



As Engenharias frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente 3

Henrique Ajuz Holzmann
(Organizador)

Henrique Ajuz Holzmann
(Organizador)

As Engenharias frente a Sociedade, a
Economia e o Meio Ambiente 3

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Executiva: Prof^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Natália Sandrini
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores

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

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

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
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^a Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof^a Dr^a Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof^a Dr^a Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof.^a Dr.^a Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
E57	As engenharias frente a sociedade, a economia e o meio ambiente 3 [recurso eletrônico] / Organizador Henrique Ajuz Holzmann. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (As Engenharias Frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente; v. 3) Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-432-0 DOI 10.22533/at.ed.320192506 1. Engenharia – Aspectos sociais. 2. Engenharia – Aspectos econômicos. 3. Desenvolvimento sustentável. I. Holzmann, Henrique Ajuz. II. Série. CDD 658.5
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

As obras As Engenharias frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente Volume 1, 2, 3 e 4 abordam os mais diversos assuntos sobre métodos e ferramentas nas diversas áreas das engenharias a fim de melhorar a relação do homem com o meio ambiente e seus recursos.

O Volume 1 está disposto em 31 capítulos, com assuntos voltados a engenharia do meio ambiente, apresentando processos de recuperação e reaproveitamento de resíduos e uma melhor aplicação dos recursos disponíveis no ambiente, além do panorama sobre novos métodos de obtenção limpa da energia.

Já o Volume 2, está organizado em 32 capítulos e apresenta uma vertente ligada ao estudo dos solos e águas, com estudos de sua melhor utilização, visando uma menor degradação do ambiente; com aplicações voltadas a construção civil de baixo impacto.

O Volume 3 apresenta estudos de materiais para aplicação eficiente e econômica em projetos, bem como o desenvolvimento de projetos mecânico e eletroeletrônicos voltados a otimização industrial e a redução de impacto ambiental, sendo organizados na forma de 28 capítulos.

No último Volume, são apresentados capítulos com temas referentes a engenharia de alimentos, e a melhoria em processos e produtos.

Desta forma um compendio de temas e abordagens que facilitam as relações entre ensino-aprendizado são apresentados, a fim de se levantar dados e propostas para novas discussões em relação ao ensino nas engenharias, de maneira atual e com a aplicação das tecnologias hoje disponíveis.

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
ANÁLISE DE PROPRIEDADES MECÂNICAS DE COMPÓSITOS CERÂMICOS DE ALUMINA-ZIRCÔNIA PARA APLICAÇÃO COMO FERRAMENTAS DE CORTE	
Miguel Adriano Inácio Maria do Carmo de Andrade Nono José Vitor Cândido de Souza Sergio Luiz Mineiro Daniel Alessandro Nono	
DOI 10.22533/at.ed.3201925061	
CAPÍTULO 2	10
SIMULAÇÃO NUMÉRICA DE MODELO ELASTOPLÁSTICO EM ROCHA CARBONÁTICA CARSTIFICADA	
Rayane Conceição Ribeiro da Silveira Mattos Daniel Araújo Farias de Melo Marinésio Pinheiro de Lima Tiago de Freitas Viana Igor Fernandes Gomes Leonardo José do Nascimento Guimarães	
DOI 10.22533/at.ed.3201925062	
CAPÍTULO 3	26
A INFLUÊNCIA DO NITROGÊNIO EM AÇOS INOXIDÁVEIS AUSTENÍTICOS COM APLICAÇÃO EM PRÓTESES ORTOPÉDICAS	
Glauber Rodrigues Cerqueira de Cerqueira Pedro Eliézer de Araújo Júnior	
DOI 10.22533/at.ed.3201925063	
CAPÍTULO 4	42
MICROPOROUS ACTIVATED CARBON FIBER FELT FROM BRAZILIAN TEXTILE PAN FIBER: PREPARATION, CHARACTERIZATION AND APPLICATION AS SUPERCAPACITOR ELECTRODE	
Jossano Saldanha Marcuzzo Aline Castilho Rodrigues Andres Cuña Nestor Tancredi Eduardo Mendez Heide Heloise Bernardi Mauricio Ribeiro Baldan	
DOI 10.22533/at.ed.3201925064	
CAPÍTULO 5	55
ANÁLISE COMPARADA DE UM AGREGADO DE ESCÓRIA DE ACIARIA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LASTRO DE VIAS FÉRREAS DO TIPO <i>HEAVY HAUL</i> POR MEIO DE ENSAIOS TRIAXIAIS	
Bruno Guimarães Delgado Antônio Viana da Fonseca Eduardo Fortunato Daniela Raquel Ferreira Coelho	
DOI 10.22533/at.ed.3201925065	

