

DOCUMENTO DE CLASSIFICAÇÃO

SN Maia – Siderurgia Nacional, S.A.
4425-514 SÃO PEDRO DE FINS
tel.: +351 22 969 90 00
fax: +351 22 969 90 36

MEGASA 500SD – MAIA (A500 NR DE DUCTILIDADE ESPECIAL)

ESTRUTURAS
STRUCTURES

NOVEMBRO DE 2021

O presente Documento de Classificação anula e substitui o DC 358, de setembro de 2015.
A situação de validade deste Documento de Classificação deve ser verificada no portal do LNEC (www.lnec.pt).

1 OBJETO

O presente Documento de Classificação classifica os varões de aço de ductilidade especial MEGASA 500SD – MAIA, do tipo A500 NR SD segundo a Especificação LNEC E 460-2017 – “Varões de aço A500 NR de ductilidade especial para armaduras de betão armado. Características, ensaios e marcação”, para efeitos do seu emprego como armaduras em estruturas de betão armado e pré-esforçado, de acordo com a legislação em vigor.

2 CARACTERIZAÇÃO

Os varões MEGASA 500SD – MAIA são obtidos diretamente por laminação a quente e são fornecidos em comprimentos retos, nos diâmetros indicados no Quadro 1. Apresentam um perfil com duas séries opostas de nervuras transversais de secção variável, oblíquas em relação ao eixo longitudinal dos varões e simétricas em relação ao plano longitudinal que inclui as duas nervuras longitudinais. Em ambas as séries opostas de nervuras

transversais, cada uma das nervuras tem uma inclinação, em relação ao eixo do varão, diferente da inclinação das duas nervuras que lhe são adjacentes e igual à inclinação da nervura que precede ou que se segue a cada uma das referidas nervuras adjacentes. O espaçamento entre os centros de nervuras transversais adjacentes é sempre o mesmo e igual nas duas séries. A disposição das nervuras e as características geométricas dos varões MEGASA 500SD – MAIA são indicadas na Figura 1 e no Quadro 1.

O comprimento dos varões deve ser acordado entre o fabricante e o comprador. O comprimento habitual dos varões é de 12 m. As tolerâncias do comprimento dos varões devem ser acordadas entre o fabricante e o comprador.

Os desvios admissíveis da massa por metro linear dos varões são de $\pm 4,5\%$, em relação aos respetivos valores nominais.

A altura das nervuras longitudinais, a_l (ver Figura 1), não deve ser superior a $0,15\phi$, em que ϕ é o valor do diâmetro nominal do varão.

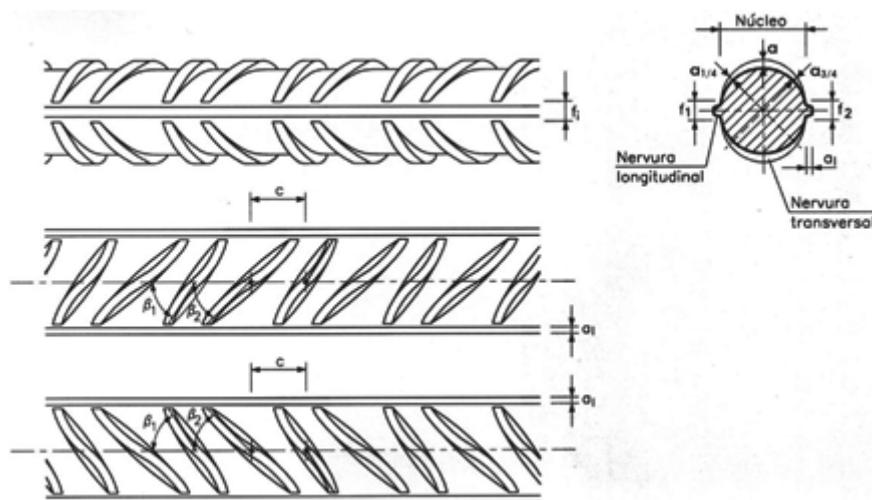


Figura 1 – Disposição das nervuras transversais e longitudinais num varão MEGASA 500SD – MAIA

QUADRO 1

Limites alternativos para as características geométricas dos varões MEGASA 500SD – MAIA

