

SOLDAGEM TIG

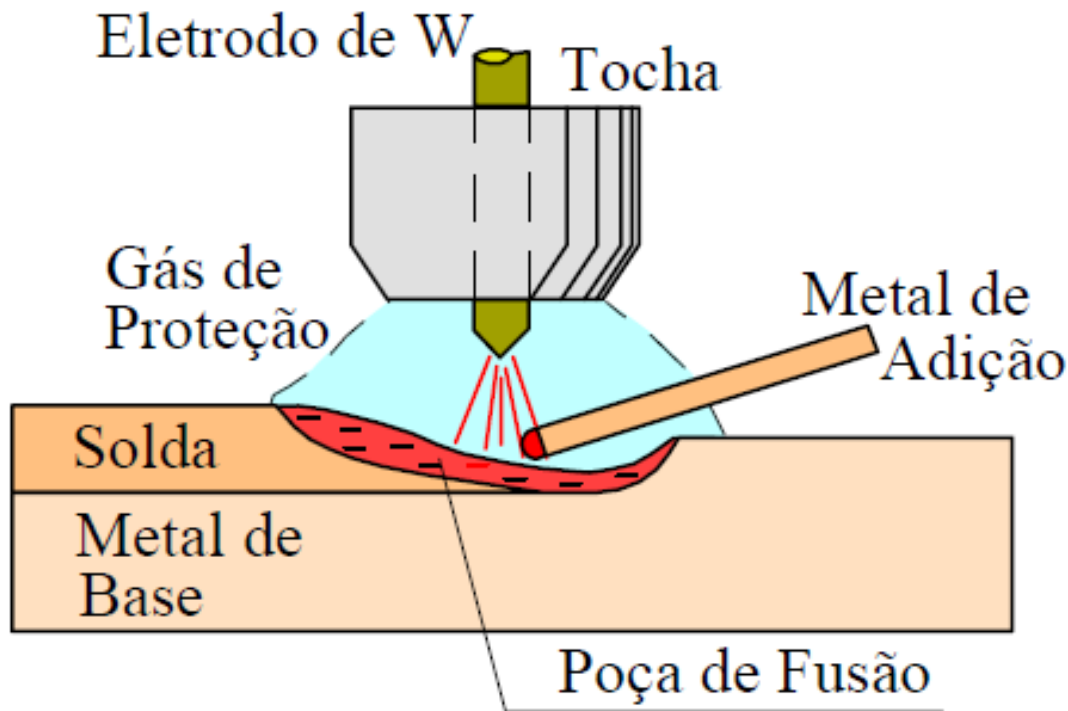
Prof. Dr. Hugo Z. Sandim

Marcus Vinicius da Silva Salgado

Natália Maia Sesma

William Santos Magalhães

Soldagem TIG



Processo de soldagem TIG

| Material | Thickness ^a | GTAW |
|---------------------|------------------------|------|
| Carbon steels | S | × |
| | I | × |
| | M | |
| | T | |
| Low-alloy steels | S | × |
| | I | × |
| | M | |
| | T | |
| Stainless steels | S | × |
| | I | × |
| | M | |
| | T | |
| Cast iron | I | |
| | M | |
| | T | |
| | | |
| Nickel and alloys | S | × |
| | I | × |
| | M | |
| | T | |
| Aluminum and alloys | S | × |
| | I | × |
| | M | × |
| | T | × |

Soldagem TIG

Especificações da chapa:

Espessura (mm)

6,3

Especificações do metal de adição:

Diâmetro (mm)

2,5

Composição Química (% Peso)

| C | Si | Mn | P | S | Al | Cu |
|------|------|------|-------|-------|-------|------|
| 0,16 | 0,19 | 0,78 | 0,021 | 0,008 | 0,022 | 0,02 |

Composição Química (% Peso)

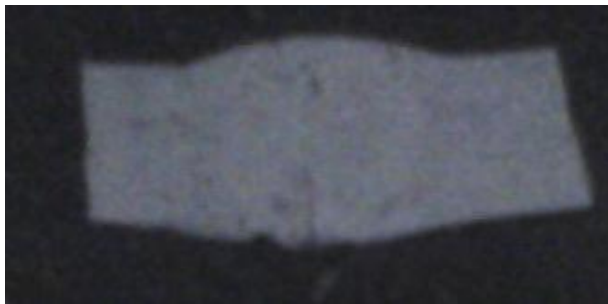
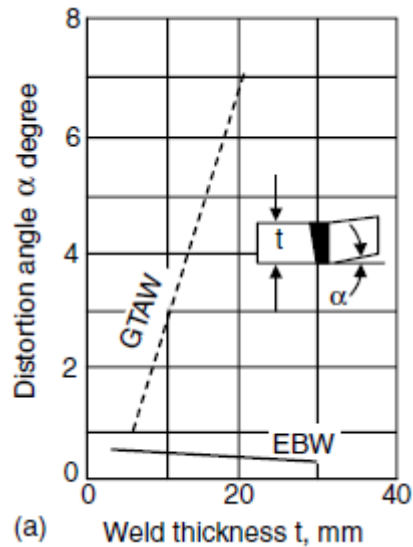
| C | Si | Mn | P | S | Al | Cu |
|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| 0,076 | 0,546 | 1,075 | 0,0097 | 0,0085 | 0,0025 | 0,0244 |

Parâmetros do Processo:

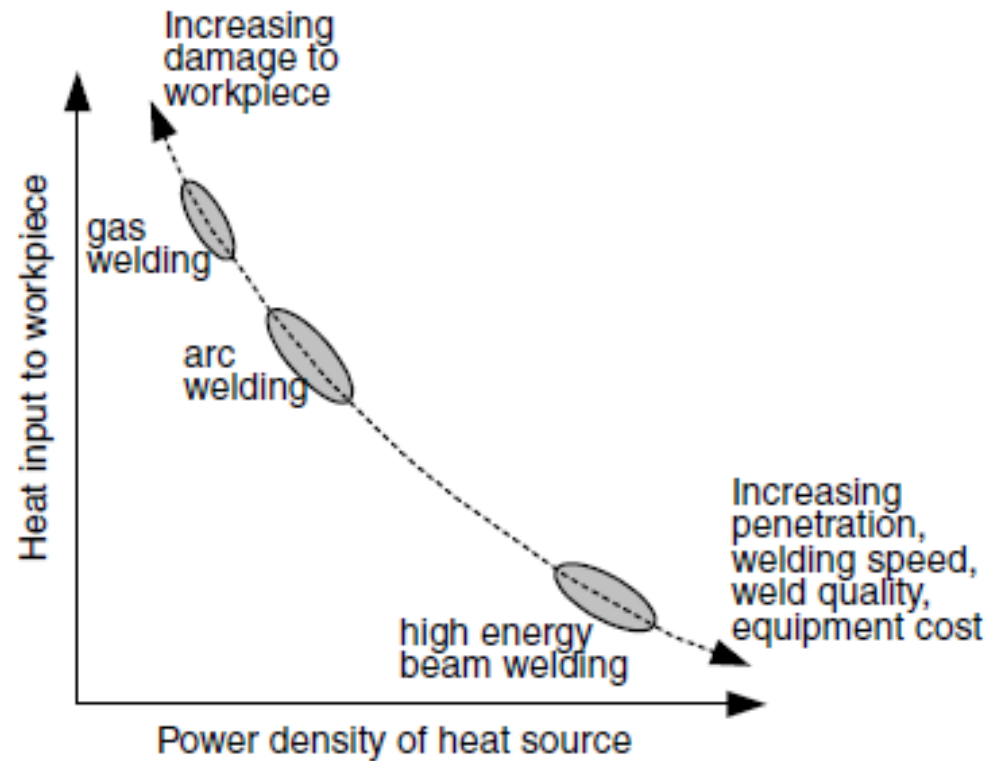
| Corrente (A) | Tensão (V) |
|--------------|------------|
| 120 | 16 |

| | |
|----------|------------------------|
| 1° Etapa | Passe de Raiz |
| 2° Etapa | 1° Passe de Enchimento |
| 3° Etapa | 2° Passe de Enchimento |