CAPÍTULO 6	71
CARACTERIZAÇÃO EM FADIGA POR FLEXÃO ROTATIVA DE FIOS DE ARAME DE SOLDA	
Ingrid Ariani Belineli Barbosa	
Heide Heloise Bernardi	
William Marcos Muniz Menezes	
DOI 10.22533/at.ed.3201925066	
CAPÍTULO 7	80
ESTUDO DA MICROESTRUTURA NA ZONA TERMICAMENTE AFETADA COM A VARIAÇÃO DOS PARÂMETROS DE SOLDAGEM	
Luís Henrique Pires da Silva	
Alex Sander Chaves da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.3201925067	
CAPÍTULO 8	92
ESTUDO DA USINAGEM DA SUPERLIGA A BASE DE FERRO-NÍQUEL UTILIZANDO FERRAMENTA CERÂMICA	
Eduardo Pires Bonhin	
Sarah David Müzel	
Marcel Yuzo Kondo	
Lúcia de Almeida Ribeiro	
José Vitor Candido de Souza	
Marcos Valério Ribeiro	
DOI 10.22533/at.ed.3201925068	
CAPÍTULO 9	100
CONSTRUÇÃO DE UMA MÁQUINA DE NÉVOA SALINA ATENDENDO AOS REQUISITOS MÍNIMOS CONTIDOS NAS NORMAS ISO 9227 e ASTM B-117	
Leonardo de Souza Coutinho	
Alexandre Alvarenga Palmeira	
DOI 10.22533/at.ed.3201925069	
CAPÍTULO 10	111
MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA: COLHEITADEIRAS AXIAIS X RADIAIS	
Filipi José Arantes Lemos	
João Mario Mendes de Freitas	
DOI 10.22533/at.ed.32019250610	
CAPÍTULO 11	127
MÉTODO DE OTIMIZAÇÃO TOPOLÓGICA PARA O PROJETO DE MODELOS DE BIELAS E TIRANTES	
Jamile Maria Araujo Tavares	
Rejane Martins Fernandes Canha	
DOI 10.22533/at.ed.32019250611	
CAPÍTULO 12	142
ESTUDO NUMÉRICO DE UM EQUIPAMENTO DE SECAGEM	
Eduardo Dal Piva Schuch	
Magaiver Gabriel Lamp	
Conrado Mendes Morais	
Ângela Beatrice Dewes Moura	
DOI 10.22533/at.ed.32019250612	

CAPÍTULO 13	153
SISTEMA DE AQUECIMENTO DE ÁGUA A COMBUSTÃO DE GASOLINA	
Felipe Michael Grein	
Jean Lucas Pereira	
Luiz Felipe Weck	
Olaf Graupmann	
DOI 10.22533/at.ed.32019250613	
CAPÍTULO 14	156
MODELAGEM DE PID PARA SISTEMA DE CONTROLE DE RAMPAS DE TEMPERATURA EM BRASSAGEM	
Gabriel Queiroz	
Marcelo Barros de Almeida	
Márcio Jose da Cunha	
DOI 10.22533/at.ed.32019250614	
CAPÍTULO 15	168
MODELAGEM MATEMÁTICA DE SISTEMAS DINÂMICOS: UMA ABORDAGEM DIDÁTICA	
Lucas Divino Alves	
Neylor Makalister Ribeiro Vieira	
Emerson Paulino dos Reis	
DOI 10.22533/at.ed.32019250615	
CAPÍTULO 16	183
APLICAÇÃO E ANÁLISE VIA MEC EM PROBLEMAS DE TERMOELASTICIDADE 2D	
Luis Vinicius Pereira Silva	
Gilberto Gomes	
João Carlos Barleta Uchôa	
DOI 10.22533/at.ed.32019250616	
CAPÍTULO 17	198
SIMULAÇÃO NUMÉRICA DA INJEÇÃO DE ÁGUA EM RESERVATÓRIO DE PETRÓLEO HETEROGÊNEO	
Raquel Oliveira Lima	
José Arthur Oliveira Santos	
Antônio Jorge Vasconcellos Garcia	
Felipe Barreiros Gomes	
DOI 10.22533/at.ed.32019250617	
CAPÍTULO 18	207
TANQUES FLASH: DIMENSIONAMENTO E ANÁLISE DE CUSTOS NO SOFTWARE DE MODELAGEM E SIMULAÇÃO EMSO	
Erich Potrich	
Sérgio Correia da Silva	
Larissa Souza Amaral	
DOI 10.22533/at.ed.32019250618	

