cd})}$$



$$A_{s(2)} = \omega_s \cdot A_c \cdot \frac{(\alpha_c \cdot f_{cd})}{f_{yd}}$$



$$A_{s(3)} = \frac{3}{2} \cdot \omega_s \cdot A_c \cdot \frac{(\alpha_c \cdot f_{cd})}{f_{yd}}$$

	C – 50	C – 55	C – 60
α_c	0,85	0,83	0,81

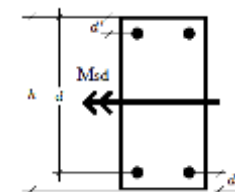
	C – 70	C – 80	C – 90
α_c	0,77	0,72	0,68

Quadro 6.5: Taxa de armadura para a Flexo – Compressão, $C \leq C - 50$ e para 2 e 3 camadas de aço e $\delta = 0,05$

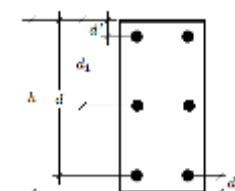
$\delta = 0,05$		μ																				
		ω_s	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95
v	0,00	0,00	0,11	0,23	0,34	0,45	0,56	0,67	0,78	0,89	1,00	1,11	1,23	1,34	1,45	1,56	1,67	1,78	1,89	2,00	2,11	2,23
	0,05	0,00	0,06	0,18	0,29	0,40	0,51	0,62	0,73	0,84	0,95	1,06	1,18	1,29	1,40	1,51	1,62	1,73	1,84	1,95	2,06	2,18
	0,10	0,00	0,01	0,13	0,24	0,35	0,46	0,57	0,68	0,79	0,90	1,01	1,13	1,24	1,35	1,46	1,57	1,68	1,79	1,90	2,01	2,13
	0,15	0,00	0,00	0,09	0,20	0,31	0,42	0,53	0,65	0,76	0,87	0,98	1,09	1,20	1,31	1,42	1,53	1,65	1,76	1,87	1,98	2,09
	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,13	0,25	0,36	0,47	0,58	0,69	0,80	0,91	1,02	1,13	1,25	1,36	1,47	1,58	1,69
	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,18	0,30	0,41	0,52	0,63	0,74	0,85	0,96	1,07	1,18	1,30	1,41	1,52	1,63	1,74
	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,12	0,23	0,35	0,46	0,57	0,68	0,79	0,90	1,01	1,12	1,23	1,35	1,46	1,57	1,68	1,79
	0,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,17	0,28	0,40	0,51	0,62	0,73	0,84	0,95	1,06	1,17	1,28	1,40	1,51	1,62	1,73	1,84
	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,22	0,33	0,45	0,56	0,67	0,78	0,89	1,00	1,11	1,22	1,33	1,45	1,56	1,67	1,78	1,89
	0,45	0,00	0,00	0,00	0,05	0,16	0,27	0,38	0,50	0,61	0,72	0,83	0,94	1,05	1,16	1,27	1,38	1,50	1,61	1,72	1,83	1,94
	0,50	0,00	0,00	0,00	0,10	0,21	0,32	0,43	0,55	0,66	0,77	0,88	0,99	1,10	1,21	1,32	1,43	1,55	1,66	1,77	1,88	1,99
	0,55	0,00	0,00	0,04	0,15	0,26	0,37	0,48	0,60	0,71	0,82	0,93	1,04	1,15	1,26	1,37	1,48	1,60	1,71	1,82	1,93	2,04
	0,60	0,00	0,00	0,09	0,20	0,31	0,42	0,53	0,65	0,76	0,87	0,98	1,09	1,20	1,31	1,42	1,53	1,65	1,76	1,87	1,98	2,09
	0,65	0,00	0,03	0,14	0,25	0,36	0,47	0,58	0,70	0,81	0,92	1,03	1,14	1,25	1,36	1,47	1,58	1,70	1,81	1,92	2,03	2,14
	0,70	0,00	0,08	0,19	0,30	0,41	0,52	0,63	0,75	0,86	0,97	1,08	1,19	1,30	1,41	1,52	1,63	1,75	1,86	1,97	2,08	2,19
	0,75	0,02	0,13	0,24	0,35	0,46	0,57	0,68	0,80	0,91	1,02	1,13	1,24	1,35	1,46	1,57	1,68	1,80	1,91	2,02	2,13	2,24
	0,80	0,07	0,18	0,29	0,40	0,51	0,62	0,73	0,85	0,96	1,07	1,18	1,29	1,40	1,51	1,62	1,73	1,85	1,96	2,07	2,18	2,29
	0,85	0,12	0,23	0,34	0,45	0,56	0,67	0,78	0,90	1,01	1,12	1,23	1,34	1,45	1,56	1,67	1,78	1,90	2,01	2,12	2,23	2,34
	0,90	0,17	0,28	0,39	0,50	0,61	0,72	0,83	0,95	1,06	1,17	1,28	1,39	1,50	1,61	1,72	1,83	1,95	2,06	2,17	2,28	2,39
	0,95	0,22	0,33	0,44	0,55	0,66	0,77	0,88	1,00	1,11	1,22	1,33	1,44	1,55	1,66	1,77	1,88	2,00	2,11	2,22	2,33	2,44
	1,00	0,27	0,38	0,49	0,60	0,71	0,82	0,93	1,05	1,16	1,27	1,38	1,49	1,60	1,71	1,82	1,93	2,05	2,16	2,27	2,38	2,49
1,05	0,32	0,43	0,54	0,65	0,76	0,87	0,98	1,10	1,21	1,32	1,43	1,54	1,65	1,76	1,87	1,98	2,10	2,21	2,32	2,43	2,54	
1,10	0,37	0,48	0,59	0,70	0,81	0,92	1,03	1,15	1,26	1,37	1,48	1,59	1,70	1,81	1,92	2,03	2,15	2,26	2,37	2,48	2,59	
1,15	0,42	0,53	0,64	0,75	0,86	0,97	1,08	1,20	1,31	1,42	1,53	1,64	1,75	1,86	1,97	2,08	2,20	2,31	2,42	2,53	2,64	
1,20	0,47	0,58	0,69	0,80	0,91	1,02	1,13	1,25	1,36	1,47	1,58	1,69	1,80	1,91	2,02	2,13	2,25	2,36	2,47	2,58	2,69	
1,25	0,52	0,63	0,74	0,85	0,96	1,07	1,18	1,30	1,41	1,52	1,63	1,74	1,85	1,96	2,07	2,18	2,30	2,41	2,52	2,63	2,74	
1,30	0,57	0,68	0,79	0,90	1,01	1,12	1,23	1,35	1,46	1,57	1,68	1,79	1,90	2,01	2,12	2,23	2,35	2,46	2,57	2,68	2,79	
1,35	0,62	0,73	0,84	0,95	1,06	1,17	1,28	1,40	1,51	1,62	1,73	1,84	1,95	2,06	2,17	2,28	2,40	2,51	2,62	2,73	2,84	
1,40	0,67	0,78	0,89	1,00	1,11	1,22	1,33	1,45	1,56	1,67	1,78	1,89	2,00	2,11	2,22	2,33	2,45	2,56	2,67	2,78	2,89	
1,45	0,72	0,83	0,94	1,05	1,16	1,27	1,38	1,50	1,61	1,72	1,83	1,94	2,05	2,16	2,27	2,38	2,50	2,61	2,72	2,83	2,94	
1,50	0,77	0,88	0,99	1,10	1,21	1,32	1,43	1,55	1,66	1,77	1,88	1,99	2,10	2,21	2,32	2,43	2,55	2,66	2,77	2,88	2,99	
1,55	0,82	0,93	1,04	1,15	1,26	1,37	1,48	1,60	1,71	1,82	1,93	2,04	2,15	2,26	2,37	2,48	2,60	2,71	2,82	2,93	3,04	
1,60	0,87	0,98	1,09	1,20	1,31	1,42	1,53	1,65	1,76	1,87	1,98	2,09	2,20	2,31	2,42	2,53	2,65	2,76	2,87	2,98	3,09	
1,65	0,92	1,03	1,14	1,25	1,36	1,47	1,58	1,70	1,81	1,92	2,03	2,14	2,25	2,36	2,47	2,58	2,70	2,81	2,92	3,03	3,14	
1,70	0,97	1,08	1,19	1,30	1,41	1,52	1,63	1,75	1,86	1,97	2,08	2,19	2,30	2,41	2,52	2,63	2,75	2,86	2,97	3,08	3,19	
1,75	1,02	1,13	1,24	1,35	1,46	1,57	1,68	1,80	1,91	2,02	2,13	2,24	2,35	2,46	2,57	2,68	2,80	2,91	3,02	3,13	3,24	
1,80	1,07	1,18	1,29	1,40	1,51	1,62	1,73	1,85	1,96	2,07	2,18	2,29	2,40	2,51	2,62	2,73	2,85	2,96	3,07	3,18	3,29	
1,85	1,12	1,23	1,34	1,45	1,56	1,67	1,78	1,90	2,01	2,12	2,23	2,34	2,45	2,56	2,67	2,78	2,90	3,01	3,12	3,23	3,34	
1,90	1,17	1,28	1,39	1,50	1,61	1,72	1,83	1,95	2,06	2,17	2,28	2,39	2,50	2,61	2,72	2,83	2,95	3,06	3,17	3,28	3,39	
1,95	1,22	1,33	1,44	1,55	1,66	1,77	1,88	2,00	2,11	2,22	2,33	2,44	2,55	2,66	2,77	2,88	3,00	3,11	3,22	3,33	3,44	
2,00	1,27	1,38	1,49	1,60	1,71	1,82	1,93	2,05	2,16	2,27	2,38	2,49	2,60	2,71	2,82	2,93	3,05	3,16	3,27	3,38	3,49	

$$v = \frac{N_{sd}}{b_w \cdot h \cdot (0,85 \cdot f_{cd})}$$

$$\mu = \frac{M_{sd}}{b_w \cdot h^2 \cdot (0,85 \cdot f_{cd})}$$



$$A_{s(2)} = \omega_s \cdot A_c \cdot \frac{(0,85 \cdot f_{cd})}{f_{yd}}$$



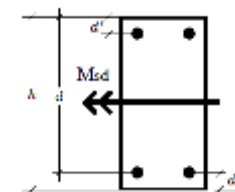
$$A_{s(3)} = \frac{3}{2} \cdot \omega_s \cdot A_c \cdot \frac{(0,85 \cdot f_{cd})}{f_{yd}}$$

Quadro 6.6: Taxa de armadura para a Flexo – Compressão, $C \leq C - 50$ e para 2 e 3 camadas de aço e $\delta = 0,10$

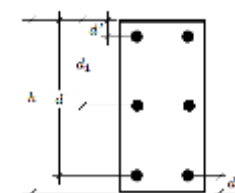
$\delta = 0,10$		μ																				
		ω_s	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95
ν	0,00	0,01	0,14	0,26	0,39	0,51	0,64	0,76	0,89	1,01	1,14	1,26	1,39	1,51	1,64	1,76	1,89	2,01	2,14	2,26	2,39	2,51
	0,05	0,00	0,09	0,21	0,34	0,46	0,59	0,71	0,84	0,96	1,09	1,21	1,34	1,46	1,59	1,71	1,84	1,96	2,09	2,21	2,34	2,46
	0,10	0,00	0,04	0,16	0,29	0,41	0,54	0,66	0,79	0,91	1,04	1,16	1,29	1,41	1,54	1,66	1,79	1,91	2,04	2,16	2,29	2,41
	0,15	0,00	0,00	0,10	0,22	0,35	0,47	0,60	0,72	0,85	0,97	1,10	1,22	1,35	1,47	1,60	1,72	1,85	1,97	2,10	2,22	2,35
	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,23	0,36	0,48	0,61	0,73	0,86	0,98	1,11	1,23	1,36	1,48	1,61	1,73	1,86
	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,16	0,28	0,41	0,53	0,66	0,78	0,91	1,03	1,16	1,28	1,41	1,53	1,66	1,78	1,91
	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,21	0,33	0,46	0,58	0,71	0,83	0,96	1,08	1,21	1,33	1,46	1,58	1,71	1,83	1,96
	0,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,13	0,26	0,38	0,51	0,63	0,76	0,88	1,01	1,13	1,26	1,38	1,51	1,63	1,76	1,88	2,01
	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,18	0,31	0,43	0,56	0,68	0,81	0,93	1,06	1,18	1,31	1,43	1,56	1,68	1,81	1,93	2,06
	0,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,23	0,36	0,48	0,61	0,73	0,86	0,98	1,11	1,23	1,36	1,48	1,61	1,73	1,86	1,98	2,11
	0,50	0,00	0,00	0,00	0,03	0,16	0,28	0,41	0,53	0,66	0,78	0,91	1,03	1,16	1,28	1,41	1,53	1,66	1,78	1,91	2,03	2,16
	0,55	0,00	0,00	0,00	0,08	0,21	0,33	0,46	0,58	0,71	0,83	0,96	1,08	1,21	1,33	1,46	1,58	1,71	1,83	1,96	2,08	2,21
	0,60	0,00	0,00	0,01	0,13	0,26	0,38	0,51	0,63	0,76	0,88	1,01	1,13	1,26	1,38	1,51	1,63	1,76	1,88	2,01	2,13	2,26
	0,65	0,00	0,00	0,06	0,18	0,31	0,43	0,56	0,68	0,81	0,93	1,06	1,18	1,31	1,43	1,56	1,68	1,81	1,93	2,06	2,18	2,31
	0,70	0,00	0,00	0,11	0,23	0,36	0,48	0,61	0,73	0,86	0,98	1,11	1,23	1,36	1,48	1,61	1,73	1,86	1,98	2,11	2,23	2,36
	0,75	0,00	0,03	0,16	0,28	0,41	0,53	0,66	0,78	0,91	1,03	1,16	1,28	1,41	1,53	1,66	1,78	1,91	2,03	2,16	2,28	2,41
	0,80	0,00	0,08	0,21	0,33	0,46	0,58	0,71	0,83	0,96	1,08	1,21	1,33	1,46	1,58	1,71	1,83	1,96	2,08	2,21	2,33	2,46
	0,85	0,01	0,13	0,26	0,38	0,51	0,63	0,76	0,88	1,01	1,13	1,26	1,38	1,51	1,63	1,76	1,88	2,01	2,13	2,26	2,38	2,51
	0,90	0,06	0,18	0,31	0,43	0,56	0,68	0,81	0,93	1,06	1,18	1,31	1,43	1,56	1,68	1,81	1,93	2,06	2,18	2,31	2,43	2,56
	0,95	0,11	0,23	0,36	0,48	0,61	0,73	0,86	0,98	1,11	1,23	1,36	1,48	1,61	1,73	1,86	1,98	2,11	2,23	2,36	2,48	2,61
	1,00	0,16	0,28	0,41	0,53	0,66	0,78	0,91	1,03	1,16	1,28	1,41	1,53	1,66	1,78	1,91	2,03	2,16	2,28	2,41	2,53	2,66
1,05	0,21	0,33	0,46	0,58	0,71	0,83	0,96	1,08	1,21	1,33	1,46	1,58	1,71	1,83	1,96	2,08	2,21	2,33	2,46	2,58	2,71	
1,10	0,26	0,38	0,51	0,63	0,76	0,88	1,01	1,13	1,26	1,38	1,51	1,63	1,76	1,88	2,01	2,13	2,26	2,38	2,51	2,63	2,76	
1,15	0,31	0,43	0,56	0,68	0,81	0,93	1,06	1,18	1,31	1,43	1,56	1,68	1,81	1,93	2,06	2,18	2,31	2,43	2,56	2,68	2,81	
1,20	0,36	0,48	0,61	0,73	0,86	0,98	1,11	1,23	1,36	1,48	1,61	1,73	1,86	1,98	2,11	2,23	2,36	2,48	2,61	2,73	2,86	
1,25	0,41	0,53	0,66	0,78	0,91	1,03	1,16	1,28	1,41	1,53	1,66	1,78	1,91	2,03	2,16	2,28	2,41	2,53	2,66	2,78	2,91	
1,30	0,46	0,58	0,71	0,83	0,96	1,08	1,21	1,33	1,46	1,58	1,71	1,83	1,96	2,08	2,21	2,33	2,46	2,58	2,71	2,83	2,96	
1,35	0,51	0,63	0,76	0,88	1,01	1,13	1,26	1,38	1,51	1,63	1,76	1,88	2,01	2,13	2,26	2,38	2,51	2,63	2,76	2,88	3,01	
1,40	0,56	0,68	0,81	0,93	1,06	1,18	1,31	1,43	1,56	1,68	1,81	1,93	2,06	2,18	2,31	2,43	2,56	2,68	2,81	2,93	3,06	
1,45	0,61	0,73	0,86	0,98	1,11	1,23	1,36	1,48	1,61	1,73	1,86	1,98	2,11	2,23	2,36	2,48	2,61	2,73	2,86	2,98	3,11	
1,50	0,66	0,78	0,91	1,03	1,16	1,28	1,41	1,53	1,66	1,78	1,91	2,03	2,16	2,28	2,41	2,53	2,66	2,78	2,91	3,03	3,16	
1,55	0,71	0,83	0,96	1,08	1,21	1,33	1,46	1,58	1,71	1,83	1,96	2,08	2,21	2,33	2,46	2,58	2,71	2,83	2,96	3,08	3,21	
1,60	0,76	0,88	1,01	1,13	1,26	1,38	1,51	1,63	1,76	1,88	2,01	2,13	2,26	2,38	2,51	2,63	2,76	2,88	3,01	3,13	3,26	
1,65	0,81	0,93	1,06	1,18	1,31	1,43	1,56	1,68	1,81	1,93	2,06	2,18	2,31	2,43	2,56	2,68	2,81	2,93	3,06	3,18	3,31	
1,70	0,86	0,98	1,11	1,23	1,36	1,48	1,61	1,73	1,86	1,98	2,11	2,23	2,36	2,48	2,61	2,73	2,86	2,98	3,11	3,23	3,36	
1,75	0,91	1,03	1,16	1,28	1,41	1,53	1,66	1,78	1,91	2,03	2,16	2,28	2,41	2,53	2,66	2,78	2,91	3,03	3,16	3,28	3,41	
1,80	0,96	1,08	1,21	1,33	1,46	1,58	1,71	1,83	1,96	2,08	2,21	2,33	2,46	2,58	2,71	2,83	2,96	3,08	3,21	3,33	3,46	
1,85	1,01	1,13	1,26	1,38	1,51	1,63	1,76	1,88	2,01	2,13	2,26	2,38	2,51	2,63	2,76	2,88	3,01	3,13	3,26	3,38	3,51	
1,90	1,06	1,18	1,31	1,43	1,56	1,68	1,81	1,93	2,06	2,18	2,31	2,43	2,56	2,68	2,81	2,93	3,06	3,18	3,31	3,43	3,56	
1,95	1,11	1,23	1,36	1,48	1,61	1,73	1,86	1,98	2,11	2,23	2,36	2,48	2,61	2,73	2,86	2,98	3,11	3,23	3,36	3,48	3,61	
2,00	1,16	1,28	1,41	1,53	1,66	1,78	1,91	2,03	2,16	2,28	2,41	2,53	2,66	2,78	2,91	3,03	3,16	3,28	3,41	3,53	3,66	

$$v = \frac{N_{sd}}{b_w \cdot h \cdot (0,85 \cdot f_{cd})}$$

$$\mu = \frac{M_{sd}}{b_w \cdot h^2 \cdot (0,85 \cdot f_{cd})}$$



$$A_{s(2)} = \omega_s \cdot A_c \cdot \frac{(0,85 \cdot f_{cd})}{f_{yd}}$$



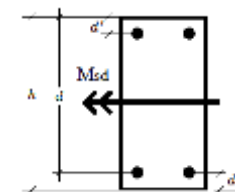
$$A_{s(3)} = \frac{3}{2} \cdot \omega_s \cdot A_c \cdot \frac{(0,85 \cdot f_{cd})}{f_{yd}}$$

Quadro 6.7: Taxa de armadura para a Flexo – Compressão, $C \leq C - 50$ e para 2 e 3 camadas de aço e $\delta = 0,15$

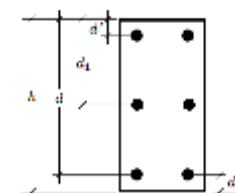
$\delta = 0,15$		μ																				
		ω_s	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95
v	0,00	0,00	0,12	0,26	0,40	0,55	0,69	0,83	0,97	1,12	1,26	1,40	1,55	1,69	1,83	1,97	2,12	2,26	2,40	2,55	2,69	2,83
	0,05	0,00	0,07	0,21	0,35	0,50	0,64	0,78	0,92	1,07	1,21	1,35	1,50	1,64	1,78	1,92	2,07	2,21	2,35	2,50	2,64	2,78
	0,10	0,00	0,02	0,16	0,30	0,45	0,59	0,73	0,87	1,02	1,16	1,30	1,45	1,59	1,73	1,87	2,02	2,16	2,30	2,45	2,59	2,73
	0,15	0,00	0,00	0,11	0,25	0,39	0,54	0,68	0,82	0,97	1,11	1,25	1,39	1,54	1,68	1,82	1,97	2,11	2,25	2,39	2,54	2,68
	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,23	0,37	0,51	0,66	0,80	0,94	1,09	1,23	1,37	1,51	1,66	1,80	1,94	2,09
	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,28	0,42	0,56	0,71	0,85	0,99	1,14	1,28	1,42	1,56	1,71	1,85	1,99	2,14
	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,19	0,33	0,47	0,61	0,76	0,90	1,04	1,19	1,33	1,47	1,61	1,76	1,90	2,04	2,19
	0,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,24	0,38	0,52	0,66	0,81	0,95	1,09	1,24	1,38	1,52	1,66	1,81	1,95	2,09	2,24
	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,29	0,43	0,57	0,71	0,86	1,00	1,14	1,29	1,43	1,57	1,71	1,86	2,00	2,14	2,29
	0,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,19	0,34	0,48	0,62	0,76	0,91	1,05	1,19	1,34	1,48	1,62	1,76	1,91	2,05	2,19	2,34
	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,24	0,39	0,53	0,67	0,81	0,96	1,10	1,24	1,39	1,53	1,67	1,81	1,96	2,10	2,24	2,39
	0,55	0,00	0,00	0,00	0,01	0,15	0,29	0,44	0,58	0,72	0,86	1,01	1,15	1,29	1,44	1,58	1,72	1,86	2,01	2,15	2,29	2,44
	0,60	0,00	0,00	0,00	0,06	0,20	0,34	0,49	0,63	0,77	0,91	1,06	1,20	1,34	1,49	1,63	1,77	1,91	2,06	2,20	2,34	2,49
	0,65	0,00	0,00	0,00	0,11	0,25	0,39	0,54	0,68	0,82	0,96	1,11	1,25	1,39	1,54	1,68	1,82	1,96	2,11	2,25	2,39	2,54
	0,70	0,00	0,00	0,01	0,16	0,30	0,44	0,59	0,73	0,87	1,01	1,16	1,30	1,44	1,59	1,73	1,87	2,01	2,16	2,30	2,44	2,59
	0,75	0,00	0,00	0,06	0,21	0,35	0,49	0,64	0,78	0,92	1,06	1,21	1,35	1,49	1,64	1,78	1,92	2,06	2,21	2,35	2,49	2,64
	0,80	0,00	0,00	0,11	0,26	0,40	0,54	0,69	0,83	0,97	1,11	1,26	1,40	1,54	1,69	1,83	1,97	2,11	2,26	2,40	2,54	2,69
	0,85	0,00	0,02	0,16	0,31	0,45	0,59	0,74	0,88	1,02	1,16	1,31	1,45	1,59	1,74	1,88	2,02	2,16	2,31	2,45	2,59	2,74
	0,90	0,00	0,07	0,21	0,36	0,50	0,64	0,79	0,93	1,07	1,21	1,36	1,50	1,64	1,79	1,93	2,07	2,21	2,36	2,50	2,64	2,79
	0,95	0,00	0,12	0,26	0,41	0,55	0,69	0,84	0,98	1,12	1,26	1,41	1,55	1,69	1,84	1,98	2,12	2,26	2,41	2,55	2,69	2,84
	1,00	0,03	0,17	0,31	0,46	0,60	0,74	0,89	1,03	1,17	1,31	1,46	1,60	1,74	1,89	2,03	2,17	2,31	2,46	2,60	2,74	2,89
1,05	0,08	0,22	0,36	0,51	0,65	0,79	0,94	1,08	1,22	1,36	1,51	1,65	1,79	1,94	2,08	2,22	2,36	2,51	2,65	2,79	2,94	
1,10	0,13	0,27	0,41	0,56	0,70	0,84	0,99	1,13	1,27	1,41	1,56	1,70	1,84	1,99	2,13	2,27	2,41	2,56	2,70	2,84	2,99	
1,15	0,18	0,32	0,46	0,61	0,75	0,89	1,04	1,18	1,32	1,46	1,61	1,75	1,89	2,04	2,18	2,32	2,46	2,61	2,75	2,89	3,04	
1,20	0,23	0,37	0,51	0,66	0,80	0,94	1,09	1,23	1,37	1,51	1,66	1,80	1,94	2,09	2,23	2,37	2,51	2,66	2,80	2,94	3,09	
1,25	0,28	0,42	0,56	0,71	0,85	0,99	1,14	1,28	1,42	1,56	1,71	1,85	1,99	2,14	2,28	2,42	2,56	2,71	2,85	2,99	3,14	
1,30	0,33	0,47	0,61	0,76	0,90	1,04	1,19	1,33	1,47	1,61	1,76	1,90	2,04	2,19	2,33	2,47	2,61	2,76	2,90	3,04	3,19	
1,35	0,38	0,52	0,66	0,81	0,95	1,09	1,24	1,38	1,52	1,66	1,81	1,95	2,09	2,24	2,38	2,52	2,66	2,81	2,95	3,09	3,24	
1,40	0,43	0,57	0,71	0,86	1,00	1,14	1,29	1,43	1,57	1,71	1,86	2,00	2,14	2,29	2,43	2,57	2,71	2,86	3,00	3,14	3,29	
1,45	0,48	0,62	0,76	0,91	1,05	1,19	1,34	1,48	1,62	1,76	1,91	2,05	2,19	2,34	2,48	2,62	2,76	2,91	3,05	3,19	3,34	
1,50	0,53	0,67	0,81	0,96	1,10	1,24	1,39	1,53	1,67	1,81	1,96	2,10	2,24	2,39	2,53	2,67	2,81	2,96	3,10	3,24	3,39	
1,55	0,58	0,72	0,86	1,01	1,15	1,29	1,44	1,58	1,72	1,86	2,01	2,15	2,29	2,44	2,58	2,72	2,86	3,01	3,15	3,29	3,44	
1,60	0,63	0,77	0,91	1,06	1,20	1,34	1,49	1,63	1,77	1,91	2,06	2,20	2,34	2,49	2,63	2,77	2,91	3,06	3,20	3,34	3,49	
1,65	0,68	0,82	0,96	1,11	1,25	1,39	1,54	1,68	1,82	1,96	2,11	2,25	2,39	2,54	2,68	2,82	2,96	3,11	3,25	3,39	3,54	
1,70	0,73	0,87	1,01	1,16	1,30	1,44	1,59	1,73	1,87	2,01	2,16	2,30	2,44	2,59	2,73	2,87	3,01	3,16	3,30	3,44	3,59	
1,75	0,78	0,92	1,06	1,21	1,35	1,49	1,64	1,78	1,92	2,06	2,21	2,35	2,49	2,64	2,78	2,92	3,06	3,21	3,35	3,49	3,64	
1,80	0,83	0,97	1,11	1,26	1,40	1,54	1,69	1,83	1,97	2,11	2,26	2,40	2,54	2,69	2,83	2,97	3,11	3,26	3,40	3,54	3,69	
1,85	0,88	1,02	1,16	1,31	1,45	1,59	1,74	1,88	2,02	2,16	2,31	2,45	2,59	2,74	2,88	3,02	3,16	3,31	3,45	3,59	3,74	
1,90	0,93	1,07	1,21	1,36	1,50	1,64	1,79	1,93	2,07	2,21	2,36	2,50	2,64	2,79	2,93	3,07	3,21	3,36	3,50	3,64	3,79	
1,95	0,98	1,12	1,26	1,41	1,55	1,69	1,84	1,98	2,12	2,26	2,41	2,55	2,69	2,84	2,98	3,12	3,26	3,41	3,55	3,69	3,84	
2,00	1,03	1,17	1,31	1,46	1,60	1,74	1,89	2,03	2,17	2,31	2,46	2,60	2,74	2,89	3,03	3,17	3,31	3,46	3,60	3,74	3,89	

$$v = \frac{N_{sd}}{b_w \cdot h \cdot (0,85 \cdot f_{cd})}$$

$$\mu = \frac{M_{sd}}{b_w \cdot h^2 \cdot (0,85 \cdot f_{cd})}$$



$$A_{s(2)} = \omega_s \cdot A_c \cdot \frac{(0,85 \cdot f_{cd})}{f_{yd}}$$



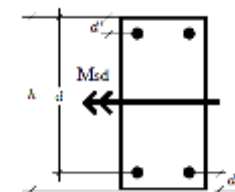
$$A_{s(3)} = \frac{3}{2} \cdot \omega_s \cdot A_c \cdot \frac{(0,85 \cdot f_{cd})}{f_{yd}}$$

Quadro 6.8: Taxa de armadura para a Flexo – Compressão, $C \leq C - 50$ e para 2 e 3 camadas de aço e $\delta = 0,20$

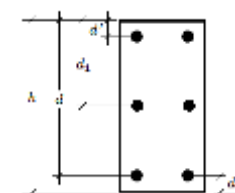
$\delta = 0,20$		μ																					
		ω_s	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
v	0,00	0,00	0,12	0,29	0,46	0,62	0,79	0,96	1,12	1,29	1,46	1,62	1,79	1,96	2,12	2,29	2,46	2,62	2,79	2,96	3,12	3,29	
	0,05	0,00	0,07	0,24	0,41	0,57	0,74	0,91	1,07	1,24	1,41	1,57	1,74	1,91	2,07	2,24	2,41	2,57	2,74	2,91	3,07	3,24	
	0,10	0,00	0,01	0,18	0,34	0,51	0,68	0,84	1,01	1,18	1,34	1,51	1,68	1,84	2,01	2,18	2,34	2,51	2,68	2,84	3,01	3,18	
	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,18	0,35	0,51	0,68	0,85	1,01	1,18	1,35	1,51	1,68	1,85	2,01	2,18	2,35	
	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,23	0,40	0,56	0,73	0,90	1,06	1,23	1,40	1,56	1,73	1,90	2,06	2,23	2,40	
	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,28	0,45	0,61	0,78	0,95	1,11	1,28	1,45	1,61	1,78	1,95	2,11	2,28	2,45	
	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	0,33	0,50	0,66	0,83	1,00	1,16	1,33	1,50	1,66	1,83	2,00	2,16	2,33	2,50	
	0,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,21	0,38	0,55	0,71	0,88	1,05	1,21	1,38	1,55	1,71	1,88	2,05	2,21	2,38	2,55	
	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,26	0,43	0,60	0,76	0,93	1,10	1,26	1,43	1,60	1,76	1,93	2,10	2,26	2,43	2,60	
	0,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15	0,31	0,48	0,65	0,81	0,98	1,15	1,31	1,48	1,65	1,81	1,98	2,15	2,31	2,48	2,65	
	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,20	0,36	0,53	0,70	0,86	1,03	1,20	1,36	1,53	1,70	1,86	2,03	2,20	2,36	2,53	2,70	
	0,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,25	0,41	0,58	0,75	0,91	1,08	1,25	1,41	1,58	1,75	1,91	2,08	2,25	2,41	2,58	2,75	
	0,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,30	0,46	0,63	0,80	0,96	1,13	1,30	1,46	1,63	1,80	1,96	2,13	2,30	2,46	2,63	2,80	
	0,65	0,00	0,00	0,00	0,01	0,18	0,35	0,51	0,68	0,85	1,01	1,18	1,35	1,51	1,68	1,85	2,01	2,18	2,35	2,51	2,68	2,85	
	0,70	0,00	0,00	0,00	0,06	0,23	0,40	0,56	0,73	0,90	1,06	1,23	1,40	1,56	1,73	1,90	2,06	2,23	2,40	2,56	2,73	2,90	
	0,75	0,00	0,00	0,00	0,11	0,28	0,45	0,61	0,78	0,95	1,11	1,28	1,45	1,61	1,78	1,95	2,11	2,28	2,45	2,61	2,78	2,95	
	0,80	0,00	0,00	0,00	0,16	0,33	0,50	0,66	0,83	1,00	1,16	1,33	1,50	1,66	1,83	2,00	2,16	2,33	2,50	2,66	2,83	3,00	
	0,85	0,00	0,00	0,05	0,21	0,38	0,55	0,71	0,88	1,05	1,21	1,38	1,55	1,71	1,88	2,05	2,21	2,38	2,55	2,71	2,88	3,05	
	0,90	0,00	0,00	0,10	0,26	0,43	0,60	0,76	0,93	1,10	1,26	1,43	1,60	1,76	1,93	2,10	2,26	2,43	2,60	2,76	2,93	3,10	
	0,95	0,00	0,00	0,15	0,31	0,48	0,65	0,81	0,98	1,15	1,31	1,48	1,65	1,81	1,98	2,15	2,31	2,48	2,65	2,81	2,98	3,15	
	1,00	0,00	0,03	0,20	0,36	0,53	0,70	0,86	1,03	1,20	1,36	1,53	1,70	1,86	2,03	2,20	2,36	2,53	2,70	2,86	3,03	3,20	
1,05	0,00	0,08	0,25	0,41	0,58	0,75	0,91	1,08	1,25	1,41	1,58	1,75	1,91	2,08	2,25	2,41	2,58	2,75	2,91	3,08	3,25		
1,10	0,00	0,13	0,30	0,46	0,63	0,80	0,96	1,13	1,30	1,46	1,63	1,80	1,96	2,13	2,30	2,46	2,63	2,80	2,96	3,13	3,30		
1,15	0,01	0,18	0,35	0,51	0,68	0,85	1,01	1,18	1,35	1,51	1,68	1,85	2,01	2,18	2,35	2,51	2,68	2,85	3,01	3,18	3,35		
1,20	0,06	0,23	0,40	0,56	0,73	0,90	1,06	1,23	1,40	1,56	1,73	1,90	2,06	2,23	2,40	2,56	2,73	2,90	3,06	3,23	3,40		
1,25	0,11	0,28	0,45	0,61	0,78	0,95	1,11	1,28	1,45	1,61	1,78	1,95	2,11	2,28	2,45	2,61	2,78	2,95	3,11	3,28	3,45		
1,30	0,16	0,33	0,50	0,66	0,83	1,00	1,16	1,33	1,50	1,66	1,83	2,00	2,16	2,33	2,50	2,66	2,83	3,00	3,16	3,33	3,50		
1,35	0,21	0,38	0,55	0,71	0,88	1,05	1,21	1,38	1,55	1,71	1,88	2,05	2,21	2,38	2,55	2,71	2,88	3,05	3,21	3,38	3,55		
1,40	0,26	0,43	0,60	0,76	0,93	1,10	1,26	1,43	1,60	1,76	1,93	2,10	2,26	2,43	2,60	2,76	2,93	3,10	3,26	3,43	3,60		
1,45	0,31	0,48	0,65	0,81	0,98	1,15	1,31	1,48	1,65	1,81	1,98	2,15	2,31	2,48	2,65	2,81	2,98	3,15	3,31	3,48	3,65		
1,50	0,36	0,53	0,70	0,86	1,03	1,20	1,36	1,53	1,70	1,86	2,03	2,20	2,36	2,53	2,70	2,86	3,03	3,20	3,36	3,53	3,70		
1,55	0,41	0,58	0,75	0,91	1,08	1,25	1,41	1,58	1,75	1,91	2,08	2,25	2,41	2,58	2,75	2,91	3,08	3,25	3,41	3,58	3,75		
1,60	0,46	0,63	0,80	0,96	1,13	1,30	1,46	1,63	1,80	1,96	2,13	2,30	2,46	2,63	2,80	2,96	3,13	3,30	3,46	3,63	3,80		
1,65	0,51	0,68	0,85	1,01	1,18	1,35	1,51	1,68	1,85	2,01	2,18	2,35	2,51	2,68	2,85	3,01	3,18	3,35	3,51	3,68	3,85		
1,70	0,56	0,73	0,90	1,06	1,23	1,40	1,56	1,73	1,90	2,06	2,23	2,40	2,56	2,73	2,90	3,06	3,23	3,40	3,56	3,73	3,90		
1,75	0,61	0,78	0,95	1,11	1,28	1,45	1,61	1,78	1,95	2,11	2,28	2,45	2,61	2,78	2,95	3,11	3,28	3,45	3,61	3,78	3,95		
1,80	0,66	0,83	1,00	1,16	1,33	1,50	1,66	1,83	2,00	2,16	2,33	2,50	2,66	2,83	3,00	3,16	3,33	3,50	3,66	3,83	4,00		
1,85	0,71	0,88	1,05	1,21	1,38	1,55	1,71	1,88	2,05	2,21	2,38	2,55	2,71	2,88	3,05	3,21	3,38	3,55	3,71	3,88	4,05		
1,90	0,76	0,93	1,10	1,26	1,43	1,60	1,76	1,93	2,10	2,26	2,43	2,60	2,76	2,93	3,10	3,26	3,43	3,60	3,76	3,93	4,10		
1,95	0,81	0,98	1,15	1,31	1,48	1,65	1,81	1,98	2,15	2,31	2,48	2,65	2,81	2,98	3,15	3,31	3,48	3,65	3,81	3,98	4,15		
2,00	0,86	1,03	1,20	1,36	1,53	1,70	1,86	2,03	2,20	2,36	2,53	2,70	2,86	3,03	3,20	3,36	3,53	3,70	3,86	4,03	4,20		

$$v = \frac{N_{sd}}{b_w \cdot h \cdot (0,85 \cdot f_{cd})}$$

$$\mu = \frac{M_{sd}}{b_w \cdot h^2 \cdot (0,85 \cdot f_{cd})}$$



$$A_{s(2)} = \omega_s \cdot A_c \cdot \frac{(0,85 \cdot f_{cd})}{f_{yd}}$$



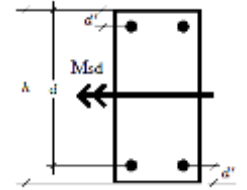
$$A_{s(3)} = \frac{3}{2} \cdot \omega_s \cdot A_c \cdot \frac{(0,85 \cdot f_{cd})}{f_{yd}}$$

