

CARACTERIZAÇÃO DE MARTELOS MODELO JMU APLICADOS EM BRITADORES DE IMPACTOS VERTICAIS

Gauthierre Freire Teixeira ¹
Sérgio Mateus Brandão ²

Resumo:

Os martelos JMU, especificações dada a esse modelo de martelo, são um dos componentes responsáveis pela fragmentação de minérios e sucatas, estes tipos de martelos são confeccionados de aço manganês, também chamados de aço Hadfield. O manganês atua como estabilizador da fase austenita nos aços e são utilizados em especial com produtos de que necessitam de resistência ao impacto e abrasão. O objetivo deste é caracterizar as propriedades mecânicas, tais como dureza e a microestrutura desse modelo de martelo. O objeto de estudo foi retirado de um martelo utilizado em britador vertical instalado em uma mineradora, no qual, deste foram retiradas amostras em duas regiões distintas, através de uma usinagem não convencional de eletroerosão. Regiões essas denominadas A – Cabeça do martelo e B – Corpo do martelo, onde essas amostras foram submetidas aos ensaios de dureza Rocwell (HRC) baseado na ASTM E384-11 e microscopia óptica, executadas de acordo com a norma ASTM E407, contendo uma amostra de cada região. Os resultados foram analisados de forma comparativa a fim de caracterizar o martelo JMU aplicados em britadores de impacto verticais. No ensaio de dureza apresentou-se uma elevada dureza como é nas maiorias dos aços manganês, conforme a especificações e pode-se observar, que as amostras retiradas da cabeça do martelo, possui uma dureza maior em relação as amostras retiradas do corpo do martelo, devido a cabeça do martelo está submetida diretamente ao impacto. Através das imagens metalográficas pode-se observar uma matriz austenítica, com encruamentos de grãos e pode-se afirmar que o encruamento dos grãos é mais predominante na amostra A – Cabeça do martelo, sendo uma das razões, deste material utilizado para estudo, possuir uma elevada dureza em sua superfície.

Palavras-Chave: Aço Hadfield; propriedades mecânicas; microestrutura; ensaios mecânicos.

CHARACTERIZATION OF JMU HAMMER APPLIED IN VERTICAL IMPACT CRUSHER

Abstract:

JMU hammers, specifications given to this model hammer, are one of the components responsible for the fragmentation of ores and scrap, these types of hammers are made of manganese steel, also called Hadfield steel. Manganese steel acts as stabilizer of the austenite phase in steels The purpose of this is to characterize the mechanical properties, such as hardness and microstructure of this hammer model. The study object was taken from an asbestos mining company, from which samples were taken in two different regions through an unconventional EDM process. These regions were referred to as A - Hammer Head and B - Hammer Body, where these samples were subjected to the Rocwell Hardness Test (HRC) based on ASTM E384 - 11, containing four samples, two from each region. Optical microscopy made according to ASTM E407. The results were compared in order to characterize the JMU hammer applied in vertical impact crushers. In the hardness test, a high hardness was found, as it is in the majority of manganese steels, according to specifications and it can be observed that the samples taken from the hammer head have a higher hardness than the samples taken from the hammer body, because the hammer head is directly subjected to impact. Through the metallographic images it is possible to observe an austenitic matrix with grain mowing and it can be stated that the grain hardening is more predominant in the sample A - Hammerhead, being one of the reasons, of this material used for study.

Keywords: Hadfield Steel; mechanical properties; microstructure; mechanical tests.

¹ Graduando (Engenharia Mecânica, UniEVANGÉLICA - Centro de Universitário, Brasil). gauthierre-freire@hotmail.com

² Mestre (Engenharia Mecânica, UniEVANGÉLICA - Centro de Universitário, Brasil). sergio.brandao@unievangelica.edu.br

