

**Henrique Ajuz Holzmann
Ricardo Vinicius Bubna Biscaia
(Organizadores)**

Impactos das Tecnologias na Engenharia Mecânica 3

Atena
Editora

Ano 2019

Henrique Ajuz Holzmann
Ricardo Vinicius Bubna Biscaia
(Organizadores)

**Impactos das Tecnologias na
Engenharia Mecânica**
3

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Lorena Prestes e Geraldo Alves

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

I34 Impactos das tecnologias na engenharia mecânica 3 [recurso eletrônico] / Organizadores Henrique Ajuz Holzmann, Ricardo Vinicius Bubna Biscaia. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Impactos das Tecnologias na Engenharia Mecânica; v.3)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

ISBN 978-85-7247-248-7

DOI 10.22533/at.ed.487190504

1. Automação industrial. 2. Engenharia mecânica – Pesquisa – Brasil. 3. Produtividade industrial. 4. Tecnologia. I. Holzmann, Henrique Ajuz. II. Biscaia, Ricardo Vinicius Bubna. III. Série.

CDD 670.427

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

APRESENTAÇÃO

A engenharia mecânica está em constante mudança, sendo uma das mais versáteis, se olhar desde seu surgimento durante a Revolução Industrial até os dias de hoje é visível a modernização e modificação dos métodos e das tecnologias empregadas.

Nesta evolução um dos pontos de destaque é a área de materiais e dos modos de obtenção dos mesmos, sendo responsável por grande parte desta modernização da área. Neste livro são tratados alguns assuntos ligados diretamente a área de matérias, bem como os processos de transformação dos mesmos em produtos finais.

A caracterização dos materiais é de extrema importância, visto que afeta diretamente aos projetos e sua execução dentro de premissas de desempenho técnico e econômico. Ainda são base da formação do engenheiro projetista cujo ofício se fundamenta na correta escolha de materiais e no processo de fabricação do mesmo.

Um compendio de temas e abordagens que constituem a base de conhecimento de profissionais que se dedicam a seleção, desenvolvimento e processos de obtenção e fabricação são apresentados nesse livro.

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann
Ricardo Vinicius Bubna Biscaia

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
ANÁLISE DAS LIGAS Al-3%Si E Al-9%Si ATRAVÉS DO PROCESSO “SQUEEZE-CASTING”, E A INFLUÊNCIA DA PRESSÃO NA DUREZA, MACRO E MICROESTRUTURA	
<i>Diógenes Linard Aquino Freitas</i> <i>Cláudio Alves de Siqueira Filho</i> <i>José Joelson de Melo Santiago</i>	
DOI 10.22533/at.ed.4871905041	
CAPÍTULO 2	12
AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE CEMENTANTES ATRAVÉS DA MEDIÇÃO DE MICRODUREZA VICKERS	
<i>Bernardo Rota</i> <i>Alisson Geovane Silva de Souza</i> <i>Annemarie Henker</i> <i>Daniel Amoretti Gonçalves</i>	
DOI 10.22533/at.ed.4871905042	
CAPÍTULO 3	22
ESTIMATIVA DA CONDUTIVIDADE TÉRMICA DO POLIESTIRENO EXPANDIDO USANDO O MÉTODO DO FIO QUENTE	
<i>Alisson Augusto Azevedo Figueiredo</i> <i>Jefferson Gomes do Nascimento</i> <i>Luís Henrique da Silva Ignácio</i> <i>Vinicius Soares Medeiros</i> <i>Fernando Costa Malheiros</i> <i>Henrique Coelho Fernandes</i> <i>Gilmar Guimarães</i>	
DOI 10.22533/at.ed.4871905043	
CAPÍTULO 4	27
PROPRIEDADES TERMOFÍSICAS DE NANOFUIDOS TiO ₂	
<i>Letícia Raquel de Oliveira</i> <i>Stella Rodrigues Ferreira Lima Ribeiro</i> <i>David Fernando Marcucci Pico</i> <i>Alessandro Augusto Olimpio Ferreira Vittorino</i> <i>Enio Pedone Bandarra Filho</i>	
DOI 10.22533/at.ed.4871905044	
CAPÍTULO 5	35
DESENVOLVIMENTO DE UM INDENTADOR INSTRUMENTADO PARA MEDIÇÕES DE PROPRIEDADES ELÁSTICAS E PLÁSTICAS	
<i>Lucas dos Reis Heni Madeira</i> <i>Vinicius Carvalho Teles</i> <i>Washington Martins da Silva Junior</i>	
DOI 10.22533/at.ed.4871905045	

CAPÍTULO 6 43

CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA E MICROESTRUTURAL EM HIDROXIAPATITA COMERCIAL E SINTETIZADA PELO MÉTODO SOL-GEL UTILIZANDO CASCA DE OVO DE GALINHA COMO PRECURSOR

Marcelo Vitor Ferreira Machado
José Brant de Campos
Marilza Sampaio Aguilar
Vitor Santos Ramos

DOI 10.22533/at.ed.4871905046

CAPÍTULO 7 53

PARAMETRIZAÇÃO DE TEXTURIZAÇÃO VIA MECT EM METAL PATENTE

Túlio Alves Rodrigues
Erika Michele Damas
Gabriela Caixeta Alcarria
Náthaly Nascimento Sousa
Washington Martins da Silva Junior

DOI 10.22533/at.ed.4871905047

CAPÍTULO 8 59

CORRELAÇÃO ENTRE DIFERENTES FORMAS DE AVALIAÇÃO MICROESTRUTURAL DE FERROS FUNDIDOS E SEU COEFICIENTE DE ATRITO

Luiz Eduardo Rodrigues Vieira
Guilherme de Oliveira Castanheira
Leonardo Rosa Ribeiro da Silva
Wisley Falco Sales
Álisson Rocha Machado
Wilson Luiz Guessser

DOI 10.22533/at.ed.4871905048

CAPÍTULO 9 69

MANUFATURA DE LIGA DE AL5%CU PELO PROCESSO DE METALURGIA DO PÓ

André Pereira da Silva
Juliano de Lemos Navarro
Leonardo Almeida Lopes
Felipe Antônio Viana de Araújo
Gabriel Aires Honorato
Sérgio Mateus Brandão

DOI 10.22533/at.ed.4871905049

CAPÍTULO 10 85

ANÁLISE DO FENÔMENO DAS BOLHAS EM SOLDAGEM SUBAQUÁTICA MOLHADA COM ARAME TUBULAR AUTOPROTEGIDO

Camilla Mara Mendonça
Alexandre Queiroz Bracarense
Douglas de Oliveira Santana
Marcelo Teodoro Assunção

