

### 3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 - Macrografia

A análise macroestrutural das soldas sem e com reparo permitiu identificar suas diferentes zonas constituintes (ZF, ZTA e MB) após o ataque químico. A Figura 42 mostra que soldagem da amostra sem o reparo resultou em uma junta com 22,23 mm de penetração, largura total de 34,92 mm e 6,08 mm na região da raiz. A ZTA apresentou largura de 3,35 mm e 4,65 mm na região da raiz.

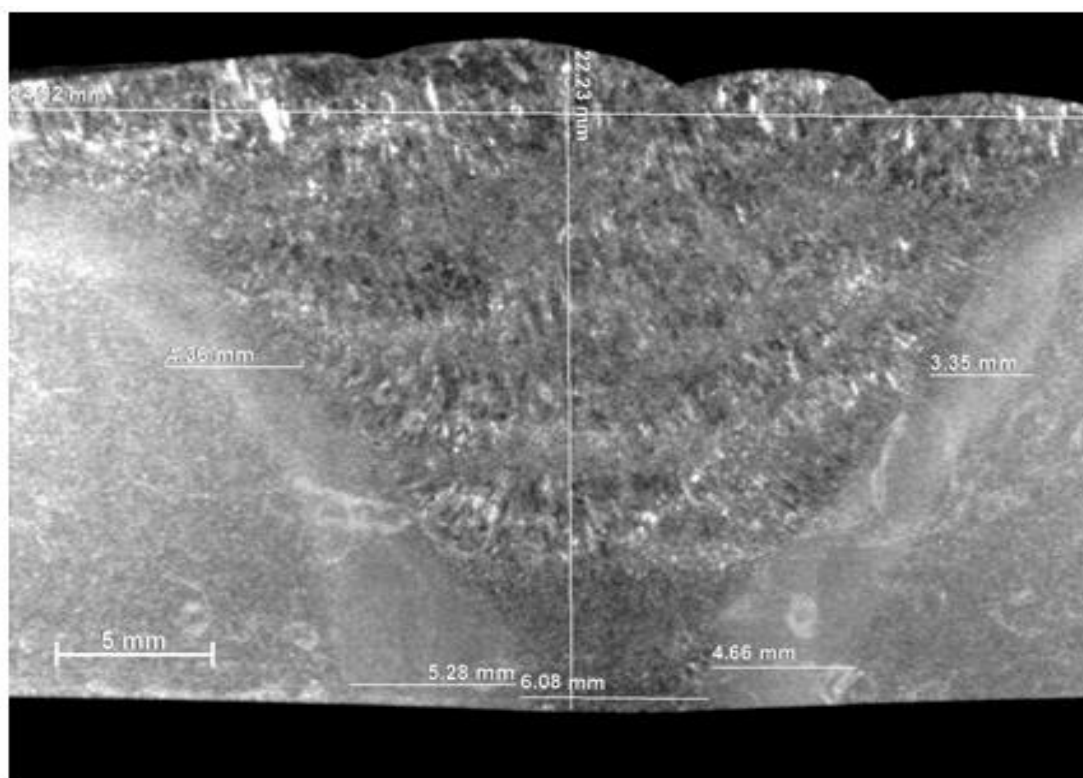


Figura 1. Macrografia da junta sem reparo. Aumento de 50X

A solda apresentou um aspecto homogêneo, não houve problemas de falta de penetração ou falta fusão, além disso, não foi percebida a presença de poros, inclusões ou trincas nesta análise.

A Figura 43 mostra o aspecto da junta com duplo reparo onde se pôde visualizar a formação de uma nova ZTA no centro da junta. A soldagem com reparo resultou em uma junta com 21,25 mm de penetração, largura total de 32,27 mm e 3,53 mm da largura na ZTA entre a ZF do 2º reparo e o MB. A ZTA central da junta

apresentou 11,79 mm de largura na região da raiz, 3,18 mm de largura na região de enchimento e se torna menos perceptível na região de reforço.