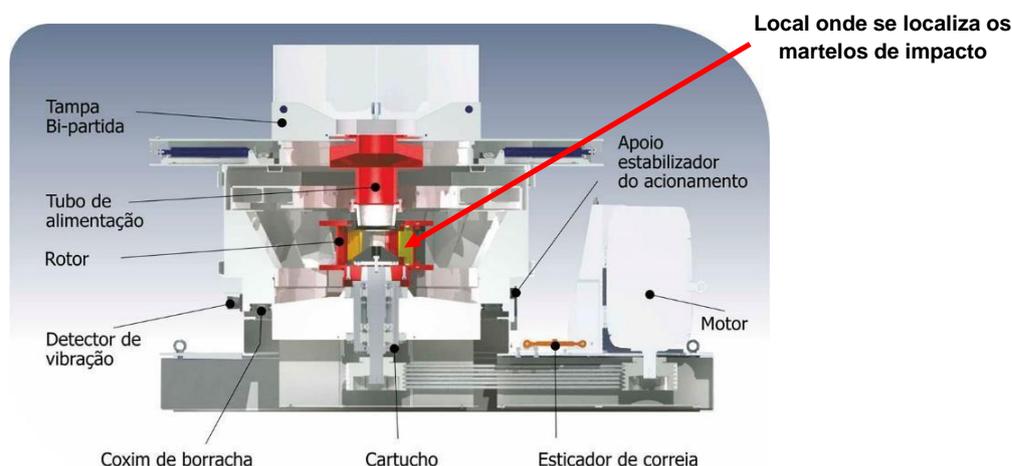
1. Introdução:

A indústria de mineração tem desempenho fundamental na economia do Brasil, participando com 3% a 4% do PIB, e 20% do total de exportações [1,2]. Muitos dos componentes do sistema de mineração são das divisões de fundidos, tais como, revestimentos para os britadores, placas e martelos de impactos. Essas linhas de produtos fundidos são feitas por diversos materiais, como, por exemplo: Aço manganês, aços ligados ao cromo-molibdênio, ferro branco alto cromo e aços refratários.

Os martelos de impacto, são confeccionados de aço manganês. Esses aços são fabricados conforme a norma ASTM-A 128, que se destina a peças aplicadas em equipamentos submetidos a altos impactos, onde exige resistência mecânica e maleabilidade [3].

Este martelo JMU foi retirado de um britador de Impacto de Eixo Vertical Furlan, de uma mineradora de amianto. O VSI Furlan tem sido empregado para resolver problemas de fragmentação em mineração, recuperação de solo, escoria de aço, processamento de vidro, mineração de diamantes, ouro e produção de cal, amianto e entre outras aplicações [4]. Na figura 1, é mostrado o modelo de britador no qual o objeto de estudo foi retirado e sua localização neste é destacada.

Figura 1 - Detalhamento de um britador VSI Furlan



Fonte: [5]

O objetivo deste é caracterizar as propriedades mecânicas, tais como dureza e a microestrutura do material aplicado neste modelo de martelo, para futuramente buscar um estudo de melhoria para este modelo de martelo de britador que seja viável tanto para o consumidor e fornecedor desse martelo JMU.

1.1. Aço Manganês

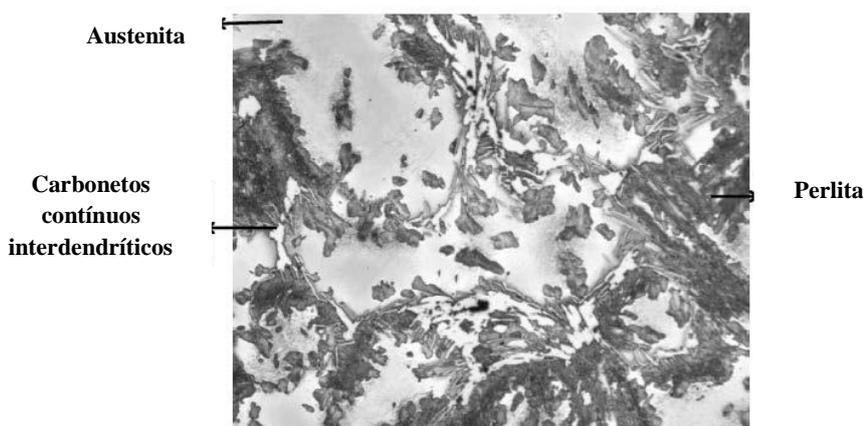
Os aços manganês são aplicados principalmente em produtos que envolvam abrasão e impacto. Os metais resistentes à abrasão comuns, como os ferros brancos, são considerados materiais frágeis, mas o aço manganês é diferenciado pela sua alta tenacidade ao impacto[6,7].

O aço Hadfeld cujo nome identifica por quem foi desenvolvido, assim como todos os outros metais possui suas propriedades mecânicas influenciada pela sua microestrutura e esta é caracterizada normalmente por matriz austenítica sem precipitados de carbonetos [7,8].

