

## INFLUÊNCIA DA MICROESTRUTURA INICIAL PARA A CINÉTICA DE REAÇÃO DE ESFEROIDIZAÇÃO EM UM AÇO SAE1080.

Arthur Araújo Almeida (A. A. Almeida)  
Jackson Gurgel Martins (J. G. Martins)  
Marcelo José Gomes da Silva (M. G. da Silva)  
Hamilton Ferreira Gomes de Abreu (H. F. Abreu)  
Campus Universitário do Pici - Bloco 729 CEP 60440-554 - Fortaleza-CE -  
Brasil  
Universidade Federal do Ceará

### RESUMO

*Os aços SAE 1080 são aços que tem uma dureza muito elevada, portanto é de extrema importância conseguir diminuir essa dureza para fazer trabalhos de conformação como usinagem, para conseguir a diminuição da dureza do material foi feita um tratamento de esferoidização, que é um tratamento térmico que alcança baixos níveis de dureza, e está relacionada a uma microestrutura que consiste em partículas esféricas de carbonetos uniformemente dispersas em uma matriz ferrítica que é conhecida por esferoidita, esse efeito da diminuição da dureza acontece principalmente por causa da pequena área de contornos por unidade de volume e por isso a conformação plástica não fica tão restrita o que dá origem a um material mole, essa estrutura foi analisada para conseguir obter a melhor situação possível com a maior facilidade operacional.*

*Palavras-chave: Esferoidização, Aço SAE 1080, Dureza.*

### INTRODUÇÃO

O aço 1080 é um aço normatizado pela SAE (Society of Automotive Engineers) que corresponde a cerca de 0,8% de carbono, e existe um diagrama de fases Ferro- cementita em que contempla vários tipos de aço, o aço 1080 é um aço Eutetóide que é a composição em que a estrutura deve ser completa de Perlita, que é exatamente no limite onde a solidificação da austenita passa a ter uma matriz de cementita em vez da matriz de ferrita que é comum dos aços hipoeutetóides (carbono menor que 0,77%).

A esferoidização ou coalescimento é um processo normalmente aplicado em aços com uma quantidade de carbono elevada, próximo a 0,8%, e aços ligados. Nestes aços, a perlita é envolvida por uma rede de cementita que dificulta trabalhos, pois deixa o aço com uma dureza muito elevada, processos de fabricação de usinagem são muito afetados por essa dureza acentuada. Segundo (Chiaverini, 2005) a esferoidização consiste num aquecimento e resfriamento subsequente em condições tais a produzir uma forma globular ou esferoidal de

carboneto no aço. O carboneto que é cementita com um aspecto globular, é chamado esferoidita, ela está associada a uma matriz completamente ferrítica na maioria dos casos, esta composição de fases confere ao aço uma baixa tensão de escoamento o que facilita transformações mecânicas.

O processo de esferoidização tem duas maneiras de se fazer que é com temperaturas subcríticas abaixo da temperatura do início de formação da austenita, que é 727°C, ou um tratamento térmico pendular, ao qual ele fica variando a temperatura entre um pouco a cima e um pouco a baixo da temperatura de formação da austenita, o processo de esferoidização normalmente tem uma cinética muito lenta, portanto são comuns tempos longos de tratamentos, como algo em torno de 20 a 30 horas um tempo muito longo, em torno de 20 a 30 horas que varia com a microestrutura inicial do aço.

O recozimento consiste basicamente nas etapas de recuperação, recristalização e crescimento de grão. Portanto o processo pode ser dividido em seis etapas menores como foi definido por (Padilha, 2005), o inicial de reação de defeitos puntiformes que acabam gerando uma diminuição dos mesmos, a aniquilação de discordâncias, rearranjo de discordâncias, de forma que criem configurações com menor energia (contornos de baixo ângulo), formação de contornos de alto ângulo, absorção de defeitos puntiformes e discordâncias por contornos de alto ângulo em migração (recristalização), redução da área total de contornos de grão (crescimento de grão), Portanto com a diminuição da quantidade de discordâncias as tensões internas do material são aliviadas esse efeito é maximizado com maiores tempos e temperaturas.