Quadro 6.9: Taxa de armadura para a Flexo – Compressão, $C - 55$ e para 2 e 3 camadas de aço e $\delta = 0,05$

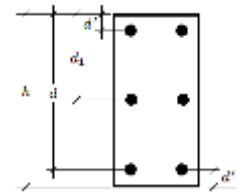
$\delta = 0,05$		μ																					
		ω_s	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
v	0,00	0,00	0,12	0,23	0,34	0,45	0,56	0,67	0,78	0,89	1,00	1,12	1,23	1,34	1,45	1,56	1,67	1,78	1,89	2,00	2,12	2,23	
	0,05	0,00	0,07	0,18	0,29	0,40	0,51	0,62	0,73	0,84	0,95	1,07	1,18	1,29	1,40	1,51	1,62	1,73	1,84	1,95	2,07	2,18	
	0,10	0,00	0,02	0,13	0,24	0,35	0,46	0,57	0,68	0,79	0,90	1,02	1,13	1,24	1,35	1,46	1,57	1,68	1,79	1,90	2,02	2,13	
	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,13	0,24	0,36	0,47	0,58	0,69	0,80	0,91	1,02	1,13	1,24	1,36	1,47	1,58	1,69	
	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,18	0,29	0,41	0,52	0,63	0,74	0,85	0,96	1,07	1,18	1,29	1,41	1,52	1,63	1,74	
	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,12	0,23	0,34	0,46	0,57	0,68	0,79	0,90	1,01	1,12	1,23	1,34	1,46	1,57	1,68	1,79	
	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,17	0,28	0,39	0,51	0,62	0,73	0,84	0,95	1,06	1,17	1,28	1,39	1,51	1,62	1,73	1,84	
	0,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,22	0,33	0,44	0,56	0,67	0,78	0,89	1,00	1,11	1,22	1,33	1,44	1,56	1,67	1,78	1,89	
	0,40	0,00	0,00	0,00	0,05	0,16	0,27	0,38	0,49	0,61	0,72	0,83	0,94	1,05	1,16	1,27	1,38	1,49	1,61	1,72	1,83	1,94	
	0,45	0,00	0,00	0,00	0,10	0,21	0,32	0,43	0,54	0,66	0,77	0,88	0,99	1,10	1,21	1,32	1,43	1,54	1,66	1,77	1,88	1,99	
	0,50	0,00	0,00	0,04	0,15	0,26	0,37	0,48	0,59	0,71	0,82	0,93	1,04	1,15	1,26	1,37	1,48	1,59	1,71	1,82	1,93	2,04	
	0,55	0,00	0,00	0,09	0,20	0,31	0,42	0,53	0,64	0,76	0,87	0,98	1,09	1,20	1,31	1,42	1,53	1,64	1,76	1,87	1,98	2,09	
	0,60	0,00	0,03	0,14	0,25	0,36	0,47	0,58	0,69	0,81	0,92	1,03	1,14	1,25	1,36	1,47	1,58	1,69	1,81	1,92	2,03	2,14	
	0,65	0,00	0,08	0,19	0,30	0,41	0,52	0,63	0,74	0,86	0,97	1,08	1,19	1,30	1,41	1,52	1,63	1,74	1,86	1,97	2,08	2,19	
	0,70	0,02	0,13	0,24	0,35	0,46	0,57	0,68	0,79	0,91	1,02	1,13	1,24	1,35	1,46	1,57	1,68	1,79	1,91	2,02	2,13	2,24	
	0,75	0,07	0,18	0,29	0,40	0,51	0,62	0,73	0,84	0,96	1,07	1,18	1,29	1,40	1,51	1,62	1,73	1,84	1,96	2,07	2,18	2,29	
	0,80	0,12	0,23	0,34	0,45	0,56	0,67	0,78	0,89	1,01	1,12	1,23	1,34	1,45	1,56	1,67	1,78	1,89	2,01	2,12	2,23	2,34	
	0,85	0,17	0,28	0,39	0,50	0,61	0,72	0,83	0,94	1,06	1,17	1,28	1,39	1,50	1,61	1,72	1,83	1,94	2,06	2,17	2,28	2,39	
	0,90	0,22	0,33	0,44	0,55	0,66	0,77	0,88	0,99	1,11	1,22	1,33	1,44	1,55	1,66	1,77	1,88	1,99	2,11	2,22	2,33	2,44	
	0,95	0,27	0,38	0,49	0,60	0,71	0,82	0,93	1,04	1,16	1,27	1,38	1,49	1,60	1,71	1,82	1,93	2,04	2,16	2,27	2,38	2,49	
	1,00	0,32	0,43	0,54	0,65	0,76	0,87	0,98	1,09	1,21	1,32	1,43	1,54	1,65	1,76	1,87	1,98	2,09	2,21	2,32	2,43	2,54	
	1,05	0,37	0,48	0,59	0,70	0,81	0,92	1,03	1,14	1,26	1,37	1,48	1,59	1,70	1,81	1,92	2,03	2,14	2,26	2,37	2,48	2,59	
	1,10	0,42	0,53	0,64	0,75	0,86	0,97	1,08	1,19	1,31	1,42	1,53	1,64	1,75	1,86	1,97	2,08	2,19	2,31	2,42	2,53	2,64	
	1,15	0,47	0,58	0,69	0,80	0,91	1,02	1,13	1,24	1,36	1,47	1,58	1,69	1,80	1,91	2,02	2,13	2,24	2,36	2,47	2,58	2,69	
	1,20	0,52	0,63	0,74	0,85	0,96	1,07	1,18	1,29	1,41	1,52	1,63	1,74	1,85	1,96	2,07	2,18	2,29	2,41	2,52	2,63	2,74	
	1,25	0,57	0,68	0,79	0,90	1,01	1,12	1,23	1,34	1,46	1,57	1,68	1,79	1,90	2,01	2,12	2,23	2,34	2,46	2,57	2,68	2,79	
	1,30	0,62	0,73	0,84	0,95	1,06	1,17	1,28	1,39	1,51	1,62	1,73	1,84	1,95	2,06	2,17	2,28	2,39	2,51	2,62	2,73	2,84	
	1,35	0,67	0,78	0,89	1,00	1,11	1,22	1,33	1,44	1,56	1,67	1,78	1,89	2,00	2,11	2,22	2,33	2,44	2,56	2,67	2,78	2,89	
1,40	0,72	0,83	0,94	1,05	1,16	1,27	1,38	1,49	1,61	1,72	1,83	1,94	2,05	2,16	2,27	2,38	2,49	2,61	2,72	2,83	2,94		
1,45	0,77	0,88	0,99	1,10	1,21	1,32	1,43	1,54	1,66	1,77	1,88	1,99	2,10	2,21	2,32	2,43	2,54	2,66	2,77	2,88	2,99		
1,50	0,82	0,93	1,04	1,15	1,26	1,37	1,48	1,59	1,71	1,82	1,93	2,04	2,15	2,26	2,37	2,48	2,59	2,71	2,82	2,93	3,04		
1,55	0,87	0,98	1,09	1,20	1,31	1,42	1,53	1,64	1,76	1,87	1,98	2,09	2,20	2,31	2,42	2,53	2,64	2,76	2,87	2,98	3,09		
1,60	0,92	1,03	1,14	1,25	1,36	1,47	1,58	1,69	1,81	1,92	2,03	2,14	2,25	2,36	2,47	2,58	2,69	2,81	2,92	3,03	3,14		
1,65	0,97	1,08	1,19	1,30	1,41	1,52	1,63	1,74	1,86	1,97	2,08	2,19	2,30	2,41	2,52	2,63	2,74	2,86	2,97	3,08	3,19		
1,70	1,02	1,13	1,24	1,35	1,46	1,57	1,68	1,79	1,91	2,02	2,13	2,24	2,35	2,46	2,57	2,68	2,79	2,91	3,02	3,13	3,24		
1,75	1,07	1,18	1,29	1,40	1,51	1,62	1,73	1,84	1,96	2,07	2,18	2,29	2,40	2,51	2,62	2,73	2,84	2,96	3,07	3,18	3,29		
1,80	1,12	1,23	1,34	1,45	1,56	1,67	1,78	1,89	2,01	2,12	2,23	2,34	2,45	2,56	2,67	2,78	2,89	3,01	3,12	3,23	3,34		
1,85	1,17	1,28	1,39	1,50	1,61	1,72	1,83	1,94	2,06	2,17	2,28	2,39	2,50	2,61	2,72	2,83	2,94	3,06	3,17	3,28	3,39		
1,90	1,22	1,33	1,44	1,55	1,66	1,77	1,88	1,99	2,11	2,22	2,33	2,44	2,55	2,66	2,77	2,88	2,99	3,11	3,22	3,33	3,44		
1,95	1,27	1,38	1,49	1,60	1,71	1,82	1,93	2,04	2,16	2,27	2,38	2,49	2,60	2,71	2,82	2,93	3,04	3,16	3,27	3,38	3,49		
2,00	1,32	1,43	1,54	1,65	1,76	1,87	1,98	2,09	2,21	2,32	2,43	2,54	2,65	2,76	2,87	2,98	3,09	3,21	3,32	3,43	3,54		

$$v = \frac{N_{sd}}{b_w \cdot h \cdot (0,83 \cdot f_{cd})}$$

$$\mu = \frac{M_{sd}}{b_w \cdot h^2 \cdot (0,83 \cdot f_{cd})}$$



$$A_{s(2)} = \omega_s \cdot A_c \cdot \frac{(0,83 \cdot f_{cd})}{f_{yd}}$$



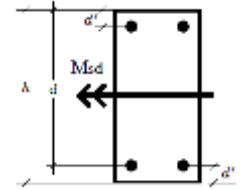
$$A_{s(3)} = \frac{3}{2} \cdot \omega_s \cdot A_c \cdot \frac{(0,83 \cdot f_{cd})}{f_{yd}}$$

Quadro 6.10: Taxa de armadura para a Flexo – Compressão, $C = 55$ e para 2 e 3 camadas de aço e $\delta = 0,10$

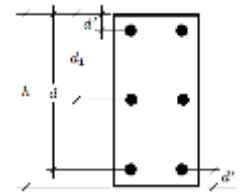
$\delta = 0,10$		μ																					
		ω_s	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
v	0,00	0,00	0,12	0,24	0,37	0,49	0,62	0,74	0,87	0,99	1,12	1,24	1,37	1,49	1,62	1,74	1,87	1,99	2,12	2,24	2,37	2,49	
	0,05	0,00	0,07	0,19	0,32	0,44	0,57	0,69	0,82	0,94	1,07	1,19	1,32	1,44	1,57	1,69	1,82	1,94	2,07	2,19	2,32	2,44	
	0,10	0,00	0,02	0,14	0,27	0,39	0,52	0,64	0,77	0,89	1,02	1,14	1,27	1,39	1,52	1,64	1,77	1,89	2,02	2,14	2,27	2,39	
	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,24	0,37	0,49	0,62	0,74	0,87	0,99	1,12	1,24	1,37	1,49	1,62	1,74	1,87	
	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,17	0,29	0,42	0,54	0,67	0,79	0,92	1,04	1,17	1,29	1,42	1,54	1,67	1,79	1,92	
	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,22	0,34	0,47	0,59	0,72	0,84	0,97	1,09	1,22	1,34	1,47	1,59	1,72	1,84	1,97	
	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,14	0,27	0,39	0,52	0,64	0,77	0,89	1,02	1,14	1,27	1,39	1,52	1,64	1,77	1,89	2,02	
	0,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,19	0,32	0,44	0,57	0,69	0,82	0,94	1,07	1,19	1,32	1,44	1,57	1,69	1,82	1,94	2,07	
	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,24	0,37	0,49	0,62	0,74	0,87	0,99	1,12	1,24	1,37	1,49	1,62	1,74	1,87	1,99	2,12	
	0,45	0,00	0,00	0,00	0,04	0,17	0,29	0,42	0,54	0,67	0,79	0,92	1,04	1,17	1,29	1,42	1,54	1,67	1,79	1,92	2,04	2,17	
	0,50	0,00	0,00	0,00	0,09	0,22	0,34	0,47	0,59	0,72	0,84	0,97	1,09	1,22	1,34	1,47	1,59	1,72	1,84	1,97	2,09	2,22	
	0,55	0,00	0,00	0,02	0,14	0,27	0,39	0,52	0,64	0,77	0,89	1,02	1,14	1,27	1,39	1,52	1,64	1,77	1,89	2,02	2,14	2,27	
	0,60	0,00	0,00	0,07	0,19	0,32	0,44	0,57	0,69	0,82	0,94	1,07	1,19	1,32	1,44	1,57	1,69	1,82	1,94	2,07	2,19	2,32	
	0,65	0,00	0,00	0,12	0,24	0,37	0,49	0,62	0,74	0,87	0,99	1,12	1,24	1,37	1,49	1,62	1,74	1,87	1,99	2,12	2,24	2,37	
	0,70	0,00	0,04	0,17	0,29	0,42	0,54	0,67	0,79	0,92	1,04	1,17	1,29	1,42	1,54	1,67	1,79	1,92	2,04	2,17	2,29	2,42	
	0,75	0,00	0,09	0,22	0,34	0,47	0,59	0,72	0,84	0,97	1,09	1,22	1,34	1,47	1,59	1,72	1,84	1,97	2,09	2,22	2,34	2,47	
	0,80	0,02	0,14	0,27	0,39	0,52	0,64	0,77	0,89	1,02	1,14	1,27	1,39	1,52	1,64	1,77	1,89	2,02	2,14	2,27	2,39	2,52	
	0,85	0,07	0,19	0,32	0,44	0,57	0,69	0,82	0,94	1,07	1,19	1,32	1,44	1,57	1,69	1,82	1,94	2,07	2,19	2,32	2,44	2,57	
	0,90	0,12	0,24	0,37	0,49	0,62	0,74	0,87	0,99	1,12	1,24	1,37	1,49	1,62	1,74	1,87	1,99	2,12	2,24	2,37	2,49	2,62	
	0,95	0,17	0,29	0,42	0,54	0,67	0,79	0,92	1,04	1,17	1,29	1,42	1,54	1,67	1,79	1,92	2,04	2,17	2,29	2,42	2,54	2,67	
	1,00	0,22	0,34	0,47	0,59	0,72	0,84	0,97	1,09	1,22	1,34	1,47	1,59	1,72	1,84	1,97	2,09	2,22	2,34	2,47	2,59	2,72	
	1,05	0,27	0,39	0,52	0,64	0,77	0,89	1,02	1,14	1,27	1,39	1,52	1,64	1,77	1,89	2,02	2,14	2,27	2,39	2,52	2,64	2,77	
	1,10	0,32	0,44	0,57	0,69	0,82	0,94	1,07	1,19	1,32	1,44	1,57	1,69	1,82	1,94	2,07	2,19	2,32	2,44	2,57	2,69	2,82	
	1,15	0,37	0,49	0,62	0,74	0,87	0,99	1,12	1,24	1,37	1,49	1,62	1,74	1,87	1,99	2,12	2,24	2,37	2,49	2,62	2,74	2,87	
	1,20	0,42	0,54	0,67	0,79	0,92	1,04	1,17	1,29	1,42	1,54	1,67	1,79	1,92	2,04	2,17	2,29	2,42	2,54	2,67	2,79	2,92	
1,25	0,47	0,59	0,72	0,84	0,97	1,09	1,22	1,34	1,47	1,59	1,72	1,84	1,97	2,09	2,22	2,34	2,47	2,59	2,72	2,84	2,97		
1,30	0,52	0,64	0,77	0,89	1,02	1,14	1,27	1,39	1,52	1,64	1,77	1,89	2,02	2,14	2,27	2,39	2,52	2,64	2,77	2,89	3,02		
1,35	0,57	0,69	0,82	0,94	1,07	1,19	1,32	1,44	1,57	1,69	1,82	1,94	2,07	2,19	2,32	2,44	2,57	2,69	2,82	2,94	3,07		
1,40	0,62	0,74	0,87	0,99	1,12	1,24	1,37	1,49	1,62	1,74	1,87	1,99	2,12	2,24	2,37	2,49	2,62	2,74	2,87	2,99	3,12		
1,45	0,67	0,79	0,92	1,04	1,17	1,29	1,42	1,54	1,67	1,79	1,92	2,04	2,17	2,29	2,42	2,54	2,67	2,79	2,92	3,04	3,17		
1,50	0,72	0,84	0,97	1,09	1,22	1,34	1,47	1,59	1,72	1,84	1,97	2,09	2,22	2,34	2,47	2,59	2,72	2,84	2,97	3,09	3,22		
1,55	0,77	0,89	1,02	1,14	1,27	1,39	1,52	1,64	1,77	1,89	2,02	2,14	2,27	2,39	2,52	2,64	2,77	2,89	3,02	3,14	3,27		
1,60	0,82	0,94	1,07	1,19	1,32	1,44	1,57	1,69	1,82	1,94	2,07	2,19	2,32	2,44	2,57	2,69	2,82	2,94	3,07	3,19	3,32		
1,65	0,87	0,99	1,12	1,24	1,37	1,49	1,62	1,74	1,87	1,99	2,12	2,24	2,37	2,49	2,62	2,74	2,87	2,99	3,12	3,24	3,37		
1,70	0,92	1,04	1,17	1,29	1,42	1,54	1,67	1,79	1,92	2,04	2,17	2,29	2,42	2,54	2,67	2,79	2,92	3,04	3,17	3,29	3,42		
1,75	0,97	1,09	1,22	1,34	1,47	1,59	1,72	1,84	1,97	2,09	2,22	2,34	2,47	2,59	2,72	2,84	2,97	3,09	3,22	3,34	3,47		
1,80	1,02	1,14	1,27	1,39	1,52	1,64	1,77	1,89	2,02	2,14	2,27	2,39	2,52	2,64	2,77	2,89	3,02	3,14	3,27	3,39	3,52		
1,85	1,07	1,19	1,32	1,44	1,57	1,69	1,82	1,94	2,07	2,19	2,32	2,44	2,57	2,69	2,82	2,94	3,07	3,19	3,32	3,44	3,57		
1,90	1,12	1,24	1,37	1,49	1,62	1,74	1,87	1,99	2,12	2,24	2,37	2,49	2,62	2,74	2,87	2,99	3,12	3,24	3,37	3,49	3,62		
1,95	1,17	1,29	1,42	1,54	1,67	1,79	1,92	2,04	2,17	2,29	2,42	2,54	2,67	2,79	2,92	3,04	3,17	3,29	3,42	3,54	3,67		
2,00	1,22	1,34	1,47	1,59	1,72	1,84	1,97	2,09	2,22	2,34	2,47	2,59	2,72	2,84	2,97	3,09	3,22	3,34	3,47	3,59	3,72		

$$v = \frac{N_{sd}}{b_w \cdot h \cdot (0,83 \cdot f_{cd})}$$

$$\mu = \frac{M_{sd}}{b_w \cdot h^2 \cdot (0,83 \cdot f_{cd})}$$



$$A_{s(2)} = \omega_s \cdot A_c \cdot \frac{(0,83 \cdot f_{cd})}{f_{yd}}$$



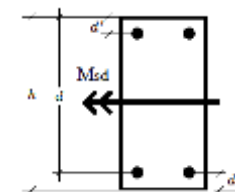
$$A_{s(3)} = \frac{3}{2} \cdot \omega_s \cdot A_c \cdot \frac{(0,83 \cdot f_{cd})}{f_{yd}}$$

Quadro 6.11: Taxa de armadura para a Flexo – Compressão, $C - 55$ e para 2 e 3 camadas de aço e $\delta = 0,15$

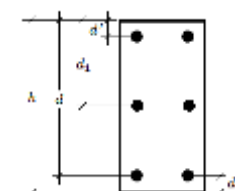
$\delta = 0,15$		μ																				
		ω_s	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95
v	0,00	0,00	0,12	0,26	0,40	0,55	0,69	0,83	0,97	1,12	1,26	1,40	1,55	1,69	1,83	1,97	2,12	2,26	2,40	2,55	2,69	2,83
	0,05	0,00	0,07	0,21	0,35	0,50	0,64	0,78	0,92	1,07	1,21	1,35	1,50	1,64	1,78	1,92	2,07	2,21	2,35	2,50	2,64	2,78
	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,20	0,34	0,48	0,62	0,77	0,91	1,05	1,20	1,34	1,48	1,62	1,77	1,91	2,05
	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,25	0,39	0,53	0,67	0,82	0,96	1,10	1,25	1,39	1,53	1,67	1,82	1,96	2,10
	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,15	0,30	0,44	0,58	0,72	0,87	1,01	1,15	1,30	1,44	1,58	1,72	1,87	2,01	2,15
	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,20	0,35	0,49	0,63	0,77	0,92	1,06	1,20	1,35	1,49	1,63	1,77	1,92	2,06	2,20
	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,25	0,40	0,54	0,68	0,82	0,97	1,11	1,25	1,40	1,54	1,68	1,82	1,97	2,11	2,25
	0,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,16	0,30	0,45	0,59	0,73	0,87	1,02	1,16	1,30	1,45	1,59	1,73	1,87	2,02	2,16	2,30
	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,21	0,35	0,50	0,64	0,78	0,92	1,07	1,21	1,35	1,50	1,64	1,78	1,92	2,07	2,21	2,35
	0,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,26	0,40	0,55	0,69	0,83	0,97	1,12	1,26	1,40	1,55	1,69	1,83	1,97	2,12	2,26	2,40
	0,50	0,00	0,00	0,00	0,02	0,17	0,31	0,45	0,60	0,74	0,88	1,02	1,17	1,31	1,45	1,60	1,74	1,88	2,02	2,17	2,31	2,45
	0,55	0,00	0,00	0,00	0,07	0,22	0,36	0,50	0,65	0,79	0,93	1,07	1,22	1,36	1,50	1,65	1,79	1,93	2,07	2,22	2,36	2,50
	0,60	0,00	0,00	0,00	0,12	0,27	0,41	0,55	0,70	0,84	0,98	1,12	1,27	1,41	1,55	1,70	1,84	1,98	2,12	2,27	2,41	2,55
	0,65	0,00	0,00	0,03	0,17	0,32	0,46	0,60	0,75	0,89	1,03	1,17	1,32	1,46	1,60	1,75	1,89	2,03	2,17	2,32	2,46	2,60
	0,70	0,00	0,00	0,08	0,22	0,37	0,51	0,65	0,80	0,94	1,08	1,22	1,37	1,51	1,65	1,80	1,94	2,08	2,22	2,37	2,51	2,65
	0,75	0,00	0,00	0,13	0,27	0,42	0,56	0,70	0,85	0,99	1,13	1,27	1,42	1,56	1,70	1,85	1,99	2,13	2,27	2,42	2,56	2,70
	0,80	0,00	0,04	0,18	0,32	0,47	0,61	0,75	0,90	1,04	1,18	1,32	1,47	1,61	1,75	1,90	2,04	2,18	2,32	2,47	2,61	2,75
	0,85	0,00	0,09	0,23	0,37	0,52	0,66	0,80	0,95	1,09	1,23	1,37	1,52	1,66	1,80	1,95	2,09	2,23	2,37	2,52	2,66	2,80
	0,90	0,00	0,14	0,28	0,42	0,57	0,71	0,85	1,00	1,14	1,28	1,42	1,57	1,71	1,85	2,00	2,14	2,28	2,42	2,57	2,71	2,85
	0,95	0,05	0,19	0,33	0,47	0,62	0,76	0,90	1,05	1,19	1,33	1,47	1,62	1,76	1,90	2,05	2,19	2,33	2,47	2,62	2,76	2,90
	1,00	0,10	0,24	0,38	0,52	0,67	0,81	0,95	1,10	1,24	1,38	1,52	1,67	1,81	1,95	2,10	2,24	2,38	2,52	2,67	2,81	2,95
1,05	0,15	0,29	0,43	0,57	0,72	0,86	1,00	1,15	1,29	1,43	1,57	1,72	1,86	2,00	2,15	2,29	2,43	2,57	2,72	2,86	3,00	
1,10	0,20	0,34	0,48	0,62	0,77	0,91	1,05	1,20	1,34	1,48	1,62	1,77	1,91	2,05	2,20	2,34	2,48	2,62	2,77	2,91	3,05	
1,15	0,25	0,39	0,53	0,67	0,82	0,96	1,10	1,25	1,39	1,53	1,67	1,82	1,96	2,10	2,25	2,39	2,53	2,67	2,82	2,96	3,10	
1,20	0,30	0,44	0,58	0,72	0,87	1,01	1,15	1,30	1,44	1,58	1,72	1,87	2,01	2,15	2,30	2,44	2,58	2,72	2,87	3,01	3,15	
1,25	0,35	0,49	0,63	0,77	0,92	1,06	1,20	1,35	1,49	1,63	1,77	1,92	2,06	2,20	2,35	2,49	2,63	2,77	2,92	3,06	3,20	
1,30	0,40	0,54	0,68	0,82	0,97	1,11	1,25	1,40	1,54	1,68	1,82	1,97	2,11	2,25	2,40	2,54	2,68	2,82	2,97	3,11	3,25	
1,35	0,45	0,59	0,73	0,87	1,02	1,16	1,30	1,45	1,59	1,73	1,87	2,02	2,16	2,30	2,45	2,59	2,73	2,87	3,02	3,16	3,30	
1,40	0,50	0,64	0,78	0,92	1,07	1,21	1,35	1,50	1,64	1,78	1,92	2,07	2,21	2,35	2,50	2,64	2,78	2,92	3,07	3,21	3,35	
1,45	0,55	0,69	0,83	0,97	1,12	1,26	1,40	1,55	1,69	1,83	1,97	2,12	2,26	2,40	2,55	2,69	2,83	2,97	3,12	3,26	3,40	
1,50	0,60	0,74	0,88	1,02	1,17	1,31	1,45	1,60	1,74	1,88	2,02	2,17	2,31	2,45	2,60	2,74	2,88	3,02	3,17	3,31	3,45	
1,55	0,65	0,79	0,93	1,07	1,22	1,36	1,50	1,65	1,79	1,93	2,07	2,22	2,36	2,50	2,65	2,79	2,93	3,07	3,22	3,36	3,50	
1,60	0,70	0,84	0,98	1,12	1,27	1,41	1,55	1,70	1,84	1,98	2,12	2,27	2,41	2,55	2,70	2,84	2,98	3,12	3,27	3,41	3,55	
1,65	0,75	0,89	1,03	1,17	1,32	1,46	1,60	1,75	1,89	2,03	2,17	2,32	2,46	2,60	2,75	2,89	3,03	3,17	3,32	3,46	3,60	
1,70	0,80	0,94	1,08	1,22	1,37	1,51	1,65	1,80	1,94	2,08	2,22	2,37	2,51	2,65	2,80	2,94	3,08	3,22	3,37	3,51	3,65	
1,75	0,85	0,99	1,13	1,27	1,42	1,56	1,70	1,85	1,99	2,13	2,27	2,42	2,56	2,70	2,85	2,99	3,13	3,27	3,42	3,56	3,70	
1,80	0,90	1,04	1,18	1,32	1,47	1,61	1,75	1,90	2,04	2,18	2,32	2,47	2,61	2,75	2,90	3,04	3,18	3,32	3,47	3,61	3,75	
1,85	0,95	1,09	1,23	1,37	1,52	1,66	1,80	1,95	2,09	2,23	2,37	2,52	2,66	2,80	2,95	3,09	3,23	3,37	3,52	3,66	3,80	
1,90	1,00	1,14	1,28	1,42	1,57	1,71	1,85	2,00	2,14	2,28	2,42	2,57	2,71	2,85	3,00	3,14	3,28	3,42	3,57	3,71	3,85	
1,95	1,05	1,19	1,33	1,47	1,62	1,76	1,90	2,05	2,19	2,33	2,47	2,62	2,76	2,90	3,05	3,19	3,33	3,47	3,62	3,76	3,90	
2,00	1,10	1,24	1,38	1,52	1,67	1,81	1,95	2,10	2,24	2,38	2,52	2,67	2,81	2,95	3,10	3,24	3,38	3,52	3,67	3,81	3,95	

$$v = \frac{N_{sd}}{b_w \cdot h \cdot (0,83 \cdot f_{cd})}$$

$$\mu = \frac{M_{sd}}{b_w \cdot h^2 \cdot (0,83 \cdot f_{cd})}$$



$$A_{s(2)} = \omega_s \cdot A_c \cdot \frac{(0,83 \cdot f_{cd})}{f_{yd}}$$



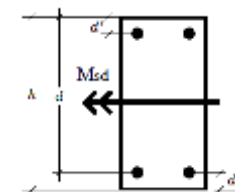
$$A_{s(3)} = \frac{3}{2} \cdot \omega_s \cdot A_c \cdot \frac{(0,83 \cdot f_{cd})}{f_{yd}}$$

Quadro 6.12: Taxa de armadura para a Flexo – Compressão, $C - 55$ e para 2 e 3 camadas de aço e $\delta = 0,20$