Diâmetro nominal (mm)	Área da secção transversal			Massa nominal (kg/m)	Nervuras transversais			
					Altura das nervuras transversais $a^{(1)}$ (mm)	Afastamento das nervuras transversais		Perímetro sem nervuras transversais $\Sigma f_i^{(2)}$ (mm)
	$S_o^{(1)}$ (mm ²)	Valor nominal (mm ²)	$S_o^{(2)}$ (mm ²)			$c^{(1)}$ (mm)	$c^{(2)}$ (mm)	
6	≥ 27,0	28,3	≤ 29,6	0,222	≥ 0,39	≥ 4,0	≤ 6,0	≤ 3,8
8	≥ 48,0	50,3	≤ 52,6	0,395	≥ 0,52	≥ 4,6	≤ 6,8	≤ 5,0
10	≥ 75,0	78,5	≤ 82,0	0,617	≥ 0,55	≥ 5,66	≤ 6,99	≤ 6,35
12	≥ 108	113	≤ 118	0,888	≥ 0,65	≥ 6,21	≤ 7,67	≤ 7,40
14	≥ 147	154	≤ 161	1,21	≥ 0,75	≥ 7,17	≤ 8,86	≤ 8,39
16	≥ 192	201	≤ 210	1,58	≥ 0,85	≥ 8,11	≤ 10,02	≤ 9,30
20	≥ 300	314	≤ 328	2,47	≥ 1,04	≥ 9,93	≤ 12,27	≤ 10,90
25	≥ 469	491	≤ 513	3,85	≥ 1,63	≥ 12,8	≤ 17,3	≤ 15,7
32	≥ 768	804	≤ 840	6,31	≥ 1,54	≥ 14,88	≤ 18,39	≤ 14,00
40	≥ 1200	1257	≤ 1314	9,86	≥ 2,60	≥ 20,4	≤ 27,6	≤ 25,1

1 Valor característico referente ao quantilho de 5%.

2 Valor característico referente ao quantilho de 95%.

De acordo com a Especificação LNEC E 460-2017, as características geométricas dos varões podem ser consideradas conformes com esta Especificação se o valor característico referente ao quantilho de 5% da área relativa das suas nervuras transversais, f_R , calculada de acordo com esta Especificação, não for inferior ao respetivo limite mínimo, que se indica no Quadro 2 do presente Documento de Classificação.

QUADRO 2

Limites mínimos da área relativa das nervuras transversais dos varões MEGASA 500SD – MAIA, de acordo com a Especificação LNEC E 460-2017

Diâmetro nominal	6 mm	8 mm	10 mm	12 a 40 mm
Área relativa das nervuras transversais, $f_R^{(1)}$	≥ 0,039	≥ 0,045	≥ 0,052	≥ 0,056

1 Valor característico referente ao quantilho de 5%.

No caso de esta condição não se verificar, os varões MEGASA 500SD – MAIA com diâmetros de 10 mm, 12 mm, 14 mm, 16 mm, 20 mm e 32 mm poderão ainda ser considerados conformes com a Especificação LNEC E 460-2017 se os valores característicos das suas características geométricas a , c , Σf_i , β_1 , β_2 e $\beta_1 - \beta_2$, determinadas de acordo com esta Especificação, respeitarem, na sua totalidade, os limites alternativos indicados no presente Documento de Classificação.

Os limites alternativos aplicáveis às características geométricas a , c e Σf_i são indicados no Quadro 1.

O ângulo β_1 das nervuras transversais de maior inclinação deve ser, no máximo, de 75° e o ângulo β_2 das nervuras transversais de menor inclinação deve ser, no mínimo, de 45°. A diferença $\beta_1 - \beta_2$ deve ser, em qualquer caso, superior ou igual a 10°.

O ângulo α de inclinação dos flancos das nervuras transversais dos varões deve ser superior ou igual a 45° em ambas as séries opostas de nervuras transversais.

Os valores mínimos anteriormente referidos para as características geométricas dos varões MEGASA 500SD – MAIA devem ser considerados como limites mínimos dos valores característicos referentes ao quantilho de 5% das respetivas distribuições estatísticas. Por sua vez, os valores máximos devem ser entendidos como limites máximos dos valores característicos referentes ao quantilho de 95% das respetivas distribuições estatísticas.

Os limites alternativos de a , c , e Σf_i indicados no Quadro 1 para os varões MEGASA 500SD – MAIA com diâmetros de 10 mm, 12 mm, 14 mm, 16 mm, 20 mm e 32 mm são diferentes dos limites estipulados na Especificação LNEC E 460-2017. No entanto, de acordo com a norma NP EN 1992-1-1:2010 (Eurocódigo 2), pode-se considerar que a adoção destes limites alternativos satisfaz as exigências de aderência dos varões pelo facto de se ter demonstrado, através de um estudo experimental com recurso a ensaios de viga, que é possível obter uma resistência de aderência suficiente para os varões MEGASA 500SD – MAIA com diâmetros de 10 mm, 12 mm, 14 mm, 16 mm, 20 mm e 32 mm que respeitem totalmente estes limites alternativos.