Portanto Segundo, (Peruch, 2009) de uma forma análoga existem três etapas principais na esferoidização da cementita, que são divididas assim em função de suas características morfológicas: Na primeira etapa ocorre a fragmentação das lamelas, as quais são transformadas em partículas grosseiramente esféricas, aumentando o número de partículas isoladas de cementita. As lamelas de cementita quebram-se em intervalos mais ou menos regulares, pelo crescimento de canais em seu interior, até formarem partículas menores, com relação de forma elevada (comprimento x largura). Na segunda etapa, o fator de forma dos fragmentos das lamelas progressivamente tende a 1 (formato teoricamente esférico); Na terceira etapa, que pode ser denominada de coalescimento, ocorre o crescimento de partículas em função do tempo e da temperatura, com conseqüente diminuição do número de partículas esferoidizadas e aumento da distância entre elas. Pode-se ainda incluir uma quarta etapa, a qual refere-se a grafitização. Nesta etapa, há a formação de nódulos de grafita na microestrutura, geralmente quando o aço é mantido por longos períodos de tempo em temperaturas subcríticas.

Nos aços com alto teor de carbono processos de fabricação como usinagem e laminação podem tornar-se muito dispendiosos do ponto de vista financeiro e muito difíceis do ponto de vista de projeto, pois aços com teores elevados de

carbono têm uma ductilidade e tenacidade muito baixos, portanto podendo ter problemas no processo de fabricação. Por isso o processo de esferoidização é utilizado para facilitar os processos de conformação mecânica desse tipo de materiais.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi baseada no aço 1080 em questão tem uma composição química demonstrada na Tabela 1, que foi obtida através do Espectrômetro de emissão óptica Shimadzu PDA 7000, com composição adequada para um aço 1080.

Elemento	C	M n	P	S
Aço 1080	0, 78%	0, 81%	0,0 30%	0,048%

Tabela 1: Composição química do aço estudado.

### Tratamentos térmicos

Ao receber as amostras foram feitos 5 tratamentos básicos para 4 amostras, o tratamento foi feito em todas as amostras elevando-se a temperatura a 840°C por 30 minutos para austenitizar o aço e foram feitos 5 tipos de resfriamento diferentes, o que caracteriza os 5 tratamentos são as diferentes velocidades de resfriamento: T1 - Resfriamento ao ar, T2 - Têmpera ao óleo, T3 - Têmpera em água, T4 – Austêmpera (Colocado em outro forno a 300°C e deixado por 30 minutos e depois foi desligado o forno), T5 - Resfriamento ao forno. Para gerar diferentes tipos de microestruturas iniciais para o processo de Esferoidização.

O processo de esferoidização foi feito a uma temperatura de 710°C durante 22, 26 e 30 horas e foi feito para todos os tipos de tratamentos nos três tempos de esferoidização, ou seja, foram feitas 5 amostras de 22 horas, 5 de 26 horas e 5 de 30 horas e deixou-se 5 amostras para a comparação inicial (antes do tratamento de esferoidização).

Todas as amostras foram preparadas metalograficamente com lixamento com lixas d'água de 100,220,400,600 e 1200 e o polimento feito com alumina de 1 micrômetro e foi usado o ataque químico com nital 2% para revelar a microestrutura do aço. Para analisar a microestrutura do material todas as micrografias foram feitas através do Microscópio Eletrônico de Varredura Philips XL-30, com detector EDS da Edax, e foram feitas análises de EBSD para a observação da microestrutura e confirmar se eram esferoiditas de fato no aço em questão, também foi feito ensaio de microdureza vickers com tempo de indentação de 10 segundos e uma carga de 9,81N em todas as amostras para ter certeza da eficácia do tratamento térmico e até mesmo poder fazer um comparativo entre as amostras e respectivas evoluções de microestrutura.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os tratamentos térmicos iniciais (pré-esferoidização) tiveram um tempo muito

elevado para o tamanho das peças, pois na maioria delas tinham de dimensões máximas 15mm, portanto isso pode ter contribuído tanto para o crescimento de grão como para a descarbonetação do aço, gerando então alguns grãos compostos apenas por ferrita e não como se espera do aço 1080 com uma estrutura totalmente perlítica esse problema poderia ser solucionado se a análise tivesse sido feita desprezando as bordas da amostra.

