



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE MEDICINA**

**Bruno Artioli Neto**

**Obtenção de nanopartículas  $TiO_2/WO_3-Ag$  como  
alternativa à contaminação de ambientes hospitalares.**

Dissertação apresentada à  
Faculdade de Medicina,  
Universidade Estadual Paulista  
“Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus  
de Botucatu, para obtenção do título  
de Mestre em Pesquisa e  
Desenvolvimento (Biotecnologia  
Médica).

Orientadora: Profa. Dra. Carla dos Santos Riccardi

**Botucatu  
2022**

Bruno Artioli Neto

Obtenção de nanopartículas TiO<sub>2</sub>/WO<sub>3</sub>-Ag como alternativa à contaminação de ambientes hospitalares

Dissertação apresentada à Faculdade de Medicina, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Pesquisa e Desenvolvimento (Biotecnologia Médica).

Orientadora: Profa.Dra. Carla dos Santos Riccardi

Botucatu  
2022

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.  
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP  
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSEMEIRE APARECIDA VICENTE-CRB 8/5651

Artioli Neto, Bruno.

Obtenção de nanopartículas  $TiO_2/WO_3-Ag$  como alternativa à contaminação de ambientes hospitalares / Bruno Artioli Neto.  
- Botucatu, 2022

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Faculdade de Medicina de Botucatu  
Orientador: Carla dos Santos Riccardi  
Capes: 90300009

1. Infecção hospitalar. 2. Materiais nanoestruturados.  
3. Nanoestruturas. 4. Produtos de ação antimicrobiana.  
5. Infecção hospitalar. 6. Desinfecção e desinfetantes.

Palavras-chave: Infecção hospitalar ; Nanomateriais ; Síntese hidrotérmico-micro-ondas;  $TiO_2/WO_3-Ag$ ; Tinta antimicrobiana .

## **FOLHA DE APROVAÇÃO**

**Bruno Artioli Neto**

Obtenção de nanopartículas  $\text{TiO}_2/\text{WO}_3\text{-Ag}$  como alternativa à contaminação de ambientes hospitalares.

Dissertação apresentada à Faculdade de Medicina da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Pesquisa e Desenvolvimento (Biotecnologia Médica).

Comissão Examinadora

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Carla dos Santos Riccardi (Orientadora)

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” FCA/UNESP – Botucatu-SP

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Rejane Maria Tommasini Grotto

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” FCA/UNESP – Botucatu-SP

Prof. Dr. Márcio Luiz dos Santos

Universidade Anhanguera de São Paulo – UNIAN - São Paulo-SP

Resultado: Aprovado

Botucatu, 19 de Dezembro de 2022.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Botucatu



**ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE BRUNO ARTIOLI NETO, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PESQUISA E DESENVOLVIMENTO (BIOTECNOLOGIA MÉDICA), DA FACULDADE DE MEDICINA - CÂMPUS DE BOTUCATU.**

Aos 19 dias do mês de dezembro do ano de 2022, às 15:00 horas, por meio de Videoconferência, realizou-se a defesa de DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de BRUNO ARTIOLI NETO, intitulada **Síntese de nanopartículas  $TiO_2/WO_3$ -Ag, caracterização e avaliação *in vitro* do potencial antimicrobiano para aplicação em ambientes hospitalares.** A Comissão Examinadora foi constituída pelos seguintes membros: Profa. Dra. CARLA DOS SANTOS RICCARDI (Orientador(a) - Participação Presencial) do(a) Depto. de Bioprocessos e Biotecnologia / FCA/Botucatu - Unesp, Profa. Dra. REJANE MARIA TOMMASINI GROTO (Participação Presencial) do(a) Depto. de Bioprocessos e Biotecnologia / FCA/Botucatu - Unesp, Prof. Dr. MÁRCIO LUIZ DOS SANTOS (Participação Virtual) do(a) Universidade Anhanguera de São Paulo - Unian. Após a exposição pelo mestrando e arguição pelos membros da Comissão Examinadora que participaram do ato, de forma presencial e/ou virtual, o discente recebeu o conceito final: APROVADO. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelo(a) Presidente(a) da Comissão Examinadora.

Profa. Dra. CARLA DOS SANTOS RICCARDI

## DEDICATÓRIA

A Deus, por toda graça em minha caminhada até hoje.  
A minha esposa Eduarda, meu pai José Aauto, minha mãe Lucineia e meu irmão  
Pietro por todo amor, carinho e cuidado que tem comigo.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente eu agradeço a **DEUS**, por me dar saúde, família, amigos e por me abrir portas para conseguir realizar a pós-graduação.

Aos meus pais, **Jose Aduino, Lucinéia** e meu irmão **Pietro**, por estarem sempre me apoiando e orientando em todas as escolhas de minha vida. Por me amarem tanto e serem meus exemplos de vida.

Aos **meus avós** que estão no céu, orando e olhando por mim.

A mulher da minha vida, **Eduarda**, por passar dia a dia comigo as alegrias e preocupações no andamento da pós-graduação e por me incentivar iniciar o mestrado. Obrigado por ser minha companheira. Te Amo.

A minha orientadora **Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Carla dos Santos Riccardi**, pelo conhecimento, apoio, paciência, ensinamentos e orientação durante o desenvolvimento desse trabalho.

Aos meus amigos, **Humberto e Igor Vitta**, por todo companheirismo em todos os anos de amizade estando sempre presentes em minha vida.

Ao meu primo, **José Roberto**, por todo companheirismo dado a mim.

Ao amigo, **Prof. Dr. Rafael Plana**, por todo apoio para iniciar a pós-graduação e todos os conselhos.