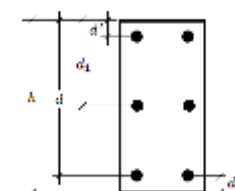
$\delta = 0,20$		μ																					
		ω_s	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
v	0,00	0,00	0,12	0,29	0,46	0,62	0,79	0,96	1,12	1,29	1,46	1,62	1,79	1,96	2,12	2,29	2,46	2,62	2,79	2,96	3,12	3,29	
	0,05	0,00	0,07	0,24	0,41	0,57	0,74	0,91	1,07	1,24	1,41	1,57	1,74	1,91	2,07	2,24	2,41	2,57	2,74	2,91	3,07	3,24	
	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,21	0,38	0,54	0,71	0,88	1,04	1,21	1,38	1,54	1,71	1,88	2,04	2,21	2,38	
	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,26	0,43	0,59	0,76	0,93	1,09	1,26	1,43	1,59	1,76	1,93	2,09	2,26	2,43	
	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,31	0,48	0,64	0,81	0,98	1,14	1,31	1,48	1,64	1,81	1,98	2,14	2,31	2,48	
	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,19	0,36	0,53	0,69	0,86	1,03	1,19	1,36	1,53	1,69	1,86	2,03	2,19	2,36	2,53	
	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,24	0,41	0,58	0,74	0,91	1,08	1,24	1,41	1,58	1,74	1,91	2,08	2,24	2,41	2,58	
	0,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,29	0,46	0,63	0,79	0,96	1,13	1,29	1,46	1,63	1,79	1,96	2,13	2,29	2,46	2,63	
	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,18	0,34	0,51	0,68	0,84	1,01	1,18	1,34	1,51	1,68	1,84	2,01	2,18	2,34	2,51	2,68	
	0,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,23	0,39	0,56	0,73	0,89	1,06	1,23	1,39	1,56	1,73	1,89	2,06	2,23	2,39	2,56	2,73	
	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,28	0,44	0,61	0,78	0,94	1,11	1,28	1,44	1,61	1,78	1,94	2,11	2,28	2,44	2,61	2,78	
	0,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	0,33	0,49	0,66	0,83	0,99	1,16	1,33	1,49	1,66	1,83	1,99	2,16	2,33	2,49	2,66	2,83	
	0,60	0,00	0,00	0,00	0,04	0,21	0,38	0,54	0,71	0,88	1,04	1,21	1,38	1,54	1,71	1,88	2,04	2,21	2,38	2,54	2,71	2,88	
	0,65	0,00	0,00	0,00	0,09	0,26	0,43	0,59	0,76	0,93	1,09	1,26	1,43	1,59	1,76	1,93	2,09	2,26	2,43	2,59	2,76	2,93	
	0,70	0,00	0,00	0,00	0,14	0,31	0,48	0,64	0,81	0,98	1,14	1,31	1,48	1,64	1,81	1,98	2,14	2,31	2,48	2,64	2,81	2,98	
	0,75	0,00	0,00	0,03	0,19	0,36	0,53	0,69	0,86	1,03	1,19	1,36	1,53	1,69	1,86	2,03	2,19	2,36	2,53	2,69	2,86	3,03	
	0,80	0,00	0,00	0,08	0,24	0,41	0,58	0,74	0,91	1,08	1,24	1,41	1,58	1,74	1,91	2,08	2,24	2,41	2,58	2,74	2,91	3,08	
	0,85	0,00	0,00	0,13	0,29	0,46	0,63	0,79	0,96	1,13	1,29	1,46	1,63	1,79	1,96	2,13	2,29	2,46	2,63	2,79	2,96	3,13	
	0,90	0,00	0,01	0,18	0,34	0,51	0,68	0,84	1,01	1,18	1,34	1,51	1,68	1,84	2,01	2,18	2,34	2,51	2,68	2,84	3,01	3,18	
	0,95	0,00	0,06	0,23	0,39	0,56	0,73	0,89	1,06	1,23	1,39	1,56	1,73	1,89	2,06	2,23	2,39	2,56	2,73	2,89	3,06	3,23	
	1,00	0,00	0,11	0,28	0,44	0,61	0,78	0,94	1,11	1,28	1,44	1,61	1,78	1,94	2,11	2,28	2,44	2,61	2,78	2,94	3,11	3,28	
1,05	0,00	0,16	0,33	0,49	0,66	0,83	0,99	1,16	1,33	1,49	1,66	1,83	1,99	2,16	2,33	2,49	2,66	2,83	2,99	3,16	3,33		
1,10	0,04	0,21	0,38	0,54	0,71	0,88	1,04	1,21	1,38	1,54	1,71	1,88	2,04	2,21	2,38	2,54	2,71	2,88	3,04	3,21	3,38		
1,15	0,09	0,26	0,43	0,59	0,76	0,93	1,09	1,26	1,43	1,59	1,76	1,93	2,09	2,26	2,43	2,59	2,76	2,93	3,09	3,26	3,43		
1,20	0,14	0,31	0,48	0,64	0,81	0,98	1,14	1,31	1,48	1,64	1,81	1,98	2,14	2,31	2,48	2,64	2,81	2,98	3,14	3,31	3,48		
1,25	0,19	0,36	0,53	0,69	0,86	1,03	1,19	1,36	1,53	1,69	1,86	2,03	2,19	2,36	2,53	2,69	2,86	3,03	3,19	3,36	3,53		
1,30	0,24	0,41	0,58	0,74	0,91	1,08	1,24	1,41	1,58	1,74	1,91	2,08	2,24	2,41	2,58	2,74	2,91	3,08	3,24	3,41	3,58		
1,35	0,29	0,46	0,63	0,79	0,96	1,13	1,29	1,46	1,63	1,79	1,96	2,13	2,29	2,46	2,63	2,79	2,96	3,13	3,29	3,46	3,63		
1,40	0,34	0,51	0,68	0,84	1,01	1,18	1,34	1,51	1,68	1,84	2,01	2,18	2,34	2,51	2,68	2,84	3,01	3,18	3,34	3,51	3,68		
1,45	0,39	0,56	0,73	0,89	1,06	1,23	1,39	1,56	1,73	1,89	2,06	2,23	2,39	2,56	2,73	2,89	3,06	3,23	3,39	3,56	3,73		
1,50	0,44	0,61	0,78	0,94	1,11	1,28	1,44	1,61	1,78	1,94	2,11	2,28	2,44	2,61	2,78	2,94	3,11	3,28	3,44	3,61	3,78		
1,55	0,49	0,66	0,83	0,99	1,16	1,33	1,49	1,66	1,83	1,99	2,16	2,33	2,49	2,66	2,83	2,99	3,16	3,33	3,49	3,66	3,83		
1,60	0,54	0,71	0,88	1,04	1,21	1,38	1,54	1,71	1,88	2,04	2,21	2,38	2,54	2,71	2,88	3,04	3,21	3,38	3,54	3,71	3,88		
1,65	0,59	0,76	0,93	1,09	1,26	1,43	1,59	1,76	1,93	2,09	2,26	2,43	2,59	2,76	2,93	3,09	3,26	3,43	3,59	3,76	3,93		
1,70	0,64	0,81	0,98	1,14	1,31	1,48	1,64	1,81	1,98	2,14	2,31	2,48	2,64	2,81	2,98	3,14	3,31	3,48	3,64	3,81	3,98		
1,75	0,69	0,86	1,03	1,19	1,36	1,53	1,69	1,86	2,03	2,19	2,36	2,53	2,69	2,86	3,03	3,19	3,36	3,53	3,69	3,86	4,03		
1,80	0,74	0,91	1,08	1,24	1,41	1,58	1,74	1,91	2,08	2,24	2,41	2,58	2,74	2,91	3,08	3,24	3,41	3,58	3,74	3,91	4,08		
1,85	0,79	0,96	1,13	1,29	1,46	1,63	1,79	1,96	2,13	2,29	2,46	2,63	2,79	2,96	3,13	3,29	3,46	3,63	3,79	3,96	4,13		
1,90	0,84	1,01	1,18	1,34	1,51	1,68	1,84	2,01	2,18	2,34	2,51	2,68	2,84	3,01	3,18	3,34	3,51	3,68	3,84	4,01	4,18		
1,95	0,89	1,06	1,23	1,39	1,56	1,73	1,89	2,06	2,23	2,39	2,56	2,73	2,89	3,06	3,23	3,39	3,56	3,73	3,89	4,06	4,23		
2,00	0,94	1,11	1,28	1,44	1,61	1,78	1,94	2,11	2,28	2,44	2,61	2,78	2,94	3,11	3,28	3,44	3,61	3,78	3,94	4,11	4,28		

$$v = \frac{N_{sd}}{b_w \cdot h \cdot (0,83 \cdot f_{cd})}$$

$$\mu = \frac{M_{sd}}{b_w \cdot h^2 \cdot (0,83 \cdot f_{cd})}$$



$$A_{s(2)} = \omega_s \cdot A_c \cdot \frac{(0,83 \cdot f_{cd})}{f_{yd}}$$



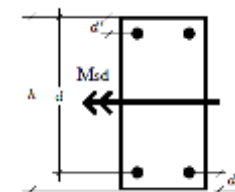
$$A_{s(3)} = \frac{3}{2} \cdot \omega_s \cdot A_c \cdot \frac{(0,83 \cdot f_{cd})}{f_{yd}}$$

Quadro 6.13: Taxa de armadura para a Flexo – Compressão, $C = 60$ e para 2 e 3 camadas de aço e $\delta = 0,05$

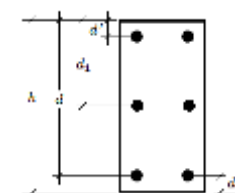
$\delta = 0,05$		μ																				
		ω_s	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95
v	0,00	0,00	0,12	0,23	0,34	0,45	0,56	0,67	0,78	0,89	1,00	1,12	1,23	1,34	1,45	1,56	1,67	1,78	1,89	2,00	2,12	2,23
	0,05	0,00	0,07	0,18	0,29	0,40	0,51	0,62	0,73	0,84	0,95	1,07	1,18	1,29	1,40	1,51	1,62	1,73	1,84	1,95	2,07	2,18
	0,10	0,00	0,02	0,13	0,24	0,35	0,46	0,57	0,68	0,79	0,90	1,02	1,13	1,24	1,35	1,46	1,57	1,68	1,79	1,90	2,02	2,13
	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,17	0,29	0,40	0,51	0,62	0,73	0,84	0,95	1,06	1,17	1,29	1,40	1,51	1,62	1,73
	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,22	0,34	0,45	0,56	0,67	0,78	0,89	1,00	1,11	1,22	1,34	1,45	1,56	1,67	1,78
	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,16	0,27	0,39	0,50	0,61	0,72	0,83	0,94	1,05	1,16	1,27	1,39	1,50	1,61	1,72	1,83
	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,21	0,32	0,44	0,55	0,66	0,77	0,88	0,99	1,10	1,21	1,32	1,44	1,55	1,66	1,77	1,88
	0,35	0,00	0,00	0,00	0,04	0,15	0,26	0,37	0,49	0,60	0,71	0,82	0,93	1,04	1,15	1,26	1,37	1,49	1,60	1,71	1,82	1,93
	0,40	0,00	0,00	0,00	0,09	0,20	0,31	0,42	0,54	0,65	0,76	0,87	0,98	1,09	1,20	1,31	1,42	1,54	1,65	1,76	1,87	1,98
	0,45	0,00	0,00	0,03	0,14	0,25	0,36	0,47	0,59	0,70	0,81	0,92	1,03	1,14	1,25	1,36	1,47	1,59	1,70	1,81	1,92	2,03
	0,50	0,00	0,00	0,08	0,19	0,30	0,41	0,52	0,64	0,75	0,86	0,97	1,08	1,19	1,30	1,41	1,52	1,64	1,75	1,86	1,97	2,08
	0,55	0,00	0,02	0,13	0,24	0,35	0,46	0,57	0,69	0,80	0,91	1,02	1,13	1,24	1,35	1,46	1,57	1,69	1,80	1,91	2,02	2,13
	0,60	0,00	0,07	0,18	0,29	0,40	0,51	0,62	0,74	0,85	0,96	1,07	1,18	1,29	1,40	1,51	1,62	1,74	1,85	1,96	2,07	2,18
	0,65	0,01	0,12	0,23	0,34	0,45	0,56	0,67	0,79	0,90	1,01	1,12	1,23	1,34	1,45	1,56	1,67	1,79	1,90	2,01	2,12	2,23
	0,70	0,06	0,17	0,28	0,39	0,50	0,61	0,72	0,84	0,95	1,06	1,17	1,28	1,39	1,50	1,61	1,72	1,84	1,95	2,06	2,17	2,28
	0,75	0,11	0,22	0,33	0,44	0,55	0,66	0,77	0,89	1,00	1,11	1,22	1,33	1,44	1,55	1,66	1,77	1,89	2,00	2,11	2,22	2,33
	0,80	0,16	0,27	0,38	0,49	0,60	0,71	0,82	0,94	1,05	1,16	1,27	1,38	1,49	1,60	1,71	1,82	1,94	2,05	2,16	2,27	2,38
	0,85	0,21	0,32	0,43	0,54	0,65	0,76	0,87	0,99	1,10	1,21	1,32	1,43	1,54	1,65	1,76	1,87	1,99	2,10	2,21	2,32	2,43
	0,90	0,26	0,37	0,48	0,59	0,70	0,81	0,92	1,04	1,15	1,26	1,37	1,48	1,59	1,70	1,81	1,92	2,04	2,15	2,26	2,37	2,48
	0,95	0,31	0,42	0,53	0,64	0,75	0,86	0,97	1,09	1,20	1,31	1,42	1,53	1,64	1,75	1,86	1,97	2,09	2,20	2,31	2,42	2,53
	1,00	0,36	0,47	0,58	0,69	0,80	0,91	1,02	1,14	1,25	1,36	1,47	1,58	1,69	1,80	1,91	2,02	2,14	2,25	2,36	2,47	2,58
	1,05	0,41	0,52	0,63	0,74	0,85	0,96	1,07	1,19	1,30	1,41	1,52	1,63	1,74	1,85	1,96	2,07	2,19	2,30	2,41	2,52	2,63
	1,10	0,46	0,57	0,68	0,79	0,90	1,01	1,12	1,24	1,35	1,46	1,57	1,68	1,79	1,90	2,01	2,12	2,24	2,35	2,46	2,57	2,68
	1,15	0,51	0,62	0,73	0,84	0,95	1,06	1,17	1,29	1,40	1,51	1,62	1,73	1,84	1,95	2,06	2,17	2,29	2,40	2,51	2,62	2,73
1,20	0,56	0,67	0,78	0,89	1,00	1,11	1,22	1,34	1,45	1,56	1,67	1,78	1,89	2,00	2,11	2,22	2,34	2,45	2,56	2,67	2,78	
1,25	0,61	0,72	0,83	0,94	1,05	1,16	1,27	1,39	1,50	1,61	1,72	1,83	1,94	2,05	2,16	2,27	2,39	2,50	2,61	2,72	2,83	
1,30	0,66	0,77	0,88	0,99	1,10	1,21	1,32	1,44	1,55	1,66	1,77	1,88	1,99	2,10	2,21	2,32	2,44	2,55	2,66	2,77	2,88	
1,35	0,71	0,82	0,93	1,04	1,15	1,26	1,37	1,49	1,60	1,71	1,82	1,93	2,04	2,15	2,26	2,37	2,49	2,60	2,71	2,82	2,93	
1,40	0,76	0,87	0,98	1,09	1,20	1,31	1,42	1,54	1,65	1,76	1,87	1,98	2,09	2,20	2,31	2,42	2,54	2,65	2,76	2,87	2,98	
1,45	0,81	0,92	1,03	1,14	1,25	1,36	1,47	1,59	1,70	1,81	1,92	2,03	2,14	2,25	2,36	2,47	2,59	2,70	2,81	2,92	3,03	
1,50	0,86	0,97	1,08	1,19	1,30	1,41	1,52	1,64	1,75	1,86	1,97	2,08	2,19	2,30	2,41	2,52	2,64	2,75	2,86	2,97	3,08	
1,55	0,91	1,02	1,13	1,24	1,35	1,46	1,57	1,69	1,80	1,91	2,02	2,13	2,24	2,35	2,46	2,57	2,69	2,80	2,91	3,02	3,13	
1,60	0,96	1,07	1,18	1,29	1,40	1,51	1,62	1,74	1,85	1,96	2,07	2,18	2,29	2,40	2,51	2,62	2,74	2,85	2,96	3,07	3,18	
1,65	1,01	1,12	1,23	1,34	1,45	1,56	1,67	1,79	1,90	2,01	2,12	2,23	2,34	2,45	2,56	2,67	2,79	2,90	3,01	3,12	3,23	
1,70	1,06	1,17	1,28	1,39	1,50	1,61	1,72	1,84	1,95	2,06	2,17	2,28	2,39	2,50	2,61	2,72	2,84	2,95	3,06	3,17	3,28	
1,75	1,11	1,22	1,33	1,44	1,55	1,66	1,77	1,89	2,00	2,11	2,22	2,33	2,44	2,55	2,66	2,77	2,89	3,00	3,11	3,22	3,33	
1,80	1,16	1,27	1,38	1,49	1,60	1,71	1,82	1,94	2,05	2,16	2,27	2,38	2,49	2,60	2,71	2,82	2,94	3,05	3,16	3,27	3,38	
1,85	1,21	1,32	1,43	1,54	1,65	1,76	1,87	1,99	2,10	2,21	2,32	2,43	2,54	2,65	2,76	2,87	2,99	3,10	3,21	3,32	3,43	
1,90	1,26	1,37	1,48	1,59	1,70	1,81	1,92	2,04	2,15	2,26	2,37	2,48	2,59	2,70	2,81	2,92	3,04	3,15	3,26	3,37	3,48	
1,95	1,31	1,42	1,53	1,64	1,75	1,86	1,97	2,09	2,20	2,31	2,42	2,53	2,64	2,75	2,86	2,97	3,09	3,20	3,31	3,42	3,53	
2,00	1,36	1,47	1,58	1,69	1,80	1,91	2,02	2,14	2,25	2,36	2,47	2,58	2,69	2,80	2,91	3,02	3,14	3,25	3,36	3,47	3,58	

$$v = \frac{N_{sd}}{b_w \cdot h \cdot (0,81 \cdot f_{cd})}$$

$$\mu = \frac{M_{sd}}{b_w \cdot h^2 \cdot (0,81 \cdot f_{cd})}$$



$$A_{s(2)} = \omega_s \cdot A_c \cdot \frac{(0,81 \cdot f_{cd})}{f_{yd}}$$



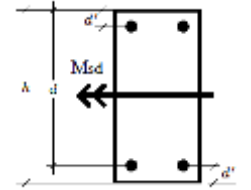
$$A_{s(3)} = \frac{3}{2} \cdot \omega_s \cdot A_c \cdot \frac{(0,81 \cdot f_{cd})}{f_{yd}}$$

Quadro 6.14: Taxa de armadura para a Flexo – Compressão, $C = 60$ e para 2 e 3 camadas de aço e $\delta = 0,10$

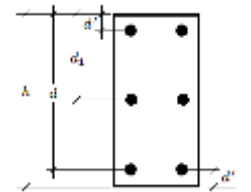
$\delta = 0,10$		μ																					
		ω_s	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
v	0,00	0,00	0,12	0,24	0,37	0,49	0,62	0,74	0,87	0,99	1,12	1,24	1,37	1,49	1,62	1,74	1,87	1,99	2,12	2,24	2,37	2,49	
	0,05	0,00	0,07	0,19	0,32	0,44	0,57	0,69	0,82	0,94	1,07	1,19	1,32	1,44	1,57	1,69	1,82	1,94	2,07	2,19	2,32	2,44	
	0,10	0,00	0,02	0,14	0,27	0,39	0,52	0,64	0,77	0,89	1,02	1,14	1,27	1,39	1,52	1,64	1,77	1,89	2,02	2,14	2,27	2,39	
	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,16	0,29	0,41	0,54	0,66	0,79	0,91	1,04	1,16	1,29	1,41	1,54	1,66	1,79	1,91	
	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,21	0,34	0,46	0,59	0,71	0,84	0,96	1,09	1,21	1,34	1,46	1,59	1,71	1,84	1,96	
	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,14	0,26	0,39	0,51	0,64	0,76	0,89	1,01	1,14	1,26	1,39	1,51	1,64	1,76	1,89	2,01	
	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,19	0,31	0,44	0,56	0,69	0,81	0,94	1,06	1,19	1,31	1,44	1,56	1,69	1,81	1,94	2,06	
	0,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,24	0,36	0,49	0,61	0,74	0,86	0,99	1,11	1,24	1,36	1,49	1,61	1,74	1,86	1,99	2,11	
	0,40	0,00	0,00	0,00	0,04	0,16	0,29	0,41	0,54	0,66	0,79	0,91	1,04	1,16	1,29	1,41	1,54	1,66	1,79	1,91	2,04	2,16	
	0,45	0,00	0,00	0,00	0,09	0,21	0,34	0,46	0,59	0,71	0,84	0,96	1,09	1,21	1,34	1,46	1,59	1,71	1,84	1,96	2,09	2,21	
	0,50	0,00	0,00	0,01	0,14	0,26	0,39	0,51	0,64	0,76	0,89	1,01	1,14	1,26	1,39	1,51	1,64	1,76	1,89	2,01	2,14	2,26	
	0,55	0,00	0,00	0,06	0,19	0,31	0,44	0,56	0,69	0,81	0,94	1,06	1,19	1,31	1,44	1,56	1,69	1,81	1,94	2,06	2,19	2,31	
	0,60	0,00	0,00	0,11	0,24	0,36	0,49	0,61	0,74	0,86	0,99	1,11	1,24	1,36	1,49	1,61	1,74	1,86	1,99	2,11	2,24	2,36	
	0,65	0,00	0,04	0,16	0,29	0,41	0,54	0,66	0,79	0,91	1,04	1,16	1,29	1,41	1,54	1,66	1,79	1,91	2,04	2,16	2,29	2,41	
	0,70	0,00	0,09	0,21	0,34	0,46	0,59	0,71	0,84	0,96	1,09	1,21	1,34	1,46	1,59	1,71	1,84	1,96	2,09	2,21	2,34	2,46	
	0,75	0,01	0,14	0,26	0,39	0,51	0,64	0,76	0,89	1,01	1,14	1,26	1,39	1,51	1,64	1,76	1,89	2,01	2,14	2,26	2,39	2,51	
	0,80	0,06	0,19	0,31	0,44	0,56	0,69	0,81	0,94	1,06	1,19	1,31	1,44	1,56	1,69	1,81	1,94	2,06	2,19	2,31	2,44	2,56	
	0,85	0,11	0,24	0,36	0,49	0,61	0,74	0,86	0,99	1,11	1,24	1,36	1,49	1,61	1,74	1,86	1,99	2,11	2,24	2,36	2,49	2,61	
	0,90	0,16	0,29	0,41	0,54	0,66	0,79	0,91	1,04	1,16	1,29	1,41	1,54	1,66	1,79	1,91	2,04	2,16	2,29	2,41	2,54	2,66	
	0,95	0,21	0,34	0,46	0,59	0,71	0,84	0,96	1,09	1,21	1,34	1,46	1,59	1,71	1,84	1,96	2,09	2,21	2,34	2,46	2,59	2,71	
	1,00	0,26	0,39	0,51	0,64	0,76	0,89	1,01	1,14	1,26	1,39	1,51	1,64	1,76	1,89	2,01	2,14	2,26	2,39	2,51	2,64	2,76	
	1,05	0,31	0,44	0,56	0,69	0,81	0,94	1,06	1,19	1,31	1,44	1,56	1,69	1,81	1,94	2,06	2,19	2,31	2,44	2,56	2,69	2,81	
	1,10	0,36	0,49	0,61	0,74	0,86	0,99	1,11	1,24	1,36	1,49	1,61	1,74	1,86	1,99	2,11	2,24	2,36	2,49	2,61	2,74	2,86	
	1,15	0,41	0,54	0,66	0,79	0,91	1,04	1,16	1,29	1,41	1,54	1,66	1,79	1,91	2,04	2,16	2,29	2,41	2,54	2,66	2,79	2,91	
	1,20	0,46	0,59	0,71	0,84	0,96	1,09	1,21	1,34	1,46	1,59	1,71	1,84	1,96	2,09	2,21	2,34	2,46	2,59	2,71	2,84	2,96	
	1,25	0,51	0,64	0,76	0,89	1,01	1,14	1,26	1,39	1,51	1,64	1,76	1,89	2,01	2,14	2,26	2,39	2,51	2,64	2,76	2,89	3,01	
	1,30	0,56	0,69	0,81	0,94	1,06	1,19	1,31	1,44	1,56	1,69	1,81	1,94	2,06	2,19	2,31	2,44	2,56	2,69	2,81	2,94	3,06	
	1,35	0,61	0,74	0,86	0,99	1,11	1,24	1,36	1,49	1,61	1,74	1,86	1,99	2,11	2,24	2,36	2,49	2,61	2,74	2,86	2,99	3,11	
1,40	0,66	0,79	0,91	1,04	1,16	1,29	1,41	1,54	1,66	1,79	1,91	2,04	2,16	2,29	2,41	2,54	2,66	2,79	2,91	3,04	3,16		
1,45	0,71	0,84	0,96	1,09	1,21	1,34	1,46	1,59	1,71	1,84	1,96	2,09	2,21	2,34	2,46	2,59	2,71	2,84	2,96	3,09	3,21		
1,50	0,76	0,89	1,01	1,14	1,26	1,39	1,51	1,64	1,76	1,89	2,01	2,14	2,26	2,39	2,51	2,64	2,76	2,89	3,01	3,14	3,26		
1,55	0,81	0,94	1,06	1,19	1,31	1,44	1,56	1,69	1,81	1,94	2,06	2,19	2,31	2,44	2,56	2,69	2,81	2,94	3,06	3,19	3,31		
1,60	0,86	0,99	1,11	1,24	1,36	1,49	1,61	1,74	1,86	1,99	2,11	2,24	2,36	2,49	2,61	2,74	2,86	2,99	3,11	3,24	3,36		
1,65	0,91	1,04	1,16	1,29	1,41	1,54	1,66	1,79	1,91	2,04	2,16	2,29	2,41	2,54	2,66	2,79	2,91	3,04	3,16	3,29	3,41		
1,70	0,96	1,09	1,21	1,34	1,46	1,59	1,71	1,84	1,96	2,09	2,21	2,34	2,46	2,59	2,71	2,84	2,96	3,09	3,21	3,34	3,46		
1,75	1,01	1,14	1,26	1,39	1,51	1,64	1,76	1,89	2,01	2,14	2,26	2,39	2,51	2,64	2,76	2,89	3,01	3,14	3,26	3,39	3,51		
1,80	1,06	1,19	1,31	1,44	1,56	1,69	1,81	1,94	2,06	2,19	2,31	2,44	2,56	2,69	2,81	2,94	3,06	3,19	3,31	3,44	3,56		
1,85	1,11	1,24	1,36	1,49	1,61	1,74	1,86	1,99	2,11	2,24	2,36	2,49	2,61	2,74	2,86	2,99	3,11	3,24	3,36	3,49	3,61		
1,90	1,16	1,29	1,41	1,54	1,66	1,79	1,91	2,04	2,16	2,29	2,41	2,54	2,66	2,79	2,91	3,04	3,16	3,29	3,41	3,54	3,66		
1,95	1,21	1,34	1,46	1,59	1,71	1,84	1,96	2,09	2,21	2,34	2,46	2,59	2,71	2,84	2,96	3,09	3,21	3,34	3,46	3,59	3,71		
2,00	1,26	1,39	1,51	1,64	1,76	1,89	2,01	2,14	2,26	2,39	2,51	2,64	2,76	2,89	3,01	3,14	3,26	3,39	3,51	3,64	3,76		

$$v = \frac{N_{sd}}{b_w \cdot h \cdot (0,81 \cdot f_{cd})}$$

$$\mu = \frac{M_{sd}}{b_w \cdot h^2 \cdot (0,81 \cdot f_{cd})}$$



$$A_{s(2)} = \omega_s \cdot A_c \cdot \frac{(0,81 \cdot f_{cd})}{f_{yd}}$$



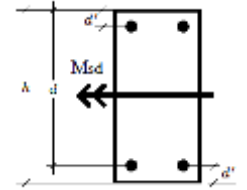
$$A_{s(3)} = \frac{3}{2} \cdot \omega_s \cdot A_c \cdot \frac{(0,81 \cdot f_{cd})}{f_{yd}}$$

Quadro 6.15: Taxa de armadura para a Flexo – Compressão, $C = 60$ e para 2 e 3 camadas de aço e $\delta = 0,15$

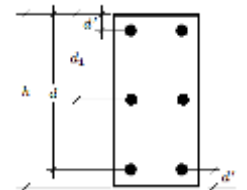
$\delta = 0,15$		μ																					
		ω_s	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
v	0,00	0,00	0,12	0,26	0,40	0,55	0,69	0,83	0,97	1,12	1,26	1,40	1,55	1,69	1,83	1,97	2,12	2,26	2,40	2,55	2,69	2,83	
	0,05	0,00	0,07	0,21	0,35	0,50	0,64	0,78	0,92	1,07	1,21	1,35	1,50	1,64	1,78	1,92	2,07	2,21	2,35	2,50	2,64	2,78	
	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,25	0,40	0,54	0,68	0,82	0,97	1,11	1,25	1,40	1,54	1,68	1,82	1,97	2,11	
	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,16	0,30	0,45	0,59	0,73	0,87	1,02	1,16	1,30	1,45	1,59	1,73	1,87	2,02	2,16
	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,21	0,35	0,50	0,64	0,78	0,92	1,07	1,21	1,35	1,50	1,64	1,78	1,92	2,07	2,21
	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,26	0,40	0,55	0,69	0,83	0,97	1,12	1,26	1,40	1,55	1,69	1,83	1,97	2,12	2,26
	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,17	0,31	0,45	0,60	0,74	0,88	1,02	1,17	1,31	1,45	1,60	1,74	1,88	2,02	2,17	2,31
	0,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,22	0,36	0,50	0,65	0,79	0,93	1,07	1,22	1,36	1,50	1,65	1,79	1,93	2,07	2,22	2,36
	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,27	0,41	0,55	0,70	0,84	0,98	1,12	1,27	1,41	1,55	1,70	1,84	1,98	2,12	2,27	2,41
	0,45	0,00	0,00	0,00	0,03	0,17	0,32	0,46	0,60	0,75	0,89	1,03	1,17	1,32	1,46	1,60	1,75	1,89	2,03	2,17	2,32	2,46	
	0,50	0,00	0,00	0,00	0,08	0,22	0,37	0,51	0,65	0,80	0,94	1,08	1,22	1,37	1,51	1,65	1,80	1,94	2,08	2,22	2,37	2,51	
	0,55	0,00	0,00	0,00	0,13	0,27	0,42	0,56	0,70	0,85	0,99	1,13	1,27	1,42	1,56	1,70	1,85	1,99	2,13	2,27	2,42	2,56	
	0,60	0,00	0,00	0,04	0,18	0,32	0,47	0,61	0,75	0,90	1,04	1,18	1,32	1,47	1,61	1,75	1,90	2,04	2,18	2,32	2,47	2,61	
	0,65	0,00	0,00	0,09	0,23	0,37	0,52	0,66	0,80	0,95	1,09	1,23	1,37	1,52	1,66	1,80	1,95	2,09	2,23	2,37	2,52	2,66	
	0,70	0,00	0,00	0,14	0,28	0,42	0,57	0,71	0,85	1,00	1,14	1,28	1,42	1,57	1,71	1,85	2,00	2,14	2,28	2,42	2,57	2,71	
	0,75	0,00	0,05	0,19	0,33	0,47	0,62	0,76	0,90	1,05	1,19	1,33	1,47	1,62	1,76	1,90	2,05	2,19	2,33	2,47	2,62	2,76	
	0,80	0,00	0,10	0,24	0,38	0,52	0,67	0,81	0,95	1,10	1,24	1,38	1,52	1,67	1,81	1,95	2,10	2,24	2,38	2,52	2,67	2,81	
	0,85	0,00	0,15	0,29	0,43	0,57	0,72	0,86	1,00	1,15	1,29	1,43	1,57	1,72	1,86	2,00	2,15	2,29	2,43	2,57	2,72	2,86	
	0,90	0,05	0,20	0,34	0,48	0,62	0,77	0,91	1,05	1,20	1,34	1,48	1,62	1,77	1,91	2,05	2,20	2,34	2,48	2,62	2,77	2,91	
	0,95	0,10	0,25	0,39	0,53	0,67	0,82	0,96	1,10	1,25	1,39	1,53	1,67	1,82	1,96	2,10	2,25	2,39	2,53	2,67	2,82	2,96	
	1,00	0,15	0,30	0,44	0,58	0,72	0,87	1,01	1,15	1,30	1,44	1,58	1,72	1,87	2,01	2,15	2,30	2,44	2,58	2,72	2,87	3,01	
1,05	0,20	0,35	0,49	0,63	0,77	0,92	1,06	1,20	1,35	1,49	1,63	1,77	1,92	2,06	2,20	2,35	2,49	2,63	2,77	2,92	3,06		
1,10	0,25	0,40	0,54	0,68	0,82	0,97	1,11	1,25	1,40	1,54	1,68	1,82	1,97	2,11	2,25	2,40	2,54	2,68	2,82	2,97	3,11		
1,15	0,30	0,45	0,59	0,73	0,87	1,02	1,16	1,30	1,45	1,59	1,73	1,87	2,02	2,16	2,30	2,45	2,59	2,73	2,87	3,02	3,16		
1,20	0,35	0,50	0,64	0,78	0,92	1,07	1,21	1,35	1,50	1,64	1,78	1,92	2,07	2,21	2,35	2,50	2,64	2,78	2,92	3,07	3,21		
1,25	0,40	0,55	0,69	0,83	0,97	1,12	1,26	1,40	1,55	1,69	1,83	1,97	2,12	2,26	2,40	2,55	2,69	2,83	2,97	3,12	3,26		
1,30	0,45	0,60	0,74	0,88	1,02	1,17	1,31	1,45	1,60	1,74	1,88	2,02	2,17	2,31	2,45	2,60	2,74	2,88	3,02	3,17	3,31		
1,35	0,50	0,65	0,79	0,93	1,07	1,22	1,36	1,50	1,65	1,79	1,93	2,07	2,22	2,36	2,50	2,65	2,79	2,93	3,07	3,22	3,36		
1,40	0,55	0,70	0,84	0,98	1,12	1,27	1,41	1,55	1,70	1,84	1,98	2,12	2,27	2,41	2,55	2,70	2,84	2,98	3,12	3,27	3,41		
1,45	0,60	0,75	0,89	1,03	1,17	1,32	1,46	1,60	1,75	1,89	2,03	2,17	2,32	2,46	2,60	2,75	2,89	3,03	3,17	3,32	3,46		
1,50	0,65	0,80	0,94	1,08	1,22	1,37	1,51	1,65	1,80	1,94	2,08	2,22	2,37	2,51	2,65	2,80	2,94	3,08	3,22	3,37	3,51		
1,55	0,70	0,85	0,99	1,13	1,27	1,42	1,56	1,70	1,85	1,99	2,13	2,27	2,42	2,56	2,70	2,85	2,99	3,13	3,27	3,42	3,56		
1,60	0,75	0,90	1,04	1,18	1,32	1,47	1,61	1,75	1,90	2,04	2,18	2,32	2,47	2,61	2,75	2,90	3,04	3,18	3,32	3,47	3,61		
1,65	0,80	0,95	1,09	1,23	1,37	1,52	1,66	1,80	1,95	2,09	2,23	2,37	2,52	2,66	2,80	2,95	3,09	3,23	3,37	3,52	3,66		
1,70	0,85	1,00	1,14	1,28	1,42	1,57	1,71	1,85	2,00	2,14	2,28	2,42	2,57	2,71	2,85	3,00	3,14	3,28	3,42	3,57	3,71		
1,75	0,90	1,05	1,19	1,33	1,47	1,62	1,76	1,90	2,05	2,19	2,33	2,47	2,62	2,76	2,90	3,05	3,19	3,33	3,47	3,62	3,76		
1,80	0,95	1,10	1,24	1,38	1,52	1,67	1,81	1,95	2,10	2,24	2,38	2,52	2,67	2,81	2,95	3,10	3,24	3,38	3,52	3,67	3,81		
1,85	1,00	1,15	1,29	1,43	1,57	1,72	1,86	2,00	2,15	2,29	2,43	2,57	2,72	2,86	3,00	3,15	3,29	3,43	3,57	3,72	3,86		
1,90	1,05	1,20	1,34	1,48	1,62	1,77	1,91	2,05	2,20	2,34	2,48	2,62	2,77	2,91	3,05	3,20	3,34	3,48	3,62	3,77	3,91		
1,95	1,10	1,25	1,39	1,53	1,67	1,82	1,96	2,10	2,25	2,39	2,53	2,67	2,82	2,96	3,10	3,25	3,39	3,53	3,67	3,82	3,96		
2,00	1,15	1,30	1,44	1,58	1,72	1,87	2,01	2,15	2,30	2,44	2,58	2,72	2,87	3,01	3,15	3,30	3,44	3,58	3,72	3,87	4,01		

$$v = \frac{N_{sd}}{b_w \cdot h \cdot (0,81 \cdot f_{cd})}$$

$$\mu = \frac{M_{sd}}{b_w \cdot h^2 \cdot (0,81 \cdot f_{cd})}$$



$$A_{s(2)} = \omega_s \cdot A_c \cdot \frac{(0,81 \cdot f_{cd})}{f_{yd}}$$



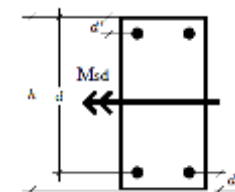
$$A_{s(3)} = \frac{3}{2} \cdot \omega_s \cdot A_c \cdot \frac{(0,81 \cdot f_{cd})}{f_{yd}}$$

Quadro 6.16: Taxa de armadura para a Flexo – Compressão, $C = 60$ e para 2 e 3 camadas de aço e $\delta = 0,20$

