



## Avaliação da Microestrutura e Dureza em Tratamentos Térmicos de Duplo Estágio do Aço 18MnCrSiMo6-4

Autor: Francisco Andre Simon

Orientador: Rafael Menezes Nunes

Laboratório de Transformação Mecânica - LdTM

### 1. INTRODUÇÃO

O consumo energético industrial no Brasil responde cerca de 40% de todo o consumo nacional. A criação de métodos energeticamente mais eficientes para a produção trás benefícios tanto para o setor industrial quanto para a sociedade. Uma alternativa para evitar os processos de têmpera e revenimento na fabricação de peças forjadas a quente e a morno é a utilização de aços bainíticos avançados para o forjamento, que possibilitam obter propriedades similares apenas pelo resfriamento contínuo do material. Estes aços possibilitam a formação de uma microestrutura bainítica ao invés da microestrutura martensítica convencionalmente obtida pelo processo comum de têmpera e revenimento.

### 2. MATERIAIS E MÉTODOS

A proposta do experimento consistiu em submeter quatro corpos de prova cilíndricos, de 54mm de comprimento e diâmetro de 38mm, a um tratamento térmico de duplo estágio. Primeiramente, as amostras foram aquecidas no forno até a sua completa austenitização e estabilização da temperatura, sendo duas amostras mantidas em 1200°C e duas a 1000°C. Em seguida, uma amostra de cada temperatura de austenitização foi resfriada em água para 600°C e as outras duas foram resfriadas para 450°C, posteriormente sendo deixadas ao ar quiescente até atingirem a temperatura ambiente.

Com o intuito de evitar a formação de martensita, três termopares foram colocados na amostra para controle de temperatura durante o resfriamento em água, sendo fixados na base, no meio e no topo do corpo de prova.

### 3. RESULTADOS

#### • Curvas de Resfriamento:

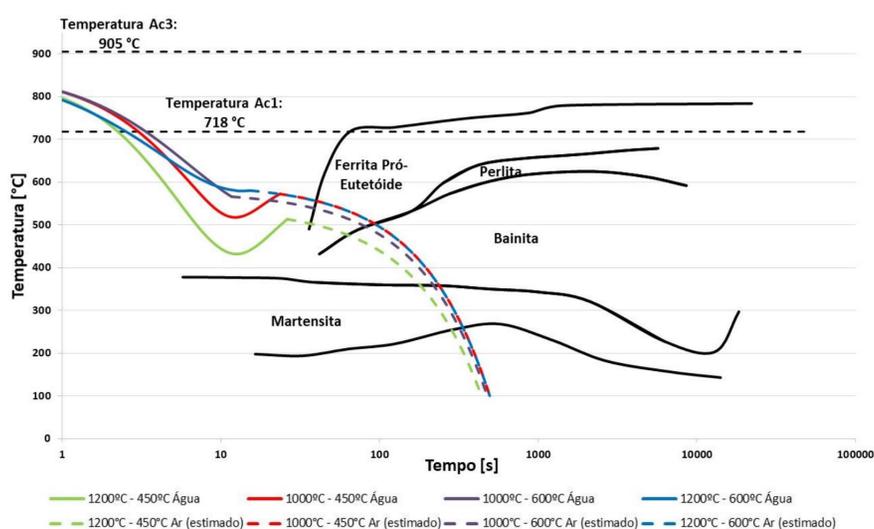


Figura 1 – Curvas de resfriamento em água (medidas) e ao ar (estimadas) inseridas na curva CCT (continuous cooling transformation) do material.

#### • Metalografias:

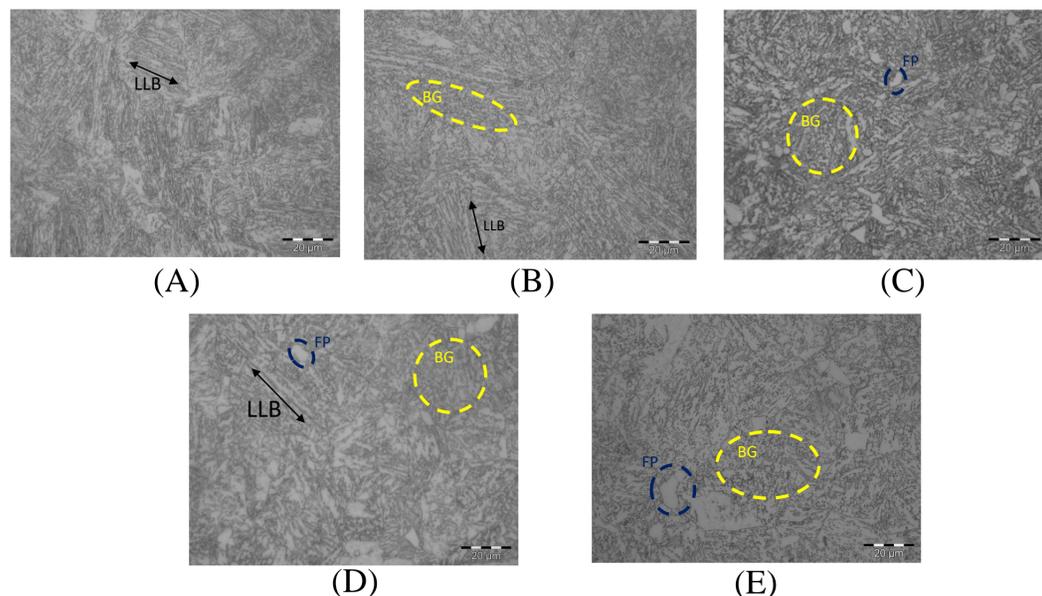


Figura 2 – Metalografias das amostras com ampliação de 1000x, ataque Nital 2%:  
(A) Rota 1000°C - 450°C (B) Rota 1200°C - 450°C (C) Rota 1000°C - 600°C  
(D) Rota 1200°C - 600°C (E) Material como recebido. LLB – lath like bainite, BG – Bainita Granular e FP – ferrita poligonal.

#### • Microdurezas:

Para análise da microdureza, as amostras foram cortadas ao meio e divididas em três regiões: núcleo, meio raio e superfície. A média das medidas em cada rota de processamento pode ser conferida na Tabela 1 abaixo.

Tabela 1 – Valores de microdureza medidos para as diferentes regiões de análise.

	Núcleo [HV]	Meio Raio [HV]	Superfície [HV]
1000°C - 450°C	370,94	389,82	437,70
1200°C - 450°C	358,90	363,43	368,20
1000°C - 600°C	367,38	353,65	367,20
1200°C - 600°C	354,43	359,27	359,21
Como Recebido	314,00	327,00	327,00

### 4. CONCLUSÕES

- Após o tratamento térmico, todas as rotas de resfriamento apresentaram um incremento de dureza;
- Todas as rotas promoveram um refinamento da microestrutura bainítica em relação ao material como recebido;
- O resfriamento 1000°C – 450°C suprimiu a transformação da austenita para ferrita poligonal;
- As altas taxas de resfriamento proporcionadas pelo resfriamento em água resultou em um maior volume de bainita em morfologia lath like.

### 5. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio da CAPES através do projeto BRAGECRIM n° 88887.142483/2017-00.