



Atualizado em Julho de 2022

CHAPAS GROSSAS

USIMINAS 



ÍNDICE

7 Soluções Completas em Aço

9 CHAPAS GROSSAS

11 Processo de Produção

15 Aço para Uso Geral

17 Aço para Construção Naval
e Plataformas Marítimas

21 Aços Resistentes à Corrosão Atmosférica

23 Aços para Caldeiras e Vasos de Pressão

29 Aços Estruturais

39 Aços Estruturais Soldáveis
de Alta Resistência

41 Aços Estruturais de Alto
Desempenho à Conformação a Frio

43 Aços Resistentes ao Desgaste

45 Aços para Tubos de Grande Diâmetro

48 Aço para Proteção Balística

50 Condições de Acabamento
e Fornecimento



CUIDADO
MOVIMENTAÇÃO
DE CARGAS

ATENÇÃO
ANTES DE EXECUTAR
A TAREFA FAÇA
ANÁLISE DE RISCO

CUIDADO
NÃO TOQUE
NEM SE APROXIME
DE CARGAS
EM MOVIMENTO

PERIGO
NÃO SE APROXIME
DE CARGAS
EM MOVIMENTO

SOLUÇÕES COMPLETAS EM AÇO

A Usiminas é um dos maiores complexos siderúrgicos da América Latina e líder do mercado nacional de aços planos. Atuando em toda a cadeia de produção do aço, está presente em 7 estados do país.

A empresa possui duas plantas siderúrgicas: a Usina Intendente Câmara, em Ipatinga, no Vale do Aço, em Minas Gerais, e a Usina José Bonifácio de Andrada e Silva, no Pólo Industrial de Cubatão, em São Paulo.

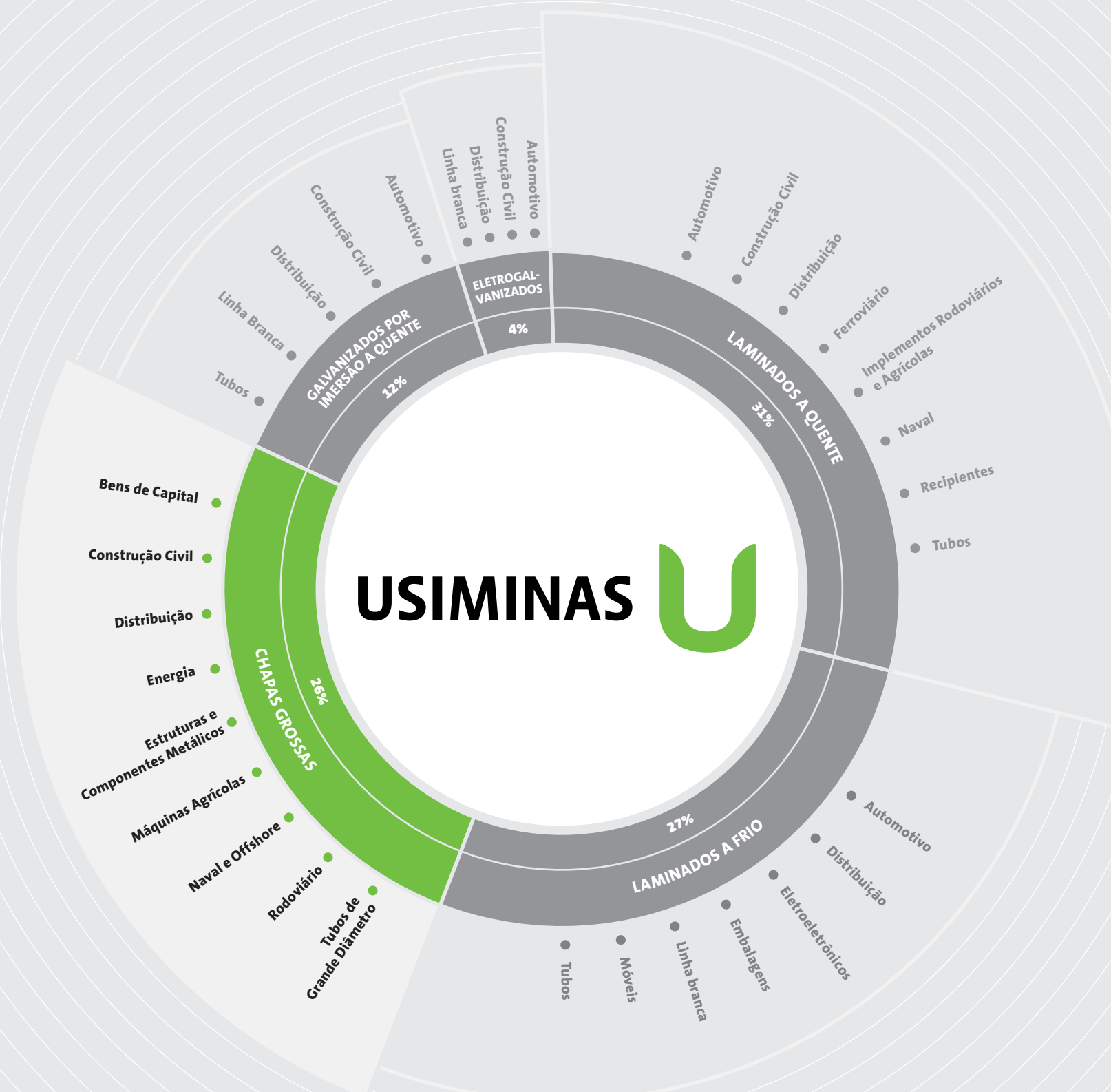
Juntas, as unidades possuem capacidade nominal para produzir 9,5 milhões de toneladas de aço líquido por ano. A atuação integrada e o foco no valor agregado dos produtos e serviços permitem à empresa oferecer o mais completo portfólio de aços planos da siderurgia brasileira.

Em sintonia com o mercado e com um amplo portfólio de produtos, as empresas do grupo atendem a segmentos estratégicos para o desenvolvimento do país, como automotivo, naval, óleo e gás, construção civil, máquinas e equipamentos, linha branca, distribuição, entre outros.

De placas a materiais revestidos, o aço da Usiminas é resultante de uma histórica vocação para a pesquisa e desenvolvimento, que permite à empresa extrair produtos de qualidade superior e acompanhar a evolução das exigências do mercado.

No segmento de **Chapas Grossas**, a Usiminas dispõe de linhas de produção com o uso de laminação controlada e tratamento térmico, e de laminação controlada e resfriamento acelerado. Essas combinações geram aço de qualidade, em diferentes níveis de resistência mecânica.

Tecnologia, qualidade e inovação marcam o compromisso da Usiminas com a excelência e com o apoio ao desenvolvimento do Brasil.





CHAPAS GROSSAS

As chapas grossas são produtos planos de alta qualidade disponíveis nas espessuras de 6,00 a 150,00 mm, larguras entre 900 e 3.900 mm e comprimentos de 2.400 até 18.000 mm. As limitações de espessura podem ser restringidas ou ampliadas em função das características mecânicas desejadas ou exigência de norma, aplicação ou mesmo das condições operacionais de fabricação.

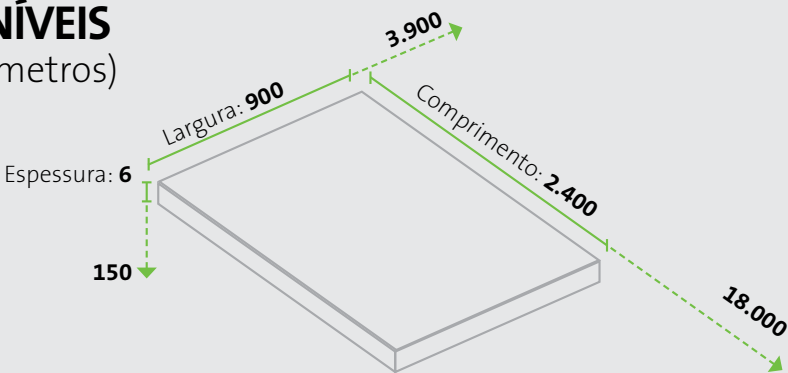
Essa linha de produtos é destinada aos mercados de construção civil, construção naval, plataformas marítimas, torres eólicas, equipamentos industriais, tubos de grande diâmetro, equipamentos rodoviários, máquinas agrícolas, caldeiras e vasos de pressão e, ainda, em aplicações onde é necessária excelente resistência ao desgaste.

Esses aços podem ser produzidos por meio de laminação convencional, laminação controlada (TMCR - Thermo Mechanical Control Rolling) ou laminação controlada

+ resfriamento acelerado (TMCP - Thermo Mechanical Control Process). Podem ser utilizados tratamentos térmicos de Normalização, Têmpera, Têmpera e Revenimento, entre outros.

O processo TMCP adotado na Usiminas é o da tecnologia CLC - Continuous on-Line Control, desenvolvido e patenteado pela Nippon Steel Corporation, que consiste no uso combinado de processos de refino secundário, laminação controlada e resfriamento acelerado. Esse processo permite redução do carbono equivalente e obtenção de microestruturas refinadas, promovendo ao aço excelente tenacidade a baixas temperaturas e ótima soldabilidade. Por meio desse processo são produzidas as chapas grossas de qualidade premium, da série Sincron, que têm larga aplicação na construção naval, plataformas marítimas, construção civil e em máquinas e equipamentos industriais.

MEDIDAS DISPONÍVEIS (em milímetros)



NORMAS E ESPECIFICAÇÕES

A Usiminas fornece materiais com as especificações ou normas específicas de cada cliente, sendo as mais comercializadas:

Usiminas	USI
American Society for Testing and Materials	ASTM
European Standard	EN
Japanese Industrial Standard	JIS
Norma Brasileira	NBR
Society of Automotive Engineers	SAE

Este catálogo cita os aços chapas grossas, com as características químicas e mecânicas, produzidos pela Usiminas, via suas especificações, ou de acordo com as normas citadas. É importante destacar que este catálogo indica informações básicas dessas normas, sendo necessário um aprofundamento quando optar por uma delas.

