



**PROCESSOS DE FABRICAÇÃO III  
SOLDAGEM**

**NORMAS E QUALIFICAÇÃO EM SOLDAGEM**

*Professor: Moisés Luiz Lagares Júnior*

# INTRODUÇÃO

*Processos de Fabricação III - SOLDAGEM*

---

- Códigos, leis, normas são regras de controle de atividades humanas
- A Revolução Industrial trouxe a necessidade de normatização dos Processos de Fabricação
- Objetivos de uma norma: segurança, perdas materiais, meio ambiente
- Uso adequado de uma norma: produção uniforme, qualidade, rastreabilidade, meio eficiente de troca de informações etc
- O Registro padronizado das operações de um dado processo e seus resultados é uma forma eficiente de uma empresa guardar e demonstrar seu domínio de uma dada tecnologia

# INTRODUÇÃO

*Processos de Fabricação III - SOLDAGEM*

---

Características de uma norma:

- **Autoridade:** garante que suas exigências sejam seguidas por seus usuários. Assegurada por organizações reguladoras internacionais, governamentais, industriais ou de consumidores
- **Interpretabilidade:** terminologia clara, concisa e não ambígua
- **Praticidade:** delicada discussão entre obediência à norma x produção eficiente e lucrativa
- **Experiência acumulada:** gera regras que sejam justas e equilibradas

## NORMAS EM SOLDAGEM

*Processos de Fabricação III - SOLDAGEM*

- Soldas inadequadas de estruturas e equipamentos como navios, pontes, oleodutos, gasodutos, vasos de pressão etc pode resultar em sérios acidentes com perdas humanas, materiais e danos ao meio ambiente
- API STD 1104, Standard for Welding Pipelines and Related Facilities (tubulações e dutos na área de petróleo)
- AWS D 1.1, Structural Welding Code (estruturas soldadas de aço carbono e de baixa liga)
- DNV, Rules for Design, Construction and Inspection of Offshore Structures (estruturas marítimas de aço)
- Normas ISO, AWS, DIN, ABNT etc
- **ASME Boiler and Pressure Vessel Code (vasos de pressão)**

## ESPECIFICAÇÃO DE PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM - EPS

*Processos de Fabricação III - SOLDAGEM*

---

- Normas relevantes exigem que, antes da soldagem de produção, especificações dos procedimentos sejam preparadas e qualificadas
- **EPS** – Documento no qual os valores permitidos de diversas variáveis do processo estão registrados para serem adotados, pelo soldador ou operador de soldagem, durante a fabricação de uma junta soldada
- **Variáveis:** composição, classe e espessura do MB; processo(s) de soldagem; tipos de consumíveis e suas características; projeto da junta; posição de soldagem; temperatura de pré-aquecimento e entre passes; corrente; tensão; velocidade de soldagem; aporte de calor etc

# REGISTRO DE QUALIFICAÇÃO DE PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM - RQPS

*Processos de Fabricação III - SOLDAGEM*

---

- Para que possa ser utilizada na produção, uma EPS deve ser testada e qualificada
- **RQPS** – Documento que registra os teste e exames realizados a partir de corpos de prova de soldas depositadas de acordo com a EPS a ser qualificada. De acordo com os resultados o procedimento deve ser aprovado ou rejeitado
- **Testes:** A norma aplicada indicará os testes e dimensões dos corpos de prova. Testes que podem ser requeridos: ensaio de dobramento, ensaio de tração, ensaio de impacto, ensaio de dureza, macrografia, END, testes de corrosão

## REGISTRO DE TESTE DE QUALIFICAÇÃO DE SOLDADOR - RTQS

*Processos de Fabricação III - SOLDAGEM*

---

- O soldador precisa demonstrar, antes de poder realizar uma soldagem na produção, que possui a habilidade necessária para executar tal serviço
- **RTQS** – Documento que registra os resultados dos testes de qualificação do soldador, através de depósitos de solda feitos em corpos de prova sob condições preestabelecidas de uma EPS qualificada
- **Variáveis:** processo de soldagem, posição de soldagem, classe do consumível, espessura da junta, situação da raiz (presença de cobre-junta)
- **Testes:** Inspeção Visual, ensaio de dobramento, macrografia, radiografia etc