CAPÍTULO 19	215
AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE DEPOSIÇÃO ORGÂNICA EM OPERAÇÕES DE MISTURA DE PETRÓLEOS NO TANQUE DE ESTOCAGEM EM REFINARIAS DE PETRÓLEO	
Rosberguer de Almeida Camargo	
Mauren Costa da Silva	
Rafael Beltrame	
Darci Alberto Gatto	
Antônio Carlos da Silva Ramos	
DOI 10.22533/at.ed.32019250619	
CAPÍTULO 20	223
AVALIAÇÃO DE UM SISTEMA EMBARCADO PARA MENSURAR A ILUMINÂNCIA EM UM AVIÁRIO EXPERIMENTAL	
Giovanni Polette Dalla Libera	
Victor Moreira Leão	
Vitor Augusto de Sousa	
Matheus Fernando Lima Zuccherelli de Souza	
Renata Lima Zuccherelli de Oliveira	
Marcelo Eduardo de Oliveira	
Adriano Rogério Bruno Tech	
DOI 10.22533/at.ed.32019250620	
CAPÍTULO 21	230
CONTROLADOR FUZZY SINTONIZADO POR ALGORITMO GENÉTICO EM SISTEMA DE ARMAZENAMENTO DE ENERGIA	
Lenon Diniz Seixas	
Diego Solak Castanho	
Hugo Valadares Siqueira	
Fernanda Cristina Corrêa	
DOI 10.22533/at.ed.32019250621	
CAPÍTULO 22	243
CONTROLADORES ROBUSTO APLICADO A CONVERSORES CC-CC	
Luiz Otávio Limurci dos Santos	
Luiz Antonio Maccari Junior	
DOI 10.22533/at.ed.32019250622	
CAPÍTULO 23	261
PROPOSTA DE PLATAFORMA PARA ESTUDO DE MOTOR A RELUTÂNCIA VARIÁVEL 8/6	
Marcos José de Moraes Filho	
Luciano Coutinho Gomes	
Darizon Alves de Andrade	
Josemar Alves dos Santos Junior	
Wanberton Gabriel de Souza	
Cássio Alves de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.32019250623	

CAPÍTULO 24	275
ESTUDO COMPARATIVO DE MODELAGENS DE ENROLAMENTOS DE UM TRANSFORMADOR UTILIZANDO O MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS PARA ANÁLISES DE ESFORÇOS ELETROME CÂNICOS	
Pedro Henrique Aquino Barra Arnaldo José Pereira Rosentino Junior Antônio Carlos Delaiba	
DOI 10.22533/at.ed.32019250624	
CAPÍTULO 25	287
PROCEDIMENTO PARA AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DO LAÇO DE HISTERESE MAGNÉTICA	
Vitor Hörbe Pereira Da Costa Antônio Flavio Licarião Nogueira Leonardo José Amador Salas Maldonado	
DOI 10.22533/at.ed.32019250625	
CAPÍTULO 26	294
SIMULAÇÕES DE DISTRIBUIÇÃO DE CAMPO E CORRENTE ELÉTRICA EM TECIDOS BIOLÓGICOS	
Guilherme Brasil Pintarelli Afrânio de Castro Antonio Jr. Raul Guedert Sandra Cossul Daniela Ota Hisayasu Suzuki	
DOI 10.22533/at.ed.32019250626	
CAPÍTULO 27	307
SISTEMA DE PRESENÇA UTILIZANDO IDENTIFICAÇÃO POR RADIOFREQUÊNCIA	
Giovani Formaggio Mateus Ricardo Barroso Leite	
DOI 10.22533/at.ed.32019250627	
CAPÍTULO 28	322
SISTEMAS DEFASADORES EM ALTA FREQUÊNCIA UTILIZANDO MICROFITA EM SUBSTRATO FR4	
Jobson De Araújo Nascimento José Moraes Gurgel Neto Alexsandro Aleixo Pereira da Silva Regina Maria de Lima Neta	
DOI 10.22533/at.ed.32019250628	
CAPÍTULO 29	333
ANÁLISES DA RUPTURA EM TRECHO DA BR-060 NO MUNICÍPIO DE ALEXÂNIA, GOIÁS, E CONDIÇÕES APÓS SEIS ANOS DA RECUPERAÇÃO	
Rideci Farias Tiago Matias Lino Haroldo da Silva Paranhos Itamar de Souza Bezerra Ranieri Araújo Farias Dias Alexsandra Maiberg Hausser	
DOI 10.22533/at.ed.32019250629	
SOBRE O ORGANIZADOR	346

ANÁLISE DE PROPRIEDADES MECÂNICAS DE COMPÓSITOS CERÂMICOS DE ALUMINA-ZIRCÔNIA PARA APLICAÇÃO COMO FERRAMENTAS DE CORTE

Miguel Adriano Inácio

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE),
LABAS , São José dos Campos, SP, Brasil.

Maria do Carmo de Andrade Nono

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE),
LABAS , São José dos Campos, SP, Brasil.

José Vitor Cândido de Souza

Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Filho, UNESP SP –Brasil.

Sergio Luiz Mineiro

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE),
LABAS,
São José dos Campos, SP, Brasil.

Daniel Alessander Nono

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE),
LABAS,
São José dos Campos, SP, Brasil.