Esses aços apresentam no estado bruto de fusão uma matriz austenítica com precipitados principalmente nos contornos de grão que devem ser carbonetos eutéticos ou contínuos e colônias de perlita. Esses carbonetos são responsáveis por fragilizar o material e devem ser evitados, para isso aplica-se um tratamento térmico conhecido como solubilização, para a eliminação dos mesmo [1,9]. A figura 2, apresenta a microestrutura do aço manganês em seu estado bruto de fusão.

O tratamento térmico de solubilização visa dissolver a perlita e principalmente os carbonetos contínuos nos contornos de grãos na matriz, que por consequência fazem com que esta aumente seu teor de carbono e manganês, estabilizando mais ainda a austenita [10].

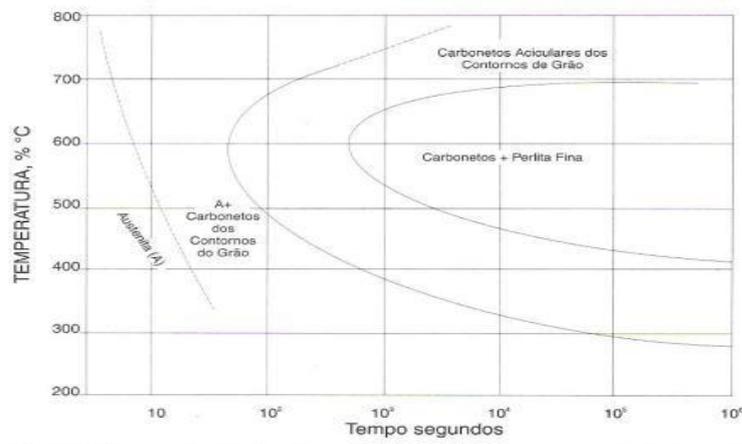
Figura 2 - Micrografia do aço manganês no estado bruto de fundição



Fonte: [11]

O motivo do aço manganês apresentar matriz austenítica mesmo em temperaturas ambientes é o seu teor de carbono e principalmente de manganês elevado que atua como elemento gamagênico. Além disso, esses teores elevados contribuem no aumento da capacidade de encruamento do material [10]. A figura 3, apresenta a Curva TTT do aço manganês com 13% Mn.

Figura 3 - Curva TTT do aço manganês com 13% Mn.



Fonte: [9]

Através deste diagrama, conclui-se:

- Eutetóide apresenta baixo teor de carbono [9];
- A austenita é tão estável que ela não se transforma, mesmo com velocidades de esfriamento moderadas [9].

1.1.1. Composição química

Nas ligas comerciais o carbono varia usualmente de 1,0 a 1,4% e o manganês de 10 a 14%. Existe uma tendência de se trabalhar com teores médios de C e Mn porque o limite inferior está associado com propriedades de resistência inferiores e o limite superior não apresenta vantagens econômicas [12]. O quadro 1, apresenta a composição química conforme a Norma ASTM A128.

Quadro 1 - Composição química do aço manganês, conforme a norma ASTM A128

Grau	%C	%Mn	%Cr	%Mo	%Ni	%Si*	%P*
A	1,05-1,35	11 mínimo	-	-	-	1	0,07
B-1	0,9-1,05	11,5-14	-	-	-	1	0,07
B-2	1,05-1,2	11,5-14	-	-	-	1	0,07
B-3	1,12-1,28	11,5-14	-	-	-	1	0,07
B-4	1,2-1,35	11,5-14	-	-	-	1	0,07
C	1,05-1,35	11,5-14	1,5-2,5	-	-	1	0,07
D	0,7-1,3	11,5-14	-	-	3-4	1	0,07
E-1	0,7-1,3	11,5-14	-	0,9-1,2	-	1	0,07
E-2	1,05-1,45	11,5-14	-	1,8-2,1	-	1	0,07
F	1,05-1,35	6-8	-	0,9-1,2	-	1	0,07

Fonte: [13]

1.1.2. Propriedades mecânicas

As propriedades mecânicas do aço manganês variam tanto com o teor de carbono quanto do manganês [12,14]. O quadro 2, apresenta as principais propriedades mecânicas do aço manganês.