## EPS – RQPS – RTQS

*Processos de Fabricação III - SOLDAGEM*

---

- A forma exata de uma EPS (e uma RQPS), as variáveis por ela consideradas, sua relevância e variação permitida dependem da norma a ser aplicada
- Os documentos originais de uma EPS e uma RQPS devem permanecer guardados, enquanto cópias da EPS já qualificadas devem ser encaminhadas para o setor de produção e colocadas próximas das juntas que serão fabricadas de acordo com a EPS
- Durante a fabricação os valores da EPS deverão ser seguidos. Inspeções periódicas podem ser realizadas para verificação
- A qualificação de um soldador para uma determinada condição de soldagem não garante a este a qualificação para qualquer situação e sua duração é finita

## EPS – RQPS – RTQS

*Processos de Fabricação III - SOLDAGEM*

- A implantação de um sistema de especificação e qualificação em soldagem não é uma tarefa simples e deve, necessariamente, envolver a administração da empresa
- As qualificações fazem parte do sistema de garantia da qualidade em soldagem, podendo englobar:

**Controle antes da soldagem:** análise do projeto, fornecedores, controle de recepção de consumíveis, qualificação de procedimento e de soldadores, calibração e manutenção de equipamentos de soldagem

**Controle durante a soldagem:** controle de armazenagem de consumíveis; preparação, montagem e ponteamto das juntas; correta execução da EPS

**Controle após a soldagem:** END e ensaios destrutivos por amostragem (corpos de prova soldados juntamente com as peças)

## ASME BOILER & PRESSURE VESSEL CODE

*Processos de Fabricação III - SOLDAGEM*

---

- Seções:

- I – Regras para construção de caldeiras (geração)
- II – Materias: ferrosos e não ferrosos
- III – Componentes para plantas nucleares
- IV – Regras para construção de aquecedores
- V – Inspeção END
- VI e VII – Segurança com Caldeiras
- **VIII – Regras para construção de Vasos de Pressão**
- **IX – Qualificação em Soldagem e Brasagem**
- X – Vasos de pressão de plástico reforçados com fibra
- XI – Inspeção nuclear
- XII – Tanques de transporte

## ASME BOILER & PRESSURE VESSEL CODE – SECTION IX

*Processos de Fabricação III - SOLDAGEM*

---

### **Qualification Standard for Welding and Brazing Procedures, Welders, Brazers and Welding and Brazing Operators**

- PART QW
  - **ARTICLE I – Welding General Requirements**
  - **ARTICLE II – Welding Procedure Qualifications**
  - **ARTICLE III – Welding Performance Qualifications**
  - **ARTICLE IV – Welding Data**
  - **ARTICLE V – Standard Welding Procedure Specifications (SWPS)**
  
- PART QB
  
- APPENDICES

## ASME BOILER & PRESSURE VESSEL CODE – SECTION IX

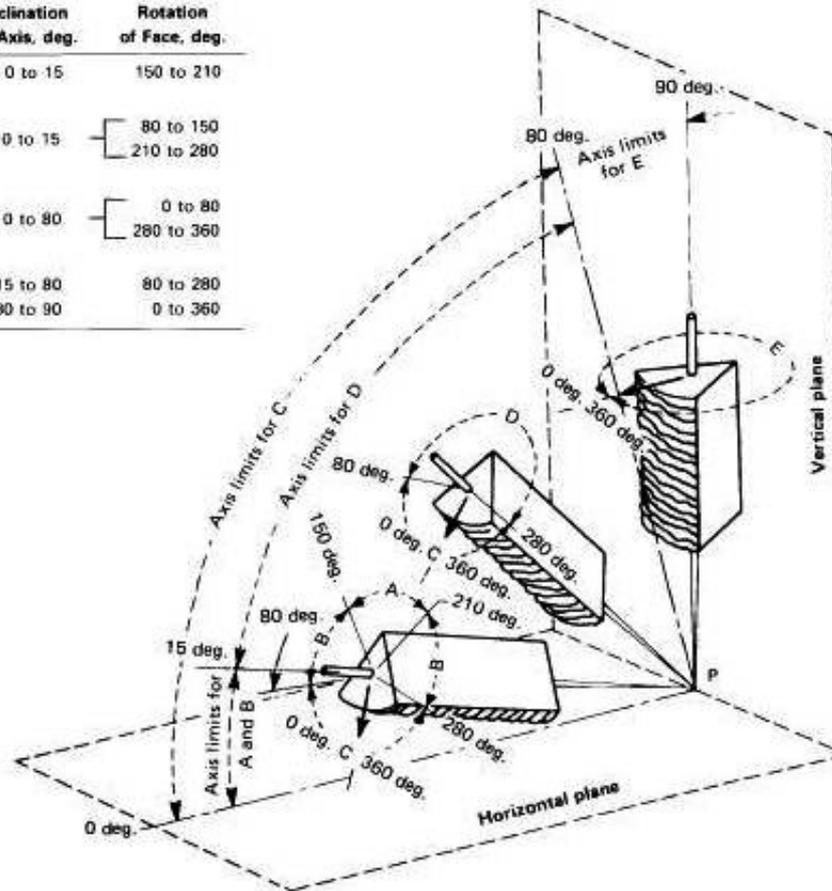
*Processos de Fabricação III - SOLDAGEM*