À **Janisse** da secretaria da pós-graduação, por toda orientação, paciência e conselhos em toda minha jornada na UNESP.

À **Faculdade de Medicina de Botucatu – UNESP** pela disponibilização de instalações para realização do meu trabalho em especial a **Faculdade de Ciências Agrônômicas – FCA/UNESP**).

À **Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Araraquara (FCFar-UNESP)** e a **Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu (FAC-UNESP)** pela realização dos experimentos.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Apoio a Pessoal de Nível Superior - Brasil (**CAPES**) – Código de Financiamento 88887136426/2017/00; Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (**CNPq**) – Processo 465571/2014-0 e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (**FAPESP**) – Processo 2014/50945-4.

Enfim, agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste sonho.

*“São as nossas escolhas que revelam o que realmente somos,  
muito mais do que nossas qualidades”.*

**Alvo Dumbledore**

## RESUMO

NETO, B.A. **Obtenção de nanopartículas  $TiO_2/WO_3-Ag$  como alternativa à contaminação de ambientes hospitalares.** 2022. 48 f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia Médica) - Faculdade de Medicina de Botucatu, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2022.

Atualmente, os materiais nanoestruturados têm sido cada vez mais utilizados nas indústrias no Brasil. Dentre eles, as tintas com ação antimicrobiana estão em alta no mercado, necessitando, com a incidência de novos microrganismos, de alternativas de produtos para se ter excelência visando custo-benefício e a ação resolutive para à não proliferação dos microrganismos em ambientes com elevada circulação de pessoas. Hoje em ambientes hospitalares temos como agente bactericida o Quartenário de Amônia, um produto lixiviavel e, segundo estudos ineficaz para o vírus da Salmonella. O estudo apresenta a síntese e caracterização de um nanomaterial a base de dióxido de titânio ( $TiO_2$ ) e trióxido de tungstênio ( $WO_3$ ) dopado com prata (Ag). Visando a viabilidade e ação antimicrobiana um microbioma variado, resistência a ação fotocatalítica e intempéries naturais e a não lixiviação do composto. Obtendo o nanocompósito, através da síntese hidrotermica microondas, pouco consolidada ainda pela literatura especializada pode ser considerada uma metodologia alternativa viável, pois reduz o tempo de síntese química sem uso de surfactantes tóxicos. Havendo assim uma melhoria de etapas do processo, facilitando assim futuros estudos. As nanopartículas obtidas apresentaram formato esférico, com tamanhos médios de 30 a 50 nm. Os nanocompósitos de  $TiO_2/WO_3-Ag$  incorporados em tinta convencional acrílica a base de água obtiveram eficiência antimicrobiana tanto para as bactérias Gram-positivas como para Gram-negativas, segundo a norma JIS Z 2801/ISO 22196. Demonstrando que essa formulação poderá ser inserida em ambientes hospitalares prevenindo infecções hospitalares e inovando a indústria de tintas.

**Palavras-chaves:** Nanomateriais; Tinta antimicrobiana; Infecção hospitalar; Síntese Hidrotérmico-micro-ondas;  $TiO_2/WO_3-Ag$

## ABSTRACT

NETO, B.A. **Obtainment  $\text{TiO}_2/\text{WO}_3\text{-Ag}$  nanoparticles as an alternative to the contamination of hospital environments.** 2022. 48 f. Dissertation (Master's in Medical Biotechnology) - Faculty of Medicine of Botucatu, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2022.

Nowadays, unstructured nano materials are extensively employed in Brazilian Industries. Among these components, paints with antimicrobial action are booming in the market. So it is necessary, due to new microorganisms incidence, to consider alternative products in order to achieve excellence and focus on the best product's cost/benefits and it is necessary to employ resolute actions to prevent the fouling of these microorganisms in facilities with high circulation of people. Nowadays, in hospital environments, ammonium quaternary, a leachable product, is commonly used as antibacterial agent, and, according to some studies, such product is ineffective for *Salmonella* virus. This present research presents the synthesis and characterization of a Silver (Ag) doped titanium tioxide ( $\text{TiO}_2$ ) and tungsten trioxide ( $\text{W}_3\text{O}$ ) nanomaterial. Aiming the viability and anti microbial of a varied microbiome, resistance to catalytic photo and harsh natural weather and non-leaching process of the compound. Obtaining the nano composite, through microwave hydrothermal synthesis, although its not fully consolidated by the specialized literature, can be considered as a viable alternative methodology, because it can decrease the chemical synthesis time without the usage of toxic surfactants. As a result, it could cause to improve the process phases, facilitating future studies. The obtained nanoparticles present spherical shape, and average sizes of 30 to 50 nm.  $\text{TiO}_2/\text{WO}_3\text{-Ag}$  nanocomposites incorporated in a conventional water based paint obtained antibacterial efficiency against both gram negative bacteria and gram positive bacteria, according to JIS Z 2801/ISO 22196 legal norm. In view of the exposed, this chemical formulation may be inserted in hospital facilities to prevent nosocomial infections and innovating the paint industry.

