

Nanoarte: ciência e tecnologia dos materiais

Brendon Willian Guedes Barbosa

Graduado em Comunicação Social pelo UNIFATEA. Bolsista do Programa de Iniciação Científica - PIBITI - CNPq (2018-2021). Integrante do Grupo de Pesquisa certificado no Diretório de Grupos de Pesquisa do CNPq intitulado Grupo de Pesquisa em Projeto de Produto e Tecnologias Sociais (DGP CNPq) do Laboratório Wilson Kindlein Júnior no Centro Universitário Teresa D'Ávila - UNIFATEA

Brenda dos Santos Siqueira

Ensino fundamental E M Prof Climério Galvão Cesar(2017), ensino-medio pela ETEC padre Carlos Leôncio da Silva(2020). Bolsista do Programa de Iniciação Científica - PIBITI - CNPq (2018-2021).

Rosinei Batista Ribeiro

Pós Doutor em Engenharia Mecânica pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, FEG-UNESP,. Doutor em Engenharia Mecânica pela UNESP-FEG. Docente do Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Design, Tecnologia e Inovação - UniFATEA

Fernando Vernilli Júnior

Pós Doutor pela UFSCar, Doutor em Química pela UNESP, Mestre em Engenharia de Materiais e Engenheiro Químico pela EEL-USP.

RESUMO: A ciência algumas vezes pode parecer incompreensível pela sua complexidade, e quando se trata de nanotecnologia não é diferente. E por mais que possa soar curioso para saber “o que é nanotecnologia?”, a explicação pode ser difícil de entender, mas como apresentar um estudo sobre nanotecnologia e nanomateriais de uma forma mais lúdica e mais chamativa? Utilizando a nanoarte! A nanoarte é um conceito que combina arte e a ciência, e o objetivo do presente trabalho é apresentar de uma forma diferente um estudo de nanomateriais feito pela EEL-USP e transformado em arte pelo grupo de pesquisa do UNIFATEA, com o intuito de tornar a ciência mais compreensível, entendível e acessível ao maior número possível de pessoas.

PALAVRAS-CHAVE: nanoarte; nanotecnologia; microscópio eletrônico de varredura.

ABSTRACT: Science can sometimes seem incomprehensible because of its complexity, and when it comes to nanotechnology it is no different. And as much as it may sound curious to know “what is nanotechnology?”, The explanation may be difficult to understand, but how can we present a study on nanotechnology and nanomaterials in a more playful and more striking way? Using nanoart! Nanoart is a concept that combines art and science, and the aim of the present work is to present in a different way a study of nanomaterials made by EEL-USP and transformed into art by the research group of UNIFATEA, in order to make the more understandable, understandable and accessible science to as many people as possible.

KEYWORDS: nanoart; nanotechnology, scanning electron microscope

A nanoarte não tem apenas o simples objetivo de desenvolver arte por meio das estruturas visualizadas nas micrografias geradas pelos diversos microscópios de nível atômico, mas expor essas configurações de forma compreensível até para os mais leigos. Este trabalho foi realizado em parceria com o Grupo de Pesquisa Materiais Cerâmicos, do Departamento de Engenharia de Materiais (Demar) da Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo (EEL-USP), e com o Grupo de Pesquisa Projetos de Produto e Tecnologias Sociais, do Laboratório de Materiais, Texturas e Modelagens (professor doutor Wilson Kindlein Júnior) – Centro Universitário Teresa D’Ávila (Unifatea).

As micrografias foram obtidas via microscópio eletrônico de varredura (MEV) nos laboratórios da EEL-USP, em que foram conhecidos todos os processos para fazer a análise de material e obter as micrografias, e em seguida ocorreram o processamento digital e a análise das imagens no laboratório do Unifatea, sendo discutidos e estudados aspectos das micrografias, quais cores usar e como dar sentidos as micrografias originais.

A fim de promover a popularização da nanociência, propôs-se a trabalhar com a nanoarte em diversas micrografias eletrônicas de varredura obtidas pelos grupos de pesquisa Materiais Cerâmicos e Projetos de Produto e Tecnologias Sociais, promovendo a reflexão acerca dos avanços dessa tecnologia e, portanto, sua evolução pensando nos benefícios para a sociedade.

NANOTECNOLOGIA E NANOCIENCIA

A nanociência consiste no estudo dos fenômenos e na manipulação de materiais nas escalas atômica, molecular e macromolecular, cujas propriedades diferem significativamente daquelas em escala maior. Já a nanotecnologia compreende a produção e a utilização de dispositivos e sistemas que manipulam materiais em escala nanométrica. Nanociência e nanotecnologia comumente são interpretadas como a mesma coisa, apesar de terem definições diferentes (CARVALHO, 2011).

Desde a Antiguidade, a nanotecnologia já estava presente, porém os po-

vos não tinham discernimento sobre ela nem sobre a manipulação nanométrica em si. Gregos produziam vasos com qualidades plásticas e cores que eram geradas por partículas nanométricas, e romanos desenvolviam vidros multicoloridos aplicando uma mistura de pó de ouro e prata que, por meio do reflexo da luz em contato com o vidro, mudava de cor (CDMF, 2015).

