DESENVOLVIMENTO DE FILTROS E MÁSCARAS DE FELTROS DE CARBONO ATIVADO DE ALTA EFICÁCIA NA PREVENÇÃO DA INALAÇÃO DE MICROORGANISMOS E PARTÍCULAS ASSOCIADOS A INFECÇÕES DO TRATO RESPIRATÓRIO

Fernando Gasi[(1)]; **Marcia Cristina Silva**[(1)]; **Gilberto Petraconi Filho**[(2)].

gasifernando@gmail.com

[(1)] Universidade Federal do ABC (UFABC), Centro de Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas, 09210-170, São Bernardo do Campo, SP, Brasil.
[(2)] Centro de Ciência e Tecnologia de Plasmas e Materiais (PlasMat), 12228-900, São José dos Campos, SP, Brasil.

Resumo
Este artigo descreve o desenvolvimento de uma máscara com alta capacidade de filtragem, formada por camadas de elementos filtrantes intercalando diversos materiais, como tecido de fibra de carbono superativados, não tecido de polipropileno de uso odonto-médico-hospitalar (TNT SSMMMS) e o tecido de poliamida antiviral, submetido a processos de recobrimentos nano estruturados de filmes finos de SiO2. O resultado de eficiência de filtragem de partículas foi de 98,18%; determinação da pressão diferencial de 2,11 mmH2O/ cm2 e se apresentou como uma superfície repelente a fluídos de acordo com a NBR ABNT 15052:2004.

Palavras-chave: Máscara. Fibra de carbono ativada. Plasma frio. PFF2.

Área Temática: Tecnologia

1. Introdução

A COVID-19 (coronavirus disease 2019), trata-se de uma doença causada pelo vírus SARS-CoV 2 (severe acute respiratory syndrome coronavirus 2), que ataca as vias respiratórias (Lotfi, Hamblin e Rezaei, 2020), e pode ser transmitido por aerossóis ou micropartículas respiratórias transportadas pelo ar. O uso de máscaras evita a transmissão do vírus por meio de gotículas de saliva, expelidas ao falar, espirrar ou tossir.

Em face ao exposto, este artigo descreve o desenvolvimento de uma máscara com alta capacidade de filtragem, formada por camadas de elementos filtrantes intercalando diversos materiais, como tecido de fibra de carbono superativados, não tecido de polipropileno de uso odonto-médico-hospitalar (TNT - SSMMMS) e o tecido de poliamida antiviral, submetido a processos de recobrimentos nano estruturados de filmes finos de SiO2 conferindo propriedades super hidrofóbico (impermeável a água). Quanto ao aspecto de inovação, foi desenvolvido um

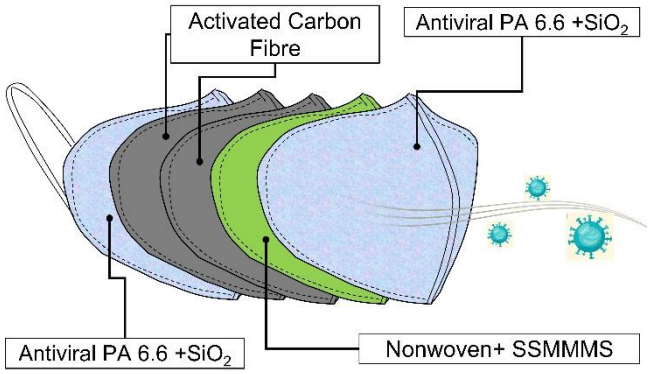
sistema de tratamento contínuo de tecidos assistido a plasma de descargas elétricas, utilizado principalmente no processo de limpeza e esterilização (descontaminação do tecido) que antecede o processo de recobrimento de filtros cerâmicos a base de óxido de silício visando amplificar os aspectos de eficiência de filtragem e de alteração de molhabilidade da superfície.