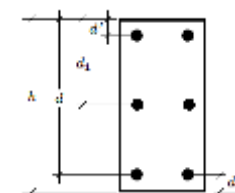
$\delta = 0,20$		μ																				
ω_s		0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
v	0,00	0,00	0,12	0,29	0,46	0,62	0,79	0,96	1,12	1,29	1,46	1,62	1,79	1,96	2,12	2,29	2,46	2,62	2,79	2,96	3,12	3,29
	0,05	0,00	0,07	0,24	0,41	0,57	0,74	0,91	1,07	1,24	1,41	1,57	1,74	1,91	2,07	2,24	2,41	2,57	2,74	2,91	3,07	3,24
	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,28	0,44	0,61	0,78	0,94	1,11	1,28	1,44	1,61	1,78	1,94	2,11	2,28	2,44
	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	0,33	0,49	0,66	0,83	0,99	1,16	1,33	1,49	1,66	1,83	1,99	2,16	2,33	2,49
	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,21	0,38	0,54	0,71	0,88	1,04	1,21	1,38	1,54	1,71	1,88	2,04	2,21	2,38	2,54
	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,26	0,43	0,59	0,76	0,93	1,09	1,26	1,43	1,59	1,76	1,93	2,09	2,26	2,43	2,59
	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,31	0,48	0,64	0,81	0,98	1,14	1,31	1,48	1,64	1,81	1,98	2,14	2,31	2,48	2,64
	0,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,19	0,36	0,53	0,69	0,86	1,03	1,19	1,36	1,53	1,69	1,86	2,03	2,19	2,36	2,53	2,69
	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,24	0,41	0,58	0,74	0,91	1,08	1,24	1,41	1,58	1,74	1,91	2,08	2,24	2,41	2,58	2,74
	0,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,29	0,46	0,63	0,79	0,96	1,13	1,29	1,46	1,63	1,79	1,96	2,13	2,29	2,46	2,63	2,79
	0,50	0,00	0,00	0,00	0,01	0,18	0,34	0,51	0,68	0,84	1,01	1,18	1,34	1,51	1,68	1,84	2,01	2,18	2,34	2,51	2,68	2,84
	0,55	0,00	0,00	0,00	0,06	0,23	0,39	0,56	0,73	0,89	1,06	1,23	1,39	1,56	1,73	1,89	2,06	2,23	2,39	2,56	2,73	2,89
	0,60	0,00	0,00	0,00	0,11	0,28	0,44	0,61	0,78	0,94	1,11	1,28	1,44	1,61	1,78	1,94	2,11	2,28	2,44	2,61	2,78	2,94
	0,65	0,00	0,00	0,00	0,16	0,33	0,49	0,66	0,83	0,99	1,16	1,33	1,49	1,66	1,83	1,99	2,16	2,33	2,49	2,66	2,83	2,99
	0,70	0,00	0,00	0,04	0,21	0,38	0,54	0,71	0,88	1,04	1,21	1,38	1,54	1,71	1,88	2,04	2,21	2,38	2,54	2,71	2,88	3,04
	0,75	0,00	0,00	0,09	0,26	0,43	0,59	0,76	0,93	1,09	1,26	1,43	1,59	1,76	1,93	2,09	2,26	2,43	2,59	2,76	2,93	3,09
	0,80	0,00	0,00	0,14	0,31	0,48	0,64	0,81	0,98	1,14	1,31	1,48	1,64	1,81	1,98	2,14	2,31	2,48	2,64	2,81	2,98	3,14
	0,85	0,00	0,03	0,19	0,36	0,53	0,69	0,86	1,03	1,19	1,36	1,53	1,69	1,86	2,03	2,19	2,36	2,53	2,69	2,86	3,03	3,19
	0,90	0,00	0,08	0,24	0,41	0,58	0,74	0,91	1,08	1,24	1,41	1,58	1,74	1,91	2,08	2,24	2,41	2,58	2,74	2,91	3,08	3,24
	0,95	0,00	0,13	0,29	0,46	0,63	0,79	0,96	1,13	1,29	1,46	1,63	1,79	1,96	2,13	2,29	2,46	2,63	2,79	2,96	3,13	3,29
	1,00	0,01	0,18	0,34	0,51	0,68	0,84	1,01	1,18	1,34	1,51	1,68	1,84	2,01	2,18	2,34	2,51	2,68	2,84	3,01	3,18	3,34
	1,05	0,06	0,23	0,39	0,56	0,73	0,89	1,06	1,23	1,39	1,56	1,73	1,89	2,06	2,23	2,39	2,56	2,73	2,89	3,06	3,23	3,39
	1,10	0,11	0,28	0,44	0,61	0,78	0,94	1,11	1,28	1,44	1,61	1,78	1,94	2,11	2,28	2,44	2,61	2,78	2,94	3,11	3,28	3,44
	1,15	0,16	0,33	0,49	0,66	0,83	0,99	1,16	1,33	1,49	1,66	1,83	1,99	2,16	2,33	2,49	2,66	2,83	2,99	3,16	3,33	3,49
	1,20	0,21	0,38	0,54	0,71	0,88	1,04	1,21	1,38	1,54	1,71	1,88	2,04	2,21	2,38	2,54	2,71	2,88	3,04	3,21	3,38	3,54
	1,25	0,26	0,43	0,59	0,76	0,93	1,09	1,26	1,43	1,59	1,76	1,93	2,09	2,26	2,43	2,59	2,76	2,93	3,09	3,26	3,43	3,59
	1,30	0,31	0,48	0,64	0,81	0,98	1,14	1,31	1,48	1,64	1,81	1,98	2,14	2,31	2,48	2,64	2,81	2,98	3,14	3,31	3,48	3,64
	1,35	0,36	0,53	0,69	0,86	1,03	1,19	1,36	1,53	1,69	1,86	2,03	2,19	2,36	2,53	2,69	2,86	3,03	3,19	3,36	3,53	3,69
	1,40	0,41	0,58	0,74	0,91	1,08	1,24	1,41	1,58	1,74	1,91	2,08	2,24	2,41	2,58	2,74	2,91	3,08	3,24	3,41	3,58	3,74
	1,45	0,46	0,63	0,79	0,96	1,13	1,29	1,46	1,63	1,79	1,96	2,13	2,29	2,46	2,63	2,79	2,96	3,13	3,29	3,46	3,63	3,79
	1,50	0,51	0,68	0,84	1,01	1,18	1,34	1,51	1,68	1,84	2,01	2,18	2,34	2,51	2,68	2,84	3,01	3,18	3,34	3,51	3,68	3,84
	1,55	0,56	0,73	0,89	1,06	1,23	1,39	1,56	1,73	1,89	2,06	2,23	2,39	2,56	2,73	2,89	3,06	3,23	3,39	3,56	3,73	3,89
	1,60	0,61	0,78	0,94	1,11	1,28	1,44	1,61	1,78	1,94	2,11	2,28	2,44	2,61	2,78	2,94	3,11	3,28	3,44	3,61	3,78	3,94
	1,65	0,66	0,83	0,99	1,16	1,33	1,49	1,66	1,83	1,99	2,16	2,33	2,49	2,66	2,83	2,99	3,16	3,33	3,49	3,66	3,83	3,99
	1,70	0,71	0,88	1,04	1,21	1,38	1,54	1,71	1,88	2,04	2,21	2,38	2,54	2,71	2,88	3,04	3,21	3,38	3,54	3,71	3,88	4,04
	1,75	0,76	0,93	1,09	1,26	1,43	1,59	1,76	1,93	2,09	2,26	2,43	2,59	2,76	2,93	3,09	3,26	3,43	3,59	3,76	3,93	4,09
	1,80	0,81	0,98	1,14	1,31	1,48	1,64	1,81	1,98	2,14	2,31	2,48	2,64	2,81	2,98	3,14	3,31	3,48	3,64	3,81	3,98	4,14
	1,85	0,86	1,03	1,19	1,36	1,53	1,69	1,86	2,03	2,19	2,36	2,53	2,69	2,86	3,03	3,19	3,36	3,53	3,69	3,86	4,03	4,19
	1,90	0,91	1,08	1,24	1,41	1,58	1,74	1,91	2,08	2,24	2,41	2,58	2,74	2,91	3,08	3,24	3,41	3,58	3,74	3,91	4,08	4,24
	1,95	0,96	1,13	1,29	1,46	1,63	1,79	1,96	2,13	2,29	2,46	2,63	2,79	2,96	3,13	3,29	3,46	3,63	3,79	3,96	4,13	4,29
	2,00	1,01	1,18	1,34	1,51	1,68	1,84	2,01	2,18	2,34	2,51	2,68	2,84	3,01	3,18	3,34	3,51	3,68	3,84	4,01	4,18	4,34

$$v = \frac{N_{sd}}{b_w \cdot h \cdot (0,81 \cdot f_{cd})}$$

$$\mu = \frac{M_{sd}}{b_w \cdot h^2 \cdot (0,81 \cdot f_{cd})}$$



$$A_{s(2)} = \omega_s \cdot A_c \cdot \frac{(0,81 \cdot f_{cd})}{f_{yd}}$$



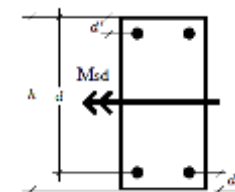
$$A_{s(3)} = \frac{3}{2} \cdot \omega_s \cdot A_c \cdot \frac{(0,81 \cdot f_{cd})}{f_{yd}}$$

Quadro 6.17: Taxa de armadura para a Flexo – Compressão, $C = 70$ e para 2 e 3 camadas de aço e $\delta = 0,05$

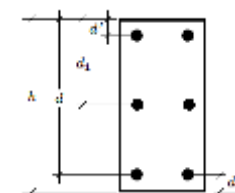
$\delta = 0,05$		μ																				
		ω_s	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95
v	0,00	0,00	0,12	0,23	0,34	0,45	0,56	0,67	0,78	0,89	1,00	1,12	1,23	1,34	1,45	1,56	1,67	1,78	1,89	2,00	2,12	2,23
	0,05	0,00	0,07	0,18	0,29	0,40	0,51	0,62	0,73	0,84	0,95	1,07	1,18	1,29	1,40	1,51	1,62	1,73	1,84	1,95	2,07	2,18
	0,10	0,00	0,02	0,13	0,24	0,35	0,46	0,57	0,68	0,79	0,90	1,02	1,13	1,24	1,35	1,46	1,57	1,68	1,79	1,90	2,02	2,13
	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,13	0,24	0,35	0,46	0,57	0,68	0,79	0,90	1,02	1,13	1,24	1,35	1,46	1,57	1,68	1,79
	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,18	0,29	0,40	0,51	0,62	0,73	0,84	0,95	1,07	1,18	1,29	1,40	1,51	1,62	1,73	1,84
	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,23	0,34	0,45	0,56	0,67	0,78	0,89	1,00	1,12	1,23	1,34	1,45	1,56	1,67	1,78	1,89
	0,30	0,00	0,00	0,00	0,05	0,17	0,28	0,39	0,50	0,61	0,72	0,83	0,94	1,05	1,17	1,28	1,39	1,50	1,61	1,72	1,83	1,94
	0,35	0,00	0,00	0,00	0,10	0,22	0,33	0,44	0,55	0,66	0,77	0,88	0,99	1,10	1,22	1,33	1,44	1,55	1,66	1,77	1,88	1,99
	0,40	0,00	0,00	0,04	0,15	0,27	0,38	0,49	0,60	0,71	0,82	0,93	1,04	1,15	1,27	1,38	1,49	1,60	1,71	1,82	1,93	2,04
	0,45	0,00	0,00	0,09	0,20	0,32	0,43	0,54	0,65	0,76	0,87	0,98	1,09	1,20	1,32	1,43	1,54	1,65	1,76	1,87	1,98	2,09
	0,50	0,00	0,03	0,14	0,25	0,37	0,48	0,59	0,70	0,81	0,92	1,03	1,14	1,25	1,37	1,48	1,59	1,70	1,81	1,92	2,03	2,14
	0,55	0,00	0,08	0,19	0,30	0,42	0,53	0,64	0,75	0,86	0,97	1,08	1,19	1,30	1,42	1,53	1,64	1,75	1,86	1,97	2,08	2,19
	0,60	0,02	0,13	0,24	0,35	0,47	0,58	0,69	0,80	0,91	1,02	1,13	1,24	1,35	1,47	1,58	1,69	1,80	1,91	2,02	2,13	2,24
	0,65	0,07	0,18	0,29	0,40	0,52	0,63	0,74	0,85	0,96	1,07	1,18	1,29	1,40	1,52	1,63	1,74	1,85	1,96	2,07	2,18	2,29
	0,70	0,12	0,23	0,34	0,45	0,57	0,68	0,79	0,90	1,01	1,12	1,23	1,34	1,45	1,57	1,68	1,79	1,90	2,01	2,12	2,23	2,34
	0,75	0,17	0,28	0,39	0,50	0,62	0,73	0,84	0,95	1,06	1,17	1,28	1,39	1,50	1,62	1,73	1,84	1,95	2,06	2,17	2,28	2,39
	0,80	0,22	0,33	0,44	0,55	0,67	0,78	0,89	1,00	1,11	1,22	1,33	1,44	1,55	1,67	1,78	1,89	2,00	2,11	2,22	2,33	2,44
	0,85	0,27	0,38	0,49	0,60	0,72	0,83	0,94	1,05	1,16	1,27	1,38	1,49	1,60	1,72	1,83	1,94	2,05	2,16	2,27	2,38	2,49
	0,90	0,32	0,43	0,54	0,65	0,77	0,88	0,99	1,10	1,21	1,32	1,43	1,54	1,65	1,77	1,88	1,99	2,10	2,21	2,32	2,43	2,54
	0,95	0,37	0,48	0,59	0,70	0,82	0,93	1,04	1,15	1,26	1,37	1,48	1,59	1,70	1,82	1,93	2,04	2,15	2,26	2,37	2,48	2,59
	1,00	0,42	0,53	0,64	0,75	0,87	0,98	1,09	1,20	1,31	1,42	1,53	1,64	1,75	1,87	1,98	2,09	2,20	2,31	2,42	2,53	2,64
1,05	0,47	0,58	0,69	0,80	0,92	1,03	1,14	1,25	1,36	1,47	1,58	1,69	1,80	1,92	2,03	2,14	2,25	2,36	2,47	2,58	2,69	
1,10	0,52	0,63	0,74	0,85	0,97	1,08	1,19	1,30	1,41	1,52	1,63	1,74	1,85	1,97	2,08	2,19	2,30	2,41	2,52	2,63	2,74	
1,15	0,57	0,68	0,79	0,90	1,02	1,13	1,24	1,35	1,46	1,57	1,68	1,79	1,90	2,02	2,13	2,24	2,35	2,46	2,57	2,68	2,79	
1,20	0,62	0,73	0,84	0,95	1,07	1,18	1,29	1,40	1,51	1,62	1,73	1,84	1,95	2,07	2,18	2,29	2,40	2,51	2,62	2,73	2,84	
1,25	0,67	0,78	0,89	1,00	1,12	1,23	1,34	1,45	1,56	1,67	1,78	1,89	2,00	2,12	2,23	2,34	2,45	2,56	2,67	2,78	2,89	
1,30	0,72	0,83	0,94	1,05	1,17	1,28	1,39	1,50	1,61	1,72	1,83	1,94	2,05	2,17	2,28	2,39	2,50	2,61	2,72	2,83	2,94	
1,35	0,77	0,88	0,99	1,10	1,22	1,33	1,44	1,55	1,66	1,77	1,88	1,99	2,10	2,22	2,33	2,44	2,55	2,66	2,77	2,88	2,99	
1,40	0,82	0,93	1,04	1,15	1,27	1,38	1,49	1,60	1,71	1,82	1,93	2,04	2,15	2,27	2,38	2,49	2,60	2,71	2,82	2,93	3,04	
1,45	0,87	0,98	1,09	1,20	1,32	1,43	1,54	1,65	1,76	1,87	1,98	2,09	2,20	2,32	2,43	2,54	2,65	2,76	2,87	2,98	3,09	
1,50	0,92	1,03	1,14	1,25	1,37	1,48	1,59	1,70	1,81	1,92	2,03	2,14	2,25	2,37	2,48	2,59	2,70	2,81	2,92	3,03	3,14	
1,55	0,97	1,08	1,19	1,30	1,42	1,53	1,64	1,75	1,86	1,97	2,08	2,19	2,30	2,42	2,53	2,64	2,75	2,86	2,97	3,08	3,19	
1,60	1,02	1,13	1,24	1,35	1,47	1,58	1,69	1,80	1,91	2,02	2,13	2,24	2,35	2,47	2,58	2,69	2,80	2,91	3,02	3,13	3,24	
1,65	1,07	1,18	1,29	1,40	1,52	1,63	1,74	1,85	1,96	2,07	2,18	2,29	2,40	2,52	2,63	2,74	2,85	2,96	3,07	3,18	3,29	
1,70	1,12	1,23	1,34	1,45	1,57	1,68	1,79	1,90	2,01	2,12	2,23	2,34	2,45	2,57	2,68	2,79	2,90	3,01	3,12	3,23	3,34	
1,75	1,17	1,28	1,39	1,50	1,62	1,73	1,84	1,95	2,06	2,17	2,28	2,39	2,50	2,62	2,73	2,84	2,95	3,06	3,17	3,28	3,39	
1,80	1,22	1,33	1,44	1,55	1,67	1,78	1,89	2,00	2,11	2,22	2,33	2,44	2,55	2,67	2,78	2,89	3,00	3,11	3,22	3,33	3,44	
1,85	1,27	1,38	1,49	1,60	1,72	1,83	1,94	2,05	2,16	2,27	2,38	2,49	2,60	2,72	2,83	2,94	3,05	3,16	3,27	3,38	3,49	
1,90	1,32	1,43	1,54	1,65	1,77	1,88	1,99	2,10	2,21	2,32	2,43	2,54	2,65	2,77	2,88	2,99	3,10	3,21	3,32	3,43	3,54	
1,95	1,37	1,48	1,59	1,70	1,82	1,93	2,04	2,15	2,26	2,37	2,48	2,59	2,70	2,82	2,93	3,04	3,15	3,26	3,37	3,48	3,59	
2,00	1,42	1,53	1,64	1,75	1,87	1,98	2,09	2,20	2,31	2,42	2,53	2,64	2,75	2,87	2,98	3,09	3,20	3,31	3,42	3,53	3,64	

$$v = \frac{N_{sd}}{b_w \cdot h \cdot (0,77 \cdot f_{cd})}$$

$$\mu = \frac{M_{sd}}{b_w \cdot h^2 \cdot (0,77 \cdot f_{cd})}$$



$$A_{s(2)} = \omega_s \cdot A_c \cdot \frac{(0,77 \cdot f_{cd})}{f_{yd}}$$



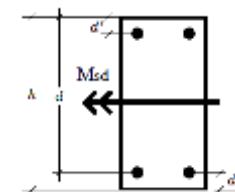
$$A_{s(3)} = \frac{3}{2} \cdot \omega_s \cdot A_c \cdot \frac{(0,77 \cdot f_{cd})}{f_{yd}}$$

Quadro 6.18: Taxa de armadura para a Flexo – Compressão, $C = 70$ e para 2 e 3 camadas de aço e $\delta = 0,10$

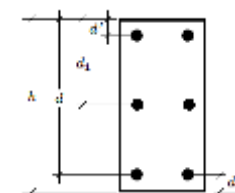
$\delta = 0,10$		μ																					
		ω_s	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
v	0,00	0,00	0,12	0,24	0,37	0,49	0,62	0,74	0,87	0,99	1,12	1,24	1,37	1,49	1,62	1,74	1,87	1,99	2,12	2,24	2,37	2,49	
	0,05	0,00	0,07	0,19	0,32	0,44	0,57	0,69	0,82	0,94	1,07	1,19	1,32	1,44	1,57	1,69	1,82	1,94	2,07	2,19	2,32	2,44	
	0,10	0,00	0,02	0,14	0,27	0,39	0,52	0,64	0,77	0,89	1,02	1,14	1,27	1,39	1,52	1,64	1,77	1,89	2,02	2,14	2,27	2,39	
	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,24	0,36	0,49	0,61	0,74	0,86	0,99	1,11	1,24	1,36	1,49	1,61	1,74	1,86	1,99	
	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,16	0,29	0,41	0,54	0,66	0,79	0,91	1,04	1,16	1,29	1,41	1,54	1,66	1,79	1,91	2,04	
	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,21	0,34	0,46	0,59	0,71	0,84	0,96	1,09	1,21	1,34	1,46	1,59	1,71	1,84	1,96	2,09	
	0,30	0,00	0,00	0,00	0,01	0,14	0,26	0,39	0,51	0,64	0,76	0,89	1,01	1,14	1,26	1,39	1,51	1,64	1,76	1,89	2,01	2,14	
	0,35	0,00	0,00	0,00	0,06	0,19	0,31	0,44	0,56	0,69	0,81	0,94	1,06	1,19	1,31	1,44	1,56	1,69	1,81	1,94	2,06	2,19	
	0,40	0,00	0,00	0,00	0,11	0,24	0,36	0,49	0,61	0,74	0,86	0,99	1,11	1,24	1,36	1,49	1,61	1,74	1,86	1,99	2,11	2,24	
	0,45	0,00	0,00	0,04	0,16	0,29	0,41	0,54	0,66	0,79	0,91	1,04	1,16	1,29	1,41	1,54	1,66	1,79	1,91	2,04	2,16	2,29	
	0,50	0,00	0,00	0,09	0,21	0,34	0,46	0,59	0,71	0,84	0,96	1,09	1,21	1,34	1,46	1,59	1,71	1,84	1,96	2,09	2,21	2,34	
	0,55	0,00	0,01	0,14	0,26	0,39	0,51	0,64	0,76	0,89	1,01	1,14	1,26	1,39	1,51	1,64	1,76	1,89	2,01	2,14	2,26	2,39	
	0,60	0,00	0,06	0,19	0,31	0,44	0,56	0,69	0,81	0,94	1,06	1,19	1,31	1,44	1,56	1,69	1,81	1,94	2,06	2,19	2,31	2,44	
	0,65	0,00	0,11	0,24	0,36	0,49	0,61	0,74	0,86	0,99	1,11	1,24	1,36	1,49	1,61	1,74	1,86	1,99	2,11	2,24	2,36	2,49	
	0,70	0,04	0,16	0,29	0,41	0,54	0,66	0,79	0,91	1,04	1,16	1,29	1,41	1,54	1,66	1,79	1,91	2,04	2,16	2,29	2,41	2,54	
	0,75	0,09	0,21	0,34	0,46	0,59	0,71	0,84	0,96	1,09	1,21	1,34	1,46	1,59	1,71	1,84	1,96	2,09	2,21	2,34	2,46	2,59	
	0,80	0,14	0,26	0,39	0,51	0,64	0,76	0,89	1,01	1,14	1,26	1,39	1,51	1,64	1,76	1,89	2,01	2,14	2,26	2,39	2,51	2,64	
	0,85	0,19	0,31	0,44	0,56	0,69	0,81	0,94	1,06	1,19	1,31	1,44	1,56	1,69	1,81	1,94	2,06	2,19	2,31	2,44	2,56	2,69	
	0,90	0,24	0,36	0,49	0,61	0,74	0,86	0,99	1,11	1,24	1,36	1,49	1,61	1,74	1,86	1,99	2,11	2,24	2,36	2,49	2,61	2,74	
	0,95	0,29	0,41	0,54	0,66	0,79	0,91	1,04	1,16	1,29	1,41	1,54	1,66	1,79	1,91	2,04	2,16	2,29	2,41	2,54	2,66	2,79	
	1,00	0,34	0,46	0,59	0,71	0,84	0,96	1,09	1,21	1,34	1,46	1,59	1,71	1,84	1,96	2,09	2,21	2,34	2,46	2,59	2,71	2,84	
	1,05	0,39	0,51	0,64	0,76	0,89	1,01	1,14	1,26	1,39	1,51	1,64	1,76	1,89	2,01	2,14	2,26	2,39	2,51	2,64	2,76	2,89	
	1,10	0,44	0,56	0,69	0,81	0,94	1,06	1,19	1,31	1,44	1,56	1,69	1,81	1,94	2,06	2,19	2,31	2,44	2,56	2,69	2,81	2,94	
	1,15	0,49	0,61	0,74	0,86	0,99	1,11	1,24	1,36	1,49	1,61	1,74	1,86	1,99	2,11	2,24	2,36	2,49	2,61	2,74	2,86	2,99	
1,20	0,54	0,66	0,79	0,91	1,04	1,16	1,29	1,41	1,54	1,66	1,79	1,91	2,04	2,16	2,29	2,41	2,54	2,66	2,79	2,91	3,04		
1,25	0,59	0,71	0,84	0,96	1,09	1,21	1,34	1,46	1,59	1,71	1,84	1,96	2,09	2,21	2,34	2,46	2,59	2,71	2,84	2,96	3,09		
1,30	0,64	0,76	0,89	1,01	1,14	1,26	1,39	1,51	1,64	1,76	1,89	2,01	2,14	2,26	2,39	2,51	2,64	2,76	2,89	3,01	3,14		
1,35	0,69	0,81	0,94	1,06	1,19	1,31	1,44	1,56	1,69	1,81	1,94	2,06	2,19	2,31	2,44	2,56	2,69	2,81	2,94	3,06	3,19		
1,40	0,74	0,86	0,99	1,11	1,24	1,36	1,49	1,61	1,74	1,86	1,99	2,11	2,24	2,36	2,49	2,61	2,74	2,86	2,99	3,11	3,24		
1,45	0,79	0,91	1,04	1,16	1,29	1,41	1,54	1,66	1,79	1,91	2,04	2,16	2,29	2,41	2,54	2,66	2,79	2,91	3,04	3,16	3,29		
1,50	0,84	0,96	1,09	1,21	1,34	1,46	1,59	1,71	1,84	1,96	2,09	2,21	2,34	2,46	2,59	2,71	2,84	2,96	3,09	3,21	3,34		
1,55	0,89	1,01	1,14	1,26	1,39	1,51	1,64	1,76	1,89	2,01	2,14	2,26	2,39	2,51	2,64	2,76	2,89	3,01	3,14	3,26	3,39		
1,60	0,94	1,06	1,19	1,31	1,44	1,56	1,69	1,81	1,94	2,06	2,19	2,31	2,44	2,56	2,69	2,81	2,94	3,06	3,19	3,31	3,44		
1,65	0,99	1,11	1,24	1,36	1,49	1,61	1,74	1,86	1,99	2,11	2,24	2,36	2,49	2,61	2,74	2,86	2,99	3,11	3,24	3,36	3,49		
1,70	1,04	1,16	1,29	1,41	1,54	1,66	1,79	1,91	2,04	2,16	2,29	2,41	2,54	2,66	2,79	2,91	3,04	3,16	3,29	3,41	3,54		
1,75	1,09	1,21	1,34	1,46	1,59	1,71	1,84	1,96	2,09	2,21	2,34	2,46	2,59	2,71	2,84	2,96	3,09	3,21	3,34	3,46	3,59		
1,80	1,14	1,26	1,39	1,51	1,64	1,76	1,89	2,01	2,14	2,26	2,39	2,51	2,64	2,76	2,89	3,01	3,14	3,26	3,39	3,51	3,64		
1,85	1,19	1,31	1,44	1,56	1,69	1,81	1,94	2,06	2,19	2,31	2,44	2,56	2,69	2,81	2,94	3,06	3,19	3,31	3,44	3,56	3,69		
1,90	1,24	1,36	1,49	1,61	1,74	1,86	1,99	2,11	2,24	2,36	2,49	2,61	2,74	2,86	2,99	3,11	3,24	3,36	3,49	3,61	3,74		
1,95	1,29	1,41	1,54	1,66	1,79	1,91	2,04	2,16	2,29	2,41	2,54	2,66	2,79	2,91	3,04	3,16	3,29	3,41	3,54	3,66	3,79		
2,00	1,34	1,46	1,59	1,71	1,84	1,96	2,09	2,21	2,34	2,46	2,59	2,71	2,84	2,96	3,09	3,21	3,34	3,46	3,59	3,71	3,84		

$$v = \frac{N_{sd}}{b_w \cdot h \cdot (0,77 \cdot f_{cd})}$$

$$\mu = \frac{M_{sd}}{b_w \cdot h^2 \cdot (0,77 \cdot f_{cd})}$$



$$A_{s(2)} = \omega_s \cdot A_c \cdot \frac{(0,77 \cdot f_{cd})}{f_{yd}}$$



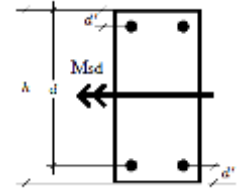
$$A_{s(3)} = \frac{3}{2} \cdot \omega_s \cdot A_c \cdot \frac{(0,77 \cdot f_{cd})}{f_{yd}}$$

Quadro 6.19: Taxa de armadura para a Flexo – Compressão, $C = 70$ e para 2 e 3 camadas de aço e $\delta = 0,15$

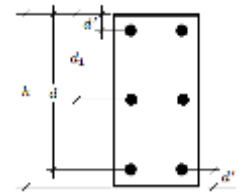
$\delta = 0,15$		μ																					
		ω_s	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
v	0,00	0,00	0,12	0,26	0,40	0,55	0,69	0,83	0,98	1,12	1,26	1,40	1,55	1,69	1,83	1,98	2,12	2,26	2,40	2,55	2,69	2,83	
	0,05	0,00	0,07	0,21	0,35	0,50	0,64	0,78	0,93	1,07	1,21	1,35	1,50	1,64	1,78	1,93	2,07	2,21	2,35	2,50	2,64	2,78	
	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,20	0,34	0,48	0,63	0,77	0,91	1,05	1,20	1,34	1,48	1,63	1,77	1,91	2,05	2,20	
	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,25	0,39	0,53	0,68	0,82	0,96	1,10	1,25	1,39	1,53	1,68	1,82	1,96	2,10	2,25	
	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,15	0,30	0,44	0,58	0,73	0,87	1,01	1,15	1,30	1,44	1,58	1,73	1,87	2,01	2,15	2,30	
	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,20	0,35	0,49	0,63	0,78	0,92	1,06	1,20	1,35	1,49	1,63	1,78	1,92	2,06	2,20	2,33	
	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,25	0,40	0,54	0,68	0,83	0,97	1,11	1,25	1,40	1,54	1,68	1,83	1,97	2,11	2,25	2,40	
	0,35	0,00	0,00	0,00	0,02	0,16	0,30	0,45	0,59	0,73	0,88	1,02	1,16	1,30	1,45	1,59	1,73	1,88	2,02	2,16	2,30	2,45	
	0,40	0,00	0,00	0,00	0,07	0,21	0,35	0,50	0,64	0,78	0,93	1,07	1,21	1,35	1,50	1,64	1,78	1,93	2,07	2,21	2,35	2,50	
	0,45	0,00	0,00	0,00	0,12	0,26	0,40	0,55	0,69	0,83	0,98	1,12	1,26	1,40	1,55	1,69	1,83	1,98	2,12	2,26	2,40	2,55	
	0,50	0,00	0,00	0,03	0,17	0,31	0,45	0,60	0,74	0,88	1,03	1,17	1,31	1,45	1,60	1,74	1,88	2,03	2,17	2,31	2,45	2,60	
	0,55	0,00	0,00	0,08	0,22	0,36	0,50	0,65	0,79	0,93	1,08	1,22	1,36	1,50	1,65	1,79	1,93	2,08	2,22	2,36	2,50	2,65	
	0,60	0,00	0,00	0,13	0,27	0,41	0,55	0,70	0,84	0,98	1,13	1,27	1,41	1,55	1,70	1,84	1,98	2,13	2,27	2,41	2,55	2,70	
	0,65	0,00	0,03	0,18	0,32	0,46	0,60	0,75	0,89	1,03	1,18	1,32	1,46	1,60	1,75	1,89	2,03	2,18	2,32	2,46	2,60	2,75	
	0,70	0,00	0,08	0,23	0,37	0,51	0,65	0,80	0,94	1,08	1,23	1,37	1,51	1,65	1,80	1,94	2,08	2,23	2,37	2,51	2,65	2,80	
	0,75	0,00	0,13	0,28	0,42	0,56	0,70	0,85	0,99	1,13	1,28	1,42	1,56	1,70	1,85	1,99	2,13	2,28	2,42	2,56	2,70	2,85	
	0,80	0,04	0,18	0,33	0,47	0,61	0,75	0,90	1,04	1,18	1,33	1,47	1,61	1,75	1,90	2,04	2,18	2,33	2,47	2,61	2,75	2,90	
	0,85	0,09	0,23	0,38	0,52	0,66	0,80	0,95	1,09	1,23	1,38	1,52	1,66	1,80	1,95	2,09	2,23	2,38	2,52	2,66	2,80	2,95	
	0,90	0,14	0,28	0,43	0,57	0,71	0,85	1,00	1,14	1,28	1,43	1,57	1,71	1,85	2,00	2,14	2,28	2,43	2,57	2,71	2,85	3,00	
	0,95	0,19	0,33	0,48	0,62	0,76	0,90	1,05	1,19	1,33	1,48	1,62	1,76	1,90	2,05	2,19	2,33	2,48	2,62	2,76	2,90	3,05	
	1,00	0,24	0,38	0,53	0,67	0,81	0,95	1,10	1,24	1,38	1,53	1,67	1,81	1,95	2,10	2,24	2,38	2,53	2,67	2,81	2,95	3,10	
	1,05	0,29	0,43	0,58	0,72	0,86	1,00	1,15	1,29	1,43	1,58	1,72	1,86	2,00	2,15	2,29	2,43	2,58	2,72	2,86	3,00	3,15	
	1,10	0,34	0,48	0,63	0,77	0,91	1,05	1,20	1,34	1,48	1,63	1,77	1,91	2,05	2,20	2,34	2,48	2,63	2,77	2,91	3,05	3,20	
	1,15	0,39	0,53	0,68	0,82	0,96	1,10	1,25	1,39	1,53	1,68	1,82	1,96	2,10	2,25	2,39	2,53	2,68	2,82	2,96	3,10	3,25	
	1,20	0,44	0,58	0,73	0,87	1,01	1,15	1,30	1,44	1,58	1,73	1,87	2,01	2,15	2,30	2,44	2,58	2,73	2,87	3,01	3,15	3,30	
	1,25	0,49	0,63	0,78	0,92	1,06	1,20	1,35	1,49	1,63	1,78	1,92	2,06	2,20	2,35	2,49	2,63	2,78	2,92	3,06	3,20	3,35	
1,30	0,54	0,68	0,83	0,97	1,11	1,25	1,40	1,54	1,68	1,83	1,97	2,11	2,25	2,40	2,54	2,68	2,83	2,97	3,11	3,25	3,40		
1,35	0,59	0,73	0,88	1,02	1,16	1,30	1,45	1,59	1,73	1,88	2,02	2,16	2,30	2,45	2,59	2,73	2,88	3,02	3,16	3,30	3,45		
1,40	0,64	0,78	0,93	1,07	1,21	1,35	1,50	1,64	1,78	1,93	2,07	2,21	2,35	2,50	2,64	2,78	2,93	3,07	3,21	3,35	3,50		
1,45	0,69	0,83	0,98	1,12	1,26	1,40	1,55	1,69	1,83	1,98	2,12	2,26	2,40	2,55	2,69	2,83	2,98	3,12	3,26	3,40	3,55		
1,50	0,74	0,88	1,03	1,17	1,31	1,45	1,60	1,74	1,88	2,03	2,17	2,31	2,45	2,60	2,74	2,88	3,03	3,17	3,31	3,45	3,60		
1,55	0,79	0,93	1,08	1,22	1,36	1,50	1,65	1,79	1,93	2,08	2,22	2,36	2,50	2,65	2,79	2,93	3,08	3,22	3,36	3,50	3,65		
1,60	0,84	0,98	1,13	1,27	1,41	1,55	1,70	1,84	1,98	2,13	2,27	2,41	2,55	2,70	2,84	2,98	3,13	3,27	3,41	3,55	3,70		
1,65	0,89	1,03	1,18	1,32	1,46	1,60	1,75	1,89	2,03	2,18	2,32	2,46	2,60	2,75	2,89	3,03	3,18	3,32	3,46	3,60	3,75		
1,70	0,94	1,08	1,23	1,37	1,51	1,65	1,80	1,94	2,08	2,23	2,37	2,51	2,65	2,80	2,94	3,08	3,23	3,37	3,51	3,65	3,80		
1,75	0,99	1,13	1,28	1,42	1,56	1,70	1,85	1,99	2,13	2,28	2,42	2,56	2,70	2,85	2,99	3,13	3,28	3,42	3,56	3,70	3,85		
1,80	1,04	1,18	1,33	1,47	1,61	1,75	1,90	2,04	2,18	2,33	2,47	2,61	2,75	2,90	3,04	3,18	3,33	3,47	3,61	3,75	3,90		
1,85	1,09	1,23	1,38	1,52	1,66	1,80	1,95	2,09	2,23	2,38	2,52	2,66	2,80	2,95	3,09	3,23	3,38	3,52	3,66	3,80	3,95		
1,90	1,14	1,28	1,43	1,57	1,71	1,85	2,00	2,14	2,28	2,43	2,57	2,71	2,85	3,00	3,14	3,28	3,43	3,57	3,71	3,85	4,00		
1,95	1,19	1,33	1,48	1,62	1,76	1,90	2,05	2,19	2,33	2,48	2,62	2,76	2,90	3,05	3,19	3,33	3,48	3,62	3,76	3,90	4,05		
2,00	1,24	1,38	1,53	1,67	1,81	1,95	2,10	2,24	2,38	2,53	2,67	2,81	2,95	3,10	3,24	3,38	3,53	3,67	3,81	3,95	4,10		

$$v = \frac{N_{sd}}{b_w \cdot h \cdot (0,77 \cdot f_{cd})}$$

$$\mu = \frac{M_{sd}}{b_w \cdot h^2 \cdot (0,77 \cdot f_{cd})}$$



$$A_{s(2)} = \omega_s \cdot A_c \cdot \frac{(0,77 \cdot f_{cd})}{f_{yd}}$$



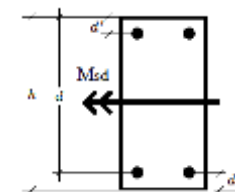
$$A_{s(3)} = \frac{3}{2} \cdot \omega_s \cdot A_c \cdot \frac{(0,77 \cdot f_{cd})}{f_{yd}}$$