Soldagem TIG



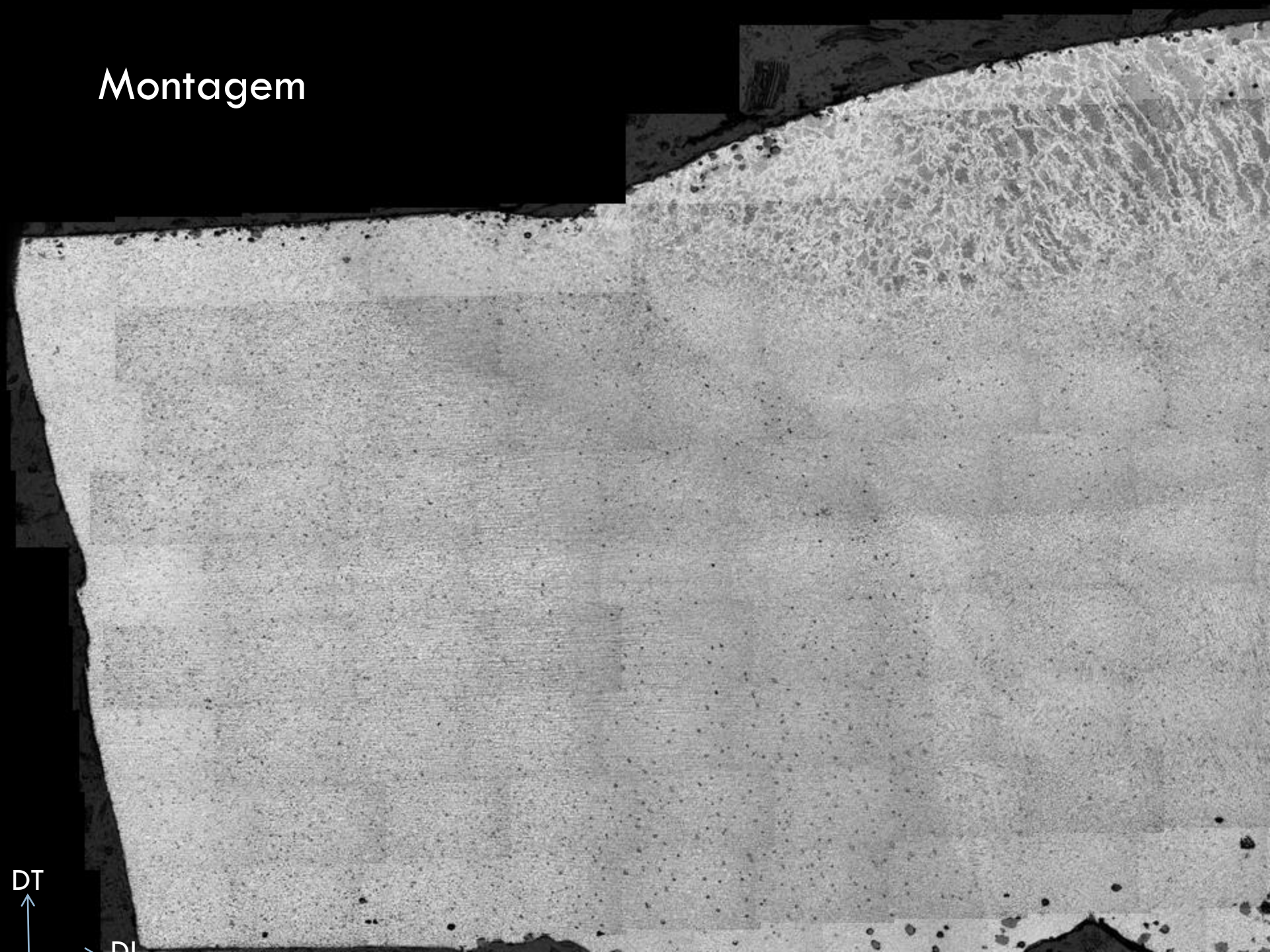
$$\alpha \approx 10,5^\circ$$



ANÁLISE MICROESTRUTURAL



Montagem

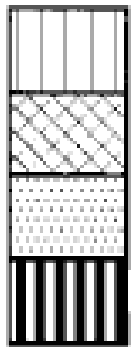
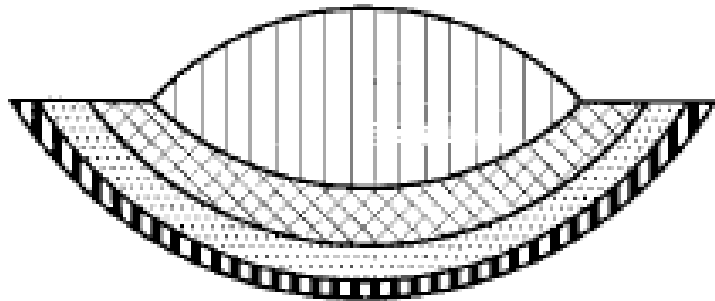


DT



DI

Soldagem de passo único e multipassos:



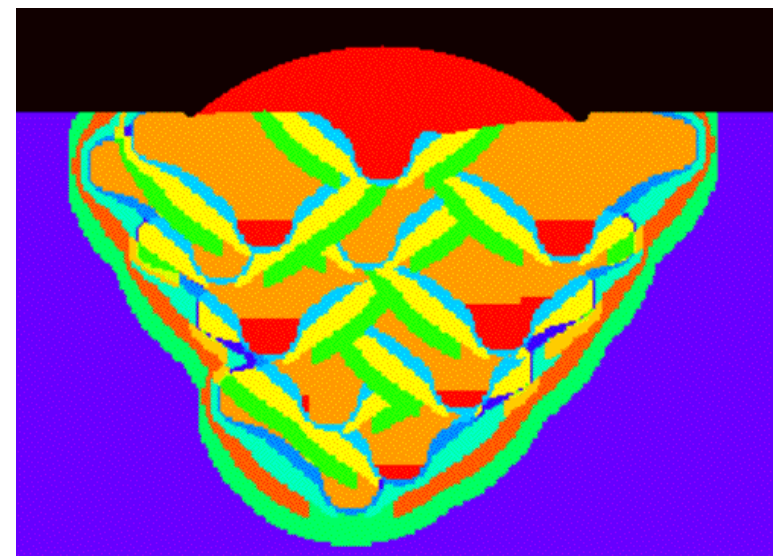
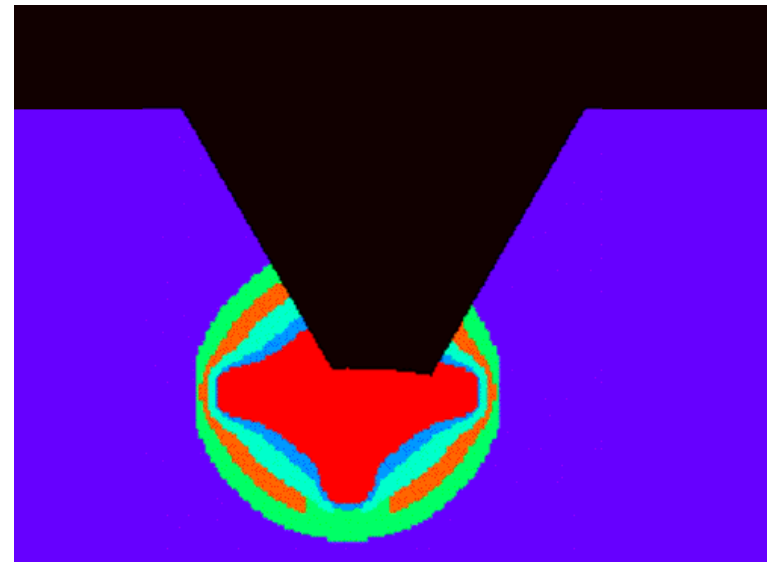
Columnar grains

Coarse grains

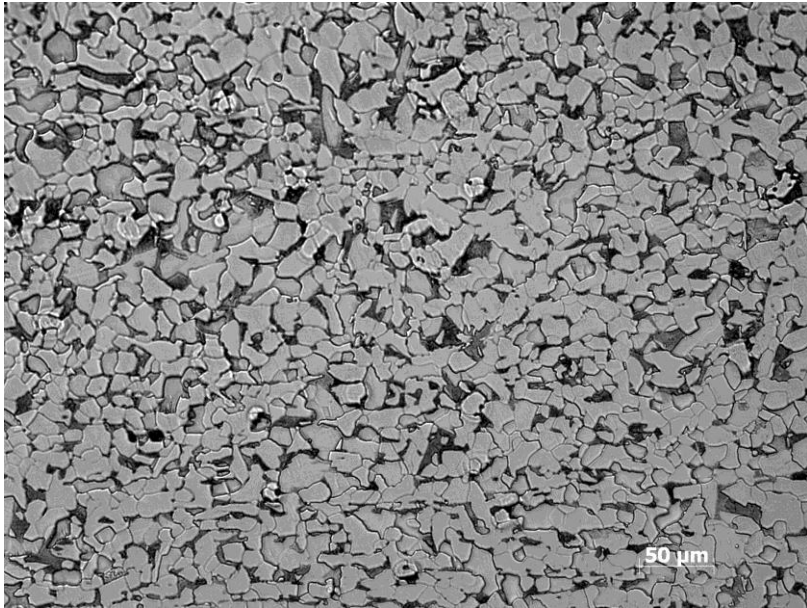
Fine grains

Partially refined grains

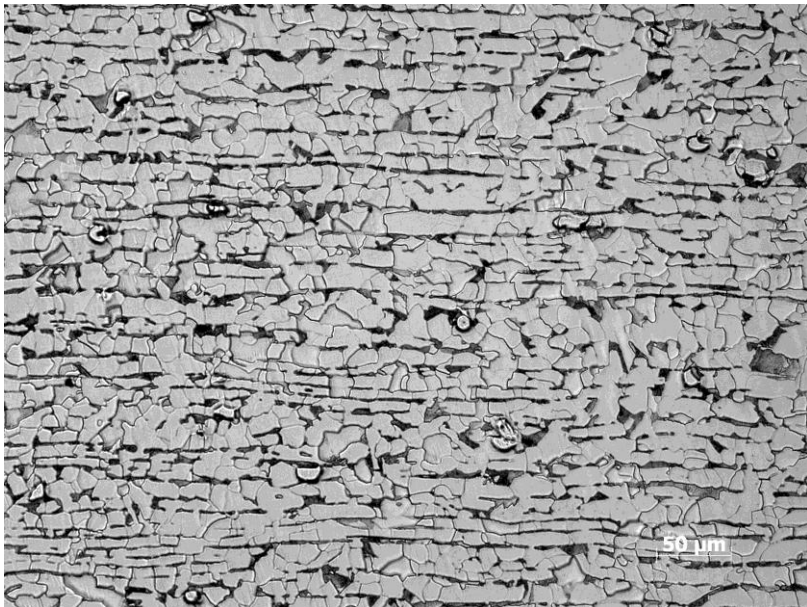
Refino de grão em Soldagem



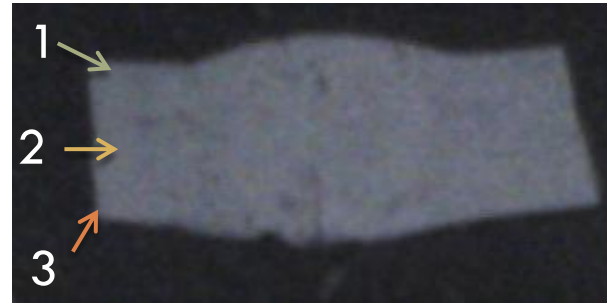
Perfil de temperatura em soldagem multipasse