RESUMO: Cerâmicas de alumina apresentam várias propriedades superiores à maioria dos materiais cerâmicos, tais como: resistência à fratura, dureza, resistência ao desgaste, estabilidades química e térmica. Porém, seu uso como cerâmica estrutural é limitado pelos valores pequenos de tenacidade à fratura (2 a 4 MPa). Estes valores podem ser aumentados adicionando-se zircônia tetragonal policristalina (TZP) à matriz de alumina, formando um compósito Al_2O_3 - ZrO_2 . Propriedades mecânicas de dureza e de tenacidade à fratura de

compósitos de alumina-zircônia com diferentes quantidades de ZrO_2 (de 30 e 18,5 % em peso) foram estudadas. Os pós foram misturados a úmido em moinho de bolas, compactados com 50 MPa (prensagem uniaxial), 300 MPa (prensagem isostática) e sinterizados ao ar em 1600 °C, por 3 horas. Após as caracterizações químicas e físicas (difração de raios X, microscopia óptica de varredura e densidade) os resultados indicaram um aumento de tenacidade à fratura no compósito $0,815Al_2O_3$ - $0,185ZrO_2$.

PALAVRAS CHAVE: zircônia, alumina, ferramenta de corte, tenacidade.

MECHANICAL PROPERTIES ANALYSIS OF ALUMINA-ZIRCONIA COMPOSITE CERAMIC FOR APPLICATION AS CUTTING TOOLS

ABSTRACT: Alumina ceramics present various superior properties to most ceramic materials, such as fracture strength, hardness, wear resistance, chemical and thermal stabilities. However, its use as structural ceramics is limited by the small values of fracture toughness (2-4 MPa). These values can be increased by adding tetragonal zirconia polycrystals (TZP) to the alumina matrix forming a ZrO_2 - Al_2O_3 composite. Mechanical properties of Hardness and fracture toughness of alumina-zirconia composites with

different amounts of ZrO₂ (30 and 18.5 wt%) were studied. The powders were mixed in a ball mill, compacted at 50 MPa (uniaxial), 300 MPa (isostatic pressing) and sintered in air at 1600 °C for 2 hours. After the chemical and physical characterizations (X-ray diffraction, optical microscopy and density) the results indicated an increase in fracture toughness in 0.815 Al₂O₃ composite - 0.185 ZrO₂.

KEYWORDS: zirconia, alumina, cutting tool, toughness.

1 | INTRODUÇÃO

O atual cenário mundial necessita de grandes esforços por parte de pesquisadores direcionados ao desenvolvimento de novos materiais. Neste contexto encontram-se as cerâmicas de alumina e zircônia como alternativa em diversos campos e dentre eles no campo tribológico. Os materiais cerâmicos, de um modo geral, são relativamente limitados em termos das suas aplicações devido às suas propriedades mecânicas, as quais, em muitos aspectos, são inferiores às aquelas exibidas por outros materiais, a exemplo, os metais. A principal desvantagem é a disposição à fratura catastrófica de maneira frágil com absorção de energia muito pequena. Porém, cerâmicas à base de alumina e de zircônia, após processamento adequado, podem apresentar altas densidades e microestrutura controladas, tornando-se qualificadas para garantir um alto desempenho mecânico. Isso faz com que as indústrias de manufaturas gastem cada vez mais tempo no processo de fabricação. Dentre os mais importantes processos de fabricação, destacam-se os processos de usinagem que possuem uma parcela considerável do custo final do produto, sendo de grande importância o desenvolvimento de novos materiais para ferramentas de corte que possibilitem trabalhar com velocidades cada vez maiores e a um custo cada vez mais reduzido. A seleção de materiais para componentes em aplicações tribológicas não é baseada somente no comportamento tribológico, mas requer uma avaliação prévia do seu desempenho, resistência à corrosão, fluência, tensão, compressão, dobragem e fadiga, estabilidade dimensional, propriedades térmicas, tipo de fabricação e custos. O presente trabalho trata do estudo e desenvolvimento de ferramentas cerâmicas de corte de ZTA - zircônia tetragonal - alumina para aplicações em usinagem de materiais utilizados pelas indústrias Aeroespaciais, com objetivo de obter possíveis avanços tecnológicos e redução de custo. O processamento e caracterização das composições desenvolvidas nesse trabalho visou a obtenção de cerâmicas densas de alta resistência para posteriores testes como ferramentas de corte sendo que a seleção dos pós precursores deve-se a características peculiares dos materiais Al₂O₃ e nano 3Y-ZrO₂ como boa dureza e resistência mecânica para alumina e boa tenacidade para a zircônia com o objetivo de se observar de maneira sistemática a importância dessas propriedades para aplicações como ferramentas de corte. Porém, fatos como obtenção de propriedades mecânicas consolidadas pelas fases obtidas, e microestrutura adequada devem fazer parte da continuidade dos estudos para que se

possa obter uma ferramenta com excelentes propriedades físicas e mecânicas.

2 | PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

2.1 Materiais

Neste item são apresentadas as características principais dos materiais utilizados durante os experimentos, bem como sua identificação e procedência. Os materiais que foram utilizados neste trabalho são adquiridos comercialmente.

a) Pó de zircônia (ZrO_2) nanoparticulado dopado com Ítria.