### ARTICLE I – Welding General Requirements

- **QW 100.1** - Uma EPS é um documento que indica os procedimentos ao soldador e operadores de soldagem para produção de soldas de acordo com os requisitos da norma
- QW 110 – Orientações do cordão de solda (descrito em QW 461.1 e QW 461.2)
- QW 120 – Posições para Solda de Topo
- QW 121 – Posições chapa (1G, 2G, 3G, 4G)
- QW 122 – Posições tubo (1G, 2G, 5G, 6G)
- QW 122.4 – Posição múltipla 6G
- QW 130 – Posições para Solda de Filete

Tabulation of Positions of Welds

Position	Diagram Reference	Inclination of Axis, deg.	Rotation of Face, deg.
Flat	A	0 to 15	150 to 210
Horizontal	B	0 to 15	80 to 150
			210 to 280
Overhead	C	0 to 80	0 to 80
			280 to 360
Vertical	D	15 to 80	80 to 280
	E	80 to 90	0 to 360



**GENERAL NOTE:**

The horizontal reference plane is taken to lie always below the weld under consideration.

Inclination of axis is measured from the horizontal reference plane toward the vertical.

Angle of rotation of face is measured from a line perpendicular to the axis of the weld and lying in a vertical plane containing this axis. The reference position (0 deg.) of rotation of the face invariably points in the direction opposite to that in which the axis angle increases. The angle of rotation of the face of weld is measured in a clockwise direction from this reference position (0 deg.) when looking at point P.

## – SECTION IX

*Processos de Fabricação III - SOLDAGEM*

## ASME BOILER & PRESSURE VESSEL CODE – SECTION IX

*Processos de Fabricação III - SOLDAGEM*

---

### ARTICLE I – Welding General Requirements

- **QW 141** – Ensaio Mecânicos usados na Qualificação do Procedimento
- QW 141.1 – Ensaio de Tração
- QW 141.4 – Ensaio de Impacto - Charpy
- QW 144 – Ensaio Visual
- QW 195 – Líquido Penetrante
- QW 196.1 – Análise Metalográfica

## ASME BOILER & PRESSURE VESSEL CODE – SECTION IX

*Processos de Fabricação III - SOLDAGEM*

### ARTICLE II – Welding Procedure Qualification

- **QW 200.1 (b)** - Uma EPS completa deve descrever todas as variáveis essenciais, não-essenciais e, quando requerido, as essenciais suplementares para cada procedimento de soldagem utilizado na EPS
- Essas variáveis são listadas de QW-250 até QW-280, sendo definidas no ARTIGO IV – Welding Data
- A EPS deve referenciar o Registro de Qualificação de Procedimento (RQP) que a suporta (descrito em QW-200.2)
- **QW 200.1 (c)** - Pode haver alterações nos valores de variáveis não-essenciais sem que seja necessário a requalificação
- **QW 200.1 (d)** - A EPS pode estar em qualquer formato mas a norma sugere um (QW-482)

**QW-482 SUGGESTED FORMAT FOR WELDING PROCEDURE SPECIFICATIONS (WPS)**  
 (See QW-200.1, Section IX, ASME Boiler and Pressure Vessel Code)

Company Name \_\_\_\_\_ By \_\_\_\_\_  
 Welding Procedure Specification No. \_\_\_\_\_ Date \_\_\_\_\_ Supporting PQR No.(s) \_\_\_\_\_  
 Revision No. \_\_\_\_\_ Date \_\_\_\_\_

Welding Process(es) \_\_\_\_\_ Type(s) \_\_\_\_\_  
(Automatic, Manual, Machine, or Semi-Auto.)