DOI 10.22533/at.ed.48719050410

CAPÍTULO 11	99
O MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS NA SIMULAÇÃO DE OPERAÇÕES DE SOLDAGEM	
<i>Heitor Abdias da Silva Pereira</i>	
<i>Marcelo Cavalcanti Rodrigues</i>	
DOI 10.22533/at.ed.48719050411	
CAPÍTULO 12	114
ANÁLISE EXPERIMENTAL DA USINAGEM COM AÇO INOXIDÁVEL	
<i>Gabriella Arruda Martins</i>	
<i>Lays Edinir da Cunha</i>	
<i>Luís Gustavo Moreira</i>	
<i>Mikael Henrique Morais</i>	
<i>Thomas Ernst de Goes Ferreira Kohler</i>	
DOI 10.22533/at.ed.48719050412	
CAPÍTULO 13	123
AVALIAÇÃO DO PARÂMETRO DE RUGOSIDADE R_v DE CILINDROS DE BLOCOS DE COMPRESSORES HERMÉTICOS USINADOS PELO PROCESSO DE BRUNIMENTO FLEXÍVEL	
<i>Leandro Carvalho Pereira</i>	
<i>Leonardo Rosa Ribeiro da Silva</i>	
<i>Rosenda Valdés Arencibia</i>	
<i>Luciano José Arantes</i>	
DOI 10.22533/at.ed.48719050413	
CAPÍTULO 14	131
INFLUÊNCIA DO FLUIDO DE CORTE NO DESGASTE DE MICROFRESAS DE METAL DURO NA MICROUSINAGEM DO AÇO INOXIDÁVEL DUPLEX UNS S32205	
<i>Aline Gonçalves dos Santos</i>	
<i>Daniel Fernandes da Cunha</i>	
<i>Mayara Fernanda Pereira</i>	
<i>Bruno Souza Abrão</i>	
<i>Mark James Jackson</i>	
<i>Márcio Bacci da Silva</i>	
DOI 10.22533/at.ed.48719050414	
CAPÍTULO 15	139
GERAÇÃO E PARTIÇÃO DE CALOR EM USINAGEM POR MEIO DO MÉTODO CALORIMÉTRICO: UMA REVISÃO	
<i>Ivanilson Sousa da Costa</i>	
<i>Márcio Bacci da Silva</i>	
DOI 10.22533/at.ed.48719050415	
CAPÍTULO 16	153
GERAÇÃO DE CALOR NA FURAÇÃO DO FERRO FUNDIDO CINZENTO POR MEIO DO MÉTODO CALORIMÉTRICO	
<i>Ivanilson Sousa da Costa</i>	
<i>Guilherme Henrique Alves Andrade</i>	
<i>Márcio Bacci da Silva</i>	

DOI 10.22533/at.ed.48719050416

CAPÍTULO 17 168

MEDIÇÃO DE TEMPERATURA DE USINAGEM EM AÇOS DE CORTE FÁCIL POR MEIO DO MÉTODO DO TERMOPAR FERRAMENTA- PEÇA

Ivanilson Sousa da Costa

Márcio Bacci da Silva

DOI 10.22533/at.ed.48719050417

CAPÍTULO 18 177

SISTEMA DE MEDIÇÃO DE POTÊNCIA NO PROCESSO DE FRESAMENTO UTILIZANDO SENSORES POR EFEITO HALL

Leonardo Rosa Ribeiro da Silva

Kenji Fabiano Ávila Okada

Gabriel Marçal de Carvalho

Eder Silva Costa

Álisson Rocha Machado

DOI 10.22533/at.ed.48719050418

CAPÍTULO 19 187

INFLUÊNCIA DE VÁRIOS PARÂMETROS OPERACIONAIS EM RETIFICAÇÃO NO ACABAMENTO E NA TEXTURA DA SUPERFÍCIE DE FERRO FUNDIDO CINZENTO

Bruno Souza Abrão

Mayara Fernanda Pereira

Mariana Landim Silveira Lima

Eduardo Carlos Bianchi

Rosemar Batista da Silva

DOI 10.22533/at.ed.48719050419

CAPÍTULO 20 193

INFLUÊNCIA DA PENETRAÇÃO DE TRABALHO E VELOCIDADE DA PEÇA NO ACABAMENTO DO FERRO FUNDIDO VERMICULAR APÓS A RETIFICAÇÃO COM REBOLO DE SIC

Lurian Souza Vieira da Silva

Rosemar Batista da Silva

Mariana Landim Silveira Lima

Deborah de Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.48719050420

CAPÍTULO 21 202

INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES DE USINAGEM DO BRUNIMENTO FLEXÍVEL NA QUALIDADE GEOMÉTRICA DE CILINDROS DE BLOCOS DE COMPRESSORES HERMÉTICOS

Leandro Carvalho Pereira

Leonardo Rosa Ribeiro da Silva

Rosenda Valdés Arencibia

Luciano José Arantes

DOI 10.22533/at.ed.48719050421

CAPÍTULO 22	210
USINAGEM ELETROQUÍMICA SUPERFICIAL EM AMOSTRAS DE FERRO FUNDIDO	
<i>Leonardo Rosa Ribeiro da Silva</i>	
<i>Leandro Carvalho Pereira</i>	
<i>Henara Lilian Costa</i>	
DOI 10.22533/at.ed.48719050422	
SOBRE O ORGANIZADOR.....	219

CORRELAÇÃO ENTRE DIFERENTES FORMAS DE AVALIAÇÃO MICROESTRUTURAL DE FERROS FUNDIDOS E SEU COEFICIENTE DE ATRITO

Luiz Eduardo Rodrigues Vieira

Universidade Federal de Uberlândia
Uberlândia – MG

Guilherme de Oliveira Castanheira

Universidade Federal de Uberlândia
Uberlândia - MG

Leonardo Rosa Ribeiro da Silva

Universidade Federal de Uberlândia
Uberlândia – MG

Wisley Falco Sales

Universidade Federal de Uberlândia
Uberlândia – MG

Álison Rocha Machado

Pontifícia Universidade Católica do Paraná
Curitiba – PR

Wilson Luiz Guesser

Universidade do Estado de Santa Catarina
Florianópolis - SC

RESUMO: A combinação das propriedades mecânicas apresentadas pelo ferro fundido vermicular aliadas ao desenvolvimento de técnicas metalúrgicas de produção em larga escala na década de 90, criaram um nicho para este material na produção de motores sobrealimentados. Com a finalidade de parametrizar as diferentes propriedades mecânicas desse material é necessária uma constante evolução nas técnicas de

caracterização de sua microestrutura. Este trabalho visa caracterizar três diferentes amostras de ferro fundido vermicular de alta resistência, correlacionando sua microestrutura obtida por duas diferentes técnicas de caracterização com o seu desempenho tribológico em relação ao coeficiente de atrito. Com base nos resultados observou-se que a técnica de ataque metalográfico profundo utilizando água régia resulta em uma melhor visualização do aspecto tridimensional da grafita e perlita. Os resultados tribológicos por sua vez indicam que o refino da grafita e a adição de molibdênio são efetivos tribologicamente ao reduzir o coeficiente de atrito do material.