Quadro 6.20: Taxa de armadura para a Flexo – Compressão, $C = 70$ e para 2 e 3 camadas de aço e $\delta = 0,20$

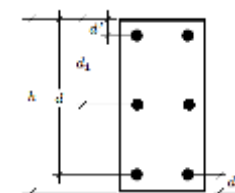
$\delta = 0,20$		μ																				
ω_s		0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
v	0,00	0,00	0,12	0,29	0,46	0,62	0,79	0,96	1,12	1,29	1,46	1,62	1,79	1,96	2,12	2,29	2,46	2,62	2,79	2,96	3,12	3,29
	0,05	0,00	0,07	0,24	0,41	0,57	0,74	0,91	1,07	1,24	1,41	1,57	1,74	1,91	2,07	2,24	2,41	2,57	2,74	2,91	3,07	3,24
	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,21	0,38	0,55	0,71	0,88	1,05	1,21	1,38	1,55	1,71	1,88	2,05	2,21	2,38	2,55
	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,26	0,43	0,60	0,76	0,93	1,10	1,26	1,43	1,60	1,76	1,93	2,10	2,26	2,43	2,60
	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15	0,31	0,48	0,65	0,81	0,98	1,15	1,31	1,48	1,65	1,81	1,98	2,15	2,31	2,48	2,65
	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,20	0,36	0,53	0,70	0,86	1,03	1,20	1,36	1,53	1,70	1,86	2,03	2,20	2,36	2,53	2,70
	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,25	0,41	0,58	0,75	0,91	1,08	1,25	1,41	1,58	1,75	1,91	2,08	2,25	2,41	2,58	2,75
	0,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,30	0,46	0,63	0,80	0,96	1,13	1,30	1,46	1,63	1,80	1,96	2,13	2,30	2,46	2,63	2,80
	0,40	0,00	0,00	0,00	0,01	0,18	0,35	0,51	0,68	0,85	1,01	1,18	1,35	1,51	1,68	1,85	2,01	2,18	2,35	2,51	2,68	2,85
	0,45	0,00	0,00	0,00	0,06	0,23	0,40	0,56	0,73	0,90	1,06	1,23	1,40	1,56	1,73	1,90	2,06	2,23	2,40	2,56	2,73	2,90
	0,50	0,00	0,00	0,00	0,11	0,28	0,45	0,61	0,78	0,95	1,11	1,28	1,45	1,61	1,78	1,95	2,11	2,28	2,45	2,61	2,78	2,95
	0,55	0,00	0,00	0,00	0,16	0,33	0,50	0,66	0,83	1,00	1,16	1,33	1,50	1,66	1,83	2,00	2,16	2,33	2,50	2,66	2,83	3,00
	0,60	0,00	0,00	0,05	0,21	0,38	0,55	0,71	0,88	1,05	1,21	1,38	1,55	1,71	1,88	2,05	2,21	2,38	2,55	2,71	2,88	3,05
	0,65	0,00	0,00	0,10	0,26	0,43	0,60	0,76	0,93	1,10	1,26	1,43	1,60	1,76	1,93	2,10	2,26	2,43	2,60	2,76	2,93	3,10
	0,70	0,00	0,00	0,15	0,31	0,48	0,65	0,81	0,98	1,15	1,31	1,48	1,65	1,81	1,98	2,15	2,31	2,48	2,65	2,81	2,98	3,15
	0,75	0,00	0,03	0,20	0,36	0,53	0,70	0,86	1,03	1,20	1,36	1,53	1,70	1,86	2,03	2,20	2,36	2,53	2,70	2,86	3,03	3,20
	0,80	0,00	0,08	0,25	0,41	0,58	0,75	0,91	1,08	1,25	1,41	1,58	1,75	1,91	2,08	2,25	2,41	2,58	2,75	2,91	3,08	3,25
	0,85	0,00	0,13	0,30	0,46	0,63	0,80	0,96	1,13	1,30	1,46	1,63	1,80	1,96	2,13	2,30	2,46	2,63	2,80	2,96	3,13	3,30
	0,90	0,01	0,18	0,35	0,51	0,68	0,85	1,01	1,18	1,35	1,51	1,68	1,85	2,01	2,18	2,35	2,51	2,68	2,85	3,01	3,18	3,35
	0,95	0,06	0,23	0,40	0,56	0,73	0,90	1,06	1,23	1,40	1,56	1,73	1,90	2,06	2,23	2,40	2,56	2,73	2,90	3,06	3,23	3,40
	1,00	0,11	0,28	0,45	0,61	0,78	0,95	1,11	1,28	1,45	1,61	1,78	1,95	2,11	2,28	2,45	2,61	2,78	2,95	3,11	3,28	3,45
	1,05	0,16	0,33	0,50	0,66	0,83	1,00	1,16	1,33	1,50	1,66	1,83	2,00	2,16	2,33	2,50	2,66	2,83	3,00	3,16	3,33	3,50
	1,10	0,21	0,38	0,55	0,71	0,88	1,05	1,21	1,38	1,55	1,71	1,88	2,05	2,21	2,38	2,55	2,71	2,88	3,05	3,21	3,38	3,55
	1,15	0,26	0,43	0,60	0,76	0,93	1,10	1,26	1,43	1,60	1,76	1,93	2,10	2,26	2,43	2,60	2,76	2,93	3,10	3,26	3,43	3,60
	1,20	0,31	0,48	0,65	0,81	0,98	1,15	1,31	1,48	1,65	1,81	1,98	2,15	2,31	2,48	2,65	2,81	2,98	3,15	3,31	3,48	3,65
	1,25	0,36	0,53	0,70	0,86	1,03	1,20	1,36	1,53	1,70	1,86	2,03	2,20	2,36	2,53	2,70	2,86	3,03	3,20	3,36	3,53	3,70
	1,30	0,41	0,58	0,75	0,91	1,08	1,25	1,41	1,58	1,75	1,91	2,08	2,25	2,41	2,58	2,75	2,91	3,08	3,25	3,41	3,58	3,75
	1,35	0,46	0,63	0,80	0,96	1,13	1,30	1,46	1,63	1,80	1,96	2,13	2,30	2,46	2,63	2,80	2,96	3,13	3,30	3,46	3,63	3,80
	1,40	0,51	0,68	0,85	1,01	1,18	1,35	1,51	1,68	1,85	2,01	2,18	2,35	2,51	2,68	2,85	3,01	3,18	3,35	3,51	3,68	3,85
	1,45	0,56	0,73	0,90	1,06	1,23	1,40	1,56	1,73	1,90	2,06	2,23	2,40	2,56	2,73	2,90	3,06	3,23	3,40	3,56	3,73	3,90
	1,50	0,61	0,78	0,95	1,11	1,28	1,45	1,61	1,78	1,95	2,11	2,28	2,45	2,61	2,78	2,95	3,11	3,28	3,45	3,61	3,78	3,95
	1,55	0,66	0,83	1,00	1,16	1,33	1,50	1,66	1,83	2,00	2,16	2,33	2,50	2,66	2,83	3,00	3,16	3,33	3,50	3,66	3,83	4,00
	1,60	0,71	0,88	1,05	1,21	1,38	1,55	1,71	1,88	2,05	2,21	2,38	2,55	2,71	2,88	3,05	3,21	3,38	3,55	3,71	3,88	4,05
	1,65	0,76	0,93	1,10	1,26	1,43	1,60	1,76	1,93	2,10	2,26	2,43	2,60	2,76	2,93	3,10	3,26	3,43	3,60	3,76	3,93	4,10
	1,70	0,81	0,98	1,15	1,31	1,48	1,65	1,81	1,98	2,15	2,31	2,48	2,65	2,81	2,98	3,15	3,31	3,48	3,65	3,81	3,98	4,15
	1,75	0,86	1,03	1,20	1,36	1,53	1,70	1,86	2,03	2,20	2,36	2,53	2,70	2,86	3,03	3,20	3,36	3,53	3,70	3,86	4,03	4,20
	1,80	0,91	1,08	1,25	1,41	1,58	1,75	1,91	2,08	2,25	2,41	2,58	2,75	2,91	3,08	3,25	3,41	3,58	3,75	3,91	4,08	4,25
	1,85	0,96	1,13	1,30	1,46	1,63	1,80	1,96	2,13	2,30	2,46	2,63	2,80	2,96	3,13	3,30	3,46	3,63	3,80	3,96	4,13	4,30
	1,90	1,01	1,18	1,35	1,51	1,68	1,85	2,01	2,18	2,35	2,51	2,68	2,85	3,01	3,18	3,35	3,51	3,68	3,85	4,01	4,18	4,35
	1,95	1,06	1,23	1,40	1,56	1,73	1,90	2,06	2,23	2,40	2,56	2,73	2,90	3,06	3,23	3,40	3,56	3,73	3,90	4,06	4,23	4,40
	2,00	1,11	1,28	1,45	1,61	1,78	1,95	2,11	2,28	2,45	2,61	2,78	2,95	3,11	3,28	3,45	3,61	3,78	3,95	4,11	4,28	4,45

$$v = \frac{N_{sd}}{b_w \cdot h \cdot (0,77 \cdot f_{cd})}$$

$$\mu = \frac{M_{sd}}{b_w \cdot h^2 \cdot (0,77 \cdot f_{cd})}$$



$$A_{s(2)} = \omega_s \cdot A_c \cdot \frac{(0,77 \cdot f_{cd})}{f_{yd}}$$



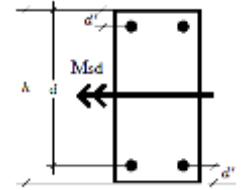
$$A_{s(3)} = \frac{3}{2} \cdot \omega_s \cdot A_c \cdot \frac{(0,77 \cdot f_{cd})}{f_{yd}}$$

Quadro 6.21: Taxa de armadura para a Flexo – Compressão, $C = 80$ e para 2 e 3 camadas de aço e $\delta = 0,05$

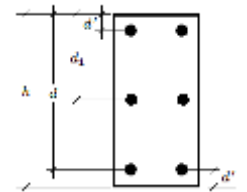
$\delta = 0,05$		μ																					
		ω_s	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
v	0,00	0,00	0,12	0,23	0,34	0,45	0,56	0,67	0,78	0,89	1,00	1,12	1,23	1,34	1,45	1,56	1,67	1,78	1,89	2,00	2,12	2,23	
	0,05	0,00	0,07	0,18	0,29	0,40	0,51	0,62	0,73	0,84	0,95	1,07	1,18	1,29	1,40	1,51	1,62	1,73	1,84	1,95	2,07	2,18	
	0,10	0,00	0,02	0,13	0,24	0,35	0,46	0,57	0,68	0,79	0,90	1,02	1,13	1,24	1,35	1,46	1,57	1,68	1,79	1,90	2,02	2,13	
	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,18	0,29	0,40	0,51	0,62	0,73	0,84	0,95	1,07	1,18	1,29	1,40	1,51	1,62	1,73	1,84	
	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,23	0,34	0,45	0,56	0,67	0,78	0,89	1,00	1,12	1,23	1,34	1,45	1,56	1,67	1,78	1,89	
	0,25	0,00	0,00	0,00	0,05	0,17	0,28	0,39	0,50	0,61	0,72	0,83	0,94	1,05	1,17	1,28	1,39	1,50	1,61	1,72	1,83	1,94	
	0,30	0,00	0,00	0,00	0,10	0,22	0,33	0,44	0,55	0,66	0,77	0,88	0,99	1,10	1,22	1,33	1,44	1,55	1,66	1,77	1,88	1,99	
	0,35	0,00	0,00	0,04	0,15	0,27	0,38	0,49	0,60	0,71	0,82	0,93	1,04	1,15	1,27	1,38	1,49	1,60	1,71	1,82	1,93	2,04	
	0,40	0,00	0,00	0,09	0,20	0,32	0,43	0,54	0,65	0,76	0,87	0,98	1,09	1,20	1,32	1,43	1,54	1,65	1,76	1,87	1,98	2,09	
	0,45	0,00	0,03	0,14	0,25	0,37	0,48	0,59	0,70	0,81	0,92	1,03	1,14	1,25	1,37	1,48	1,59	1,70	1,81	1,92	2,03	2,14	
	0,50	0,00	0,08	0,19	0,30	0,42	0,53	0,64	0,75	0,86	0,97	1,08	1,19	1,30	1,42	1,53	1,64	1,75	1,86	1,97	2,08	2,19	
	0,55	0,02	0,13	0,24	0,35	0,47	0,58	0,69	0,80	0,91	1,02	1,13	1,24	1,35	1,47	1,58	1,69	1,80	1,91	2,02	2,13	2,24	
	0,60	0,07	0,18	0,29	0,40	0,52	0,63	0,74	0,85	0,96	1,07	1,18	1,29	1,40	1,52	1,63	1,74	1,85	1,96	2,07	2,18	2,29	
	0,65	0,12	0,23	0,34	0,45	0,57	0,68	0,79	0,90	1,01	1,12	1,23	1,34	1,45	1,57	1,68	1,79	1,90	2,01	2,12	2,23	2,34	
	0,70	0,17	0,28	0,39	0,50	0,62	0,73	0,84	0,95	1,06	1,17	1,28	1,39	1,50	1,62	1,73	1,84	1,95	2,06	2,17	2,28	2,39	
	0,75	0,22	0,33	0,44	0,55	0,67	0,78	0,89	1,00	1,11	1,22	1,33	1,44	1,55	1,67	1,78	1,89	2,00	2,11	2,22	2,33	2,44	
	0,80	0,27	0,38	0,49	0,60	0,72	0,83	0,94	1,05	1,16	1,27	1,38	1,49	1,60	1,72	1,83	1,94	2,05	2,16	2,27	2,38	2,49	
	0,85	0,32	0,43	0,54	0,65	0,77	0,88	0,99	1,10	1,21	1,32	1,43	1,54	1,65	1,77	1,88	1,99	2,10	2,21	2,32	2,43	2,54	
	0,90	0,37	0,48	0,59	0,70	0,82	0,93	1,04	1,15	1,26	1,37	1,48	1,59	1,70	1,82	1,93	2,04	2,15	2,26	2,37	2,48	2,59	
	0,95	0,42	0,53	0,64	0,75	0,87	0,98	1,09	1,20	1,31	1,42	1,53	1,64	1,75	1,87	1,98	2,09	2,20	2,31	2,42	2,53	2,64	
	1,00	0,47	0,58	0,69	0,80	0,92	1,03	1,14	1,25	1,36	1,47	1,58	1,69	1,80	1,92	2,03	2,14	2,25	2,36	2,47	2,58	2,69	
	1,05	0,52	0,63	0,74	0,85	0,97	1,08	1,19	1,30	1,41	1,52	1,63	1,74	1,85	1,97	2,08	2,19	2,30	2,41	2,52	2,63	2,74	
	1,10	0,57	0,68	0,79	0,90	1,02	1,13	1,24	1,35	1,46	1,57	1,68	1,79	1,90	2,02	2,13	2,24	2,35	2,46	2,57	2,68	2,79	
	1,15	0,62	0,73	0,84	0,95	1,07	1,18	1,29	1,40	1,51	1,62	1,73	1,84	1,95	2,07	2,18	2,29	2,40	2,51	2,62	2,73	2,84	
	1,20	0,67	0,78	0,89	1,00	1,12	1,23	1,34	1,45	1,56	1,67	1,78	1,89	2,00	2,12	2,23	2,34	2,45	2,56	2,67	2,78	2,89	
1,25	0,72	0,83	0,94	1,05	1,17	1,28	1,39	1,50	1,61	1,72	1,83	1,94	2,05	2,17	2,28	2,39	2,50	2,61	2,72	2,83	2,94		
1,30	0,77	0,88	0,99	1,10	1,22	1,33	1,44	1,55	1,66	1,77	1,88	1,99	2,10	2,22	2,33	2,44	2,55	2,66	2,77	2,88	2,99		
1,35	0,82	0,93	1,04	1,15	1,27	1,38	1,49	1,60	1,71	1,82	1,93	2,04	2,15	2,27	2,38	2,49	2,60	2,71	2,82	2,93	3,04		
1,40	0,87	0,98	1,09	1,20	1,32	1,43	1,54	1,65	1,76	1,87	1,98	2,09	2,20	2,32	2,43	2,54	2,65	2,76	2,87	2,98	3,09		
1,45	0,92	1,03	1,14	1,25	1,37	1,48	1,59	1,70	1,81	1,92	2,03	2,14	2,25	2,37	2,48	2,59	2,70	2,81	2,92	3,03	3,14		
1,50	0,97	1,08	1,19	1,30	1,42	1,53	1,64	1,75	1,86	1,97	2,08	2,19	2,30	2,42	2,53	2,64	2,75	2,86	2,97	3,08	3,19		
1,55	1,02	1,13	1,24	1,35	1,47	1,58	1,69	1,80	1,91	2,02	2,13	2,24	2,35	2,47	2,58	2,69	2,80	2,91	3,02	3,13	3,24		
1,60	1,07	1,18	1,29	1,40	1,52	1,63	1,74	1,85	1,96	2,07	2,18	2,29	2,40	2,52	2,63	2,74	2,85	2,96	3,07	3,18	3,29		
1,65	1,12	1,23	1,34	1,45	1,57	1,68	1,79	1,90	2,01	2,12	2,23	2,34	2,45	2,57	2,68	2,79	2,90	3,01	3,12	3,23	3,34		
1,70	1,17	1,28	1,39	1,50	1,62	1,73	1,84	1,95	2,06	2,17	2,28	2,39	2,50	2,62	2,73	2,84	2,95	3,06	3,17	3,28	3,39		
1,75	1,22	1,33	1,44	1,55	1,67	1,78	1,89	2,00	2,11	2,22	2,33	2,44	2,55	2,67	2,78	2,89	3,00	3,11	3,22	3,33	3,44		
1,80	1,27	1,38	1,49	1,60	1,72	1,83	1,94	2,05	2,16	2,27	2,38	2,49	2,60	2,72	2,83	2,94	3,05	3,16	3,27	3,38	3,49		
1,85	1,32	1,43	1,54	1,65	1,77	1,88	1,99	2,10	2,21	2,32	2,43	2,54	2,65	2,77	2,88	2,99	3,10	3,21	3,32	3,43	3,54		
1,90	1,37	1,48	1,59	1,70	1,82	1,93	2,04	2,15	2,26	2,37	2,48	2,59	2,70	2,82	2,93	3,04	3,15	3,26	3,37	3,48	3,59		
1,95	1,42	1,53	1,64	1,75	1,87	1,98	2,09	2,20	2,31	2,42	2,53	2,64	2,75	2,87	2,98	3,09	3,20	3,31	3,42	3,53	3,64		
2,00	1,47	1,58	1,69	1,80	1,92	2,03	2,14	2,25	2,36	2,47	2,58	2,69	2,80	2,92	3,03	3,14	3,25	3,36	3,47	3,58	3,69		

$$v = \frac{N_{sd}}{b_w \cdot h \cdot (0,72 \cdot f_{cd})}$$

$$\mu = \frac{M_{sd}}{b_w \cdot h^2 \cdot (0,72 \cdot f_{cd})}$$



$$A_{s(2)} = \omega_s \cdot A_c \cdot \frac{(0,72 \cdot f_{cd})}{f_{yd}}$$



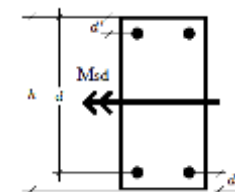
$$A_{s(3)} = \frac{3}{2} \cdot \omega_s \cdot A_c \cdot \frac{(0,72 \cdot f_{cd})}{f_{yd}}$$

Quadro 6.22: Taxa de armadura para a Flexo – Compressão, $C = 80$ e para 2 e 3 camadas de aço e $\delta = 0,10$

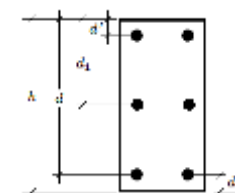
$\delta = 0,10$		μ																					
		ω_s	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
v	0,00	0,00	0,12	0,24	0,37	0,49	0,62	0,74	0,87	0,99	1,12	1,24	1,37	1,49	1,62	1,74	1,87	1,99	2,12	2,24	2,37	2,49	
	0,05	0,00	0,07	0,19	0,32	0,44	0,57	0,69	0,82	0,94	1,07	1,19	1,32	1,44	1,57	1,69	1,82	1,94	2,07	2,19	2,32	2,44	
	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,25	0,37	0,50	0,62	0,75	0,87	1,00	1,12	1,25	1,37	1,50	1,62	1,75	1,87	2,00	
	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,17	0,30	0,42	0,55	0,67	0,80	0,92	1,05	1,17	1,30	1,42	1,55	1,67	1,80	1,92	2,05	
	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,22	0,35	0,47	0,60	0,72	0,85	0,97	1,10	1,22	1,35	1,47	1,60	1,72	1,85	1,97	2,10	
	0,25	0,00	0,00	0,00	0,02	0,15	0,27	0,40	0,52	0,65	0,77	0,90	1,02	1,15	1,27	1,40	1,52	1,65	1,77	1,90	2,02	2,15	
	0,30	0,00	0,00	0,00	0,07	0,20	0,32	0,45	0,57	0,70	0,82	0,95	1,07	1,20	1,32	1,45	1,57	1,70	1,82	1,95	2,07	2,20	
	0,35	0,00	0,00	0,00	0,12	0,25	0,37	0,50	0,62	0,75	0,87	1,00	1,12	1,25	1,37	1,50	1,62	1,75	1,87	2,00	2,12	2,25	
	0,40	0,00	0,00	0,05	0,17	0,30	0,42	0,55	0,67	0,80	0,92	1,05	1,17	1,30	1,42	1,55	1,67	1,80	1,92	2,05	2,17	2,30	
	0,45	0,00	0,00	0,10	0,22	0,35	0,47	0,60	0,72	0,85	0,97	1,10	1,22	1,35	1,47	1,60	1,72	1,85	1,97	2,10	2,22	2,35	
	0,50	0,00	0,02	0,15	0,27	0,40	0,52	0,65	0,77	0,90	1,02	1,15	1,27	1,40	1,52	1,65	1,77	1,90	2,02	2,15	2,27	2,40	
	0,55	0,00	0,07	0,20	0,32	0,45	0,57	0,70	0,82	0,95	1,07	1,20	1,32	1,45	1,57	1,70	1,82	1,95	2,07	2,20	2,32	2,45	
	0,60	0,00	0,12	0,25	0,37	0,50	0,62	0,75	0,87	1,00	1,12	1,25	1,37	1,50	1,62	1,75	1,87	2,00	2,12	2,25	2,37	2,50	
	0,65	0,05	0,17	0,30	0,42	0,55	0,67	0,80	0,92	1,05	1,17	1,30	1,42	1,55	1,67	1,80	1,92	2,05	2,17	2,30	2,42	2,55	
	0,70	0,10	0,22	0,35	0,47	0,60	0,72	0,85	0,97	1,10	1,22	1,35	1,47	1,60	1,72	1,85	1,97	2,10	2,22	2,35	2,47	2,60	
	0,75	0,15	0,27	0,40	0,52	0,65	0,77	0,90	1,02	1,15	1,27	1,40	1,52	1,65	1,77	1,90	2,02	2,15	2,27	2,40	2,52	2,65	
	0,80	0,20	0,32	0,45	0,57	0,70	0,82	0,95	1,07	1,20	1,32	1,45	1,57	1,70	1,82	1,95	2,07	2,20	2,32	2,45	2,57	2,70	
	0,85	0,25	0,37	0,50	0,62	0,75	0,87	1,00	1,12	1,25	1,37	1,50	1,62	1,75	1,87	2,00	2,12	2,25	2,37	2,50	2,62	2,75	
	0,90	0,30	0,42	0,55	0,67	0,80	0,92	1,05	1,17	1,30	1,42	1,55	1,67	1,80	1,92	2,05	2,17	2,30	2,42	2,55	2,67	2,80	
	0,95	0,35	0,47	0,60	0,72	0,85	0,97	1,10	1,22	1,35	1,47	1,60	1,72	1,85	1,97	2,10	2,22	2,35	2,47	2,60	2,72	2,85	
	1,00	0,40	0,52	0,65	0,77	0,90	1,02	1,15	1,27	1,40	1,52	1,65	1,77	1,90	2,02	2,15	2,27	2,40	2,52	2,65	2,77	2,90	
1,05	0,45	0,57	0,70	0,82	0,95	1,07	1,20	1,32	1,45	1,57	1,70	1,82	1,95	2,07	2,20	2,32	2,45	2,57	2,70	2,82	2,95		
1,10	0,50	0,62	0,75	0,87	1,00	1,12	1,25	1,37	1,50	1,62	1,75	1,87	2,00	2,12	2,25	2,37	2,50	2,62	2,75	2,87	3,00		
1,15	0,55	0,67	0,80	0,92	1,05	1,17	1,30	1,42	1,55	1,67	1,80	1,92	2,05	2,17	2,30	2,42	2,55	2,67	2,80	2,92	3,05		
1,20	0,60	0,72	0,85	0,97	1,10	1,22	1,35	1,47	1,60	1,72	1,85	1,97	2,10	2,22	2,35	2,47	2,60	2,72	2,85	2,97	3,10		
1,25	0,65	0,77	0,90	1,02	1,15	1,27	1,40	1,52	1,65	1,77	1,90	2,02	2,15	2,27	2,40	2,52	2,65	2,77	2,90	3,02	3,15		
1,30	0,70	0,82	0,95	1,07	1,20	1,32	1,45	1,57	1,70	1,82	1,95	2,07	2,20	2,32	2,45	2,57	2,70	2,82	2,95	3,07	3,20		
1,35	0,75	0,87	1,00	1,12	1,25	1,37	1,50	1,62	1,75	1,87	2,00	2,12	2,25	2,37	2,50	2,62	2,75	2,87	3,00	3,12	3,25		
1,40	0,80	0,92	1,05	1,17	1,30	1,42	1,55	1,67	1,80	1,92	2,05	2,17	2,30	2,42	2,55	2,67	2,80	2,92	3,05	3,17	3,30		
1,45	0,85	0,97	1,10	1,22	1,35	1,47	1,60	1,72	1,85	1,97	2,10	2,22	2,35	2,47	2,60	2,72	2,85	2,97	3,10	3,22	3,35		
1,50	0,90	1,02	1,15	1,27	1,40	1,52	1,65	1,77	1,90	2,02	2,15	2,27	2,40	2,52	2,65	2,77	2,90	3,02	3,15	3,27	3,40		
1,55	0,95	1,07	1,20	1,32	1,45	1,57	1,70	1,82	1,95	2,07	2,20	2,32	2,45	2,57	2,70	2,82	2,95	3,07	3,20	3,32	3,45		
1,60	1,00	1,12	1,25	1,37	1,50	1,62	1,75	1,87	2,00	2,12	2,25	2,37	2,50	2,62	2,75	2,87	3,00	3,12	3,25	3,37	3,50		
1,65	1,05	1,17	1,30	1,42	1,55	1,67	1,80	1,92	2,05	2,17	2,30	2,42	2,55	2,67	2,80	2,92	3,05	3,17	3,30	3,42	3,55		
1,70	1,10	1,22	1,35	1,47	1,60	1,72	1,85	1,97	2,10	2,22	2,35	2,47	2,60	2,72	2,85	2,97	3,10	3,22	3,35	3,47	3,60		
1,75	1,15	1,27	1,40	1,52	1,65	1,77	1,90	2,02	2,15	2,27	2,40	2,52	2,65	2,77	2,90	3,02	3,15	3,27	3,40	3,52	3,65		
1,80	1,20	1,32	1,45	1,57	1,70	1,82	1,95	2,07	2,20	2,32	2,45	2,57	2,70	2,82	2,95	3,07	3,20	3,32	3,45	3,57	3,70		
1,85	1,25	1,37	1,50	1,62	1,75	1,87	2,00	2,12	2,25	2,37	2,50	2,62	2,75	2,87	3,00	3,12	3,25	3,37	3,50	3,62	3,75		
1,90	1,30	1,42	1,55	1,67	1,80	1,92	2,05	2,17	2,30	2,42	2,55	2,67	2,80	2,92	3,05	3,17	3,30	3,42	3,55	3,67	3,80		
1,95	1,35	1,47	1,60	1,72	1,85	1,97	2,10	2,22	2,35	2,47	2,60	2,72	2,85	2,97	3,10	3,22	3,35	3,47	3,60	3,72	3,85		
2,00	1,40	1,52	1,65	1,77	1,90	2,02	2,15	2,27	2,40	2,52	2,65	2,77	2,90	3,02	3,15	3,27	3,40	3,52	3,65	3,77	3,90		

$$v = \frac{N_{sd}}{b_w \cdot h \cdot (0,72 \cdot f_{cd})}$$

$$\mu = \frac{M_{sd}}{b_w \cdot h^2 \cdot (0,72 \cdot f_{cd})}$$



$$A_{s(2)} = \omega_s \cdot A_c \cdot \frac{(0,72 \cdot f_{cd})}{f_{yd}}$$



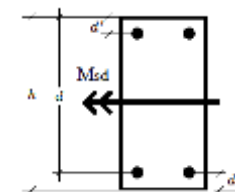
$$A_{s(3)} = \frac{3}{2} \cdot \omega_s \cdot A_c \cdot \frac{(0,72 \cdot f_{cd})}{f_{yd}}$$

Quadro 6.23: Taxa de armadura para a Flexo – Compressão, $C = 80$ e para 2 e 3 camadas de aço e $\delta = 0,15$

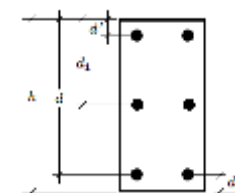
$\delta = 0,15$		μ																					
		ω_s	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
v	0,00	0,00	0,12	0,26	0,41	0,55	0,69	0,83	0,98	1,12	1,26	1,41	1,55	1,69	1,83	1,98	2,12	2,26	2,41	2,55	2,69	2,83	
	0,05	0,00	0,07	0,21	0,36	0,50	0,64	0,78	0,93	1,07	1,21	1,36	1,50	1,64	1,78	1,93	2,07	2,21	2,36	2,50	2,64	2,78	
	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,26	0,41	0,55	0,69	0,84	0,98	1,12	1,26	1,41	1,55	1,69	1,84	1,98	2,12	2,26	
	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,17	0,31	0,46	0,60	0,74	0,89	1,03	1,17	1,31	1,46	1,60	1,74	1,89	2,03	2,17	2,31	
	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,22	0,36	0,51	0,65	0,79	0,94	1,08	1,22	1,36	1,51	1,65	1,79	1,94	2,08	2,22	2,36	
	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,27	0,41	0,56	0,70	0,84	0,99	1,13	1,27	1,41	1,56	1,70	1,84	1,99	2,13	2,27	2,41	
	0,30	0,00	0,00	0,00	0,04	0,18	0,32	0,46	0,61	0,75	0,89	1,04	1,18	1,32	1,46	1,61	1,75	1,89	2,04	2,18	2,32	2,46	
	0,35	0,00	0,00	0,00	0,09	0,23	0,37	0,51	0,66	0,80	0,94	1,09	1,23	1,37	1,51	1,66	1,80	1,94	2,09	2,23	2,37	2,51	
	0,40	0,00	0,00	0,00	0,14	0,28	0,42	0,56	0,71	0,85	0,99	1,14	1,28	1,42	1,56	1,71	1,85	1,99	2,14	2,28	2,42	2,56	
	0,45	0,00	0,00	0,04	0,19	0,33	0,47	0,61	0,76	0,90	1,04	1,19	1,33	1,47	1,61	1,76	1,90	2,04	2,19	2,33	2,47	2,61	
	0,50	0,00	0,00	0,09	0,24	0,38	0,52	0,66	0,81	0,95	1,09	1,24	1,38	1,52	1,66	1,81	1,95	2,09	2,24	2,38	2,52	2,66	
	0,55	0,00	0,00	0,14	0,29	0,43	0,57	0,71	0,86	1,00	1,14	1,29	1,43	1,57	1,71	1,86	2,00	2,14	2,29	2,43	2,57	2,71	
	0,60	0,00	0,05	0,19	0,34	0,48	0,62	0,76	0,91	1,05	1,19	1,34	1,48	1,62	1,76	1,91	2,05	2,19	2,34	2,48	2,62	2,76	
	0,65	0,00	0,10	0,24	0,39	0,53	0,67	0,81	0,96	1,10	1,24	1,39	1,53	1,67	1,81	1,96	2,10	2,24	2,39	2,53	2,67	2,81	
	0,70	0,01	0,15	0,29	0,44	0,58	0,72	0,86	1,01	1,15	1,29	1,44	1,58	1,72	1,86	2,01	2,15	2,29	2,44	2,58	2,72	2,86	
	0,75	0,06	0,20	0,34	0,49	0,63	0,77	0,91	1,06	1,20	1,34	1,49	1,63	1,77	1,91	2,06	2,20	2,34	2,49	2,63	2,77	2,91	
	0,80	0,11	0,25	0,39	0,54	0,68	0,82	0,96	1,11	1,25	1,39	1,54	1,68	1,82	1,96	2,11	2,25	2,39	2,54	2,68	2,82	2,96	
	0,85	0,16	0,30	0,44	0,59	0,73	0,87	1,01	1,16	1,30	1,44	1,59	1,73	1,87	2,01	2,16	2,30	2,44	2,59	2,73	2,87	3,01	
	0,90	0,21	0,35	0,49	0,64	0,78	0,92	1,06	1,21	1,35	1,49	1,64	1,78	1,92	2,06	2,21	2,35	2,49	2,64	2,78	2,92	3,06	
	0,95	0,26	0,40	0,54	0,69	0,83	0,97	1,11	1,26	1,40	1,54	1,69	1,83	1,97	2,11	2,26	2,40	2,54	2,69	2,83	2,97	3,11	
	1,00	0,31	0,45	0,59	0,74	0,88	1,02	1,16	1,31	1,45	1,59	1,74	1,88	2,02	2,16	2,31	2,45	2,59	2,74	2,88	3,02	3,16	
	1,05	0,36	0,50	0,64	0,79	0,93	1,07	1,21	1,36	1,50	1,64	1,79	1,93	2,07	2,21	2,36	2,50	2,64	2,79	2,93	3,07	3,21	
	1,10	0,41	0,55	0,69	0,84	0,98	1,12	1,26	1,41	1,55	1,69	1,84	1,98	2,12	2,26	2,41	2,55	2,69	2,84	2,98	3,12	3,26	
	1,15	0,46	0,60	0,74	0,89	1,03	1,17	1,31	1,46	1,60	1,74	1,89	2,03	2,17	2,31	2,46	2,60	2,74	2,89	3,03	3,17	3,31	
1,20	0,51	0,65	0,79	0,94	1,08	1,22	1,36	1,51	1,65	1,79	1,94	2,08	2,22	2,36	2,51	2,65	2,79	2,94	3,08	3,22	3,36		
1,25	0,56	0,70	0,84	0,99	1,13	1,27	1,41	1,56	1,70	1,84	1,99	2,13	2,27	2,41	2,56	2,70	2,84	2,99	3,13	3,27	3,41		
1,30	0,61	0,75	0,89	1,04	1,18	1,32	1,46	1,61	1,75	1,89	2,04	2,18	2,32	2,46	2,61	2,75	2,89	3,04	3,18	3,32	3,46		
1,35	0,66	0,80	0,94	1,09	1,23	1,37	1,51	1,66	1,80	1,94	2,09	2,23	2,37	2,51	2,66	2,80	2,94	3,09	3,23	3,37	3,51		
1,40	0,71	0,85	0,99	1,14	1,28	1,42	1,56	1,71	1,85	1,99	2,14	2,28	2,42	2,56	2,71	2,85	2,99	3,14	3,28	3,42	3,56		
1,45	0,76	0,90	1,04	1,19	1,33	1,47	1,61	1,76	1,90	2,04	2,19	2,33	2,47	2,61	2,76	2,90	3,04	3,19	3,33	3,47	3,61		
1,50	0,81	0,95	1,09	1,24	1,38	1,52	1,66	1,81	1,95	2,09	2,24	2,38	2,52	2,66	2,81	2,95	3,09	3,24	3,38	3,52	3,66		
1,55	0,86	1,00	1,14	1,29	1,43	1,57	1,71	1,86	2,00	2,14	2,29	2,43	2,57	2,71	2,86	3,00	3,14	3,29	3,43	3,57	3,71		
1,60	0,91	1,05	1,19	1,34	1,48	1,62	1,76	1,91	2,05	2,19	2,34	2,48	2,62	2,76	2,91	3,05	3,19	3,34	3,48	3,62	3,76		
1,65	0,96	1,10	1,24	1,39	1,53	1,67	1,81	1,96	2,10	2,24	2,39	2,53	2,67	2,81	2,96	3,10	3,24	3,39	3,53	3,67	3,81		
1,70	1,01	1,15	1,29	1,44	1,58	1,72	1,86	2,01	2,15	2,29	2,44	2,58	2,72	2,86	3,01	3,15	3,29	3,44	3,58	3,72	3,86		
1,75	1,06	1,20	1,34	1,49	1,63	1,77	1,91	2,06	2,20	2,34	2,49	2,63	2,77	2,91	3,06	3,20	3,34	3,49	3,63	3,77	3,91		
1,80	1,11	1,25	1,39	1,54	1,68	1,82	1,96	2,11	2,25	2,39	2,54	2,68	2,82	2,96	3,11	3,25	3,39	3,54	3,68	3,82	3,96		
1,85	1,16	1,30	1,44	1,59	1,73	1,87	2,01	2,16	2,30	2,44	2,59	2,73	2,87	3,01	3,16	3,30	3,44	3,59	3,73	3,87	4,01		
1,90	1,21	1,35	1,49	1,64	1,78	1,92	2,06	2,21	2,35	2,49	2,64	2,78	2,92	3,06	3,21	3,35	3,49	3,64	3,78	3,92	4,06		
1,95	1,26	1,40	1,54	1,69	1,83	1,97	2,11	2,26	2,40	2,54	2,69	2,83	2,97	3,11	3,26	3,40	3,54	3,69	3,83	3,97	4,11		
2,00	1,31	1,45	1,59	1,74	1,88	2,02	2,16	2,31	2,45	2,59	2,74	2,88	3,02	3,16	3,31	3,45	3,59	3,74	3,88	4,02	4,16		

$$v = \frac{N_{sd}}{b_w \cdot h \cdot (0,72 \cdot f_{cd})}$$

$$\mu = \frac{M_{sd}}{b_w \cdot h^2 \cdot (0,72 \cdot f_{cd})}$$



$$A_{s(2)} = \omega_s \cdot A_c \cdot \frac{(0,72 \cdot f_{cd})}{f_{yd}}$$



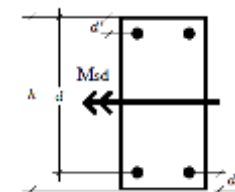
$$A_{s(3)} = \frac{3}{2} \cdot \omega_s \cdot A_c \cdot \frac{(0,72 \cdot f_{cd})}{f_{yd}}$$

