

vados padrões, com imediatos e consequentes benefícios para toda a população; torna-se, assim, necessário promover a formação de profissionais, para que o exercício nesta área de actividade se desenvolva com a indispensável dignidade, facultando, por sua vez, o acesso a uma preparação adequada.

Nestes termos, ao abrigo do n.º 7 do artigo 7.º do Decreto-Lei n.º 510/82, de 3 de Agosto:

Manda o Governo da República Portuguesa, pela Ministra da Saúde, que ao quadro a que se refere o n.º 3 do artigo 3.º da Portaria n.º 1223-B/82, de 28 de Dezembro, anexo à mesma portaria, seja acrescentada, no seu grupo II, a área profissional a que corresponde o internato complementar de imunoalergologia, sendo a duração global do treino de 5 anos e o tempo de duração dos estágios o seguinte: 6 meses em serviços de medicina interna e em serviços de pediatria geral, 3 meses nas valências de pneumologia, dermatologia e laboratório de imunologia, 2 meses em otorrinolaringologia, 3 meses em sectores de imunoalergologia, de pediatria ou de medicina interna e 34 meses em imunoalergologia.

Ministério da Saúde.

Assinada em 10 de Julho de 1986.

A Ministra da Saúde, *Maria Leonor Couceiro Pinheiro Beleza de Mendonça Tavares*.

MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES E COMUNICAÇÕES

Conselho Superior de Obras Públicas e Transportes

Decreto-Lei n.º 211/86

de 31 de Julho

O Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes, aprovado pelo Decreto-Lei n.º 235/83, de 31 de Maio, ao introduzir profundas alterações nos critérios gerais de verificação da segurança das estruturas relativamente à regulamentação anterior tornou necessário proceder à harmonização dos regulamentos relativos aos diversos tipos de estruturas e de materiais com os novos critérios de segurança.

Tal harmonização, que já foi levada a cabo para as estruturas de betão armado e pré-esforçado mediante um novo regulamento instituído pelo Decreto-Lei n.º 349-C/83, de 30 de Julho, é pelo presente diploma completada relativamente às estruturas de aço para edifícios.

Estes trabalhos, tal como os que conduziram à regulamentação anteriormente citada, foram realizados pela subcomissão competente da Comissão de Revisão e Instituição dos Regulamentos Técnicos, do Conselho Superior de Obras Públicas e Transportes, com base em estudos e propostas do Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

Encontrando-se em apreciação pelos países membros da Comissão das Comunidades Europeias um conjunto de regulamentos unificados — Eurocodes —, a aplicar no projecto de execução de construções de vários ti-

pos de materiais, haverá todo o interesse em acompanhar a apreciação e aprovação destes documentos, com o objectivo de promover a sua implementação em Portugal, servindo de base, nomeadamente, ao futuro aperfeiçoamento da regulamentação que agora se aprova.

Assim:

O Governo decreta, nos termos da alínea a) do n.º 1 do artigo 201.º da Constituição, o seguinte:

Artigo 1.º É aprovado o Regulamento de Estruturas de Aço para Edifícios que faz parte integrante do presente diploma.

Art. 2.º É revogado o Regulamento de Estruturas de Aço para Edifícios aprovado pelo Decreto n.º 46 160, de 19 de Janeiro de 1965.

Art. 3.º Durante o prazo de um ano, a contar da data de publicação do presente diploma, poderão ser submetidos à aprovação das entidades competentes projectos elaborados de acordo com a legislação revogada pelo artigo 2.º, aplicada em conjunto com o Regulamento de Solicitações em Edifícios e Pontes, aprovado pelo Decreto n.º 44 041, de 18 de Novembro de 1961.

Visto e aprovado em Conselho de Ministros de 20 de Março de 1986. — *Aníbal António Cavaco Silva* — *João Maria Leitão de Oliveira Martins*.

Promulgado em 5 de Abril de 1986.

Publique-se.

O Presidente da República, MARIO SOARES.

Referendado em 11 de Abril de 1986.

O Primeiro-Ministro, *Aníbal António Cavaco Silva*.

MEMÓRIA JUSTIFICATIVA

O Regulamento de Estruturas de Aço para Edifícios (REAE), promulgado pelo Decreto n.º 46 160, de 19 de Janeiro de 1965, seguia critérios de verificação da segurança correspondentes à formulação clássica deste problema, utilizando o conceito de tensão de segurança, e estava articulado, naturalmente, com as regras de quantificação e de combinação de acções prescritas no então vigente Regulamento de Solicitações em Edifícios e Pontes (RSEP), publicado em 1961.

A evolução entretanto verificada no domínio da segurança estrutural veio alterar profundamente os conceitos básicos que informavam a verificação da segurança e, em consequência, tornou-se também necessário reformular todo o problema da definição, quantificação e combinação de acções. Assim, foi elaborado o novo Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes (RSA), aprovado pelo Decreto-Lei n.º 235/83, de 31 de Maio, que contém já os modernos conceitos nesta matéria.

A promulgação do RSA veio, naturalmente, tornar imperativa a revisão dos regulamentos relativos aos diversos tipos de estruturas e materiais, sob pena de tais diplomas se tornarem inaplicáveis face aos novos critérios de segurança. Esta tarefa foi já realizada para as estruturas de betão armado, mediante a publicação do Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-Esforçado pelo Decreto-Lei n.º 349-C/83, de 30 de Julho, havendo necessidade de proceder de modo idêntico, e a curto prazo, relativamente a estruturas de aço. É este o objectivo do presente diploma.

Dos correspondentes estudos foi encarregada a competente subcomissão da Comissão de Revisão e Insti-

tuição dos Regulamentos Técnicos, do Conselho Superior de Obras Públicas e Transportes, e, como habitualmente, a elaboração dos documentos de base foi encargo de um grupo de trabalho do Laboratório Nacional de Engenharia Civil, constituído, no presente caso, pelos investigadores João d'Arga e Lima, António Teixeira Coelho, Jorge F. Silva Ribeiro, Vítor Monteiro e Mário Castanheta.

Convém salientar que a actualização global da regulamentação portuguesa de estruturas, em que o presente trabalho se insere, reflecte os esforços que vêm sendo feitos internacionalmente para a racionalização e uniformização dos critérios gerais da verificação da segurança estrutural, acções estas em que têm tido papel preponderante o CEB, Comité Euro-International du Béton, e, no campo das estruturas metálicas, a CECM, Convention Européenne de la Construction Métallique.

Quanto à orientação a imprimir aos trabalhos de revisão do Regulamento, haveria, em princípio, conveniência em aproveitar o ensejo para nele incorporar, além dos aspectos relativos à segurança, recentes progressos verificados em diversos domínios da construção metálica. Porém, desde logo tal desiderato se mostrou impraticável em face dos meios disponíveis e da premência que havia em atender à situação criada pela publicação do RSA.

Deste modo, as alterações introduzidas no texto regulamentar limitaram-se basicamente ao capítulo relativo à verificação da segurança, mantendo-se praticamente inalterada a estrutura e o conteúdo das restantes partes. Tal não significa, porém, que, em alguns aspectos, se não tenham introduzido ajustamentos julgados oportunos, nomeadamente no que se refere à consideração explícita dos tipos de aços mais utilizados, à indicação das normas portuguesas aplicáveis e ainda à adopção do Sistema Internacional de Unidades (SI). Também a matéria de carácter genérico relativa à garantia de qualidade, que consta dos capítulos I e VI, é apresentada com redacção análoga à adoptada no Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-Esforçado, anteriormente citado.

A matéria relativa à verificação da segurança compreende, de acordo com o RSA, a definição dos estados limites — últimos e de utilização —, os coeficientes de segurança e as teorias de comportamento a adoptar, quer para os elementos estruturais, quer para os diversos tipos de ligações. É de notar, no entanto, que se mantiveram, como acima foi indicado, as teorias de comportamento adoptadas no texto anterior (em particular no que se refere aos problemas da encurvadura e das ligações), as quais foram naturalmente entendidas aos novos tipos de aços considerados.

Impõe-se agora prosseguir o aperfeiçoamento deste Regulamento, tendo sobretudo em consideração os documentos emanados da Comissão das Comunidades Europeias e, em particular, o Eurocode relativo a construções metálicas.

A Subcomissão: *Armando de Araújo Martins Campos e Matos — Raul Alberto de Oliveira Pinheiro Torres — António Maria Pereira Teixeira Coelho — Aristides Guedes Coelho — Edgar António de Mesquita Cardoso — Fernando Vasco Costa — João Cunha de Araújo Sobreira — Joaquim Augusto Ribeiro Sarmento — Joaquim Campos dos Santos Viseu — Júlio Ferry do Espírito Santo Borges — Manuel Agostinho Duarte Gaspar.*

REGULAMENTO DE ESTRUTURAS DE AÇO PARA EDIFÍCIOS

SUMÁRIO

CAPÍTULO I

Generalidades

- Artigo 1.º — Objecto e campo de aplicação.
- Artigo 2.º — Autoria dos projectos.
- Artigo 3.º — Organização dos projectos.
- Artigo 4.º — Verificação e aprovação dos projectos.
- Artigo 5.º — Direcção técnica das obras.
- Artigo 6.º — Acções.

CAPÍTULO II

Materiais

- Artigo 7.º — Características gerais dos aços.
- Artigo 8.º — Perfis e chapas.
- Artigo 9.º — Rebites.
- Artigo 10.º — Parafusos.
- Artigo 11.º — Metal de adição para soldadura.

CAPÍTULO III

Disposições de projecto

A — Generalidades

- Artigo 12.º — Espessuras mínimas.
- Artigo 13.º — Disposição dos elementos.
- Artigo 14.º — Variações de secção.
- Artigo 15.º — Tipos de ligações.
- Artigo 16.º — Contraventamentos.
- Artigo 17.º — Conservação.

B — Ligações rebitadas

- Artigo 18.º — Diâmetro dos rebites.
- Artigo 19.º — Espessura total máxima a ligar.
- Artigo 20.º — Disposição dos rebites.

C — Ligações aparafusadas

- Artigo 21.º — Tipos de ligações aparafusadas.
- Artigo 22.º — Parafusos para ligações pré-esforçadas.
- Artigo 23.º — Diâmetro dos furos.
- Artigo 24.º — Comprimento dos parafusos.
- Artigo 25.º — Disposição dos parafusos.

D — Ligações soldadas

- Artigo 26.º — Condições gerais.
- Artigo 27.º — Tipos de cordões de soldadura.
- Artigo 28.º — Dimensões características dos cordões.
- Artigo 29.º — Condicionamentos das dimensões dos cordões.
- Artigo 30.º — Tipos de soldadura de topo.
- Artigo 31.º — Ligação de topo de elementos com espessura diferente.
- Artigo 32.º — Soldadura por entalhe.
- Artigo 33.º — Cordões de soldadura opostos.
- Artigo 34.º — Cordões de soldadura em elementos traccionados.
- Artigo 35.º — Ligação de chapas de banzo suplementares.
- Artigo 36.º — Cordões em bordos arredondados.
- Artigo 37.º — Cruzamento de cordões de soldadura.

CAPÍTULO IV

Verificação da segurança

A — Critérios gerais

- Artigo 38.º — Generalidades.
- Artigo 39.º — Estados limites últimos.
- Artigo 40.º — Estados limites de utilização.

B — Elementos estruturais

- Artigo 41.º — Verificação da segurança em relação ao estado limite último de resistência sem plastificação.
 Artigo 42.º — Verificação da segurança em relação ao estado limite último de encurvadura por varejamento.
 Artigo 43.º — Verificação da segurança em relação ao estado limite último de encurvadura por bambeamento.
 Artigo 44.º — Verificação da segurança em relação aos estados limites últimos de resistência com plastificação.
 Artigo 45.º — Verificação da segurança em relação aos estados limites de utilização.
 Artigo 46.º — Secções úteis.
 Artigo 47.º — Esforços secundários.
 Artigo 48.º — Comprimento de encurvadura.
 Artigo 49.º — Chapas de peças comprimidas.
 Artigo 50.º — Peças compostas comprimidas.
 Artigo 51.º — Vigas. Generalidades.
 Artigo 52.º — Vigas compostas de alma cheia.
 Artigo 53.º — Vigas de suporte de paredes de alvenaria.
 Artigo 54.º — Contraventamentos.
 Artigo 55.º — Aparelhos de apoio.

C — Ligações

- Artigo 56.º — Generalidades.
 Artigo 57.º — Verificação da segurança das ligações rebitadas.
 Artigo 58.º — Verificação da segurança das ligações aparafusadas correntes.
 Artigo 59.º — Verificação da segurança das ligações aparafusadas pré-esforçadas.
 Artigo 60.º — Verificação da segurança das ligações soldadas.

CAPÍTULO V**Execução e montagem**

- Artigo 61.º — Regras gerais de execução.
 Artigo 62.º — Ligações rebitadas.
 Artigo 63.º — Ligações aparafusadas correntes.
 Artigo 64.º — Ligações aparafusadas pré-esforçadas.
 Artigo 65.º — Ligações soldadas.
 Artigo 66.º — Protecção contra a corrosão.
 Artigo 67.º — Protecção contra o fogo.
 Artigo 68.º — Regras gerais de montagem.

CAPÍTULO VI**Garantia de qualidade**

- Artigo 69.º — Generalidades.
 Artigo 70.º — Controlos preliminares.
 Artigo 71.º — Controlo de produção.
 Artigo 72.º — Controlo de conformidade.
 Artigo 73.º — Recepção.
 Artigo 74.º — Manutenção.

ANEXO I**Valores do coeficiente de encurvadura****ANEXO II****Normas portuguesas aplicáveis a estruturas de aço****CAPÍTULO I****Generalidades****Artigo 1.º — Objecto e campo de aplicação**

1.1 — O presente Regulamento estabelece as regras a observar no projecto e na execução de estruturas de

aço para edifícios e obras análogas cujos elementos sejam de aço laminado a quente.

1.2 — Para o dimensionamento de estruturas de aço sujeitas a esforços alternados susceptíveis de provocarem fadiga, ou de estruturas cujos elementos tenham constituição diferente da indicada no corpo do artigo (tais como os laminados ou enformados a frio), ou ainda de estruturas especiais, como as constituídas por tubos com ligações amovíveis, este Regulamento somente poderá ser invocado a título de orientação, visto ter sido estabelecido sem tomar em conta os problemas específicos dessas estruturas.

Artigo 2.º — Autoria dos projectos

Os projectos das estruturas de aço devem ser elaborados por técnicos com formação adequada à natureza e importância das obras e para o efeito habilitados pela legislação em vigor.

Artigo 3.º — Organização dos projectos

Os projectos devem conter, devidamente organizadas, as peças escritas e desenhadas necessárias para a justificação do dimensionamento e sua verificação e para a execução da obra. Estes elementos devem ser apresentados de forma suficientemente explícita para evitar dúvidas na sua interpretação; em particular, a terminologia, a simbologia e as unidades utilizadas devem respeitar as empregadas no presente Regulamento, salvo explicitação clara nos casos em que tal não for cumprido.

No caso de alterações dos projectos, deve proceder-se à anotação de quais os elementos substituídos e ao aditamento dos elementos necessários para que do processo fiquem a constar sempre a descrição e a justificação completas da estrutura efectivamente construída.