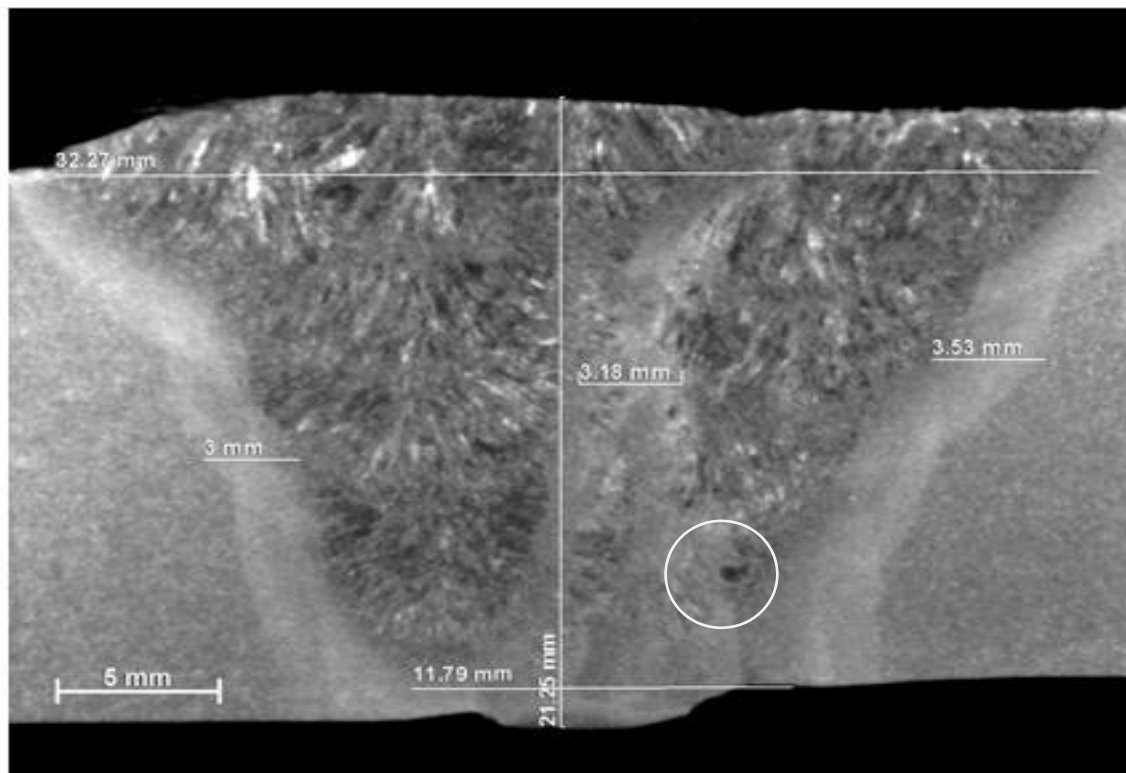


Figura 2. Macrografia da junta com reparo.

Comparando as duas macroestruturas pode-se dizer que a solda com reparo apresentou um aspecto mais heterogêneo, como já era esperado. A solda com reparo não apresentou falta de penetração e fusão, trincas ou inclusões que pudessem ser percebidas em escala macroscópica, porém, na região de enchimento próxima à raiz foi possível perceber a presença de um poro. As zonas termicamente afetadas são semelhantes em dimensões, mas constata-se uma largura maior da ZTA nas regiões da raiz das duas condições. Isto pode ser explicado pelo fato dos passes na raiz terem sido realizados por TIG com um aporte térmico maior do que os outros passes com Arame Tubular.

## 3.2 - Aspectos Micrográficos

### 3.2.1 - Microscopia Óptica

As Figuras de 44 até 51 exemplificam as imagens obtidas para os aspectos microestruturais das juntas soldadas após a preparação e o ataque químico, conforme já descritos em Materiais e Métodos. A Figura 45 mostra o aspecto microestrutural do metal de base com aumento de 1000 vezes obtida da amostra com duplo reparo. Os pontos “pretos” menores nos interior ou nos contornos dos grãos são os carbonetos ou carbonitretos distribuídos na matriz martensita revenida de tonalidade cinza mais clara [Gaffard, 2004].