PRODUÇÃO CHAPAS GROSSAS

1 FORNO CONTÍNUO DE REAQUECIMENTO

Possui a função de reaquecer as placas produzidas na Aciaria, via lingotamento contínuo, de modo a deixar o material plástico para a operação de laminação e solubilizar adequadamente os elementos de liga. O forno tem capacidade para processamento de 10mil placas/mês. A automatização do forno faz com que o controle e a uniformidade de temperatura sejam precisas, garantindo a forma e as propriedades mecânicas requeridas para produção de aços nobres.

2 LAMINADOR DE CHAPAS GROSSAS

Capacidade de laminação de 2 milhões de toneladas/ano. Ele é equipado com o dispositivo AGC hidráulico (Automatic Gain Control: controle automatizado do processo), que permite um controle mais preciso de espessura ao longo das chapas laminadas. Totalmente automatizado, o equipamento possibilita uma maior precisão dimensional e melhor controle de temperatura para produção de aços de alto valor agregado..

4 CLC

Constitui uma etapa de resfriamento acelerado das chapas após laminação a quente e proporciona a produção de material de alta resistência (acima de 50 kgf/mm²), alta tenacidade e baixo Ceq (carbono equivalente): o que garante boa soldabilidade.

Pioneira, a Usiminas foi a primeira siderúrgica fora do Japão a receber esta tecnologia de produção de aços TMCP. Poucas empresas no mundo conseguem produzir um material com tamanho valor agregado.

3 DESEMPENADEIRA A QUENTE

A desempenadeira a quente, colocada após o laminador, se presta à correção de forma a quente, conferindo boa planicidade às chapas laminadas.

5 LINHAS DE TESOURAS

Proporciona correção no formato da chapa, adequando a largura e o comprimento de acordo com o pedido do cliente.

TRATAMENTO TÉRMICO

7 NORMALIZAÇÃO
Processo importante para fabricação de aços com exigência de garantia de absorção de energia ao impacto.

8 TÊMPERA
Etapa importante para produção de materiais de alta resistência mecânica e alta dureza, além de adequada tenacidade.

9 REVENIMENTO
Processo utilizado na fabricação de aços de elevada dureza..

10 PRENSA

Possibilita o desempenho a frio de chapas, de forma a garantir boa planicidade (carga máxima de 1500 toneladas).

6 DESEMPENADEIRA A FRIO

Fabricada no Japão, tem alta capacidade de carga (7200 toneladas).

PRODUTO FINAL
CHAPA GROSSA

O PROCESSO PASSO A PASSO

1 As placas são reaquecidas à uma temperatura adequada (entre 1050°C a 1250°C) ao processo de laminação, de modo a promover a dissolução de impurezas formadas na fabricação do aço na Aciaria.

2 Realiza-se a laminação das placas em chapas com dimensionais requeridos no pedido do cliente. Etapa importante na obtenção de requisitos de propriedade mecânica, como o refino de grão.

3 Nessa etapa há o acerto da planicidade da chapa laminada.

4 As chapas são submetidas a um processo de resfriamento acelerado de chapas (com água), que tem o objetivo de estabelecer as propriedades mecânicas requeridas no produto final por meio de um bom controle microestrutural. Isto permite a obtenção de um aço mais tenaz e resistente, ao mesmo tempo em que se utiliza projetos de liga com baixo carbono equivalentee.

5 Nessa fase corta-se o esboço laminado no comprimento e largura solicitados no produto pelo cliente. O material é posteriormente inspecionado do ponto de vista dimensional, forma e aspecto.

6 O objetivo do desempenho a frio é corrigir adicionalmente qualquer imperfeição em relação à forma, permitindo o atendimento a requisitos rigorosos de planicidade.

7 Esse tipo de tratamento térmico é realizado em temperaturas pouco acima de 900°C nas chapas de aço e serve para conferir uma microestrutura fina e uniforme, possibilitando maior tenacidade ao material.

8 A tempera consiste basicamente em aquecer o material em temperaturas pouco acima de 900°C e depois disso resfriá-lo utilizando jatos de água. O processo visa o incremento de dureza do material com obtenção do constituinte Martensita. constituinte Martensita.

9 O revenimento é considerado uma continuação do processo de têmpera e tem o objetivo de aliviar as tensões residuais da estrutura temperada, fazendo com que o material, mesmo sendo duro, possa ser conformado posteriormente, evitando quebras.

10 Essa etapa se presta a corrigir pontualmente qualquer imperfeição de planicidade: ondulação central e de borda ou empeno longitudinal ou transversal.



AÇO PARA USO GERAL

As qualidades de aço classificadas como de uso geral são empregadas em componentes estruturais e partes de equipamentos móveis ou estáticas, e têm garantia somente de sua composição química.

Esses materiais são produzidos através de laminação a quente convencional. Nessa categoria estão incluídos, além de aços descritos pela especificação SAE J 403, os materiais para construção de cubas de galvanização (USI-GV).

Norma	Grau (Steel grade)	Faixa de Espessura (mm)	Composição Química (% em massa)					
			C	Mn	Si	P	S	Outros
USI - GV		6,00 ≤ E ≤ 180,00	0,08 máx	0,45 máx	-	0,035 máx	0,035 máx	(1)
SAE - J403 -(2014)	1006		0,08 máx			0,50 máx		
	1008		0,10 máx					
	1010		0,08 a 0,13	0,30 a 0,60				
	1012		0,10 a 0,15					
	1015		0,13 a 0,18					
	1020		0,18 a 0,23	0,60 a 0,90				
	1021		0,18 a 0,23					
	1023		0,20 a 0,25	0,30 a 0,60				
	1025		0,22 a 0,28					
	1030		0,28 a 0,34	0,60 a 0,90				
	1035		0,32 a 0,38					
	1040		0,37 a 0,44					
	1045		0,43 a 0,50					
	1050		0,48 a 0,55					
	1055		050 a 0,60					
	1060		0,55 a 0,65					
	1065		0,60 a 0,70					
	1070		0,65 a 0,75					
	1345		0,43 a 0,48	1,60 a 1,90		0,15 a 0,35	0,040 máx	
	1524		0,19 a 0,25	1,35 a 1,65		-	0,035 máx	

* Normas citadas para efeito de referência. Favor consultar a Usiminas para outras especificações.
(1) Outros elementos químicos conforme especificação da norma e em acordo com o cliente.





AÇOS PARA CONSTRUÇÃO NAVAL E PLATAFORMAS MARÍTIMAS

Essa classe de aço é destinada à fabricação de cascos de navios e embarcações em geral, como também aos diversos tipos de estruturas oceânicas, em especial plataformas offshore dos tipos fixa, semi-submersíveis, TLPs (Tension-Leg Platform), FPSOs (Floating, Production, Storage and Offloading), autoeleváveis e navios-sonda, nas quais a exigência de garantia de propriedades mecânicas em regiões soldadas é requerida. O aço naval de maneira geral é regido pela norma ASTM ou pelas entidades classificadoras internacionais como American Bureau of Shipping (ABS), Bureau Veritas (BV), Det Norske Veritas (DNV), Germanischer Lloyd (GL), Lloyd's Register of Shipping (LR), Nippon Kaiji Kyokai (NK), entre outras. A Usiminas é certificada pelas principais entidades classificadoras navais.

Para essa aplicação a Usiminas produz aços de média e alta resistência mecânica com limitação de carbono equivalente produzidos por diversas condições de fornecimento: laminação convencional, laminação controlada, laminação controlada + resfriamento acelerado ou tratamento térmico de normalização. Os produtos destinados ao setor naval apresentam excelente limpidez podendo garantir tenacidade a baixas temperaturas, tração na direção da espessura - Tração "Z", qualidade interna por ensaio de ultrassom, além de ensaios especiais, quando requeridos, tais como DWTT

(Drop Weight Tear Test) e CTOD (Crack Tip Opening Displacement), além da ótima soldabilidade, considerando os mais diversos processos de soldagem utilizados na construção naval.

Destaca-se para essa aplicação a linha de produtos Sincron Naval (*) que, devido ao menor carbono equivalente e microestrutura refinada, proporciona excelentes características de tenacidade na ZTA (Zona Termicamente Afetada), mesmo com a utilização de altas taxas de deposição (alto aporte térmico).

Especificamente para aplicações offshore, a Usiminas oferece em seu portfólio aços da norma API 2W (1) que apresentam características especiais de baixo carbono equivalente, microestrutura refinada, alta tenacidade a baixas temperaturas, excelente resistência na direção da espessura - tração "Z", e soldabilidade superior aos aços equivalentes da norma API 2H ou 2Y. Essa classe de aço é produzida pelo processo TMCP (Thermo-Mechanical Control Process), através de laminação controlada + resfriamento acelerado, em complemento da linha de produtos Sincron Naval (*).

A tabela a seguir ilustra as principais qualidades comercializadas pela Usiminas destinadas à construção naval e offshore.