Região 1

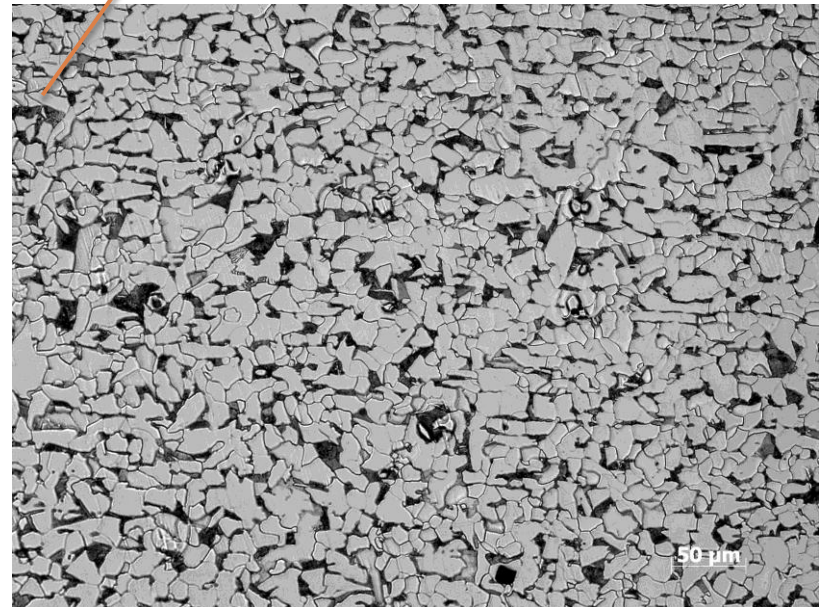
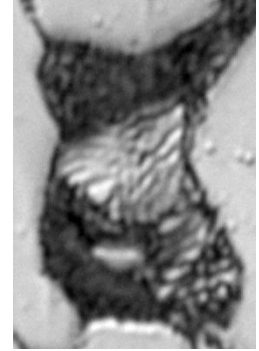


Região 2

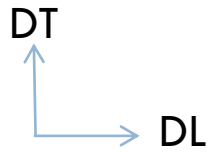


DT
DL

Colônia
Perlítica

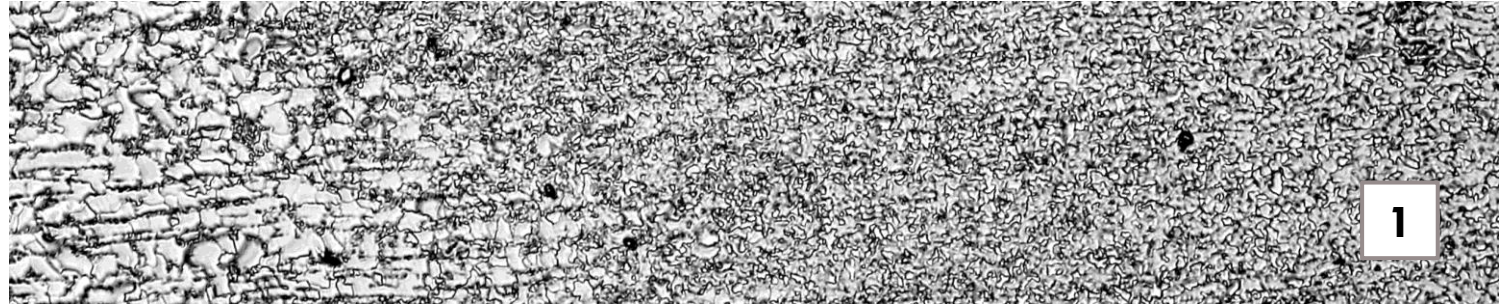
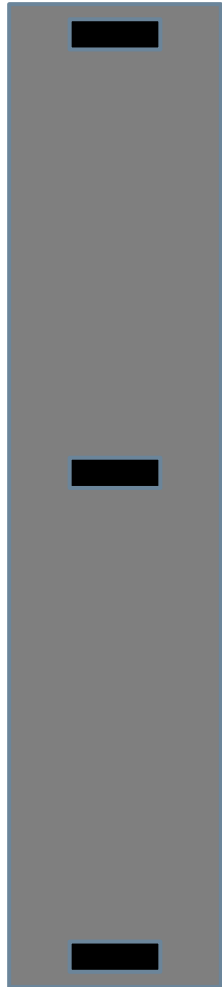