PALAVRAS-CHAVE: Ferro fundido vermicular, Nital, Água Régia, Esclerometria.

ABSTRACT: The combination of the mechanical properties presented by vermicular cast iron combined with the development of metallurgical techniques of large-scale production in the 90's created a niche for this material in the production of supercharged engines. In order to parameterize the different mechanical properties of this material a constant evolution in the techniques of characterization of its microstructure is necessary. This work aims to characterize three different samples of high strength vermicular cast iron, correlating its microstructure obtained by two different techniques of characterization

with its tribological performance in relation to the coefficient of friction. Based on the results it was observed that the technique of deep metallographic attack using royal water results in a better visualization of the three-dimensional aspect of graphite and perlite. The tribological results in turn indicate that the refining of graphite and the addition of molybdenum are effective tribologically by reducing the coefficient of friction of the material.

KEYWORDS: Compacted graphite iron, nital, aqua regia, scratch hardness.

1 | INTRODUÇÃO

A crescente demanda por blocos de motores sobrealimentados mais eficientes exige a utilização de materiais cada vez mais resistentes mecanicamente, mais leves e que suportem maiores pressões e temperaturas na câmara de combustão sem que haja perda de resistência ao desgaste.

Guesser et al. (2003) indica que o Ferro fundido vermicular surge como uma alternativa viável para a produção destes novos motores, uma vez que apresenta propriedades mecânicas intermediárias entre os ferros fundidos cinzento e nodular. Guesser et al. (1997); (2004) afirma que estas propriedades intermediárias resultam em uma combinação de capacidade de absorção de vibrações, dissipação de calor e resistência ao desgaste favorável à sua utilização para motores sujeitos a elevadas taxas de compressão.

Segundo Guesser et al. (2009) o ferro fundido vermicular (CGI) se diferencia por apresentar a grafita em uma forma intermediária entre as do ferro fundido cinzento e as do ferro fundido nodular. Os veios de grafita curtos, espessos e de bordas arredondadas do ferro fundido vermicular fazem com que o material apresente bons níveis de resistência mecânica, tenacidade, ductilidade e resistência a choques térmicos. Esses resultados favoráveis permitiram a abertura de um grande espaço para o uso desse material na indústria automobilística.

Esse trabalho tem como objetivo caracterizar três tipos de ferro fundido vermicular de alta resistência por meio de metalografia convencional utilizando NITAL 2% e um ataque profundo com água régia. Esta caracterização será comparada com o desempenho tribológico por meio de ensaios de esclerometria, correlacionando a microestrutura com o potencial tribológico de cada material.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Nesse trabalho foram analisados três tipos de ferros fundidos vermiculares com matriz perlítica, ferro fundido vermicular classe 450 (CGI-A) usado como benchmark, um segundo com refino de grafita (CGI-B) e um terceiro com refino de grafita e adição de Molibdênio (CGI-C). A dureza Brinell destes materiais é ilustrada na Figura 1, aferida

com carga de 187.5 Kgf usando uma esfera de carboneto de tungstênio de 5mm.

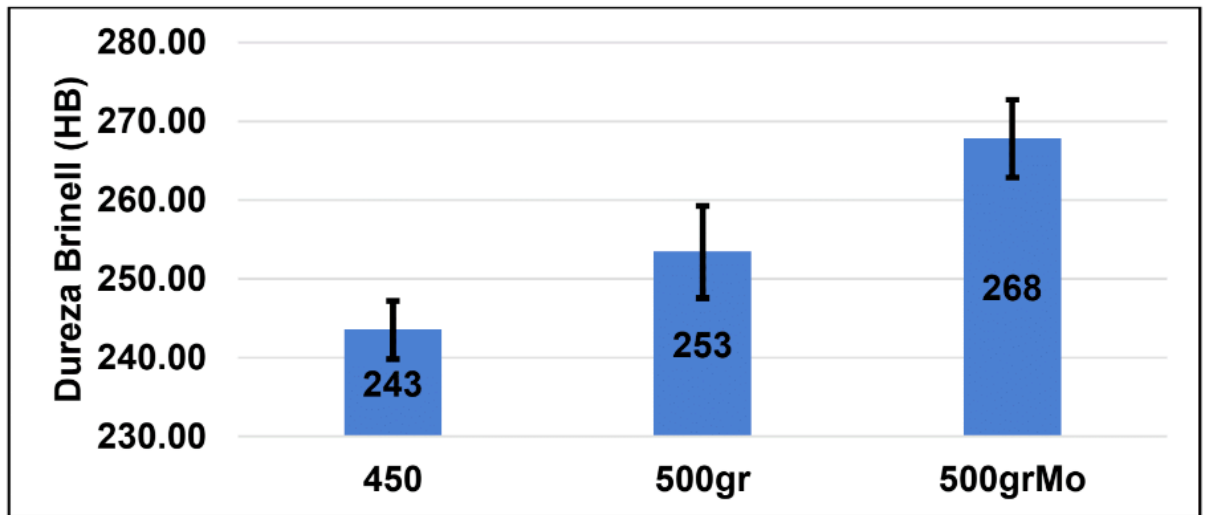


Figura 1. Dureza dos Ferros Fundidos vermiculares (Da silva, 2018).

Três grupos de amostras de cada um dos materiais avaliados tiveram sua superfície preparada utilizando, sequencialmente, lixas d'água de granulometria 100, 220, 320, 400, 600, 1200 #Mesh, seguida de polimento com óxido de cromo ($5\mu\text{m}$) e alumina ($0.3\mu\text{m}$). Ao final do processo de acabamento superficial as amostras foram limpas por meio de banho ultrassônico utilizando acetona.

No primeiro grupo foram realizados ensaios de esclerometria, através de um tribômetro universal, apresentado na Figura 2. O tribômetro possui as especificações apresentadas na Tabela 1. Como contra-corpo foi utilizado um indentador esférico de metal duro de WC-Co de 5,0 mm de diâmetro, com cargas variando linearmente de 5-40 N em uma distância de 3.5 mm, sendo realizadas três repetições por amostra.