As unidades utilizadas no presente Regulamento são as do Sistema Internacional de Unidades (SI).

Artigo 4.º — Verificação e aprovação dos projectos

Os projectos devem ser submetidos à verificação e aprovação das entidades competentes, de acordo com a legislação em vigor.

Artigo 5.º — Direcção técnica das obras

A direcção técnica das obras que envolvam estruturas de aço deve ser exercida por técnicos com formação adequada à natureza e importância das obras e para o efeito habilitados pela legislação em vigor.

Artigo 6.º — Acções

6.1 — As acções a considerar são as estipuladas no Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes (RSA), aprovado pelo Decreto-Lei n.º 235/83, de 31 de Maio.

6.2 — Na determinação dos efeitos devidos às variações de temperatura o coeficiente de dilatação térmica linear do aço, α , deve ser considerado igual a 12×10^{-6} .

6.3 — Os coeficientes de comportamento, a utilizar segundo os critérios definidos no RSA para a determi-

nação dos efeitos da acção dos sismos, devem ser convenientemente justificados, tendo em conta o tipo de estrutura e as características de ductilidade da construção.

No caso de edifícios correntes, tal como são definidos no RSA, podem adoptar-se os seguintes coeficientes de comportamento para esforços:

a) Para vibrações nas direcções horizontais:

Pórticos sem elementos de rigidez ...	2,5
Pórticos com elementos de rigidez (paredes ou treliças)	1,5
Pórticos de tipo misto	2,0

b) Para vibrações na direcção vertical 0,8

Para o mesmo tipo de edifícios o coeficiente de comportamento relativo a deformações poderá tomar-se igual a 0,7.

Como se sabe, os coeficientes de comportamento destinam-se a corrigir os efeitos da acção dos sismos obtidos por uma análise linear, de modo a transformá-los nos valores que se obteriam por uma análise não linear. Compreende-se, assim, que estes coeficientes, além de serem função do tipo de estrutura e das suas características de ductilidade, dependam também do efeito em causa e da quantificação dos parâmetros utilizados na análise linear. No presente Regulamento apenas são quantificados os coeficientes de comportamento para edifícios correntes, tendo-se considerado suficiente definir coeficientes relativos aos esforços e às deformações, sem distinguir o tipo de esforços ou de deformações.

O valor do coeficiente sísmico de referência, β_0 , definido no artigo 31.º do RSA, diz respeito a um amortecimento com o valor de 5% do amortecimento crítico, enquanto usualmente se admite para as estruturas metálicas um valor da ordem de 2%. Os valores dos coeficientes de comportamento apresentados têm naturalmente este facto em conta.

Lembra-se que por edifícios correntes se entendem aqueles que obedecem às condições para tal especificadas no RSA e que implicam que as estruturas tenham uma distribuição de rigidez aproximadamente uniforme em altura, o que não é compatível com grandes discontinuidades na distribuição das alvenarias de andar para andar ou com o emprego de processos de construção que possam facilitar que essa discontinuidade se crie durante a ocorrência de um sismo.

No caso de edifícios não correntes, os coeficientes de comportamento a adoptar devem ser convenientemente justificados, devendo, porém, considerar-se os valores apresentados no artigo como limites superiores.

CAPÍTULO II

Materiais

Artigo 7.º — Características gerais dos aços

A caracterização dos diferentes tipos de aços deve ser efectuada com base no conhecimento das suas propriedades mecânicas (determinadas por ensaio de tracção, de dobragem e, eventualmente, de choque e de dureza), da sua composição química e, se necessário, da sua soldabilidade.

Os ensaios para a determinação das características anteriormente referidas devem ser efectuados de acordo com as normas portuguesas aplicáveis.

No anexo II apresenta-se uma lista de normas portuguesas, publicadas até final de 1984, aplicáveis a estruturas metálicas e da qual constam as normas invocadas neste artigo, bem como as que são referidas ao longo do Regulamento.

Artigo 8.º — Perfis e chapas

8.1 — Os perfis e chapas a utilizar nos elementos estruturais devem satisfazer às condições estabelecidas nas

correspondentes normas portuguesas e os aços que os constituem devem, em geral, ser dos tipos *Fe 360*, *Fe 430* e *Fe 510*, cujas características são definidas na norma NP-1729 (1981).

8.2 — Para efeitos de aplicação do presente Regulamento, os valores característicos da tensão de cedência a adoptar para os três tipos de aços referidos no n.º 8.1 são, respectivamente, 235 MPa, 275 MPa e 355 MPa.

Os valores das constantes elásticas a considerar devem ser os seguintes:

Módulo de elasticidade ...	$E = 2,06 \times 10^5$ MPa
Coefficiente de Poisson ...	$\nu = 0,3$
Módulo de distorção	$G = 0,8 \times 10^5$ MPa

8.3 — Poderão ser utilizados aços de tipos diferentes dos referidos no n.º 8.1 desde que tenham características mecânicas não inferiores às do aço *Fe 360* e desde que no seu emprego sejam respeitados os mesmos critérios que informam as disposições do presente Regulamento.

A norma NP-1729 estabelece para os tipos de aços referidos no artigo diferentes qualidades, tendo em atenção a aptidão para soldadura e a sensibilidade à rotura frágil, sendo, consequentemente, possível escolher a qualidade de aço que melhor se adequa à utilização prevista.

Os valores característicos da tensão de cedência fixados no n.º 8.2, a adoptar nas verificações de segurança, foram identificados com os correspondentes valores garantidos indicados naquela norma para elementos com espessura igual ou inferior a 16mm.

Artigo 9.º — Rebites

Os rebites a utilizar nas ligações devem satisfazer ao especificado nas respectivas normas portuguesas.

Os valores característicos da tensão de cedência a adoptar para o aço dos rebites devem ser considerados iguais aos correspondentes valores garantidos mínimos indicados naquelas normas.

Artigo 10.º — Parafusos

Os parafusos, porcas e anilhas a utilizar nas ligações devem satisfazer ao especificado nas respectivas normas portuguesas.

Os valores característicos da tensão de cedência ou da tensão limite convencional de proporcionalidade a 0,2% a adoptar para o aço dos parafusos devem ser considerados iguais aos correspondentes valores garantidos mínimos indicados naquelas normas.

Artigo 11.º — Metal de adição para soldadura

O metal de adição para soldadura deve apresentar propriedades mecânicas não inferiores às do metal de base e possuir as adequadas características metalúrgicas em face da natureza do metal de base, do processo de soldadura utilizado, do tipo de cordões a executar, das condições em que é efectuada a soldadura e ainda de eventuais exigências relativas à utilização da estrutura. Para o efeito, devem ser tidas em consideração as normas portuguesas aplicáveis.

CAPÍTULO III

Disposições de projecto

A — Generalidades

Artigo 12.º — Espessuras mínimas

Não devem ser utilizados elementos estruturais de espessura inferior a 4mm.

No caso de estruturas sujeitas a condições ambientes particularmente agressivas em que não se adotem protecções especiais contra a corrosão, haverá que limitar a espessura mínima a valores superiores ao indicado.

Artigo 13.º — Disposição dos elementos

13.1 — Os elementos principais das estruturas planas devem, quanto possível, ter secções simétricas em relação ao plano médio dessas estruturas.

Nas estruturas trianguladas deve ainda procurar-se que os elementos concorrentes numa ligação fiquem dispostos de modo que os seus eixos concorram num ponto (nó).

13.2 — No caso de não serem efectivadas as disposições construtivas indicadas neste artigo, deverão ser considerados, desde que assumam importância significativa, os esforços secundários que daí resultem.

Artigo 14.º — Variações de secção

Devem evitar-se nos elementos das estruturas ou das suas ligações variações bruscas de secção ou enfraquecimentos localizados.

Artigo 15.º — Tipos de ligações

As ligações entre os elementos das estruturas podem ser executadas por rebiteagem, aparafusamento ou soldadura.

Numa ligação deve evitar-se, para a transmissão dos esforços, a utilização da soldadura em conjugação com a rebiteagem ou com o aparafusamento.

Artigo 16.º — Contraventamentos

Devem ser previstos contraventamentos entre os elementos principais das estruturas, de modo a garantir o seu funcionamento de conjunto.

Artigo 17.º — Conservação

Devem ser evitadas as disposições construtivas que dificultem a conservação das estruturas, nomeadamente as que dificultem a aplicação de pintura ou favoreçam a retenção de água.

B — Ligações rebitadas

Artigo 18.º — Diâmetros dos rebites

Os diâmetros dos rebites devem satisfazer aos seguintes condicionamentos:

- a) Os rebites devem ter diâmetro nominal 1mm a 2mm inferior ao dos furos em que são intro-

duzidos e, depois de cravados, devem preencher completamente os furos;

- b) O diâmetro nominal dos rebites não deve, em geral, ser inferior à espessura do elemento de maior espessura a ligar.

Artigo 19.º — Espessura total máxima a ligar

A espessura total dos elementos a ligar não deve, em geral, exceder cinco vezes o diâmetro dos furos e, em caso algum, exceder seis vezes e meia esse diâmetro. No caso de diâmetros inferiores a 14mm, a espessura total a ligar deverá ser limitada a quatro vezes o diâmetro.

Artigo 20.º — Disposição dos rebites

Na disposição dos rebites devem ser respeitados os seguintes condicionamentos (fig. 1):

- 1) $2d \leq a \leq 3d$;
- 2) $1,5d \leq b \leq 2,5d$;
- 3) $3d \leq c \leq 7d$ (ambientes muito agressivos);
 $3d \leq c \leq 10d$ (ambientes pouco ou moderadamente agressivos);

em que:

- d — diâmetro dos furos;
 a — distância do eixo do rebite ao bordo mais próximo, na direcção do esforço que solicita a ligação;
 b — distância do eixo do rebite ao bordo mais próximo, na direcção normal à do esforço que solicita a ligação;
 c — menor distância entre os eixos dos rebites.

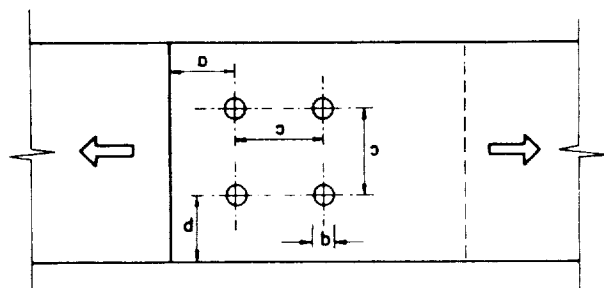


Fig. 1

C — Ligações aparafusadas

Artigo 21.º — Tipos de ligações aparafusadas

As ligações aparafusadas podem ser correntes ou pré-esforçadas, sendo o funcionamento destas últimas assegurado pela existência de forças de aperto e de atrito, resultantes do pré-esforço dos parafusos, que se opõem ao desencosto e deslizamento dos elementos ligados.

Artigo 22.º — Parafusos para ligações pré-esforçadas

Nas ligações aparafusadas pré-esforçadas devem ser usados parafusos da classe de qualidade 8.8 (NP-1898) ou superior.

A especificação dos parafusos pré-esforçados nos projectos deve incluir a indicação dos correspondentes momentos de aperto.

Artigo 23.º — Diâmetro dos furos

Nas ligações aparafusadas o diâmetro dos furos não deve exceder em mais de 2mm o diâmetro do liso da espiga dos parafusos, excepto se este diâmetro for superior a 24mm, situação em que o referido limite pode ser aumentado para 3mm.

Para as estruturas em que se exija pequena deformabilidade das ligações poderá ser necessário adoptar tolerâncias inferiores às indicadas no artigo.

Artigo 24.º — Comprimento dos parafusos

O liso da espiga dos parafusos deve, em geral, ter comprimento suficiente para abranger toda a espessura dos elementos a ligar.

Artigo 25.º — Disposição dos parafusos

Na disposição dos parafusos devem ser respeitadas as condições enunciadas para os rebites no artigo 20.º

D — Ligações soldadas**Artigo 26.º — Condições gerais**

Nas ligações soldadas atender-se-á às seguintes condições gerais:

- A disposição das soldaduras e a sua ordem de execução devem ser estabelecidas de modo a reduzir, quanto possível, os estados de tensão devidos à operação de soldadura;
- Deve evitar-se a concentração excessiva de soldadura numa mesma zona;
- Salvo justificação especial, evitar-se-á soldar elementos de espessura superior a 30mm;
- Evitar-se-á criar variações bruscas de secção, pela concentração de tensões a que dão origem, nomeadamente em elementos que tenham de ser soldados em toda a periferia deve evitar-se praticar entalhes ou furos de dimensões importantes;
- Para a ligação das extremidades de barras as soldaduras devem ser dispostas, quanto possível, equilibradamente em relação ao eixo de cada barra;
- No projecto devem ser tidas em consideração as condições de execução e montagem indicadas no artigo 65.º

A disposição contida na alínea c) resulta de que a soldadura de peças de grande espessura exige uma escolha criteriosa das qualidades do aço e do eléctrodo a empregar e ainda a utilização de processos especiais de execução e seu controle.

Artigo 27.º — Tipos de cordões de soldadura

Os tipos de cordões de soldadura são (fig. 2):

- Cordões de topo** — cordões que unem as peças colocadas topo a topo, no prolongamento umas das outras, tenham ou não os eixos coincidentes;

- Cordões de ângulo** — cordões que ligam as peças colocadas com sobreposição ou que se intersectam.

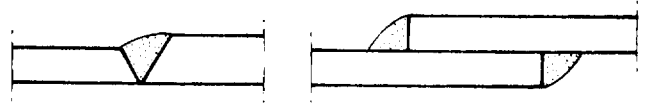


Fig. 2

Artigo 28.º — Dimensões características dos cordões

As dimensões características dos cordões de soldadura são a espessura e o comprimento, tal como são definidos nas alíneas seguintes:

- A espessura dos cordões deve ser considerada do modo seguinte:
 - Cordões de topo.** — No caso de os elementos a ligar terem a mesma espessura, será essa a espessura do cordão; no caso de terem espessura diferente, a espessura a considerar será a do elemento mais delgado;
 - Cordões de ângulo.** — A espessura será considerada igual à altura do triângulo isósceles inscrito na secção do cordão (fig. 3);

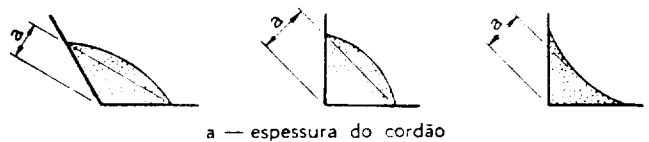
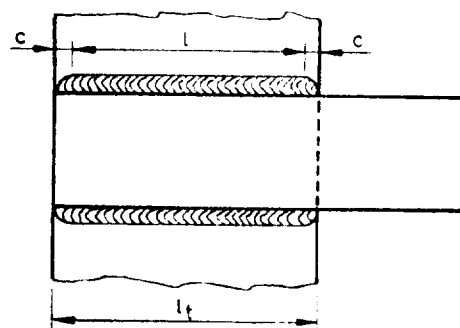


Fig. 3

- O comprimento dos cordões deve ser considerado do modo seguinte:

- Quando existem crateres de extremidade, o comprimento do cordão a considerar será o seu comprimento total, descontado o comprimento dos crateres, avaliado este em duas vezes a espessura (fig. 4);
- Quando se evita a formação de crateres de extremidade (pela utilização de peças de extensão ou outros meios adequados), o comprimento do cordão a considerar será o seu comprimento total.



l — comprimento de dimensionamento
 l_t — comprimento total
 c — comprimento de cada crater de extremidade ($= a$)

Fig. 4

Artigo 29.º — Condicionamentos das dimensões dos cordões

As dimensões dos cordões de soldadura devem satisfazer aos seguintes condicionamentos:

- a) A espessura dos cordões não deve ser inferior a 3 mm;
- b) A espessura dos cordões de ângulo não deve ser superior a 0,7 da menor espessura dos elementos a ligar;
- c) Os cordões de topo contínuos devem ocupar toda a extensão da justaposição;
- d) Os cordões de ângulo contínuos não devem ter comprimento inferior a 40 mm;
- e) Nos cordões de topo descontínuos o comprimento de cada troço não deve ser inferior a quatro vezes a espessura do elemento mais fino a ligar e o intervalo entre dois troços sucessivos não deve exceder doze vezes aquela espessura;
- f) Nos cordões de ângulo descontínuos o comprimento de cada troço não deve ser inferior a quatro vezes a espessura do elemento mais fino a ligar. O intervalo entre dois troços sucessivos não deve exceder dezasseis vezes a espessura do elemento mais fino, no caso de elementos sujeitos a esforços de compressão, e 24 vezes essa espessura, no caso de elementos sujeitos a esforços de tracção.