A nanotecnologia já tem aplicações na sociedade e é muito promissora. Como exemplos de aplicações atuais, temos os semicondutores, chips de computadores, dispositivos para testes clínicos e biomateriais (STRAMBI, 2015). Seus conhecimentos podem ser aplicados em praticamente qualquer área científica, como nas áreas física, química, biológica, eletrônica, computacional e médica, representando assim uma futura revolução dos métodos e conhecimentos científicos atuais. Trata-se, portanto, de uma revolução tecnológica.

É possível utilizar a nanociência, como uma tecnologia moderna, para suprir necessidades, e, com a manipulação de átomos, podem-se criar novas necessidades e demandas que, por sua vez, criam a necessidade de obter conhecimentos avançados não só sobre técnicas e tecnologias atuais, mas novas também (FONSECA, 2013).

MICROSCÓPIO ELETRÔNICO DE VARREDURA

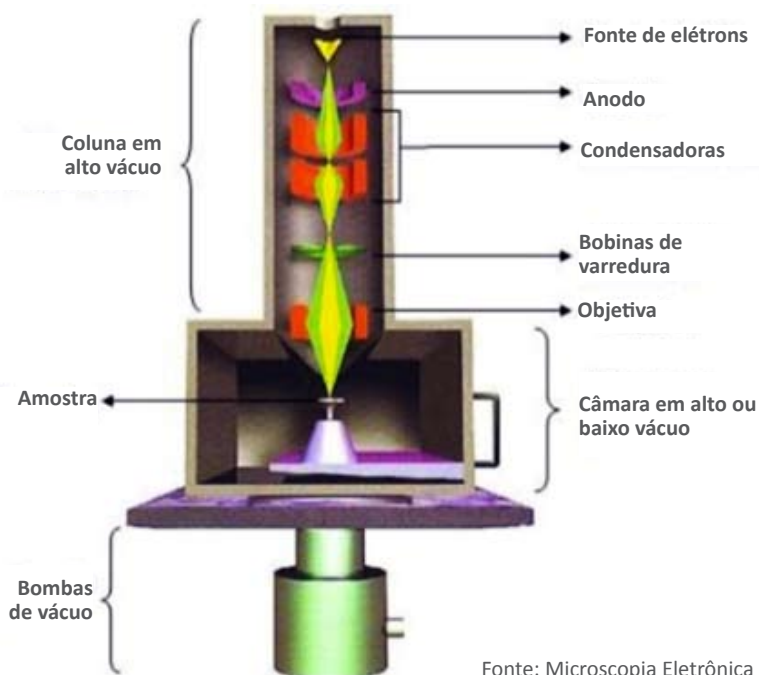
O MEV é um equipamento para observação e análise da microestrutura de materiais sólidos. Diferentemente dos microscópios ópticos, utiliza fei-

xe de elétrons em vez de fótons, o que permite que imagens em escala nano e de alta qualidade sejam geradas. A Figura 2 é representada por todas as etapas do MEV.

Um feixe de elétrons, geralmente produzido por um filamento de tungstênio (W) aquecido, varre a superfície da amostra linearmente. A tensão criada entre o filamento e o ânodo acelera o feixe. Depois, o feixe é direcionado à superfície da amostra por meio de lentes. A interação do feixe com a amostra produz elétrons e fótons que são detectados e convertidos para a imagem computadorizada. Geralmente são mais utilizados os elétrons secundários e/ou dos retroespalhados para tal, e a resolução espacial depende da energia em que esses raios produzidos são detectados (DEDAVID; GOMES; MACHADO, 2007).

Os elétrons secundários são produzidos pela interação do feixe de elétrons com a amostra. Possuem baixa energia, menor que 50 eV, e formam micrografias de alta resolução. Os elétrons retroespalhados (ERE) têm energia entre 50 eV até a energia dos elétrons primários. Os ERE com energia próxima dos elétrons primários sofreram espalhamento elástico, formando a maioria dos sinais de ERE. Os ERE de alta energia provêm de camadas mais superficiais da amostra, tendo poucas informações de profundidade. A intensidade dos ERE está relacionada com o número atômico da amostra: quanto maior o número, maior o retroespalhamento (DEDAVID; GOMES; MACHADO, 2007).

Figura 1: Desenho esquemático da coluna do microscópio eletrônico de varredura (MEV)



PROCESSAMENTO DIGITAL E ANÁLISE DE IMAGENS

Os materiais antes de serem analisados pelo MEV devem passar por um processo de preparo, para que seja possível a geração das micrografias. Em síntese, o material a ser analisado deve ter sua estrutura interna exposta, para que o feixe de elétrons consiga revelar a estrutura. Se a amostra é muito pequena, faz-se necessário moldá-la com resina de cura a frio antes do lixamento. Para isso, usa-se um recipiente removível como molde, coloca-se a amostra, adiciona-se a resina e espera-se esfriar ao tempo. As duas amostras foram moldadas com essa resina, por causa do seu pequeno tamanho.