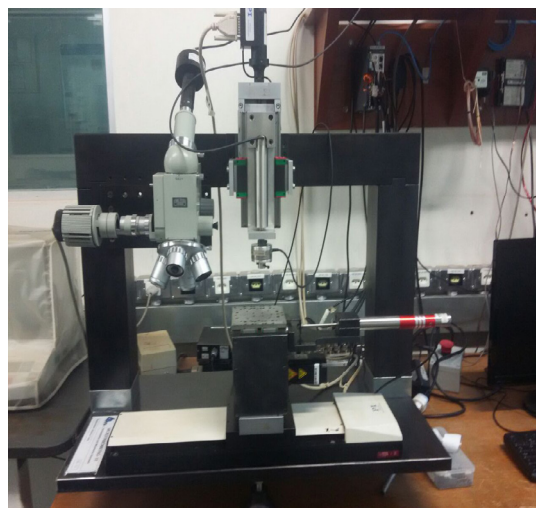


Figura 2..Tribômetro universal.

Propriedades	Especificação
Mesas X, Y e Z	0,1 μm

Atuador piezométrico	120 μm de curso e precisão de 2,4 μm
Sensor de posição LVDT	Resolução 7,87 mV/m
Célula de carga	Amplitude 0,02-120N

Tabela 1. Especificações do tribômetro universal

O segundo grupo de amostras recebeu um ataque químico com Nital 2% por 15 segundos (Figura 7), com a finalidade de revelar sua microestrutura conforme Copaert (1974). O terceiro grupo recebeu ataque químico com água régia (1:3 HNO₃ e HCl) por 25 minutos. Este composto promove o ataque da ferrita da matriz do material, uma vez que a ferrita possui maior reatividade química em virtude de suas ligações predominantemente metálicas, especialmente quando comparadas ao carboneto de ferro Fe₃C (cementita) presente na perlítica e a grafita livre. Após o término do ataque as amostras foram limpas utilizando acetona em um banho ultrassônico por 3 minutos e posteriormente analisadas em um microscópio eletrônico de varredura (MEV). Nesse equipamento a análise foi realizada utilizando elétrons secundários para avaliar a topografia das amostras.

3 | RESULTADOS E DICUSSÃO

Os resultados das forças aplicadas nos ensaios tribológicos em relação aos eixos X, Y e Z durante a distância percorrida dos riscos são apresentados na Figura 3, Figura 4 e Figura 5. A partir desses dados, a Figura 6 apresenta as médias de coeficiente de atrito calculadas com base na equação:

$$\text{Coeficiente de atrito} = \frac{\sum_1^n \frac{(F_x + F_y)}{F_z}}{n}$$

A partir da análise do Figura 6 é possível perceber que o coeficiente de atrito do CGI-A é maior que do CGI-B. Isso se deve ao fato de que a segunda amostra apresenta grafita refinada em sua composição, que por estar mais bem distribuída potencializa seu efeito lubrificante. O terceiro tipo de amostra (CGI-C) apresentou o menor coeficiente de atrito dentre as analisadas, já que apresenta molibdênio na forma de carboneto de molibdênio em sua composição, que por ser um composto cerâmico apresenta uma alta dureza, contribuindo para a redução do coeficiente de atrito.

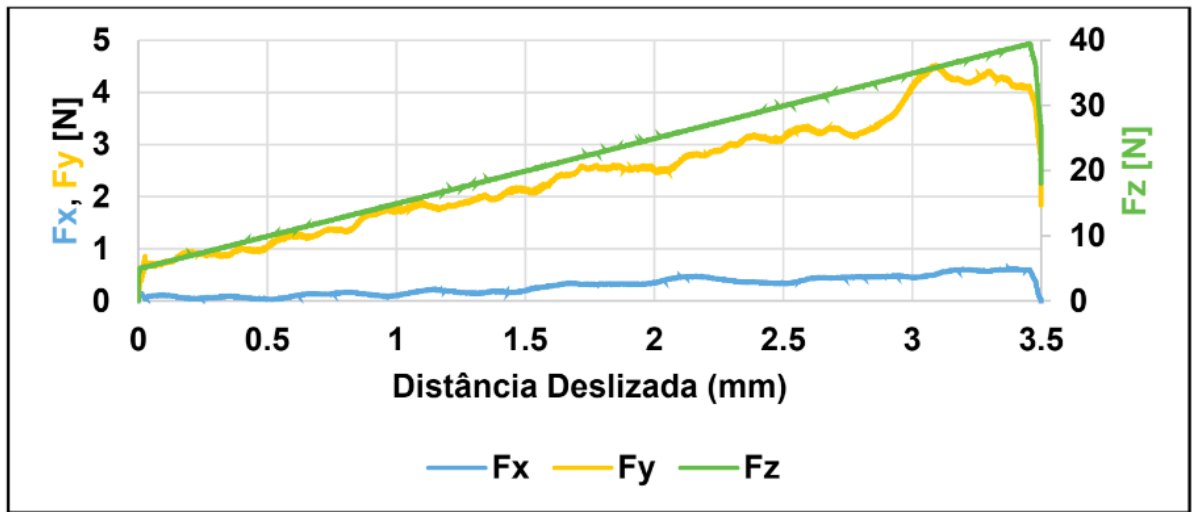


Figura 3. Esclerometria CGI-A.

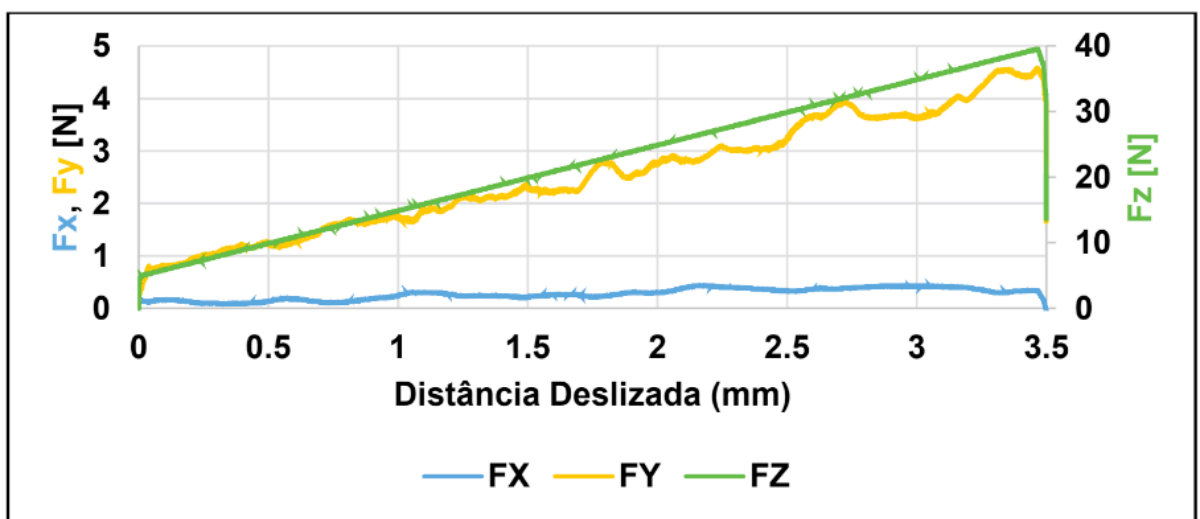


Figura 4. Esclerometria CGI-B.