De acordo com a Especificação LNEC E 460-2017, os limites alternativos dos parâmetros que definem a geometria das

nervuras transversais, validados através da realização de ensaios de viga, variam de produto para produto, pelo que devem ser estabelecidos no Documento de Classificação (DC) do produto em questão. No caso dos varões MEGASA 500SD – MAIA com diâmetros de 10 mm, 12 mm, 14 mm, 16 mm, 20 mm e 32 mm, os ensaios de viga que permitiram verificar experimentalmente a sua resistência de aderência foram realizados com varões cuja geometria das nervuras transversais era caracterizada por uma relação entre a altura dessas nervuras a um quarto do seu comprimento, $a_{1/4}$ (ou a três quartos do seu comprimento, $a_{3/4}$), e a altura máxima, a , das mesmas nervuras, a meio do seu comprimento, igual a 0,70 (ver Figura 1).

Deste modo, os limites alternativos para as características geométricas dos varões MEGASA 500SD – MAIA com diâmetros de 10 mm, 12 mm, 14 mm, 16 mm, 20 mm e 32 mm, indicados no Quadro 1, são aplicáveis quando a relação entre o valor característico referente ao quantilho de 5% de $a_{1/4}$ e o valor de a_{lim} , bem como a relação entre o valor característico referente ao quantilho de 5% de $a_{3/4}$ e o valor de a_{lim} , forem iguais ou superiores a 0,70. O símbolo a_{lim} representa, neste caso, o limite mínimo indicado no Quadro 1 para o valor característico referente ao quantilho de 5% da altura máxima das nervuras transversais, a .

Os varões MEGASA 500SD – MAIA com diâmetros de 10 mm, 12 mm, 14 mm, 16 mm, 20 mm e 32 mm que não respeitem os requisitos atrás referidos para os valores característicos de $a_{1/4}$ e $a_{3/4}$ não estão cobertos pelo referido estudo experimental com recurso a ensaios de viga, pelo que serão considerados conformes com a Especificação LNEC E 460-2017 apenas no caso de o valor característico referente ao quantilho de 5% da área relativa das suas nervuras transversais, f_{Rt} , calculada de acordo com esta Especificação, ser igual ou superior ao respetivo limite mínimo, que se indica no Quadro 2 do presente Documento de Classificação, sem prejuízo da majoração deste limite mínimo no caso de o varão apresentar a inscrição “MEGASA” em relevo na sua superfície.

A identificação da origem e do fabricante destes varões deve ser efetuada através de um código (0+7+32) que é materializado através do engrossamento de certas nervuras transversais, numa das séries opostas de nervuras transversais, conforme indicado na Figura 2.

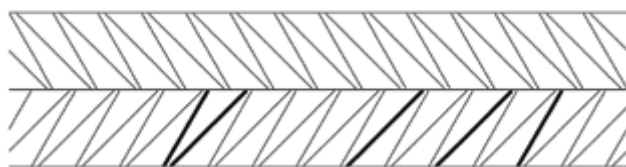


Figura 2 – Código de identificação dos varões MEGASA 500SD – MAIA

O início da identificação e o sentido de leitura são assinalados pela inexistência de nervuras transversais normais entre duas nervuras transversais engrossadas, que se situarão à esquerda do observador. A partir da segunda nervura engrossada existe uma série de nervuras transversais, com sete nervuras normais seguidas de outra nervura engrossada, que identifica o país de origem do produto. A seguir aparece a identificação do fabricante, através de duas séries de nervuras transversais constituídas, respetivamente, por três e por duas nervuras

normais entre duas nervuras engrossadas. Este código deve ser repetido periodicamente ao longo do varão com um intervalo não superior a 1,50 m.

Os varões MEGASA 500SD – MAIA podem apresentar uma alteração local da morfologia das nervuras transversais que corresponde à introdução da inscrição “MEGASA” em relevo, em substituição de seis nervuras transversais na mesma série da identificação do fabricante e do país de origem. As letras da inscrição “MEGASA” são arredondadas e não apresentam arestas vivas. Esta inscrição repete-se periodicamente ao longo do comprimento dos varões. A inscrição “MEGASA” é ilustrada na Figura 3 e na Figura 4, e possui as características indicadas no Quadro 3, em função do diâmetro nominal dos varões.