Região 3



Região de interface da ZTA com o metal base para os diferentes passes da solda

Esquema do posicionamento das micrografias



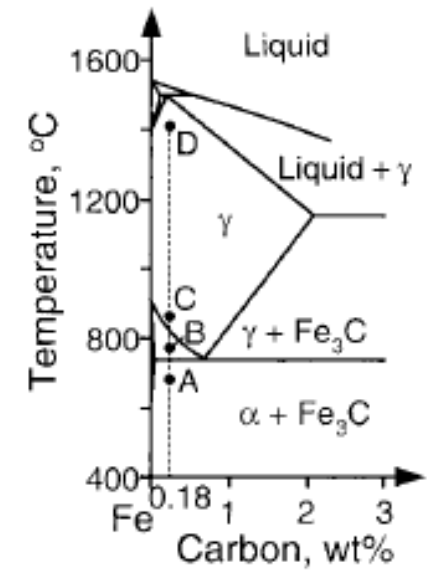
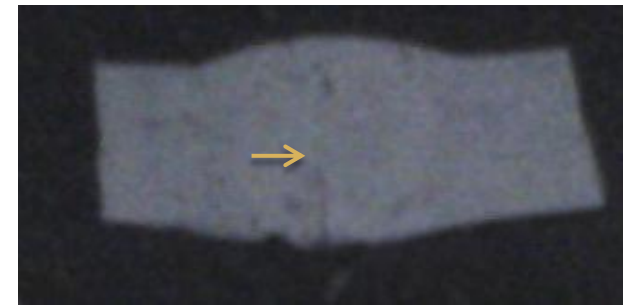
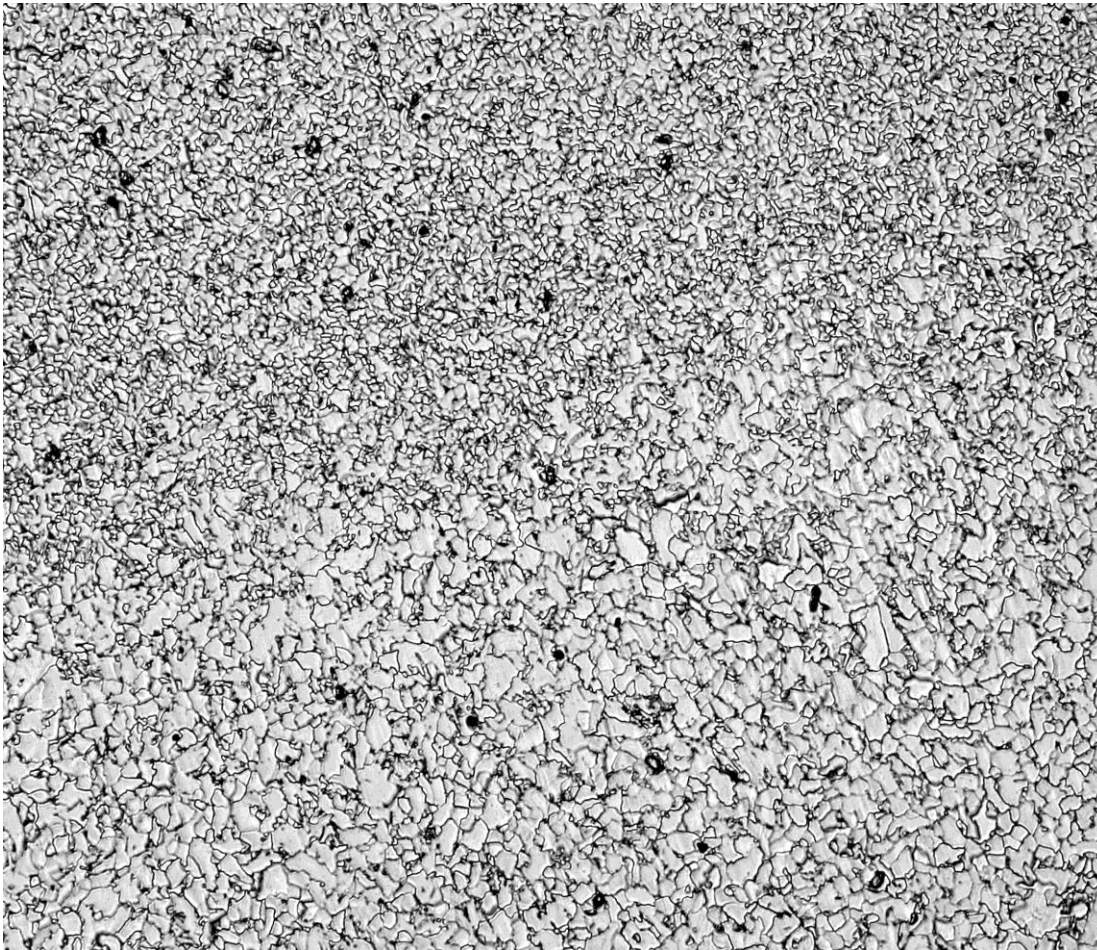
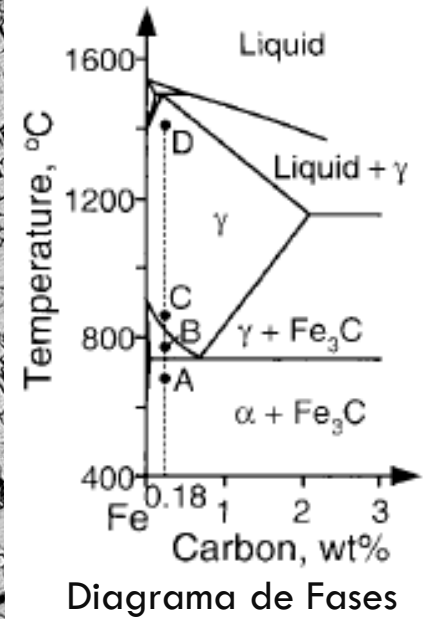
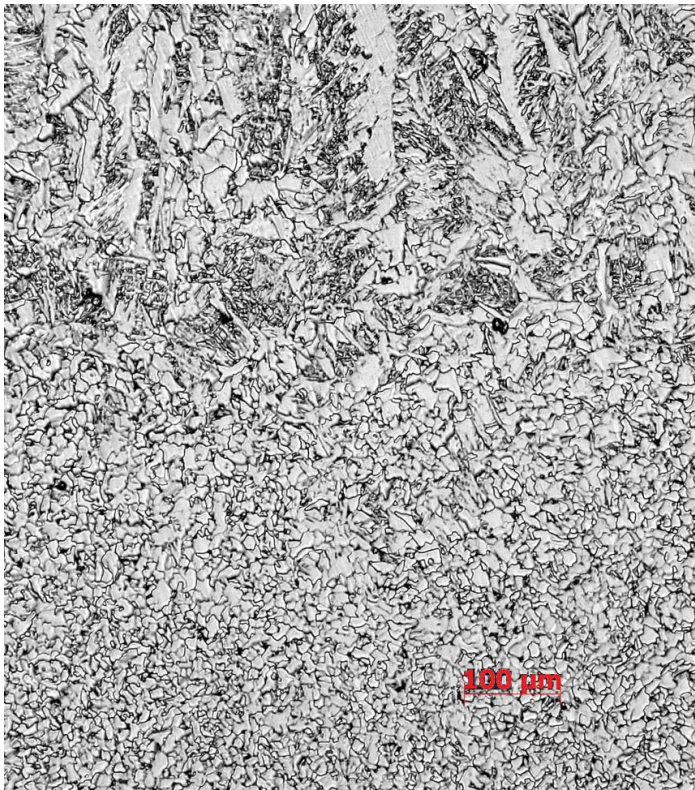
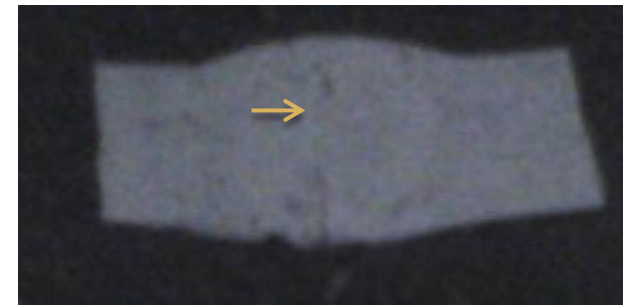


Diagrama de Fases

DT
DL

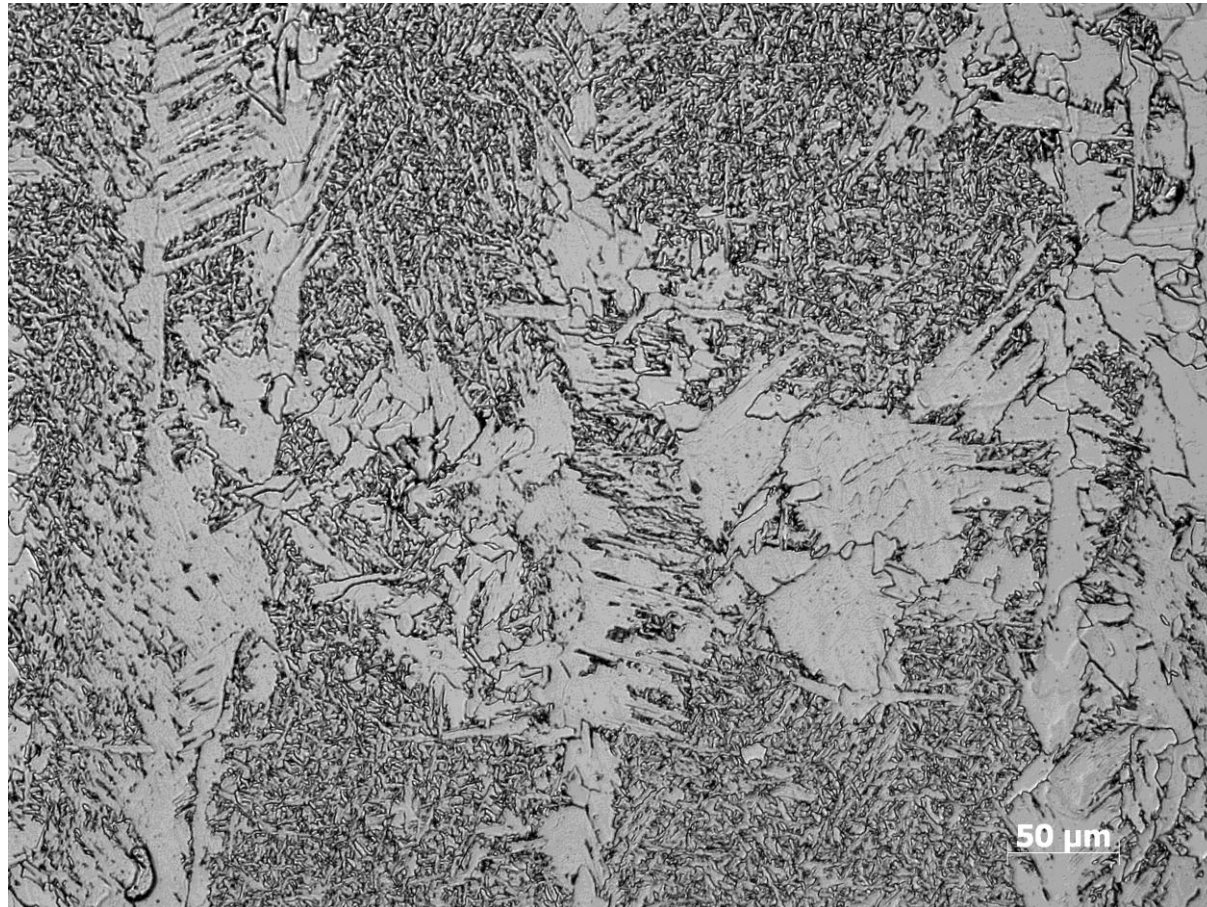
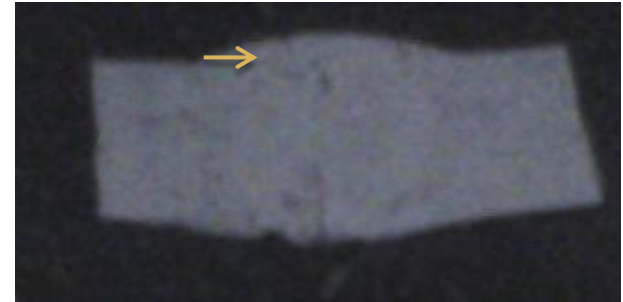
- A região superior mostra a ZF do 1° passe que sofreu um refino de grãos devido a ação térmica do 2° passe. Porém, o fluxo de calor do 2° passe não conseguiu alcançar toda a ZF do 1° passe, assim, como mostrado na parte inferior da figura, parte da microestrutura não sofreu um refino considerável.