Norma	Faixa de Espessura (mm) (1)	Composição Química (% em massa)							Propriedades Mecânicas					Charpy								
		C	Si	Mn (mín)	P	S	Outros	Ceq (%)	LE (Mpa)	LR (Mpa)	Alongamento			T (°C)	Energia Mínima (J)							
											ESPESSURA (mm)	BM (mm)	%									
A	6,00 ≤ E ≤ 80,00	0,21 máx.	0,50 máx.	2,5 x C mín.	0,035 máx.	0,035 máx.	(2)	0,40 máx.	235 mín.	400 a 520	(3)	200	16	-	-							
B			0,35 máx.	0,60 mín.										0	27							
D				0,60 mín.										-20								
E	6,00 ≤ E ≤ 75,00	0,18 máx.	0,50 máx.	0,70 mín.	0,035 máx.	0,035 máx.		0,36 máx.	315 mín.	440 a 585		200	16	-40	31							
AH-32	0,70 a 1,60			0,035 máx.										0,035 máx.		0,38 máx.	355 mín.	490 a 620	200	15	0	34
DH-32	0,90 a 1,60																				-20	
	0,70 a 1,60				-40																	
EH-32	0,90 a 1,60				0,035 máx.	0,035 máx.		0,38 máx.	355 mín.	490 a 620		200	15		0						39	
	AH-36			0,70 a 1,60										-20								
DH-36	0,90 a 1,60			-40																		
	EH-36			0,90 a 1,60										0,035 máx.	0,035 máx.	0,40 máx.	390 mín.	510 a 660	200	14		0
AH-40	0,70 a 1,60			-20																		
	DH-40			0,90 a 1,60	-40																	
EH-40				0,90 a 1,60																		
BS 4360/86 43 EE	6,00 ≤ E ≤ 76,20			Sob consulta																		
BS 4360/87 50 D																						
API 2H 50 (2006)	9,50 ≤ E ≤ 50,00																					
API 2W 50 (2019)	11,00 ≤ E ≤ 80,00																					
API 2W 60 (2019)	12,00 ≤ E ≤ 63,00																					
SINCRON AH32 ~ E H36	E ≤ 50,00			Ver catálogo da Linha Sincron Naval e Offshore (See Sincron Shipbuilding and Offshore Steels brochure)																		
SINCRON AH40 ~EH40	E ≤ 50,00																					

(1) BV, DNV-GL, NK: Espessura máx. = 51,00 mm. Sob concessão espessuras superiores.
(2) Outros elementos químicos Ni, Cu, Cr, Mo, V, Ti, Nb conforme especificação da norma.
(3) Os valores de alongamento poderão variar em função da base de medida e da espessura do produto.
(4) Direção do ensaio de tração: Transversal para todos os graus e entidades classificadoras.
(5) Direção do ensaio Charpy: Logitudinal para todos os graus e entidades classificadoras.
(6) Para ABS e NK: LR= 440~590 Mpa (AH32,DH32,EH32).
(7) Para BV, LR, KR e GL: LR= 440~570 Mpa (AH32,DH32,EH32); LR= 490~630 Mpa (AH36,DH36,EH36).
(8) Para NK considerar Mn= 0,90~1,60 para qualquer faixa de espessura.
(9) Para NV considerar Mn ≥ 0,80% (6,00 ≤ E ≤ 25,00); Mn ≥ 0,60% (25,01 ≤ E ≤ 50,80); LR= 440~570 Mpa (A32,D32,E32); LR= 490~630 Mpa (A36,D36,E36).
(10) Ceq: C+Mn/6 + (Cr+Mo+V)/5 + (Ni+Cu)/15.
(11) Condições de Fornecimento para grau naval: As rolled, Normalizado, Laminação Controlada, Laminação controlada + Resfriamento acelerado (Linha Sincron).
(12) Ensaio de Estricção Z25, Z35: AH32 até EH40.



AÇO RESISTENTE À CORROSÃO ATMOSFÉRICA

São aços ditos patináveis de excelente resistência à corrosão atmosférica, tendo sua aplicação muito diversificada, tais como em edifícios, pontes, implementos agrícolas, mineração, vagões, entre outras. Trata-se de aços-carbono manganês microligados, com boas características de soldabilidade, mesmo

sem qualquer tipo de revestimento superficial, e que também oferecem excelente aderência na aplicação da pintura. Nessa classe, destaca-se a série de aços desenvolvidos pela Usiminas: os aços da série USI SAC e a classe A709 HPS.

Norma *	Grau	Faixa de Espessura (mm)	Composição Química (% em massa)								Propriedades Mecânicas						
			C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Outros	LE (Mpa) (3)	LR (Mpa) (3)	Alongamento			Dobramento	
													Espessura (mm)	BM (mm)	%	Direção	Calço
USI SAC	300	6,00 ≤ E ≤ 101,60	0,20 máx.	0,50 a 1,50	1,50 máx.	0,060 máx.	0,020 máx.	0,40 máx.	0,60 máx.	(1)	300 mín.	400 a 550	(2)	50	16	T	1,5E
	350	6,00 ≤ E ≤ 101,60	0,25 máx.								350 mín.	500 a 650			20		
ASTM-A242 (2013)	Tipo 1	6,00 ≤ E ≤ 19,50	0,15 máx.	-	1,00 máx.	0,15 máx.	0,05 máx.	0,20 máx.	-		345 mín.	480 mín.			19	-	-
		19,51 ≤ E ≤ 38,10									315 mín.	460 mín.					
		38,11 ≤ E ≤ 101,60									290 mín.	435 mín.					
ASTM-A588 (2019)	A/B	6,00 ≤ E ≤ 203,20	0,20 máx.	0,15 a 0,50	0,75 a 1,35	0,030 máx.	0,030 máx.	0,20 a 0,40	0,40 a 0,70		345 mín.	485 mín.			1,5E		
ASTM-A709 (4) (2017)	50W	8,00 ≤ E ≤ 63,50	0,19 máx.								485 mín.	586 a 758					
	70W-TM	8,00 ≤ E ≤ 63,50	0,11 máx.	0,30 a 0,50	1,10 a 1,35	0,020 máx.	0,006 máx.	0,25 a 0,40	0,45 a 0,70								
SINCRON BHS	485 W/ WL	8,00 ≤ E ≤ 63,50	Consultar catalogo de produtos Sincron														

*Normas citadas para efeito de referência. Favor consultar a Usiminas para outras especificações. (1) Outros elementos químicos conforme especificação da norma. (2) Os valores de alongamento poderão variar em função da base de medida e da espessura do produto. (3) Direção do ensaio de tração: transversal para todas as normas e graus de qualidade. (4) Comercializado sob consulta.



AÇO PARA CALDEIRAS E VASOS DE PRESSÃO

Destinados à fabricação de caldeiras e vasos de pressão, se enquadram conforme a faixa de resistência mecânica e as condições de temperatura e pressão de trabalho, sendo especificados pela norma ASTM e as respectivas correspondentes ASME e EN 10028. A principal característica desses aços é a sua versatilidade de desempenho quanto à temperatura de uso de -60°C até 500°C. Como requisitos suplementares podem ser garantidos, mediante consulta, ensaio de impacto a baixa temperatura (-40°C ou inferior), tração a alta temperatura (300°C ou superior), dobramento, SPWHT (Simulated Post-Weld Heat Treatment) e outros mais específicos.

O grau de qualidade escolhido deve levar em conta a redução dos valores de limite de escoamento em função da temperatura de operação.

Outra característica importante dessa classe de produtos é a boa soldabilidade, considerando os processos de soldagem usualmente empregados na fabricação de caldeiras e vasos de pressão (eletrodos revestidos, arco submerso e arame tubular).

Dependendo do grau de qualidade do aço e dos requisitos suplementares requeridos para essa classe, podem ser produzidos por meio de laminação convencional e tratamentos térmicos de normalização ou têmpera e revenimento.

Principais aplicações em caldeiras e vasos pressão				
Uso	Exigência de baixa pressão	Exigência de média pressão	Exigência de média e alta pressão, nos quais a economia em peso não é importante	Exigência de alta pressão, nos quais a economia em peso é importante (fornecimento como temperado e revenido)
Classe (LE)	Min, 165 MPa	Min, 220 Mpa	Min. 260 Mpa	Min. 690 Mpa
Graus Típicos	ASTM A285 A	ASTM A516 60	ASTM A516 70	ASTM A517
Similares	ASTM A285B e ASTM A516 55	ASTM A516 65, ASTM A285C, ASTM A515 60/65, ASTM A455 e EN10028-2 16Mo3	ASTM A299, ASTM A515-70, ASTM A537 CL1 e ASTM A621	USI-SAR-80T

Norma	Grau	Faixa de Espessura (mm)	Composição Química (% em massa)						Propriedades Mecânicas										
			C	Mn	Si	P	S	Outros	LE (Mpa)	LR (Mpa)	Alongamento								
											ESPESSURA (mm)	BM (mm)	%						
ASTM-A516 (2017)	55	6,00 ≤ E ≤ 12,70	0,18 máx.	0,60 ~ 0,90	0,15 ~ 0,40	0,035 máx.	0,035 máx.	(1)	205 mín.	380 ~ 515	(2)	200	23						
		12,70 < E ≤ 50,80	0,20 máx.	0,60 ~ 1,20															
		50,80 < E ≤ 76,20	0,22 máx.																
	60	6,00 ≤ E ≤ 12,70	0,21 máx.	0,60 ~ 0,90					220 mín.	415 ~ 550		200	21						
		12,70 < E ≤ 50,80	0,23 máx.	0,85 ~ 1,20															
		50,80 < E ≤ 76,20	0,25 máx.																
	65	6,00 ≤ E ≤ 12,70	0,24 máx.	0,85 ~ 1,20					240 mín.	450 ~ 585		200	19						
		12,70 < E ≤ 50,80	0,26 máx.																
		50,80 < E ≤ 76,20	0,28 máx.																
	70	6,00 ≤ E ≤ 12,70	0,27 máx.	0,85 ~ 1,20					260 mín.	485 ~ 620		200	17						
		12,70 < E ≤ 50,80	0,28 máx.																
		50,80 < E ≤ 76,20	0,30 máx.																
ASTM-A537 (2013)	CL1	6,00 ≤ E ≤ 38,10	0,24 máx.	0,70 ~ 1,35	0,15 ~ 0,50	0,035 máx.	0,035 máx.	(1)	345 mín.	485 ~ 620	(2)	200	18						
		38,70 < E ≤ 63,50		1,00 ~ 1,60															
		63,50 < E ≤ 101,60																	
ASME SA841 ASTM A841 (4) (2017)	A1	12,00 ≤ E ≤ 40,00	≤ 0,20	≤ 1,35	≤ 0,50	≤ 0,030	≤ 0,030		345 mín.	485~620		310 mín.	450~585	50	22				
		40,01 ≤ E ≤ 65,00		≤ 1,60															
	A2	12,00 ≤ E ≤ 40,00	≤ 0,20	≤ 1,35	≤ 0,50	≤ 0,030	≤ 0,030									415 mín.	550~690	380 mín.	515~655
		40,01 ≤ E ≤ 65,00		≤ 1,60															
EN-10028-5 P355 (4) (2017)	M / ML1 / ML2	12,00 ≤ E ≤ 40,00	0,16 máx.	1,70 máx.	0,55 máx.	0,025 máx.	0,015 máx.		355 mín.	450 ~ 610		345 mín.	5,65vSo	22					
		40,01 < E ≤ 65,00																	
EN-10028-2-16Mo3 (2017)	-	6,00 ≤ E ≤ 16,00	0,12 ~0,20	0,40 ~0,90	0,35 máx.	0,025 máx.	0,010 máx.		275 mín.	440 ~590		270 mín.	5,65vSo	22					
		16,00 < E ≤ 40,00																	
		40,00 < E ≤ 60,00																	
		60,00 < E ≤ 76,20																	