Figura 3 – Inscrição “MEGASA” em relevo nos varões MEGASA 500SD – MAIA



Figura 4 – Parâmetros geométricos da inscrição “MEGASA” nos varões MEGASA 500SD – MAIA

QUADRO 3

Valores dos parâmetros geométricos da inscrição “MEGASA” nos varões MEGASA 500SD – MAIA

Diâmetro nominal (mm)	a_t (mm)	A		H/A
		Valor nominal (mm)	Tolerância (%)	
6	$\geq 0,30$	3,0	± 20	≥ 1
8	$\geq 0,40$	3,8		
10	$\geq 0,45$	4,8	± 15	
12	$\geq 0,50$	5,8		
14	$\geq 0,55$	6,7		
16	$\geq 0,65$	7,7		
20	$\geq 0,80$	9,6		
25	$\geq 1,00$	12,0		
32	$\geq 1,30$	15,4		
40	$\geq 1,60$	19,2		

Simbologia:

H altura de cada letra da inscrição “MEGASA”;
A comprimento de cada letra da inscrição “MEGASA”;
S afastamento entre letras da inscrição “MEGASA”;
 a_L altura do relevo das letras da inscrição “MEGASA”.

No caso de existir a inscrição “MEGASA”, o valor característico referente ao quantilho de 5% da área relativa das nervuras transversais dos varões, f_{Rt} , deve ser superior ao respetivo limite mínimo, especificado no Quadro 2, acrescido de 15% do valor desse limite no caso dos varões com diâmetros de 6 mm e de 8 mm, ou acrescido de 20% do valor desse limite no caso dos restantes varões.

No caso dos varões MEGASA 500SD – MAIA com diâmetros de 10 mm, 12 mm, 14 mm, 16 mm, 20 mm e 32 mm, se esta condição não for satisfeita, os valores característicos das características geométricas a , c , Σf_{Rt} , β_1 , β_2 e $\beta_1 - \beta_2$ dos varões devem respeitar, na sua totalidade, os limites alternativos indicados no presente Documento de Classificação. Além disso, neste caso, deve ser mantida a proporção entre a altura do relevo das letras da inscrição “MEGASA” e a altura das nervuras transversais, de acordo com a geometria prevista na Especificação LNEC E 460-2017.

No Quadro 4 apresentam-se os limites máximos especificados para os teores dos elementos químicos aí indicados, que integram a composição química do aço dos varões, referente à análise do produto final.

QUADRO 4

Limites máximos dos teores de elementos da composição química do aço dos varões MEGASA 500SD – MAIA

C (%)	P (%)	S (%)	N (%)	Cu (%)	C _{eq} (%)
≤ 0,24	≤ 0,055	≤ 0,055	≤ 0,014	≤ 0,85	≤ 0,52

Os varões MEGASA 500SD – MAIA devem possuir características mecânicas que satisfaçam os requisitos da Especificação LNEC E 460-2017, nomeadamente no que se refere à sua aptidão à dobragem, resistência à fadiga e resistência a ações cíclicas.

Em particular, os valores característicos das características mecânicas do aço destes varões, determinadas nos ensaios de tração, devem satisfazer os limites mínimos ou máximos indicados no Quadro 5.

QUADRO 5

Limites mínimos ou máximos das características mecânicas do aço dos varões MEGASA 500SD – MAIA

$R_{eH}^{(1)}$ (MPa)	$R_m/R_{eH}^{(2)}$	$R_m/R_{eH}^{(3)}$	$R_{eH}/500^{(3)}$	$A_{gt}^{(2)}$
≥ 500	≥ 1,15	≤ 1,35	≤ 1,20	≥ 8,0

1 Valor característico referente ao quantilho de 5%.

2 Valor característico referente ao quantilho de 10%.

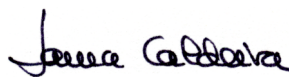
3 Valor característico referente ao quantilho de 90%.

3 CLASSIFICAÇÃO

Para todos os efeitos inerentes ao emprego dos varões MEGASA 500SD – MAIA como armaduras em estruturas de betão armado e pré-esforçado, estes varões serão considerados como pertencendo ao tipo designado por A500 NR SD, segundo a Especificação LNEC E 460-2017, sendo-lhes portanto aplicáveis os requisitos indicados nesta Especificação e todas as disposições estabelecidas na legislação em vigor para este tipo de varões.

Lisboa e Laboratório Nacional de Engenharia Civil, em novembro de 2021.

O CONSELHO DIRETIVO



Laura Caldeira
Presidente

Descritores: Varão para betão armado / Varão nervurado / Ductilidade / Documento de classificação

Descriptors: Reinforced concrete bar / Ribbed bar / Ductility / Classification document