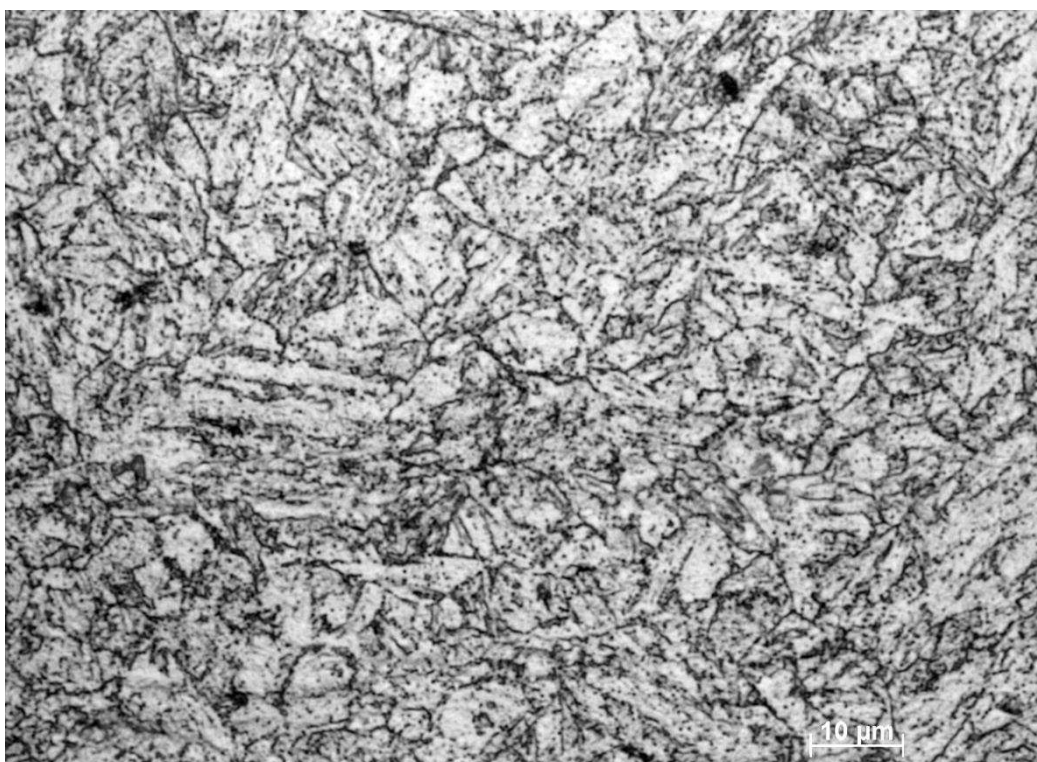


Figura 3. Aspecto micrográfico do metal de base da amostra reparada. Aspectos micrográficos do metal de base para amostra sem reparo é muito semelhante.

Além dos pequenos pontos pretos, outros pontos maiores e escuros (em menor quantidade) nas imagens de aspectos micrográficos podem ser poros, inclusões e / ou imperfeições deixadas pelo processo de fabricação. A imagem

obtida do metal de base da amostra sem reparo apresentou o mesmo aspecto, sem diferenças significativas no tamanho de grão e quantidade de carbonetos presentes.

As Figuras 45, 46 e 47 (amostra com duplo reparo) mostram diferenças do tamanho de grão na ZTA entre a ZF do 2º reparo e o MB, desde o limite da região intercrítica, passando por região de grãos mais finos até região de grãos mais grosseiros.