Em cordões de ângulo descontínuos, quando os troços estão colocados alternadamente de um lado e de outro da aresta de ligação, os intervalos indicados na alínea f) são considerados como se os troços estivessem em linha.

Artigo 30.º — Tipos de soldadura de topo

O tipo de cordão a utilizar na soldadura de topo depende essencialmente da espessura dos elementos a ligar e da possibilidade de execução da soldadura pelas duas faces, do modo indicado nas alíneas seguintes:

- a) No caso de a espessura não exceder 6 mm e ser possível realizar a soldadura pelas duas faces, esta poderá executar-se, em geral, sem prévia formação de chanfros (fig. 5);

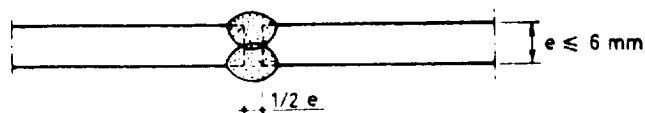


Fig. 5

- b) No caso de a espessura estar compreendida entre 6 mm e 15 mm, executar-se-á, em geral, um cordão em forma de V (fig. 6);

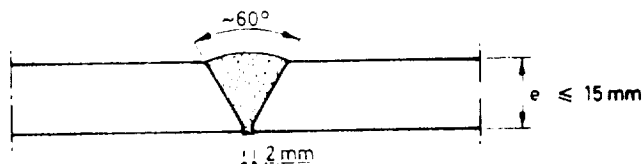


Fig. 6

- c) No caso de a espessura exceder 15 mm e ser possível realizar a soldadura pelas duas faces, executar-se-á, em geral, um cordão em forma de X (fig. 7);

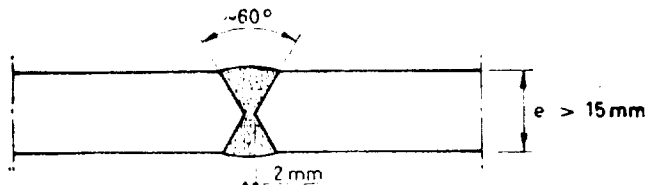
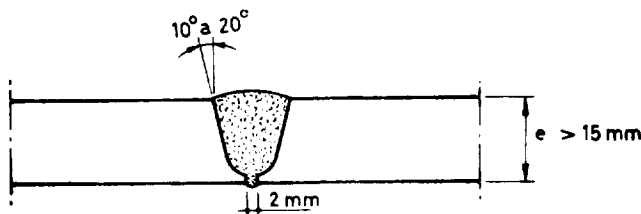
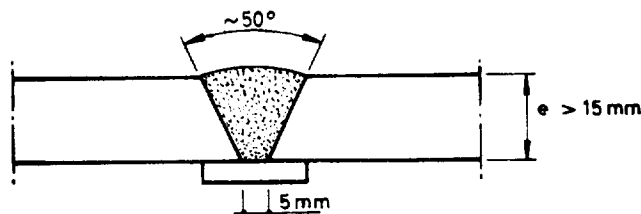


Fig. 7

- d) No caso de a espessura exceder 15 mm e não ser possível realizar a soldadura pelas duas faces, executar-se-á um cordão em forma de U [fig. 8, a)] ou um cordão em forma de V, utilizando uma contrachapa que permita efectuar a soldadura com as arestas inferiores do chanfro afastadas [fig. 8, b)].



a)



b)

Fig. 8

Artigo 31.º — Ligação de topo de elementos com espessura diferente

31.1 — Na ligação de topo de elementos com espessura diferente deverá efectuar-se uma transição gradual de espessura, pela aplicação de um dos processos seguintes:

- a) Por simples deposição de metal de adição, desde que a diferença das espessuras não exceda 3,5 mm (fig. 9);

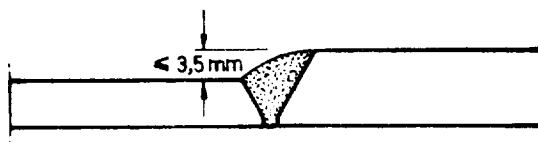


Fig. 9

- b) Por chanfragem do elemento mais espesso, até que a diferença das espessuras não exceda 3,5 mm, e deposição de metal de adição (fig. 10).

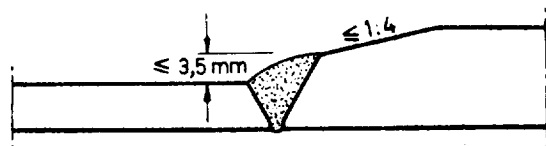
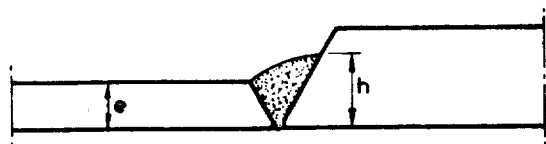


Fig. 10

31.2 — A chanfragem referida no n.º 31.1, alínea b), poderá dispensar-se quando haja garantia de que não se verificam esforços alternados e desde que se execute um cordão cuja dimensão h (fig. 11) seja, pelo menos, 25 % superior à espessura do elemento mais delgado.



$$h \geq 1,25 e$$

Fig. 11

Os procedimentos indicados nas alíneas a) e b) destinam-se a evitar concentrações de tensões, particularmente prejudiciais no caso de peças sujeitas à fadiga.

Artigo 32.º — Soldadura por entalhe

32.1 — A soldadura por entalhe, em que os elementos são ligados por cordões executados na periferia de entalhes ou furos (fig. 12), somente será usada em casos especiais devidamente justificados, devendo ainda satisfazer às condições seguintes:

- Os entalhes ou furos devem ser soldados em todo o perímetro, mas não devem ser cheios de metal de adição;
- A largura dos entalhes ou o diâmetro dos furos não devem ser inferiores a três vezes a espessura do elemento em que se praticam;
- A distância entre o bordo do elemento a ligar e o bordo de um entalhe ou furo, ou entre bordos de entalhes ou furos adjacentes, não deve ser inferior a duas vezes a espessura dos elementos entalhados ou furados;
- Os entalhes devem ter os vértices arredondados, com raio não inferior a uma vez e meia a espessura do elemento entalhado.

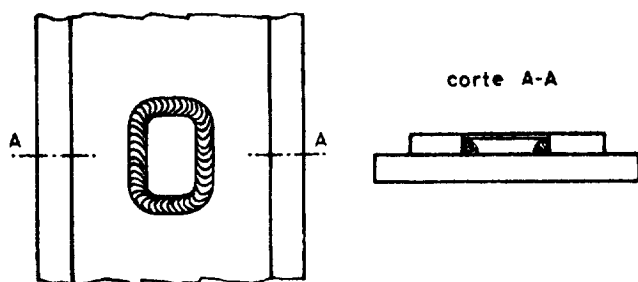


Fig. 12

32.2 — A soldadura por entalhe pode executar-se no caso de ligação de chapas sujeitas a esforços de compressão e em que a largura seja superior a 30 vezes a

espessura. Neste caso, as chapas devem ser ligadas entre si por enalhes dispostos em linha, segundo o comprimento das chapas.

Artigo 33.º — Cordões de soldadura opostos

Quando se dispõem cordões de soldadura opostos, a chapa intermédia deverá ter a espessura mínima de 7 mm (fig. 13).

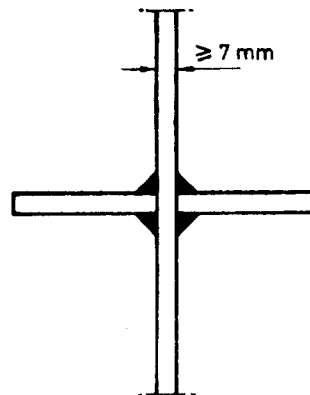


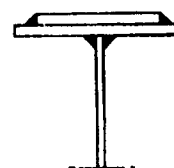
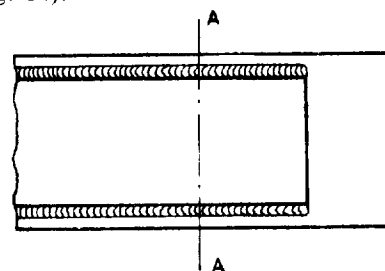
Fig. 13

Artigo 34.º — Cordões de soldadura em elementos traccionados

Sobre a superfície de elementos traccionados, para a ligação de outros elementos, não devem executar-se cordões de soldadura perpendiculares à direcção do esforço de tracção.

Artigo 35.º — Ligação de chapas de banzo suplementares

A ligação de chapas de banzo suplementares será feita por meio de cordões de ângulo dispostos nos bordos laterais das chapas; os bordos extremos serão normais ao eixo da peça e não devem ser soldados ao banzo (fig. 14).



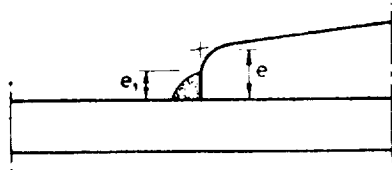
corte A-A

Fig. 14

No caso de obras exteriores, é conveniente executar cordões de estanquidade de pequena espessura nos bordos extremos das chapas de banzo.

Artigo 36.º — Cordões em bordos arredondados

Os cordões de ângulo aplicados nos bordos arredondados de perfis não deverão interessar mais de 75 % da espessura do perfil no bordo (fig. 15).



$$e_1 \leq 0,75 e$$

Fig. 15

Artigo 37.º — Cruzamento de cordões de soldadura

Salvo casos especiais devidamente justificados, não são de admitir cruzamentos de cordões de soldadura.

No caso da ligação de peças formando triedro, deverá ser truncado o canto da peça secundária (fig. 16).

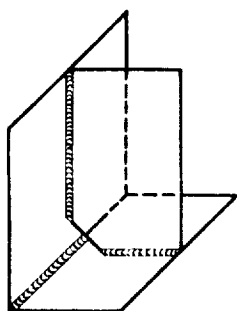


Fig. 16

CAPÍTULO IV**Verificação da segurança****A — Critérios gerais****Artigo 38.º — Generalidades**

A verificação da segurança das estruturas de aço para edifícios deve ser efectuada de acordo com os critérios gerais estabelecidos no Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes e atendendo às disposições que constam do presente Regulamento.

O RSA estabelece as acções e os critérios gerais a ter em conta na verificação da segurança das estruturas, independentemente dos materiais de que estas são constituídas. Para as estruturas de aço será, portanto, necessário objectivar os diversos parâmetros específicos deste material que interessam ao dimensionamento; haverá, assim, que definir os estados limites, os coeficientes de segurança, as propriedades dos materiais, as teorias de comportamento estrutural adequadas, e bem assim regras particulares de projecto e execução.

Artigo 39.º — Estados limites últimos

39.1 — Os estados limites últimos a considerar são, em geral, os seguintes:

- a) Estado limite último de resistência sem plastificação, correspondente ao início da ocorrência de deformações plásticas em secções dos elementos da estrutura ou das suas ligações;

- b) Estado limite último de encurvadura, correspondente a instabilidade de elementos da estrutura, ou desta no seu conjunto;
- c) Estado limite de perda de equilíbrio, correspondente ao derrubamento ou deslocamento da estrutura considerada como corpo rígido.

39.2 — Nas condições estipuladas no artigo 44.º, poderão ser considerados, em alternativa ao disposto no n.º 39.1, alínea a), estados limites últimos de resistência com plastificação, correspondentes à ocorrência de deformações plásticas em certas secções ou mesmo à transformação da estrutura ou de parte dela num mecanismo, por formação de rótulas plásticas.

Não são abordados neste Regulamento os critérios de verificação da segurança relativamente ao estado limite de perda de equilíbrio, visto não apresentarem aspectos peculiares de tratamento para as estruturas de edifícios, sendo, portanto, directamente aplicáveis os critérios para o efeito estabelecidos no RSA.

Artigo 40.º — Estados limites de utilização

Os estados limites de utilização a considerar deverão ser especificados em cada caso, tendo em conta a utilização particular da estrutura. No presente Regulamento são definidos no artigo 45.º estados limites de deformação para alguns dos casos mais correntes.

B — Elementos estruturais**Artigo 41.º — Verificação da segurança em relação ao estado limite último de resistência sem plastificação**

41.1 — Para estados de tensão simples ou de corte puro a verificação da segurança em relação ao estado limite último de resistência sem plastificação consiste, consoante os casos, em satisfazer uma das condições seguintes:

$$\sigma_{Sd} \leq \sigma_{Rd} \text{ para as tensões normais;}$$

$$\tau_{Sd} \leq \tau_{Rd} \text{ para as tensões tangenciais;}$$

em que:

σ_{Sd} , τ_{Sd} — valores de cálculo das tensões actuan-
tes;

σ_{Rd} , τ_{Rd} — valores de cálculo das tensões resis-
tentes;

41.2 — Os valores de cálculo das tensões actuan-
tes devem ser determinados de acordo com as teorias da elasticidade ou da resistência de materiais e considerando as combinações de acções e os coeficientes de segurança γ_f especificados no RSA para os estados limites últimos que não envolvam perda de equilíbrio ou fadiga; porém, para as acções permanentes cujos valores possam ser previstos com muito rigor o coeficiente γ_R pode ser reduzido até 1,35.

41.3 — Os valores de cálculo das tensões resistentes são dados por:

$$\sigma_{Rd} = f_{yd}$$

$$\tau_{Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} f_{yd}$$

em que f_{yd} é o valor de cálculo da tensão de cedência (ou da tensão limite convencional de proporcionalidade a 0,2 %) do aço.

Os valores assim definidos são apresentados no quadro I em função do tipo de aço utilizado.