Quadro 2 - Propriedades mecânicas do aço manganês

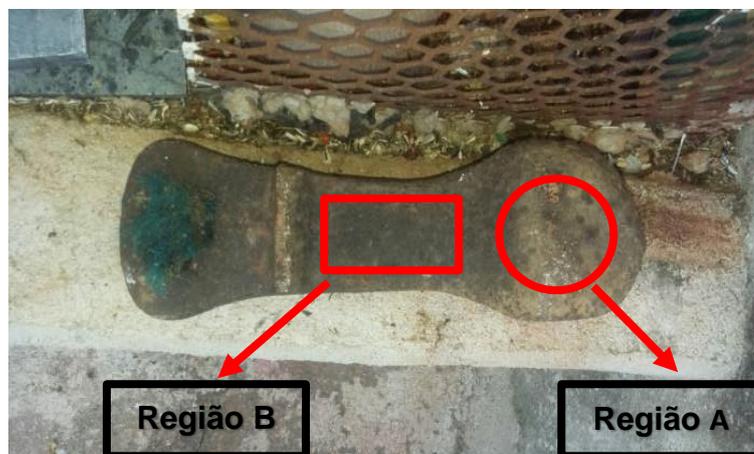
Dureza	Limite Resistência à tração	Alongamento	Limite Convencional	Limite Resistência à Impacto
22 a 51 HRC	660 a 995 MPa	30 a 65 %	340 a 389 MPa	110 a 180 J/cm ²

Fonte: [15]

2. Metodologia

Para o referido experimento foi utilizado um martelo já usado de um britador de minério, onde foram retiradas pequenas amostras do martelo JMU inteiriço, através da usinagem não convencional de eletroerosão a fio, em duas regiões distintas: A – Cabeça do martelo e B – Corpo do martelo, como mostra na figura 4. Neste processo, um fio de latão ionizado, isto é, eletricamente carregado, atravessa a peça submersa em um fluido dielétrico, em movimentos constantes, provocando descargas elétricas entre o fio e a peça, as quais cortam o material. Para permitir a passagem do fio, é feito previamente um pequeno orifício no material a ser usinado [17].

Figura 4 - Martelo JMU utilizado para o estudo, como as indicações das regiões retiradas para amostra



Fonte: [Do Autor]

O corte a fio é programado por computador, que permite o corte de perfis complexos e com exatidão. A figura 5 mostra o processo de fabricação das amostras e a figura 6 e 7, as amostras confeccionadas.

Figura 5 - Processo de fabricação das amostras, A - Cabeça do martelo



Fonte: [Do Autor]

Figura 6 – Amostras confeccionadas, da cabeça do martelo (A)



Fonte: [Do Autor]

Figura 7 - Amostras confeccionadas, do corpo do martelo (B)



Fonte: [Do Autor]

Através das amostras confeccionadas, foram realizados os ensaios de impacto, dureza, tração e microscopia óptica, para a caracterização do martelo JMU.

2.1. Teste de Dureza (HRC)

O ensaio de dureza Rocwell (HRC), consiste em uma profundidade de uma ponta (esférico ou cônica), subtraída da recuperação elástica devida à retirada de uma carga maior e a profundidade causada pela aplicação de uma carga menor [16]. Foram utilizadas duas amostras da cabeça do martelo (A) e duas no corpo do martelo (B), onde passaram por um lixamento, para que suas superfícies não possuíssem nenhuma rugosidade, após utilizou-se um equipamento DIGIMESS,

aplicando-se o peso em cima do material com distância de 5 mm, foram feitas 10 medições em cada amostra baseados na ASTM E384 – 11.

2.2. Microscopia óptica

Na análise das microestruturas do material, foi feito o teste microscopia óptica. Foram utilizadas duas amostras da cabeça do martelo (A) e duas no corpo do martelo (B), onde passaram por um lixamento comum com 6 lixas em uma superfície rotativa de uma PANTEC POLIPLAN 2D. O ataque químico foi realizado com Nital 3% por 15 segundos, após o ataque será removido o excesso utilizando álcool etílico 96%. Utilizou-se o Microscópio Metalógrafo Óptico PANTEC MK 1000, com lente azul e um computador com um software de capturação da imagem da Microestrutura (IS capture). Foi feita de acordo com a norma ASTM E407, capturando 4 imagens de cada amostra.