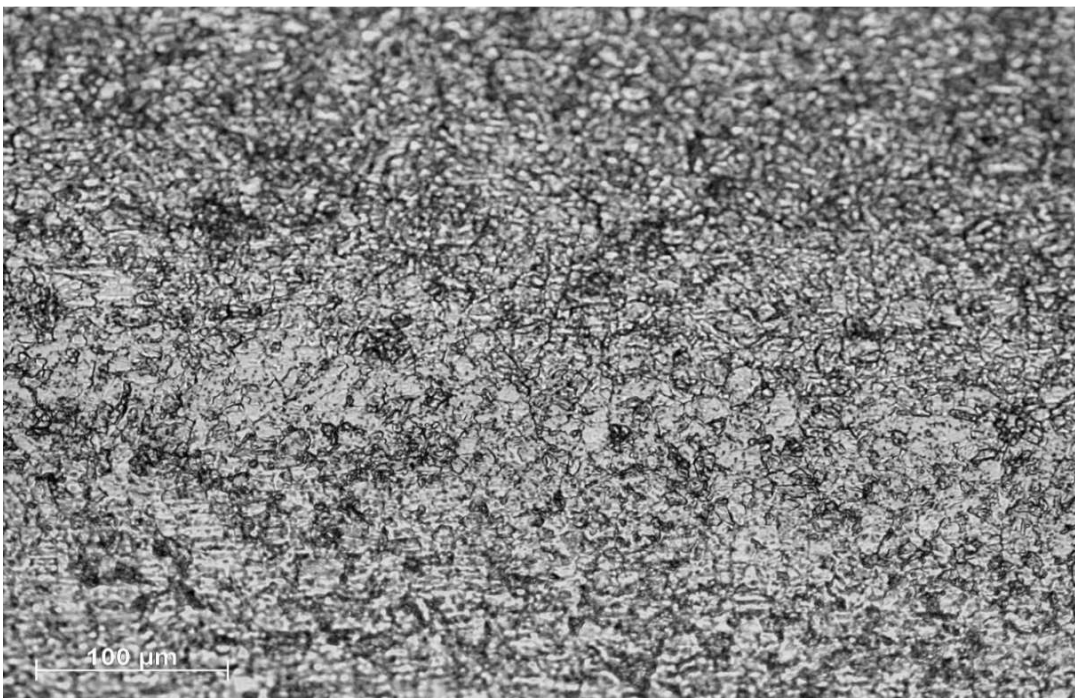


Figura 4. Aspecto micrográfico da ZTA entre a ZF do 2º reparo e o MB, região próxima à região intercrítica, amostra com duplo reparo. MO, aumento de 500x.

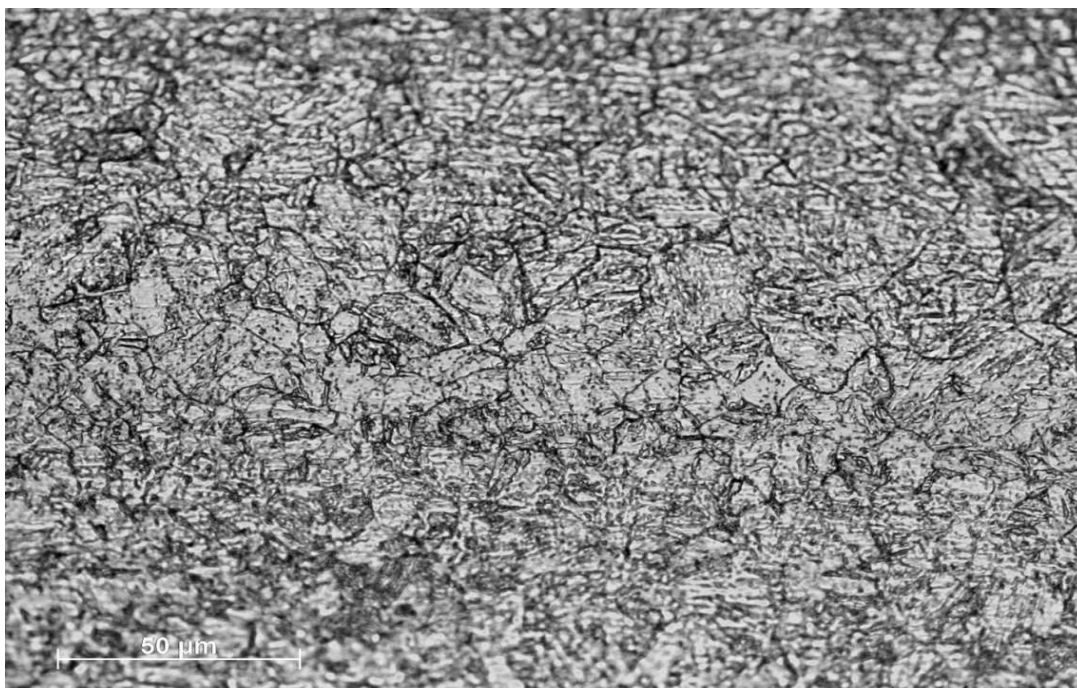


Figura 5. Aspecto micrográfico da ZTA entre a ZF do 2º reparo e o MB, região de grãos finos, amostra com duplo reparo. MO, aumento de 500x.