QUADRO I

Valores de cálculo das tensões resistentes

(MPa)

Tipo de aço	f_{yd}	$\frac{1}{\sqrt{3}} f_{yd}$
Fe 360	235	135
Fe 430	275	160
Fe 510	355	205

41.4 — No caso de estados de tensão duplos, a verificação da segurança consiste em satisfazer, em cada ponto, a condição:

$$\sigma_{Sd, ref} \leq \sigma_{Rd}$$

em que σ_{Rd} tem o significado anteriormente indicado e $\sigma_{Sd, ref}$ é uma tensão de referência calculada como é a seguir indicado, em função dos valores de cálculo das tensões normais e tangenciais componentes do estado de tensão actuante, determinados de acordo com o estipulado no n.º 41.2:

$$\sigma_{Sd, ref} = \sqrt{\sigma_{Sd, x}^2 + \sigma_{Sd, y}^2 - \sigma_{Sd, x} \sigma_{Sd, y} + 3 \tau_{Sd, xy}^2}$$

Os valores de cálculo das tensões de cedência indicados no n.º 41.3 foram tomados iguais aos correspondentes valores característicos (ver 8.2) em resultado de se considerar igual à unidade o coeficiente de minoração γ_m das propriedades mecânicas do aço.

No caso de estados de tensão duplos, a definição dos estados limites últimos de resistência não pode ser feita à custa de apenas um parâmetro, mas por uma condição menos simples que, no espaço das tensões principais, é representada por uma curva de interacção. É, portanto, no domínio interior a essa curva que devem situar-se os pontos representativos do estado de tensão actuante para que a segurança seja satisfeita.

No n.º 41.4 adoptou-se, para definir a referida curva limite de resistência, o critério de plasticidade de Von Mises-Hüber, que, como se sabe, pode ser expresso em termos de tensões principais σ_1 e σ_2 pela relação:

$$\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - \sigma_1 \sigma_2} - \sigma_{Rd} = 0$$

A formulação da condição de segurança no n.º 41.4, através de um único parâmetro — a tensão de referência, $\sigma_{Sd, ref}$ —, é possibilitada, portanto, pela aplicação deste critério de plasticidade.

Artigo 42.º — Verificação da segurança em relação ao estado limite último de encurvadura por varejamento

42.1 — Nos elementos sujeitos a esforços de compressão em que haja risco de varejamento a verificação da segurança consiste em satisfazer a condição:

$$\sigma_{Sd} \leq \sigma_{Rd}$$

em que σ_{Sd} é o valor de cálculo da tensão actuante, determinado tendo em conta os efeitos da encurvadura, consoante é indicado nos n.ºs 42.2 e 42.3, e σ_{Rd} é o valor de cálculo da tensão resistente indicado no n.º 41.3.

42.2 — No caso de barras rectas sujeitas a esforços simples de compressão, o valor de cálculo da tensão actuante é definido pela expressão:

$$\sigma_{Sd} = \frac{N_{Sd}}{A \varphi}$$

em que:

N_{Sd} — valor de cálculo do esforço normal actuante, determinado tendo em conta as combinações de acções e os coeficientes de segurança referidos no n.º 41.2;

A — área da secção transversal da barra;

φ — coeficiente de encurvadura dependente do coeficiente de esbelteza da barra, λ , cujos valores são definidos no quadro II.

O coeficiente de esbelteza, λ , é dado pela relação entre o comprimento de encurvadura da barra, definido no artigo 48.º, e o raio de giração da secção transversal da barra em relação ao eixo correspondente ao plano de varejamento considerado.

QUADRO II

Valores do coeficiente de encurvadura, φ

Tipo de aço	Coeficiente de esbelteza, λ	Coeficiente de encurvadura, φ
Fe 360	$\lambda \leq 20$	$\varphi = 1$
	$20 < \lambda \leq 105$	$\varphi = 1,1328 - 0,00664 \lambda$
	$\lambda > 105$	$\varphi = \frac{4802}{\lambda^2}$
Fe 430	$\lambda \leq 20$	$\varphi = 1$
	$20 < \lambda \leq 96$	$\varphi = 1,1460 - 0,00730 \lambda$
	$\lambda > 96$	$\varphi = \frac{4103}{\lambda^2}$
Fe 510	$\lambda \leq 20$	$\varphi = 1$
	$20 < \lambda \leq 85$	$\varphi = 1,1723 - 0,00862 \lambda$
	$\lambda > 85$	$\varphi = \frac{3179}{\lambda^2}$

42.3 — No caso de barras sujeitas simultaneamente a esforços de compressão e flexão, os valores de cálculo das tensões actuantes devem ser determinados por teorias apropriadas convenientemente comprovadas pela experiência.

42.4 — Salvo justificação devidamente fundamentada, valores do coeficiente de esbelteza superiores a 180 só serão de admitir no caso de elementos cuja função estrutural seja apenas a de contraventamento; em caso algum se excederá, no entanto, 250.

A determinação dos valores de cálculo das tensões actuantes é feita mantendo os critérios adoptados no regulamento anterior. Assim, os efeitos de segunda ordem são tidos em conta através de um coeficiente φ , que depende do tipo de aço e da esbelteza, λ , da peça. Os valores deste coeficiente foram obtidos atendendo ao seguinte:

- Para as barras longas, nas quais o varejamento se dá em regime elástico ($\lambda > 105$, $\lambda > 96$, $\lambda > 85$, respectivamente para os aços Fe 360, Fe 430 e Fe 510), os valores de φ são obtidos a partir da fórmula de Euler com um coeficiente de segurança de 1,8;
- Para as barras curtas ($\lambda \leq 20$), o coeficiente φ é tomado igual à unidade, visto que, em tal caso, os efeitos de segunda ordem podem ser desprezados;
- Para as barras de esbelteza média admite-se que os valores de φ variam linearmente entre os anteriormente referidos.

A determinação do valor de cálculo das tensões actuantes, no caso de barras sujeitas simultaneamente a compressão e flexão, referida no n.º 42.3, deve ser feita com base em regulamentação estrangeira que trate pormenorizadamente o assunto ou em trabalhos científicos de nível reconhecido.

Adoptando o critério especificado na norma belga NBN B51001 de 1977, para barras de secção constante, tem-se:

$$\sigma_{Sd} = \frac{N_{Sd}}{A \varphi} + \frac{c_x M_{Sd,x}^{max}}{k \left(\frac{I}{v}\right)_x \left(1 - \frac{N_{Sd}}{N_{Ex}}\right)} + \frac{c_y M_{Sd,y}^{max}}{k \left(\frac{I}{v}\right)_y \left(1 - \frac{N_{Sd}}{N_{Ey}}\right)}$$

em que:

- N_{Sd} — valor de cálculo do esforço normal actuante;
 $M_{Sd,x}^{max}, M_{Sd,y}^{max}$ — valores de cálculo dos momentos flectores actuantes máximos relativos aos eixos principais de inércia da secção, x e y , em que x é o eixo a que corresponde maior momento de inércia;
 φ — coeficiente, definido no n.º 42.2, calculado para o valor de λ , que corresponde ao raio de giração mínimo da secção;
 $\frac{I}{v}$ — módulo de flexão;
 k — coeficiente, definido no artigo 43.º, que tem em conta o risco de bambeamento;
 N_{Ex}, N_{Ey} — cargas críticas de Euler, segundo x e y ,

e os coeficientes c_x e c_y são definidos conforme é a seguir indicado.

No caso de barras de estruturas de nós móveis, pode considerar-se o valor 0,85 para ambos os coeficientes.

No caso de barras de estruturas de nós fixos não sujeitas a forças transversais aplicadas ao longo da barra, poder-se-á considerar, para cada direcção:

$$c = \sqrt{0,3 \left(1 + \frac{M_2}{M_1}\right) + 0,4 \frac{M_2}{M_1}}$$

em que os momentos $M_1 = Ne_1$ e $M_2 = Ne_2$ (momentos nas extremidades) devem ser introduzidos com os seus sinais, sendo $M_1 \geq M_2$. Em particular, desta fórmula resulta (fig. 17):

- Para $e_2 = e_1$ $c = 1$
 Para $e_2 = 0$ $c = 0,548$
 Para $e_2 = -e_1$ $c = 0,447$

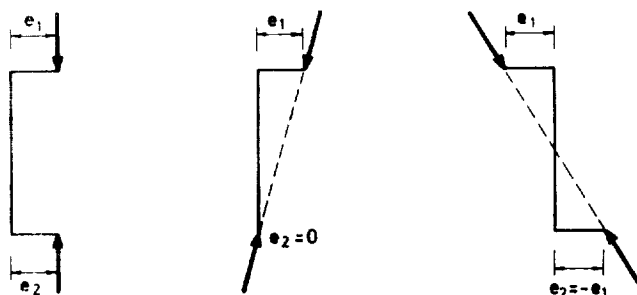


Fig. 17

No caso de barras de estruturas de nós fixos sujeitas a forças transversais aplicadas ao longo da barra, os valores dos coeficientes c_x e c_y deverão ser determinados pela teoria da estabilidade elástica. Simplificadamente, poderá tomar-se, para barras encastradas, $c = 0,85$ e, para barras articuladas nas suas extremidades, $c = 1$.

Complementarmente, deve considerar-se também, para cada secção da barra, um valor de cálculo da tensão actuante dado pela seguinte expressão:

$$\sigma_{Sd} = \frac{N_{Sd}}{A} + \frac{M_{Sd,x}}{\left(\frac{I}{v}\right)_x} + \frac{M_{Sd,y}}{\left(\frac{I}{v}\right)_y}$$

em que $M_{Sd,x}$ e $M_{Sd,y}$ são os valores de cálculo dos momentos flectores actuantes na secção considerada.

Artigo 43.º — Verificação da segurança em relação ao estado limite último de encurvadura por bambeamento

Nos elementos sujeitos a esforços de flexão em que haja risco de bambeamento a verificação da segurança consiste em satisfazer a condição:

$$\sigma_{Sd} \leq \sigma_{Rd}$$

em que σ_{Rd} é o valor de cálculo da tensão resistente, indicado no n.º 41.3, e σ_{Sd} é o valor de cálculo da tensão actuante, definido pela expressão:

$$\sigma_{Sd} = \frac{M_{Sd}^{max}}{k \frac{I}{v}}$$

em que:

M_{Sd}^{max} — valor de cálculo do momento flector actuante máximo no elemento, determinado tendo em conta as combinações de acções e os coeficientes de segurança referidos no n.º 41.2;

$\frac{I}{v}$ — módulo de flexão;

k — coeficiente de bambeamento.

O coeficiente de bambeamento deve ser determinado a partir de resultados da teoria da estabilidade elástica, tendo em conta o modo de ligação do elemento nas suas extremidades, a distribuição das cargas e o nível a que são aplicadas e a eventual existência de apoios laterais ao longo do vão.

Como se sabe, o bambeamento de elementos sujeitos a esforços de flexão é um fenómeno de instabilidade que se caracteriza pela ocorrência de grandes deformações transversais ao plano em que actuam os esforços de flexão.

O estudo do problema do bambeamento pode ser realizado por qualquer método particular, desde que respeite os princípios gerais estabelecidos neste artigo e possua base científica.

No caso de vigas em I, poderá adoptar-se o critério de determinação do coeficiente k utilizado no regulamento anterior, estendido aos três tipos de aço. Assim, para vigas sobre dois ou mais apoios e sem tramos em consola, constituídas por perfis I simples ou compostos, de altura não superior a 750mm e com largura de banzo, pelo menos, igual a 0,4 da altura da alma, o coeficiente k é dado, em função das dimensões da viga, pelas expressões indicadas no quadro seguinte:

Tipo de aço	Valor da relação $\frac{th}{be}$	Valor do coeficiente k
Fe 360	$\frac{th}{be} \leq 250$	1
	$250 < \frac{th}{be} \leq 711$	$1 - 396 \times 10^{-9} \left(\frac{th}{be}\right)^2$
	$711 < \frac{th}{be} < 2500$	$\frac{569}{\frac{th}{be}}$
Fe 430	$\frac{th}{be} \leq 250$	1
	$250 < \frac{th}{be} \leq 608$	$1 - 541 \times 10^{-9} \left(\frac{th}{be}\right)^2$
	$608 < \frac{th}{be} < 2500$	$\frac{486}{\frac{th}{be}}$
Fe 510	$\frac{th}{be} \leq 250$	1
	$250 < \frac{th}{be} \leq 471$	$1 - 902 \times 10^{-9} \left(\frac{th}{be}\right)^2$
	$471 < \frac{th}{be} < 2500$	$\frac{377}{\frac{th}{be}}$

No quadro, os símbolos têm o significado que a seguir se indica:

- ℓ — vão do elemento flectido entre apoios ou entre contraventamentos sucessivos que impeçam deslocamentos laterais da secção recta ou rotações em torno do eixo longitudinal do elemento;
- h — altura do elemento;
- b — largura dos banzos;
- e — espessura dos banzos.

Observe-se ainda que não é aconselhável utilizar vigas para as quais a relação $\ell h/b e$ seja maior que 2500 e que o coeficiente k pode ser tomado igual à unidade no caso de vigas suportando pavimentos ou coberturas de rigidez suficiente fixados às vigas de modo a realizar um contraventamento contínuo.

Artigo 44.º — Verificação da segurança em relação aos estados limites últimos de resistência com plastificação

44.1 — Na verificação da segurança em relação aos estados limites últimos de resistência poder-se-á ter em conta o comportamento elasto-plástico das estruturas, quer através de correcções dos valores de cálculo das tensões actuantes devidas à flexão determinados em regime elástico, quer por aplicação do método das rótulas plásticas.

44.2 — No caso de serem efectuadas correcções das tensões determinadas em regime elástico, a plastificação resultante não deve exceder a correspondente a uma extensão plástica de 7,5% da extensão que se verifica quando é atingida a cedência do aço; para este efeito, os valores da tensão de cedência devem ser tomados iguais aos valores de cálculo das tensões resistentes dos aços, f_{yd} , indicados no quadro 1.

44.3 — Para aplicação do método das rótulas plásticas devem ser tidos em conta os condicionamentos seguintes:

- a) Os aços devem poder suportar as deformações plásticas necessárias para a formação de todas as rótulas plásticas previstas no mecanismo de rotura;
- b) As tensões de plastificação devem ser tomadas iguais aos valores de cálculo das tensões resistentes dos aços, f_{yd} ;
- c) Deve ser considerada a influência dos esforços axiais e transversos na formação e comportamento das rótulas plásticas e verificado que não ocorrem deformações inadmissíveis ou fenómenos de instabilidade, localizados ou de conjunto, antes da formação da última rótula plástica;
- d) As ligações entre os elementos da estrutura devem ser capazes de transmitir os esforços decorrentes da formação das rótulas plásticas;
- e) As acções resistentes determinadas por aplicação deste método devem ser divididas por 1,2 para a obtenção dos correspondentes valores de cálculo a utilizar na verificação da segurança.

No que se refere ao método das rótulas plásticas, apenas são enunciadas regras genéricas relativas à sua aplicação, pois esta exige cuidados muito especiais e o respeito de regras particulares, quer ao nível da formulação analítica do problema e da contrapartida real das hipóteses admitidas, quer ao nível de disposições construtivas.

As correcções das tensões actuantes determinadas em regime elástico, a que o artigo se refere, são usualmente efectuadas dividindo essas tensões por coeficientes superiores à unidade, que podem ser calculados, para cada plano de flexão, a partir da forma da secção e da condição limite referida no n.º 44.2. Valores destes coeficientes para os perfilados mais correntes podem ser obtidos na bibliografia especializada.