A amostra deve passar pelo processo de lixamento. Para serem niveladas, existem diversas numerações de lixas; quanto menor o número, mais espes-

sa e agressiva é a lixa, e vice-versa. Às vezes, as lixas produzem deformações na amostra, sendo preciso utilizar lixas menos espessas para remover os artefatos. As duas amostras foram lixadas com um disco abrasivo de diamante, utilizando sequencialmente # 220, 500, 1.200 e 2.000.

Por fim, caso a amostra não seja eletrocondutora, deve-se incorporar algum material com essa característica na amostra, como por exemplo ouro ou cobre, para que ocorra o aterramento de elétrons, auxiliando na construção da imagem. As duas amostras estudadas neste trabalho, por serem materiais cerâmicos, precisaram incorporar algum material eletrocondutor.

Após todos os procedimentos, as amostras foram para a sessão de MEV. As análises dos materiais cerâmicos e terras de diatomáceas selecionados

ocorreram com o MEV Hitachi TM3000. A amostra preparada foi colocada dentro da câmara do equipamento. Fez-se a geração das micrografias por meio de um software, e nele se controlaram diversos aspectos da micrografia a ser gerada, sendo possível ajustar o nível de ampliação da micrografia, o brilho, o contraste e o foco.

NANOARTE

Nanoarte é toda forma de arte vinculada à nanociência ou à nanotecnologia que trabalha tanto com as tecnologias e os experimentos científicos em si quanto com os conceitos advindos dos fenômenos quânticos. Faz parte da corrente de manifestações artísticas contemporâneas na qual arte, ciência e tecnologia se unem cada vez mais (CARVALHO, 2011).

Por conseguinte, possibilita a participação de todos na evolução da nanociência, promovendo o pensamento filosófico e crítico por trás dessas figuras, que, por obra do acaso, se assemelham com as figuras presentes em nosso cotidiano e nos dizem muito sobre o comportamento das moléculas provenientes da física quântica.

Victoria Vesna, dos Estados Unidos, e o nanocientista escocês James Gimzewski são dois dos principais divulgadores da nanoarte. Ambos desenvolvem obras de arte e projetos educacionais de nanotecnologia. Em 2008, trouxeram para o Brasil a exposição Nano: a poética de um mundo novo, no Museu de Arte Brasileira da Fundação Armando Álvares Penteado (MABFA-AP), em São Paulo, que teve o objeti-

vo de aproximar o público das últimas descobertas no campo da nanociência, sempre estimulando as reflexões acerca dessas descobertas (BARROS, 2008).

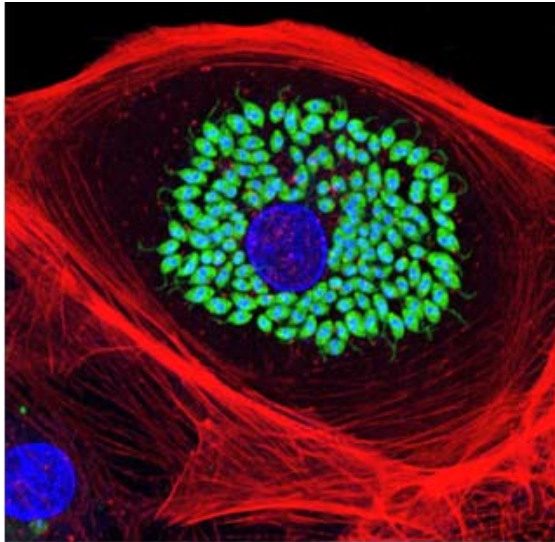
Usado para divulgar a ciência, o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) criou um prêmio chamado Fotografia – Ciência & Arte, que no ano de 2019 está na sua 8.^a edição, premiando fotografias em duas categorias. Na categoria 1, estão imagens produzidas por câmeras fotográficas sobre ambientes naturais e antrópicos. Pertencem à categoria 2 imagens produzidas por equipamentos especiais, sendo estes instrumentos ópticos eletromagnéticos e eletrônicos. Nos anos anteriores, 2017 e 2018, as fotos vencedoras da segunda categoria utilizaram os princípios da nanoarte recorrendo ao MEV, como evidenciado nas Figuras 2 e 3.

O site infelizmente não disponibiliza informações sobre as micrografias expostas. Esse incentivo evidencia a importância de se trabalhar com a nanoarte e como ela divulga a ciência de modo alternativo.

METODOLOGIA

A metodologia do trabalho baseia-se na pesquisa empírica em parceria com a EEL-USP, com o objetivo de pensar a nanoarte como uma reflexão filosófica. Foram feitos contato e fechamento de uma parceria entre o Unifatea e a EEL-USP, e, com isso, fizeram-se a confecção do referencial teórico e as imagens que serviram de objeto de estudo. As etapas da metodologia são apresentadas na Figura 4.