Região de interface da ZF com a ZTA
no 2º passe da solda



DT
DL

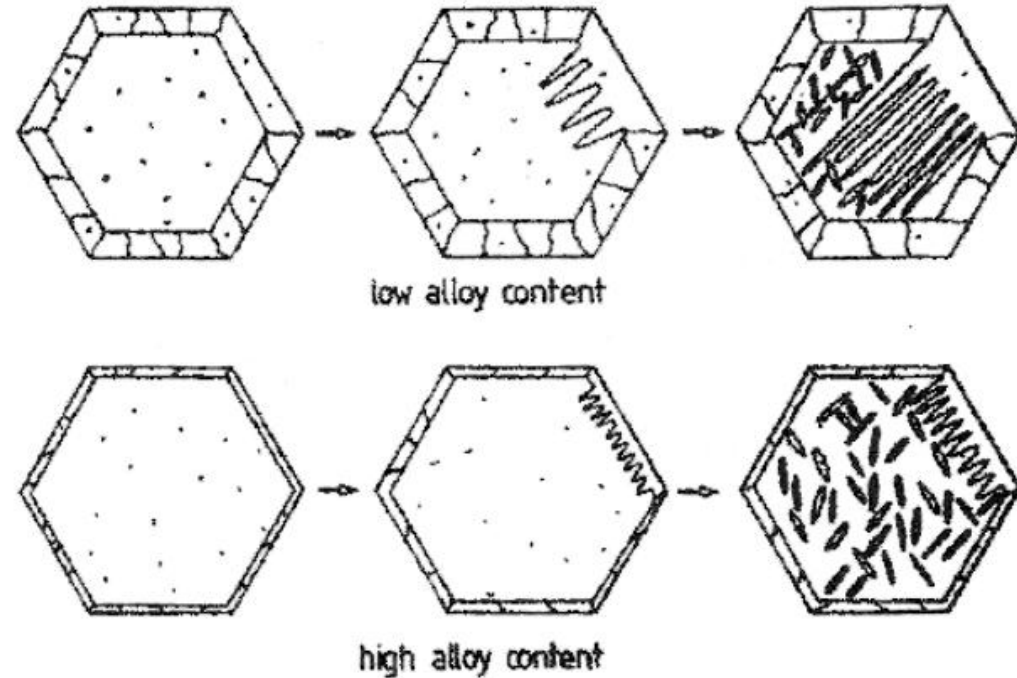
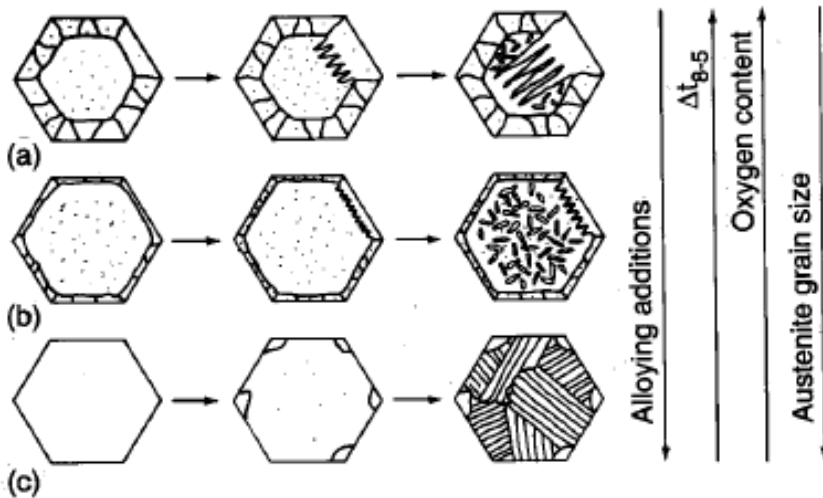
- Alotriomorfismo – Fenômeno onde ocorrem a formação de diferentes morfologias de um mesmo material (ferrita na Zona Fundida de aços soldados)



DT
DL

Fatores que afetam a microestrutura:

- Tempo de resfriamento;
- Metais de adição;
- Tamanho de grão austenítico;
- Quantidade de inclusões;
- Quantidade de oxigênio.



- O aumento da densidade de pontos de nucleação favorece a formação de ferrita acicular, em detrimento da ferrita Widmanstätten.
- Entretanto, o refino do grão de austenita, ou a redução da quantidade pontos de nucleação presentes, diminui a quantidade de ferrita acicular.

Microestruturas esperadas :

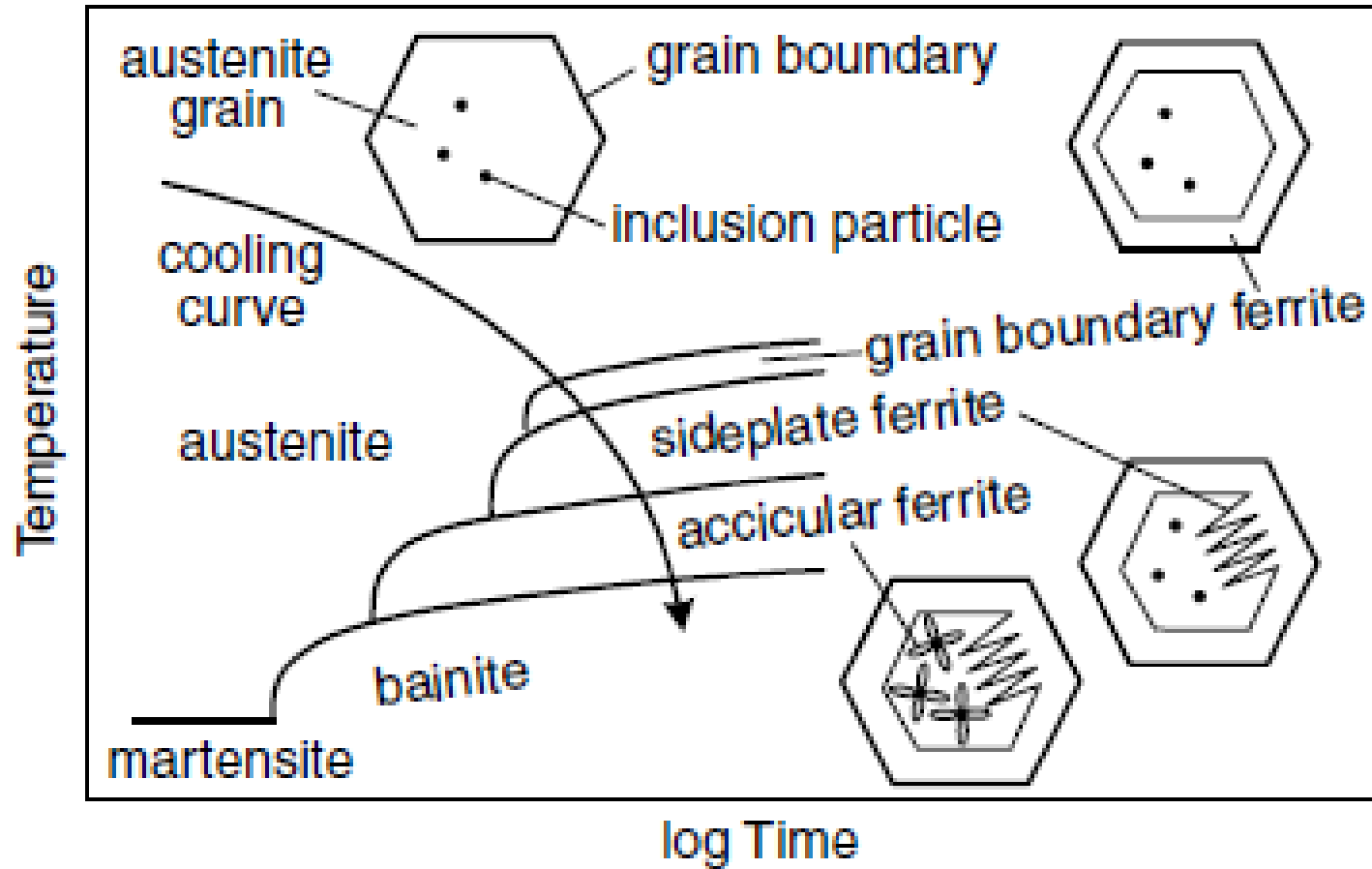


Diagrama de Transformação em Resfriamento Contínuo para aços de baixo carbono soldados.

Elementos de liga:

A ação dos principais elementos de liga que atuam no controle da microestrutura é descrito a seguir:

- Mn: Reduz o percentual de ferrita de contorno de grão e causa um progressivo aumento na percentagem de ferrita acicular.
- C: Promove a formação da ferrita acicular, com decréscimo da ferrita de contorno de grão.
- Ni: O aumento do teor de Ni em até 3,5% acarreta um progressivo aumento na percentagem de ferrita acicular, às custas da ferrita alotromórfica.
- Ti: Até o nível de 30 ppm, refina a microestrutura e promove maior formação de ferrita acicular. A formação de compostos de Ti na superfície das inclusões metálicas age como nucleante da ferrita acicular.
- Si: Tem ação desoxidante e promove um aumento na ferrita acicular, com o decréscimo da ferrita alotromórfica e ferrita de Widmanstätten. Sua adição tem maior efeito para baixos teores de Mn (0,6%).