**Key words:** Nanomaterials; antimicrobial paint; Nosocomial infection; Hydrothermal microwave synthesis;  $\text{TiO}_2/\text{WO}_3\text{-Ag}$

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Volume de tinta no Brasil (1.000.000/l).....	<b>17</b>
<b>Figura 2</b> - Desenho esquemático da fabricação de tintas com suas matérias primas.....	<b>18</b>
<b>Figura 3</b> - Publicações sobre nanotecnologia nas últimas décadas.....	<b>23</b>
<b>Figura 4</b> - Solubilização do ácido tungstíco em meio oxidante na presença de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> .....	<b>27</b>
<b>Figura 5</b> - Diagrama em blocos do processo de obtenção das nanopartículas de Ag-WO <sub>3</sub> .....	<b>28</b>
<b>Figura 6</b> - Diagrama das etapas experimentais para o teste de atividade e eficiência antimicrobiana, técnica realizada por Pour Plate, utilizando o plaqueamento com 1,0 ml de alíquota de cada diluição, totalizando nove amostras.....	<b>32</b>
<b>Figura 7</b> - Micrografias de alta resolução (FE-SEM) e histogramas de distribuição de tamanho das partículas de TiO <sub>2</sub> (A) e nanocompósitos WO <sub>3</sub> /TiO <sub>2</sub> (B) e Ag-WO <sub>3</sub> /TiO <sub>2</sub> (C).....	<b>33</b>
<b>Figura 8</b> - Equação de Debye-Scherrer.....	<b>34</b>
<b>Figura 9</b> - Difractogramas de raios X dos pós dos materiais TiO <sub>2</sub> , WO <sub>3</sub> , WO <sub>3</sub> /TiO <sub>2</sub> e Ag- WO <sub>3</sub> /TiO <sub>2</sub> .....	<b>35</b>
<b>Figura 10</b> - Espectros de ATR-FTIR dos pós de TiO <sub>2</sub> , WO <sub>3</sub> e Ag- WO <sub>3</sub> /TiO <sub>2</sub> .....	<b>37</b>

<b>Tabela 1</b> - Formulações das tintas contendo o nanocompósito Ag-WO <sub>3</sub> /TiO <sub>2</sub> .....	<b>31</b>
<b>Tabela 2</b> - Propriedades estruturais e físico-químicas das nanopartículas TiO <sub>2</sub> , WO <sub>3</sub> e Ag-WO <sub>3</sub> de e nanocompósitos WO <sub>3</sub> /TiO <sub>2</sub> e Ag-WO <sub>3</sub> /TiO <sub>2</sub> .....	<b>36</b>
<b>Tabela 3</b> - Resultados das atividades antimicrobianas e porcentagem de redução de bactérias dos corpos de prova frente a <i>Staphylococcus aureus</i> (ATCC 6538P), <i>Escherichia coli</i> (ATCC 8739) e <i>Klebsiella pneumoniae</i> (ATCC 4352). .....	<b>39</b>

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>RESUMO TEÓRICO</b> .....	<b>17</b>
<b>2.1</b>	<b>Tinta</b> .....	<b>17</b>
<b>2.2</b>	<b>Composição das tintas</b> .....	<b>18</b>
2.2.1	Resina.....	19
2.2.2	Pigmentos .....	19
2.2.3	Aditivos .....	19
2.2.4	Diluentes (Solventes).....	20
<b>2.3</b>	<b>Tinta acrílica</b> .....	<b>20</b>
<b>2.4</b>	<b>Nanopartículas de Prata</b> .....	<b>20</b>
<b>2.5</b>	<b>Trióxido de Tungstênio</b> .....	<b>21</b>
<b>2.6</b>	<b>Dióxido de Titânio</b> .....	<b>22</b>
<b>2.7</b>	<b>Tinta bactericida</b> .....	<b>22</b>
<b>3</b>	<b>JUSTIFICATIVA</b> .....	<b>25</b>
<b>4</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>26</b>
4.1	Objetivo geral .....	26
4.2	Objetivos específicos .....	26
<b>5</b>	<b>MATERIAL E MÉTODO</b> .....	<b>27</b>
5.1	Síntese do material proposto.....	27
5.2	Microscopia Eletrônica de Varredura de Alta Resolução (FEG- MEV).....	28
5.3	Espalhamento de luz dinâmico.....	29
5.4	Difratometria de raios X (DRX).....	29
5.5	Caracterização química por espectroscopia na região do infravermelho médio.....	29

<b>5.6</b>	<b>Avaliação das nanopartículas no filme de tinta curado.</b> .....	<b>30</b>
5.6.1	Avaliação da propriedade antimicrobiana segundo Norma Técnica JIS Z 2801/ISO 22196.....	30
<b>6</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>33</b>
<b>6.1</b>	<b>Microscopia Eletrônica de Varredura de Alta Resolução (FEG-MEV) ....</b>	<b>33</b>
<b>6.2</b>	<b>Difratometria de raios X (DRX) .....</b>	<b>34</b>
<b>6.3</b>	<b>Espalhamento de luz dinâmico .....</b>	<b>36</b>
<b>6.4</b>	<b>Caracterização química por espectroscopia na região do infravermelho médio .....</b>	<b>36</b>
<b>6.5</b>	<b>Avaliação das nanopartículas no filme de tinta curado .....</b>	<b>39</b>
6.5.1	Determinação da espessura do filme.....	39
6.5.2	Avaliação da propriedade antimicrobiana segundo Norma Técnica JIS Z 2801/ISO 22196 .....	39
<b>7</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>40</b>
<b>8</b>	<b>PERSPECTIVAS</b> .....	<b>41</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>42</b>
	<b>ANEXOS</b> .....	<b>46</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente os componentes nanoestruturados estão sendo cada vez mais utilizados nas indústrias no Brasil. Muitos estudos estão sendo realizados em rápida escala trazendo inovação para áreas hospitalares visando uma proteção antibacteriana, dentre esses nanocompostos podemos elencar as nanopartículas de prata. Devido a sua ação antibacteriana, as nanopartículas de prata (Ag) são as mais utilizadas em produtos dessa função, sendo requerida na indústria de tintas (NANOTECHNOLOGY PRODUCTS DATABASE, 2022).