FIGURA 2: Fotografia vencedora do VII Prêmio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) de Fotografia – Ciência & Arte 2017



Fonte: disponível em: <<http://premios.cnpq.br/web/pfca/imagens-premiadas>>. Acesso em: 2019

FIGURA 3: Fotografia vencedora do VI Prêmio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) de Fotografia – Ciência & Arte 2018



Fonte: disponível em: <<http://premios.cnpq.br/web/pfca/imagens-premiadas>>. Acesso em: 2019

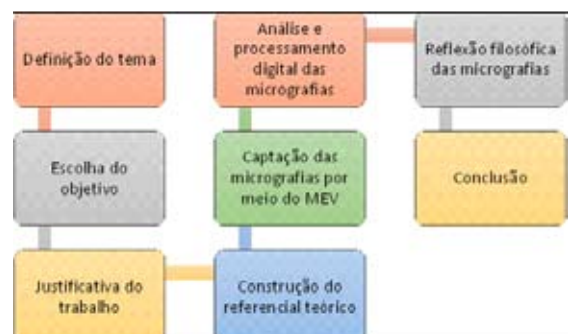
Este trabalho começou com a parceria entre as instituições Unifatea (Grupo de Pesquisa Projetos de Produto e Tecnologias Sociais, do Laboratório de Materiais, Texturas e Modelagens Prof. Dr. Wilson Kindlein Júnior) e EEL-USP (Demar). Os dois professores orientado-

res deste projeto, professor doutor Rosinei Batista Ribeiro (Unifatea) e professor doutor Fernando Vernilli Junior (EEL-USP), juntamente com alunos pesquisadores do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (Pibiti) envolvidos neste projeto, nessa ocasião definiram o tema nanoarte como foco, envolvendo a interdisciplinaridade nas áreas de engenharia de materiais, design e comunicação social, além da interinstitucionalidade entre EEL-USP e Unifatea.

Os objetivos foram definidos em conversas e discussões entre as instituições. O primeiro objetivo foi evidenciar a parceria entre ambas, entre os diferentes departamentos e entre as várias áreas abordadas no trabalho, que são engenharia de materiais, design e comunicação social. Outros objetivos deste trabalho foram a divulgação científica de forma simplificada e de fácil compreensão e a utilização de elementos da comunicação social, design e engenharia de materiais para a popularização da ciência.

A justificativa do estudo é devolver para a sociedade o investimento da bolsa concedida pelo CNPq por meio deste trabalho, que visa divulgar e popularizar a pesquisa científica e a ciência.

FIGURA 4: Mapeamento da metodologia utilizada para o desenvolvimento do projeto



Fonte: Primária

O referencial teórico foi construído com base em constantes pesquisas sobre os temas nanociência, nanotecnologia, nanoarte, engenharia de materiais, design e comunicação social, dando base para o seguimento da nossa proposta, de nossos objetivos e justificativas.

As captações das micrografias foram obtidas com visitas na EEL-USP, no Departamento de Materiais Cerâmicos, para aprender sobre o processo de utilização do MEV, conhecendo o processo de preparação de amostra, que passa por um metalizador. Depois disso, a amostra é colocada dentro do MEV, e dali é movida para ser analisadas a sua superfície e suas microestruturas, suas topografias e morfologias. Com a amostra dentro do MEV, as micrografias são capturadas e salvas. Essas microestruturas, originalmente cruas, são nas cores preto e branco. As Figuras 5 e 6 são do aparelho metalizador e do MEV.

As discussões referentes ao processamento digital das micrografias e as análises filosóficas foram feitas no Laboratório de Materiais, Texturas e Mo-

delagens Prof. Dr. Wilson Kindlein Júnior, Figura 7.

Avaliaram-se primeiramente as micrografias originais para verificar pontos que se relacionam com o nosso cotidiano, semelhanças de aspectos naturais, releituras de obras artísticas e representação da filosofia oriental que trabalha sua filosofia, também por meio de pinturas de jardins e paisagens.

Logo depois, observou-se o que a micrografia representava com o Software Adobe Photoshop® foram aplicados filtros e cores com base na psicologia das cores, para transmitir o que observamos em cada micrografia.

A conclusão que se tira deste trabalho é a importância da parceria interdisciplinar e interinstitucional para a divulgação e popularização da ciência e como a sociedade vai enxergar a ciência por meio disso. Foi de significativa relevância a parceria com o DEMAR (EEL-USP), para o desenvolvimento deste estudo, por conta dos equipamentos de obtenção das micrografias e da riqueza de conhecimento da área de engenharia

FIGURA 5: Aparelho metalizador para revestimento condutor das amostras para a análise via microscopia eletrônica de varredura.



Fonte: Primária (2018)

FIGURA 6: Microscópio eletrônico de varredura (MEV)



Fonte: primária (2018)

de materiais, contribuindo muito para o projeto; e com o UNIFATEA, que disponibilizou o laboratório para o tratamento das micrografias.

RESULTADOS DE DISCUSSÕES

A primeira amostra de micrografia foi desenvolvida numa parceria entre o UNIFATEA e a UNIFEI. Nela se utilizou o descarte de terra de diatomáceas empregadas em produções cervejeiras no Brasil que trabalham na produção do gesso TD para a análise desse material. A Figura 8 mostra a micrografia obtida da terra de diatomáceas, e a Figura 09 apresenta a mesma micrografia após a análise e o processamento digital por meio do Software Adobe Photoshop®.