JOINTS (QW-402)	Details
Joint Design _____	
Backing (Yes) _____ (No) _____	
Backing Material (Type) _____ <small>(Refer to both backing and retainers.)</small>	
<input type="checkbox"/> Metal <input type="checkbox"/> Nonfusing Metal <input type="checkbox"/> Nonmetallic <input type="checkbox"/> Other	
Sketches, Production Drawings, Weld Symbols or Written Description should show the general arrangement of the parts to be welded. Where applicable, the root spacing and the details of weld groove may be specified.	
<small>(At the option of the Mfr., sketches may be attached to illustrate joint design, weld layers and bead sequence, e.g., for notch toughness procedures, for multiple process procedures, etc.)</small>	

**\*BASE METALS (QW-403)**

F.No. \_\_\_\_\_ Group No. \_\_\_\_\_ to P.No. \_\_\_\_\_ Group No. \_\_\_\_\_

OR

Specification type and grade \_\_\_\_\_  
 to Specification type and grade \_\_\_\_\_

OR

Chem. Analysis and Mech. Prop. \_\_\_\_\_  
 to Chem. Analysis and Mech. Prop. \_\_\_\_\_

Thickness Range:

Base Metal:      Groove \_\_\_\_\_      Fillet \_\_\_\_\_

Other \_\_\_\_\_

*FILLER METALS (QW-404)		
Spec. No. (SFA) _____		
AWS No. (Class) _____		
F.No. _____		
A.No. _____		
Size of Filler Metals _____		
Weld Metal		
Thickness Range:		
Groove _____		
Fillet _____		
Electrode-Flux (Class) _____		
Flux Trade Name _____		
Consumable Insert _____		
Other _____		

\*Each base metal-filler metal combination should be recorded individually.

**IX**

*Fabricação III - SOLDAGEM*



**QW-482 (Back)**

WPS No. \_\_\_\_\_ Rev. \_\_\_\_\_

<b>POSITIONS (QW-405)</b> Position(s) of Groove _____ Welding Progression: Up _____ Down _____ Position(s) of Fillet _____	<b>POSTWELD HEAT TREATMENT (QW-407)</b> Temperature Range _____ Time Range _____
---	--

<b>PREHEAT (QW-406)</b> Preheat Temp. Min. _____ Interpass Temp. Max. _____ Preheat Maintenance _____ (Continuous or special heating, where applicable, should be recorded)	<b>GAS (QW-408)</b> <table style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td></td> <th colspan="3" style="text-align: center;">Percent Composition</th> </tr> <tr> <td></td> <th style="text-align: center;">Gas(es)</th> <th style="text-align: center;">(Mixture)</th> <th style="text-align: center;">Flow Rate</th> </tr> <tr> <td>Shielding</td> <td>_____</td> <td>_____</td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td>Trailing</td> <td>_____</td> <td>_____</td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td>Backing</td> <td>_____</td> <td>_____</td> <td>_____</td> </tr> </table>		Percent Composition				Gas(es)	(Mixture)	Flow Rate	Shielding	_____	_____	_____	Trailing	_____	_____	_____	Backing	_____	_____	_____
	Percent Composition																				
	Gas(es)	(Mixture)	Flow Rate																		
Shielding	_____	_____	_____																		
Trailing	_____	_____	_____																		
Backing	_____	_____	_____																		

**ELECTRICAL CHARACTERISTICS (QW-409)**

Current AC or DC \_\_\_\_\_ Polarity \_\_\_\_\_

Amps (Range) \_\_\_\_\_ Volts (Range) \_\_\_\_\_

(Amps and volts range should be recorded for each electrode size, position, and thickness, etc. This information may be listed in a tabular form similar to that shown below.)

Tungsten Electrode Size and Type \_\_\_\_\_  
(Pure Tungsten, 2% Thoriated, etc.)

Mode of Metal Transfer for GMAW \_\_\_\_\_  
(Spray arc, short circuiting arc, etc.)