Composição Química da chapa (% Peso)

| C | Si | Mn | P | S | Al | Cu | Nb | V | Ti | Cr | Ni | Sn | N |
|------|------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|------|-------|--------|
| 0,16 | 0,19 | 0,78 | 0,021 | 0,008 | 0,022 | 0,02 | 0,001 | 0,003 | 0,002 | 0,02 | 0,01 | 0,001 | 0,0050 |

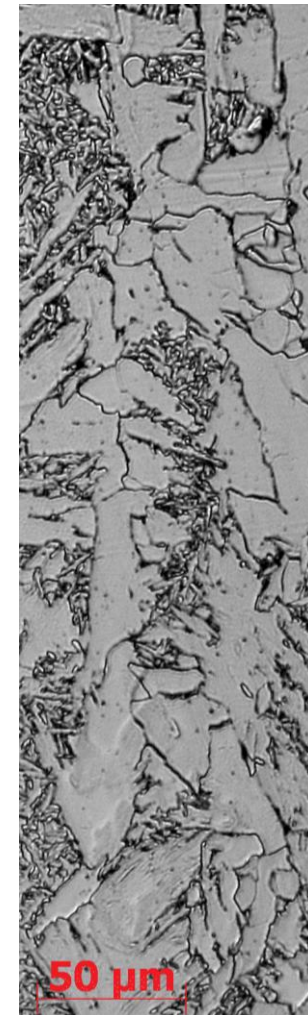
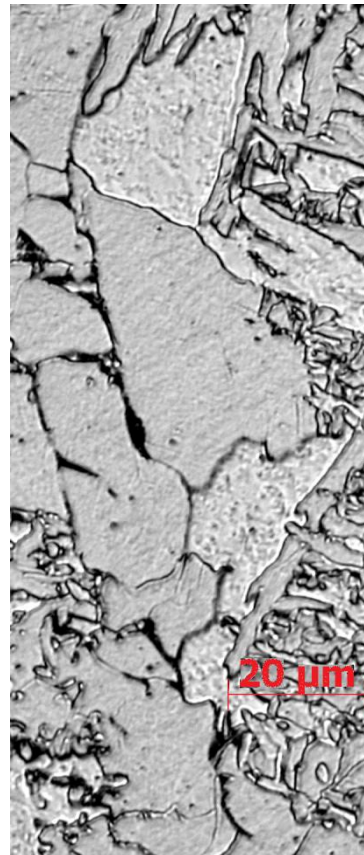
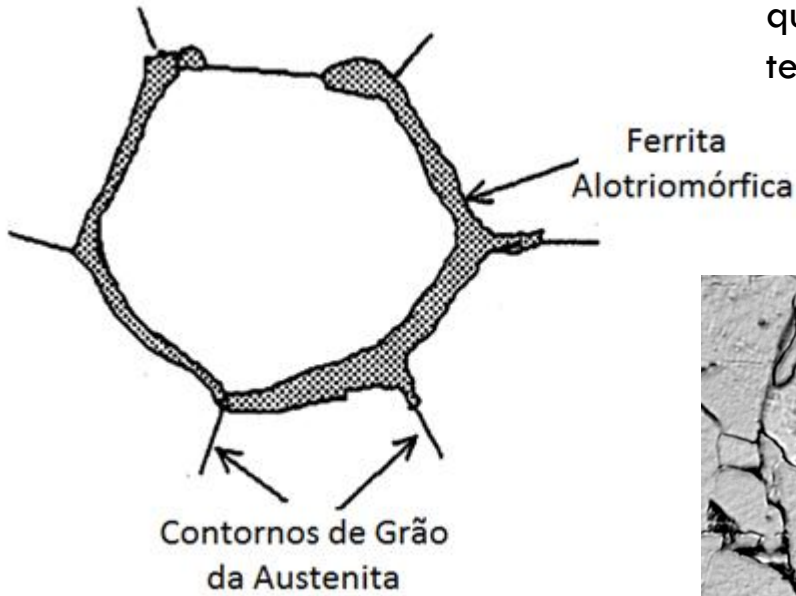
- Al: Tem ação desoxidante e como consequência reduz o O, levando à formação de inclusões. Em maiores concentrações, diminui a quantidade de ferrita acicular, que é compensada por ferrita de segunda fase. Se o Al é adicionado juntamente com o Ti, induz a modificação da ação do Ti.
- Se as variações na quantidade de Ti, O e Al são significativas, pode haver alteração nas populações das inclusões não metálicas.
- Mo e Cr: Promovem a formação de bainita às custas da ferrita acicular.
- Nb: Suprime as reações da ferrita e da perlita.
- V: Causa um acréscimo na ferrita acicular, com uma diminuição progressiva da ferrita primária e da ferrita de segunda fase. Promove o refinamento de grão nas regiões reaquecidas de granulação fina e após tratamento térmico.
- N: Promove a formação de ferrita acicular. O teor de N livre deve ser controlado, pois este pode combinar com o Ti e formar nitretos, evitando a formação de óxidos de Ti que são efetivos nucleadores da ferrita acicular.

Composição Química da chapa (% Peso)

| C | Si | Mn | P | S | Al | Cu | Nb | V | Ti | Cr | Ni | Sn | N |
|------|------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|------|-------|--------|
| 0,16 | 0,19 | 0,78 | 0,021 | 0,008 | 0,022 | 0,02 | 0,001 | 0,003 | 0,002 | 0,02 | 0,01 | 0,001 | 0,0050 |

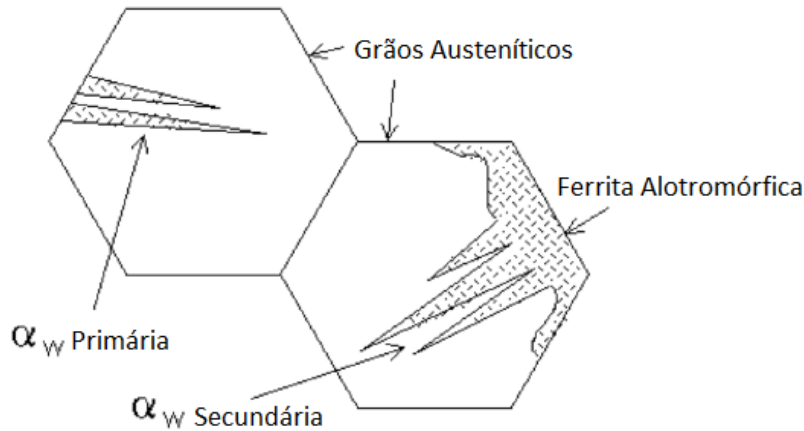
Ferrita Alotromórfica

- Ferrita alotromórfica de contorno de grão: Cristais que nucleiam nos contornos de grão da austenita à temperaturas elevadas.

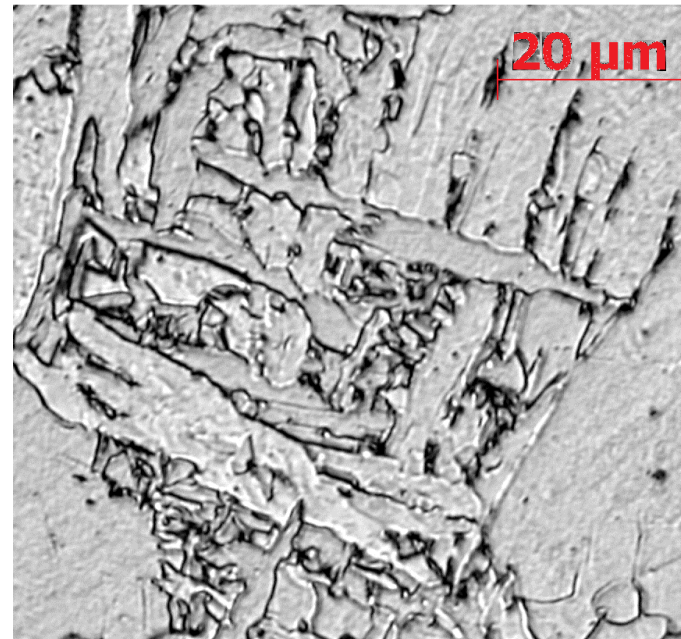
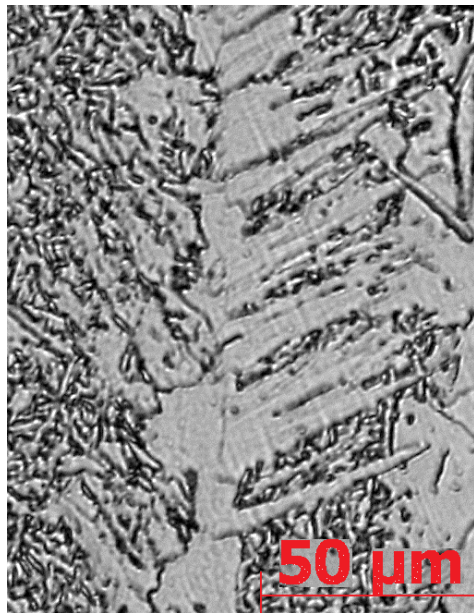


DT
DL

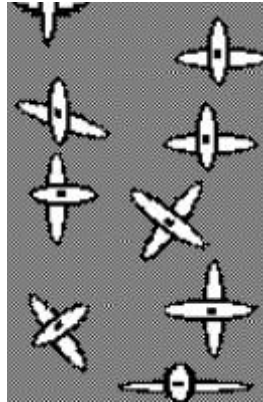
Ferrita de Widmanstättten



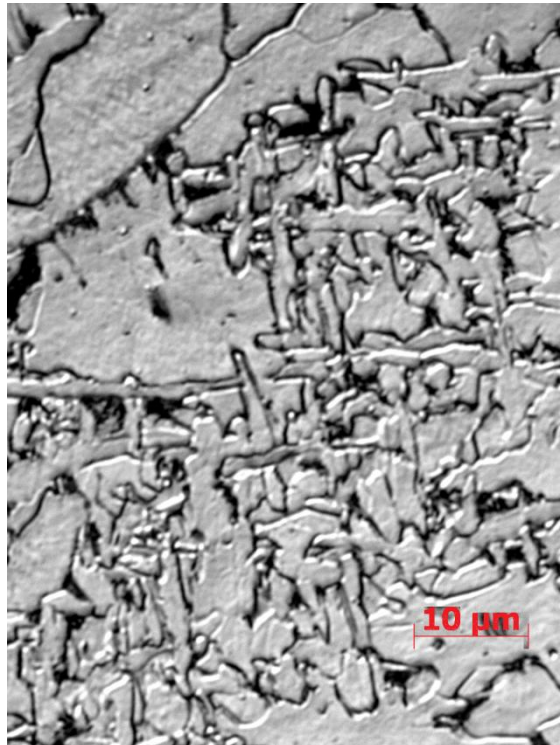
- Nucleiam nos contornos de grão da austenita, mas crescem ao longo da matriz.
- Elas crescem diretamente dos contornos ou nucleiam em uma ferrita alotriomórfica pré-existente.