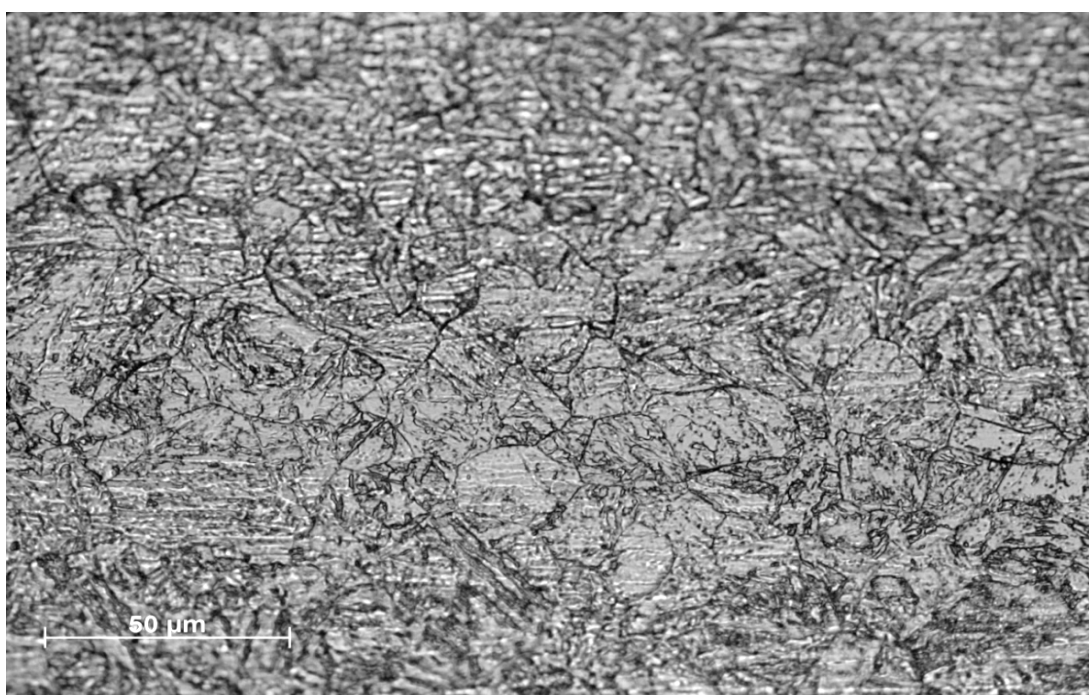


Figura 6. Aspecto micrográfico da ZTA entre a ZF do 2º reparo e o MB, região de grãos grosseiros, amostra com duplo reparo. MO, aumento de 500x.

O esquema da Figura 48 mostra a variação ocorrida no aspecto e tamanho dos grãos ao longo da ZTA, agora com imagens com aumento de 1000 vezes.