Os tratamentos iniciais foram feitos com a intenção de alcançar 5 tipos diferentes de microestrutura para analisar qual microestrutura teria o processo mais simples (ponto de vista operacional) com um melhor resultado de esferoidização, ou seja, quanto ao avanço microestrutural. Os diferentes tipos de resfriamento acabam gerando diferentes microestruturas elas podem ser analisadas na Figura 1.

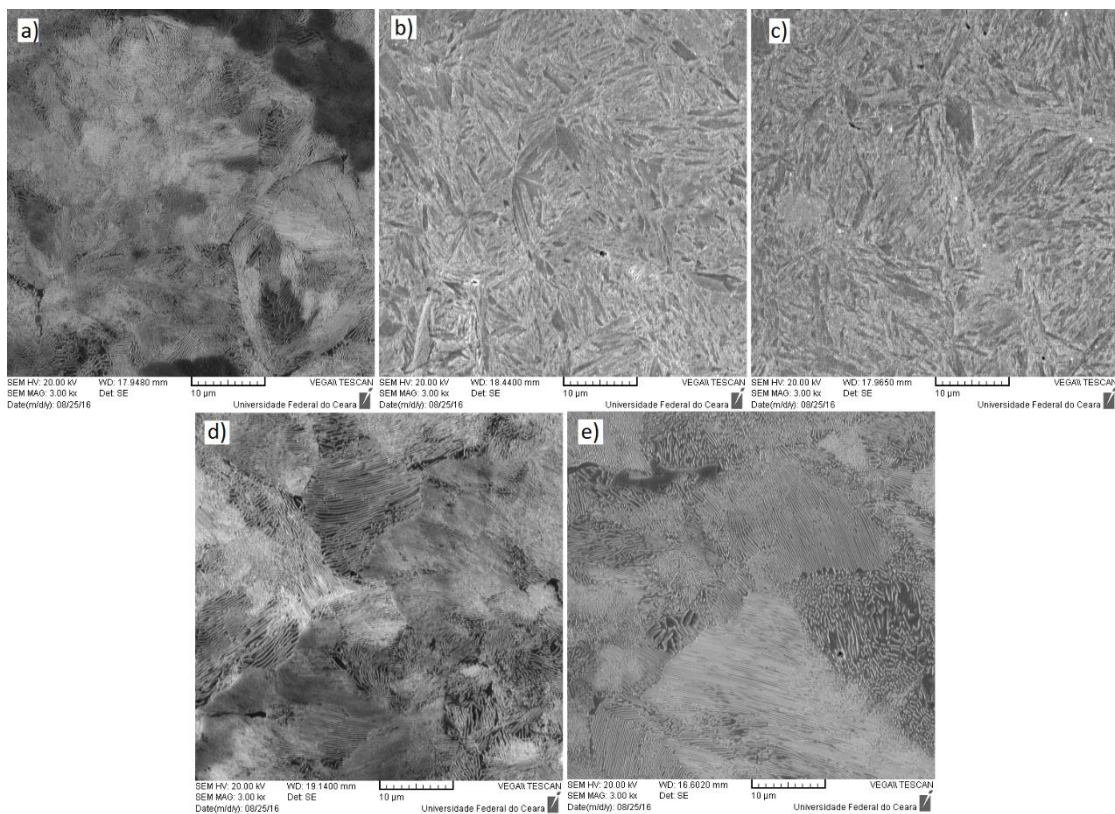


Figura 1: a) T1 b) T2 c) T3 d) T4 e) T5

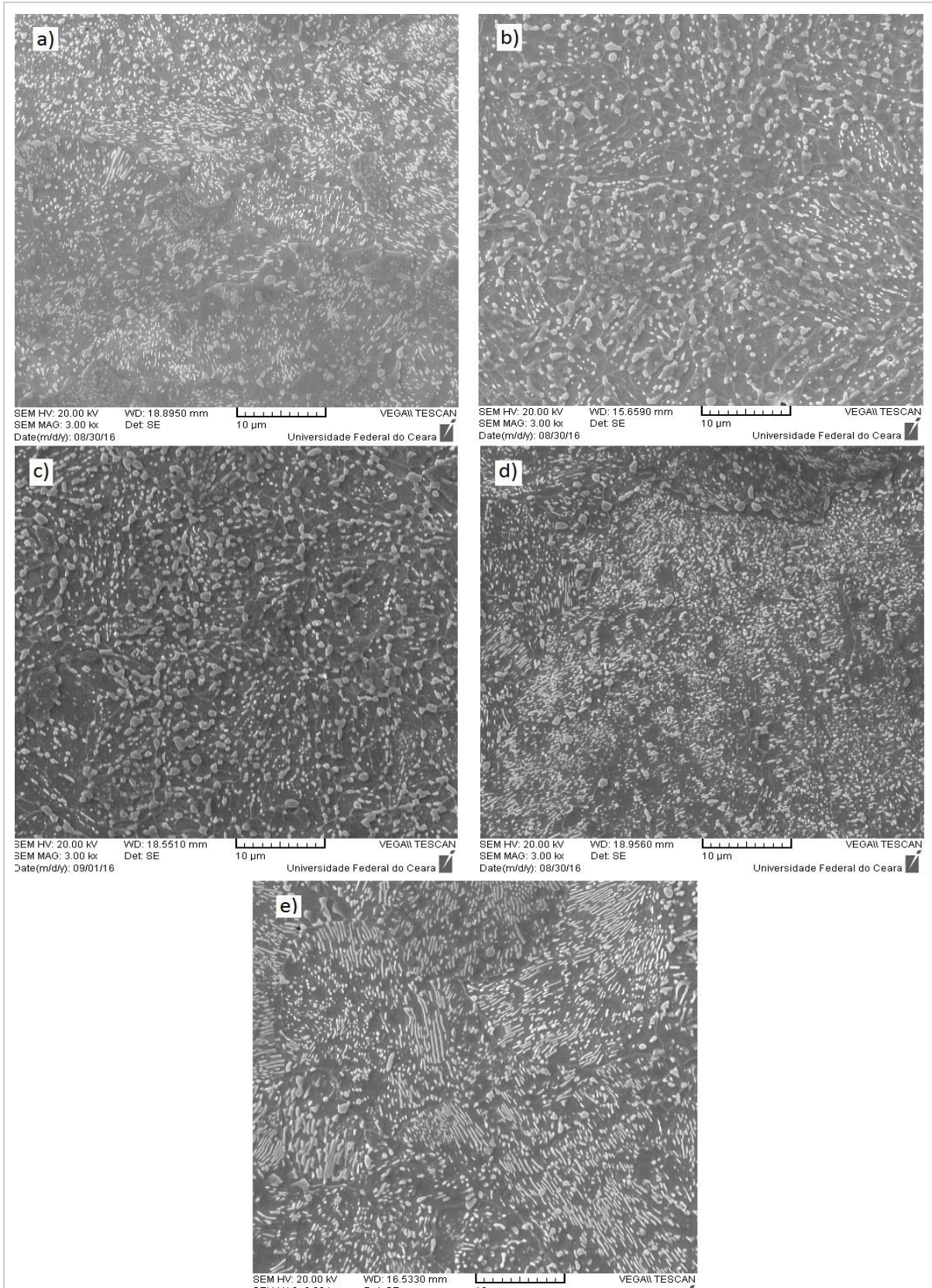


Figura 2: a) T1 – 22 horas b) T2 – 22 horas c) T3 – 22 horas d)T4 – 22 horas e)T5 – 22 horas.