As características das nanopartículas de Ag, tem sua definição a partir de sua síntese. Tendo um controle em relação a morfologia, área superficial e eficácia na ação antimicrobiana permitindo o desenvolvimento de propostas de compostos com viabilidade na utilização, como aditivos bactericidas, em tintas. A utilização da nanopartícula de Ag necessita de um semicondutor para a dopagem, como por exemplo o trióxido de tungstênio ( $WO_3$ ). (NANOTECHNOLOGY PRODUCTS DATABASE, 2022).

O  $WO_3$  tem sido muito estudado pela sua absorção de luz ultravioleta e visível, tornando-o um fotocatalisador, junto ao acoplamento com dióxido de titânio ( $TiO_2$ ), utilizando o doping químico com elementos metálicos, ampliando sua absorção de luz visível (estrutural), impactando na resistência a intempéries naturais. A dopagem com Ag, ainda traz um papel também importante nessa melhor da atividade fotocatalítica aumentando assim a durabilidade das tintas (NANOTECHNOLOGY PRODUCTS DATABASE, 2022).

As tintas com ação antimicrobianas têm como maior consumidor o setor da construção civil, onde inicialmente eram utilizadas para a não proliferação de fungos filamentosos nas áreas externas e internas das edificações, aumentando a sobrevida da alvenaria, não havendo um acúmulo de umidade e microrganismos naquele setor; As tintas com ação antimicrobianas são usadas em estabelecimentos de saúde e indústrias alimentícias visando a não contaminação por bactérias comumente encontradas em diversos sítios, mas com maior incidência em sítios com alta circulação de pessoas (NANOTECHNOLOGY PRODUCTS DATABASE, 2022). Dentre essas tintas, a mais utilizada é a versão acrílica pois tem maior durabilidade e elasticidade, sendo inodora, baixa taxa de lixiviação (dissipação da 28 tinta no meio

ambiente por meio de escurimento, podendo causar contaminação por agentes aglutinantes ou pigmentos) sendo assim resistente a água.

Por todas essas qualidades as tintas antimicrobianas estão sendo muito procuradas, e conforme a alta competitividade no mercado as indústrias buscam inovações (NANOTECHNOLOGY PRODUCTS DATABASE, 2022).

As tintas antimicrobianas têm um alto valor e uma quantidade limitada de produtos no mercado. Portanto se faz necessária a elaborações de novas tecnologias para não só aumentar a eficiência do produto bactericida, mas diminuir o custo do mesmo para se ter uma maior acessibilidade. Assim, a utilização dessa opção de tinta torna-se crucial em ambientes hospitalares pela gleba de microrganismos presentes neste sítio, necessitando de um maior cuidado na escolha do revestimento. Pois as infecções hospitalares (IH) são cada vez mais frequentes gerando impacto clínico e financeiro, são um problema multifatorial que exige uma série de ações que devem ser organizadas nos serviços de saúde, dentro do Programa de Controle de Infecção, conforme determina a Lei 9.431/1.997 (BRASIL, 1997).

Em um estudo feito em um hospital em Minas Gerais em um período de um ano, onde ocorreram 44 casos de infecção por bactérias multidroga resistentes (MDR) foi descoberta uma taxa média de infecção totalizando 11,6%, sendo que a maior frequência dos casos ocorreu na faixa etária de 60 a 69 anos e no período de 0 a 15 dias de internação. As bactérias encontradas foram: *Klebsiella pneumoniae* (27,7%), *Escherichia coli* (23,4%), *Acinetobacter baumannii* (21,3%), *Staphylococcus aureus* (14,9%), *Pseudomonas aeruginosa* (6,4%), *Enterobacter sp* (2,1%), *Morganella morganii* (2,1%) e *Burkholderia cepacia* (2,1%) (GARCIA et al., 2013).

Entre as bactérias Gram-negativas, a produção de betalactamases é a principal forma de resistência bacteriana aos antimicrobianos betalactâmicos. Entre as betalactamases, os grupos mais preocupantes, atualmente, são as betalactamases de aspecto ampliado e as carbapenemases. As carbapenemases ocorrem mais frequentemente em enterobactérias, sendo predominantes nos gêneros *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Escherichia*, *Serratia*, *Citrobacter*, *Salmonella*, *Proteus* e *Morganella* (NAKANO, NISHIYAMA, AVILA-CAMPOS, s.d).

Portanto, a proposta que visa sintetizar e caracterizar um nanomaterial a base de  $TiO_2$  e  $WO_3$  dopado com Ag,  $TiO_2/WO_3$ -Ag, para potencial aplicação como um aditivo antimicrobiano em tintas para uso em ambientes hospitalares se torna promissora na indústria de tintas.

## 2 RESUMO TEÓRICO

### 2.1 Tinta

A tinta é o revestimento externo e interno mais usado no mundo nos últimos 19 anos (Figura 1), pois é seguro, de fácil acesso e há uma grande variedade de produtos para cada situação. Tendo como principal consumidor o setor imobiliário, setor que vem em crescimento gradual em terras brasileiras. Todo esse mercado, impulsiona a criação de novas opções de tintas, visando uma maior durabilidade, maior cobertura e uma proteção efetiva contra microrganismos.