Ferrita Acicular

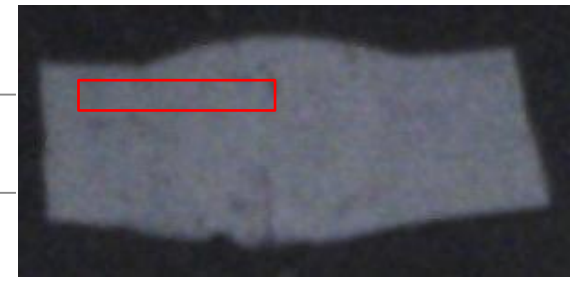
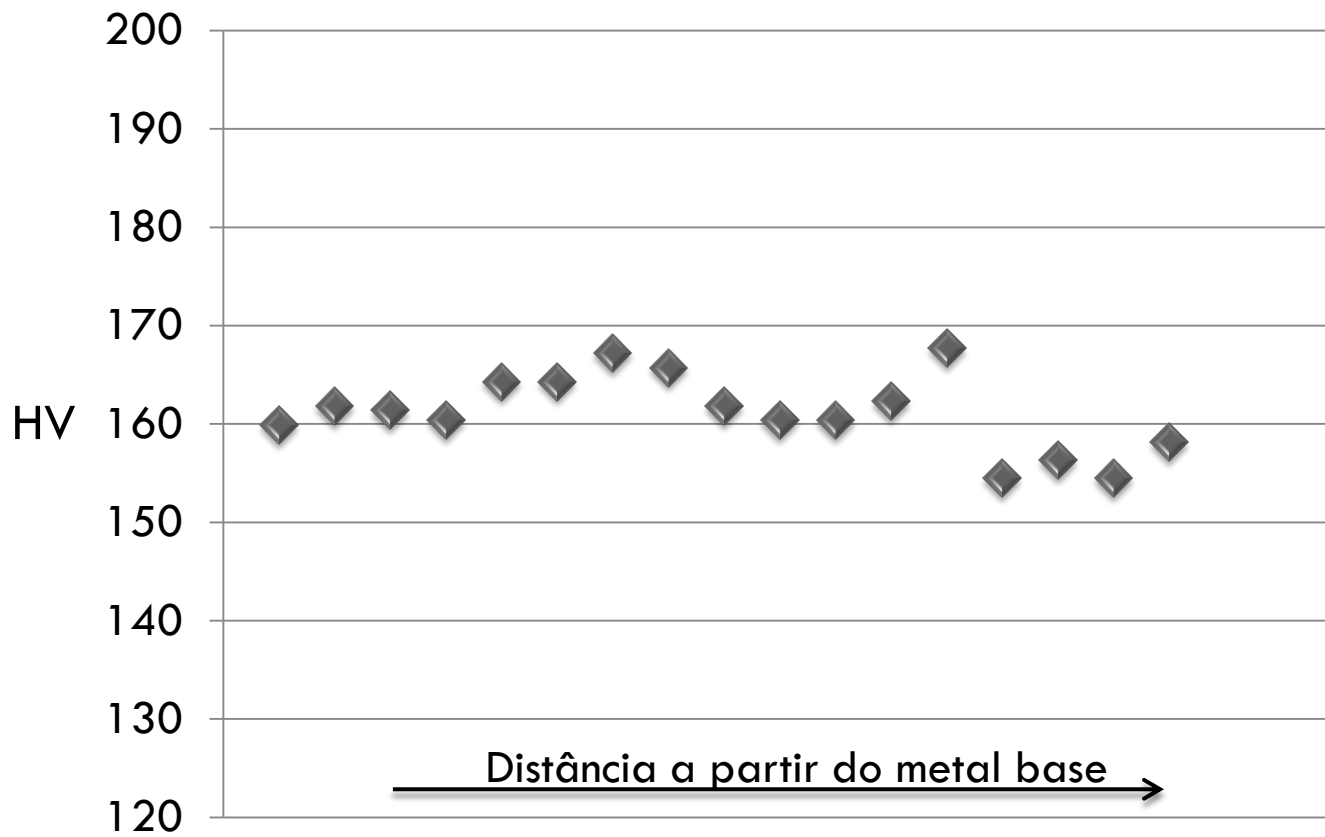


- São pequenos grãos nucleados no interior do grão de austenita, em inclusões não-metálicas presentes nos aços.
- É sempre foi associada à soldagem devido às elevadas concentrações de inclusões nos cordões-desolda.

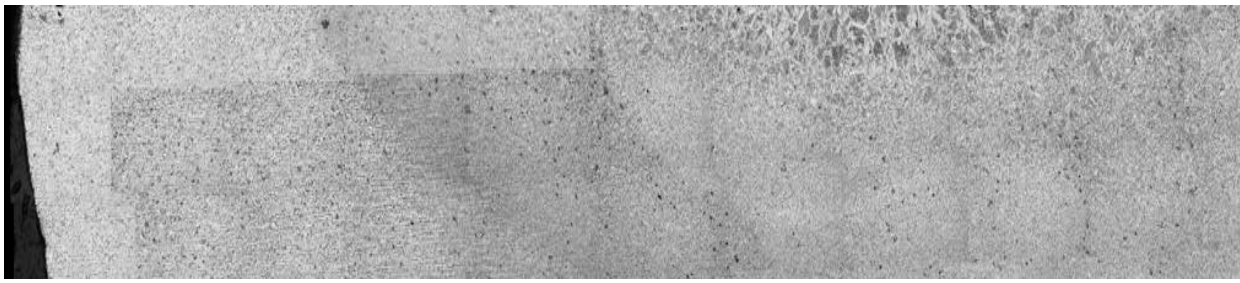


ENSAIOS DE MICRODUREZA

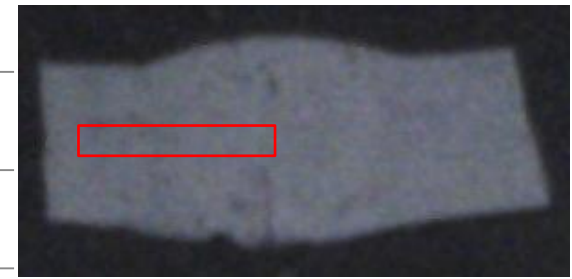
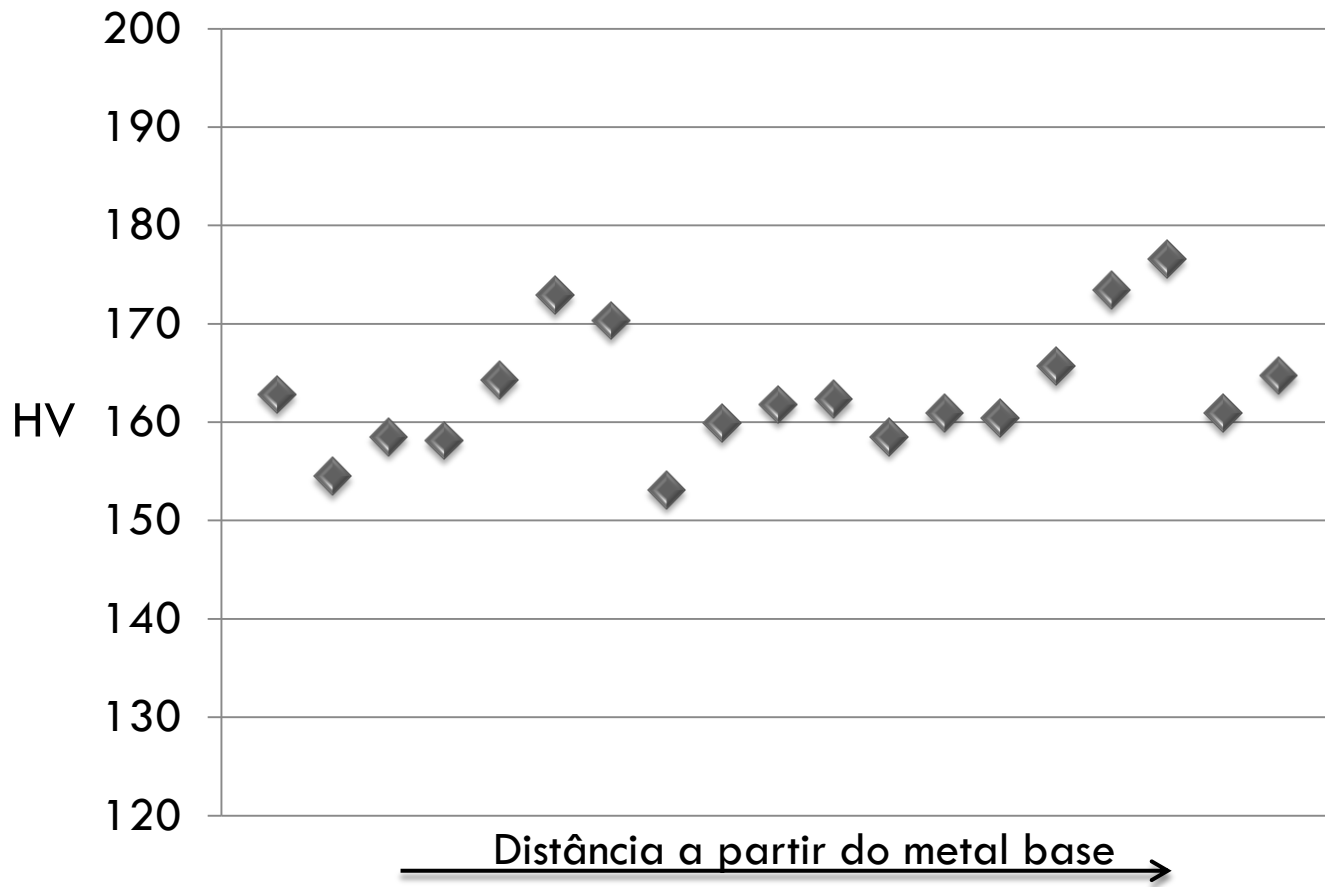