(1) Normas citadas para efeito de referência. Especificação ASME correspondente e outras possibilidades de graus e tolerâncias fornecidos sob consulta;

(2) Os valores de alongamento poderão variar em função da base de medida e da espessura do produto;

(3)Direção do ensaio de tração: Transversal para todas as normas e graus de qualidade;

(4) Fornecido sob consulta.

CONSUMÍVEIS

Abaixo, seguem alguns exemplos de consumíveis que podem ser empregados para a soldagem dos aços ASTM A285-A/B/C, ASTM-A299, EN10028-2-16Mo3, ASTM-A515-60/65/70 e ASTM A516- 55/60/65/70. Na maioria das aplicações, esses aços são soldados em campo, empregando-se o processo de soldagem por eletrodos revestidos. Recomenda-se consulta aos fabricantes de consumíveis, principalmente, quando do emprego de combinações arame/gás (processos MIG/MAG e arame tubular) e arame/fluxo (processo arco submerso).

Processo de soldagem	Consumíveis (classe AWS)	ASTM A285 A, B e C, ASTM A299	DIN 17155-15Mo3	ASTM A515-60, 65 e 70	ASTM A516-55, 60, 65 e 70
Eletrodos revestidos	Eletrodo	E7016, E7018	E7018-A1 e E70018-G	E7018-A1 e E70018-G	E7018-M, E8018-D3 e E8018-C1
MIG/MAG	Arame	ER 70S-3 e ER 70S-6	ER70S-G e ER80S-D2	ER70S-3 e ER70S-6	ER70S-G, ER80S-Ni1 e ER80S-G
	Gás (a)	CO2 ou misturas Ar+CO2 ou Ar+O2	CO2	CO2 ou misturas Ar+CO2 ou Ar+O2	Ar + 1 ~5%O2
Arame tubular	Arame	E71T-1, E71T-4 e E71T-5	E70T5-A1, E71T-1-G e E81T1-B1	E71T1-G e E81T-1-B1	E80T5-Ni1 e E80T-5-N
	Gás (a) (b)	CO2	CO2 ou misturas Ar+CO2	CO2 ou misturas Ar+CO2	CO2 ou misturas e Ar+CO2
Arco submerso	Combinação arame/fluxo	F7xxEL12 F7xx-EM12k	F7x0-EA1-A1 F7x0-EG-G	F7xx-EA1-A1 e F7xx-EG-G	F7P6-EA3-A3, F7P6-ENi1-Ni1 F7P6-EG-G

(a) Para arames do grupo G, o gás de proteção empregado e o requisito de tenacidade do metal depositado devem ser acordados entre comprador e fornecedor.

(b) Arames do tipo autoprottegido (innershield) não necessitam gás de proteção.

PROCEDIMENTOS DE SOLDAGEM

A temperatura de pré-aquecimento para soldagem depende de vários fatores, em especial a composição química, a espessura da chapa, o aporte de calor e os consumíveis empregados. Essa temperatura pode ser estimada sem a necessidade de realização de ensaios, através de procedimento descrito na norma BS 5135:1984 – Process of arc welding of carbon and carbon manganese steels.

Como ilustração, a tabela ao lado e acima fornece a temperatura de pré-aquecimento para a soldagem de aços para caldeiras e vasos de pressão, em função de sua espessura e carbono equivalente (CE), considerando-se um aporte de calor de 1,4 kJ/mm e o emprego de consumíveis com teor de hidrogênio difusível da ordem de 5 a 10 ml/100 g de metal depositado (quanto maior o aporte de calor empregado e/ou menor o teor de hidrogênio difusível, menor a temperatura de pré-aquecimento necessária).

Aços para caldeiras e vasos de pressão, usualmente, requerem o emprego de tratamento térmico pós-soldagem. O método mais eficiente é o tratamento de alívio de tensões, geralmente na faixa de temperaturas de 590°C a 680°C, com encharque de 60 min. para cada 25 mm de espessura da chapa, com um tempo mínimo de 60 min. Uma alternativa, desde que haja a concordância do cliente, é o emprego de pós-aquecimento na região da solda, devido às grandes dimensões das estruturas, na faixa de 150°C a 200°C, com encharque de 30 min. para cada 25 mm de espessura de chapa (tempo mínimo de encharque de 30 min.)

EspeSSura da chapa (mm)	TEMPERATURA DE PRÉ-AQUECIMENTO (°C) (b)										
	CE (a)	0,35	0,38	0,41	0,43	0,45	0,47	0,5	0,53	0,55	0,57
10,0	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
12,5	x	x	x	x	x	x	x	x	x	50	75
15,0	x	x	x	x	x	x	x	40	70	90	100
20,0	x	x	x	x	x	x	x	100	120	130	140
25,0	x	x	x	x	x	70	90	120	140	150	160
30,0	x	x	x	x	50	90	110	140	160	165	175
37,5	x	x	x	50	90	110	130	160	175	180	185
50,0 ~ 100,0	x	50	75	90	115	125	140	170	190	200	200

(a) CE (carbono equivalente) = $C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/15$.

(b) Valores intermediários de CE e/ou de espessura podem ser interpolados.

Condições de aplicação da tabela (de acordo com a norma BS 5135:1984).

(1) Aporte de calor (AC) igual a 1,4 kJ/mm.

$$AC \text{ (kJ/mm)} = V.A.60/v.1000$$

No qual:

V = tensão de soldagem em volts.

A = corrente de soldagem em amperes.

v = velocidade de soldagem em mm/min.

(2) Teor de hidrogênio difusível entre 5 e 10 ml/100 g de metal depositado – faixa típica de processos de soldagem a arco com eletrodos com revestimento básico, recém-tirados da embalagem ou submetido a tratamento de ressecagem, de soldagem a arco submerso com fluxos secos e de soldagem com arame tubular. Processos de soldagem com proteção gasosa proporcionam teores de hidrogênio difusível inferiores a 5ml/100 g de metal depositado.

Aços para caldeiras e vasos de pressão, usualmente, requerem o emprego de tratamento térmico pós-soldagem. O método mais eficiente é o tratamento de alívio de tensões na faixa de temperaturas de 590 a 680o, com encharque de 60 min. para cada 25 mm de espessura da chapa, com um tempo mínimo de encharque de 60 min. Uma alternativa, desde que, com a concordância do cliente, é o emprego de pós-aquecimento, devido às grandes dimensões das estruturas, esse tratamento é geralmente inaplicável, sendo, nesse caso, sugerido o emprego de pós-aquecimento na faixa de 150°C a 200°C, com encharque de 30 min. para cada 25 mm de espessura de chapa (tempo mínimo de encharque de 30 min.).

O auxílio na especificação dos procedimentos de soldagem pode ser feito mediante consulta à Usiminas e/ou a fabricantes de consumíveis de soldagem.

Eletrodos revestidos e fluxos para arco submerso		
Armazenamento	Ressecagem	Manutenção
Nas embalagens originais, não violadas, a uma temperatura mínima de 18°C e umidade relativa do ar máxima de 50%.	Deve ser feita no caso de danificação da embalagem ou de exposição dos consumíveis ao ambiente por tempo prolongado. Empregar os seguintes procedimentos (ou conforme recomendação do fabricante): • Eletrodos revestidos: 350°C por 2 horas. • Fluxos: 250°C por 2 horas. Obs.: eletrodos com revestimento celulósico não devem ser ressecados.	i) Após a abertura da embalagem, manter os consumíveis em estufa aquecida entre 100 e 120°C. ii) Para utilização em canteiros, os eletrodos revestidos devem ser colocados em estufas portáteis individuais (cochichos) e retirados somente no momento do seu emprego. iii) Eletrodos e fluxo contaminados por água, óleo, tinta, graxa, etc, devem ser descartados.

Arames para arco submerso, MIG, MAG e arame tubular.

Os arames devem ser armazenados em local seco e protegidos de contaminações como poeira, óleo e graxa.



AÇOS ESTRUTURAIS

São aços-carbono manganês ou microligados de baixa, média e alta resistência mecânica produzidos por laminação convencional, laminação controlada ou laminação controlada + resfriamento acelerado (TMCP). São aplicados em

componentes estruturais de pontes, edifícios, galpões, torres eólicas, máquinas agrícolas e implementos rodoviários.

Os produtos da linha da construção civil (série USI) estão disponíveis nas classes de média e alta resistência mecânica apresentando, além de boa soldabilidade, características superiores de conformação e tenacidade.