A zircônia utilizada foi a zircônia policristalina estabilizada com 3 % mol ou 5,2 % em peso de ítria (Y_2O_3), ZS2 da Shandong Zhongshun Sci. & Tech. Devel. Co. Ltd.

b) Pó de Alumina ($\alpha-Al_2O_3$) submicroparticulado.

O pó de alumina reativa OP1000 submicroparticulado comercial utilizado neste trabalho foi fornecido pela empresa pela Alacan-Alumínio do Brasil Ltda.

2.2 Mistura

A composição estudada teve como base óxido de alumínio submicrométrico ($\alpha-Al_2O_3$) e óxido de zircônio estabilizado com óxido de ítria nanométrico ($3Y-ZrO_2$). Utilizou-se para as composições A= 81,5 wt % de Al_2O_3 e 18,5 wt % de $3Y-ZrO_2$ nano e B= 70 wt % de Al_2O_3 e 30 wt % de $3Y-ZrO_2$.

3 | PREPARAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO

As matérias primas foram caracterizadas por difração de raios X. A composição **A** foi homogeneizada em moinho convencional por 8 horas com velocidade de 200 rpm. Após este período, a composição foi filtrada, e subsequente secada em estufa a 100 °C por 24 horas. Em seguida, foram desagregadas em almofariz de ágata e submetidas ao peneiramento em malha de 120 mesh. A composição foi compactada com uma carga de 80 MPa durante 30 segundos com subsequente descompressão com tempo de 60s e posteriormente seguida de prensagem isostática a frio com pressão de 300 MPa. A dimensão utilizada foi de 16,36 x 16,36 x 7,5 mm, com objetivo de obter uma geometria final de 12,76 x 12,76 x 4,76 mm, de acordo com a NORMA ISO 1832. As matrizes utilizadas na confecção dos corpos de prova foram matrizes com camisa flutuante. Após essa etapa os corpos a verde foram submetidos ao processo de sinterização na temperatura de 1600 °C com taxa de aquecimento de 10 °C/min e patamar de 3 horas. Os insertos para ferramenta de corte foram caracterizados quanto à perda de massa, densidade a verde, retração linear, difração de raios X, densidade relativa, microestrutura, microdureza e tenacidade à fratura e análise da topografia por perfilometria óptica.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Fases presentes nos pós de partida

Nos difratogramas de raios X foram observadas as seguintes fases: alumina ($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$), zircônia (3Y-ZrO_2) tetragonal majoritária, e monoclinica (badeleíta) em menor quantidade.

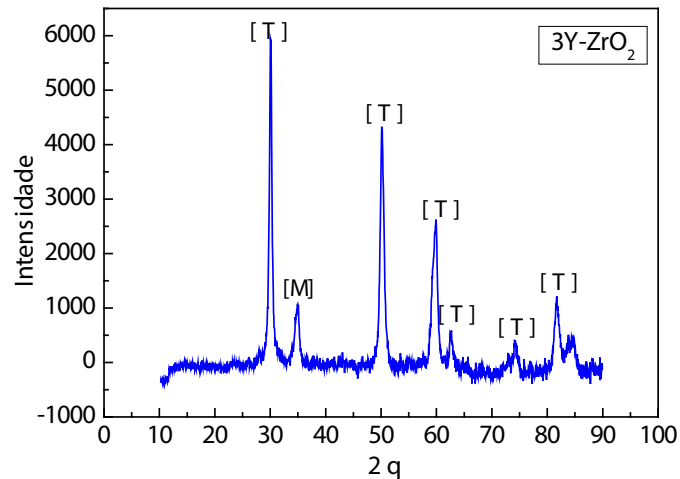


Fig. 1 - Difratograma de raios X do pó de 3Y- ZrO₂ nano.

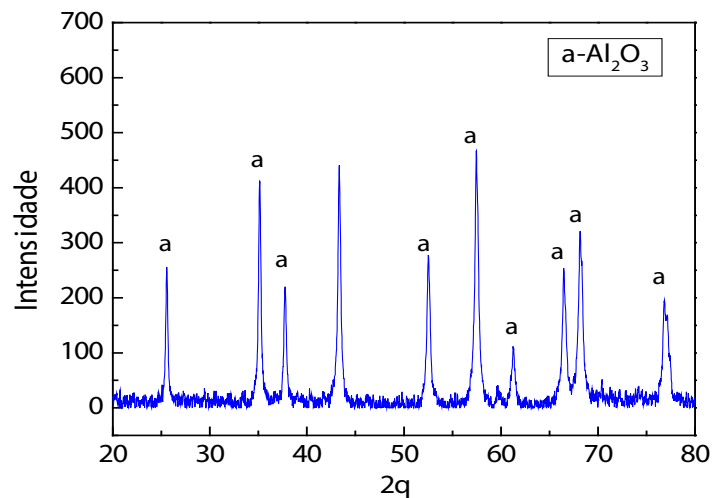


Fig. 2 - Difratograma de raios X do pó de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$.