Na Figura 09 a micrografia é caracterizada pelas vegetações marinhas, inspirada no movimento artístico impressionismo, cuja premissa trata das percepções do mundo natural, do modo



FIGURA 7 – Laboratório de Materiais, Texturas e Modelagens Prof. Dr. Wilson Kindlein Júnior

Fonte: Primária (2018)

como se via, e comumente suas obras são retratações de paisagens naturais, plantas, céu, mar, entre outros aspectos naturais.

No impressionismo se tem preocupação com luzes e efeitos, suas variações, mutações, superfície e com os detalhes que caracterizam a impressão conforme o natural (STRAMBI, M. L. 2015).

Para fazer o processamento digital da imagem colocando características do impressionismo (iluminação, variação e superfície) e características da natureza como o fundo do mar, foram utilizadas cores como o verde em duas tonalidades, para dar noção de proximidade e profundidade, assim como filtros para clarear e escurecer alguns pontos da micrografia. Aplicamos a cor amarela para remeter aos corais e às composições da vegetação marinha, assim como a cor marrom, que também foi usada para compor a vegetação.

A segunda micrografia foi uma amostra do material cerâmico em alumina (Al_2O_3) que faz parte de um estudo que analisa a superfície do material, sua composição e as microestruturas, para entender o motivo das fraturas que esses materiais sofrem. As Figuras 10 e 11 representam a micrografia original preta e branca e a micrografia após o processamento digital.

A Figura 11 tem grandes semelhanças com a bandeira do Brasil, sobre a qual foi discutida com o grupo de pesquisa mediante aspectos do nosso cotidiano, e foram trabalhadas as cores da bandeira brasileira.

A cor verde foi aplicada nos extremos da micrografia para remeter à parte externa da bandeira do Brasil, que representa as matas e as florestas do país. Em-

FIGURA 8: Micrografia da amostra de terra de diatomáceas

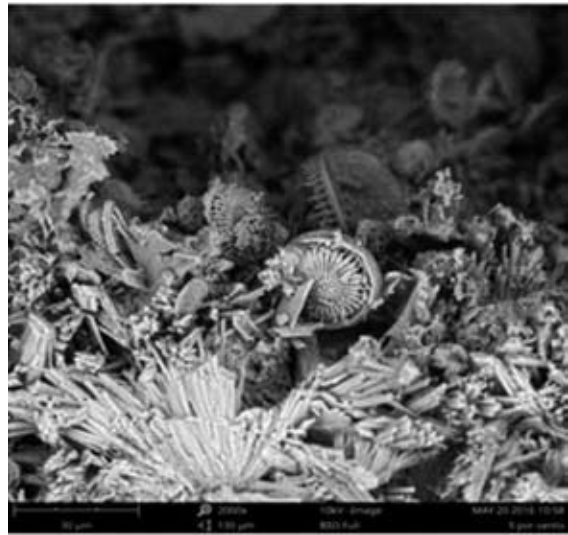


FIGURA 09: Micrografia com processamento digital denominado de Nas Profundezas do Mar



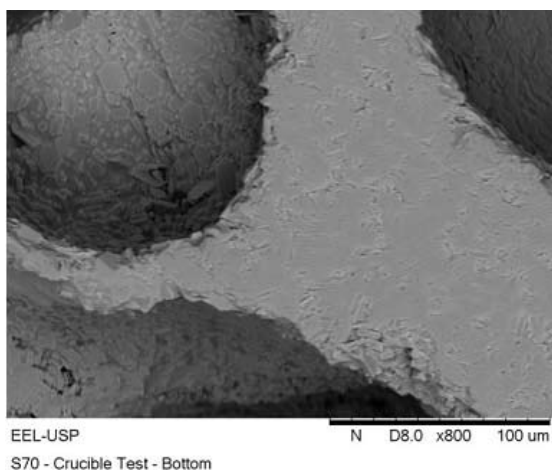
Fonte: Primária

pregou-se a cor amarela na transversal da micrografia em formato quadrilátero no meio da bandeira, representando as riquezas. No canto superior esquerdo da micrografia foi empregada a cor azul, remetendo-se ao círculo central da bandeira, que equivale ao céu e aos mares, e a cor branca aplicada nas cadeias da microestrutura representam as estrelas da bandeira do Brasil, indicando o desejo pela paz.

Percebeu-se nas micrografias obtidas e trabalhadas que há semelhança com elementos comuns do cotidiano, ou até mesmo com a natureza, abrindo espaço assim para a reflexão acerca da vida e do trabalho, e com essa possibilidade, foram produzidas algumas nanoartes

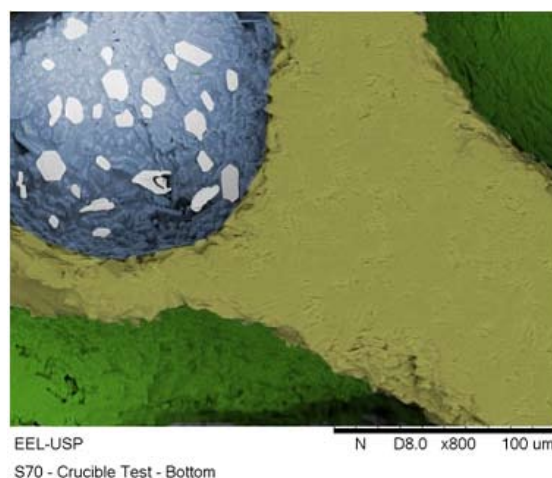
com os conceitos pessoais dos autores e sobre a perspectiva do arcabouço cultural individual, e com o intuito de não influenciar na percepção de cada pessoa, há algumas sem descrição, apenas título, como as imagens a seguir:

FIGURA 10: Micrografia eletrônica de varredura de óxido de alumina



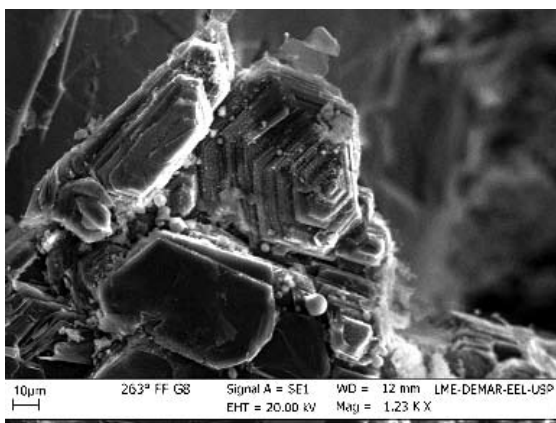
Fonte: Primária

FIGURA 11: Micrografia com processamento digital denominado de Bandeira do Brasil



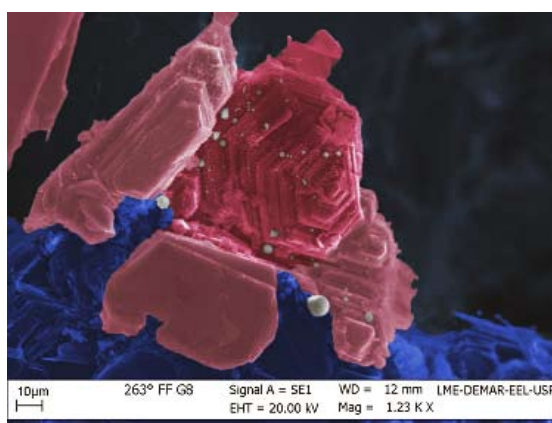
Fonte: Primária

FIGURA 12: Micrografia eletrônica de varredura de óxido de alumina



Fonte: Primária

FIGURA 13: Micrografia com processamento digital denominado de Camélias



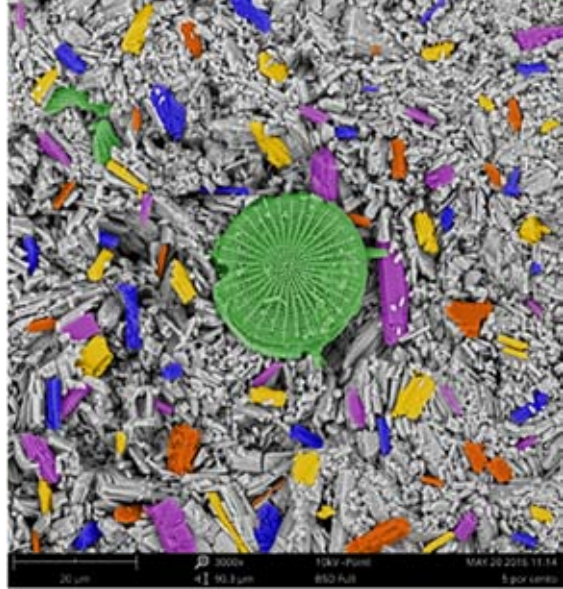
Fonte: Primária

FIGURA 14: Micrografia da amostra de terra de diatomáceas



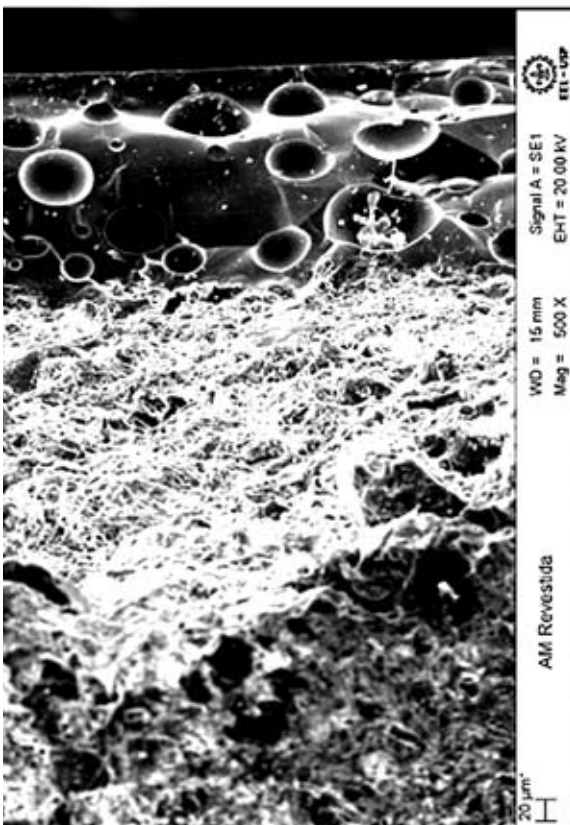
Fonte: Primária

FIGURA 15: Micrografia com processamento digital denominado de Carnaval



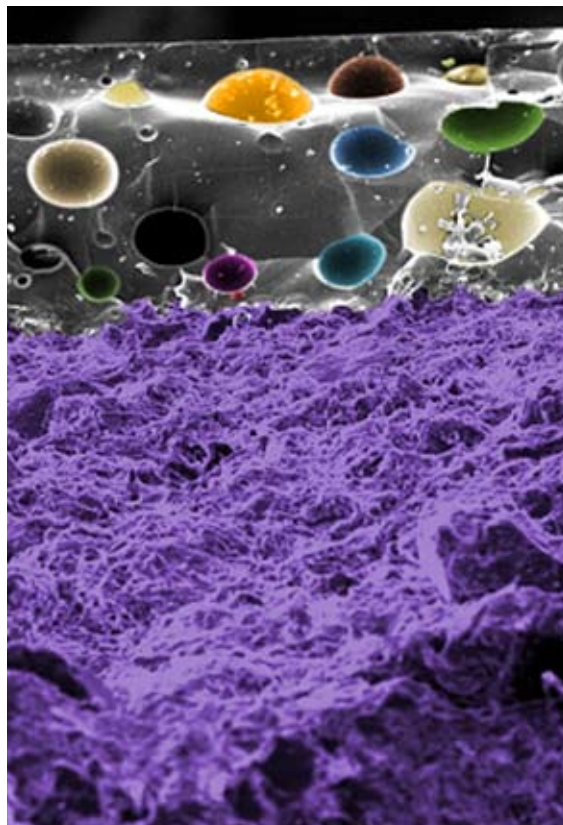
Fonte: Primária

FIGURA 16: Micrografia eletrônica de varredura de óxido de alumina



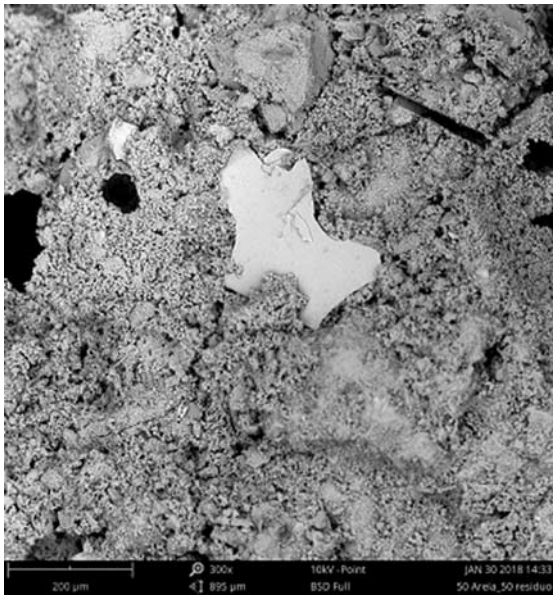
Fonte: Primária

FIGURA 17: Micrografia com processamento digital denominado de Cada ser humano



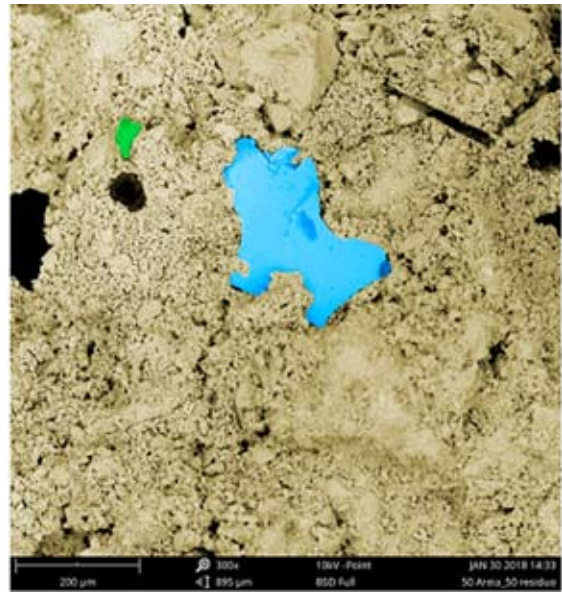
Fonte: Primária

FIGURA 18: Micrografia da amostra de terra de diatomáceas



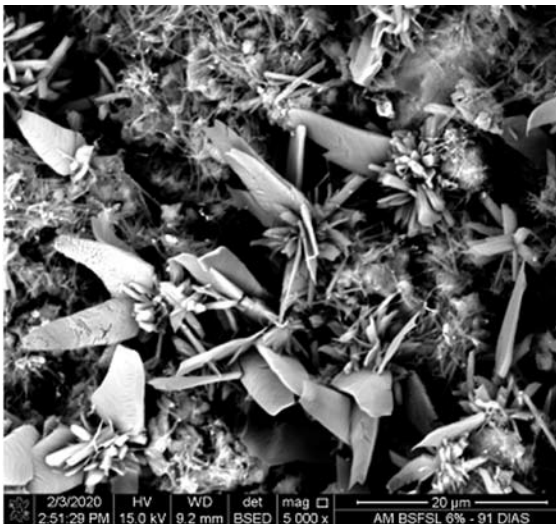
Fonte: Primária

FIGURA 19: Micrografia com processamento digital denominado de Dog



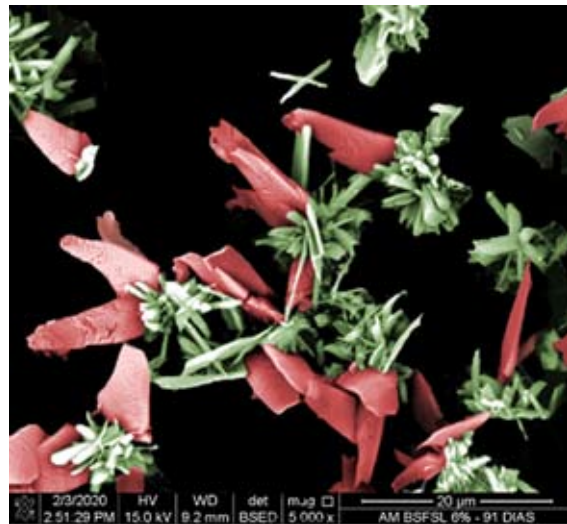
Fonte: Primária

FIGURA 20: Micrografia eletrônica de varredura de óxido de alumina



Fonte: Primária

FIGURA 21: Micrografia com processamento digital denominado de Flower Boy



Fonte: Primária