Norma	Grau	Faixa de Espessura (mm)	Composição Química (% em massa)						Propriedades Mecânicas						
			C	Si	Mn	P	S	Outros	LE (Mpa)	LR (Mpa)	Alongamento				
											ESPESSURA (mm)	BM (mm)	%		
USI CIVIL	300	6,00 ≤ E ≤ 75,00	0,25 máx.	1,50 máx.	0,60 a 1,35	0,060 máx.	0,020 máx.	(1)	300 mín.	400 a 550	(2)	200	18		
	350	6,00 ≤ E ≤ 75,00	0,20 máx.	1,50 máx.	0,60 a 1,60	0,060 máx.	0,020 máx.		350 mín.	500 a 650		200	16		
USI YM	450	6,00 ≤ E ≤ 20,00	0,16 máx.	0,40 máx.	1,50máx.	0,035 máx.	0,020máx.		300 a 450	435 mín.		50	22		
		20.01 ≤ E ≤ 65,00	0,22 máx.												
SINCRON BHS	350 M	11,00 ≤ E ≤ 65,00	Ver catálogo da Linha Sincron Estrutural (See Sincron Structural Steels brochure)												
	450 M	12,00 ≤ E ≤ 60,00	Ver catálogo da Linha Sincron Estrutural (See Sincron Structural Steels brochure)												



ASTM-A36 (2019)	-	6,00 ≤ E ≤ 38,10	0,25 máx.	0,40 máx.	0,80 a 1,20	0,040 máx.	0,050 máx.	(1)	250 mín.	400 a 550	(2)	200	18		
		38,11 ≤ E ≤ 63,50	0,26 máx.	0,15 a 0,40											
		63,51 ≤ E ≤ 101,60	0,27 máx.		0,85 a 1,20										
		101,61 ≤ E ≤ 150,00	0,29 máx.												
ASTM-A283 (2018)	A	6,00 ≤ E ≤ 38,10	0,14 máx.	0,40 máx.	0,90 máx.	0,035 máx.	0,040 máx.	(1)	165 mín.	310 a 415	(2)	200	25		
		38,11 ≤ E ≤ 101,60		0,15 a 0,40					185 mín.	345 a 450			23		
	B	6,00 ≤ E ≤ 38,10	0,17 máx.	0,40 máx.										205 mín.	380 a 515
		38,11 ≤ E ≤ 101,60		0,15 a 0,40											
	C	6,00 ≤ E ≤ 38,10	0,24 máx.	0,40 máx.					230 mín.	415 a 550			18		
		38,11 ≤ E ≤ 101,60		0,15 a 0,40											
	D	6,00 ≤ E ≤ 38,10	0,27 máx.	0,40 máx.											
		38,11 ≤ E ≤ 101,60		0,15 a 0,40											
ASTM-A514 (2018) (3)	B	6,00 ≤ E ≤ 31,75	0,12 a 0,21	0,20 a 0,35	0,70 a 1,00	0,035 máx.	0,035 máx.		690 mín.	760 a 895		50	16		
	H	6,00 ≤ E ≤ 50,80			0,95 a 1,30										
ASTM-A572 (2018)	42	6,00 ≤ E ≤ 9,52	0,21 máx.	0,40 máx.	0,50 a 1,35	0,040 máx.	0,050 máx.		290 mín.	415 mín.		200	18		
		9,53 ≤ E ≤ 38,10			0,80 a1,35										
		38,11 ≤ E ≤ 101,60		0,15 a 0,40											
	50	6,00 ≤ E ≤ 9,52	0,23 máx.	0,40 máx.	0,50 a1,35	0,040 máx.	0,050 máx.		345 mín.	450 mín.		200	16		
		9,53 ≤ E ≤ 38,10			0,80 a ,35										
		38,11 ≤ E ≤ 101,60		0,15 a 0,40											
	60	6,00 ≤ E ≤ 9,52	0,26 máx.	-	0,50 a1,35	0,040 máx.	0,050 máx.		415 mín.	520 mín.		200	13		
		9,53 ≤ E ≤ 25,40			0,80 a1,65										
ASTM-A573 (2013)	58	6,00 ≤ E ≤ 12,70	0,23 máx.	0,10 a 0,35	0,60 a 0,90	0,035 máx.	0,04 máx.		220 mín.	400 a 490		200	19		
		12,71 ≤ E ≤ 38,10													
	65	6,00 ≤ E ≤ 12,70	0,24 máx.	0,15 ~ 0,40	0,85 a 1,20				240 mín.	450 a 530		200	16		
		12,71 ≤ E ≤ 38,10						0,26 máx.							
	70	6,00 ≤ E ≤ 12,70	0,27 máx.						290 mín.	485 a 620		200	16		
		12,71 ≤ E ≤ 38,10	0,28 máx.												
EN-10025-2-S235 (4) (2019)	JR	6,00 ≤ E ≤ 16,00	0,17 máx.			-	1,40 máx.	0,035 máx.	0,035 máx.		235 mín.	360 a 510		5,65VSo	22
		16,01 ≤ E ≤ 40,00								225 mín.					
		40,01 ≤ E ≤ 100,00	0,20 máx.	215 mín.											
		100,01 ≤ E ≤ 110,00		195 mín.	350 a 500										
	J0	6,00 ≤ E ≤ 16,00	0,17 máx.	0,030 máx.	0,030 máx.				235 mín.	360 a 510		22			
		16,01 ≤ E ≤ 40,00						225 mín.							
		40,01 ≤ E ≤ 100,00						215 mín.							
		100,01 ≤ E ≤ 110,00						195 mín.	350 a 500						
	J2	6,00 ≤ E ≤ 16,00	0,17 máx.	0,025 máx.	0,025 máx.				235 mín.	360 a 510		22			
		16,01 ≤ E ≤ 40,00						225 mín.							
		40,01 ≤ E ≤ 100,00						215 mín.							
		40,01 ≤ E ≤ 89,00						195 mín.	350 a 500						

EN-10025-2-S275 (4) (2004)	JR	6,00 ≤ E ≤ 16,00	0,21 máx.	-	1,50 máx.	0,035 máx.	0,035 máx.		275 mín.	410 a 560		5,65VSo	20	
		16,01 ≤ E ≤ 40,00							265 mín.					
		40,01 ≤ E ≤ 63,00	0,22 máx.						255mín.					
		63,01 ≤ E ≤ 80,00							245mín.					
		80,01 ≤ E ≤ 100,00							235 mín.					
	J0	6,00 ≤ E ≤ 16,00	0,18 máx.			0,030 máx.	0,030 máx.		275 mín.	410 a 560			20	
		16,01 ≤ E ≤ 40,00							265 mín.					
		40,01 ≤ E ≤ 63,00							255mín.					
		63,01 ≤ E ≤ 76,20							245mín.					
	J2	6,00 ≤ E ≤ 16,00	0,18 máx.			0,025 máx.	0,025 máx.		275 mín.	410 a 560			20	
		16,01 ≤ E ≤ 40,00							265 mín.					
		40,01 ≤ E ≤ 63,00							255mín.					
63,01 ≤ E ≤ 76,20				245mín.										
EN-10025-2-S355 (4) (2004)	JR	6,00 ≤ E ≤ 16,00	0,24 máx.	0,55 máx,	1,60 máx.	0,035 máx.	0,035 máx.		355 mín.	490 a 610		5,65VSo	18	
		16,01 ≤ E ≤ 40,00							345 mín.					
		40,01 ≤ E ≤ 63,00							335 mín.					
		63,01 ≤ E ≤ 76,20							325 mín.					
	J0	6,00 ≤ E ≤ 16,00	0,20 máx.	0,55 máx.	1,60 máx.	0,030 máx.	0,030 máx.		355 mín.	470 a 630			18	
		16,01 ≤ E ≤ 40,00							345 mín.					
		40,01 ≤ E ≤ 63,00	0,22 máx.						335 mín.					
		63,01 ≤ E ≤ 76,20							325 mín.					
	J2	6,00 ≤ E ≤ 16,00	0,20 máx.	0,55 máx.	1,60 máx.	0,025 máx.	0,025 máx.		355 mín.	470 a 630			18	
		16,01 ≤ E ≤ 40,00							345 mín.					
		40,01 ≤ E ≤ 63,00	0,22 máx.						335 mín.					
		63,01 ≤ E ≤ 76,20							325 mín.					
	K2	6,00 ≤ E ≤ 16,00	0,20 máx.	0,55 máx.	1,60 máx.	0,025 máx.	0,025 máx.		355 mín.	470 a 630			18	
		16,01 ≤ E ≤ 40,00							345 mín.					
		40,01 ≤ E ≤ 63,00	0,22 máx.						335 mín.					
		63,01 ≤ E ≤ 76,20							325 m ín.					
EN-10025-4-S355 (4) (2004)	M	12,00 ≤ E ≤ 16,00	0,16 máx.	0,55 máx.	1,70 máx.	0,035 máx.	0,030 máx.		355 mín.	470 a 630		5,65VSo	22	
		16,01 ≤ E ≤ 40,00							345 mín.					
		40,01 ≤ E ≤ 80,00							335 mín.	450 a 610				
	ML	12,00 ≤ E ≤ 16,00				0,030 máx.	0,025 máx.		355 mín.	470 a 630				450 a 610
		16,01 ≤ E ≤ 40,00							345 mín.					
		40,01 ≤ E ≤ 80,00							335 mín.					
EN-10025-4-S420 (2004)	M	12,00 ≤ E ≤ 16,00	0,18máx.	0,55 máx.	1,80 máx.	0,035 máx.	0,030 máx.		420 mín.	520 a 680			19	
		16,01 ≤ E ≤ 40,00							400 mín.					
		40,01 ≤ E ≤ 60,00							390 mín.	500a 660				
	ML	12,00 ≤ E ≤ 16,00				0,030 máx.	0,025 máx.		420 mín.	520 a 680				500a 660
		16,01 ≤ E ≤ 40,00							400 mín.					
		40,01 ≤ E ≤ 60,00							390 mín.					
EN-10025-4-S460 (8) (2004)	M	12,00 ≤ E ≤ 16,00		0,65 máx.	1,80 máx.	0,035 máx.	0,030 máx.		460 mín.	540 a 720		17		
		16,01 ≤ E ≤ 40,00							440 mín.					
		40,01 ≤ E ≤ 60,00							430 mín.	530 a 710				
	ML	12,00 ≤ E ≤ 16,00				0,030 máx.	0,025 máx.		460 mín.	540 a 720			530 a 710	
		16,01 ≤ E ≤ 40,00							440 mín.					
		40,01 ≤ E ≤ 60,00							430 mín.					