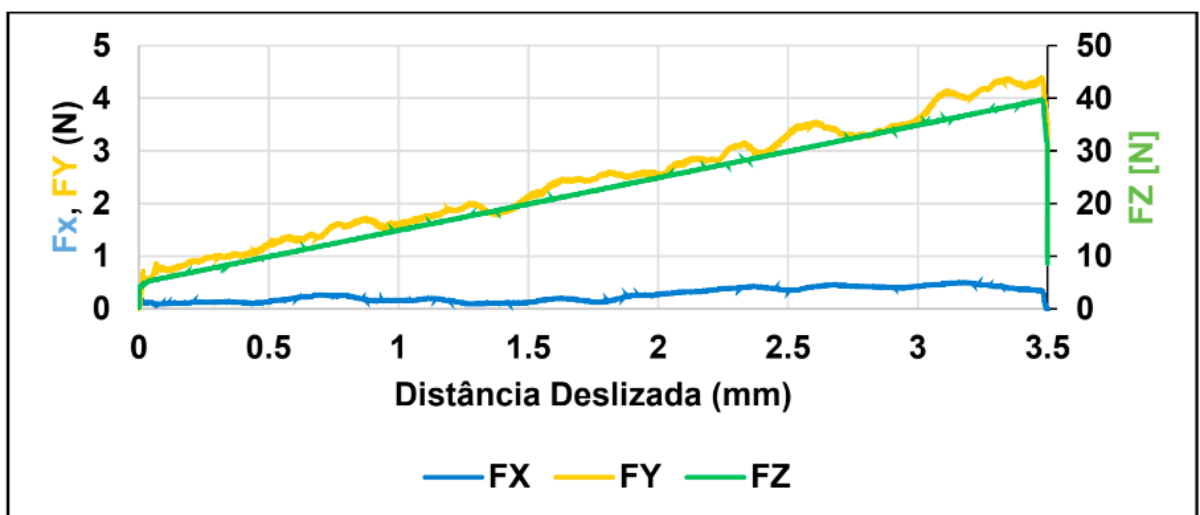


Figura 5. Esclerometria CGI-C.

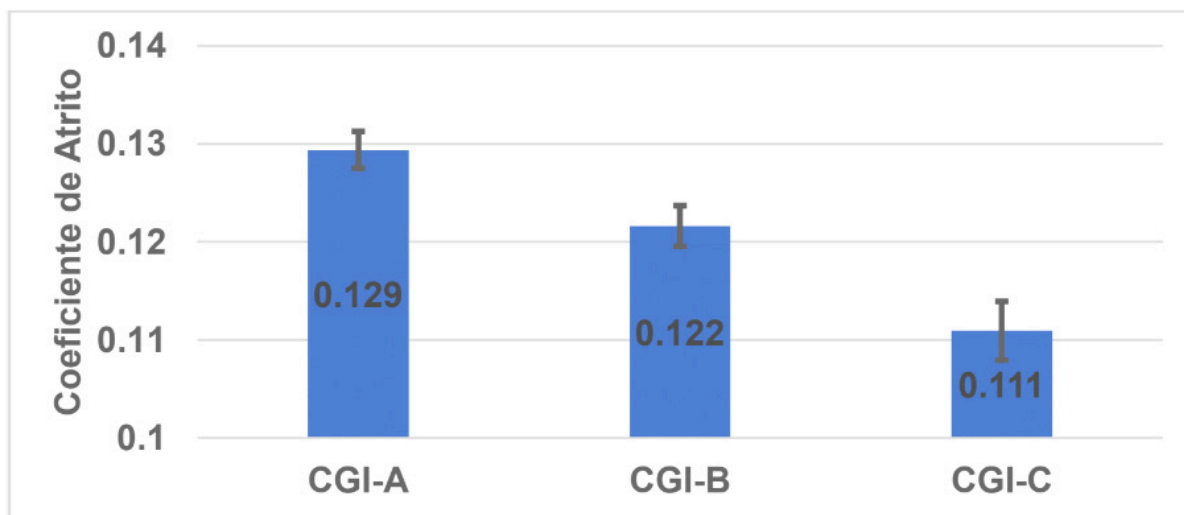


Figura 6. Coeficiente de atrito médio entre os três tipos de amostras.

A partir da análise da Figura 7 é possível perceber que o ataque com Nital dá apenas uma idéia bidimensional da microestrutura do material. Na Figura 8 é possível observar a matriz predominantemente perlítica, e na Figura 9 a presença conjunta de grafitas vermiculares e nodulares. A Figura 10 ilustra a análise por MEV das amostras atacadas profundamente com água régia, sendo possível analisar diferentes morfologias de grafita e sentidos de crescimento da perlita para o mesmo material.

Em relação a análise microestrutural o ataque com Nital, por permitir apenas a visualização bidimensional da amostra, mostra-se menos eficiente, já que pode levar a incertezas em relação à distância interlamelar e sentido de crescimento da perlita. No primeiro ataque (Figura 7), apenas podem ser observadas cementitas nucleadas em um plano, conforme indicado pelo círculo vermelho na Figura 8. Com o ataque com água régia foi possível observar que as lamelas de cementita se desenvolveram em mais de um plano, como pode ser visualizado na Figura 11.

A partir da análise das imagens obtidas após o ataque com água régia (Figura 10) é possível perceber que o ataque utilizando Nital 2% não nos permite uma grande acurácia na determinação do tipo de grafita (vermicular, intermediária ou nodular), pois o ataque bidimensional permite a visualização apenas de um plano das grafitas, como ilustrado pelo círculo vermelho na Figura 9. Isso pode levar a erros de medição já que uma grafita pode ter um de seus planos superiores caracterizados como nodular, porém o restante de sua estrutura pode ou não seguir esse padrão, como observado na Figura 12.