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho contribuiu significativamente no campo interdisciplinar nas áreas da engenharia de materiais, design e comunicação social por meio da obtenção das micrografias eletrônicas

de varredura de diferentes materiais cerâmicos e terras de diatomáceas.

Estrategicamente, destacaram-se as relações interinstitucionais entre os diferentes grupos de pesquisa credenciados pelo CNPq e o estreitamento dos laços de pesquisa entre o UNIFATEA e

a EEL-USP.

Evidenciou-se que nos estudos avançados no tocante à obtenção das micrografias eletrônicas de varredura, a nanoarte colabora com a leitura mais lúdica acerca da ciência da natureza e dos aspectos cotidianos, valorizando a identidade das riquezas nacionais.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq a concessão da bolsa do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (PIBITI). ■

REFERÊNCIAS

- BARROS, A. **Nano arte, a poética metafórica**. 2008. Disponível em <<http://anpap.org.br/anais/2008/artigos/142.pdf>>. Acesso em: 29 mar. 2018.
- CARVALHO, R. S. H. de. **Nanoarte: a poética do espírito**. 103f. Dissertação (Mestrado em Artes) – Universidade de Brasília, Brasília, 2011. Disponível em: <<http://repositorio.unb.br/handle/10482/10032>>. Acesso em: 29 mar. 2018.
- CENTRO DE DESENVOLVIMENTO DE MATERIAIS FUNCIONAIS (CDMF). **Nanoarte: a arte de fazer arte**. São Carlos: Aptor, 2015.
- DEDAVID, B. A.; GOMES, C. I.; MACHADO, G. **Microscopia eletrônica de varredura: aplicações e preparação de amostras**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007. Disponível em: <<http://www.pucrs.br/edipucrs/online/microscopia.pdf>>. Acesso em: 29 mar. 2018.