5 | PROPRIEDADES FÍSICAS

Os valores de massa específica a verde, massa específica teórica e densidade relativa a verde estão mostrados na Tabela 1. Estes valores mostram variações muito pequenas para os compactados com composições dos tipos A e B.

Compactado	Massa específica (g/cm ³)	Massa específica teórica (g/cm ³)	Densidade relativa (%)
A	2,49	5,03	49,48
B	2,52	5,22	48,38

Tabela 1 – Valores de massa específica e de densidade a verde dos compactados.

Esses resultados se mostram importantes na obtenção de cerâmicas com propriedades mecânicas necessárias para a confecção e aplicação tribológica de ferramentas de corte.

6 | ANÁLISE DE FASES DAS AMOSTRAS SINTERIZADAS

Na Figura 3 (composição A), pode-se observar a presença majoritária de Al₂O₃ com a estrutura cristalina da alumina a e de ZrO₂ com estrutura cristalina tetragonal. Já na Figura 4 observa-se presença majoritária de ZrO₂. As intensidades relativas dos picos de difração de ambos os materiais são consistentes com as quantidades de alumina e de zircônia utilizadas na composição B.

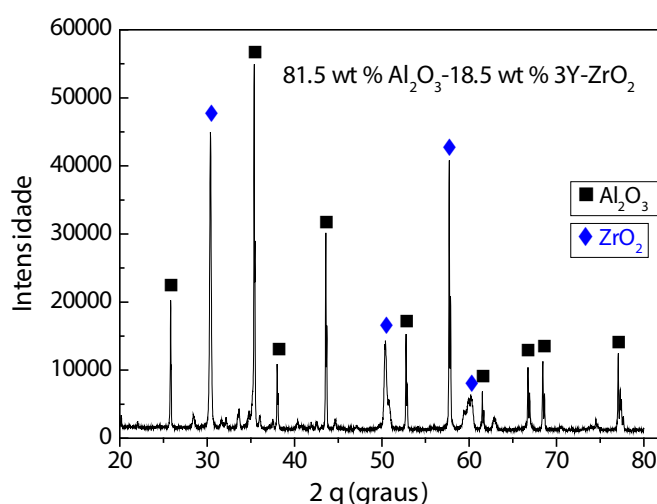


Fig. 3 - Difratoograma de raios X da amostra A, sinterizada a 1600 °C.

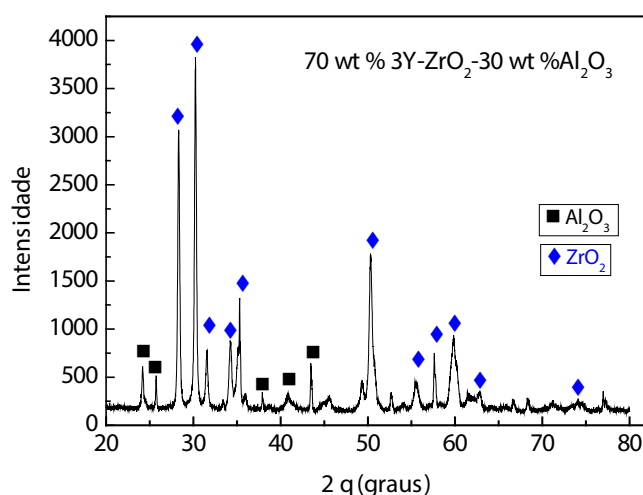


Fig. 4 - Difratoograma de raios X da amostra B, sinterizada a 1600 °C.

7 | CARACTERIZAÇÃO MICROESTRUTURAL

As microestruturas das superfícies de fratura dos compósitos cerâmicos de Al_2O_3 - ZrO_2 são mostradas nas Figuras 5 e 6. Na Figura 5 (amostra B) pode ser observada uma distribuição homogênea da alumina na estrutura. É possível verificar que os grãos de alumina são maiores, e isso pode ocorrer em função do tempo utilizado no processo de sinterização. O crescimento de grão da alumina é diretamente proporcional ao tempo de sinterização (patamar), quanto maior o tempo maior os grãos. Já o expoente de crescimento de grão da zircônia e da alumina é relatado de ser entre 3 e 4, em função do tempo de sinterização, e isso indica que, possivelmente, diferentes mecanismos de crescimento de grãos estejam atuando nessas duas fases. Na Figura 6 (amostra A) o crescimento de grãos foi diferente da amostra representada na Figura 5. Isto pode estar relacionado à uma maior a quantidade de grãos de Al_2O_3 que foi utilizado na amostra A em relação à amostra B, sendo possível a zircônia atuar como reforço dos grãos que se apresentam distribuídos em forma de ilhas na microestrutura. Contudo, como os parâmetros de sinterizações são os mesmos eles também podem promover influência na microestrutura dos materiais.