Quadro 6.24: Taxa de armadura para a Flexo – Compressão, $C = 80$ e para 2 e 3 camadas de aço e $\delta = 0,20$

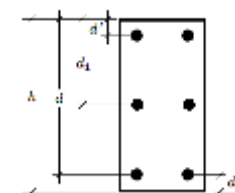
$\delta = 0,20$		μ																				
ω_s		0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
v	0,00	0,00	0,13	0,29	0,46	0,63	0,79	0,96	1,13	1,29	1,46	1,63	1,79	1,96	2,13	2,29	2,46	2,63	2,79	2,96	3,13	3,29
	0,05	0,00	0,08	0,24	0,41	0,58	0,74	0,91	1,08	1,24	1,41	1,58	1,74	1,91	2,08	2,24	2,41	2,58	2,74	2,91	3,08	3,24
	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,29	0,46	0,63	0,79	0,96	1,13	1,29	1,46	1,63	1,79	1,96	2,13	2,29	2,46	2,63
	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,18	0,34	0,51	0,68	0,84	1,01	1,18	1,34	1,51	1,68	1,84	2,01	2,18	2,34	2,51	2,68
	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,23	0,39	0,56	0,73	0,89	1,06	1,23	1,39	1,56	1,73	1,89	2,06	2,23	2,39	2,56	2,73
	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,28	0,44	0,61	0,78	0,94	1,11	1,28	1,44	1,61	1,78	1,94	2,11	2,28	2,44	2,61	2,78
	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	0,33	0,49	0,66	0,83	0,99	1,16	1,33	1,49	1,66	1,83	1,99	2,16	2,33	2,49	2,66	2,83
	0,35	0,00	0,00	0,00	0,04	0,21	0,38	0,54	0,71	0,88	1,04	1,21	1,38	1,54	1,71	1,88	2,04	2,21	2,38	2,54	2,71	2,88
	0,40	0,00	0,00	0,00	0,09	0,26	0,43	0,59	0,76	0,93	1,09	1,26	1,43	1,59	1,76	1,93	2,09	2,26	2,43	2,59	2,76	2,93
	0,45	0,00	0,00	0,00	0,14	0,31	0,48	0,64	0,81	0,98	1,14	1,31	1,48	1,64	1,81	1,98	2,14	2,31	2,48	2,64	2,81	2,98
	0,50	0,00	0,00	0,03	0,19	0,36	0,53	0,69	0,86	1,03	1,19	1,36	1,53	1,69	1,86	2,03	2,19	2,36	2,53	2,69	2,86	3,03
	0,55	0,00	0,00	0,08	0,24	0,41	0,58	0,74	0,91	1,08	1,24	1,41	1,58	1,74	1,91	2,08	2,24	2,41	2,58	2,74	2,91	3,08
	0,60	0,00	0,00	0,13	0,29	0,46	0,63	0,79	0,96	1,13	1,29	1,46	1,63	1,79	1,96	2,13	2,29	2,46	2,63	2,79	2,96	3,13
	0,65	0,00	0,01	0,18	0,34	0,51	0,68	0,84	1,01	1,18	1,34	1,51	1,68	1,84	2,01	2,18	2,34	2,51	2,68	2,84	3,01	3,18
	0,70	0,00	0,06	0,23	0,39	0,56	0,73	0,89	1,06	1,23	1,39	1,56	1,73	1,89	2,06	2,23	2,39	2,56	2,73	2,89	3,06	3,23
	0,75	0,00	0,11	0,28	0,44	0,61	0,78	0,94	1,11	1,28	1,44	1,61	1,78	1,94	2,11	2,28	2,44	2,61	2,78	2,94	3,11	3,28
	0,80	0,00	0,16	0,33	0,49	0,66	0,83	0,99	1,16	1,33	1,49	1,66	1,83	1,99	2,16	2,33	2,49	2,66	2,83	2,99	3,16	3,33
	0,85	0,04	0,21	0,38	0,54	0,71	0,88	1,04	1,21	1,38	1,54	1,71	1,88	2,04	2,21	2,38	2,54	2,71	2,88	3,04	3,21	3,38
	0,90	0,09	0,26	0,43	0,59	0,76	0,93	1,09	1,26	1,43	1,59	1,76	1,93	2,09	2,26	2,43	2,59	2,76	2,93	3,09	3,26	3,43
	0,95	0,14	0,31	0,48	0,64	0,81	0,98	1,14	1,31	1,48	1,64	1,81	1,98	2,14	2,31	2,48	2,64	2,81	2,98	3,14	3,31	3,48
	1,00	0,19	0,36	0,53	0,69	0,86	1,03	1,19	1,36	1,53	1,69	1,86	2,03	2,19	2,36	2,53	2,69	2,86	3,03	3,19	3,36	3,53
	1,05	0,24	0,41	0,58	0,74	0,91	1,08	1,24	1,41	1,58	1,74	1,91	2,08	2,24	2,41	2,58	2,74	2,91	3,08	3,24	3,41	3,58
	1,10	0,29	0,46	0,63	0,79	0,96	1,13	1,29	1,46	1,63	1,79	1,96	2,13	2,29	2,46	2,63	2,79	2,96	3,13	3,29	3,46	3,63
	1,15	0,34	0,51	0,68	0,84	1,01	1,18	1,34	1,51	1,68	1,84	2,01	2,18	2,34	2,51	2,68	2,84	3,01	3,18	3,34	3,51	3,68
	1,20	0,39	0,56	0,73	0,89	1,06	1,23	1,39	1,56	1,73	1,89	2,06	2,23	2,39	2,56	2,73	2,89	3,06	3,23	3,39	3,56	3,73
	1,25	0,44	0,61	0,78	0,94	1,11	1,28	1,44	1,61	1,78	1,94	2,11	2,28	2,44	2,61	2,78	2,94	3,11	3,28	3,44	3,61	3,78
	1,30	0,49	0,66	0,83	0,99	1,16	1,33	1,49	1,66	1,83	1,99	2,16	2,33	2,49	2,66	2,83	2,99	3,16	3,33	3,49	3,66	3,83
	1,35	0,54	0,71	0,88	1,04	1,21	1,38	1,54	1,71	1,88	2,04	2,21	2,38	2,54	2,71	2,88	3,04	3,21	3,38	3,54	3,71	3,88
	1,40	0,59	0,76	0,93	1,09	1,26	1,43	1,59	1,76	1,93	2,09	2,26	2,43	2,59	2,76	2,93	3,09	3,26	3,43	3,59	3,76	3,93
	1,45	0,64	0,81	0,98	1,14	1,31	1,48	1,64	1,81	1,98	2,14	2,31	2,48	2,64	2,81	2,98	3,14	3,31	3,48	3,64	3,81	3,98
	1,50	0,69	0,86	1,03	1,19	1,36	1,53	1,69	1,86	2,03	2,19	2,36	2,53	2,69	2,86	3,03	3,19	3,36	3,53	3,69	3,86	4,03
	1,55	0,74	0,91	1,08	1,24	1,41	1,58	1,74	1,91	2,08	2,24	2,41	2,58	2,74	2,91	3,08	3,24	3,41	3,58	3,74	3,91	4,08
	1,60	0,79	0,96	1,13	1,29	1,46	1,63	1,79	1,96	2,13	2,29	2,46	2,63	2,79	2,96	3,13	3,29	3,46	3,63	3,79	3,96	4,13
	1,65	0,84	1,01	1,18	1,34	1,51	1,68	1,84	2,01	2,18	2,34	2,51	2,68	2,84	3,01	3,18	3,34	3,51	3,68	3,84	4,01	4,18
	1,70	0,89	1,06	1,23	1,39	1,56	1,73	1,89	2,06	2,23	2,39	2,56	2,73	2,89	3,06	3,23	3,39	3,56	3,73	3,89	4,06	4,23
	1,75	0,94	1,11	1,28	1,44	1,61	1,78	1,94	2,11	2,28	2,44	2,61	2,78	2,94	3,11	3,28	3,44	3,61	3,78	3,94	4,11	4,28
	1,80	0,99	1,16	1,33	1,49	1,66	1,83	1,99	2,16	2,33	2,49	2,66	2,83	2,99	3,16	3,33	3,49	3,66	3,83	3,99	4,16	4,33
	1,85	1,04	1,21	1,38	1,54	1,71	1,88	2,04	2,21	2,38	2,54	2,71	2,88	3,04	3,21	3,38	3,54	3,71	3,88	4,04	4,21	4,38
	1,90	1,09	1,26	1,43	1,59	1,76	1,93	2,09	2,26	2,43	2,59	2,76	2,93	3,09	3,26	3,43	3,59	3,76	3,93	4,09	4,26	4,43
	1,95	1,14	1,31	1,48	1,64	1,81	1,98	2,14	2,31	2,48	2,64	2,81	2,98	3,14	3,31	3,48	3,64	3,81	3,98	4,14	4,31	4,48
	2,00	1,19	1,36	1,53	1,69	1,86	2,03	2,19	2,36	2,53	2,69	2,86	3,03	3,19	3,36	3,53	3,69	3,86	4,03	4,19	4,36	4,53

$$v = \frac{N_{sd}}{b_w \cdot h \cdot (0,72 \cdot f_{cd})}$$

$$\mu = \frac{M_{sd}}{b_w \cdot h^2 \cdot (0,72 \cdot f_{cd})}$$



$$A_{s(2)} = \omega_s \cdot A_c \cdot \frac{(0,72 \cdot f_{cd})}{f_{yd}}$$



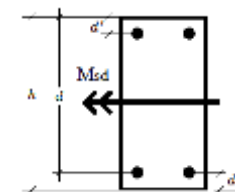
$$A_{s(3)} = \frac{3}{2} \cdot \omega_s \cdot A_c \cdot \frac{(0,72 \cdot f_{cd})}{f_{yd}}$$

Quadro 6.25: Taxa de armadura para a Flexo – Compressão, $C = 90$ e para 2 e 3 camadas de aço e $\delta = 0,05$

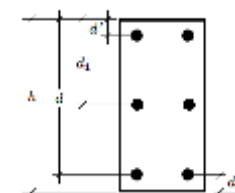
$\delta = 0,05$		μ																				
		ω_s	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95
v	0,00	0,00	0,11	0,23	0,34	0,45	0,56	0,67	0,78	0,89	1,00	1,11	1,23	1,34	1,45	1,56	1,67	1,78	1,89	2,00	2,11	2,23
	0,05	0,00	0,06	0,18	0,29	0,40	0,51	0,62	0,73	0,84	0,95	1,06	1,18	1,29	1,40	1,51	1,62	1,73	1,84	1,95	2,06	2,18
	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,17	0,28	0,39	0,51	0,62	0,73	0,84	0,95	1,06	1,17	1,28	1,39	1,51	1,62	1,73	1,84
	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,22	0,33	0,44	0,56	0,67	0,78	0,89	1,00	1,11	1,22	1,33	1,44	1,56	1,67	1,78	1,89
	0,20	0,00	0,00	0,00	0,05	0,16	0,27	0,38	0,49	0,61	0,72	0,83	0,94	1,05	1,16	1,27	1,38	1,49	1,61	1,72	1,83	1,94
	0,25	0,00	0,00	0,00	0,10	0,21	0,32	0,43	0,54	0,66	0,77	0,88	0,99	1,10	1,21	1,32	1,43	1,54	1,66	1,77	1,88	1,99
	0,30	0,00	0,00	0,04	0,15	0,26	0,37	0,48	0,59	0,71	0,82	0,93	1,04	1,15	1,26	1,37	1,48	1,59	1,71	1,82	1,93	2,04
	0,35	0,00	0,00	0,09	0,20	0,31	0,42	0,53	0,64	0,76	0,87	0,98	1,09	1,20	1,31	1,42	1,53	1,64	1,76	1,87	1,98	2,09
	0,40	0,00	0,03	0,14	0,25	0,36	0,47	0,58	0,69	0,81	0,92	1,03	1,14	1,25	1,36	1,47	1,58	1,69	1,81	1,92	2,03	2,14
	0,45	0,00	0,08	0,19	0,30	0,41	0,52	0,63	0,74	0,86	0,97	1,08	1,19	1,30	1,41	1,52	1,63	1,74	1,86	1,97	2,08	2,19
	0,50	0,02	0,13	0,24	0,35	0,46	0,57	0,68	0,79	0,91	1,02	1,13	1,24	1,35	1,46	1,57	1,68	1,79	1,91	2,02	2,13	2,24
	0,55	0,07	0,18	0,29	0,40	0,51	0,62	0,73	0,84	0,96	1,07	1,18	1,29	1,40	1,51	1,62	1,73	1,84	1,96	2,07	2,18	2,29
	0,60	0,12	0,23	0,34	0,45	0,56	0,67	0,78	0,89	1,01	1,12	1,23	1,34	1,45	1,56	1,67	1,78	1,89	2,01	2,12	2,23	2,34
	0,65	0,17	0,28	0,39	0,50	0,61	0,72	0,83	0,94	1,06	1,17	1,28	1,39	1,50	1,61	1,72	1,83	1,94	2,06	2,17	2,28	2,39
	0,70	0,22	0,33	0,44	0,55	0,66	0,77	0,88	0,99	1,11	1,22	1,33	1,44	1,55	1,66	1,77	1,88	1,99	2,11	2,22	2,33	2,44
	0,75	0,27	0,38	0,49	0,60	0,71	0,82	0,93	1,04	1,16	1,27	1,38	1,49	1,60	1,71	1,82	1,93	2,04	2,16	2,27	2,38	2,49
	0,80	0,32	0,43	0,54	0,65	0,76	0,87	0,98	1,09	1,21	1,32	1,43	1,54	1,65	1,76	1,87	1,98	2,09	2,21	2,32	2,43	2,54
	0,85	0,37	0,48	0,59	0,70	0,81	0,92	1,03	1,14	1,26	1,37	1,48	1,59	1,70	1,81	1,92	2,03	2,14	2,26	2,37	2,48	2,59
	0,90	0,42	0,53	0,64	0,75	0,86	0,97	1,08	1,19	1,31	1,42	1,53	1,64	1,75	1,86	1,97	2,08	2,19	2,31	2,42	2,53	2,64
	0,95	0,47	0,58	0,69	0,80	0,91	1,02	1,13	1,24	1,36	1,47	1,58	1,69	1,80	1,91	2,02	2,13	2,24	2,36	2,47	2,58	2,69
	1,00	0,52	0,63	0,74	0,85	0,96	1,07	1,18	1,29	1,41	1,52	1,63	1,74	1,85	1,96	2,07	2,18	2,29	2,41	2,52	2,63	2,74
1,05	0,57	0,68	0,79	0,90	1,01	1,12	1,23	1,34	1,46	1,57	1,68	1,79	1,90	2,01	2,12	2,23	2,34	2,46	2,57	2,68	2,79	
1,10	0,62	0,73	0,84	0,95	1,06	1,17	1,28	1,39	1,51	1,62	1,73	1,84	1,95	2,06	2,17	2,28	2,39	2,51	2,62	2,73	2,84	
1,15	0,67	0,78	0,89	1,00	1,11	1,22	1,33	1,44	1,56	1,67	1,78	1,89	2,00	2,11	2,22	2,33	2,44	2,56	2,67	2,78	2,89	
1,20	0,72	0,83	0,94	1,05	1,16	1,27	1,38	1,49	1,61	1,72	1,83	1,94	2,05	2,16	2,27	2,38	2,49	2,61	2,72	2,83	2,94	
1,25	0,77	0,88	0,99	1,10	1,21	1,32	1,43	1,54	1,66	1,77	1,88	1,99	2,10	2,21	2,32	2,43	2,54	2,66	2,77	2,88	2,99	
1,30	0,82	0,93	1,04	1,15	1,26	1,37	1,48	1,59	1,71	1,82	1,93	2,04	2,15	2,26	2,37	2,48	2,59	2,71	2,82	2,93	3,04	
1,35	0,87	0,98	1,09	1,20	1,31	1,42	1,53	1,64	1,76	1,87	1,98	2,09	2,20	2,31	2,42	2,53	2,64	2,76	2,87	2,98	3,09	
1,40	0,92	1,03	1,14	1,25	1,36	1,47	1,58	1,69	1,81	1,92	2,03	2,14	2,25	2,36	2,47	2,58	2,69	2,81	2,92	3,03	3,14	
1,45	0,97	1,08	1,19	1,30	1,41	1,52	1,63	1,74	1,86	1,97	2,08	2,19	2,30	2,41	2,52	2,63	2,74	2,86	2,97	3,08	3,19	
1,50	1,02	1,13	1,24	1,35	1,46	1,57	1,68	1,79	1,91	2,02	2,13	2,24	2,35	2,46	2,57	2,68	2,79	2,91	3,02	3,13	3,24	
1,55	1,07	1,18	1,29	1,40	1,51	1,62	1,73	1,84	1,96	2,07	2,18	2,29	2,40	2,51	2,62	2,73	2,84	2,96	3,07	3,18	3,29	
1,60	1,12	1,23	1,34	1,45	1,56	1,67	1,78	1,89	2,01	2,12	2,23	2,34	2,45	2,56	2,67	2,78	2,89	3,01	3,12	3,23	3,34	
1,65	1,17	1,28	1,39	1,50	1,61	1,72	1,83	1,94	2,06	2,17	2,28	2,39	2,50	2,61	2,72	2,83	2,94	3,06	3,17	3,28	3,39	
1,70	1,22	1,33	1,44	1,55	1,66	1,77	1,88	1,99	2,11	2,22	2,33	2,44	2,55	2,66	2,77	2,88	2,99	3,11	3,22	3,33	3,44	
1,75	1,27	1,38	1,49	1,60	1,71	1,82	1,93	2,04	2,16	2,27	2,38	2,49	2,60	2,71	2,82	2,93	3,04	3,16	3,27	3,38	3,49	
1,80	1,32	1,43	1,54	1,65	1,76	1,87	1,98	2,09	2,21	2,32	2,43	2,54	2,65	2,76	2,87	2,98	3,09	3,21	3,32	3,43	3,54	
1,85	1,37	1,48	1,59	1,70	1,81	1,92	2,03	2,14	2,26	2,37	2,48	2,59	2,70	2,81	2,92	3,03	3,14	3,26	3,37	3,48	3,59	
1,90	1,42	1,53	1,64	1,75	1,86	1,97	2,08	2,19	2,31	2,42	2,53	2,64	2,75	2,86	2,97	3,08	3,19	3,31	3,42	3,53	3,64	
1,95	1,47	1,58	1,69	1,80	1,91	2,02	2,13	2,24	2,36	2,47	2,58	2,69	2,80	2,91	3,02	3,13	3,24	3,36	3,47	3,58	3,69	
2,00	1,52	1,63	1,74	1,85	1,96	2,07	2,18	2,29	2,41	2,52	2,63	2,74	2,85	2,96	3,07	3,18	3,29	3,41	3,52	3,63	3,74	

$$v = \frac{N_{sd}}{b_w \cdot h \cdot (0,68 \cdot f_{cd})}$$

$$\mu = \frac{M_{sd}}{b_w \cdot h^2 \cdot (0,68 \cdot f_{cd})}$$



$$A_{s(2)} = \omega_s \cdot A_c \cdot \frac{(0,68 \cdot f_{cd})}{f_{yd}}$$



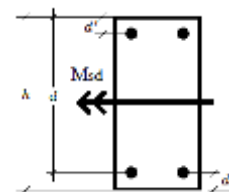
$$A_{s(3)} = \frac{3}{2} \cdot \omega_s \cdot A_c \cdot \frac{(0,68 \cdot f_{cd})}{f_{yd}}$$

Quadro 6.26: Taxa de armadura para a Flexo – Compressão, $C = 90$ e para 2 e 3 camadas de aço e $\delta = 0,10$

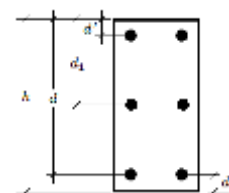
$\delta = 0,10$		μ																				
		ω_s	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95
ν	0,00	0,00	0,12	0,24	0,37	0,49	0,62	0,74	0,87	0,99	1,12	1,24	1,37	1,49	1,62	1,74	1,87	1,99	2,12	2,24	2,37	2,49
	0,05	0,00	0,07	0,19	0,32	0,44	0,57	0,69	0,82	0,94	1,07	1,19	1,32	1,44	1,57	1,69	1,82	1,94	2,07	2,19	2,32	2,44
	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,17	0,30	0,42	0,55	0,67	0,80	0,92	1,05	1,17	1,30	1,42	1,55	1,67	1,80	1,92	2,05
	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,22	0,35	0,47	0,60	0,72	0,85	0,97	1,10	1,22	1,35	1,47	1,60	1,72	1,85	1,97	2,10
	0,20	0,00	0,00	0,00	0,02	0,15	0,27	0,40	0,52	0,65	0,77	0,90	1,02	1,15	1,27	1,40	1,52	1,65	1,77	1,90	2,02	2,15
	0,25	0,00	0,00	0,00	0,07	0,20	0,32	0,45	0,57	0,70	0,82	0,95	1,07	1,20	1,32	1,45	1,57	1,70	1,82	1,95	2,07	2,20
	0,30	0,00	0,00	0,00	0,12	0,25	0,37	0,50	0,62	0,75	0,87	1,00	1,12	1,25	1,37	1,50	1,62	1,75	1,87	2,00	2,12	2,25
	0,35	0,00	0,00	0,05	0,17	0,30	0,42	0,55	0,67	0,80	0,92	1,05	1,17	1,30	1,42	1,55	1,67	1,80	1,92	2,05	2,17	2,30
	0,40	0,00	0,00	0,10	0,22	0,35	0,47	0,60	0,72	0,85	0,97	1,10	1,22	1,35	1,47	1,60	1,72	1,85	1,97	2,10	2,22	2,35
	0,45	0,00	0,02	0,15	0,27	0,40	0,52	0,65	0,77	0,90	1,02	1,15	1,27	1,40	1,52	1,65	1,77	1,90	2,02	2,15	2,27	2,40
	0,50	0,00	0,07	0,20	0,32	0,45	0,57	0,70	0,82	0,95	1,07	1,20	1,32	1,45	1,57	1,70	1,82	1,95	2,07	2,20	2,32	2,45
	0,55	0,00	0,12	0,25	0,37	0,50	0,62	0,75	0,87	1,00	1,12	1,25	1,37	1,50	1,62	1,75	1,87	2,00	2,12	2,25	2,37	2,50
	0,60	0,05	0,17	0,30	0,42	0,55	0,67	0,80	0,92	1,05	1,17	1,30	1,42	1,55	1,67	1,80	1,92	2,05	2,17	2,30	2,42	2,55
	0,65	0,10	0,22	0,35	0,47	0,60	0,72	0,85	0,97	1,10	1,22	1,35	1,47	1,60	1,72	1,85	1,97	2,10	2,22	2,35	2,47	2,60
	0,70	0,15	0,27	0,40	0,52	0,65	0,77	0,90	1,02	1,15	1,27	1,40	1,52	1,65	1,77	1,90	2,02	2,15	2,27	2,40	2,52	2,65
	0,75	0,20	0,32	0,45	0,57	0,70	0,82	0,95	1,07	1,20	1,32	1,45	1,57	1,70	1,82	1,95	2,07	2,20	2,32	2,45	2,57	2,70
	0,80	0,25	0,37	0,50	0,62	0,75	0,87	1,00	1,12	1,25	1,37	1,50	1,62	1,75	1,87	2,00	2,12	2,25	2,37	2,50	2,62	2,75
	0,85	0,30	0,42	0,55	0,67	0,80	0,92	1,05	1,17	1,30	1,42	1,55	1,67	1,80	1,92	2,05	2,17	2,30	2,42	2,55	2,67	2,80
	0,90	0,35	0,47	0,60	0,72	0,85	0,97	1,10	1,22	1,35	1,47	1,60	1,72	1,85	1,97	2,10	2,22	2,35	2,47	2,60	2,72	2,85
	0,95	0,40	0,52	0,65	0,77	0,90	1,02	1,15	1,27	1,40	1,52	1,65	1,77	1,90	2,02	2,15	2,27	2,40	2,52	2,65	2,77	2,90
	1,00	0,45	0,57	0,70	0,82	0,95	1,07	1,20	1,32	1,45	1,57	1,70	1,82	1,95	2,07	2,20	2,32	2,45	2,57	2,70	2,82	2,95
1,05	0,50	0,62	0,75	0,87	1,00	1,12	1,25	1,37	1,50	1,62	1,75	1,87	2,00	2,12	2,25	2,37	2,50	2,62	2,75	2,87	3,00	
1,10	0,55	0,67	0,80	0,92	1,05	1,17	1,30	1,42	1,55	1,67	1,80	1,92	2,05	2,17	2,30	2,42	2,55	2,67	2,80	2,92	3,05	
1,15	0,60	0,72	0,85	0,97	1,10	1,22	1,35	1,47	1,60	1,72	1,85	1,97	2,10	2,22	2,35	2,47	2,60	2,72	2,85	2,97	3,10	
1,20	0,65	0,77	0,90	1,02	1,15	1,27	1,40	1,52	1,65	1,77	1,90	2,02	2,15	2,27	2,40	2,52	2,65	2,77	2,90	3,02	3,15	
1,25	0,70	0,82	0,95	1,07	1,20	1,32	1,45	1,57	1,70	1,82	1,95	2,07	2,20	2,32	2,45	2,57	2,70	2,82	2,95	3,07	3,20	
1,30	0,75	0,87	1,00	1,12	1,25	1,37	1,50	1,62	1,75	1,87	2,00	2,12	2,25	2,37	2,50	2,62	2,75	2,87	3,00	3,12	3,25	
1,35	0,80	0,92	1,05	1,17	1,30	1,42	1,55	1,67	1,80	1,92	2,05	2,17	2,30	2,42	2,55	2,67	2,80	2,92	3,05	3,17	3,30	
1,40	0,85	0,97	1,10	1,22	1,35	1,47	1,60	1,72	1,85	1,97	2,10	2,22	2,35	2,47	2,60	2,72	2,85	2,97	3,10	3,22	3,35	
1,45	0,90	1,02	1,15	1,27	1,40	1,52	1,65	1,77	1,90	2,02	2,15	2,27	2,40	2,52	2,65	2,77	2,90	3,02	3,15	3,27	3,40	
1,50	0,95	1,07	1,20	1,32	1,45	1,57	1,70	1,82	1,95	2,07	2,20	2,32	2,45	2,57	2,70	2,82	2,95	3,07	3,20	3,32	3,45	
1,55	1,00	1,12	1,25	1,37	1,50	1,62	1,75	1,87	2,00	2,12	2,25	2,37	2,50	2,62	2,75	2,87	3,00	3,12	3,25	3,37	3,50	
1,60	1,05	1,17	1,30	1,42	1,55	1,67	1,80	1,92	2,05	2,17	2,30	2,42	2,55	2,67	2,80	2,92	3,05	3,17	3,30	3,42	3,55	
1,65	1,10	1,22	1,35	1,47	1,60	1,72	1,85	1,97	2,10	2,22	2,35	2,47	2,60	2,72	2,85	2,97	3,10	3,22	3,35	3,47	3,60	
1,70	1,15	1,27	1,40	1,52	1,65	1,77	1,90	2,02	2,15	2,27	2,40	2,52	2,65	2,77	2,90	3,02	3,15	3,27	3,40	3,52	3,65	
1,75	1,20	1,32	1,45	1,57	1,70	1,82	1,95	2,07	2,20	2,32	2,45	2,57	2,70	2,82	2,95	3,07	3,20	3,32	3,45	3,57	3,70	
1,80	1,25	1,37	1,50	1,62	1,75	1,87	2,00	2,12	2,25	2,37	2,50	2,62	2,75	2,87	3,00	3,12	3,25	3,37	3,50	3,62	3,75	
1,85	1,30	1,42	1,55	1,67	1,80	1,92	2,05	2,17	2,30	2,42	2,55	2,67	2,80	2,92	3,05	3,17	3,30	3,42	3,55	3,67	3,80	
1,90	1,35	1,47	1,60	1,72	1,85	1,97	2,10	2,22	2,35	2,47	2,60	2,72	2,85	2,97	3,10	3,22	3,35	3,47	3,60	3,72	3,85	
1,95	1,40	1,52	1,65	1,77	1,90	2,02	2,15	2,27	2,40	2,52	2,65	2,77	2,90	3,02	3,15	3,27	3,40	3,52	3,65	3,77	3,90	
2,00	1,45	1,57	1,70	1,82	1,95	2,07	2,20	2,32	2,45	2,57	2,70	2,82	2,95	3,07	3,20	3,32	3,45	3,57	3,70	3,82	3,95	

$$v = \frac{N_{sd}}{b_w \cdot h \cdot (0,68 \cdot f_{cd})}$$

$$\mu = \frac{M_{sd}}{b_w \cdot h^2 \cdot (0,68 \cdot f_{cd})}$$



$$A_{s(2)} = \omega_s \cdot A_c \cdot \frac{(0,68 \cdot f_{cd})}{f_{yd}}$$



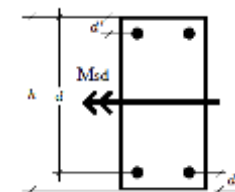
$$A_{s(3)} = \frac{3}{2} \cdot \omega_s \cdot A_c \cdot \frac{(0,68 \cdot f_{cd})}{f_{yd}}$$

Quadro 6.27: Taxa de armadura para a Flexo – Compressão, $C = 90$ e para 2 e 3 camadas de aço e $\delta = 0,15$