Artigo 45.º — Verificação da segurança em relação aos estados limites de utilização

45.1 — A verificação da segurança em relação aos estados limites de utilização deve, em geral, ser efectuada em termos dos parâmetros que definem esses estados limites, devendo os valores que tais parâmetros assumem devido às acções ser iguais ou inferiores aos valores adoptados para a quantificação desses estados limites.

45.2 — A determinação dos valores que assumem os parâmetros definidores dos estados limites deve ser feita de acordo com as teorias da elasticidade ou da resistência de materiais e considerando as combinações, a quantificação das acções e o valor $\gamma_f = 1$ especificados no RSA.

45.3 — Para os estados limites de deformação e nos casos que adiante se referem, relativos a elementos de edifícios, bastará, em geral, considerar um estado limite de curta duração (combinações frequentes de acções) e definido pelos valores de flechas a seguir indicados em função do vão, ℓ :

a) Vigas de pavimentos:

Em geral.....	$\ell/400$
Quando suportem divisórias correntes, valor da flecha que se processa após a construção das divisórias	$\ell/500$

b) Madres de coberturas ordinárias em que se utilizem materiais correntes de revestimento

$\ell/200$

Artigo 46.º — Secções úteis

As secções a considerar no dimensionamento dos elementos devem satisfazer ao indicado nas alíneas seguintes:

a) Para o dimensionamento em relação aos estados limites últimos:

- 1) No caso de elementos à tracção, devem descontar-se os furos de rebites ou parafusos, considerando uma secção em que esses furos estejam agrupados da maneira mais desfavorável;
- 2) No caso de elementos à compressão, não serão descontados os furos, considerando-se, portanto, a secção bruta dos elementos;
- 3) No caso de elementos à flexão, os momentos de inércia e os momentos estáticos serão determinados em relação a eixos passando pelo centro de gravidade da secção bruta. No cálculo das tensões normais, a determinação dos módulos de flexão deve ser feita descontando os furos existentes na parte traccionada das secções e considerando-os agrupados da maneira mais desfavorável; no cálculo das tensões tangenciais, a determinação dos momentos de inércia e estáticos pode ser feita em relação à secção bruta;

b) Para o dimensionamento em relação ao estado limite de deformação, no cálculo das deformações poder-se-á considerar, em todos os casos, a secção bruta dos elementos.

Artigo 47.º — Esforços secundários

47.1 — No dimensionamento dos diferentes elementos das estruturas devem ser considerados, quando assumam valores significativos, os esforços secundários provenientes, nomeadamente, de excentricidades nas ligações dos elementos ou na aplicação das acções, de deslocamentos resultantes das acções aplicadas e ainda de rigidez das ligações diferente da admitida.

47.2 — No caso de cantoneiras ou de outros perfis isolados traccionados excentricamente em consequência do modo como são realizadas as ligações, para ter em conta os esforços secundários resultantes, deve efectuar-se o dimensionamento, tanto dos perfis como das ligações, considerando um esforço de tracção superior ao efectivamente actuante e obtido deste pela multiplicação por um coeficiente de aumento.

Indicam-se seguidamente os valores do coeficiente a utilizar para alguns tipos de perfis:

Cantoneiras de abas iguais	1,20
Perfis T	1,15
Perfis U (ligados pela alma)	1,10

47.3 — No caso de cantoneiras simples comprimidas, pode desprezar-se a excentricidade do esforço provocada pelo facto de as ligações serem realizadas numa só aba. Para o cálculo do coeficiente de esbelteza considerar-se-á, nesta hipótese, o raio de giração mínimo da secção.

Por esforços secundários entendem-se os que não são considerados nos métodos de cálculo usuais em consequência das hipóteses simplificativas em que esses métodos se baseiam.

Em condições normais, para estruturas bem concebidas e bem executadas, os efeitos destes esforços podem considerar-se pouco significativos. Compete, no entanto, ao autor do projecto julgar da importância relativa de tais efeitos e, quando for caso disso, considerá-los explicitamente no dimensionamento.

Artigo 48.º — Comprimento de encurvadura

O comprimento de encurvadura, ℓ_e , a adoptar nas condições indicadas no artigo 42.º para o dimensionamento de elementos sujeitos a compressão será determinado de acordo com a teoria da estabilidade elástica, considerando as possíveis deformações dos elementos, as suas condições efectivas de ligação, a constância ou variabilidade da sua secção transversal e ainda se são carregados axialmente apenas nas extremidades ou se em diversos pontos do seu eixo.

Nas alíneas seguintes indicam-se os valores do comprimento de encurvadura a considerar para elementos de secção constante em alguns casos mais frequentes:

- No caso de barras articuladas nas duas extremidades, considerar-se-á o comprimento teórico das barras;
- No caso de barras com apoios de encastramento total, e se não existir possibilidade de translação de um apoio relativamente ao outro transversalmente ao eixo da barra, considerar-se-á metade do comprimento teórico da barra;
- No caso de barras encastradas numa extremidade e livres na outra, considerar-se-á o dobro do comprimento teórico das barras;

d) No caso de estruturas trianguladas planas cuja geometria satisfaça ao indicado no artigo 13.º, pode considerar-se, em geral, para comprimento de encurvadura das barras no plano da estrutura, 0,8 do seu comprimento teórico.

Esta disposição só poderá ser aplicada a cantoneiras simples se as suas ligações forem efectuadas em cada extremidade por um mínimo de dois rebites ou parafusos (ou o equivalente em soldadura) numa mesma aba.

Para comprimento de encurvadura das barras no plano normal ao plano da estrutura pode considerar-se o comprimento teórico das barras; no caso do banzo comprimido de vigas trianguladas, será considerado o comprimento entre os nós efectivamente contraventados;

e) No caso de pórticos planos de nós fixos, pode considerar-se, em geral, para comprimento de encurvadura das barras no plano da estrutura, 0,8 do seu comprimento teórico; no plano normal ao plano da estrutura será tomado o comprimento teórico das barras se os nós estiverem convenientemente contraventados.

Artigo 49.º — Chapas de peças comprimidas

As chapas que constituem peças sujeitas a compressão devem possuir espessura suficiente para que não se verifiquem fenómenos de instabilidade localizados antes de se atingir o estado limite por encurvadura do conjunto.

Tal condição considera-se satisfeita, nos casos a seguir indicados, se se verificarem as relações aí referidas entre a largura e a espessura da chapa:

a) Chapas reforçadas apenas num bordo (fig. 18):

$$\text{Para } \lambda \leq 75 \dots\dots\dots \frac{b}{e} \leq 15 \sqrt{\frac{235}{f_{yd}}}$$

$$\text{Para } \lambda > 75 \dots\dots\dots \frac{b}{e} \leq 0,2 \lambda \sqrt{\frac{235}{f_{yd}}}$$

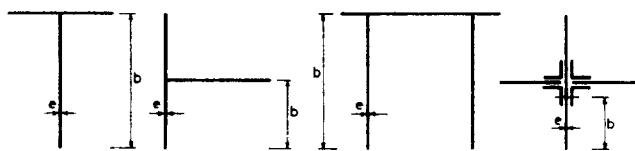


Fig. 18

b) Chapas com os dois bordos igualmente reforçados (fig. 19):

$$\text{Para } \lambda \leq 75 \dots\dots\dots \frac{b}{e} \leq 45 \sqrt{\frac{235}{f_{yd}}}$$

$$\text{Para } \lambda > 75 \dots\dots\dots \frac{b}{e} \leq 0,6 \lambda \sqrt{\frac{235}{f_{yd}}}$$

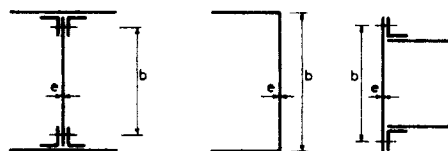


Fig. 19

c) Chapas com os dois bordos desigualmente reforçados, $b_1 > b_2$ (fig. 20):

$$\text{Para } \lambda \leq 75 \dots \frac{b}{e} \leq 15 \left(1 + 2 \sqrt{\frac{b_2}{b_1}} \right) \sqrt{\frac{235}{f_{yd}}}$$

$$\text{Para } \lambda > 75 \quad \frac{b}{e} \leq 0,2 \lambda \left(1 + 2 \sqrt{\frac{b_2}{b_1}} \right) \sqrt{\frac{235}{f_{yd}}}$$

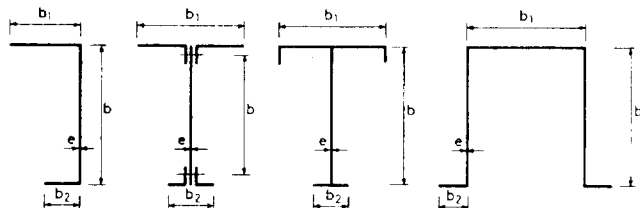


Fig. 20

Nas expressões anteriores f_{yd} deve ser tomado com os valores indicados no quadro 1 e λ é o coeficiente de esbelteza correspondente ao raio de giração mínimo da secção transversal da peça.

Artigo 50.º — Peças compostas comprimidas

O dimensionamento de peças compostas comprimidas formadas por perfis (montantes) associados por meio de elementos transversais (travessas e diagonais), quando não for realizado por outros métodos de rigor científico devidamente justificado, deverá ser feito de acordo com o disposto nas alíneas seguintes:

- a) O coeficiente de esbelteza dos troços de montantes entre elementos transversais consecutivos, $\frac{a}{i_m}$, não deve exceder três quartos do coeficiente de esbelteza da peça composta considerada no seu conjunto, sendo a o comprimento de cada troço de montante e i_m o raio de giração mínimo da secção do montante (fig. 21);
- b) Os elementos transversais de ligação devem ser dimensionados do modo seguinte:

- 1) Se os montantes da peça são solidarizados por elementos formando um sistema triangulado [fig. 21, a)], o dimensionamento das travessas e diagonais deste sistema será feito considerando um esforço transverso convencional cujo valor de cálculo, T_{sd} , não poderá, salvo justificação, ser inferior a:

$$\frac{0,014 N_{sd}}{\varphi}$$

em que:

N_{sd} — valor de cálculo do esforço normal de compressão;

φ — coeficiente de encurvadura correspondente à peça composta;

- 2) Se os montantes são solidarizados apenas por travessas [fig. 21, b)], pode dispensar-se o dimensionamento nos moldes indicados no n.º 1) desde que a secção trans-

versal das travessas satisfaça a condição seguinte:

$$I_t \geq \frac{2 ha}{1,2 \frac{\ell_e^2}{I_p} - \frac{a^2}{I_m}}$$

em que:

- I_t — momento de inércia da secção transversal da travessa em relação ao eixo central dessa secção, perpendicular ao plano da peça;
- I_m — momento de inércia da secção de cada montante em relação ao eixo central dessa secção, perpendicular ao plano da peça;
- I_p — momento de inércia da secção conjunta dos montantes em relação ao eixo principal de inércia, perpendicular ao plano da peça;
- h — distância entre eixos dos montantes;
- a — distância entre eixos das travessas, que deve satisfazer à condição da alínea a) deste artigo;
- ℓ_e — comprimento de encurvadura da peça composta.

As ligações das travessas aos montantes devem garantir um momento resistente correspondente ao eixo em relação ao qual é definido I_t ;

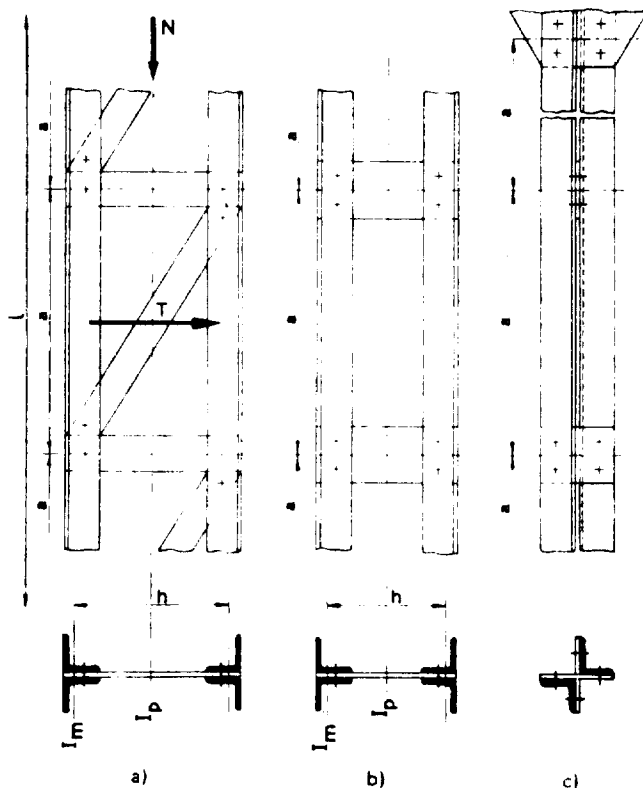


Fig. 21

- 3) Se os montantes estão distanciados apenas pela espessura de uma travessa, nomeadamente no caso de cantoneiras ligadas conforme se indica na figura 21, c), o raio de giração a considerar no dimensionamento da peça composta poderá ser o correspondente à secção conjunta dos montantes (relativo ao eixo de inércia mínima) desde que seja respeitada a condição da alínea a) deste artigo e que seja efectiva a solidarização dos elementos.

No caso de cantoneiras ligadas face com face ou em cruz, são necessárias, pelo menos, duas travessas colocadas nos terços do comprimento da peça em dois planos perpendiculares entre si e ligadas por soldadura ou por um mínimo de dois rebites ou parafusos a cada cantoneira; se existirem mais de duas travessas, elas serão colocadas alternadamente em dois planos perpendiculares entre si, devendo a distância a ser medida sempre entre os eixos de travessas contíguas, seja qual for o plano em que se encontrem.

Artigo 51.º — Vigas. Generalidades

No dimensionamento de vigas observar-se-ão as seguintes disposições gerais:

- a) Para vão teórico considerar-se-á a distância entre eixos dos elementos de apoio, no caso de aqueles serem bem definidos. No caso de apoios sobre elementos de alvenaria ou de betão, e quando não se utilizem aparelhos que permitam localizar os pontos de apoio, as dimensões das superfícies de apoio serão determinadas em função das tensões admissíveis de contacto dos materiais: o apoio teórico a considerar nesse caso será situado na posição correspondente à resultante das pressões sobre a superfície de apoio.

Quando se trate de vigas de pequena importância apoiadas directamente em elementos de alvenaria ou de betão, pode tomar-se, em geral, para vão teórico o vão livre aumentado de 5 %;

- b) Na determinação dos esforços tomar-se-á em consideração a existência de momentos de encastramento ou de continuidade, na medida em que as disposições construtivas previstas os garantam.

Artigo 52.º — Vigas compostas de alma cheia

No dimensionamento de vigas compostas de alma cheia adoptar-se-ão disposições que eliminem o risco de instabilidade da alma e do banzo comprimido, de acordo com critérios baseados na teoria da estabilidade elástica.