- FONSECA, L. S. G. **Tecnologias contemporâneas: ainda há o que temer?** Pensando, Piauí, 2013. Disponível em: <<http://www.ojs.ufpi.br/index.php/pensando/article/view/1327>>. Acesso em: 29 mar. 2018.
- FORMIGA, M. A. **Uma abordagem introdutória de alguns conceitos e aplicações de nanotecnologia no ensino médio**. 23f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Física) – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2016. Disponível em: <<http://dspace.bc.uepb.edu.br/jspui/handle/123456789/10071>>. Acesso em: 29 mar. 2018.
- HERMES, E. G. C.; BASTOS, P. R. H. de O. **Nanotecnologia: progresso científico, material, global e ético**. Persona y Bioética, Chia, v. 18, n. 2, p. 107-118, dez. 2014.
- IBM ATOM MANIPULATION DEMONSTRATION. **Finarteamerica**, 2018. Disponível em: <<https://tecnoblog.net/247956/referencia-site-abnt-artigos/>>. Acesso em: 15 set. 2019.
- IMPRESSIONISMO. **Arte & Artistas**. 2017. Disponível em: <<https://arteeartistas.com.br/impressionismo/>>. Acesso em: 22 nov. 2019.
- MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA. **Departamento Física Aplicada Instituto de Física USP**. 2018. Disponível em: <<http://fap.if.usp.br>>. Acesso em: 2 jun. 2018.
- STRAMBI, M. L. **Aurum in connection: investigações em nanoarte**. Visuais, v. 1, n. 1, 2015. Disponível em: <<https://www.publionline.iar.unicamp.br/index.php/visuais/article/view/349/348>>. Acesso em: 29 mar. 2018.