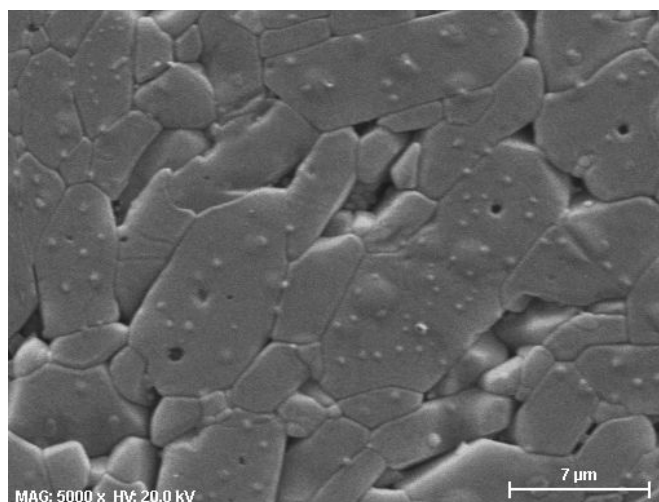


Fig. 5 – Micrografias da amostra B.

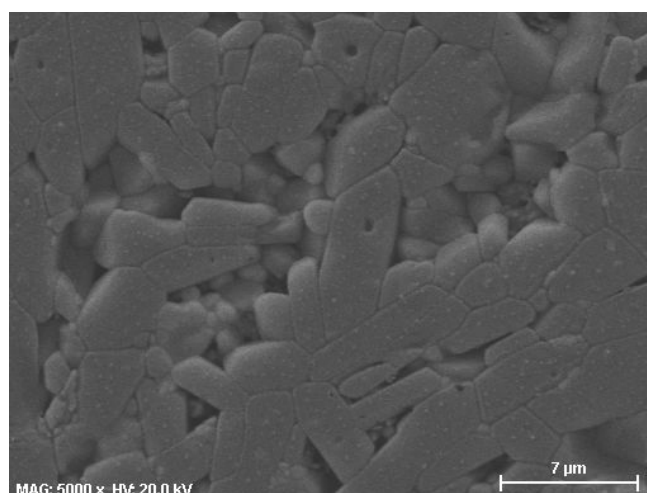


Fig. 6 – Micrografias da amostra A.

8 | PROPRIEDADES MECÂNICAS (DUREZA E TENACIDADE À FRATURA)

As propriedades mecânicas dos materiais cerâmicos são muito importantes para definir seu campo de aplicação. Os resultados de dureza obtida pelo método de dureza Vickers e da tenacidade à fratura (K_{IC}) são apresentados respectivamente na Tabela 2.

Composição	Sinterização em 1600 °C	
	K_{IC} (MPa.m ^{1/2})	Dureza Vickers (GPa)
A	6,21 ± 0,24	16,22 ± 0,10
B	7,20 ± 0,16	15,04 ± 0,07

Tabela 2 - Valores de dureza e tenacidade à fratura das cerâmicas.

A densificação das amostras são da ordem de 98 %, indicando que a dureza e tenacidade a fratura dos insertos cerâmicos são característicos des natureza dos materiais. Isso fica mais evidente devido aos parâmetros de sinterização ter sido os mesmos para ambos compósitos cerâmicos. Entretanto, na Tabela 2 fica evidente que a composição que utilizou maior quantidade de alumina (A) apresentou maior dureza, enquanto que a composição com maior quantidade de zircônia estabilizada apresentou dureza de 15,04 GPa. Matematicamente podemos observar que houve uma redução dos valores de 7% de dureza da composição A para B, enquanto que os valores de tenacidade à fratura são inversos aos valores de dureza. De uma maneira geral observando os valores de densidade relativa em conjunto com os resultados de desvio padrão apresentados isso indica uma homogeneidade dos valores de dureza no interior da amostra.

9 | GEOMETRIA DA FERRAMENTA DE CORTE

Na escolha da geometria das ferramentas deve-se atentar pelo tipo de processo e material a ser trabalhado (desbaste pesado, médio e acabamento) (7). A obtenção da geometria das ferramentas foi em função da norma ISO 1832, onde definiu-se uma ferramenta que apresentasse um maior campo de aplicação com boa resistência, e possibilidade de utilização no torneamento de desbaste e acabamento. Seguindo esses parâmetros foi definida a geometria 12,76 x 12,76 x 4,76 mm, conforme Figura 7a. A ferramenta com maior quantidade de zircônia apresentou, como era de se esperar, menor rugosidade superficial devido à maior concentração de partículas nanométricas de zircônia presentes. Uma imagem da aresta de corte da ferramenta também é mostrada na Figura 7b. Já a figura 7c apresenta a imagem da topologia da superfície de saída da ferramenta com maior concentração de zircônia por perfilometria óptica.