Electrode Wire feed speed range \_\_\_\_\_

**TECHNIQUE (QW-410)**

String or Weave Bead \_\_\_\_\_

Orifice or Gas Cup Size \_\_\_\_\_

Initial and Interpass Cleaning (Brushing, Grinding, etc.) \_\_\_\_\_

Method of Back Gouging \_\_\_\_\_

Oscillation \_\_\_\_\_

Contact Tube to Work Distance \_\_\_\_\_

Multiple or Single Pass (per side) \_\_\_\_\_

Multiple or Single Electrodes \_\_\_\_\_

Travel Speed (Range) \_\_\_\_\_

Peening \_\_\_\_\_

Other \_\_\_\_\_

Weld Layer(s)	Process	Filler Metal		Current		Volt Range	Travel Speed Range	Other (e.g., Remarks, Comments, Hot Wire Addition, Technique, Torch Angle, etc.)
		Class	Dia.	Type Polar.	Amp Range			



**SECTION IX**

*Processos de Fabricação III - SOLDAGEM*

## ASME BOILER & PRESSURE VESSEL CODE – SECTION IX

*Processos de Fabricação III - SOLDAGEM*

---

### ARTICLE II – Welding Procedure Qualification

- **QW 200.1 (e)** - A EPS deve estar disponível para consulta e revisões pelo Inspetor de Soldagem
- **QW 200.3** – A fim de reduzir o número de RQP, P-Number são associados a metais de base de acordo com composição química, soldabilidade e propriedades mecânicas

# ASME BOILER & PRESSURE VESSEL CODE – SECTION IX

Processos de Fabricação III - SOLDAGEM

QW/QB-422 FERROUS/NONFERROUS P-NUMBERS AND S-NUMBERS (CONT'D)  
Grouping of Base Metals for Qualification

Spec. No.	Type or Grade	UNS No.	Minimum Specified Tensile, ksi (MPa)	Welding				Brazing		Nominal Composition	Product Form
				P- No.	Group No.	S- No.	Group No.	P- No.	S- No.		
SA-479	304N	S30403	80 (550)	8	1	...	...	102	...	18Cr-8Ni-N	Bars & shapes
SA-479	304LN	S30403	75 (515)	8	1	...	...	102	...	18Cr-8Ni-N	Bars & shapes
SA-479	S30600	S30600	78 (540)	8	1	...	...	102	...	18Cr-10Ni-4Si	Bars & shapes
SA-479	S30815	S30815	87 (600)	8	2	...	...	102	...	21Cr-11Ni-N	Bars & shapes
SA-479	309S	S30908	75 (515)	8	2	...	...	102	...	23Cr-12Ni	Bars & shapes
SA-479	309Cb	S30940	75 (515)	8	2	...	...	102	...	23Cr-12Ni-Cb	Bars & shapes
SA-479	310S	S31008	75 (515)	8	2	...	...	102	...	25Cr-20Ni	Bars & shapes
SA-479	310Cb	S31040	75 (515)	8	2	...	...	102	...	25Cr-20Ni-Cb	Bars & shapes
SA-479	S31204	S31204	93 (650)	8	4	...	...	102	...	20Cr-18Ni-6Mo	Bars & shapes
SA-479	316	S31600	75 (515)	8	1	...	...	102	...	16Cr-12Ni-2Mo	Bars & shapes
SA-479	316L	S31603	70 (485)	8	1	...	...	102	...	16Cr-12Ni-2Mo	Bars & shapes
SA-479	316H	S31609	75 (515)	8	1	...	...	102	...	16Cr-12Ni-2Mo	Bars & shapes
SA-479	316Ti	S31635	75 (515)	8	1	...	...	102	...	16Cr-12Ni-2Mo-Ti	Bars & shapes
SA-479	316Cb	S31640	75 (515)	8	1	...	...	102	...	16Cr-12Ni-2Mo-Cb	Bars & shapes
SA-479	316N	S31601	80 (550)	8	1	...	...	102	...	16Cr-12Ni-2Mo-N	Bars & shapes
SA-479	316LN	S31603	75 (515)	8	1	...	...	102	...	16Cr-12Ni-2Mo-N	Bars & shapes
SA-479	S31725	S31725	75 (515)	8	4	...	...	102	...	19Cr-15Ni-4Mo	Bars & shapes
SA-479	S31726	S31726	80 (550)	8	4	...	...	102	...	19Cr-15.5Ni-4Mo	Bars & shapes