IRAM IAS 500 - 42 (2019)	F-24	16,01 ≤ E ≤ 12,70	0,21 máx.	0,35 máx.	-	0,030 máx.	0,035 máx.		235 mín. (E ≤ 16,00) 225 mín. (16,00 < E ≤ 63,00) 215 mín. (65,00 < E ≤ 100,00)	360 a 510		200	16
		12,71 ≤ E ≤ 25,00	0,22 máx.										
		25,01 ≤ E ≤ 101,60	0,24 máx.										
	F-26	16,01 ≤ E ≤ 12,70	0,21 máx.	0,35 máx.					250 mín. (E ≤ 16,00) 245 mín. (16,00 < E ≤ 63,00) 235 mín. (65,00 < E ≤ 100,00)	400 a 550			15
		12,71 ≤ E ≤ 25,00	0,22 máx.										
		25,01 ≤ E ≤ 150,00	0,25 máx.										
	F-30	16,01 ≤ E ≤ 12,70	0,21 máx.	0,35 máx.					295 mín. (E ≤ 16,00) 285 mín. (16,00 < E ≤ 40,00) 275 mín. (40,00 < E ≤ 63,00) 265 mín. (63,00 < E ≤ 75,00)	450 a 600			14
		12,71 ≤ E ≤ 25,00	0,23 máx.										
		25,01 ≤ E ≤ 76,20	0,25 máx.										
	F-36	16,01 ≤ E ≤ 12,70	0,22 máx.	0,55 máx.					355 mín. (E ≤ 16,00) 345 mín. (16,00 < E ≤ 40,00) 335 mín. (40,00 < E ≤ 63,00) 325 mín. (63,00 < E ≤ 75,00)	490 a 640			14
		12,71 ≤ E ≤ 25,00	0,24 máx.										
		25,01 ≤ E ≤ 101,60	0,25 máx.										
JIS-G-3101 (2015)	SS-330	6,00 ≤ E ≤ 16,00	-	-	-	0,050 máx.	0,050 máx.		205 mín.	330 a 430		200	21
		16,01 ≤ E ≤ 40,00							195 mín.				
		40,01 ≤ E ≤ 101,60							175 mín.				
	SS-400	6,00 ≤ E ≤ 16,00							245 mín.	400 a 510		200	17
		16,01 ≤ E ≤ 40,00							235 mín.				
		40,01 ≤ E ≤ 101,60							215 mín.				
	SS-490	6,00 ≤ E ≤ 16,00							285 mín.	490 a 610		200	15
		16,01 ≤ E ≤ 40,00							275 mín.				
		40,01 ≤ E ≤ 76,20							255 mín.				
	SS-540	6,00 ≤ E ≤ 16,00	0,30 máx.	-	1,60 máx.	0,040 máx.	0,040 máx.		400 mín.	540 (min)		200	17
		16,01 ≤ E ≤ 40,00							390 mín.				



*Normas citadas para efeito de referência. Especificação ASME, JIS 3106, JIS 3136, NBR 6648, NBR 5000 e outras possibilidades de graus e tolerâncias fornecidos sob consulta.

(1) Outros elementos químicos conforme especificação das normas; Para qualidade ASTM A514 Grau A (H:0,30~0,70; Mo: 0,15~0,25; Ti: 0,01~0,04; V: 0,03~0,08; B:0,0005~0,0050).

(2) Os valores de alongamento poderão variar em função da base de medida e da espessura do produto.

(3) Garantia de dureza para ASTM A514 Grau A e B para espessura ≤19,05mm: 235-293 HRB.

(4) Garantias e Requisitos especiais para EN 10025. Ensaio Tração na direção Transversal.

	Charpy	Temperatura	Energia Mínima
10025 - 2	JR	Sem exigência	Sem exigência
	J0	0	27 J
	J2	-20°C	27 J
	K2	-20°C	40 J
10025 - 4	M	-20°C	40 J
	ML	-20°C	47 J

	Grau	Faixa Esp.	Ceq
10025 -2	S235	E ≤ 40,00	0,35%
		E > 40,00	0,38%
	S275	E ≤ 40,00	0,40%
		E > 40,00	0,42%
	S355	E ≤ 40,00	0,45%
		E > 40,00	0,47%
10025 -4	S355M/ML	E ≤ 40,00	0,39%
		E > 40,00	0,40%
	S420M/ML	E ≤ 40,00	0,43%
		E > 40,00	0,45%
	S460M/ML	E ≤ 40,00	0,45%
		E > 40,00	0,46%

Para EN 10025-2 S355 e EN 10025-2 S275 JR: C_{máx}. (Esp> 30,00 mm)= 0,22%
Ceq: C+Mn/6 + (Cr+Mo+V)/5 + (Ni+Cu)/15

(5) Para IRAM IAS 500-42 (2003)
Exigência de dobramento conforme especificação.

Grau	Faixa Esp.	Ceq
F24	16,01 ≤ E ≤ 12,70	0,44%
	12,71 ≤ E ≤ 25,00	0,45%
	E ≥ 76,20	0,48%
F26	16,01 ≤ E ≤ 12,70	0,45%
	12,71 ≤ E ≤ 25,00	0,50%
	E ≥ 76,20	0,52%
F30	16,01 ≤ E ≤ 12,70	0,52%
	12,71 ≤ E ≤ 25,00	0,55%
	E ≥ 76,20	0,55%
F36	16,01 ≤ E ≤ 12,70	0,55%
	12,71 ≤ E ≤ 25,00	0,58%
	E ≥ 76,20	0,58%

(6) Para JIS G 3101 e USI CIVIL
Exigência de ensaio de dobramento longitudinal conforme especificação.

(7) Direção do ensaio de tração: Transversal para todas as normas e graus de qualidade, exceto para JIS3101: longitudinal.

(8) Em desenvolvimento espessura até 80,00 mm.





AÇOS ESTRUTURAIS SOLDÁVEIS DE ALTA RESISTÊNCIA

Essa classe de aços estruturais envolve materiais de ultra-alta resistência mecânica com garantia de tenacidade a baixas temperaturas e desempenho superior na soldagem. São produzidos por laminação convencional, laminação controlada (TMCR), laminação + resfriamento acelerado (TMCP), normalizados ou temperados e revenidos.

Caracterizam-se pelo baixo carbono equivalente, o que confere a esta classe uma excelente soldabilidade. Devido às suas características, os aços estruturais soldáveis de alta resistência são indicados para aplicações onde se deseja rigor na segurança e maior leveza da estrutura. São aplicados em pontes, viadutos, equipamentos de terraplanagem, guindastes, vagões, caminhões fora de estrada, torres eólicas, equipamentos industriais, entre outros.

Destaca-se para essa aplicação a linha de produtos Sincron que, devido ao nível de carbono equivalente ainda menor, proporciona excelentes características de tenacidade na ZTA (Zona Termicamente Afetada), mesmo com a utilização de altas taxas de deposição (alto aporte térmico).

Norma	Grau	Faixa de Espessura (mm)	Composição Química (% em massa)						Ceq(8)	Propriedades Mecânicas(7)								
			C	Si	Mn	P	S	Outros		LE (Mpa)	LR (Mpa)	Alongamento			Charpy (Long)		Dobramento - 180°	
												ESPESSURA (mm)	BM (mm)	%	T (°C)	Energia (J)	Direção	Calço
USI-SAR	50 A/B/N (3)	6,00 ≤ E ≤ 30,00	0,18 máx.	0,55 máx.	1,80 máx.	0,030	(1)	0,44 % típico	330 mín.	500 a 620	(2)	50	22 mín.	0	35	T	2,0E a 4,0E, dependendo da espessura	
		30,01 < E ≤ 76,20	0,20 máx.															
	60 A(4)	6,00 ≤ E ≤ 25,00	0,18 máx.		0,90 a 1,60	0,025		0,010	0,50 % típico	460 mín.			600 a 720	19 mín.	-	-	L	3,0E
	60 B(4)														-10	35		
	60 T(5)	6,00 ≤ E ≤ 50,80	0,16 máx.		0,90 a 1,50	0,025		0,010	0,39 % típico	600 a 700			20 mín.	-10	45 (12<E<50,80mm)	1,5E (<32mm)		
	80 T(6)	6,00 ≤ E ≤ 50,80	0,16 máx.		0,60 a 1,20	0,030		0,020	0,59 % típico	700 mín.			800 a 950	16 mín.	-15			45 (E<32mm)
SINCRON WHS	500M	Ver catálogo da Linha Sincron Estrutural WHS																
	600M																	
	700T																	
	800T																	
	1000T																	

(1) Outros elementos químicos sob consulta. (2) Os valores de alongamento poderão variar em função da faixa de espessura do produto. (3) Ensaio charpy: Classe A (0°C; 35J), classe B (0°C; 60J), Classe N (-10°C; 35J). (4) Nb + V: máx 0,15%. (5): USISAR60T: Nb + V: máx 0,18%; Cr máx: 0,35%; B: 0,0010 a 0,0030%. Na faixa de 12,00 - 50,80 mm poderá ser fornecido como Tempera direta + Revenimento. (6) USISAR80T: V máx: 0,10%; B máx: 0,0060%; Cr: 0,40 a 1,00%; Mo: 0,25 a 0,60%. Na faixa de 12,00 - 50,80 mm poderá ser fornecido como Tempera direta + Revenimento. Aplicado em conformação a quente. PWHT máximo de 600°C. (7) Direção do ensaio de tração: Transversal para todas as normas e graus de qualidade. (8) Ceq: C+Mn/6 + (Cr+Mo+V)/5 + (Ni+Cu)/15. (9): Ensaio charpy realizado apenas para espessuras ≥ 12 mm. Para espessuras inferiores deverá ser feita consulta. (9) Ensaio charpy realizado apenas para espessuras ≥ 12 mm. Para espessuras inferiores deverá ser feita consulta.