2. Metodologia

2.1. Arquitetura da máscara e materiais

O filtro PFF2 desenvolvido nesse trabalho apresenta cinco camadas conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1 - Ilustração da arquitetura do elemento filtrante em desenvolvimento nesta proposta.



Fonte: (Autoria Própria, 2020).

A camada externa em contato com o ambiente e a camada final em contato com o rosto do usuário trata-se de um tecido de meia malha de poliamida 6.6 (PA 6.6).

O primeiro elemento filtrante que consiste em camadas de não tecido de polipropileno (TNT-SSMMMS) com certificado de análise emitido pela Fitesa do Brasil para a bobina produzida em 04/05/2020 e com eficiência de filtragem bacteriana de 95,96 % e respirabilidade de 3,30 mmH2Ocm^{-2}.

Após as camadas de filtros de não-tecidos são inseridas duas camadas de tecido de fibra de carbono superativado e super hidrofílico, produzido pela empresa Chemviron Carbon-Cloth Division e adquiridos por importação. Possui uma área superficial específica superior a 1000 m2g-1 sendo predominantemente de micro poros.

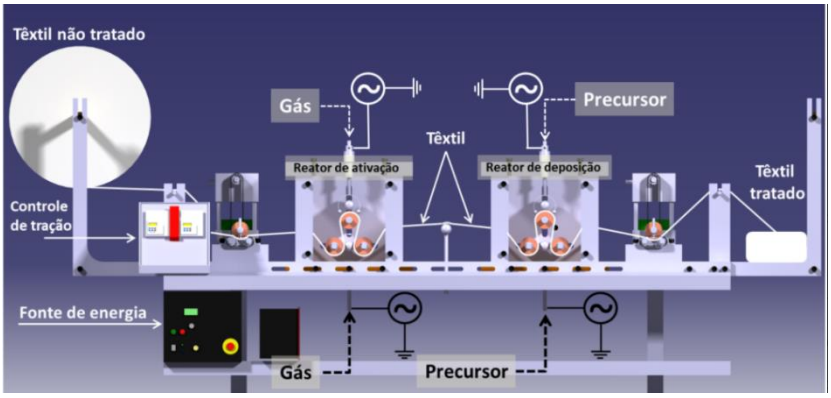
2.2. Filmes de SiO2

Para a deposição de dióxido de silício (SiO2) sobre o tecido de poliamida foi empregado como precursor uma solução de ácido silícico (Si(OH)4) (Miranda et al., 2020), preparado no próprio LPP/ITA.

2.3. Processo de tratamento da poliamida 6.6 por plasma

O tecido de poliamida 6.6 foi tratado por plasma operando em pressão atmosférica, com uma potência de 220 W em frequência de 56 kHz. Como é demonstrado na Figura 2.

Figura 2 - Desenho esquemático do Sistema de tratamento de tecidos a plasma



Fonte: (Autoria Própria, 2020)

3. Resultados e conclusão

3.1. Eficiência de Filtragem de partículas (EFP), determinação da pressão diferencial, repelência a fluídos e confecção das máscaras.

Foram montados três filtros em camadas (corpos de prova) de acordo com a Figura 1 e os ensaios foram realizados pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas, apresentados os resultados, de acordo com o Relatório de Ensaio n° 1124883-203 de 10/06/2021.

Os resultados dos testes de **Eficiência de Filtragem de Partículas (EFP),** resumidos na Tabela 1, indica a eficácia da filtração quando partículas cujo diâmetro médio da contagem média é de aproximadamente 0,1µm, são filtradas.