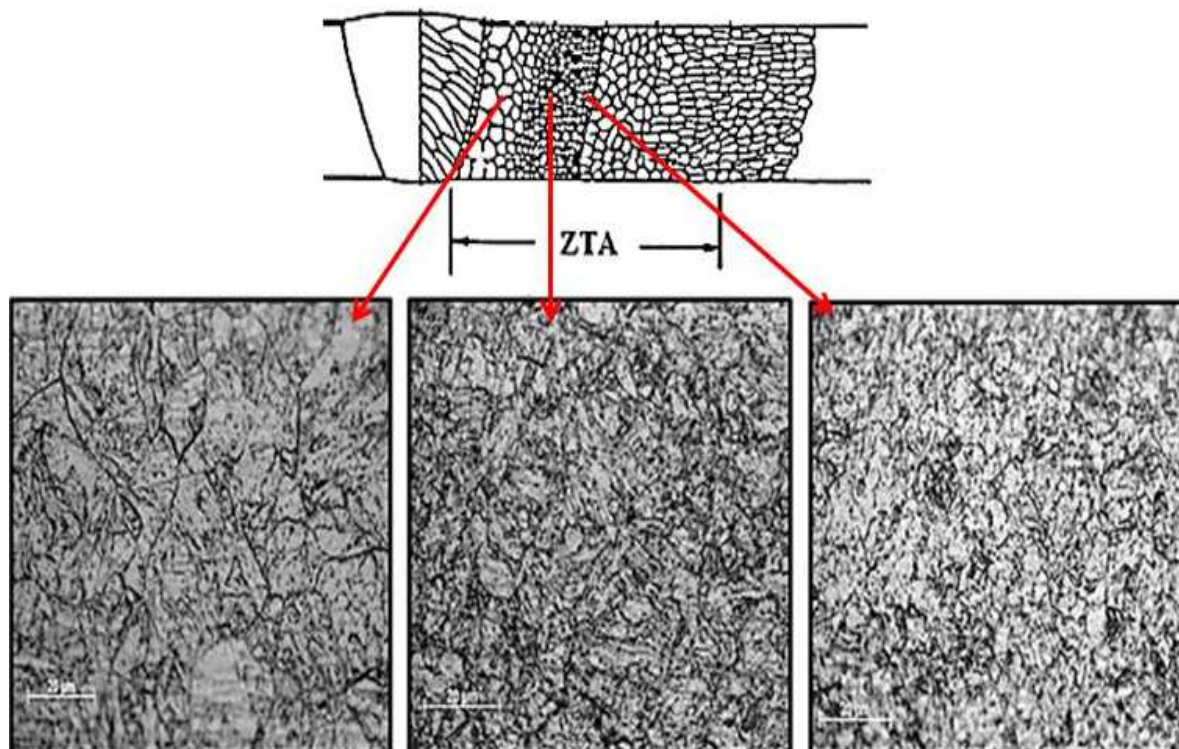


Figura 7. Aspectos micrográficos da ZTA entre a ZF do 2º reparo e o MB, amostra com duplo reparo. MO, aumentos de 1000x: grãos grosseiros (esquerda), grãos finos (centro) e limite com região intercrítica (direita).

Apesar da variação no tamanho de grão ao longo da ZTA promovido pela diferença de temperatura atingida ao longo do cordão de solda, aparentemente todas as regiões apresentaram grãos equiaxiais com a presença de carbonetos.

A ZTA da amostra sem reparo apresentou aspectos microestruturais e situações bastante semelhantes aos apresentados para a condição com duplo reparo.

A Figura 49 mostra que o aspecto da ZTA central da junta reparada não teve uma variação com diminuição gradativa no tamanho dos grãos, o que é característica de uma zona termicamente comum [Thomas et al.,2007; Tanaka, 2008], isto é, uma ZTA gerada entre uma ZF e o MB, e sim um tipo de granulação colunar muito parecida com a da ZF do 2º reparo (Figura 50).

A Figura 51 apresenta o aspecto obtido para ZF do 2º reparo na região da raiz preenchida por TIG.