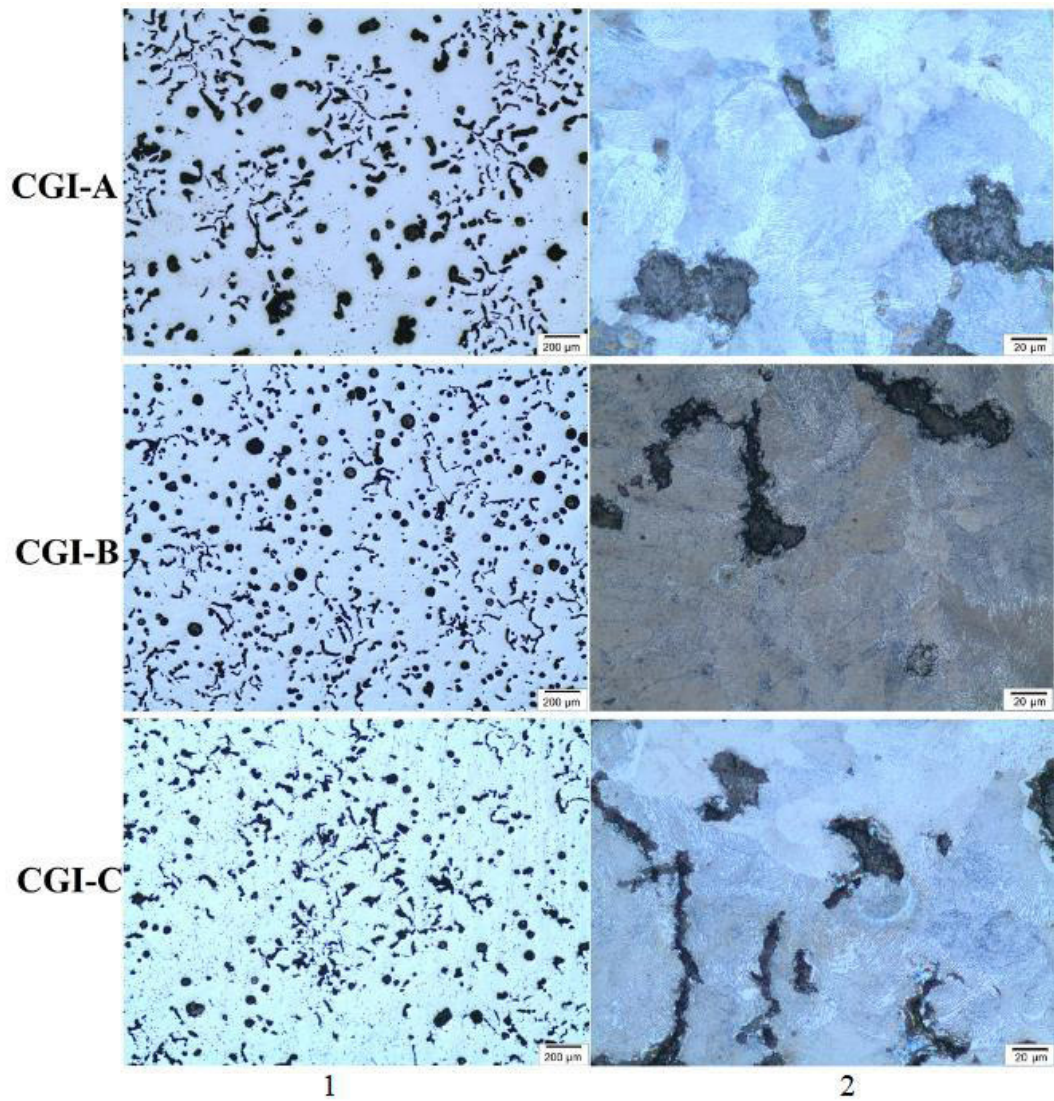


Figura 7. Microestruturas dos ferros fundidos vermiculares atacadas com Nital 2% por 30 segundos. (1) Amostras sem ataque. (2) Amostras atacadas (Da Silva, 2018).



Figura 8. Vista bidimensional da matriz perlítica do material. (VIEIRA, L. E. R., 2018)