AÇOS ESTRUTURAIS DE ALTO DESEMPENHO À CONFORMAÇÃO A FRIO

São aços estruturais de média a alta resistência, caracterizados por um desempenho superior em termos de conformabilidade, soldabilidade e resistência a esforços cíclicos (fadiga).

Condições especiais de fabricação conferem a esses aços um alto desempenho nos processos de conformação, atendendo as exigências de dobramento no sentido transversal a 180° em raios de curvatura até “0E” (E= espessura da chapa). Esses aços são especificados sob diversas normas, sendo as mais usuais a NBR 6656 e USI LN (especificações Usiminas).

São aplicados, principalmente, em longarinas, travessas, chassis e eixos de máquinas agrícolas, tratores e implementos rodoviários.

Norma	Grau	Faixa de Espessura (mm)	Composição Química (% em massa)						Propriedades Mecânicas																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
			C	Si	Mn	P	S	Outros	LE (Mpa)	LR (Mpa)	Alongamento			Dobramento																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
											ESPESSURA (mm)	BM (mm)	%	Direção	Calço																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
USI LN	250	6,00 ≤ E < 101,60	0,22 máx.	0,40 máx.	2,00 máx.	0,030máx.	0,015 máx.	(1)	250 min.	400 a 520	(2)	200	22	T	1E; 180°																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
	380	6,00 ≤ E < 14,00	0,12 máx.	0,40 máx.	1,20 máx.	0,025máx.	0,015 máx.		380 min.	460 a 600		5,65√So	23		1E; 180°																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
	500	8,00 ≤ E < 16,00	0,16 máx.	0,50 máx.	1,70 máx.	0,025máx.	0,015 máx.		500 a 680	560 a 740		5,65√So	18		1E; 180°																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
NBR 6656 - LNE	200	6,00 ≤ E ≤ 16,00	0,12 máx.	0,35 máx.	0,60 máx.	0,025 máx.	0,025 máx.		(1)	200 a 330		280 a 410	5,65√So		35	T	0E; 180°																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
	230				0,80 máx.					230 a 360		330 a 460			30																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
	260				0,15 máx.					1,00 máx.		260 a 390			370 a 500			23																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
	380		0,12 máx.		1,10 máx.					380 a 530		460 a 600			18																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
	500				1,50 máx.	0,015 máx.	500 a 620			560 a 630																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																



AÇOS RESISTENTES AO DESGASTE

São aços com adições de elementos de liga, temperados, tendo como principal característica a alta dureza, sendo destinados a serviços de alto desgaste mecânico abrasivo.

Nessa classe se encontram a linha USI AR que apresentam dureza Brinell na faixa de 360 a 500. Esses aços apresentam, ainda, boa soldabilidade e, em casos especiais, sob consulta, podem ser fornecidos com garantia de impacto Charpy a -20°C ou inferior.

A linha RAVUR é uma série exclusiva de aços resistentes ao desgaste e ao impacto. Apresentam homogeneidade de dureza da superfície ao centro da chapa (mínimo 90% do limite inferior da faixa de dureza

superficial). As chapas resistentes ao desgaste da linha RAVUR são produzidas com processos especiais que garantem a limpidez do aço e inspecionados por ultrassom conforme EN 10160 S2E2. As chapas acima de 8,00 mm são aprovadas com planicidade restrita conforme a norma En 10029 Classe N e apresentam garantia ao impacto à baixas temperaturas pelo ensaio charpy. A linha Ravur apresenta boa conformação a frio com dobramentos até 90°, consulte a Usiminas.

São aplicados em tratores, retroescavadeiras, caçambas de caminhões fora de estrada, tremonhas, revestimentos de calhas, transportadores de minérios, peças de altos-fornos e ventiladores industriais, componentes estruturais de usinas de açúcar e álcool, moinhos e martelos.

Norma	Grau	Faixa de Espessura (mm)	Composição Química (% em massa)									Propriedades Mecânicas			
			C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Outros	Dureza (HBW)	Tratamento Térmico		
USI AR	400	6,00 ≤ E ≤ 50,80 (1)	≤ 0,19	≤ 0,70	≤ 1,40	≤ 0,025	≤ 0,010	-	0,40	-	(2)	360 a 440	(3)		
	450	6,00 ≤ E ≤ 50,80 (1)	≤ 0,25		≤ 1,50			0,20	0,40	-		410 a 490			
	500	6,00 ≤ E ≤ 32,00 (1)	≤ 0,29		≤ 1,20			0,70	0,70	0,40		450 a 550			
RAVUR (4)	400	6,00 ≤ E < 19,00	≤ 0,19	≤ 0,30	≤ 1,40	≤ 0,025	≤ 0,010	≤ 0,10	≤ 0,40	≤ 0,10	(2)	370 a 440	(3)		
		19,00 ≤ E < 40,00	≤ 0,17	≤ 0,70	≤ 1,60	≤ 0,020		≤ 0,40	≤ 0,60	≤ 0,30		360 a 440			
		40,00 ≤ E ≤ 60,00	≤ 0,22						≤ 0,70					≤ 0,20	≤ 0,45
		63,50 < E ≤ 76,20							≤ 0,23			≤ 0,70		≤ 0,25	≤ 0,40
	450	6,00 ≤ E ≤ 25,40	≤ 0,23	≤ 0,70	≤ 1,50	≤ 0,025	≤ 0,010	≤ 0,20	≤ 0,45	≤ 0,25		450 a 530			
		25,40 < E ≤ 40,00						≤ 0,25	≤ 1,00					≤ 0,70	450 a 530
		40,00 < E ≤ 76,20						≤ 0,29	≤ 0,60			≤ 1,50		≤ 0,020	≤ 0,010
	12,70 < E ≤ 45,00	≤ 0,30													
	45,00 < E ≤ 63,50	≤ 0,30													

Ravur – Ensaio Charpy direção Longitudinal

Grau	Faixa Esp.	Temperatura	Energia absorvida min (J)
RAVUR 400	E < 19,00	-40°C	10
	E ≤ 60,00		17
	E ≤ 70,00		14
	E ≤ 76,20		10
RAVUR 450	E < 19,00	-20°C	10
	E ≤ 40,00		10
	E ≤ 76,20		10
RAVUR 500	E ≤ 12,70	-40°C	17
	E ≤ 45,00		17
	E ≤ 63,50		14

Grau	Faixa Esp.	Ceq Típico
AR 400	E ≤ 25,40	0,38%
	E > 25,40	0,47%
AR 450	E ≤ 25,40	0,51%
	E > 25,40	0,59%
AR 500	E ≤ 32,00	0,63%
RAVUR 400	E ≤ 19,05	0,38%
	E ≤ 40,00	0,51%
	E ≤ 76,20	0,57%
RAVUR 450	E ≤ 19,05	0,44%
	E ≤ 40,00	0,52%
	E ≤ 76,20	0,62%
RAVUR 450	E ≤ 12,70	0,58%
	E ≤ 63,50	0,65%

Ceq: C+Mn/6 + (Cr+Mo+V)/5 + (Ni+Cu)/15

- (1) Para outras dimensões sob consulta.
- (2) Outros elementos: B, Nb e Ti favor consultar-nos.
- (3) Em função da espessura, condição superficial e garantia de tenacidade utiliza-se Direct Quenching ou Roller Quenching. Consulte a Usiminas.
- (4) Linha premium resistente ao desgaste abrasivo de alta dureza no núcleo e resistente ao impacto.
- (5) Garantia em certificado de ensaio charpy para aços RAVUR 400 e 450 conforme tabela anexa. Para o grau 500 HB garantia sob consulta. Para outras condições de ensaio charpy, consulte Usiminas.
- (6) Para ensaio de dobramento em certificado consulte a Usiminas.
- (7) Carbono equivalente:



AÇOS PARA TUBOS DE GRANDE DIÂMETRO

Aços de média e alta resistência mecânica, produzidos através de laminação controlada (TMCR - Thermo Mechanical Controlled Rolling) ou laminação controlada + resfriamento acelerado (TMCP - Thermo Mechanical Controlled Process).

O processo TMCP adotado na Usiminas é o da tecnologia CLC - Continuous on-Line Control desenvolvido pela Nippon Steel, que consiste no uso combinado de processos de refino secundário, laminação controlada e resfriamento acelerado. Dessa linha, encontram-se, também, o produto Sincron, que garante melhor soldabilidade ao aço.

Esses aços são destinados a fabricação de tubos de grande diâmetro, produzidos pelos processos de conformação UOE ou calandra e soldados longitudinalmente por arco submerso para aplicações em tubulações para transporte de óleo, gás, minérios e derivados.

Nessa classe, destaca-se a norma API - American Petroleum Institute, série 5L. Os principais graus fabricados pela Usiminas são: 5L- A, B, X42, X46, X52, X56, X60, X65, X70 e X80. São aços de excelente conformabilidade, soldabilidade e tenacidade a baixas temperaturas.

Em função das condições de construção e/ou operação em campo são exigidos características adicionais de composição química, carbono equivalente, ensaios Charpy e DWTT, além de garantias especiais tais como resistência a trincas induzidas por hidrogênio (HIC - Hydrogen Induced Cracking) para aplicações “Sour Service” e CTOD (Crack Tip Opening Displacement), normalmente comercializados sob consulta prévia.