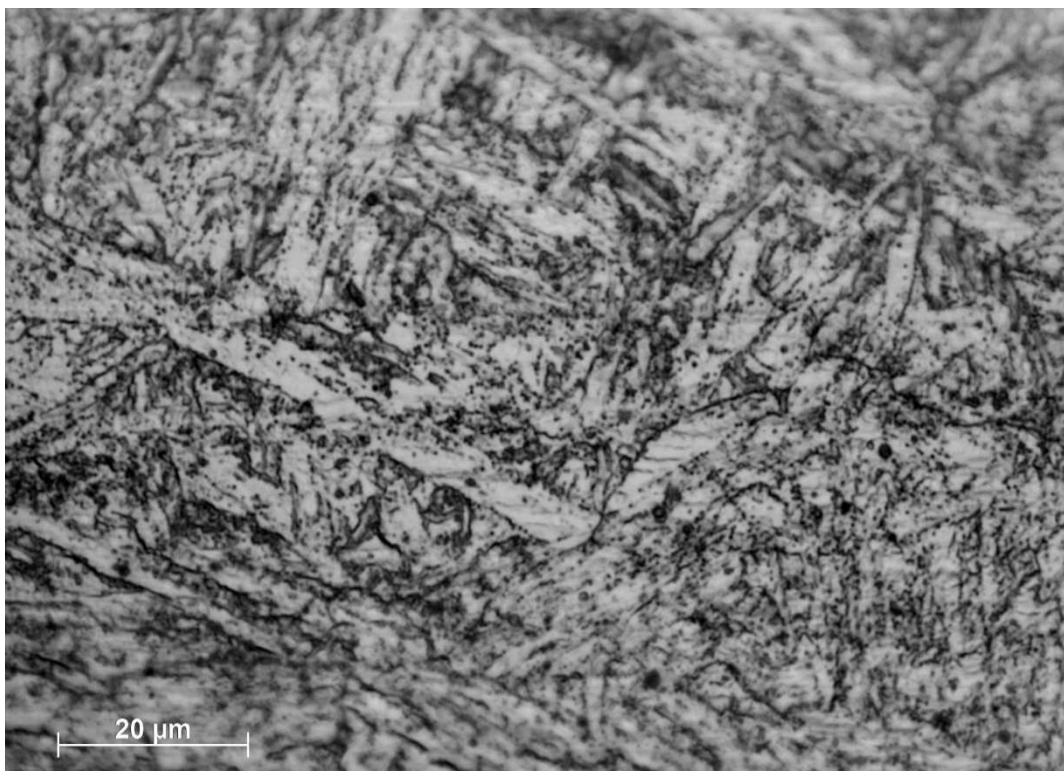


Figura 8. Aspecto micrográfico da ZTA central da junta reparada. MO, região de enchimento, Arame Tubular amostra, com duplo reparo, aumento de 1000x.

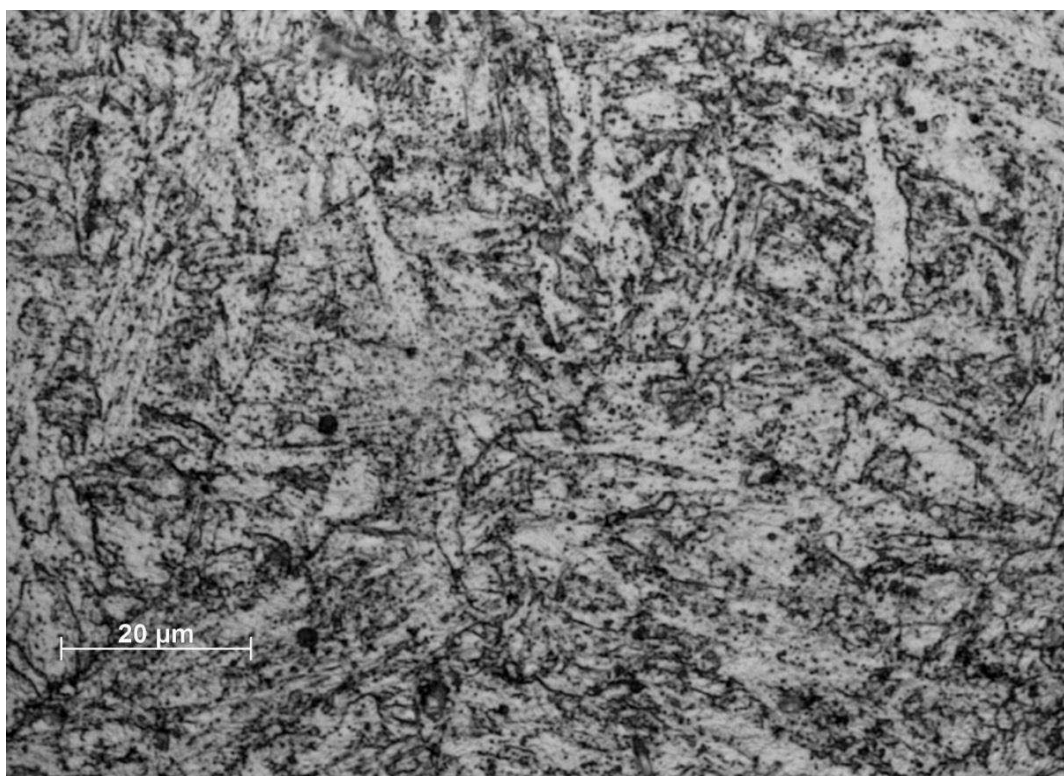


Figura 9. Aspecto micrográfico da ZF do 2º reparo. MO, região de enchimento, Arame Tubular, amostra com duplo reparo, aumento de 1000x.