ANO	IMOBILIÁRIA	REPINTURA	IND. AUTOMOTIVA	IND. GERAL	TOTAL
2021 <<	1.433	70	31	181	1.715
2020 <<	1.354	67	28	174	1.623
2019 >>	1.289	67	39	174	1.569
2018 >>	1.280	64	38	166	1.548
2017 >>	1.279	62	36	158	1.535
2016 >>	1.276	60	29	141	1.506
2015 >>	1.059	60	33	166	1.318
2014 >>	1.119	61	43	174	1.397
2013 >>	1.141	58	51	176	1.426
2012 >>	1.119	55	49	176	1.399
2011 >>	1.119	52	51	176	1.398
2010 >>	1.083	51	50	174	1.358
2009 >>	982	47	46	157	1.232
2008 >>	975	49	48	171	1.243
2007 >>	800	45	42	158	1.045
2006 >>	741	40	40	147	968
2005 >>	722	40	39	141	942
2004 >>	701	37	37	138	913
2003 >>	662	34	31	133	860
2002 >>	663	33	30	131	857

**Figura 1 - Volume de tinta no Brasil (1.000c000/l)**

**Fonte:** [www.abrafati.com.br/setor-de-tintas](http://www.abrafati.com.br/setor-de-tintas)

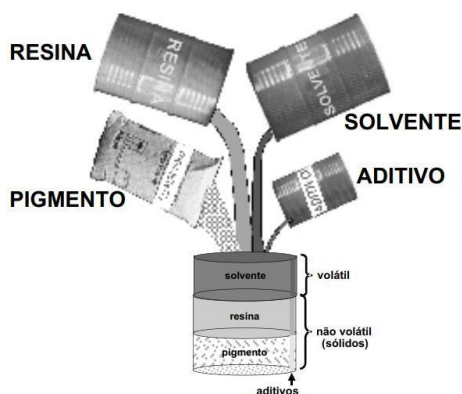
Na construção civil é recorrente por vezes, grandes áreas a serem revestidas e, se vê como principal opção o revestimento através de pintura. Tendo uma grande área de cobertura do substrato e uma grande gama de prós, como por exemplo controle de temperatura, controle de iluminação, controle proliferação de seres microscópicos (AKZO NOBEL, 2022).

Outras propriedades das tintas variam desde lavabilidade, resistência à ação do sol, resistência à corrosão, até flexibilidade, impermeabilidade e facilidade de aplicação. Apesar disso, a pintura não entra na fase de projeto e planejamento da obra por falta de informações técnicas suficientes e pertinentes para a escolha dos produtos. Também a forma de designação dos produtos dada pelo mercado, como linhas Premium, Standard e Econômica, não está vinculada aos critérios técnicos das tintas, mas aos critérios de aplicação e rendimento. Com isso, somente no final da obra, a maioria dos gestores das obras na construção civil escolhe as tintas e texturas com base no preço e rendimento na aplicação (ANGHINETTI, 2012).

## 2.2 Composição das tintas

Tinta é simplesmente uma composição líquida, viscosa, constituída de um ou mais pigmentos dispersos em um aglomerante líquido que, ao sofrer um processo de cura quando estendida em película fina, forma um filme opaco e aderente, que tem a finalidade de proteger e embelezar o substrato (FAZENDA, 2005).

Os quatro elementos básicos da tinta são: resinas, pigmentos, solventes e aditivos (Figura 2).



**Figura 2** - Desenho esquemático da fabricação de tintas com suas matérias primas.

**Fonte:** <https://abrafati.com.br/setor-de-tintas/dados-do-setor/>

### 2.2.1 Resina

Resina é um material ligante ou aglomerante, normalmente um polímero, não volátil, também chamado de “veículo sólido” que fixa, junta e faz aderir às partículas do pigmento, dando integridade à película de pintura. São responsáveis pela maioria das características físico-químicas, pois determina o brilho, a resistência química e física, a secagem, a aderência, entre outras. Produzidas pela indústria química e petroquímica. A utilização de cada uma delas depende das propriedades que se pretende agregar à tinta (ABRAFATI, 2022; POLITO, 2006).

### 2.2.2 Pigmentos

Um pigmento é uma substância colorida finamente dividida, que passa seu efeito de cor a outro material, quer quando bem misturado a ele, quer quando aplicado sobre sua superfície em uma camada fina. Quando um pigmento é misturado ou moído em um veículo líquido para formar uma tinta, ele não se dissolve, mas permanece disperso ou suspenso no líquido (MAYER, 2006).

Os pigmentos podem ser divididos em ativos e inertes, sendo os ativos os responsáveis pela cor e poder de cobertura as tintas, e os inertes, também chamados de cargas, responsáveis por proporcionar lixabilidade, dureza, consistência e outras características. São exemplos de pigmentos inertes: o carbonato de cálcio, o caulim, o agalmatolito, a dolomita, etc. (FAZENDA, 2008).

Em resumo, são materiais em pó que não se dissolvem na tinta, que dão cor ao produto e conferem a ele características como a cobertura, a durabilidade, a consistência e a facilidade para lixar (ABRAFATI, 2022).

### 2.2.3 Aditivos

Os aditivos compreendem uma enorme quantidade de componentes de grande importância, que quando incorporados às tintas em pequenas proporções, geralmente, menores que 5%, conferem importantes propriedades com características especiais a elas ou melhoria nas suas propriedades (ABRAFATI, 2022;

FAZENDA 2005).

Uma grande variedade de aditivos é utilizada na fabricação das tintas são secantes, catalizadores, antipeles, espessantes, antiescorrimentos, surfactantes, umectantes e dispersantes; antiespumantes, nivelantes, biocidas, estabilizantes de ultravioleta (ABRAFATI, 2022; FAZENDA 2005).

#### 2.2.4 Diluentes (Solventes)

São líquidos voláteis, que evaporam depois da aplicação. Possibilitam que a tinta se apresente sempre na forma líquida, permitindo um bom nivelamento/alastramento. Para tintas látex, usa-se água como diluente. Nas tintas a óleo e esmaltes sintéticos costuma-se usar aguarrás, entre outros (ABRAFAT, 2022).