Para vigas de proporções e cargas correntes respeitar-se-ão, salvo justificação, as regras indicadas nas alíneas seguintes:

- a) A relação entre a largura das partes livres dos banzos comprimidos e a sua espessura deve satisfazer as seguintes condições:

No caso de banzos com bordos não reforçados (fig. 22):

$$\frac{b}{e} \leq 15 \sqrt{\frac{235}{f_{yd}}}$$

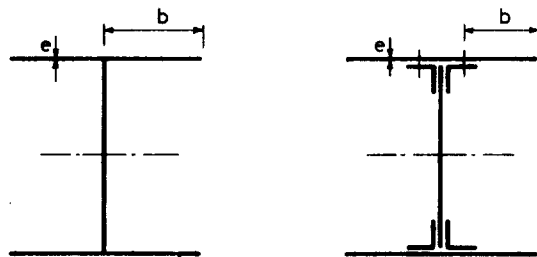


Fig. 22

No caso de banzos com bordos reforçados (fig. 23):

$$\frac{b}{e} < 15 \left(1 + 2 \sqrt{\frac{b_2}{b_1}} \right) \sqrt{\frac{235}{f_{yd}}}$$

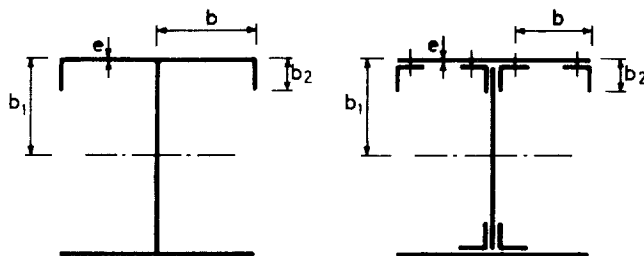


Fig. 23

Nas expressões anteriores f_{yd} deve ser tomado com os valores indicados no quadro 1;

- b) A relação entre a espessura da alma e a sua altura livre não deve ser inferior a 0,006;
- c) Devem ser colocados reforços verticais de alma (nervuras) nas secções de apoio e nas secções em que actuam cargas concentradas fixas importantes, não sendo necessária a sua existência em secções intermédias quando a relação entre a espessura da alma e a sua altura livre for superior a 0,014. Quando tal condição não for satisfeita, há que dispor de tais reforços, cujo espaçamento e secção devem ser convenientemente justificados.

Artigo 53.º — Vigas de suporte de paredes de alvenaria

No dimensionamento de vigas de suporte de paredes de alvenaria as cargas transmitidas pelas paredes poderão ser reduzidas, atendendo ao efeito de arco na alvenaria, desde que se verifiquem simultaneamente as condições seguintes:

- a) Ser possível traçar na parede sobre a viga um arco de directriz e dimensões tais que possa suportar e transmitir aos apoios as cargas que sobre ele actuam sem serem excedidas as tensões admissíveis na alvenaria;
- b) Ser possível assegurar a absorção dos impulsos do arco.

Desde que seja legítimo considerar o efeito de arco na alvenaria, pela satisfação das condições indicadas no artigo, a viga será então

dimensionada para resistir à flexão provocada apenas pelo peso da parte da parede subjacente ao intradorso do arco. No caso de paredes de alvenaria argamassada, poder-se-á considerar, em geral, um arco parabólico com flecha igual a dois terços do vão teórico da viga.

Se a extensão dos apoios da viga não for suficiente para conter os apoios do arco, parte da componente vertical das reacções deste terá de ser suportada pela viga, o que exigirá uma verificação desta ao esforço transversal nas secções vizinhas dos apoios.

Nos casos em que não existam elementos da própria construção capazes de garantir a absorção dos impulsos do arco, será necessário prever dispositivos adequados a esse fim.

Artigo 54.º — Contraventamentos

Os contraventamentos das estruturas principais devem ser dimensionados de modo a resistirem às acções exteriores para que são previstos (por exemplo, vento actuando na direcção transversal a essas estruturas) e impedirem o derrubamento lateral das estruturas principais provocado por fenómenos de instabilidade de conjunto.

No caso de vigas trianguladas ou de vigas de alma cheia, os contraventamentos devem impedir a encurvadura lateral dos banzos comprimidos.

Para as primeiras observar-se-á o disposto nas alíneas seguintes:

- a) O valor de cálculo da força transversal à viga num dado nó do banzo comprimido, a que terão de resistir os contraventamentos, pode considerar-se, com suficiente aproximação nos casos correntes, igual a 0,01 do valor de cálculo do esforço de compressão de maior valor das barras do banzo que concorrem no nó. Esta força deve ser considerada no dimensionamento dos contraventamentos em combinação com os efeitos das restantes acções exteriores.

Os resultados deste cálculo expedito podem, em certos casos, conduzir a contraventamentos insuficientes, e será então necessário realizar o dimensionamento por métodos mais rigorosos, baseados na teoria da estabilidade elástica. Esta exigência aplica-se, nomeadamente, a vigas cujo vão exceda 30 m;

- b) Os elementos de contraventamento que têm como única função impedir o varejamento de barras comprimidas no plano da estrutura devem ser dimensionados para resistir, tanto à tracção como à compressão, a uma força cujo valor de cálculo é 0,01 do valor de cálculo do esforço de compressão existente na barra a contraventar.

Artigo 55.º — Aparelhos de apoio

Quando for necessário utilizar aparelhos de apoio, o seu dimensionamento deverá ser efectuado de acordo com critérios devidamente justificados.

C — Ligações

Artigo 56.º — Generalidades

56.1 — A verificação da segurança das ligações deve ser feita em relação aos estados limites últimos de resistência, devendo os valores de cálculo dos esforços ou tensões resistentes ser iguais ou superiores aos valores de cálculo dos esforços ou tensões actuantes, determi-

nados estes tendo em conta os critérios estipulados no n.º 41.2.

56.2 — Nos casos em que os elementos ligados estão sobredimensionados, as ligações devem apresentar, quanto possível, resistência proporcionada com a desses elementos.

A recomendação de dar a uma ligação, nos casos indicados, resistência superior à imposta pelo cálculo destina-se a evitar que seja a ligação a condicionar a resistência do conjunto, permitindo, portanto, o aproveitamento do acréscimo de capacidade resistente que resulta de um eventual sobredimensionamento dos elementos ligados devido, por exemplo, a condicionamentos arquitectónicos.

Artigo 57.º — Verificação da segurança das ligações rebitadas

57.1 — Para a verificação da segurança das ligações rebitadas os valores de cálculo das tensões resistentes são os definidos no n.º 57.2, devendo os valores de cálculo das tensões actuantes ser determinados de acordo com as regras da resistência de materiais, considerando para diâmetro dos rebites o seu diâmetro depois de cravados (igual ao diâmetro dos furos) e atendendo ao disposto nas alíneas seguintes:

- a) A tensão de corte nos rebites será obtida dividindo o valor de cálculo do esforço de corte correspondente a cada rebite pela sua secção, no caso de corte simples, e por duas vezes essa secção, no caso de corte duplo;
- b) A tensão de tracção dos rebites será determinada dividindo o valor de cálculo do esforço de tracção correspondente a cada rebite pela sua secção;
- c) A tensão de esmagamento lateral (pressão lateral dos rebites) será obtida dividindo o valor de cálculo do esforço de corte correspondente a cada rebite pelo produto do diâmetro do rebite pela espessura da chapa.

57.2 — Os valores de cálculo das tensões resistentes em ligações rebitadas são os definidos no quadro III.

QUADRO III
Valores de cálculo das tensões resistentes em ligações rebitadas

Corte	Tracção	Esmagamento
$0,8 f_{yd} *$	$0,3 f_{yd} *$	$2,25 f_{yd} **$

* Valor de f_{yd} correspondente ao aço dos rebites, que pode ser tomado igual ao valor característico da tensão de cedência (ver artigo 9.º).

** Valor de f_{yd} correspondente ao aço de menor resistência, no caso de serem utilizados aços de diferentes características nos rebites e nos elementos ligados.

57.3 — Deve verificar-se se existe nos elementos ligados ou nos elementos de ligação alguma secção insuficiente para a transmissão dos esforços. Em particular, para furos próximos dos bordos de chapas deve verificar-se a condição:

$$\frac{0,8 F_{sd}}{a e} \leq f_{yd}$$

em que:

F_{sd} — valor de cálculo da força de corte transmitida pela chapa ao rebite;

- a — distância do rebite ao bordo, definida no artigo 20.º;
 e — espessura da chapa;
 f_{vd} — valor de cálculo da tensão de cedência do aço da chapa, indicado no quadro I.

57.4 — No caso de rebites solicitados simultaneamente por esforços de corte e de tracção dispensa-se a análise do estado de tensão resultante, bastando verificar a segurança separadamente para os esforços de corte e de tracção.

Artigo 58.º — Verificação da segurança das ligações aparafusadas correntes

58.1 — Para a verificação da segurança das ligações aparafusadas correntes os valores de cálculo das tensões resistentes são os definidos no n.º 58.2, devendo os valores de cálculo das tensões actuates ser determinados de forma semelhante à indicada para as ligações rebitadas no artigo 57.º e tendo em atenção o disposto nas alíneas seguintes:

- Para o cálculo da tensão de corte nos parafusos considerar-se-á a secção do liso da espiga;
- Para o cálculo da tensão de tracção nos parafusos considerar-se-á a secção do núcleo;
- Para o cálculo da tensão de esmagamento (pressão lateral dos parafusos) considerar-se-á o diâmetro do liso da espiga.

58.2 — Os valores de cálculo das tensões resistentes em ligações aparafusadas correntes são os definidos no quadro IV.

QUADRO IV

Valores de cálculo das tensões resistentes em ligações aparafusadas correntes

Corte	Tracção	Esmagamento
$0,7 f_{vd} *$	$0,8 f_{vd} *$	$2,25 f_{vd} **$

* Valor de f_{vd} correspondente ao aço dos parafusos, que pode ser tomado igual ao valor característico da tensão de cedência (ver artigo 30.º).

** Valor de f_{vd} correspondente ao aço de menor resistência, no caso de serem utilizados aços de diferentes características nos parafusos e nos elementos ligados.

58.3 — Deve verificar-se se existe nos elementos ligados ou nos elementos de ligação alguma secção insuficiente para a transmissão dos esforços. Em especial, nos furos próximos dos bordos das chapas deve verificar-se a condição indicada no n.º 57.3 para os rebites.

58.4 — No caso de parafusos solicitados simultaneamente por esforços de corte e de tracção, dispensa-se a análise do estado de tensão resultante, bastando verificar a segurança separadamente para os esforços de corte e de tracção.

Artigo 59.º — Verificação da segurança das ligações aparafusadas pré-esforçadas

59.1 — A verificação da segurança das ligações aparafusadas pré-esforçadas deve ser realizada em termos de esforços, comparando os valores de cálculo dos esforços actuates com os valores de cálculo dos esforços

resistentes, determinados de acordo com o indicado nas alíneas seguintes:

- No caso de a ligação estar submetida exclusivamente a esforços que tendem a provocar o deslizamento das superfícies em contacto, o valor de cálculo do esforço resistente, T_{Rd} , é dado pela expressão:

$$T_{Rd} = \mu F_{pd} n_p n_s$$

em que:

- μ — coeficiente de atrito entre os elementos ligados;
 F_{pd} — valor de cálculo do pré-esforço instalado em cada parafuso;
 n_p — número de parafusos;
 n_s — número de planos de escorregamento;

- No caso de a ligação estar submetida exclusivamente a esforços que tendem a provocar o desencosto das superfícies em contacto, o valor de cálculo do esforço resistente, N_{Rd} , é dado pela expressão:

$$N_{Rd} = F_{pd} n_p$$

em que os símbolos têm o significado indicado anteriormente;

- No caso de a ligação estar submetida simultaneamente a esforços dos tipos indicados nas alíneas a) e b), os valores de cálculo dos esforços resistentes são dados pelas expressões:

$$T_{Rd} = \mu F_{pd} \left(1 - \frac{0,7 N_{Sd}}{F_{pd} n_p} \right) n_p n_s$$

$$N_{Rd} = F_{pd} n_p$$

em que N_{Sd} representa o valor de cálculo do esforço normal actuate e os restantes símbolos têm o significado indicado anteriormente.

59.2 — Os valores do coeficiente de atrito e do pré-esforço a adoptar na verificação da segurança de ligações aparafusadas pré-esforçadas devem ser, em cada caso, convenientemente justificados.

Nos casos correntes poder-se-ão adoptar os valores especificados nas alíneas seguintes:

- Valor do coeficiente de atrito para elementos cujas superfícies tenham sido preparadas de acordo com o indicado no artigo 64.º:

$$\mu = 0,45$$

- Valor de cálculo do pré-esforço instalado nos parafusos:

$$F_{pd} = 0,8 f_{vd} A_i$$

em que:

- f_{vd} — valor de cálculo da tensão de cedência ou da tensão limite convencional de proporcionalidade a 0,2% do aço dos parafusos, que pode ser tomado igual ao correspondente valor característico;
 $A_i = \frac{\pi d_i^2}{4}$, sendo d_i o diâmetro do núcleo do parafuso.

O momento de aperto necessário para garantir a introdução do pré-esforço F_{pd} será, para

as qualidades especificadas de materiais a utilizar em porcas e anilhas (artigo 10.º), dado pela expressão:

$$M_p = 0,18 \, d \, F_{pd}$$

em que d é o diâmetro nominal do parafuso.

Artigo 60.º — Verificação da segurança das ligações soldadas

A verificação da segurança das ligações soldadas deve ser efectuada do modo indicado nas alíneas seguintes:

- No caso dos cordões de topo, não é necessário comprovar por cálculo a sua segurança desde que sejam satisfeitas na execução as condições enunciadas nos artigos 11.º, 29.º, 30.º e 31.º;
- No caso de cordões de ângulo, para a verificação da segurança os valores de cálculo das tensões resistentes são iguais a f_{yd} (ver quadro 1), devendo os valores de cálculo das tensões actuantes ser tomados iguais a uma tensão de referência dada por:

$$\sigma_{Sd, ref} = \frac{1}{\alpha} \sqrt{1,4 (\sigma_{Sd}^2 + \tau_p^2) - 0,8 \sigma_{Sd} \tau_p + 1,8 \tau_t^2}$$

em que:

σ_{Sd} , τ_p , τ_t — componentes convencionais, determinadas pelas regras da resistência de materiais, dos valores de cálculo das tensões médias referidas à secção bissectriz do cordão ($a \times \ell$), rebatida sobre o plano de ligação dos elementos (fig. 24);

α — coeficiente dependente da espessura do cordão.

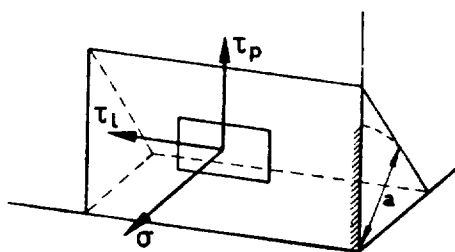


Fig. 24

De acordo com a figura 24, σ é a componente perpendicular ao plano de ligação, positiva se se tratar de uma tracção sobre o cordão, e negativa no caso contrário, τ_p é a componente tangencial no plano de ligação e perpendicular ao eixo longitudinal do cordão, positiva se corresponder à tendência para afastar o cordão do seu vértice, e negativa no caso contrário, e τ_t é a componente tangencial no plano de ligação e paralela ao eixo longitudinal do cordão.