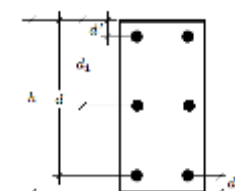
$\delta = 0,15$		μ																				
		ω_s	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95
v	0,00	0,00	0,12	0,26	0,41	0,55	0,69	0,84	0,98	1,12	1,26	1,41	1,55	1,69	1,84	1,98	2,12	2,26	2,41	2,55	2,69	2,84
	0,05	0,00	0,07	0,21	0,36	0,50	0,64	0,79	0,93	1,07	1,21	1,36	1,50	1,64	1,79	1,93	2,07	2,21	2,36	2,50	2,64	2,79
	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,18	0,32	0,47	0,61	0,75	0,90	1,04	1,18	1,32	1,47	1,61	1,75	1,90	2,04	2,18	2,32
	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,23	0,37	0,52	0,66	0,80	0,95	1,09	1,23	1,37	1,52	1,66	1,80	1,95	2,09	2,23	2,37
	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,28	0,42	0,57	0,71	0,85	1,00	1,14	1,28	1,42	1,57	1,71	1,85	2,00	2,14	2,28	2,42
	0,25	0,00	0,00	0,00	0,05	0,19	0,33	0,47	0,62	0,76	0,90	1,05	1,19	1,33	1,47	1,62	1,76	1,90	2,05	2,19	2,33	2,47
	0,30	0,00	0,00	0,00	0,10	0,24	0,38	0,52	0,67	0,81	0,95	1,10	1,24	1,38	1,52	1,67	1,81	1,95	2,10	2,24	2,38	2,52
	0,35	0,00	0,00	0,00	0,15	0,29	0,43	0,57	0,72	0,86	1,00	1,15	1,29	1,43	1,57	1,72	1,86	2,00	2,15	2,29	2,43	2,57
	0,40	0,00	0,00	0,05	0,20	0,34	0,48	0,62	0,77	0,91	1,05	1,20	1,34	1,48	1,62	1,77	1,91	2,05	2,20	2,34	2,48	2,62
	0,45	0,00	0,00	0,10	0,25	0,39	0,53	0,67	0,82	0,96	1,10	1,25	1,39	1,53	1,67	1,82	1,96	2,10	2,25	2,39	2,53	2,67
	0,50	0,00	0,01	0,15	0,30	0,44	0,58	0,72	0,87	1,01	1,15	1,30	1,44	1,58	1,72	1,87	2,01	2,15	2,30	2,44	2,58	2,72
	0,55	0,00	0,06	0,20	0,35	0,49	0,63	0,77	0,92	1,06	1,20	1,35	1,49	1,63	1,77	1,92	2,06	2,20	2,35	2,49	2,63	2,77
	0,60	0,00	0,11	0,25	0,40	0,54	0,68	0,82	0,97	1,11	1,25	1,40	1,54	1,68	1,82	1,97	2,11	2,25	2,40	2,54	2,68	2,82
	0,65	0,02	0,16	0,30	0,45	0,59	0,73	0,87	1,02	1,16	1,30	1,45	1,59	1,73	1,87	2,02	2,16	2,30	2,45	2,59	2,73	2,87
	0,70	0,07	0,21	0,35	0,50	0,64	0,78	0,92	1,07	1,21	1,35	1,50	1,64	1,78	1,92	2,07	2,21	2,35	2,50	2,64	2,78	2,92
	0,75	0,12	0,26	0,40	0,55	0,69	0,83	0,97	1,12	1,26	1,40	1,55	1,69	1,83	1,97	2,12	2,26	2,40	2,55	2,69	2,83	2,97
	0,80	0,17	0,31	0,45	0,60	0,74	0,88	1,02	1,17	1,31	1,45	1,60	1,74	1,88	2,02	2,17	2,31	2,45	2,60	2,74	2,88	3,02
	0,85	0,22	0,36	0,50	0,65	0,79	0,93	1,07	1,22	1,36	1,50	1,65	1,79	1,93	2,07	2,22	2,36	2,50	2,65	2,79	2,93	3,07
	0,90	0,27	0,41	0,55	0,70	0,84	0,98	1,12	1,27	1,41	1,55	1,70	1,84	1,98	2,12	2,27	2,41	2,55	2,70	2,84	2,98	3,12
	0,95	0,32	0,46	0,60	0,75	0,89	1,03	1,17	1,32	1,46	1,60	1,75	1,89	2,03	2,17	2,32	2,46	2,60	2,75	2,89	3,03	3,17
	1,00	0,37	0,51	0,65	0,80	0,94	1,08	1,22	1,37	1,51	1,65	1,80	1,94	2,08	2,22	2,37	2,51	2,65	2,80	2,94	3,08	3,22
1,05	0,42	0,56	0,70	0,85	0,99	1,13	1,27	1,42	1,56	1,70	1,85	1,99	2,13	2,27	2,42	2,56	2,70	2,85	2,99	3,13	3,27	
1,10	0,47	0,61	0,75	0,90	1,04	1,18	1,32	1,47	1,61	1,75	1,90	2,04	2,18	2,32	2,47	2,61	2,75	2,90	3,04	3,18	3,32	
1,15	0,52	0,66	0,80	0,95	1,09	1,23	1,37	1,52	1,66	1,80	1,95	2,09	2,23	2,37	2,52	2,66	2,80	2,95	3,09	3,23	3,37	
1,20	0,57	0,71	0,85	1,00	1,14	1,28	1,42	1,57	1,71	1,85	2,00	2,14	2,28	2,42	2,57	2,71	2,85	3,00	3,14	3,28	3,42	
1,25	0,62	0,76	0,90	1,05	1,19	1,33	1,47	1,62	1,76	1,90	2,05	2,19	2,33	2,47	2,62	2,76	2,90	3,05	3,19	3,33	3,47	
1,30	0,67	0,81	0,95	1,10	1,24	1,38	1,52	1,67	1,81	1,95	2,10	2,24	2,38	2,52	2,67	2,81	2,95	3,10	3,24	3,38	3,52	
1,35	0,72	0,86	1,00	1,15	1,29	1,43	1,57	1,72	1,86	2,00	2,15	2,29	2,43	2,57	2,72	2,86	3,00	3,15	3,29	3,43	3,57	
1,40	0,77	0,91	1,05	1,20	1,34	1,48	1,62	1,77	1,91	2,05	2,20	2,34	2,48	2,62	2,77	2,91	3,05	3,20	3,34	3,48	3,62	
1,45	0,82	0,96	1,10	1,25	1,39	1,53	1,67	1,82	1,96	2,10	2,25	2,39	2,53	2,67	2,82	2,96	3,10	3,25	3,39	3,53	3,67	
1,50	0,87	1,01	1,15	1,30	1,44	1,58	1,72	1,87	2,01	2,15	2,30	2,44	2,58	2,72	2,87	3,01	3,15	3,30	3,44	3,58	3,72	
1,55	0,92	1,06	1,20	1,35	1,49	1,63	1,77	1,92	2,06	2,20	2,35	2,49	2,63	2,77	2,92	3,06	3,20	3,35	3,49	3,63	3,77	
1,60	0,97	1,11	1,25	1,40	1,54	1,68	1,82	1,97	2,11	2,25	2,40	2,54	2,68	2,82	2,97	3,11	3,25	3,40	3,54	3,68	3,82	
1,65	1,02	1,16	1,30	1,45	1,59	1,73	1,87	2,02	2,16	2,30	2,45	2,59	2,73	2,87	3,02	3,16	3,30	3,45	3,59	3,73	3,87	
1,70	1,07	1,21	1,35	1,50	1,64	1,78	1,92	2,07	2,21	2,35	2,50	2,64	2,78	2,92	3,07	3,21	3,35	3,50	3,64	3,78	3,92	
1,75	1,12	1,26	1,40	1,55	1,69	1,83	1,97	2,12	2,26	2,40	2,55	2,69	2,83	2,97	3,12	3,26	3,40	3,55	3,69	3,83	3,97	
1,80	1,17	1,31	1,45	1,60	1,74	1,88	2,02	2,17	2,31	2,45	2,60	2,74	2,88	3,02	3,17	3,31	3,45	3,60	3,74	3,88	4,02	
1,85	1,22	1,36	1,50	1,65	1,79	1,93	2,07	2,22	2,36	2,50	2,65	2,79	2,93	3,07	3,22	3,36	3,50	3,65	3,79	3,93	4,07	
1,90	1,27	1,41	1,55	1,70	1,84	1,98	2,12	2,27	2,41	2,55	2,70	2,84	2,98	3,12	3,27	3,41	3,55	3,70	3,84	3,98	4,12	
1,95	1,32	1,46	1,60	1,75	1,89	2,03	2,17	2,32	2,46	2,60	2,75	2,89	3,03	3,17	3,32	3,46	3,60	3,75	3,89	4,03	4,17	
2,00	1,37	1,51	1,65	1,80	1,94	2,08	2,22	2,37	2,51	2,65	2,80	2,94	3,08	3,22	3,37	3,51	3,65	3,80	3,94	4,08	4,22	

$$v = \frac{N_{sd}}{b_w \cdot h \cdot (0,68 \cdot f_{cd})}$$

$$\mu = \frac{M_{sd}}{b_w \cdot h^2 \cdot (0,68 \cdot f_{cd})}$$



$$A_{s(2)} = \omega_s \cdot A_c \cdot \frac{(0,68 \cdot f_{cd})}{f_{yd}}$$



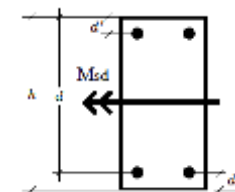
$$A_{s(3)} = \frac{3}{2} \cdot \omega_s \cdot A_c \cdot \frac{(0,68 \cdot f_{cd})}{f_{yd}}$$

Quadro 6.28: Taxa de armadura para a Flexo – Compressão, $C = 90$ e para 2 e 3 camadas de aço e $\delta = 0,20$

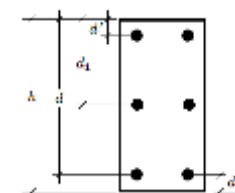
$\delta = 0,20$		μ																					
		ω_s	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
v	0,00	0,00	0,13	0,30	0,46	0,63	0,80	0,96	1,13	1,30	1,46	1,63	1,80	1,96	2,13	2,30	2,46	2,63	2,80	2,96	3,13	3,30	
	0,05	0,00	0,08	0,25	0,41	0,58	0,75	0,91	1,08	1,25	1,41	1,58	1,75	1,91	2,08	2,25	2,41	2,58	2,75	2,91	3,08	3,25	
	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,20	0,36	0,53	0,70	0,86	1,03	1,20	1,36	1,53	1,70	1,86	2,03	2,20	2,36	2,53	2,70	
	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,25	0,41	0,58	0,75	0,91	1,08	1,25	1,41	1,58	1,75	1,91	2,08	2,25	2,41	2,58	2,75	
	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,30	0,46	0,63	0,80	0,96	1,13	1,30	1,46	1,63	1,80	1,96	2,13	2,30	2,46	2,63	2,80	
	0,25	0,00	0,00	0,00	0,01	0,18	0,35	0,51	0,68	0,85	1,01	1,18	1,35	1,51	1,68	1,85	2,01	2,18	2,35	2,51	2,68	2,85	
	0,30	0,00	0,00	0,00	0,06	0,23	0,40	0,56	0,73	0,90	1,06	1,23	1,40	1,56	1,73	1,90	2,06	2,23	2,40	2,56	2,73	2,90	
	0,35	0,00	0,00	0,00	0,11	0,28	0,45	0,61	0,78	0,95	1,11	1,28	1,45	1,61	1,78	1,95	2,11	2,28	2,45	2,61	2,78	2,95	
	0,40	0,00	0,00	0,00	0,16	0,33	0,50	0,66	0,83	1,00	1,16	1,33	1,50	1,66	1,83	2,00	2,16	2,33	2,50	2,66	2,83	3,00	
	0,45	0,00	0,00	0,05	0,21	0,38	0,55	0,71	0,88	1,05	1,21	1,38	1,55	1,71	1,88	2,05	2,21	2,38	2,55	2,71	2,88	3,05	
	0,50	0,00	0,00	0,10	0,26	0,43	0,60	0,76	0,93	1,10	1,26	1,43	1,60	1,76	1,93	2,10	2,26	2,43	2,60	2,76	2,93	3,10	
	0,55	0,00	0,00	0,15	0,31	0,48	0,65	0,81	0,98	1,15	1,31	1,48	1,65	1,81	1,98	2,15	2,31	2,48	2,65	2,81	2,98	3,15	
	0,60	0,00	0,03	0,20	0,36	0,53	0,70	0,86	1,03	1,20	1,36	1,53	1,70	1,86	2,03	2,20	2,36	2,53	2,70	2,86	3,03	3,20	
	0,65	0,00	0,08	0,25	0,41	0,58	0,75	0,91	1,08	1,25	1,41	1,58	1,75	1,91	2,08	2,25	2,41	2,58	2,75	2,91	3,08	3,25	
	0,70	0,00	0,13	0,30	0,46	0,63	0,80	0,96	1,13	1,30	1,46	1,63	1,80	1,96	2,13	2,30	2,46	2,63	2,80	2,96	3,13	3,30	
	0,75	0,01	0,18	0,35	0,51	0,68	0,85	1,01	1,18	1,35	1,51	1,68	1,85	2,01	2,18	2,35	2,51	2,68	2,85	3,01	3,18	3,35	
	0,80	0,06	0,23	0,40	0,56	0,73	0,90	1,06	1,23	1,40	1,56	1,73	1,90	2,06	2,23	2,40	2,56	2,73	2,90	3,06	3,23	3,40	
	0,85	0,11	0,28	0,45	0,61	0,78	0,95	1,11	1,28	1,45	1,61	1,78	1,95	2,11	2,28	2,45	2,61	2,78	2,95	3,11	3,28	3,45	
	0,90	0,16	0,33	0,50	0,66	0,83	1,00	1,16	1,33	1,50	1,66	1,83	2,00	2,16	2,33	2,50	2,66	2,83	3,00	3,16	3,33	3,50	
	0,95	0,21	0,38	0,55	0,71	0,88	1,05	1,21	1,38	1,55	1,71	1,88	2,05	2,21	2,38	2,55	2,71	2,88	3,05	3,21	3,38	3,55	
	1,00	0,26	0,43	0,60	0,76	0,93	1,10	1,26	1,43	1,60	1,76	1,93	2,10	2,26	2,43	2,60	2,76	2,93	3,10	3,26	3,43	3,60	
1,05	0,31	0,48	0,65	0,81	0,98	1,15	1,31	1,48	1,65	1,81	1,98	2,15	2,31	2,48	2,65	2,81	2,98	3,15	3,31	3,48	3,65		
1,10	0,36	0,53	0,70	0,86	1,03	1,20	1,36	1,53	1,70	1,86	2,03	2,20	2,36	2,53	2,70	2,86	3,03	3,20	3,36	3,53	3,70		
1,15	0,41	0,58	0,75	0,91	1,08	1,25	1,41	1,58	1,75	1,91	2,08	2,25	2,41	2,58	2,75	2,91	3,08	3,25	3,41	3,58	3,75		
1,20	0,46	0,63	0,80	0,96	1,13	1,30	1,46	1,63	1,80	1,96	2,13	2,30	2,46	2,63	2,80	2,96	3,13	3,30	3,46	3,63	3,80		
1,25	0,51	0,68	0,85	1,01	1,18	1,35	1,51	1,68	1,85	2,01	2,18	2,35	2,51	2,68	2,85	3,01	3,18	3,35	3,51	3,68	3,85		
1,30	0,56	0,73	0,90	1,06	1,23	1,40	1,56	1,73	1,90	2,06	2,23	2,40	2,56	2,73	2,90	3,06	3,23	3,40	3,56	3,73	3,90		
1,35	0,61	0,78	0,95	1,11	1,28	1,45	1,61	1,78	1,95	2,11	2,28	2,45	2,61	2,78	2,95	3,11	3,28	3,45	3,61	3,78	3,95		
1,40	0,66	0,83	1,00	1,16	1,33	1,50	1,66	1,83	2,00	2,16	2,33	2,50	2,66	2,83	3,00	3,16	3,33	3,50	3,66	3,83	4,00		
1,45	0,71	0,88	1,05	1,21	1,38	1,55	1,71	1,88	2,05	2,21	2,38	2,55	2,71	2,88	3,05	3,21	3,38	3,55	3,71	3,88	4,05		
1,50	0,76	0,93	1,10	1,26	1,43	1,60	1,76	1,93	2,10	2,26	2,43	2,60	2,76	2,93	3,10	3,26	3,43	3,60	3,76	3,93	4,10		
1,55	0,81	0,98	1,15	1,31	1,48	1,65	1,81	1,98	2,15	2,31	2,48	2,65	2,81	2,98	3,15	3,31	3,48	3,65	3,81	3,98	4,15		
1,60	0,86	1,03	1,20	1,36	1,53	1,70	1,86	2,03	2,20	2,36	2,53	2,70	2,86	3,03	3,20	3,36	3,53	3,70	3,86	4,03	4,20		
1,65	0,91	1,08	1,25	1,41	1,58	1,75	1,91	2,08	2,25	2,41	2,58	2,75	2,91	3,08	3,25	3,41	3,58	3,75	3,91	4,08	4,25		
1,70	0,96	1,13	1,30	1,46	1,63	1,80	1,96	2,13	2,30	2,46	2,63	2,80	2,96	3,13	3,30	3,46	3,63	3,80	3,96	4,13	4,30		
1,75	1,01	1,18	1,35	1,51	1,68	1,85	2,01	2,18	2,35	2,51	2,68	2,85	3,01	3,18	3,35	3,51	3,68	3,85	4,01	4,18	4,35		
1,80	1,06	1,23	1,40	1,56	1,73	1,90	2,06	2,23	2,40	2,56	2,73	2,90	3,06	3,23	3,40	3,56	3,73	3,90	4,06	4,23	4,40		
1,85	1,11	1,28	1,45	1,61	1,78	1,95	2,11	2,28	2,45	2,61	2,78	2,95	3,11	3,28	3,45	3,61	3,78	3,95	4,11	4,28	4,45		
1,90	1,16	1,33	1,50	1,66	1,83	2,00	2,16	2,33	2,50	2,66	2,83	3,00	3,16	3,33	3,50	3,66	3,83	4,00	4,16	4,33	4,50		
1,95	1,21	1,38	1,55	1,71	1,88	2,05	2,21	2,38	2,55	2,71	2,88	3,05	3,21	3,38	3,55	3,71	3,88	4,05	4,21	4,38	4,55		
2,00	1,26	1,43	1,60	1,76	1,93	2,10	2,26	2,43	2,60	2,76	2,93	3,10	3,26	3,43	3,60	3,76	3,93	4,10	4,26	4,43	4,60		

$$v = \frac{N_{sd}}{b_w \cdot h \cdot (0,68 \cdot f_{cd})}$$

$$\mu = \frac{M_{sd}}{b_w \cdot h^2 \cdot (0,68 \cdot f_{cd})}$$



$$A_{s(2)} = \omega_s \cdot A_c \cdot \frac{(0,68 \cdot f_{cd})}{f_{yd}}$$



$$A_{s(3)} = \frac{3}{2} \cdot \omega_s \cdot A_c \cdot \frac{(0,68 \cdot f_{cd})}{f_{yd}}$$

CAPÍTULO 7

APLICAÇÕES

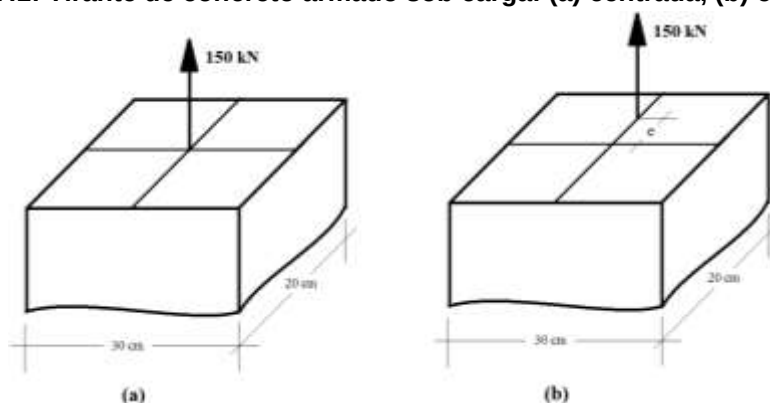
7.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

Para demonstração da utilização das tabelas interativas da taxa de armadura serão realizados dimensionamentos de tirantes, sob carga centrada e com excentricidade na aplicação, para exemplificar o emprego das tabelas da flexo – tração. E para a flexo – compressão serão calculadas as armaduras para o pilar com carga aplicada no eixo, configurando o pilar intermediário, e para o pilar com carga compressiva associada ao momento em uma direção, configurando o pilar de extremidade.

7.2. FLEXO – TRAÇÃO: TIRANTE

Um tirante de concreto armado é submetido a uma força de tração de cálculo de 150 kN. Sendo a seção transversal adotada para o cálculo da armadura de (20 cm x 30 cm). Para a primeira configuração de cálculo do tirante a carga será centrada, conforme Figura 7.1 (a). E para a segunda aplicação a força de tração será aplicada com excentricidade de 2 cm na menor dimensão, conforme Figura 7.1 (b)

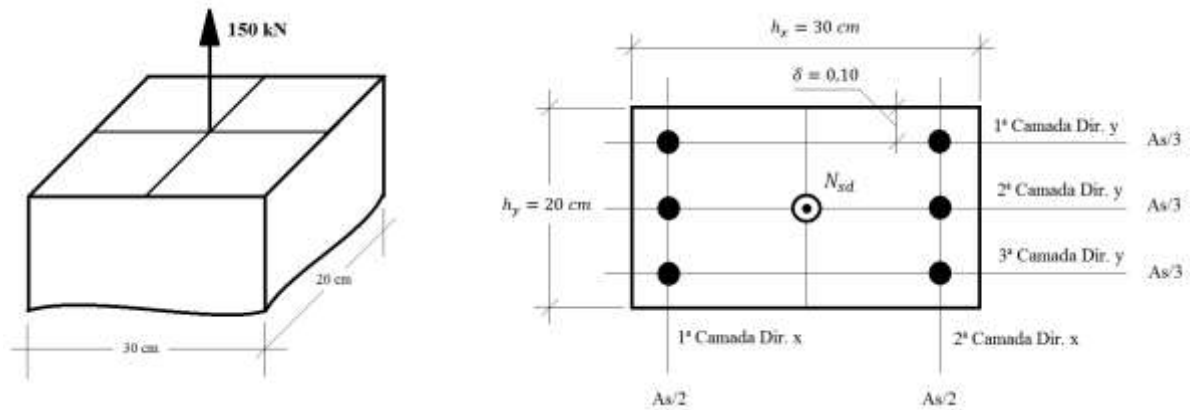
Figura 7.1: Tirante de concreto armado sob carga: (a) centrada, (b) excêntrica



7.2.1. TRAÇÃO CENTRADA

O dimensionamento do tirante ao esforço de cálculo $N_{sd} = 150 \text{ kN}$ e dimensões $h_x = 30 \text{ cm}$ e $h_y = 20 \text{ cm}$ e altura equivalente $l_e = 300 \text{ cm}$, será procedido através da utilização das tabelas de taxa de armadura para a flexo – tração, sendo estas apresentadas nos Quadros 6.1 a 6.4 em função do afastamento do aço à borda de concreto. Para esta exemplificação adotaremos o afastamento $\delta = 0,10$ para 3 camadas de aço e concreto $C - 50$, conforme Figura 7.2.

Figura 7.2: Tirante de concreto armado sob carga centrada



A excentricidade de 1ª ordem na direção x será a mínima definida na equação (2.13), desconsiderando a excentricidade na seção intermediária $e_{i_{int}}$, logo:

$$e_{1x} \geq \begin{cases} 1,5 + 0,03 \cdot h_x = 1,5 + 0,03 \cdot (30[\text{cm}]) = 2,4 \text{ cm} \\ \frac{l_e}{400} = \frac{300 [\text{cm}]}{400} = 0,75 \text{ cm} \end{cases}$$

$$e_{1x} = 2,4 \text{ cm}$$

A excentricidade de 1ª ordem na direção y será a mínima, definida na equação (2.14 a), logo:

$$e_{1y} \geq \begin{cases} 1,5 + 0,03 \cdot h_y = 1,5 + 0,03 \cdot (20[\text{cm}]) = 2,1 \text{ cm} \\ \frac{l_e}{400} = \frac{300 [\text{cm}]}{400} = 0,75 \text{ cm} \end{cases}$$

$$e_{1y} = 2,1 \text{ cm}$$

As excentricidades aplicadas nas direções x e y, serão as excentricidades de 1ª ordem:

$$e_x = e_{1x} = 2,4 \text{ cm}$$

$$e_y = e_{1y} = 2,1 \text{ cm}$$

Os momentos nas direções x e y serão obtidos pela multiplicação do esforço normal de cálculo N_{sd} pelas excentricidades e_x e e_y , respectivamente:

$$M_{sd_x} = N_{sd} \cdot e_x = 150 \text{ [kN]} \cdot \frac{2,4}{100} [\text{m}] = 3,6 \text{ kNm}$$

$$M_{sd_y} = N_{sd} \cdot e_y = 150 \text{ [kN]} \cdot \frac{2,1}{100} [\text{m}] = 3,15 \text{ kNm}$$

Determina-se os esforços adimensionais em normal ν e em momento: μ_x na direção x para duas camadas de aço, e μ_y na direção y para três camadas, recorrendo-se as equações (2.19 a – b).

$$\nu = \frac{N_{sd}}{h_x \cdot h_y \cdot (\alpha_c \cdot f_{cd})} = \frac{150 \text{ [kN]}}{(20[\text{cm}] \cdot 30[\text{cm}]) \cdot \frac{0,85 \cdot 50}{1,4 \cdot 10} \text{ kN/cm}^2} = 0,08$$

$$\mu_x = \frac{M_{sd_x}}{h_y \cdot h_x^2 \cdot (\alpha_c \cdot f_{cd})} = \frac{3,6 \text{ [kNm]}}{0,2 \text{ [m]} \cdot (30[\text{cm}])^2 \cdot \frac{0,85 \cdot 50}{1,4 \cdot 10} \left[\frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \right]} = 0,01$$

$$\mu_y = \frac{M_{sd_y}}{h_x \cdot h_y^2 \cdot (\alpha_c \cdot f_{cd})} = \frac{3,15 \text{ [kNm]}}{0,3 \text{ [m]} \cdot (20[\text{cm}])^2 \cdot \frac{0,85 \cdot 50}{1,4 \cdot 10} \left[\frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \right]} = 0,01$$

Recorrendo-se ao Quadro 6.2, pois $\delta = 0,10$, obtem-se as taxas de armadura ω_x para a direção x com 2 camadas e ω_y para a direção y com 3 camadas, realizando as devidas interpolações, assim:

$$\omega_x = 0,13$$

$$\omega_y = 0,13 \cdot \frac{3}{2} = 0,20$$

As armaduras nas duas direções (A_{s_x} e A_{s_y}) serão obtidas recorrendo-se as equações (2.20 b e c), sendo para o aço CA – 50 a tensão de cálculo $f_{yd} = 43,47826 \text{ kN/cm}^2$ e para o concreto de classe de resistência C – 50 a resistência de cálculo $f_{cd} = 3,57143 \text{ kN/cm}^2$. Assim:

$$A_{s_x} = \omega_x \cdot h_x \cdot h_y \cdot \frac{(\alpha_c \cdot f_{cd})}{f_{yd}} = 0,13 \cdot (20[\text{cm}]) \cdot (30[\text{cm}]) \cdot \frac{0,85 \cdot 3,57143}{43,47826} = 5,45 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_y} = \omega_y \cdot h_x \cdot h_y \cdot \frac{(\alpha_c \cdot f_{cd})}{f_{yd}} = 0,20 \cdot (20[\text{cm}]) \cdot (30[\text{cm}]) \cdot \frac{0,85 \cdot 3,57143}{43,47826} = 8,38 \text{ cm}^2$$

A armadura mínima para a seção de concreto armado empregada será obtida baseado na equação (2.3).

$$A_{s_{min}} \geq \begin{cases} 0,15 \cdot \frac{N_{sd}}{f_{yd}} = 0,15 \cdot \frac{150[\text{kN}]}{43,47826 \left[\frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \right]} = 0,52 \text{ cm}^2 \\ 0,004 \cdot A_c = 0,004 \cdot (20[\text{cm}]) \cdot (30[\text{cm}]) = 2,4 \text{ cm}^2 \end{cases}$$

$$A_{s_{min}} = 2,4 \text{ cm}^2$$

A armadura adotada será a maior das três envolvidas (A_{s_x} , A_{s_y} e $A_{s_{min}}$), assim prevalece a armadura na direção y, logo:

$$A_s = A_{s_y} = 8,38 \text{ cm}^2$$

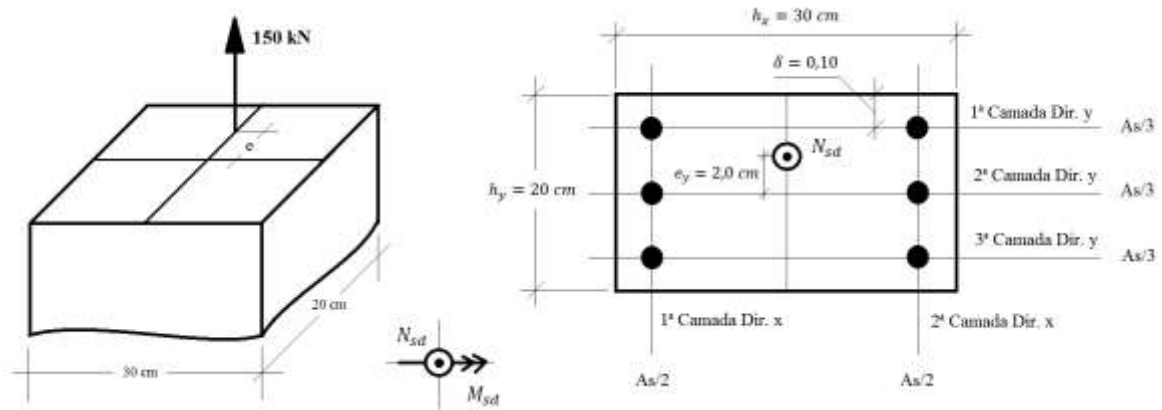
Serão empregadas 6 bitolas de aço, logo o diâmetro mínimo a ser adotado será de 1,33 cm, podendo ser adotado por questões econômicas e de segurança $6 \phi 16,0 \text{ mm}$.

7.2.2. TRAÇÃO EXCÊNTRICA

O tirante de mesma seção transversal do apresentado no item 7.2.1 sofrerá as mesmas considerações de dimensões, resistência dos materiais e distribuição

das armaduras. Diferindo apenas a aplicação da carga excêntrica de 2 cm no eixo y, conforme Figura 7.3.

Figura 7.3: Tirante de concreto armado sob carga excêntrica



A excentricidade na direção x será a mesma do caso do tirante submetido a carga centrada, porém a excentricidade y será somada a aplicação excêntrica de 2 cm da força de tração.

$$e_x = 2,4 \text{ cm}$$

$$e_y = 2,1 \text{ [cm]} + 2 \text{ [cm]} = 4,1 \text{ cm}$$

Sendo mantido o esforços adimensionais $\nu = 0,08$ e $\mu_x = 0,01$ e alterado o μ_y , porém mantendo-se a distribuição das armaduras, logo:

$$\mu_y = \frac{M_{sdy}}{h_x \cdot h_y^2 \cdot (\alpha_c \cdot f_{cd})} = \frac{150 \text{ [kN]} \cdot \frac{4,1}{100} \text{ [m]}}{0,3 \text{ [m]} \cdot (20 \text{ [cm]})^2 \cdot \frac{0,85 \cdot 50}{1,4 \cdot 10} \left[\frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \right]} = 0,02$$

A taxa de armadura na direção será mantida $\omega_x = 0,13$, necessitando interpolar no Quadro 6.2 o valor para ω_y . Assim:

$$\omega_y = 0,14 \cdot \frac{3}{2} = 0,21$$

A armadura em x será a mesma $A_{s_x} = 5,45 \text{ cm}^2$, alterando-se apenas a armadura na direção y.

$$A_{s_y} = \omega_y \cdot h_x \cdot h_y \cdot \frac{(\alpha_c \cdot f_{cd})}{f_{yd}} = 0,21 \cdot (20 \text{ [cm]}) \cdot (30 \text{ [cm]}) \cdot \frac{0,85 \cdot 3,57143}{43,47826} = 8,80 \text{ cm}^2$$

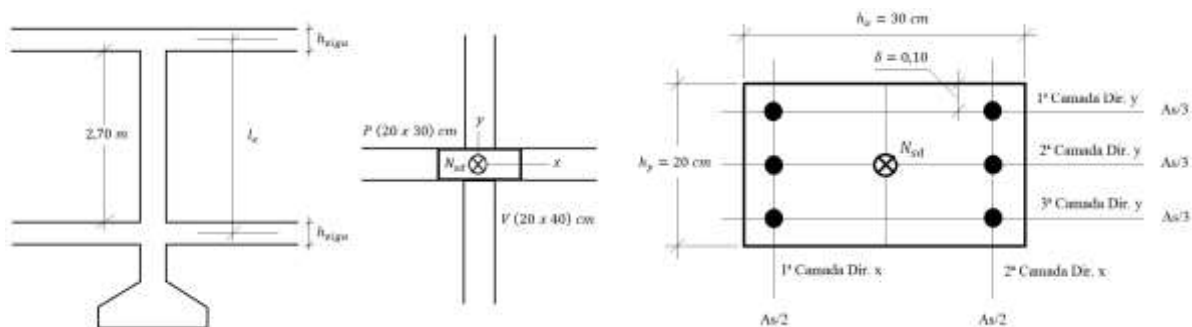
A armadura mínima será a mesma, sendo ainda superior a armadura na direção y. Pertinente ainda se faz a imposição de $6 \phi 16.0 \text{ mm}$, sendo o diâmetro mínimo de 1,37 cm.

7.3. FLEXO – COMPRESSÃO: PILAR

7.3.1. PILAR INTERMEDIÁRIO

Um pilar intermediário de seção (20 cm x 30 cm) e altura equivalente de 3,10 m é submetido a uma força compressiva de cálculo de 400 kN. Será empregado aço CA – 50 e calculada as armaduras para os concretos de classe de resistência $C - 30$, $C - 50$, $C - 70$ e $C - 90$. Os detalhes do pilar intermediário são apresentados na Figura 7.4.

Figura 7.4: Detalhes do pilar intermediário



O procedimento de cálculo é análogo ao efetuado no tirante sob carga centrada, apresentado no item 7.2.1, portanto as excentricidades serão enquadradas em função da classe de resistência do concreto, sendo acrescido o cálculo da excentricidade de 2ª ordem.

As excentricidades de 2ª ordem, em x e y, serão obtidas analogamente a equação (2.14 b). Sendo calculado o valor do esforço norma adimensional ν . O cálculo procede-se para as classes de concreto em análise, porém para ilustrar será detalhado o cálculo de ν e das excentricidades e_{2x} e e_{2y} para o concreto de classe

C – 30. Os demais serão tabulados no Quadro 7.1. Lembrando que o coeficiente α_c será função da classe de resistência do concreto, sendo 0,85 para os concretos C – 30 e C – 50 e para os concretos C – 70 e C – 90 os valores 0,77 e 0,68, respectivamente.

$$\nu_{C-30} = \frac{N_{sd}}{h_x \cdot h_y \cdot (\alpha_c \cdot f_{cd})} = \frac{400 [kN]}{(20[cm] \cdot 30[cm]) \cdot \frac{0,85 \cdot 30}{1,4 \cdot 10} \frac{kN}{cm^2}} = 0,37$$

$$e_{2x_{C-30}} = \frac{l_e^2}{10} \cdot \frac{0,05}{(\nu + 0,5) \cdot h_x} = \frac{(3,10[m])^2}{10} \cdot \frac{0,05}{(0,37 + 0,5) \cdot (0,30[m])} = 0,18410 \text{ m}$$

$$e_{2y_{C-30}} = \frac{l_e^2}{10} \cdot \frac{0,05}{(\nu + 0,5) \cdot h_y} = \frac{(3,10[m])^2}{10} \cdot \frac{0,05}{(0,37 + 0,5) \cdot (0,20[m])} = 0,27615 \text{ m}$$

No Quadro 7.1 são apresentadas as excentricidades para as classes de resistência do concreto utilizadas no dimensionamento do pilar intermediário.

Quadro 7.1: Excentricidades em x e y em (cm) para o pilar intermediário

Excentricidades	C – 30	C – 50	C – 70	C – 90
e_{1x}	2,40	2,40	2,40	2,40
e_{2x}	18,41	22,25	23,91	24,64
e_x	20,81	24,65	26,31	27,04
e_{1y}	2,10	2,10	2,10	2,10
e_{2y}	27,62	33,37	35,86	36,96
e_y	29,72	35,47	37,96	42,06

A armadura mínima para a seção de concreto armado empregada será obtida baseado na equação (2.3).

$$A_{smin} \geq \begin{cases} 0,15 \cdot \frac{N_{sd}}{f_{yd}} = 0,15 \cdot \frac{400[kN]}{43,47826 \left[\frac{kN}{cm^2} \right]} = 1,38 \text{ cm}^2 \\ 0,004 \cdot A_c = 0,004 \cdot (20[cm]) \cdot (30[cm]) = 2,4 \text{ cm}^2 \end{cases}$$

$$A_{smin} = 2,40 \text{ cm}^2$$

No Quadro 7.2 é apresentado os momentos atuantes M_{sd_x} e M_{sd_y} , os momentos adimensionais μ_x e μ_y , as taxas de armadura ω_x e ω_y e as armaduras A_{s_x} e A_{s_y} nas direções x e y, respectivamente. Sendo apresentada também a armadura mínima A_{smin} e a armadura adotada A_s . Ressaltando todos os parâmetros em função

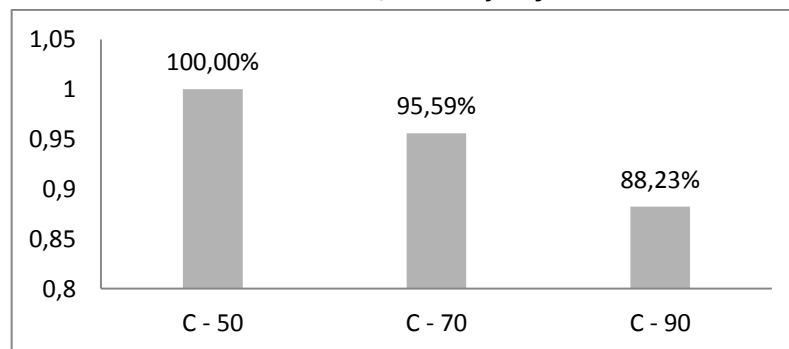
da classe de resistência do concreto empregada o afastamento de armadura de $\delta = 0,10$. As taxas de armadura para os concretos $C - 30$ e $C - 50$ são obtidas no Quadro 6.6 e do $C - 70$ no Quadro 6.18 e do concreto $C - 90$ no Quadro 6.26.