### 2.3 Tinta acrílica

No século XV, estudos com óleos vegetais proporcionaram o desenvolvimento das primeiras tintas a óleo, que ao serem assimiladas por pintores renascentistas foram importantes para a criação de grandes obras de arte. Com o desenvolvimento da petroquímica no século XX, houve uma revolução no mercado de tintas, com o surgimento das tintas acrílicas que passaram a ser muito usadas por um grande número de artistas (MELLO, SUAREZ, 2012).

Atualmente há uma grande diversidade de tintas acrílicas no mercado. Utilizadas em larga escala para revestir áreas externas e internas, tendo uma maior retenção de cor, uma grande resistência a intempéries e umidade.

### 2.4 Nanopartículas de Prata

Uma das grandes descobertas da nanotecnologia foi o fato de que, em cada tamanho, um mesmo material pode apresentar características físicas e químicas completamente distintas (FERREIRA, RANGEL, 2009).

A prata é um metal de transição maleável, dúctil, que apresenta um brilho metálico branco intenso e um alto nível de condutividade elétrica (BISWAS; DEY, 2015; LOPES, 2017). Esse metal pode ser encontrado na natureza de forma pura ou associado a outros metais e também pode ser sintetizado a nível industrial através de reações com sais de prata. A concentração média de prata na água é de 0,5 ppm enquanto a sua concentração no solo é de aproximadamente 10 ppm (BISWAS; DEY, 2015, LOPES, 2017).

Nanopartículas de prata também têm sido utilizadas na integração de polímeros termoplásticos, como por exemplo, recipientes que podem ser utilizados para conservar alimentos, soluções fisiológicas, produtos farmacêuticos e cosméticos, dentre outros. Para produção de um quilo (kg) de resina, são necessárias cerca de 30 partes por milhão (ppm) de prata nanométrica para garantir a ação bactericida, que ocorre por contato, e não pelo desprendimento de íons prata para o meio. Dessa forma, evita-se qualquer ação tóxica aos usuários dos produtos baseados nos nanocompósitos termoplásticos, que apresentam cor amarelada. A prata possui efeito bactericida porque prejudica a atividade celular de microrganismos (HIROSHI, ARAKI, 2014).

O efeito antimicrobiano da prata é reconhecido há muitos anos. Na antiguidade, ela era utilizada no tratamento de queimaduras e como agente quimioterápico contra patologias provocadas por bactérias, como a *Staphylococcus aureus*. Após a descoberta da penicilina, o uso da prata como agente bactericida diminuiu consideravelmente. Porém, com a seleção de cepas resistentes a antibióticos, a prata voltou a despertar interesse na comunidade científica em virtude do desenvolvimento de novos antimicrobianos (HAMMES, 2020).

## **2.5 Trióxido de Tungstênio**

O estudo e utilização de tungstênio tem sido visto com bons olhos pelas suas propriedades fotocatalisadoras, catalíticas, etc. (PIMENTA, 2015).

O tungstênio, que pertence ao grupo 6 da tabela periódica (junto com cromo e molibdênio), possui coloração cinza-aço. Seu ponto de fusão é o mais alto entre todos os metais, e perde apenas para o carbono em toda a tabela periódica. O tungstênio natural é uma mistura de cinco isótopos, um dos quais ( $^{180}\text{W}$ ) é ligeiramente

radioativo (emissor alfa, com meia-vida de  $1,8 \times 10^{18}$  anos). Possui o menor coeficiente de expansão térmica de todos os metais. É estável ao ar à temperatura ambiente, mas queima a  $WO_3$  quando aquecido. Reage vigorosamente com flúor à temperatura ambiente e com cloro ao rubro. É resistente a ácidos, inclusive água régia. Apenas a mistura  $HNO_3 + HF$  o dissolve lentamente a quente. Resiste bem a soluções alcalinas, mas é atacado por fusões com  $NaOH$  ou  $Na_2CO_3$  (na presença de ar ou  $NaNO_3$ ), convertendo-se em tungstato (MEIO AMBIENTE, 2013).

Os tungstatos naturais são submetidos à fusão com carbonato de sódio ( $Na_2CO_3$ ) a alta temperatura, resultando em tungstato de sódio ( $Na_2WO_4$ ), solúvel em água. A partir dessa solução, mediante adição de ácido clorídrico, precipita o ácido túngstico, que é convertido em  $WO_3$  após calcinação. O óxido de tungstênio também pode ser dopado com diversos materiais, apresentando propriedades diferentes, como por exemplo: dopado com sódio, formando um supercondutor de alta temperatura; dopado com cobalto para formação de nanocompósitos utilizados como super capacitores; dopado com bário respondendo a propriedades dielétricas; com cálcio na estrutura apresentando potencial de aplicação em lasers e dispositivos médicos; e com chumbo resulta em um material com propriedades super hidrofóbicas (PIMENTA, 2015).