3. Resultados e Discussões

3.1. Dureza

Nas medidas realizadas no martelo JMU, foi possível observar a variação da cabeça do martelo e de seu corpo, devido a cabeça sofrer maior desgaste à abrasão que seu corpo, onde em ambas ocorre o encruamento. O desempenho do aço manganês é obtido quando as condições externas de uso, causam extremo encruamento da superfície do componente, motivando o uso em aplicações que requerem alta resistência à abrasão e desgaste. Se, acontece trinca em serviço da camada encruada, esta será rapidamente contida porque a camada interna, não encruada, e sim tenaz[15]. Como o objeto de estudo já era usado, o ensaio de dureza (HRC) apresentou uma elevada dureza como é nas maiorias dos aços manganês, conforme a especificações do quadro 2. A tabela 1, apresenta as medições de cada amostra, com sua média e desvio padrão respectivamente.

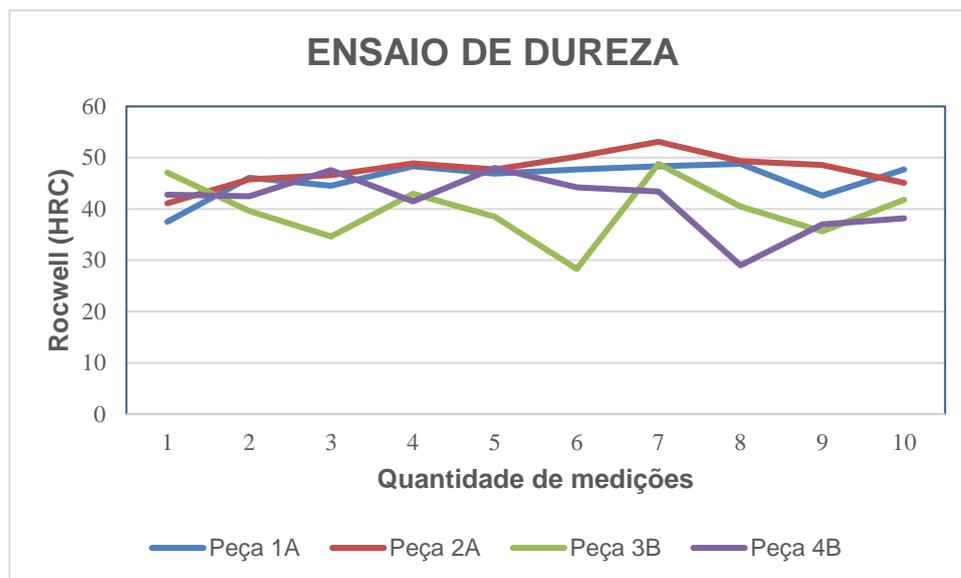
Tabela 1 - Medições, Média e Desvio Padrão das Amostras coletadas do martelo JMU no ensaio de dureza

ENSAIO DE DUREZA												
AMOSTRAS	MEDIÇÕES - ROCWELL (HRC)										MÉDIA	DESVIO PADRÃO
PEÇA 1A	37,5	46,1	44,5	48,3	46,9	47,7	48,3	48,8	42,6	47,7	45,8	3,5
PEÇA 2A	41,1	45,8	46,6	48,9	47,7	50,2	53,1	49,3	48,6	45,1	47,6	3,3
PEÇA 3B	47,1	39,6	34,6	43,0	38,5	28,3	48,8	40,5	35,6	41,8	39,7	6,0
PEÇA 4B	42,8	42,5	47,6	41,5	48	44,2	43,4	29,0	37	38,2	41,4	5,6

Fonte: [Do Autor]