Tabela 1 – Eficiência de filtragem de partículas (EFP)

Eficiência de filtragem de partículas (%)					Especificação (%)
CP1	CP2	CP3	Média	Incerteza	
98,18	98,20	98,17	98,18	0,04	≥ 98

Nota: O ensaio de Eficiência de filtragem de partículas é a medida da capacidade da máscara em filtrar partículas sub-micrométricas. A ABNT NBR 15052 determina o uso de partículas de látex de 0,105 ± 0,005 µm de diâmetro (ABNT, 2004)

Fonte: (Autoria Própria, 2020)

Os resultados sobre os aspectos da respirabilidade da máscara são mostrados na Tabela 2. A Pressão de Troca de Ar (mmH2O /cm2) indica a facilidade da respiração (respirabilidade). Neste teste, certa quantidade de ar passa través das máscaras e a diferença de pressão entre os dois lados é medida. Quando a diferença é pequena, indica que a resistência é pequena, facilitando a respiração. O ponto importante para a máscara de alto nível é o equilíbrio entre o alto nível de eficácia da filtragem e o baixo nível de pressão diferencial.

Tabela 1 – Diferencial de pressão (ΔP) - respirabilidade

Diferencial de pressão (mmH_2O / cm^2)						Especificação (mmH_2O / cm^2)
Região 01	Região 02	Região 03	Região 04	Média	Incerteza	
2,29	2,44	1,85	1,86	2,11	0,48	≤ 4

Nota: Através da avaliação do diferencial de pressão avalia-se a permeabilidade ao ar da máscara segundo a ABNT NBR 15052:2004 e ABNT NBR 14673:2002.

Fonte: (Autoria Própria, 2020)

A Resistência a Fluidos (mmHg) (RF), indica a resistência ao fluido quando este é espalhado. A Tabela 3 mostra os resultados obtidos com as máscaras desenvolvidas neste trabalho.

Tabela 3 – Repelência a fluídos

Repelência a fluídos				Especificação
CP1	**CP2**	**CP3**	**Resultado**	
Não ocorreu passagem de fluídos	Não ocorreu passagem de fluídos	Não ocorreu passagem de fluídos	Não ocorreu passagem de fluídos	Não ocorrer passagem de fluídos (1)

(1) Segundo a ABNT NBR 15052, a propriedade de repelência a fluídos não é um requisito de desempenho obrigatório, sendo aplicável apenas a modelos de máscaras que alegam a propriedade repelente.

Fonte: (Autoria Própria, 2020)

3.2. Conclusão

As máscaras faciais laváveis e reutilizáveis produzidas a partir deste projeto apresentam nos ensaios conduzidos pelo IPT elevada eficiência de filtragem de partículas (EFP) acima de 98 %, diferencial de pressão de 2,11 mmH_2O/cm^2 indicando boa respirabilidade e repelente a fluídos. O diferencial das máscaras desenvolvidas neste projeto é o conforto, a reutilização e autoajuste facial proporcionado pelo tecido elástico antiviral de poliamida, em comparação com os não tecidos de TNT utilizados nas PFF2 e N95 comerciais.

Recomenda-se a lavagem manual em banho de imersão de água com detergente neutro e enxágue em água corrente.

Outro diferencial é a inserção do filtro de tecido de fibra de carbono que compõe a camada de adsorção de líquidos e purificação de impurezas do ar, possuem clip e espuma de ajuste nasal e passam por um processo de esterilização por radiação gama realizada no Centro de Tecnologia das Radiações (CETER) do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN) de acordo com o certificado NR - CTR-CI-ITA-20210728.

4. Referências

ABNT, A. B. DE N. T. **ABNT NBR 15052:2004 - Artigos de nãotecido de uso odonto-médico-hospitalar - Máscaras cirúrgicas - Requisitos**Rio de JaneiroABNT, , 2004.

LOTFI, M.; HAMBLIN, M. R.; REZAEI, N. COVID-19: Transmission, prevention, and potential therapeutic opportunities. **Clinica Chimica Acta**, v. 508, p. 254–266, 2020.

MIRANDA, F. S. *et al.* High-velocity plasma spray process using hybrid SiO2 + ZrO2 precursor for deposition of environmental barrier coatings. **Surface and Coatings Technology**, v. 404, p. 126447, dez. 2020.