## 2.6 Dióxido de Titânio

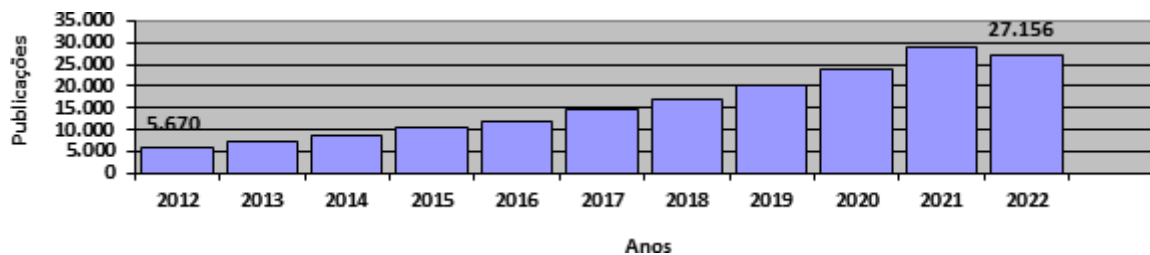
O dióxido de titânio ( $TiO_2$ ) é um composto multifacetado. É o material que torna a pasta de dentes branca e a tinta opaco. O  $TiO_2$  é também um potente fotocatalisador que pode quebrar quase qualquer orgânico e uma série de empresas são procurando capitalizar a reatividade do  $TiO_2$  através desenvolvendo uma vasta gama de produtos ambientais produtos benéficos (COWAN et al., 2003).

Durante o final da década de 1970, os cientistas começaram a perceber que a propensão do  $TiO_2$  para absorver energia da extremidade UV do espectro solar e depois reagir com vapor de água a produzir oxigênio poderia ser utilizado para criar superfícies que fossem, para todos os fins práticos, autolimpeza. De acordo com Daniel Blake, cientista principal do Departamento de Energia Nacional de Energias Renováveis Laboratório em Golden, Colorado, quando o  $TiO_2$  é exposto à luz UV de um comprimento de onda abaixo de 385 nanômetros, na presença de vapor de água,

duas substâncias altamente reativas são formadas: hidroxila radicais [OH] e um íon superóxido [O<sub>2</sub><sup>-1</sup>] (COWAN et al., 2003).

## 2.7 Tinta bactericida

A incidência no uso de nanomateriais na última década tem aumentado através de estudos, e aplicações, pela sua aplicabilidade e pelas suas propriedades. A suas aplicações se dão pelo processo de síntese como sol-gel, método de micro-ondas-hidrotermal, método hidrotermal, sonoquímica, utilizando a cristalografia, morfologia e o tamanho da partícula. Conforme a Figura 3, pode se notar o grande aumento de publicações sobre o tema.



**Figura 3** - Publicações sobre nanotecnologia nas últimas décadas  
**Fonte:** <https://www.sciencedirect.com/search?q=nanomaterials>

Visando esse uso contínuo de nanomateriais, além de outras utilizações, podemos elencar a utilização dos mesmo em tintas com ação antibacteriana.

Em relação às tintas com ação bactericida, recentemente tem-se dado mais atenção à presença e crescimento de bactérias em superfícies internas pintadas, o que tem levado as grandes marcas de tintas a desenvolverem produtos para este fim. Embora o crescimento de bactérias sempre tenha sido uma preocupação em hospitais e instalações de processamento de alimentos, aumenta hoje o interesse em superfícies internas pintadas em geral (VALADARES, 2017).

Conhecidas como tintas higiênicas ou hospitalares, são destinadas a ambientes que necessitam de uma maior higienização e cuidado com a proliferação de microrganismos, como hospitais, clínicas, quartos de hotel, restaurante, indústria de alimentos, quartos de crianças, ambientes de grande circulação etc. Pode ser

encontradas nas versões acrílica e epóxi base água e basicamente possuem baixa toxicidade e odor, facilidade e rapidez na aplicação, amplo espectro ativo contra microrganismos, resistência superior às constantes limpezas, abrasão e fluxo de pessoas. Hoje no mercado se tem uma quantidade aceitável de opções de tintas com ação antimicrobiana, tendo como a principal a tinta da marca Sherwin Williams, que utiliza 2-Fenoxietanol e Piritiona zinco, para se obter a ação antimicrobiana desejada (COSTA et al., 2014).

### 3 JUSTIFICATIVA

Pela ocorrência de novos microrganismos nos sítios hospitalares, viu-se necessário a formação de produtos inovadores com ação antimicrobiana constante, dando assim mais segurança aos pacientes.

Contudo ainda não se tem estudos demonstrando novas alternativas para a substituição de quaternário de amônia, tendo assim relatos da sua ineficácia ao confrontado a *Salmonella*, se viu que o produto foi incapaz de promover a inativação das mesmas amostras.

O uso desses saneantes a base de sais quaternários de amônio-cloreto de benzalcônio além de ter o efeito de resistência microbiana, possui características de hidrofobicidade elevada dos compostos quaternários de amônio propiciando a lixiviação do composto antimicrobiano tornando inadequado o uso em produtos como tinta e argamassas. Ocasionalmente a contaminação de localidades internas e externa ao sítio onde foi usado.

O ponto é o aumento da taxa de contaminação por meio de bactérias em sítio hospitalares nos últimos anos, que agravam tanto a condição dos pacientes como os gastos dos hospitais para mantê-los.

Dado isso, as novas tecnologias empregadas na fabricação de tintas com ação antimicrobianas são bem vistas no mercado atual, melhorando a eficiência da mesma sem perda de qualidade.

## 4 OBJETIVOS

### 4.1 Objetivo geral

Desenvolver nanomaterial compósito com propriedade antimicrobiana para aplicação em tintas não lixiviáveis para a aplicação em ambientes hospitalares.