O valor do coeficiente α será dado, em função da espessura a (mm) do cordão, pela seguinte expressão:

$$\alpha = 0,8 \left(1 + \frac{1}{a} \right) \leq 1$$

Nos casos correntes poderá tomar-se para α o valor médio de 0,90.

No caso de cordões de topo, considerou-se que, satisfeitas as correspondentes disposições construtivas e as exigências de qualidade do metal de adição especificadas no Regulamento, a soldadura não introduz descontinuidade nos elementos ligados, do que resulta poder dispensar-se a verificação da segurança deste tipo de cordões.

A expressão $\sigma_{Sd, ref}$, utilizada para a verificação da segurança em cordões de ângulo, transforma-se nas expressões simples seguintes, quando aplicada aos casos mais correntes de ligações, e considerando $\alpha = 0,90$:

- Cordões que realizam a transmissão de um esforço longitudinal de compressão ou de tracção:

Cordão frontal [fig. 25, a)]:

$$\sigma_{Sd, ref} = \frac{F_{Sd}}{0,77 \, \ell \, a}$$

Cordões laterais [fig. 25, b)]:

$$\sigma_{Sd, ref} = \frac{F_{Sd}}{0,67 \, \Sigma \, \ell \, a}$$

Cordão oblíquo [fig. 25, c)]:

$$\sigma_{Sd, ref} = \frac{F_{Sd}}{0,90 \, \ell \, a} \sqrt{1,4 \sin^2 \theta + 1,8 \cos^2 \theta}$$

Cordão oblíquo e cordões laterais [fig. 25, d)]:

$$\sigma_{Sd, ref} = \frac{F_{Sd}}{0,77 \left(\frac{\ell_1 a_1 + \ell_2 a_2}{1,13} + \frac{\ell_3 a_3}{\sqrt{\sin^2 \theta + 1,29 \cos^2 \theta}} \right)}$$

Cordões oblíquos simétricos [fig. 25, e)]. — Aplicar-se-á a fórmula relativa ao cordão oblíquo, substituindo $\ell \, a$ por $\Sigma \, \ell \, a$;

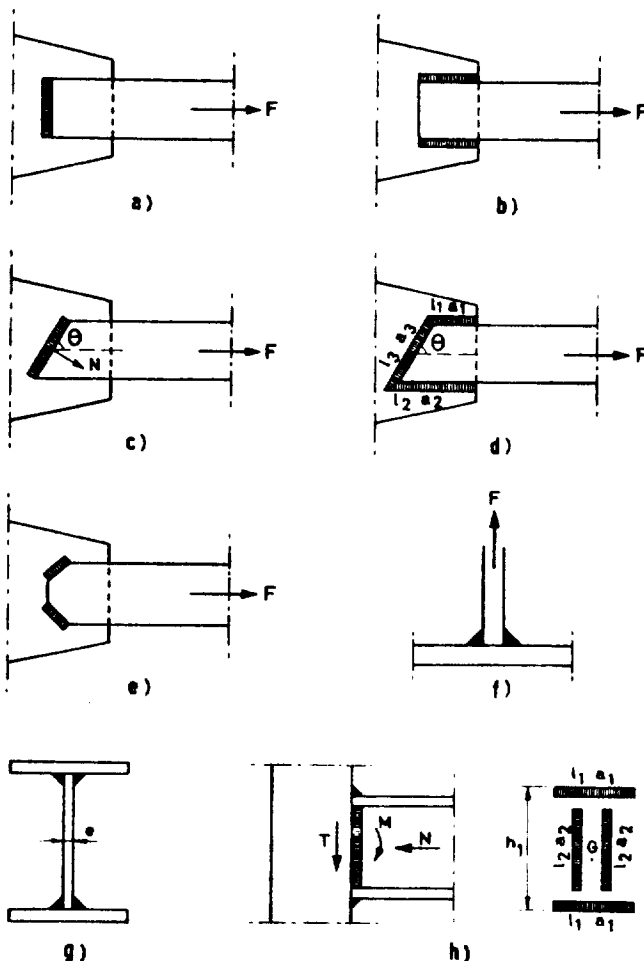


Fig. 25

- b) Cordões que realizam a transmissão de um esforço transversal [fig. 25, f)]:

$$\sigma_{Sd, ref} = \frac{F_{Sd}}{0,77 \sum t a}$$

- c) Cordões que realizam a ligação entre a alma e o banzo de uma viga de alma cheia [fig. 25, g)]:

Se $a < \frac{e}{2}$, será:

$$\sigma_{Sd, ref} = \frac{1}{0,67} \frac{S T_{Sd}}{2 a I}$$

em que:

T_{Sd} — esforço transversal de cálculo na secção considerada;

S — momento estático da secção do banzo relativamente ao eixo de flexão simples da viga;

I — momento de inércia da secção relativamente ao mesmo eixo;

Se $a \geq \frac{e}{2}$, não é necessária a verificação da segurança;

- d) Cordões que realizam a ligação de uma viga a um pilar [fig. 25, h)]:

Para os cordões que ligam o banzo da viga ao pilar:

$$\sigma_{Sd, ref} = \frac{1}{0,77} \left(\frac{N_{Sd}}{\sum t a} + \frac{M_{Sd}}{h_1 t_1 a_1} \right)$$

Para os cordões que ligam a alma da viga ao pilar:

$$\sigma_{Sd, ref} = \frac{1}{0,90} \sqrt{1,4 \left(\frac{N_{Sd}}{\sum t a} \right)^2 + 1,8 \left(\frac{T_{Sd}}{\sum t_2 a_2} \right)^2}$$

CAPÍTULO V

Execução e montagem

Artigo 61.º — Regras gerais de execução

Os trabalhos devem ser executados segundo as boas normas de construir, nomeadamente as seguintes:

- A traçagem será feita com precisão e de acordo com o projecto. Desde que no projecto sejam indicadas contraflechas, devem estas ser tidas em consideração na traçagem e devidamente distribuídas para que a forma final seja a conveniente;
- As peças devem ser desempenadas segundo as tolerâncias especificadas no projecto ou, na falta dessa indicação, segundo as tolerâncias usuais;
- Os cortes efectuados a maçarico ou por arco eléctrico serão posteriormente afagados sempre que a irregularidade da zona de corte prejudique a execução das ligações;
- A abertura dos furos deve, em geral, ser realizada por brocagem. No caso de ligações importantes, a abertura dos furos deve fazer-se ou por brocagem simultânea dos diversos elementos a ligar, ou por brocagem ou punção de diâmetro, pelo menos, 3 mm inferior ao diâmetro definitivo, e posterior mandrilagem, realizada com as peças convenientemente ligadas.

Somente se admite a abertura de furos por punção sem posterior mandrilagem no caso de furos que não tenham função estrutural importante.

Artigo 62.º — Ligações rebitadas

Na execução de ligações rebitadas respeitar-se-ão as seguintes condições:

- A rebitação deve ser executada por meios mecânicos, somente podendo efectuar-se a rebitação manual em casos especialmente justificados;
- No início da cravação os rebites devem estar ao rubro claro; terminada a operação, devem estar ainda ao rubro sombrio;
- Os rebites, depois de cravados, devem preencher completamente os furos e apresentar cabeças bem enformadas e centradas em relação ao corpo dos rebites;
- Os rebites que ficarem soltos ou defeituosos devem ser substituídos.

Artigo 63.º — Ligações aparafusadas correntes

Na execução de ligações aparafusadas correntes respeitar-se-ão as seguintes condições:

- O roscado dos parafusos deve sobressair, pelo menos, um filete das respectivas porcas;
- O aperto dos parafusos deve ser o suficiente para garantir a eficiência das ligações, tendo-se em atenção que um aperto exagerado produz estados de tensão desfavoráveis nos parafusos;
- Os parafusos serão, em geral, munidos de anilhas, em cuja espessura deve terminar a parte roscada. Só se poderá dispensar o uso de anilhas desde que as ligações sejam pouco importantes e se verifique que a zona lisa da arreigada do parafuso é suficiente para transmitir à chapa os esforços a que o parafuso está sujeito;
- No caso de as superfícies sobre as quais se faz o aperto dos parafusos não serem normais ao eixo destes, devem colocar-se anilhas de cunha, de modo que o aperto não introduza esforços secundários nos parafusos;
- Sempre que se verifiquem condições que possam conduzir ao desaperto dos parafusos em serviço, por exemplo, vibrações, devem utilizar-se dispositivos que impeçam esse desaperto, tais como anilhas de mola ou contraporcas.

Artigo 64.º — Ligações aparafusadas pré-esforçadas

Na execução de ligações aparafusadas pré-esforçadas respeitar-se-ão as seguintes condições:

- As superfícies dos elementos a ligar devem ser cuidadosamente limpas de quaisquer matérias susceptíveis de provocarem uma diminuição do atrito entre as superfícies (ferrugem, gordura, pintura, água, etc.). A limpeza será feita a jacto de areia ou à chama de características adequadas, devendo executar-se em curto prazo (algumas horas) a montagem da ligação, de modo a evitar que as superfícies se oxidem;
- Aos parafusos devem ser aplicados os momentos de aperto especificados no projecto, utilizando chaves dinamométricas aferidas (erro máximo $\pm 10\%$);

- c) Posteriormente à montagem deverá ser verificado, em pelo menos 10 % do número total dos parafusos, se estão instalados os momentos de aperto especificados. Para isso será medido o valor do momento necessário para fazer desaperçar a porca de um sexto de volta; este valor deve ser, no mínimo, 75 % do momento de montagem;
- d) Os parafusos devem ser munidos de anilhas, uma do lado da cabeça e outra do lado da porca; mediante justificação, a primeira poderá ser eliminada em parafusos cujas cabeças possuam dimensões estudadas de forma que possam transmitir com segurança às chapas o pré-esforço instalado nos parafusos;
- e) Deverá ser satisfeita a condição enunciada na alínea a) do artigo anterior.

Artigo 65.º — Ligações soldadas

Na execução de ligações soldadas empregar-se-ão processos de soldadura de eficiência comprovada, nomeadamente a soldadura por arco eléctrico e a soldadura oxi-acetilénica, devendo respeitar-se as normas portuguesas em vigor e, em particular, as condições enunciadas a seguir:

- a) O trabalho de soldadura, no qual deve ser utilizada a aparelhagem conveniente, só poderá ser executado por pessoal devidamente qualificado;
- b) Na soldadura por arco eléctrico as características da corrente e a natureza e o diâmetro dos eléctrodos devem ser apropriados à qualidade dos materiais e ao tipo de ligação a efectuar;
- c) As superfícies a soldar devem estar bem limpas e sem escórias. No caso de o cordão ser obtido por várias passagens, deve proceder-se, antes de cada nova passagem, à repicagem das escórias por um processo adequado e à limpeza a escova de arame;
- d) Tanto as zonas a soldar como os eléctrodos devem estar bem secos;
- e) Os cordões devem ficar isentos de irregularidades, poros, fendas, cavidades ou outros defeitos;
- f) Na realização das soldaduras deve seguir-se a ordem de execução e as disposições construtivas indicadas no projecto. Quando o projecto for omissivo a este respeito, devem tomar-se as precauções convenientes para reduzir as tensões devidas às operações de soldadura e para que as peças fiquem nas posições pretendidas;
- g) Não é, em geral, necessário proceder ao recozimento das peças para eliminação das tensões provenientes das operações de soldadura. Quando for considerado necessário, deve a respectiva indicação constar explicitamente do projecto;
- h) Deve-se procurar reduzir ao indispensável o número de soldaduras a efectuar fora da oficina e devem utilizar-se dispositivos que permitam reduzir ao mínimo as soldaduras de difícil execução, em particular as soldaduras de tecto.

Encontram-se publicadas diversas normas portuguesas relativas à execução de trabalhos de soldadura e à qualificação de soldadores, que são referidas no anexo II.

Artigo 66.º — Protecção contra a corrosão

As peças devem ser protegidas contra a corrosão por processo adequado, nomeadamente por pintura ou metalização, devendo ser respeitadas as condições seguintes:

- a) Antes de serem pintadas, as peças devem ser convenientemente limpas de ferrugem, vidro de laminagem (carepa), gordura ou qualquer outra matéria que prejudique a pintura. Exceptua-se o caso de ser utilizada protecção prévia por fosfatização, em que na limpeza das superfícies não deve ser retirada a ferrugem aderente;
- b) As superfícies a pintar devem estar secas;
- c) As peças devem receber uma demão de aparelho, de preferência antes de saírem da oficina;
- d) As superfícies que devem ficar permanentemente em contacto, salvo no caso de ligações aparafusadas pré-esforçadas ou de ligações rebatadas, serão protegidas ou pintadas antes de se proceder à sua ligação;
- e) As estruturas a revestir de betão não devem ser pintadas ou receber qualquer outra protecção;
- f) As superfícies de rolamento ou escorregamento de aparelhos de apoio, tais como faces de rolos ou outras análogas, não devem ser pintadas, mas protegidas por massa grafitada ou outro material adequado.

Artigo 67.º — Protecção contra o fogo

As estruturas de aço em construções particularmente sujeitas a risco de incêndio devem ser protegidas contra o fogo, de acordo com os regulamentos e disposições respectivas em vigor.

Artigo 68.º — Regras gerais de montagem

Na montagem das estruturas devem respeitar-se as prescrições da regulamentação em vigor sobre segurança no trabalho da construção civil, bem como o estipulado nas alíneas seguintes:

- a) Todas as peças devem ser convenientemente marcadas na oficina, de modo que não se levantem dúvidas na montagem quanto à posição que devem ocupar;
- b) As ligações devem efectuar-se sem introduzir esforços importantes nas peças. Nos casos especiais em que esteja prevista no projecto a introdução de tais esforços, deve proceder-se à sua verificação por métodos apropriados;
- c) A introdução de repuxos para acerto das peças deve fazer-se sem deformar os furos;
- d) Devem-se retocar as pinturas ou outras protecções contra a corrosão que tenham ficado danificadas durante a montagem e proteger as superfícies não anteriormente revestidas.

CAPÍTULO VI

Garantia de qualidade

Artigo 69.º — Generalidades

A metodologia destinada a assegurar a aptidão da obra para a utilização prevista — garantia de

qualidade — apenas é encarada no presente Regulamento nos aspectos relativos à segurança e durabilidade das estruturas. Com este objectivo apresentam-se neste capítulo critérios gerais relativos aos controlos preliminares, aos controlos de produção e de conformidade da obra, à recepção desta e à sua manutenção.

Um sistema de garantia de qualidade envolve, em princípio, todos os participantes no processo construtivo (dono da obra, projectista, construtor, utilizador, autoridades, etc.) e estende-se a todas as suas fases (concepção, projecto, construção e utilização).

A matéria apresentada neste capítulo tem em vista, fundamentalmente, estabelecer alguns conceitos gerais sobre a garantia de qualidade e respectiva terminologia, numa base internacionalmente aceite, fornecendo, assim, orientações para a elaboração dos cadernos de encargos das obras.

Não são tratados, porém, quaisquer aspectos contratuais ou jurídicos ligados à garantia de qualidade; em particular, as consequências de uma rejeição (penalidades, indemnizações, etc.) e a repartição das responsabilidades entre os diversos intervenientes na obra estão fora do âmbito deste Regulamento.