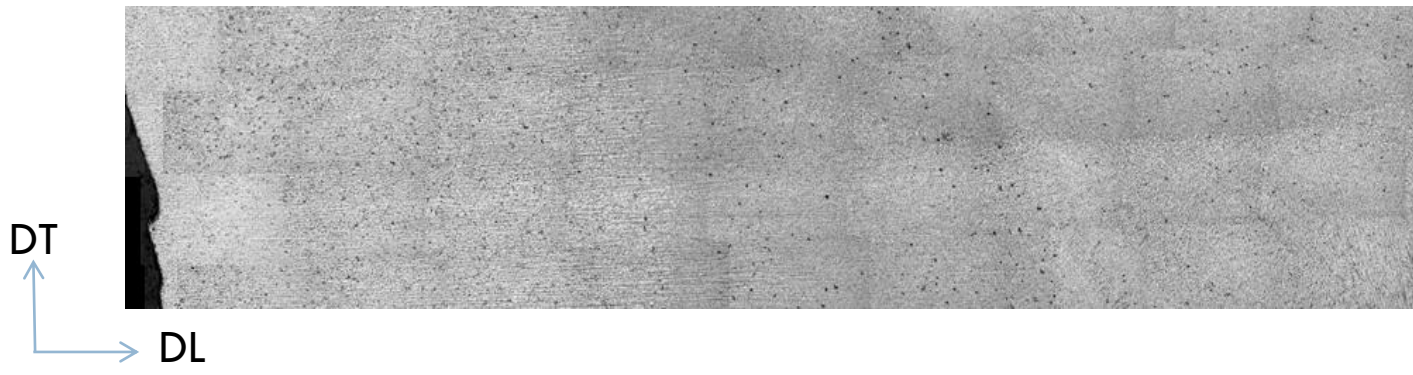
Carga de 100 gf
Por 15s

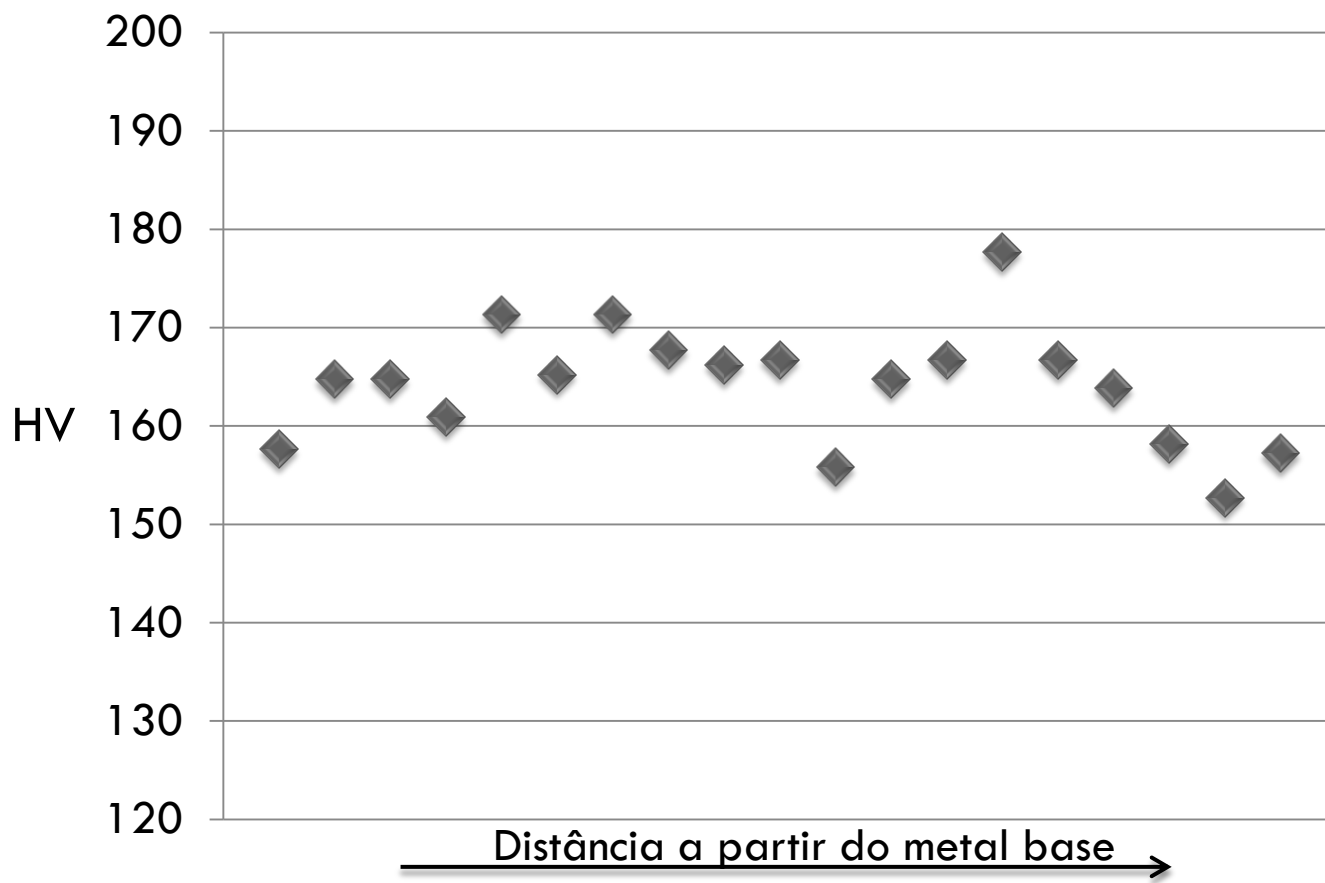


DT
DL

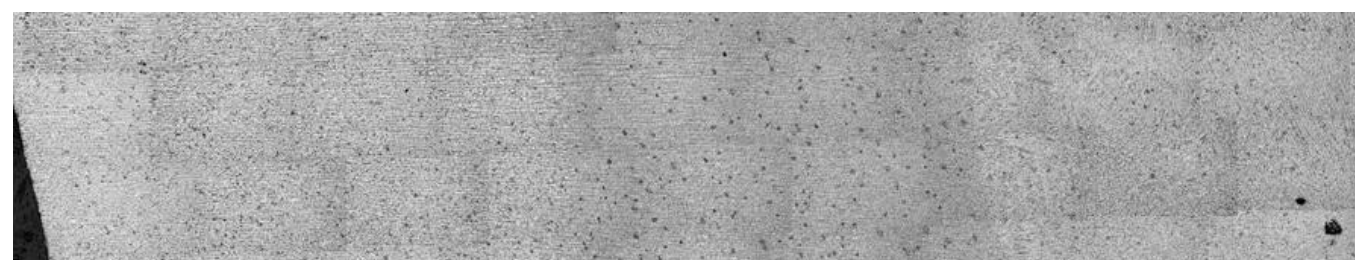


Carga de 100 gf
Por 15s





Carga de 100 gf
Por 15s



DT
DL

CONCLUSÃO

Conclusão

- Para resultados mais detalhados de cada passe de soldagem e seus efeitos, é necessário a análise do material após cada passe de solda, sendo possível a comparação de seus efeitos.
- O estudo do comportamento dos fluxos de calor é de grande importância para o conhecimento e interpretação das microestruturas obtidas durante uma soldagem em multicamadas.
- A obtenção de um determinado tipo de microestrutura, com propriedades desejadas, é possível através de diversos fatores, sendo eles provenientes das matérias-primas ou do processo de soldagem.