Quadro 7.2: Parâmetros e armaduras em x e y para o pilar intermediário

Parâmetros	$C - 30$	$C - 50$	$C - 70$	$C - 90$
$M_{sd_x} [kNm]$	83,24	98,60	105,24	108,16
$M_{sd_y} [kNm]$	118,88	141,88	151,84	168,24
ν	0,37	0,22	0,17	0,15
μ_x	0,25	0,18	0,15	0,14
μ_y	0,55	0,39	0,33	0,32
ω_x	0,15	0,00	0,00	0,00
$2/3 \cdot \omega_y$	0,90	0,34	0,33	0,30
$A_{s_x} [cm^2]$	6,28	0,00	0,00	0,00
$A_{s_y} [cm^2]$	56,56	21,37	18,79	15,08
$A_{s_{min}} [cm^2]$	2,40	2,40	2,40	2,40
$A_s [cm^2]$	56,56	21,37	18,79	15,08

Na Figura 7.5 é evidenciado o percentual da taxa de armadura, na direção y, nas classes de concreto analisadas. Considerando por base a taxa de armadura na classe de resistência do concreto $C - 50$ para obter a relação de redução de porcentagem de taxa de armadura com o acréscimo da resistência com os Concretos de Alta Resistência.

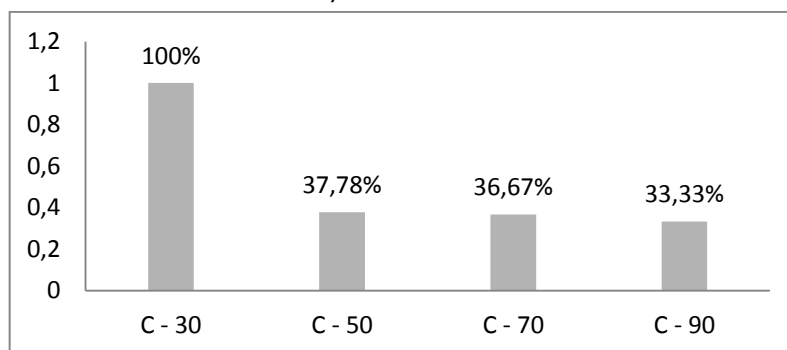
Figura 7.5: Porcentagem de taxa de armadura no pilar de extremidade em função da classe do concreto, na direção y



É notória, na Figura 7.5, a variação total de 11,77% da taxa de armadura das classes de concreto $C - 50$ a $C - 90$, isto na na direção x. Devido ao fato que neste intervalo existem 9 intervalos de 5 MPa, conclui-se que o decréscimo da taxa de armadura por classe vale 1,31%.

Se for tomado como referência a taxa de armadura obtida para o concreto $C - 30$, obtêm-se as porcentagem apresentadas na Figura 7.6.

Figura 7.6: Porcentagem de taxa de armadura no pilar de extremidade em função da classe do concreto, com base no $C - 30$

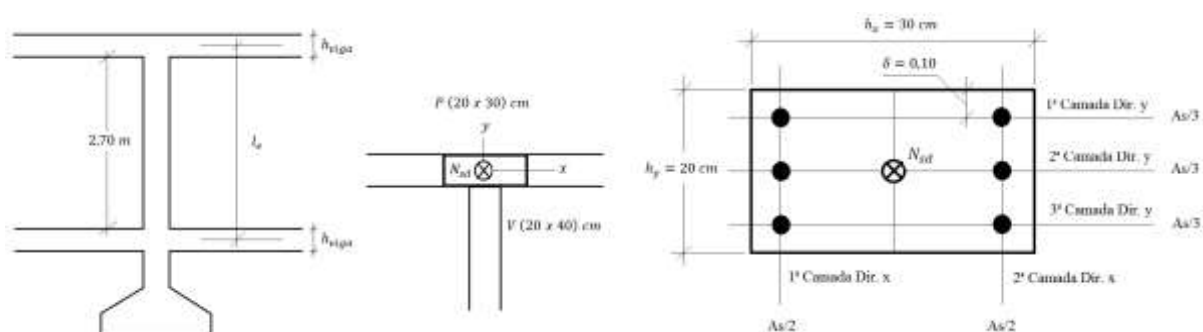


Portanto conclui-se uma variação total de 66,65 % e por classe de 5,13 %.

7.3.2. PILAR DE EXTREMIDADE

Um pilar de extremidade de seção (20 cm x 30 cm) e comprimento equivalente de 3,10 m é submetido a uma força compressiva de cálculo de 400 kN. Será empregado aço $CA - 50$ e calculada as armaduras para os concretos $C - 30$, $C - 50$, $C - 70$ e $C - 90$. A viga interrompida pelo pilar em questão tem seção transversal (20 cm x 40 cm) sob carregamento uniforme de 30 kN/m e comprimento de 5,80 m. Os detalhes do pilar de extremidade são apresentados na Figura 7.7.

Figura 7.7: Detalhes do pilar de extremidade



A rigidez de cada elemento de cada elemento será definido a partir das considerações pertinentes as equações (2.8 a – c). Assim:

$$r_{viga} = \frac{4 \cdot I_{viga}}{l_{viga}} = 4 \cdot \frac{b_{wviga} \cdot h_{viga}^3}{12 \cdot l_{viga}} = 4 \cdot \frac{(20[cm]) \cdot (30[cm])^3}{12 \cdot (580[cm])} = 735,63218 \text{ cm}^3$$

$$r_{sup} = r_{inf} = \frac{6 \cdot I_{sup}}{l_e} = 6 \cdot \frac{h_x \cdot h_y^3}{12 \cdot l_e} = 6 \cdot \frac{(30[cm]) \cdot (20[cm])^3}{12 \cdot (310[cm])} = 387,09677 \text{ cm}^3$$

Em primeira análise calcula-se o momento de engastamento perfeito da viga X e os coeficientes de distribuição do momento de engastamento em função das rigidezas de cada elemento.

$$X = \frac{p_{viga} \cdot l_{viga}^2}{12} = \frac{30 \left[\frac{kN}{m} \right] \cdot (5,80[m])^2}{12} = 84,1 \text{ kNm}$$

$$k_{viga} = \frac{r_{sup} + r_{inf}}{r_{sup} + r_{inf} + r_{viga}} = \frac{2 \cdot (387,09677 [cm^3])}{2 \cdot (387,09677 [cm^3]) + 735,63218 [cm^3]} = 0,51277$$

$$k_{psup} = k_{pinf} = \frac{r_{sup}}{r_{sup} + r_{inf} + r_{viga}} = \frac{387,09677 [cm^3]}{2 \cdot (387,09677 [cm^3]) + 735,63218 [cm^3]} = 0,25639$$

Os momentos ativados no pilar e na viga são:

$$M_{viga} = k_{viga} \cdot X = 0,51277 \cdot (84,1[kNm]) = 43,12396 \text{ kNm}$$

$$M_{psup} = M_{pinf} = k_{psup} \cdot X = 0,25639 \cdot (84,1[kNm]) = 21,56240 \text{ kNm}$$

A excentricidade inicial no topo e na base do pilar são iguais e baseadas nas equações (2.10 a – c).

$$e_{Ax} = e_{Bx} = \frac{M_{psup}}{N_{sd}} = \frac{21,56240 [kNm]}{400 [kN]} = 0,05391 \text{ m} = 5,39 \text{ cm}$$

Baseado na equação (2.11) a excentricidade na seção intermediária será:

$$e_{int} \geq \begin{cases} 0,6 \cdot e_{Bx} + 0,4 \cdot e_{Ax} = 0,6 \cdot (5,39 [cm]) + 0,4 \cdot (5,39 [cm]) = 5,39 \text{ cm} \\ 0,4 \cdot e_{Bx} = 0,4 \cdot (5,39 [cm]) = 2,16 \text{ cm} \end{cases}$$

Para o 1º dimensionamento a excentricidade em x será calculada pela equação (2.12).

$$e_x \geq \begin{cases} 1,5 + 0,03 \cdot h_x = 1,5 + 0,03 \cdot (30[cm]) = 2,4 \text{ cm} \\ e_{Ax} + \frac{l_e}{400} = 5,39 [cm] + \frac{310 [cm]}{400} = 6,17 \text{ cm} \end{cases}$$

$$e_x = 6,17 \text{ cm}$$

Para o 2º dimensionamento a excentricidade de 1ª ordem em x será calculada pela equação (2.13 a).

$$e_{1x_{int}} \geq \begin{cases} 1,5 + 0,03 \cdot h_x \\ e_{i_{int}} + \frac{l_e}{400} \end{cases}$$

Como e_{Ax} é igual a $e_{i_{int}}$, logo a excentricidade do 2º dimensionamento assume o valor da excentricidade empregada no primeiro dimensionamento.

$$e_{1x_{int}} = 6,17 \text{ cm}$$

A excentricidade de 2ª ordem será análoga a equação (2.13 b) em função da classe de resistência do concreto e a excentricidade total na direção x, definida pela equação (2.13 c). Para o 3º dimensionamento a excentricidade de 1ª ordem e_{1y} será a mesma para todas as classes de resistência do concreto.

$$e_{1y_{int}} \geq \begin{cases} 1,5 + 0,03 \cdot h_y = 1,5 + 0,03 \cdot (20[cm]) = 2,1 \text{ cm} \\ \frac{l_e}{400} = \frac{310 [cm]}{400} = 0,775 \text{ cm} \end{cases}$$

$$e_{1y_{int}} = 2,1 \text{ cm}$$

Porém a excentricidade de 2ª ordem será função do concreto empregado, baseado os cálculos nas equações (2.14 a – c). Todas as excentricidades em função do concreto empregado são apresentados no Quadro 7.3.

Quadro 7.3: excentricidades em x e y em (cm) para o pilar de extremidade

Seções	Excentricidades	C – 30	C – 50	C – 70	C – 90
Extremidade	e_x	6,17	6,17	6,17	6,17
Intermediária	$e_{1x_{int}}$	6,17	6,17	6,17	6,17
Direção	$e_{2x_{int}}$	18,41	22,25	23,91	24,64
x	$e_{x_{int}}$	24,58	28,42	30,08	30,81
Intermediária	$e_{1y_{int}}$	2,10	2,10	2,10	2,10
Direção	$e_{2y_{int}}$	27,62	33,37	35,86	36,96
y	$e_{y_{int}}$	29,72	35,47	37,96	39,06

Os três dimensionamentos ocorrerão para o esforço normal de compressão $N_{sd} = 650 \text{ kN}$ e os momentos de cálculo obtidos via as equações de (2.16) a (2.18), respectivamente. Sendo os momentos fletores de cálculo apresentados no Quadro 7.4.

Quadro 7.4: Momento fletor de cálculo em (kNm) por seção de dimensionamento para o pilar de extremidade

Seções	Momentos	C – 30	C – 50	C – 70	C – 90
Extremidade	M_{sd_x}	24,68	24,68	24,68	24,68
Intermediária Direção x	$M_{sd_{x_{int}}}$	98,32	113,68	120,32	123,24
Intermediária Direção y	$M_{sd_{y_{int}}}$	118,88	141,88	151,84	156,24

No Quadro 7.5 apresentam-se os momentos adimensionais μ_x e μ_y por seção de dimensionamento e classe de resistência do concreto, baseado nas equações (2.19 a – b). Sendo também expressas as taxas de armadura ω_x e ω_y para o afastamento de $\delta = 0,10$, constantes nos Quadros 6.6 para as classes de C – 30 e C – 50 e nos Quadros 6.18 e 6.26 para as classes C – 70 e C – 90, respectivamente. Ainda no referido Quadro 7.5 será apresentada as armaduras para os três dimensionamentos, constantes nas equações (2.10 a – c) e a armadura mínima apresentada na equação (2.3). E por fim adotada a maior das armadura A_s ; No caso adotada a armadura mínima.

Quadro 7.5: Parâmetros e armaduras em x e y para o pilar de extremidade

Seções	Parâmetros	C – 30	C – 50	C – 70	C – 90
Extremidade	$\mu_{x_{ext}}$	0,08	0,05	0,04	0,03
	$\nu_{x_{ext}}$	0,37	0,22	0,17	0,15
	$\omega_{x_{ext}}$	0,00	0,00	0,00	0,00
	$A_{s_{x_{ext}}} [cm^2]$	0,00	0,00	0,00	0,00
Intermediária Direção x	$\mu_{x_{int}}$	0,30	0,21	0,17	0,14
	$\nu_{x_{int}}$	0,37	0,22	0,17	0,15
	$\omega_{x_{int}}$	0,28	0,01	0,00	0,00
	$A_{s_{x_{int}}} [cm^2]$	11,73	0,42	0,00	0,00
Intermediária Direção y	$\mu_{y_{int}}$	0,54	0,39	0,33	0,30
	$\nu_{y_{int}}$	0,37	0,22	0,17	0,15
	$\omega_{y_{int}}$	0,83	0,37	0,36	0,35
	$A_{s_{y_{int}}} [cm^2]$	52,16	23,25	20,49	17,60
$A_{s_{min}} [cm^2]$		2,40	2,40	2,40	2,40
$A_s [cm^2]$		52,16	23,25	20,49	17,60

CAPÍTULO 8

CONSIDERAÇÕES E SUGESTÕES

8.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise do funcionamento estrutural de peças retangulares de concreto armado sob flexão composta normal foi realizada explicitando a ocorrência de cada domínio de deformação da seção transversal. Para os domínios (2a) e (2b) foram integradas as funções de tensão para obtenção da resultante de compressão no concreto. Para os domínios (3), (4a) e (5) foram utilizadas as simplificações decorrentes à transformação do diagrama tensão – deformação parábola – retângulo por um diagrama retangular com profundidade minorada, isto repetindo as normatizações em vigência do cálculo estrutural de concreto armado da ABNT NBR 6118:2014.

Posteriormente foram obtidos os equacionamentos necessários para a quantificação da taxa de armadura para cada domínio de deformação, sendo a análise do domínio (1) resultando na taxa de armadura e tabela interativa de (μ, ν) para a flexo – tração. O estudo dos demais domínios de deformação culminaram na obtenção da taxa de armadura para a flexo – compressão; Ambas as análises decorreram para duas configurações de armadura: a primeira com 2 camadas de aço, onde utilizou-se A_s e A_s' nas extremidades para quantificação, com certa profundidade para proteção da armadura à corrosão. A segunda com 3 camadas; utilizando-se além das anteriores, a armadura A_{s_1} na linha do centro de gravidade da seção transversal. Vale ressaltar a simetria na distribuição das armaduras para todos os casos envolvidos.

Em término são apresentadas tabelas com configuração simples de utilização para engenheiros estruturais, estudantes e pesquisadores da área para o dimensionamento de peças retangulares de concreto armado submetidas à flexo – tração e/ou flexo – compressão normais. Inclusive apresentam-se quatro exemplos de aplicação; sendo dois para tirantes e os demais para pilares, intermediário e de extremidade. No exemplo de pilar de extremidade foi realizado estudo de redução da taxa de armadura em função do acréscimo de resistência a compressão do concreto, sendo constatada uma redução média de 1,31% na utilização dos Concretos de Alta Resistência.

Após a imposição da simplificação de equacionar o domínio em seu limite foi verificado para os concretos de classe $C - 50$ nos afastamentos ($\delta = 0,05$; $\delta = 0,10$; $\delta = 0,15$ e $\delta = 0,20$), isto com base nas tabelas de flexo – compressão normal para duas camadas de armadura apresentadas em Araújo (2003). Portanto constatando que a simplificação implica em uma variação média de 6,48% nos valores das taxas de armadura ω_s .

8.2. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Após análise decorrida e o detalhamento realizado para seções retangulares sob flexão composta reta para concretos até $C - 90$, sugere-se a análise por trabalhos futuros dos seguintes temas:

- Realizar a análise com o diagrama parábola-retângulo ao invés da utilização retangular sugerida na ABNT NBR 6118:2014;
- Analisar a flexão composta normal, com simetria na distribuição das armaduras e para demais configurações de seções transversais não retangulares, a exemplificar: seções triangulares, circulares maciças e vazadas e rômbricas e
- Analisar as variadas seções sugeridas no item anterior sob a flexão composta normal, com a distribuição não simétrica das armaduras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, E.A.B.; PINHEIRO, L.M. **Pilares de concreto armado de alto desempenho: Particularidades sob o projeto**. Cadernos de Engenharia de Estruturas, São Carlos, V.10, n.42, p.111-127, 2008, ISSN: 1809-5860.

ARAÚJO, J.M. **Curso de Concreto Armado: Volume 3**. Editora DUNAS. Rio Grande. 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8953: Concreto para fins estruturais – Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência**. Rio de Janeiro. 2015.

BARBOSA, N.P. **Estruturas de Concreto Armado II: Notas de Aula**. UFPB. João Pessoa. 2011.

CHEN, Wai-Fah. **Plasticity in reinforced concrete**. McGraw-Hill. New York, 1982. Reprint. J.ROSS Publishing, 2007.

COLLINS, M. P.; MITCHEL, D.; MAC GREGOR, J. C. **Structural design considerations for high strength concrete**. Concrete International, ACI, p. 27-34, May, 1993.

CRUZ, J.M.F. **Estruturas de Concreto Armado III: Notas de Aula**. UFPB. João Pessoa. 2012.

FUSCO, P.B. **Estruturas de Concreto: Solicitações Normais**. Editora GUANABARA DOIS S.A. Rio de Janeiro. 1981.

GIONGO, J.S. **Concreto Armado: Introdução e Propriedades dos Materiais**. USP. São Carlos. 2009.

KOTSOVOS, M.D.; NEWMAN, J.B. **Behavior of Concrete under Multiaxial Stress**. J. Am. Concr. Inst. V.74, n.9, p.443-446.

LUCENA, C.A.T. **Estruturas de Concreto Armado I: Notas de Aula**. UFPB. João Pessoa. 2011.

MELO, W.I.G. **Projeto Estrutural: Modelagem, Análise dos Esforços, Dimensionamento e Detalhamento das Estruturas de Concreto Armado – Um Estudo de Caso**. 101 páginas. TCC. UFPB. João Pessoa. 25/02/2013. Material Impresso.

MONTOYA, P.J.; MESEGUER, A. G.; CABRÉ, F. M. **Hormigón Armado**. 14^a ed. Editorial Gustavo Gili S.A. Barcelona. 2000.

RÜSCH, H. **Hormigón armado y hormigón pretensado**. Barcelona: Continental, 1975.

SANTOS, L.M. **Cálculo de Concreto Armado**: Volume 2. Editora LMS LTDA. São Paulo. 1981.

SCHAUM, D. **Manual de Fórmulas e Tabelas Matemáticas**. 3^a ed. São Paulo: ARTMED Editora S.A., 2010.

SÜSSEKIND, J.C. **Curso de Concreto**: Volume II. Editora Globo. Rio de Janeiro. 1987.

THE EUROPEAN UNION PER REGULATION. **EUROCODE 02**: Design of concrete structures – Part 1-1: General rules and rules for buildings. Bristish Standards Institution. 2004.

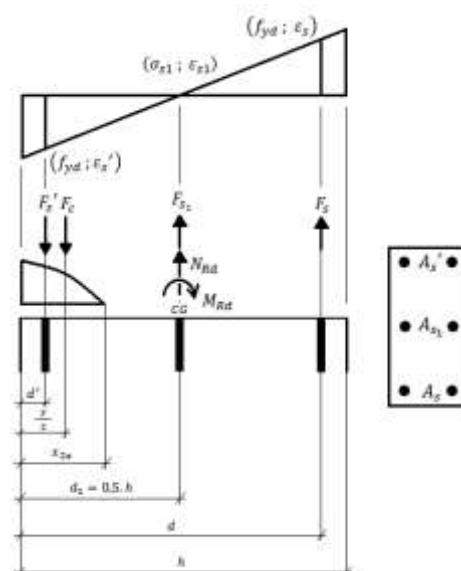
VENTURINI, W.S.; RODRIGUES, R.O. **Dimensionamento de Peças Retangulares de Concreto Armado Solicitadas à Flexão Reta**. USP. São Carlos. 1987. Reimpressão: 2000.

ANEXO I

TENSÃO NA FLEXO-COMPRESSÃO PARA A CONFIGURAÇÃO DE 3 CAMADAS DE AÇO

Para o caso particular que a tensão atuante na armadura A_s será a mesma na armadura A_s' e de escoamento do aço f_{yd} . Impondo ainda as condições de simetria em área e distribuição das referidas camadas de aço, fica evidente na Figura A.1.

Figura A.1: Tensão e deformação na configuração de 3 camadas de armadura



Para a deformação ε_s admite-se tensão f_{yd} , a mesma tensão aplica-se a deformação ε_s' e por semelhança de triângulos observa-se que a deformação ε_{s1} na armadura central A_{s1} será nula. Deste modo a taxa de armadura será função das armaduras A_s e A_s' , o que repercute apenas 2/3 da armadura total da seção. Assim é necessário impor na taxa de armadura total ω_s a majoração pelo fator 3/2, acrescentando assim a parcela da armadura A_{s1} .

Pode-se ainda multiplicar a taxa de armadura para a configuração de 2 camadas de armadura $\omega_{s(2\phi)}$ por 3/2 e obter a taxa de armadura para a configuração de 3 camadas $\omega_{s(3\phi)}$. Logo:

$$\omega_{s(3\phi)} = \frac{3}{2} \cdot \omega_{s(2\phi)} \quad (A.1)$$

ANEXO II

FUNÇÕES SIMPLIFICADAS DA TAXA DE ARMADURA PARA A CONFIGURAÇÃO DE 2 CAMADAS DE AÇO

Quadro A.1: Funções simplificadas da taxa de armadura ω_s para o domínio (2a) e configuração de 2 camadas

δ	Classe	Funções Simplificadas	$v_{2a_{\min}}$	$v_{2a_{\max}}$
0,05	C – 50	$[(0,45)^{-1} \cdot \mu] - v + 0,00319$	0,00	0,10
	C – 55	$[(0,45)^{-1} \cdot \mu] - v + 0,00433$	0,00	0,10
	C – 60	$[(0,45)^{-1} \cdot \mu] - v + 0,00456$	0,00	0,10
	C – 70	$[(0,45)^{-1} \cdot \mu] - v + 0,00455$	0,00	0,10
	C – 80	$[(0,45)^{-1} \cdot \mu] - v + 0,00427$	0,00	0,10
	C – 90	$[(0,45)^{-1} \cdot \mu] - v + 0,00386$	0,00	0,10
0,10	C – 50	$[(0,40)^{-1} \cdot \mu] - v - 0,01020$	0,00	0,10
	C – 55	$[(0,40)^{-1} \cdot \mu] - v - 0,00956$	0,00	0,10
	C – 60	$[(0,40)^{-1} \cdot \mu] - v - 0,00919$	0,00	0,10
	C – 70	$[(0,40)^{-1} \cdot \mu] - v - 0,00862$	0,00	0,10
	C – 80	$[(0,40)^{-1} \cdot \mu] - v - 0,00815$	0,00	0,10
	C – 90	$[(0,40)^{-1} \cdot \mu] - v - 0,00773$	0,00	0,10
0,15	C – 50	$[(0,35)^{-1} \cdot \mu] - v - 0,02569$	0,00	0,10
	C – 55	$[(0,35)^{-1} \cdot \mu] - v - 0,02562$	0,00	0,10
	C – 60	$[(0,35)^{-1} \cdot \mu] - v - 0,02509$	0,00	0,10
	C – 70	$[(0,35)^{-1} \cdot \mu] - v - 0,02385$	0,00	0,10
	C – 80	$[(0,35)^{-1} \cdot \mu] - v - 0,02252$	0,00	0,10
	C – 90	$[(0,35)^{-1} \cdot \mu] - v - 0,02114$	0,00	0,10
0,20	C – 50	$[(0,30)^{-1} \cdot \mu] - v - 0,04433$	0,00	0,10
	C – 55	$[(0,30)^{-1} \cdot \mu] - v - 0,04494$	0,00	0,10
	C – 60	$[(0,30)^{-1} \cdot \mu] - v - 0,04421$	0,00	0,10
	C – 70	$[(0,30)^{-1} \cdot \mu] - v - 0,04216$	0,00	0,10
	C – 80	$[(0,30)^{-1} \cdot \mu] - v - 0,03979$	0,00	0,10
	C – 90	$[(0,30)^{-1} \cdot \mu] - v - 0,03726$	0,00	0,10

Quadro A.2: Funções simplificadas da taxa de armadura ω_s para o domínio (2b) e configuração de 2 camadas

δ	Classe	Funções Simplificadas	$v_{2b_{\min}}$	$v_{2b_{\max}}$
0,05	C – 50	$[(0,45)^{-1} \cdot \mu] - v + 0,01806$	0,15	0,15
0,10	C – 50	$[(0,40)^{-1} \cdot \mu] - v - 0,00264$	0,15	0,15
0,15	C – 50	$[(0,35)^{-1} \cdot \mu] - v - 0,02648$	0,15	0,15
0,20	C – 50	$[(0,30)^{-1} \cdot \mu] - v - 0,05502$	0,15	0,15

Quadro A.3: Funções simplificadas da taxa de armadura ω_s para o domínio (3) e configuração de 2 camadas

δ	Classe	Funções Simplificadas	v_{3min}	v_{3max}
0,05	C – 50	$[(0,45)^{-1} \cdot \mu] - v - 0,73177$	0,20	2,90
	C – 55	$[(0,45)^{-1} \cdot \mu] - v - 0,68376$	0,15	2,75
	C – 60	$[(0,45)^{-1} \cdot \mu] - v - 0,64272$	0,15	2,65
	C – 70	$[(0,45)^{-1} \cdot \mu] - v - 0,57847$	0,15	2,50
	C – 80	$[(0,45)^{-1} \cdot \mu] - v - 0,52865$	0,15	2,45
	C – 90	$[(0,45)^{-1} \cdot \mu] - v - 0,48387$	0,15	2,35
0,10	C – 50	$[(0,40)^{-1} \cdot \mu] - v - 0,84006$	0,20	3,25
	C – 55	$[(0,40)^{-1} \cdot \mu] - v - 0,78338$	0,15	3,10
	C – 60	$[(0,40)^{-1} \cdot \mu] - v - 0,73523$	0,15	3,00
	C – 70	$[(0,40)^{-1} \cdot \mu] - v - 0,66044$	0,15	2,80
	C – 80	$[(0,40)^{-1} \cdot \mu] - v - 0,60289$	0,15	2,75
	C – 90	$[(0,40)^{-1} \cdot \mu] - v - 0,55133$	0,15	2,65
0,15	C – 50	$[(0,35)^{-1} \cdot \mu] - v - 0,97165$	0,20	3,70
	C – 55	$[(0,35)^{-1} \cdot \mu] - v - 0,90451$	0,15	3,50
	C – 60	$[(0,35)^{-1} \cdot \mu] - v - 0,84779$	0,15	3,35
	C – 70	$[(0,35)^{-1} \cdot \mu] - v - 0,76027$	0,15	3,20
	C – 80	$[(0,35)^{-1} \cdot \mu] - v - 0,69332$	0,15	3,10
	C – 90	$[(0,35)^{-1} \cdot \mu] - v - 0,63354$	0,15	3,00
0,20	C – 50	$[(0,30)^{-1} \cdot \mu] - v - 1,13821$	0,20	4,25
	C – 55	$[(0,30)^{-1} \cdot \mu] - v - 1,05794$	0,15	4,05
	C – 60	$[(0,30)^{-1} \cdot \mu] - v - 0,99044$	0,15	3,90
	C – 70	$[(0,30)^{-1} \cdot \mu] - v - 0,88686$	0,15	3,65
	C – 80	$[(0,30)^{-1} \cdot \mu] - v - 0,80806$	0,15	3,55
	C – 90	$[(0,30)^{-1} \cdot \mu] - v - 0,73787$	0,15	3,45

ANEXO III

ANÁLISE COMPARATIVA DAS TAXAS DE ARMADURA ω_s

Quadro A.4: Análise comparativa da taxa de armadura ω_s para $\delta = 0,05$ com $\mu = 0,00$ e $\mu = 0,30$

$\delta = 0,05$	$\mu = 0,00$					$\mu = 0,30$				
	Melo (2015)		Melo (2015)		Araújo (2003)	Melo (2015)		Melo (2015)		Araújo (2003)
	Int.	%	Apr.	%		Int.	%	Apr.	%	
$\nu = 0,00$	0,00	-----	0,00	-----	0,00	0,67	-----	0,67	-----	0,67
$\nu = 0,10$	0,00	-----	0,00	-----	0,00	0,57	-----	0,57	-----	0,57
$\nu = 0,50$	0,00	-----	0,00	-----	0,00	0,10	75,61	0,43	4,88	0,41
$\nu = 1,00$	0,03	3,00	0,27	7,00	0,00	0,70	5,71	0,93	25,68	0,74
$\nu = 1,50$	0,65	20,37	0,77	42,59	0,54	1,31	11,02	1,43	21,19	1,18
$\nu = 2,00$	1,28	17,43	1,27	16,51	1,09	1,95	17,46	1,93	16,27	1,66

Quadro A.5: Análise comparativa da taxa de armadura ω_s para $\delta = 0,05$ com $\mu = 0,60$ e $\mu = 0,80$

$\delta = 0,05$	$\mu = 0,60$					$\mu = 0,80$				
	Melo (2015)		Melo (2015)		Araújo (2003)	Melo (2015)		Melo (2015)		Araújo (2003)
	Int.	%	Apr.	%		Int.	%	Apr.	%	
$\nu = 0,00$	1,33	0,75	1,34	-----	1,34	1,78	0,56	1,78	0,56	1,79
$\nu = 0,10$	1,24	-----	1,24	-----	1,24	1,68	0,59	1,68	0,59	1,69
$\nu = 0,50$	0,77	28,70	1,10	1,85	1,08	1,21	20,92	1,55	1,31	1,53
$\nu = 1,00$	1,36	7,48	1,60	8,84	1,47	1,81	6,70	2,05	5,67	1,94
$\nu = 1,50$	1,98	4,21	2,10	10,53	1,90	2,42	1,68	2,55	7,14	2,38
$\nu = 2,00$	2,61	10,59	2,60	10,17	2,36	3,06	7,75	3,05	7,39	2,84

Quadro A.6: Análise comparativa da taxa de armadura ω_s para $\delta = 0,10$ com $\mu = 0,00$ e $\mu = 0,30$

$\delta = 0,10$	$\mu = 0,00$					$\mu = 0,30$				
	Melo (2015)		Melo (2015)		Araújo (2003)	Melo (2015)		Melo (2015)		Araújo (2003)
	Int.	%	Apr.	%		Int.	%	Apr.	%	
$\nu = 0,00$	0,00	-----	0,01	1,00	0,00	0,67	9,46	0,76	2,70	0,74
$\nu = 0,10$	0,00	-----	0,00	-----	0,00	0,57	10,94	0,66	3,13	0,64
$\nu = 0,50$	0,00	-----	0,00	-----	0,00	0,10	78,72	0,41	12,77	0,47
$\nu = 1,00$	0,03	3,00	0,16	16,00	0,00	0,69	14,81	0,91	12,35	0,81
$\nu = 1,50$	0,63	16,67	0,66	22,22	0,54	1,30	4,00	1,41	12,80	1,25
$\nu = 2,00$	1,25	14,68	1,16	6,42	1,09	1,92	10,34	1,91	9,77	1,74

Quadro A.7: Análise comparativa da taxa de armadura ω_s para $\delta = 0,10$ com $\mu = 0,60$ e $\mu = 0,80$

$\delta = 0,10$	$\mu = 0,60$					$\mu = 0,80$				
	Melo (2015)		Melo (2015)		Araújo (2003)	Melo (2015)		Melo (2015)		Araújo (2003)
	Int.	%	Apr.	%		Int.	%	Apr.	%	
$\nu = 0,00$	1,33	10,74	1,51	1,34	1,49	1,78	10,55	2,01	1,00	1,99
$\nu = 0,10$	1,24	11,43	1,41	0,71	1,40	1,68	11,58	1,91	0,53	1,90
$\nu = 0,50$	0,77	37,40	1,16	5,69	1,23	1,22	29,89	1,66	4,60	1,74
$\nu = 1,00$	1,36	16,56	1,66	1,84	1,63	1,80	16,67	2,16	-----	1,16
$\nu = 1,50$	1,97	4,83	2,16	4,35	2,07	2,41	7,31	2,66	2,31	1,60
$\nu = 2,00$	2,59	2,37	2,66	5,14	2,53	3,03	0,98	3,16	3,27	3,06

Quadro A.8: Análise comparativa da taxa de armadura ω_s para $\delta = 0,15$ com $\mu = 0,00$ e $\mu = 0,30$

$\delta = 0,15$	$\mu = 0,00$			$\mu = 0,30$		
	Melo (2015)		Araújo (2003)	Melo (2015)		Araújo (2003)
	Apr.	%		Apr.	%	
$\nu = 0,00$	0,00	-----	0,00	0,83	-----	0,83
$\nu = 0,10$	0,00	-----	0,00	0,73	-----	0,73
$\nu = 0,50$	0,00	-----	0,00	0,39	29,09	0,55
$\nu = 1,00$	0,03	3,00	0,00	0,89	1,11	0,90
$\nu = 1,50$	0,53	1,85	0,54	1,24	7,46	1,34
$\nu = 2,00$	1,03	5,50	1,09	1,89	3,28	1,83

Quadro A.9: Análise comparativa da taxa de armadura ω_s para $\delta = 0,15$ com $\mu = 0,60$ e $\mu = 0,80$

$\delta = 0,15$	$\mu = 0,60$			$\mu = 0,80$		
	Melo (2015)		Araújo (2003)	Melo (2015)		Araújo (2003)
	Apr.	%		Apr.	%	
$\nu = 0,00$	1,69	-----	1,69	2,26	-----	2,26
$\nu = 0,10$	1,59	-----	1,59	2,16	0,46	2,17
$\nu = 0,50$	1,24	13,29	1,43	1,81	9,50	2,00
$\nu = 1,00$	1,60	12,57	1,83	2,31	4,94	2,43
$\nu = 1,50$	2,24	1,32	2,27	2,81	2,09	2,87
$\nu = 2,00$	2,74	0,37	2,73	3,31	0,60	3,33

Quadro A.10: Análise comparativa da taxa de armadura ω_s para $\delta = 0,20$ com $\mu = 0,00$ e $\mu = 0,30$

$\delta = 0,20$	$\mu = 0,00$			$\mu = 0,30$		
	Melo (2015)		Araújo (2003)	Melo (2015)		Araújo (2003)
	Apr.	%		Apr.	%	
$\nu = 0,00$	0,00	-----	0,00	0,96	2,13	0,94
$\nu = 0,10$	0,00	-----	0,00	0,84	-----	0,84
$\nu = 0,50$	0,00	-----	0,00	0,36	45,45	0,66
$\nu = 1,00$	0,00	-----	0,00	0,86	14,85	1,01
$\nu = 1,50$	0,36	33,33	0,54	1,36	6,21	1,45
$\nu = 2,00$	0,86	21,10	1,09	1,86	3,63	1,93

Quadro A.11: Análise comparativa da taxa de armadura ω_s para $\delta = 0,20$ com $\mu = 0,60$ e $\mu = 0,80$

$\delta = 0,20$	$\mu = 0,60$			$\mu = 0,80$		
	Melo (2015)		Araújo (2003)	Melo (2015)		Araújo (2003)
	Apr.	%		Apr.	%	
$\nu = 0,00$	1,96	0,51	1,95	2,62	-----	2,62
$\nu = 0,10$	1,84	0,54	1,85	2,51	0,79	2,53
$\nu = 0,50$	1,36	20,47	1,71	2,03	15,42	2,40
$\nu = 1,00$	1,86	11,43	2,10	2,53	9,32	2,79
$\nu = 1,50$	2,36	6,72	2,53	3,03	6,48	3,24
$\nu = 2,00$	2,86	4,35	2,99	3,53	4,34	3,69