Norma*	Grau	Faixa de Espessura (mm)	Composição Química (% em massa)							Propriedades mecânicas				
			C	Si	Mn (min)	P	S	Outros	Ceq	LE (Mpa)	LR (Mpa)	Alongamento		
									(%)			ESPESSURA (mm)	BM (mm)	%
API 5L* (2018).	B	6,30 ≤ E ≤ 38,10	≤ 0,22	≤ 0,45	≤ 1,20	≤ 0,025	≤ 0,015	(1)	(2)	245 a 450	415 a 760	(3)	50,80	25
	X42 M	6,30 ≤ E ≤ 38,10			≤ 1,30					290 a 495				25
	X46 M	6,30 ≤ E ≤ 38,10			≤ 1,40					320 a 525	435 a 760			24
	X52 M	6,30 ≤ E ≤ 38,10								360 a 530	460 a 760			23
	X56 M	6,30 ≤ E ≤ 38,10								390 a 545	490 a 760			22
	X60 M	6,30 ≤ E ≤ 38,10	≤ 0,12		≤ 1,60					415 a 565	520 a 760			21
	X65 M	6,30 ≤ E ≤ 57,00			≤ 1,70					450 a 600	535 a 760			20
	X70 M	6,30 ≤ E ≤ 38,10			≤ 1,85					485 a 635	570 a 760			19
	X80 M	12,00 ≤ E ≤ 38,10			≤ 2,10					555 a 705	625 a 825			18
	X90 M	12,00 ≤ E ≤ 25,40	≤ 0,10	≤ 0,55	≤ 0,020	≤ 0,010	625 a 775			695 a 915	17			

* Norma citada para efeito de referência. Consulte-nos para outras possibilidades de tolerâncias e requisitos. (1) Outros elementos químicos Ni, Cu, Cr, Mo, V, Ti, Nb conforme especificação da norma. (2) Ceq: C+Mn/6 + (Cr+Mo+V)/5 + (Ni+Cu)/15. Referência de valores variam conforme projeto. Favor consultar-nos. (3) Os valores de alongamento poderão variar em função da faixa de espessura do produto.



AÇOS PARA PROTEÇÃO BALÍSTICA

O **USIPROT 500** é uma linha exclusiva de chapas balísticas de alta resistência mecânica da classe de dureza superficial 500 HBW para aplicações em uso militar e civil, que atende todos os requisitos da norma MIL DTL 46100E, sendo certificado pela BRTUV e aprovado pelo Exército Brasileiro e HP White-EUA nos testes V50 da norma TOP 2-2-710, em que são utilizadas munições de calibre médio 0.30 e 0.50. Outros níveis de proteção balística, em processo de retex - ver tabela abaixo:

COMPOSIÇÃO QUÍMICA (CHEMICAL COMPOSITION)

Produto (Steel grade)	Faixa de Espessura (mm) Thickness range	Composição Química (% em massa) Chemical composition																	
		C	Mn	Si	P	S	Ni	Cr	Mo	Al	Ti	Cu	Zr	Pb	Sn	Sb	As	B (ppm)	CEQIIW (4)
USI PROT 500	6,00 ≤ E ≤ 13,50 (1)	≤ 0,32	≤ 1,05	≤ 1,10	≤ 0,020	≤ 0,005	≤ 0,75	≤ 0,65	≤ 0,475	≤ 0,100	≤ 0,100	≤ 0,25	≤ 0,10	≤ 0,010	≤ 0,020	≤ 0,020	≤ 0,020	≤ 30	≤ 0,80

PROPRIEDADES MECÂNICAS (MECHANICAL PROPERTIES)

Dureza (HRB) Hardness
480 ~ 534

Espessura (T) Thickness	Dobramento Bending (90°)	Ensaio charpy - Charpy test	
		Energia absorvida (ft.lbs) -40°C	
	Diâmetro pino Diameter of mandril	longitudinal	Transversal
6,0 mm	8 X T	≥ 7	≥ 6
8,0 mm	12 X T	≥ 10,5	≥ 9
13,5 mm	16 X T	≥ 14	≥ 12

Nível balístico - NBR 15.000*		
Espessura nominal (mm)	Tolerância espessura (mm)	Nível referência
6,5 mm	0/ + 0,80	III
8,0 mm	0/ + 0,80	IV
13,5 mm	0/ + 0,80	IV + PA2/PA5

*Em processo de RETEX

Tolerância de espessura (Thickness tolerance)			
Espessura (T) Thickness	MIL DTL 46100 (mm)	USIMINAS (mm)	TL2350-001 (mm)
6,0 mm	± 0,58	0/ + 0,80	0/+0,60
8,0 mm	± 0,48	0/ + 0,80	0/+0,80
13,5 mm	± 0,58	0/ + 0,80	0/+0,80
13,5 mm	± 0,66	0/ + 0,80	0/+0,80

Consulte dimensionais disponíveis para comercialização.

- (1) Tolerâncias dimensionais conforme norma ASTM A6. Demais normas sob consulta.
- (2) Teste balístico V50 de acordo com norma MIL DTL 46100E (Military Standard) aprovado pelo Exército Brasileiro e pela HP White (EUA). Em avaliação testes balísticos conforme norma ABNT15000 e NIJ0108.01.
- (3) Superfície: Comercial.
- (4) Carbono equivalente: C+Mn/6 + (Cr+Mo+V)/5 + (Ni+Cu)/15.
- (5) Temperatura: -40°C. Posição: 1/2 da espessura. Entalhe em V com 2 mm de profundidade (V-notch with 2 mm)
- (6) Produto comercializado sob consulta.
- (7) Ultrassom ASTM A578 Classe C para espessura superior à 12,70 mm.
- (8) Produto homologado pela BRTUV (TUV Nord Group) conforme norma MIL DTL 46100E e IVECO 2445.

CONDIÇÕES DE ACABAMENTO E FORNECIMENTO

QUALIDADE DE SUPERFÍCIE

As chapas grossas são fornecidas com superfície de primeira qualidade, qualidade comercial ou especial, conforme exigências da aplicação.

TIPOS DE BORDA

As chapas podem ser fornecidas com bordas naturais de laminação (não aparadas) ou bordas aparadas.

TOLERÂNCIAS DIMENSIONAL E DE FORMA

A A tolerância dimensional e a de forma são atendidas de acordo com as diversas normas homologadas pela Usiminas. Favor nos consultar.

TIPOS DE FORNECIMENTO

Pode ser por peso ou número exato de peças, embarcadas a granel.

CONDIÇÕES DE LAMINAÇÃO

As chapas grossas podem ser fornecidas na condição como laminadas (as rolled), normalizadas, temperadas ou temperadas e revenidas, laminadas termomecanicamente com ou sem resfriamento acelerado, visando atender a determinadas propriedades especificadas pelos usuários.

TESTES DE ULTRASSOM

Podemos garantir, mediante consulta prévia, o ensaio de ultrassom de acordo com as especificações exigidas pelas normas aplicáveis (API, ASTM, EN, SEL e outras).

TESTES DE IMPACTO E DE DOBRAMENTO

São efetuados quando prescritos por norma ou desde que solicitado.

MARCAÇÃO

A Usiminas dispõe de diversos tipos de marcação das chapas grossas. Favor nos consultar para avaliação da marcação mais adequada ao seu produto.

INFORMAÇÕES ÚTEIS DE USO

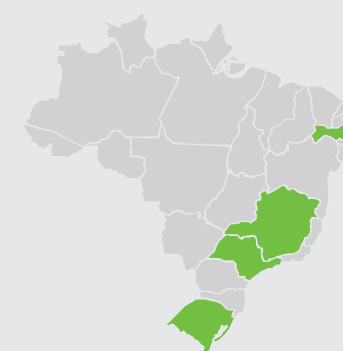
ESTOCAGEM E TRANSPORTE

O transporte e armazenamento das chapas grossas devem ser preferencialmente realizados com a devida proteção para evitar molhamento e oxidação superficial a ponto de comprometer a marcação física do produto. Estocar em local coberto, limpo e sem poeiras. Deve-se evitar que as chapas se atrem e choquem entre si durante o transporte e manuseio.

As chapas grossas podem ser estocadas em forma de pilhas, desde que devidamente empilhadas e em uma altura máxima de 3,5 metros. Aconselha-se separar os fardos com calços de madeira, em uma distância máxima de 1,5m entre si, devidamente espaçadas transversalmente, a fim de evitar possíveis empenos no material. O agrupamento das chapas em fardos na pilha deve ser feito de preferência com produtos de larguras e comprimentos similares. Em casos em que os comprimentos são diferentes, empilhar os fardos inferiores com chapas de maior comprimento. Nesse caso, utilizar vigas de madeira no sentido longitudinal para separar os feixes.



ENTRE EM CONTATO CONOSCO



ESCRITÓRIOS DE VENDAS

Belo Horizonte - MG

Avenida do Contorno, nº 6594
Savassi – CEP 30110-044
Tel.: (31) 3499-8232 / (31) 3499-8500

São Paulo - SP

Av. do Café, nº 277, Torre A 9º andar
Ed. Centro Empresarial do Aço
Vila Guarani - CEP 04311-900
Tel.: (11) 5591-5200

Porto Alegre - RS

Av. dos Estados, nº 2.350
Humaitá - CEP 90200-001
Tel.: (51) 2125-5801

Cabo de Santo Agostinho - PE

Av. Tronco Distribuidor Rodoviário Norte, s/nº, ZI3
Complexo Industrial Suape - CEP 54590-000
Tel.: (81) 3527-5400

**ENTRE EM CONTATO, TIRE DÚVIDAS E
FAÇA UMA COTAÇÃO.**



USIMINAS 

Aço em dia com futuro

www.usiminas.com