As 5 amostras que foram levadas ao tratamento de esferoidização posterior

ao tratamento inicial foram as amostras de 22 horas a 710°C, são as amostras mais importantes, pois quanto menor o tempo de tratamento do material melhor, significando economia de custos e de tempo propriamente dito, porém ficou a dúvida se o tratamento de 22 horas seria eficaz tanto na transformação da esferoidita como na redução significativa da dureza. No T1 (Resfriamento ao ar) o aço teve a transformação quase completa de cementita em esferoidita a menos de poucas regiões, como pode ser visto na Figura 1 a). A amostra do T2 teve o processo realmente completo e com uma esferoidita ligeiramente maior do que o do T1 portanto conclui-se que após a esferoidização acontecer as esferoiditas começam a crescer a medida que o tempo é dado Figura 1 b), no T3 o processo tem uma cinética mais rápida ainda do que os outros 2, ou seja, a esferoidização acaba e inicia um processo de crescimento da esferoidita e esse crescimento começa a ser tão acentuado que as esferoiditas começam a unir-se e ficam maiores Figura 1, c). Na T4 o processo de esferoidização não foi completado, o que é evidenciado ainda pelas lamelas de cementita que aparecem, porém já é visto várias esferoiditas e que a maioria das lamelas já foi fragmentada o que deixa os grãos de esferoiditas muito pequenos parecendo que elas ficam dispersas na matriz e depois de um tempo de tratamento há uma união as mesmas. Figura 1, d). Na T5 (Figura 1, e) é muito mais presente as lamelas de cementita, ou seja, aparecem com uma frequência muito mais elevada evidenciando que a esferoidização ainda não foi completa e evidenciando também que a esferoidização é mais acentuada para valores maiores de velocidade de resfriamento, muito provavelmente pela quantidade de discordâncias que uma velocidade de resfriamento elevada vem a causar no material e pela diminuição do tamanho de grão inicial.

A Tab. 1 mostra a influência do fim da esferoidização para a diminuição da dureza, onde pode ser visto que os resultados para diferentes tipos de tratamentos térmicos foram um pouco diferentes, mas o aumento do tempo de esferoidização não influenciou de uma forma tão significativa para a diminuição da dureza, pelo contrário a dureza teve um aumento de cerca de 20 vickers que não é tão significativo, então a melhor condição encontrada foi para a esferoidização por 22 horas tratamento prévio ao ar, porém com tempos menores nos tratamentos prévios de têmpera (óleo e água) podem ser mais econômicos e mais rápidos do ponto de vista operacional (principalmente dependendo do tamanho da peça). Nas amostras com tempos maiores e mesmo tratamento prévio mostraram resultados inconclusivos pois alguns deram maiores e outros menores do que as de 26 horas.

Tabela 1: Microdureza vickers das amostras.

Dureza (HV)	T1	T2	T3	T4	T5
Pré-esferoid.	393	908	931	350	307
22	211	230	230	241	227
26	227	222	228	244	225
30	230	220	225	245	230