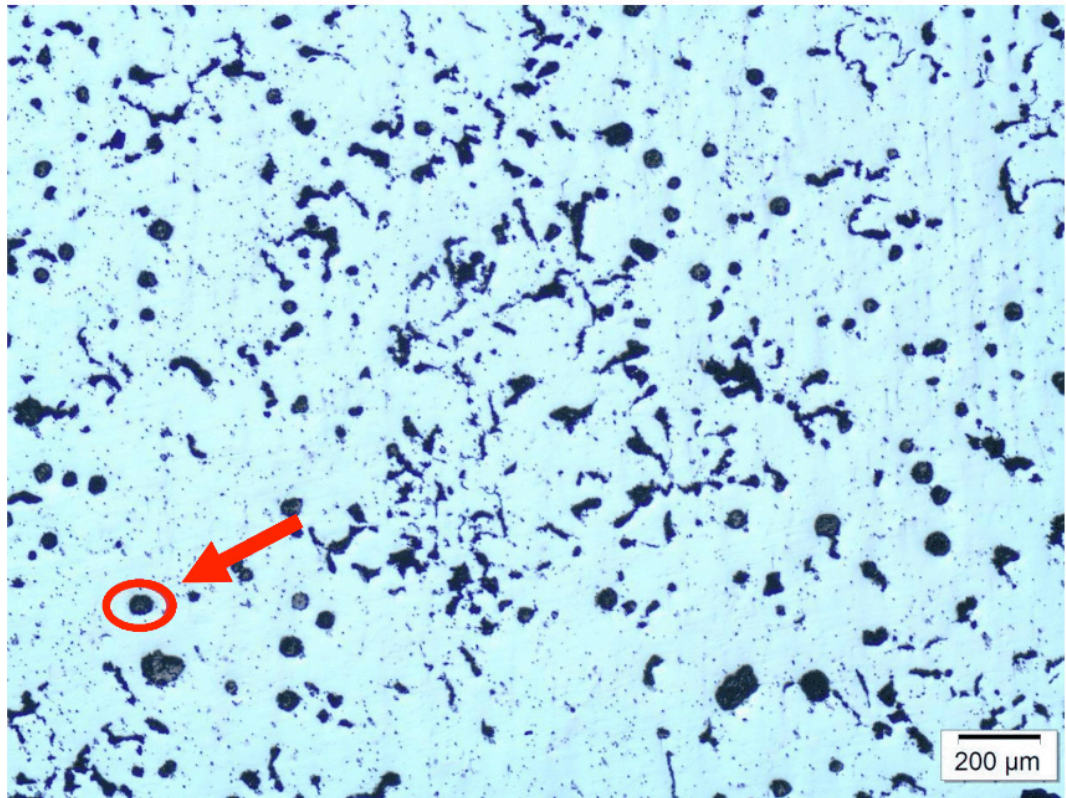
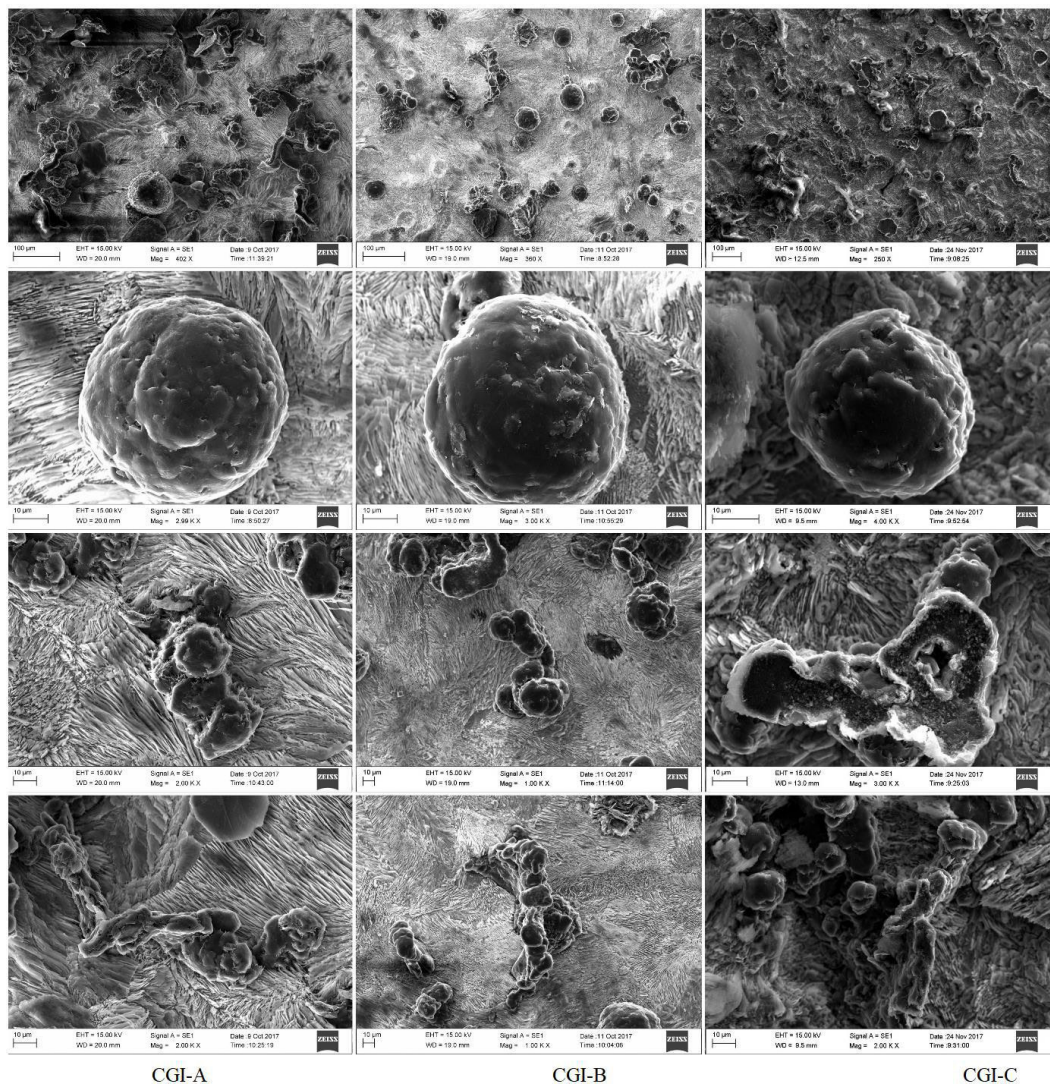


Figura 9. Vista bidimensional da grafita, com uma grafita nodular em destaque. (VIEIRA, L. E. R., 2018)



CGI-A

CGI-B

CGI-C

Figura 10. Microestrutura 3D dos ferros fundidos vermiculares atacados com água régia por 25 minutos.(VIEIRA, L. E. R., 2018)

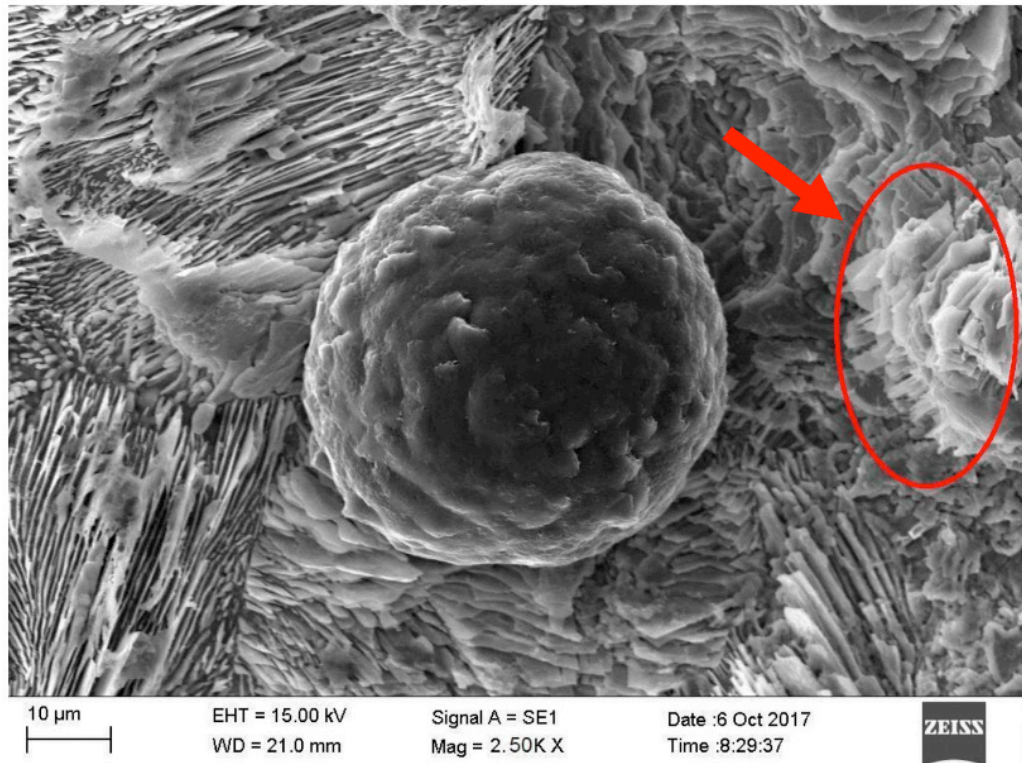


Figura 11. Vista tridimensional das lamelas de cementita.(VIEIRA, L. E. R., 2018)