Artigo 70.º — Controlos preliminares

Os controlos efectuados antes do início da execução destinam-se a assegurar que é possível realizar satisfatoriamente a obra prevista com os técnicos, os materiais e os métodos de execução disponíveis.

Estes controlos devem incidir, nomeadamente, sobre a qualidade e a adequabilidade do projecto, dos materiais e dos meios de execução que vão ser utilizados.

Artigo 71.º — Controle de produção

71.1 — O controle de produção consiste num conjunto de acções exercidas durante a execução da estrutura, quer em oficina, quer em obra, com vista a obter um grau razoável de garantia de que as condições que lhe são exigidas serão satisfeitas.

Este controle deve incidir, fundamentalmente, sobre os materiais, as dimensões, o modo como é realizada a estrutura, e sobre a qualificação profissional dos executantes, nomeadamente dos soldadores.

71.2 — As características dos materiais devem ser verificadas antes da sua utilização, podendo, para este efeito, ser tidos em conta eventuais controlos a que tenham sido sujeitos durante a sua produção. No caso de tais controlos oferecerem as necessárias garantias, estas acções podem limitar-se a simples operações de identificação.

Imediatamente antes da utilização dos materiais deve ser verificado se durante o seu armazenamento e manuseamento sofreram danos que os tornem impróprios para a aplicação prevista.

71.3 — A execução da obra deve ser acompanhada das verificações necessárias para assegurar o cumprimento das condições estipuladas no projecto e ter em consideração as regras de execução e montagem contidas no capítulo V deste Regulamento.

71.4 — No livro de registo da obra devem ser indicadas, cronologicamente, todas as ocorrências verificadas no decurso da obra e que interessam à realização desta. Este livro será facultado aos agentes das entidades que tenham jurisdição sobre a obra, sempre que estes o solicitarem, para que possam visá-lo ou nele inscrever as observações que o andamento dos trabalhos lhes sugerir.

Considera-se de importância fundamental para as actividades de garantia de qualidade o correcto preenchimento do livro de registo da obra.

Artigo 72.º — Controle de conformidade

72.1 — O controle de conformidade consiste num conjunto de acções e de decisões efectuadas com base em regras preestabelecidas (regras de conformidade, que têm em conta os critérios de amostragem e os critérios de aceitação/rejeição) e destinadas a verificar se a obra cumpre as exigências que lhe são atribuídas, permitindo, em consequência, efectuar um julgamento de «conformidade» ou de «não conformidade».

Estas acções devem incidir sobre os materiais, sobre a execução dos trabalhos e sobre a obra terminada.

72.2 — O controle de conformidade dos materiais poderá basear-se em resultados de ensaios e verificações do controle da sua produção. Caso tal controle não ofereça as necessárias garantias — ou mesmo se não tiver sido efectuado —, há que proceder às verificações e ensaios necessários para habilitar o julgamento de conformidade.

72.3 — O controle de conformidade da execução dos trabalhos deve basear-se nos controlos de produção referidos no artigo 71.º e ter em conta os elementos que constam do livro de registo da obra.

72.4 — O controle de conformidade final da obra deve exercer-se, em regra, através de verificações de dimensões e dando atenção particular à eventual existência de defeitos em soldaduras, insuficiências da protecção contra a corrosão, etc. Em certos casos, em face da importância ou das características especiais da obra, poderá ser prevista a realização de ensaios complementares com vista a confirmar o seu comportamento.

Artigo 73.º — Recepção

73.1 — A recepção é o acto de decisão final que, em face dos resultados do controle de conformidade, consiste em aceitar ou rejeitar a obra.

No caso de «conformidade», a obra deve ser aceite; no caso de «não conformidade», a obra será, em princípio, rejeitada, podendo, no entanto, vir ainda a ser aceite nas condições indicadas no parágrafo seguinte.

73.2 — No caso de os resultados do controle de conformidade não serem satisfatórios, a obra poderá ainda ser aceite desde que se faça um julgamento do problema, tendo em atenção as suas condições específicas, e seja feita prova de que as condições regulamentares de segurança são satisfeitas.

Artigo 74.º — Manutenção

74.1 — As estruturas devem ser mantidas em condições que preservem a sua aptidão para o desempenho das funções para que foram concebidas. Com esta finalidade deverão ser objecto de inspecções regulares e, se necessário, de reparações adequadas.

74.2 — Durante a vida da estrutura devem ser efectuadas inspecções regulares a fim de detectar possíveis danos e permitir a sua reparação em tempo útil. A periodicidade destas inspecções depende de vários factores, entre os quais o tipo de utilização da obra, a importância desta e as condições de agressividade do ambiente.

74.3 — No caso de as inspecções revelarem qualquer deficiência no comportamento da estrutura, haverá que investigar as suas causas com vista a proceder aos necessários trabalhos de reparação.

A estrutura, após reparação, deve satisfazer a segurança regulamentar relativamente às condições de utilização previstas.

Em certos casos, poderá ser conveniente colocar em locais apropriados placas com a indicação das sobrecargas de utilização máximas permitidas, a fim de alertar os utilizadores para o facto de que a aplicação de sobrecargas superiores às indicadas pode danificar a estrutura.

Quanto à periodicidade das inspecções para estruturas correntes não sujeitas a ambientes particularmente agressivos podem ser recomendadas as seguintes:

Edifícios, em geral	10 anos
Edifícios industriais	5 a 10 anos

ANEXO I

Valores do coeficiente de encurvadura, φ

λ	Tipo de aço		
	Fe 360	Fe 430	Fe 510
20	1,000	1,000	1,000
25	0,967	0,964	0,957
30	0,934	0,927	0,914
35	0,900	0,890	0,871
40	0,867	0,854	0,828
45	0,834	0,818	0,784
50	0,801	0,781	0,741
55	0,768	0,744	0,698
60	0,734	0,708	0,655
65	0,701	0,672	0,612
70	0,668	0,635	0,569
75	0,635	0,598	0,526
80	0,602	0,562	0,483
85	0,568	0,526	0,440
90	0,535	0,489	0,392
95	0,502	0,452	0,352
100	0,469	0,410	0,318
105	0,436	0,372	0,288
110	0,397	0,339	0,263
115	0,363	0,310	0,240
120	0,333	0,285	0,221
125	0,307	0,263	0,203
130	0,284	0,243	0,188
135	0,263	0,225	0,174
140	0,245	0,209	0,162
145	0,228	0,195	0,151
150	0,213	0,182	0,141
155	0,200	0,171	0,132
160	0,188	0,160	0,124
165	0,176	0,151	0,117
170	0,166	0,142	0,110
175	0,157	0,134	0,104
180	0,148	0,127	0,098

ANEXO II

Normas portuguesas aplicáveis a estruturas de aço

A — Aços de construção

- NP-105 — Metais. Ensaio de tracção.
- NP-106 — Metais. Ensaio de dureza Brinell.
- NP-141 — Metais. Ensaio de dureza Rockwell.
- NP-173 — Metais. Ensaio de dobragem.
- NP-269 — Metais. Ensaio de choque Charpy de provete entalhado.
- NP-331 — Aço laminado a quente. Varão. Dimensões.
- NP-333 — Aço laminado a quente. Vergalhão. Dimensões.
- NP-334 — Aço laminado a quente. Barra. Dimensões.
- NP-335 — Aço laminado a quente. Cantoneira de abas iguais. Dimensões e características referidas aos eixos.

- NP-336 — Aço laminado a quente. Cantoneira de abas desiguais. Dimensões e características referidas aos eixos.
- NP-337 — Aço laminado. Perfil T. Dimensões.
- NP-338 — Aço laminado. Perfil U. Dimensões.
- NP-339 — Aço laminado. Perfil I. Dimensões.
- NP-386 — Ensaio de resistência mecânica de metais. Símbolos.
- NP-448 — Tubos de aço de secção circular. Ensaio de rebordagem.
- NP-449 — Tubos de aço de secção circular. Ensaio de abocardamento.
- NP-450 — Tubos de aço de secção circular. Ensaio de achatamento.
- NP-513 — Tubos de aço. Designação e características dos tubos rosçáveis para canalizações e outros usos.
- NP-550 — Tubos de aço de secção circular. Ensaio de dobragem.
- NP-559 — Aços e ferros fundidos sem liga. Determinação do teor em carbono total por combustão directa. Processo volumétrico.
- NP-560 — Aços e ferros fundidos sem liga. Determinação do teor em silício. Processo do ácido perclórico.
- NP-561 — Aços e ferros fundidos sem liga. Determinação do teor em manganés. Processo volumétrico do bismuto.
- NP-562 — Aços e ferros fundidos sem liga. Determinação do teor em manganés. Processo absorciométrico.
- NP-563 — Aços e ferros fundidos sem liga. Determinação do teor em enxofre. Processo gravimétrico.
- NP-564 — Aços e ferros fundidos sem liga. Determinação do teor em fósforo. Processo gravimétrico.
- NP-660 — Aços. Determinação do teor em crómio. Processo volumétrico.
- NP-661 — Aços e ferros fundidos. Determinação do teor em crómio. Processo absorciométrico.
- NP-662 — Aços e ferros fundidos. Determinação do teor em fósforo. Processo absorciométrico.
- NP-663 — Aços e ferros fundidos. Determinação do teor em cobre. Processo absorciométrico.
- NP-664 — Aços e ferros fundidos. Determinação do teor em titânio. Processo absorciométrico.
- NP-689 — Produtos siderúrgicos. Ensaio macrográfico de Baumann.
- NP-711 — Metais. Ensaio de dureza Vickers.
- NP-740 — Metais. Números de dureza Brinell para ensaios em superfícies planas.
- NP-741 — Metais. Números de dureza Vickers.
- NP-1186 — Aço laminado a quente. Sextavado. Dimensões.
- NP-1467 — Aços e ferros fundidos. Preparação de provetes para micrografia.
- NP-1470 — Produtos laminados de aço. Zonas de extracção dos provetes para ensaios mecânicos.
- NP-1616 — Produtos siderúrgicos. Designação convencional dos aços.
- NP-1617 — Produtos siderúrgicos. Classificação dos aços.
- NP-1643 — Metais ferrosos. Vocabulário.
- NP-1680 — Aço. Ensaio de temperabilidade Jominy.
- NP-1697 — Metais ferrosos. Tratamentos térmicos. Vocabulário.
- NP-1729 — Produtos siderúrgicos. Aços de construção de uso geral. Definições. Classificação. Características e condições de recepção.
- NP-1787 — Aços. Determinação do tamanho médio do grão austenítico e do grão ferrítico.
- NP-1788 — Produtos siderúrgicos. Definições e classificação por formas e dimensões.
- NP-1806 — Aços e ferros fundidos. Determinação do teor de inclusões não metálicas.
- NP-1925 — Produtos siderúrgicos. Exame macrográfico. Ataque com ácidos fortes, sais de cobre e persulfato de amónio.
- NP-2116 — Aço laminado a quente. Perfilados IPE. Características dimensionais e tolerâncias.
- NP-2117 — Aço laminado a quente. Perfilados HE, séries A, B e M. Características dimensionais e tolerâncias.

B — Rebites

- NP-191 — Varões de aço para rebites.
- NP-192 — Recepção de rebites.
- NP-193 — Rebites de aço com cabeça esférica e 10 a 32 mm de diâmetro.
- NP-195 — Rebites de aço com cabeça contrapunçoada plana e 10 a 32 mm de diâmetro.
- NP-252 — Furos para rebites.
- NP-264 — Rebites. Tipos normalizados.

C — Parafusos

- NP-110 — Parafusos, porcas e pernos rosçados. Diâmetros nominais. Dimensões nominais das rosas.

- NP-155 — Parafusos. Nomenclatura.
- NP-343 — Parafusos e porcas de aço para metais. Qualidade.
- NP-344 — Roscas. Terminologia e simbologia.
- NP-400 — Roscas métricas triangulares. Perfil ISO.
- NP-401 — Dimensões nominais para roscados. Perfil ISO (métrico).
- NP-489 — Porcas. Nomenclatura.
- NP-1895 — Roscas métricas de perfil triangular ISO para usos gerais. Tolerâncias. Generalidades.
- NP-1896 — Roscas métricas de perfil triangular. Tolerâncias. Dimensões limites. Qualidade média.
- NP-1897 — Roscas métricas de perfil triangular. Tolerâncias. Desvios.
- NP-1898 — Parafusos e pernos roscados de aço. Características mecânicas.
- NP-1899 — Parafusos de aço sem cabeça. Características mecânicas.
- NP-1900 — Parafusos de cabeça sextavada parcialmente roscados. Graus de acabamento A e B.

D — Soldadura

- NP-415 — Soldadura por arco eléctrico. Ensaio mecânicos do metal depositado. Tracção e resiliência.
- NP-416 — Soldadura por arco eléctrico. Símbolos dos eléctrodos revestidos para soldadura manual dos aços sem liga e de baixa liga.
- NP-434 — Soldadura por arco eléctrico. Qualificação de soldadores para soldadura manual de chapas e perfis de aço.
- NP-611 — Soldadura oxi-acetilénica. Qualificação de soldadores para soldadura manual de chapas e perfis de aço.
- NP-612 — Soldadura oxi-acetilénica. Qualificação de soldadores para soldadura manual de tubos de aço.
- NP-728 — Soldadura por arco eléctrico. Qualificação de soldadores para soldadura manual de tubos.
- NP-737 — Inspeção radiográfica de soldaduras topo a topo em aços.
- NP-1205 — Soldadura. Definições gerais dos processos.
- NP-1318 — Metais de adição para a soldadura a gás dos aços macios ou de baixa liga com alta resistência. Código de simbolização.
- NP-1319 — Metais de adição para a soldadura a gás dos aços macios ou de baixa liga com alta resistência. Determinação das características mecânicas do metal depositado.
- NP-1320 — Soldaduras em aço. Bloco de referência para a aferição dos aparelhos para o exame por ultra-sons.
- NP-1370 — Soldadura por arco eléctrico. Características dimensionais dos eléctrodos revestidos para soldadura manual e por gravidade dos aços sem liga e de baixa liga.
- NP-1371 — Soldadura oxi-acetilénica. Características dimensionais das varetas para soldadura oxi-acetilénica.
- NP-1446 — Soldadura. Cálculo de juntas soldadas topo a topo.
- NP-1447 — Soldadura. Cálculo de cordões de ângulo rectângulo isósceles sujeitos a solicitação estática que não determina esforço de tensão normal à sua secção transversal.
- NP-1448 — Soldadura. Definição de soldabilidade.
- NP-1449 — Soldadura. Eléctrodos revestidos. Determinação dos diversos rendimentos e do coeficiente de depósito.
- NP-1494 — Soldadura. Indicadores de qualidade de imagem radiográfica. Características.
- NP-1515 — Soldadura. Representação simbólica nos desenhos.
- NP-1516 — Soldadura. Exigências relativas à soldadura. Categorias de exigências funcionais das juntas soldadas.
- NP-1517 — Soldadura. Exigências relativas à soldadura. Factores a considerar para definir as exigências a que devem satisfazer as juntas soldadas por fusão de peças de aço (factores de influência de ordem técnica).