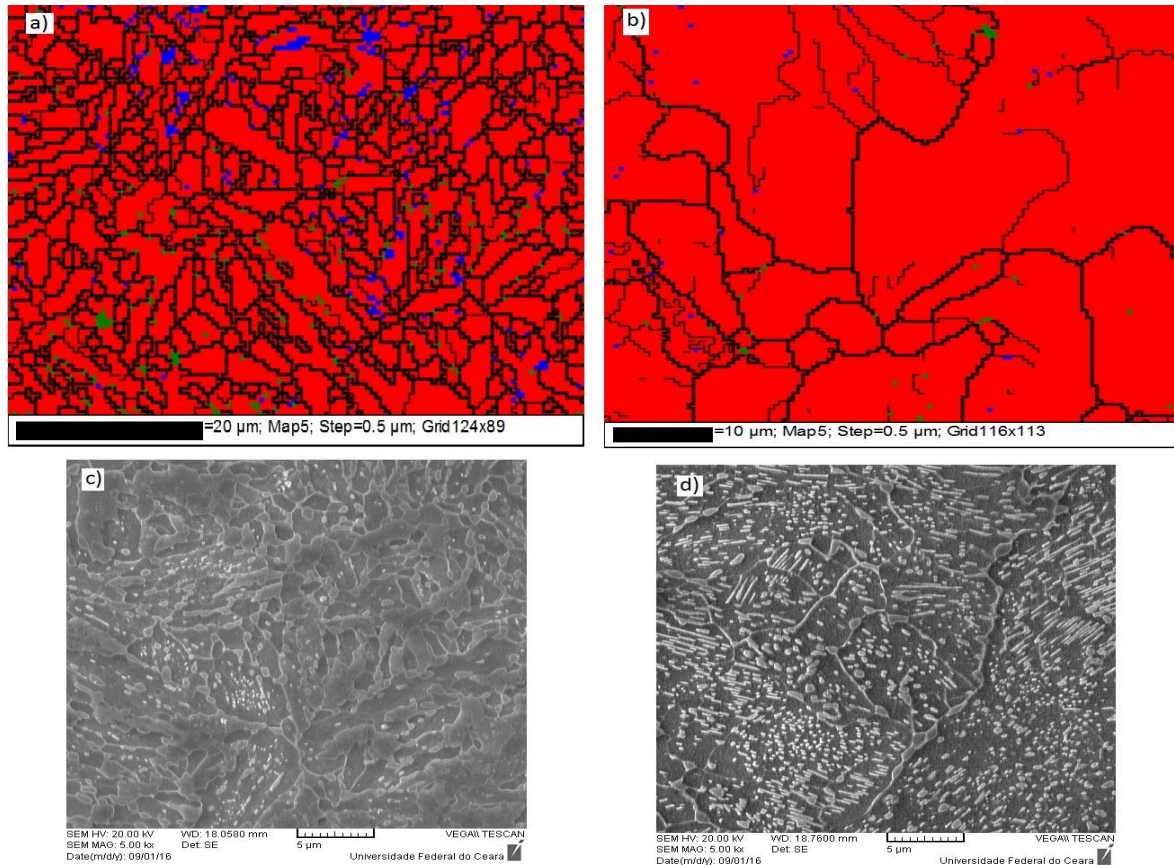


Figura 2: a) Mapa de fases feito por EBSD na amostra T2-30horas b) Mapa de fases feito por EBSD na amostra T4-30horas c) T2 – 30 horas d) T4 – 30horas.

Na análise de EBSD(Figura 2 a) e b), no mapa de fases mostra a presença de Ferrita (Vermelho) Grafita(Azul) e de Cementita (Verde) em proporções diferentes para a T2-30 foi quantificado 96,4% de ferrita, 1,5% cementita e 2,12% grafita, e para a amostra T4-30, 99,5% ferrita, 0,31% Cementita e 0,21% grafita, as quantidades de grafita e cementita diminuíram do T2 para o T4 podendo ser um efeito do tamanho de grão (maior tamanho de grão no T4) e também podendo ser por conta da evolução da do processo de Esferoidização, porém os resultados da análise são inconclusivos, pois como podemos ver na micrografia existe muito mais cementita (e talvez grafita) do que aponta na quantificação de fases, portanto essa quantificação não é tão confiável, pois o stepsize utilizado pelo nosso microscópio foi elevado e não detectou em todas as leituras das fases que realmente contém.

## CONCLUSÕES

De fato, a microestrutura prévia influencia na cinética de Esferoidização, as microestruturas prévias com maiores números de descontinuidades têm a Esferoidização mais acelerada. A condição com a menor dureza foi a T1-22 que pode indicar um ponto de ótimo no tratamento de Esferoidização, já a amostra T2-22 apresentou dureza bem próxima, porém com um processo prévio que teria um menor tempo de resfriamento, principalmente para grandes peças.

## REFERÊNCIAS

1. Chiaverini, V. **Aços e Ferros Fundidos**, ABM; São Paulo, 1988.
2. Padilha, A.F. **Encruamento, recristalização, crescimento de grão e textura**. ABM; São Paulo, 2005.
3. Peruch, F. A influência do ciclo de recozimento para esferoidização nas propriedades mecânicas do aço ABNT 5160. 2009, 28p. Dissertação ( Mestrado em engenharia de Minas, Metalúrgica e de materiais) – Escola de Engenharia, UFRGS, Rio Grande do Sul.

## INFLUÊNCIA DA MICROESTRUTURA INICIAL PARA A CINÉTICA DE REAÇÃO DE ESFEROIDIZAÇÃO EM UM AÇO SAE1080.

### ABSTRACT

*The SAE 1080 steels are steels having a very high hardness, therefore it is of utmost importance to achieve this decrease hardness to forming work such as machining, to achieve reduction in hardness of the material was taken to spheroidizing treatment, which is a heat treatment which achieves lower hardness levels, and is characterized by a microstructure consisting of spherical particles uniformly dispersed carbide in a ferritic matrix which is known to spheroidite, this effect of reduction in hardness occurs mainly because of the small area boundaries per unit volume and hence the plastic deformation is not so restricted that gives a soft material, this structure was analyzed to obtain the best possible situation with greater operational ease.*

*Key-words: SAE 1080, spheroidizing, hardness*