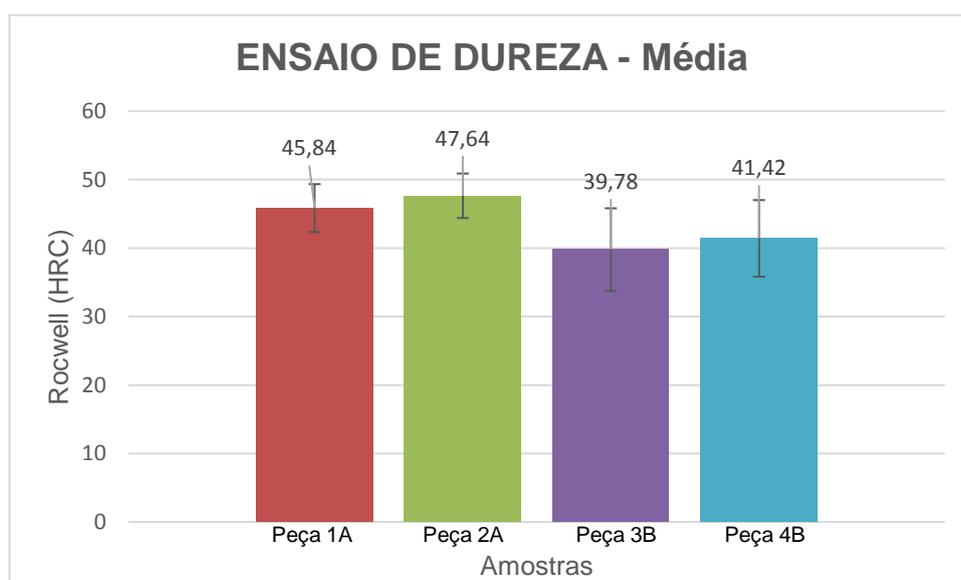
As figuras 8 e 9, apresentam as variações de medidas de cada amostra onde de forma clara, pode-se observar, que a amostras retiradas da cabeça do martelo (A), possui uma dureza maior em relação as amostras retiradas do corpo do martelo (B), isto devido ao fato da região (A) está submetido diretamente ao impacto e conseqüentemente tem a taxa de encruamento maior.

Figura 8 - Variação da dureza medida em HRC do martelo JMU



Fonte: [Do Autor]

Figura 9 - Média da dureza medida em HRC do martelo JMU, com desvio padrão

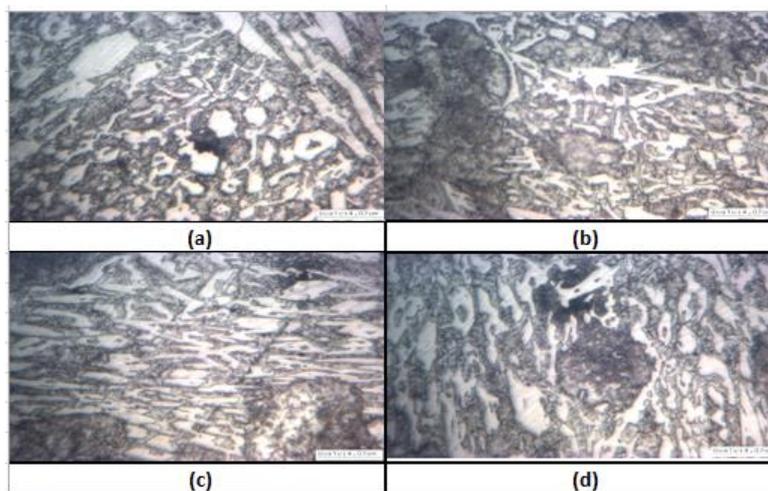


Fonte: [Do Autor]

3.2. Microscopia óptica

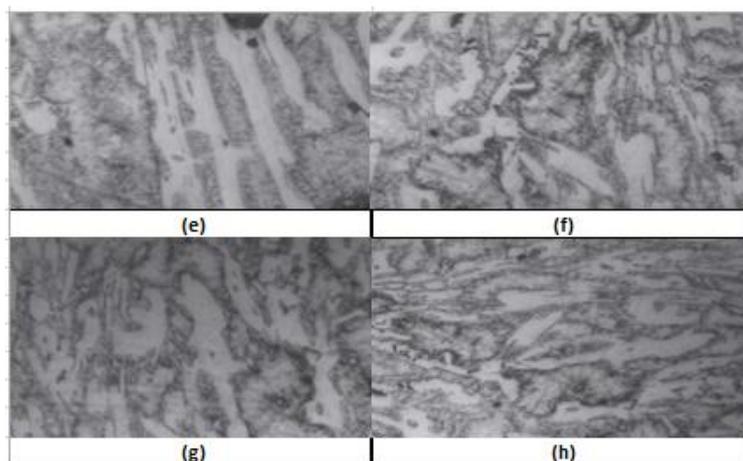
A caracterização microestrutural do material utilizado neste modelo de martelo pode-se observar uma matriz austenítica, sem precipitação de carbonetos em contorno de grão, com grãos encruados, onde pode-se perceber que este martelo JMU já é um martelo usado, mas possui suas características conforme as especificações. A figura 10, mostra as imagens metalográficas (a, b, c, d) da região da cabeça (A) e a figura 11, as imagens metalográficas (e, f, g, h) da região do corpo do martelo (B).