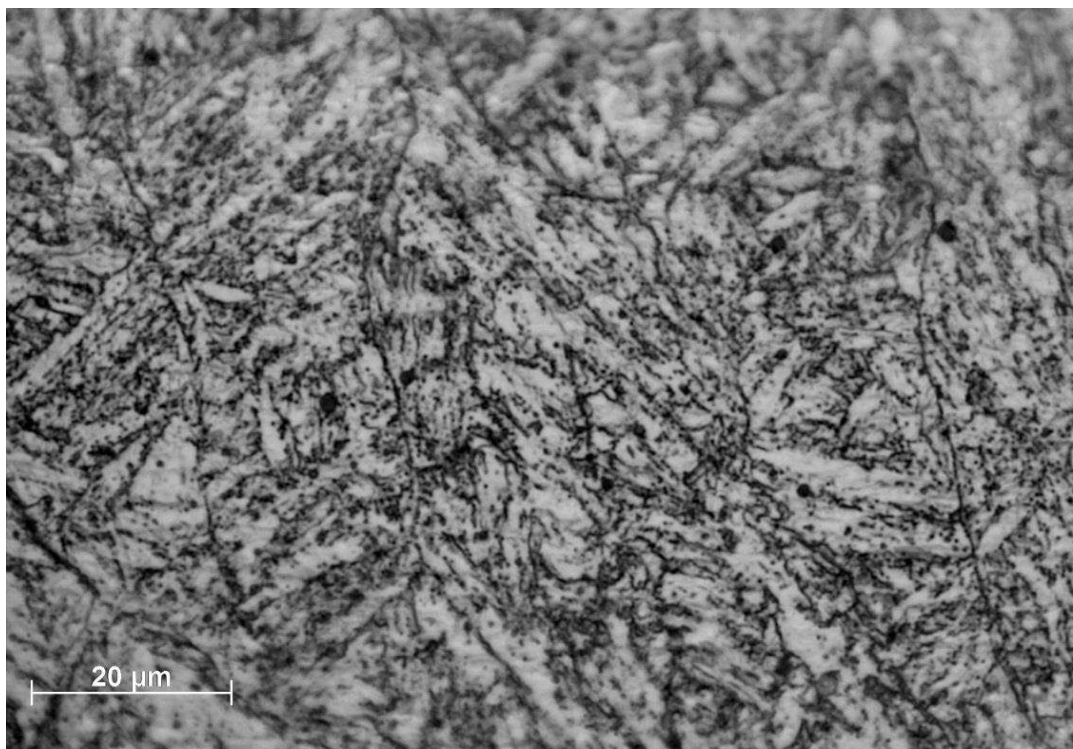


Figura 10. Aspecto micrográfico da ZF do 2º reparo. MO, região da raiz, TIG, amostra com duplo reparo, aumento de 1000x.

Os resultados obtidos mostraram que não ocorreram diferenças significativas nos aspectos microestruturais entre a ZTA central da junta e ZF do 2º reparo, e que as regiões soldadas pelos processos TIG e Arame Tubular apresentam microestruturas relativamente parecidas, contudo, foi possível perceber que no processo Arame Tubular a presença de poros e inclusões foi aparentemente maior. Como já mencionado, a análise macrográfica mostra uma clara distinção entre a ZTA central da junta reparada e as zonas de fusão sem reparo e do 2º reparo, entretanto, esta diferença não foi observada nos aspectos microestruturais. Comparando estas zonas, as imagens mostraram apenas uma leve tendência à formação de grãos colunares menores e mais finos na ZTA central da junta reparada, porém, esta tendência não ocorreu em áreas mais próximas ao reforço.

Não foi observada a presença de ferrita  $\delta$  nas imagens obtidas por MO. Os grãos de ferrita  $\delta$  podem ser distinguidos da martensita revenida por serem “brancos” e “lisos” sem precipitados [Ayala et al., 1999, Ferreira, 2010].