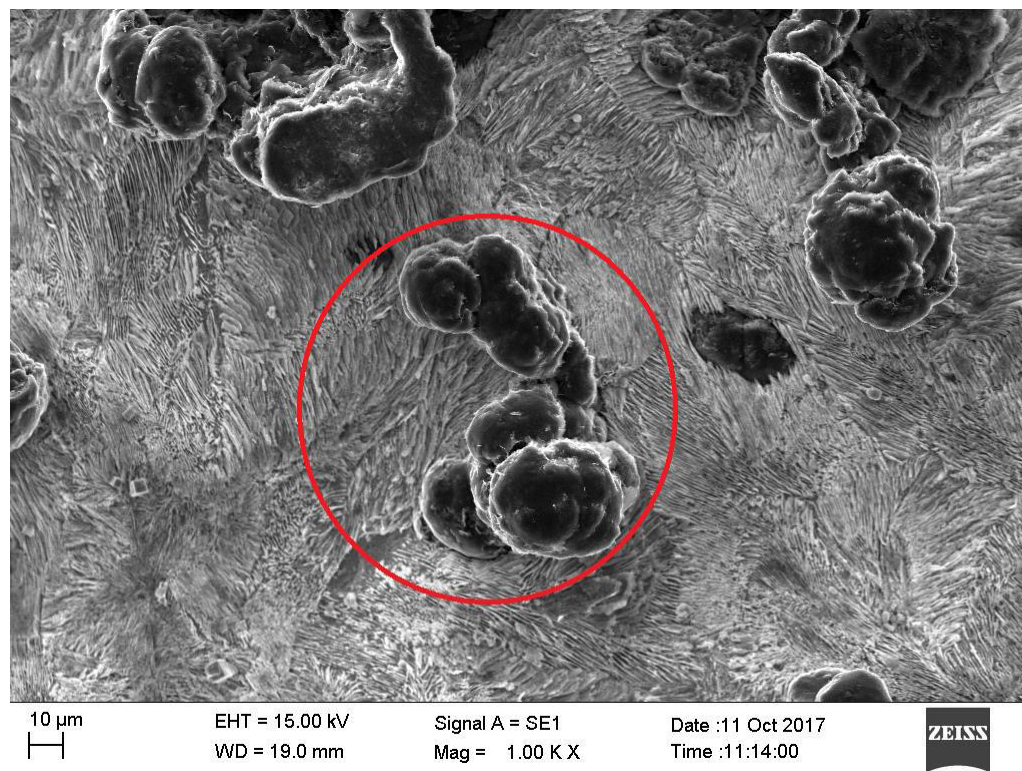


Figura 12. Vista tridimensional de uma grafita vermicular.(VIEIRA, L. E. R., 2018)

4 | CONCLUSÃO

A grafita refinada presente no CGI-B age de maneira mais eficiente como lubrificante sólido de modo a diminuir seu coeficiente de atrito em relação ao CGI-A. O carboneto de molibdênio encontrado na estrutura de CGI-C contribuiu ainda mais para a diminuição do coeficiente de atrito quando comparado com o CGI-B, o que torna esse material mais vantajoso tribologicamente para produção componentes automotivos.

Foi observado que o ataque químico com água régia aliado a análise em MEV foi mais efetivo que o ataque químico feito com NITAL 2%, já que gerou a visualização tridimensional da superfície, o que pode permitir uma maior precisão na avaliação da distância interlamelar da cementita presente na matriz do material e, principalmente, das formas da grafita. Tendo em vista que o teor de nodularidade é um dos principais parâmetros a serem avaliados nos ferros fundidos vermiculares, o aumento da precisão ao se mensurar o percentual destes nódulos na matriz é um fator indispensável no controle de qualidade do material.

Como pontos negativos do ataque com água régia em relação ao Nital vale ressaltar o risco ao operador durante o processo já que esse reagente apresenta um teor de acidez mais acentuado que o Nital.

REFERÊNCIAS

- COLPAERT, H., **Metalografia dos Produtos Siderúrgicos Comuns**, 3ª. ed. São Paulo, Edgard Blucher, 1974.
- Da Silva, L. R. R. et al, Cutting Temperatures in End Milling of Compacted Graphite Irons, NAMRC 46, 2018.
- Guesser, W.L., I. Baumer, A.P. Tschiptschin, G. Cueva, A. Sinatora, **Ferros Fundidos Empregados para Discos e Tambores de Freio**, Brake Colloquium, SAE, 2003.
- Guesser, W.L., P. Duran, W. Krause, **Compacted graphite iron for diesel engine cylinder blocks**, Congrès Le diesel: aujourd'hui et demain Ecole centrale, 12-13, 2004.
- Guesser, W.L., L.C. Guedes, **Desenvolvimentos recentes em ferros fundidos aplicados à indústria automobilística**, IX Simpósio de Engenharia Automotiva, AEA, São Paulo, 1997.
- Guesser, W.L., **Propriedades mecânicas dos ferros fundidos**, Blucher, 2009.
- VIEIRA, L. E. R. et al, **Comparação das técnicas de ataque químico convencional e profundo na avaliação da forma da grafita em ferros fundidos vermiculares**, CONEM, 2018.

SOBRE O ORGANIZADOR

Henrique Ajuz Holzmann - Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduação em Tecnologia em Fabricação Mecânica e Engenharia Mecânica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Doutorando em Engenharia e Ciência do Materiais pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Trabalha com os temas: Revestimentos resistentes a corrosão, Soldagem e Caracterização de revestimentos soldados.

Ricardo Vinicius Bubna Biscaia - Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduado em Engenharia Mecânica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Mestre em Engenharia Mecânica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Doutorando em Engenharia de Produção pela UTFPR. Trabalha com os temas: análise microestrutural e de microdureza de ferramentas de usinagem, modelo de referência e processo de desenvolvimento de produto e gestão da manutenção.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-248-7

