

# **Desenvolvimento de blindagens mistas de metais e compósito cerâmico de alumina - zircônia tetragonal policristalina para proteção de satélites artificiais contra impacto de micrometeoróides e debris.**

**COUTO, C.A.O.<sup>1</sup>, NONO, M.C.A.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP, Brasil  
Aluno de Mestrado do curso de Ciência e Tecnologia de Materiais e Sensores - CMS.

`carlos.couto.sjc@gmail.com`

***Resumo:** Para a qualificação das blindagens mistas foram realizados ensaios padronizados de impactos balísticos e ensaio de queda de 12 m. Para a análise comparativa dos resultados foi utilizado o valor de 900 J (energia cinética) do micrometeoróide que impactou o Space Shuttle Orbiter. Nesta investigação foram utilizados os compósitos cerâmicos de alumina-zircônia (estabilizada com 3 % (em mol) de ítria) devido aos seus grandes potenciais de atender os requisitos desta aplicação formando sistemas mistos com outros materiais. As blindagens mistas de compósitos cerâmicos de alumina-zircônia tetragonal sobre as bases metálicas apresentaram-se eficazes para absorção de energia para os níveis estudados.*

**Palavras-chave:** Blindagem mecânica; Alumina; Zircônia; Debris; Meteoróides.

## **1. Introdução**

A blindagem cerâmica constitui um revestimento resistente e rígido potencialmente capaz de fragmentar projéteis, debris espaciais ou micrometeoróides e reduzir sua velocidade, transformando-o em pequenos fragmentos que são absorvidos pela camada flexível da base que suporta a cerâmica. Para que isto ocorra, é necessário que o material cerâmico apresente uma capacidade de absorção de energia antes da fratura alta, ou seja, tenacidade à fratura e que a base (metal) seja dúctil [Kerr et al, 2000]. A blindagem mista é formada pela combinação de dois materiais com propriedades diferentes e complementares responsáveis por evitar a penetração do projétil na aeronave ou do meteoróide/debri em um satélite.

## **2. Metodologia**

Os compósitos cerâmicos foram obtidos a partir da compactação e sinterização de misturas dos pós de alumina e zircônia (Y-TZP). Foram realizados testes mecânicos para a obtenção da tenacidade à fratura dos compósitos. Foram produzidos e testados compósitos cerâmicos com três composições diferentes de zircônia adicionada à alumina: 15, 18 e 20 % de ZrO<sub>2</sub> (em peso) [Couto, 2011]. As chapas de aço inox e a placa de *honey-comb* de alumínio 2024-T3 (60 mm) foram submetidas ao ensaio de queda de 12 m para avaliação da absorção de energia [Couto, 2011]. Foram preparadas três blindagens para o ensaio balístico e avaliadas o índice de mérito (Energia/DA), são elas:

Blindagem 1: pastilha retangular (95x21x8,5) + *honeycomb* (60mm);

Blindagem 2: pastilha circular (Ø51x6,5) + chapa inox (1mm) + *honeycomb* (22mm) e

Blindagem 3: pastilha redonda (Ø51x11,3) + chapa inox (1,5mm).

### 3. Resultados e Discussão




Os valores da tenacidade à fratura dos compósitos obtidos cerâmicos foram muito próximos, entretanto as composições de 18 e 20 % ZrO<sub>2</sub> (em peso) na matriz de alumina apresentaram os melhores resultados, conforme Tabela 1.

Tabela 1. Propriedades mecânicas das cerâmicas utilizadas.

Amostra	Dureza HV (GPa)	Tensão de fratura (MPa)	Tenacidade (MPa.m <sup>1/2</sup> )
15%	15,02	401	11,6
18%	15,98	439	12,22
20%	16,42	410	12,77

A Tabela 2 apresenta os resultados do ensaio balístico com quatro projéteis diferentes, 9mm, .357 e .44 Magnum (média energia) e 7,62x51FMJ (alta energia). A sigla PP é penetração parcial e PC é penetração completa, para aprovação da blindagem é necessário ser PP, pois o projétil perfura apenas a cerâmica. O índice de mérito (IM) apresentado é a razão da energia cinética absorvida pela densidade de área, visto que a blindagem precisa ser resistente e leve.

Tabela 2. Resultado do ensaio balístico.

Blindagem	Figura	% ZrO <sub>2</sub>	Dens. área (kg/m <sup>2</sup> )	9mm (700 J)	.357 (920 J)	.44 Magnum (1400 J)	7,62x51FMJ (3400J)	IM Energia/DA
1		18	42,6	PP		PC		33
		20	43,3	PP		PC		33
2		18	36,3		PP	PC		39
		20	37		PP	PC		39
3		18	56,9				PP	60
		20	57,6				PP	60

### 4. Conclusão

O maior índice de mérito foi obtido pela blindagem 3, é a que possui o melhor desempenho balístico, entretanto, esta blindagem precisa ser otimizada para atender um nível de energia cinética menor (900J) e assim reduzir a densidade de área, fator determinante do peso.

### Referências

Kerr, J. H. et al. STS-103 Orbiter Meteoroid/Orbital Debris Impact Damage Analysis. JSC-29136, 2000.

Couto, C. A. O. Estudo de blindagem mista contendo compósito cerâmico para proteção contra impacto de micrometeoróides em satélites artificiais. São José dos Campos, SP, 2011. Dissertação de Mestrado em Engenharia e Tecnologia Espaciais - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Orientadora: Maria do Carmo de Andrade Nono.