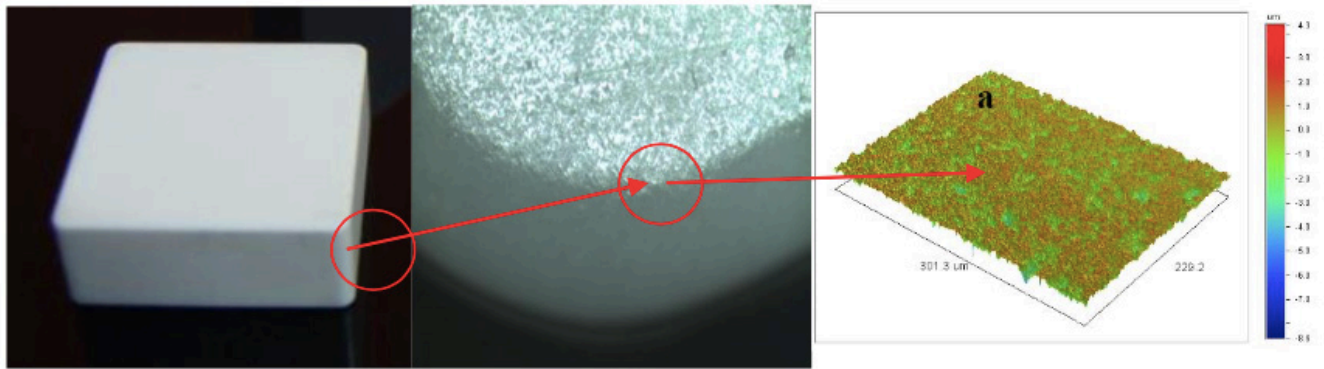


Fig.7 - a) Ferramenta desenvolvida, b)aresta de corte c) Topografia.

Foram realizadas, 10 varreduras em diferentes áreas da superfície das ferramentas. A análise da imagem permite visualizar uma topografia do tipo dente de serra (irregularidades superficiais com formato de serra), sendo que esta topografia influenciará na ação de abrasão sobre o cavaco, tendo como função, a quebra do cavaco. Os valores de rugosidade média (Ra) são de 605,20 nm para ferramenta com menor quantidade de zircônia e de 344,77 nm maior quantidade de zircônia.

10 | CONCLUSÃO

O objetivo de produzir corpos cerâmicos com propriedades físicas e mecânicas promissoras para uso como ferramentas de corte foi alcançado com sucesso. Verificou-se ainda, que a temperatura de 1600 °C foi eficiente para obtenção de materiais com baixa porosidade (alta densidade), promovendo dureza Vickers de 16,22 GPa e tenacidade à fratura de 6,21 MPa.m^{1/2} para a composição A (81.5 wt % Al₂O₃-18.5 wt % 3Y-ZrO₂), 15,04 GPa e 7,20 MPa.m^{1/2} para a composição B (70 wt % 3Y-ZrO₂-30 wt % Al₂O₃). Esses valores credenciam a aplicação dessas ferramentas em processos de usinagem.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES pelo suporte.

REFERÊNCIA

SOUZA, J. V. C., **Desenvolvimento de pastilhas cerâmicas à base de Si₃N₄ para aplicações tribológicas**. Guaratinguetá, UNESP, (2005) Tese de Doutorado.

C. O. Sasseron, J. Marchi, J.C. Bressiani e A.H.A. Bressiani, **Sinterização de cerâmicas à base de alumina, zircônia e titânia**. Anais do 50º Congresso Brasileiro de Cerâmica Proceedings of the 50th Annual Meeting of the Brazilian Ceramic Society 22 a 25 de maio 2006 – Blumenau, SC.

FONSECA, S. T. **Processamento e caracterização de pós e de cerâmicas de alumina total e**

parcialmente nanoestruturadas. 2007. 89 p. (INPE-15153-TDI/1285). Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Materiais e Sensores) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2007. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-m17@80/2007/12.07.12.40>>. Acesso em: 12 abr. 2010.

NONO, M.C.A., **Cerâmicas à base de zircônia tetragonal policristalina do sistema CeO₂-ZrO₂ (Ce-TZP)**, S.J.Campos-SP, ITA-CTA, 1990, Tese de doutorado.

ALEXANDER, K.B., Becher, P.F., Waters, S.B., Bleier, A., **Grain growth kinetics in Alumina-Zirconia (CeZTA) Composites**, J. Am Ceram Soc. (1994) Vol.4, p.939-46.

RALPH, B., Shim, K.B., Huda, Z., Furley, J., Edirisinghee, M.E., **The effect of particles and solutes on grain boundary migration and grain growth**, Mater Sci Forum,(1992) p. 94-95.

DINIZ, A. E., Marcondes, F. C. Coppini, N. L. **Tecnologia da Usinagem dos materiais**. 6ª Ed., Artliber Editora.(2008) p.95.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-432-0