Figura 10 - Imagens metalográficas da região da cabeça do martelo (A), com ampliação de 400x



Fonte: [Do Autor]

Figura 11 - Imagens metalográficas da região do corpo do martelo (B), com ampliação de 400x



Fonte: [Do Autor]

Através de um comparativo entre as duas regiões distintas, cabeça e corpo do martelo, é possível afirmar que a região A – cabeça do martelo está mais encruada, sendo uma das razões, deste material utilizado para estudo, possuir uma elevada dureza em sua superfície.

4. Conclusão

Conclui-se ao final que, o martelo de modelo JMU, utilizado em britadores de eixos verticais possui uma elevada dureza, devido as características do seu trabalho, os grãos de sua superfície ficam extremamente encruados, fato observado através dos ensaios realizados. Foi possível constatar também que a região da cabeça do martelo é mais encruada que a região do corpo do martelo, devido a região da cabeça do martelo estar diretamente submetida ao impacto, sendo assim, possuindo também uma dureza maior em relação ao corpo do martelo. Ressalta se a possibilidade de se realizar novos trabalhos com este material, aprofundando em novas análises, a fim de obter mais dados para classificá-lo adequadamente e investigar oportunidades de melhoria no mesmo.

Referências

- [1] B. N. Venturelli, “**Efeito do refino do tamanho de grão pela adição de Hf nas propriedades mecânicas de tração e impacto do aço Hadfield,**” 2018.
- [2] A. L. Santana, “**Manganês,**” *Sumário Miner.*, 2012.
- [3] Máquinas Furlan Ltda, “**Catalogo de divisão de fundidos - Furlan.**” Disponível: <http://furlan.com.br/fundicao/>. [Acesso: 10-Maio-2018].
- [4] M. F. Ltda, “**Catalogo da Furlan - Britador de Impacto (VSI).**” p. 4.
- [5] PAMPEIRO, “**Britadores de Impacto.**” Disponível : <http://www.grupopampeiro.com/produtos-e-servicos/britagem-e-trituracao/britadores-de-impacto/>. [Acesso : 15-Maio-2018].
- [6] V. Chiaverivi, “**Aços e Ferros Fundidos.**” p. 576, 1990.
- [7] G. T. Andrade, “**Resistência à abrasão de aço Hadfield para britadores - efeito do tamanho do abrasivo e pH do meio,**” p. 147, 2015.
- [8] E. de M. Vieira, “**Relatório de Estágio Curricular I Relatório de Estágio Curricular I,**” *Univ. Fed. St. CATARINA*, p. 28, 2009.
- [9] “**Aços resistentes ao desgaste.**” Disponível : <http://www.infomet.com.br/site/acos-e-ligas-conteudo-ler.php?codConteudo=100>. [Acesso: 09-Maio-2018].
- [10] ABIFA, “**Anuário Abifa 2016,**” *Guia Abifa Fundição | Abifa Foundry Guid.*, no. junho, p. 196, 2003.

- [11] A. FUOCO, R; HOLANDA, “**Processo de produção de componentes em aços ao manganês austeníticos do tipo hadfield.**,” *Congr. e Feira Latino-Americana fundição- CONAF/FENAF*, p. 17, 2007.
- [12] E. C. BAIN, “**Some Fundamentals Characteristics of Stainless Stels,**” *J. Chem. Ind.*, 1932.
- [13] “Norma ASTM A128,” 2012.
- [14] G. N. da Silva, “**Efeito da substituição do molibdênio pelo nióbio e nióbio-boro em aços Hadfield no desempenho ao desgaste abrasivo,**” *REDEMAT - REDE TEMÁTICA EM Eng. Mater.*, p. 122, 2004.
- [15] G. da R. Lima, “**Influência dos elementos de liga no encruamento proveniente do processo de usinagem nos aços Hadfield,**” *III Semin. da Pós-Graduação em Eng. Mecânica – Unesp - Bauru*, p. 10.
- [16] S. A. De Souza, “**Ensaio Mecanicos de Materiais Metalicos - Fundamentos mecânicos e práticos.**” p. 286, 1982.
- [17] FERRARESI, D., 1977, “**Fundamentos da Usinagem dos Metais**”, São Paulo, Editora Edgard Blücher Ltda.