## ASME BOILER & PRESSURE VESSEL CODE – SECTION IX

*Processos de Fabricação III - SOLDAGEM*

---

### ARTICLE II – Welding Procedure Qualification

- **QW 250** – VARIÁVEIS DE SOLDAGEM
- **QW 251.2** – Variáveis Essenciais: São variáveis onde, havendo uma alteração de valor, considera-se que haverá mudança nas propriedades mecânicas. Desta forma, nova RQPS deve ser produzida
- Variáveis essenciais suplementares: Quando a norma exige Ensaio de Impacto
- **QW 251.3** – Variáveis não-essenciais: Alteração de valores podem ser feitos na EPS sem a necessidade de requalificação
- Descrição completa das variáveis no ARTICLE IV

**QW-255**  
**WELDING VARIABLES PROCEDURE SPECIFICATIONS (WPS)**  
**Gas Metal-Arc Welding (GMAW and FCAW) (Cont'd)**

Paragraph		Brief of Variables	Essential	Supplementary Essential	Nonessential
QW-408 Gas	.1	± Trail or $\phi$ comp.			X
	.2	$\phi$ Single, mixture, or %	X		
	.3	$\phi$ Flow rate			X
	.5	± or $\phi$ Backing flow			X
	.9	- Backing or $\phi$ comp.	X		
	.10	$\phi$ Shielding or trailing	X		
QW-409 Electrical Characteristics	.1	> Heat input		X	
	.2	$\phi$ Transfer mode	X		
	.4	$\phi$ Current or polarity		X	X
	.8	$\phi$ I & E range			X
QW-410 Technique	.1	$\phi$ String/weave			X
	.3	$\phi$ Orifice, cup, or nozzle size			X
	.5	$\phi$ Method cleaning			X
	.6	$\phi$ Method back gouge			X
	.7	$\phi$ Oscillation			X
	.8	$\phi$ Tube-work distance			X
	.9	$\phi$ Multiple to single pass/side		X	X
	.10	$\phi$ Single to multiple electrodes		X	X
	.15	$\phi$ Electrode spacing			X
	.25	$\phi$ Manual or automatic			X
	.26	± Peening			X

EM

**Legend:**

- |            |                         |            |            |               |
|------------|-------------------------|------------|------------|---------------|
| + Addition | > Increase/greater than | ↑ Uphill   | ← Forehand | $\phi$ Change |
| - Deletion | < Decrease/less than    | ↓ Downhill | → Backhand |               |

## ASME BOILER & PRESSURE VESSEL CODE – SECTION IX

*Processos de Fabricação III - SOLDAGEM*

### **TRABALHO FINAL: ELABORAR UMA EPS**

- **Assistir ao vídeo**
- Utilizar as variáveis do Metal de Base descritas no vídeo para elaborar a EPS
- Necessariamente a EPS deve conter: Desenho da Junta do tampo semi-esférico e Desenho da Junta do costado (também inserir a simbologia da junta), posições de soldagem para cada junta soldada, tipo de transferência metálica (quando aplicável), todas as características elétricas
- Todas as variáveis descritas na EPS devem ser classificadas (essenciais, essenciais suplementares e não essenciais) para o processo de soldagem aplicado. Cada variável deve ser referenciada com a respectiva QW
- As variáveis que não foram descritas no vídeo devem ser arbitradas. Observar o bom senso, justificando o porquê de cada escolha

## ASME BOILER & PRESSURE VESSEL CODE – SECTION IX

*Processos de Fabricação III - SOLDAGEM*

### TRABALHO FINAL: ELABORAR UMA EPS

- Descrever as propriedades e características do Metal de Base utilizado (definir o P Number, composição química, limites de escoamento, tipo de aço do metal de base, resistência à corrosão, classificação e simbologia do metal de adição escolhido etc)
- Descrever o Metal de Adição selecionado (classificação – simbologia, composição química, campos de aplicação nos MB, resistência mecânica do metal depositado etc)
- **Três grupos:** A mesma solda utilizando três processos de soldagem diferentes, a saber: MIG, ER, TIG
- Alternativamente, um grupo pode propor um caso real que tenha contato em seu ambiente de trabalho. Neste caso, devem ser previamente definidas as condições iniciais