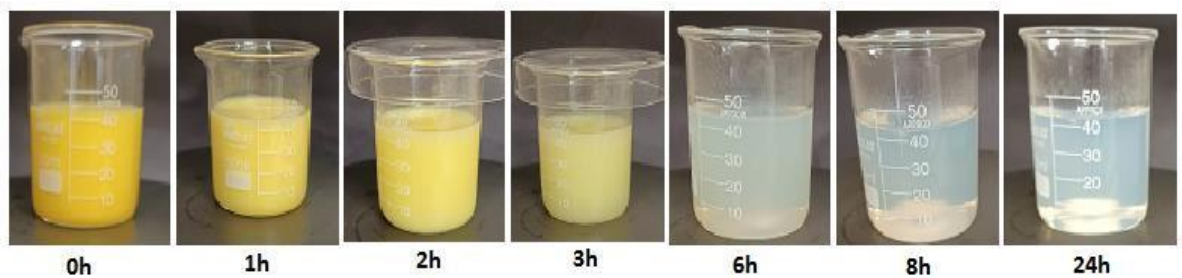
### 4.2 Objetivos específicos

- Sintetizar o nanomaterial a base de  $\text{TiO}_2/\text{WO}_3\text{-Ag}$  (trióxido de tungstênio dopado com prata) por método hidrotérmico.
- Impregnar o nanomaterial sintetizado em formulação de tinta acrílica a base de água.
- Caracterizar o nanomaterial sintetizado por técnicas de microscopia eletrônica de varredura de alta resolução, difratometria por raios X, espectroscopia na região do infravermelho médio, análise de tamanho de partícula e potencial zeta.
- Avaliar a ação antimicrobiana da formulação de tinta incorporada com nanocompósito de  $\text{TiO}_2/\text{WO}_3\text{-Ag}$ , segundo Norma Técnica JIS Z 2801/ISO 22196.

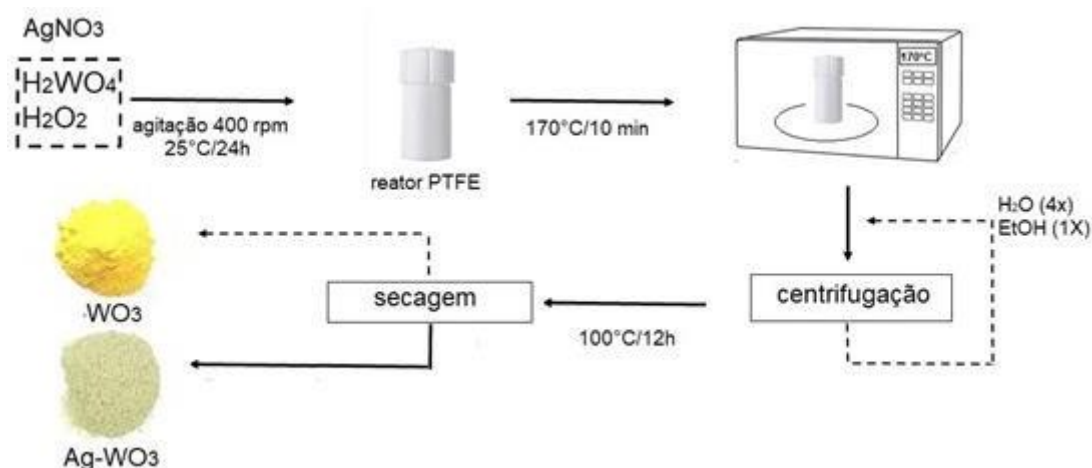
## 5 MATERIAL E MÉTODO

### 5.1 Síntese do material proposto

O nanomaterial a base de  $\text{TiO}_2/\text{WO}_3\text{-Ag}$  foi sintetizado por método hidrotérmico-micro-ondas por meio de controle de parâmetros de síntese: concentração das soluções precursoras de ácido tungstico ( $0,25 \text{ mol L}^{-1}$ ) e nitrato de prata (3,0 %, m/v) em condições oxidantes na presença de peróxido de hidrogênio (10 ml  $\text{H}_2\text{O}_2/35\%$ ) (ZHOU et al. 2008; WOJCIK et al., 2015). A solução aquosa (volume final 40 ml) foi mantida sob agitação a  $25^\circ\text{C}$  por 24h, sendo que a mudança de coloração foi observada nos tempos de 0h, 1h, 2h, 3h, 6h e 24h (Figura 4). O volume da solução foi completado para 80 ml e transferido para um reator hidrotérmico-micro-ondas (900W) a  $170^\circ\text{C}$  por 10 min, com taxa de aquecimento de  $10^\circ\text{C min}^{-1}$ . O resfriamento do reator foi conduzido de forma espontânea. Após a etapa de síntese, as massas obtidas de  $\text{WO}_3$  (sólido branco) e  $\text{WO}_3\text{-Ag}$  (sólido amarelo claro) foram lavados com água deionizada e centrifugadas a 3600 rpm por 10 min. O processo de lavagem do material foi repetido por cinco vezes, sendo a última etapa do processo de lavagem em etanol. Em seguida, os sólidos foram secos em estufa a  $100^\circ\text{C}$  por 12h (Figura 5).



**Figura 4** - Solubilização do ácido tungstico em meio oxidante na presença de  $\text{H}_2\text{O}_2$ .  
**Fonte:** Elaborado pelo autor



**Figura 5** - Diagrama em blocos do processo de obtenção das nanopartículas de  $\text{Ag-WO}_3$ .  
**Fonte:** Elaborado pelo autor

Para o preparo dos nanocompósitos,  $\text{WO}_3$  (ou  $\text{Ag-WO}_3$ ) e  $\text{TiO}_2$  foram misturados na proporção 1:1 e sonicados a 60 kHz, 80°C por 15 min. Em seguida, a suspensão foi submetida à centrifugação e secagem do pó (ERNAWATIA et al., 2019; JAWAD, AHMED, 2021). A amostra seca foi submetida a separação granulométrica e um pó finamente particulado do nanocompósito  $\text{WO}_3/\text{TiO}_2$  ou  $\text{Ag-WO}_3/\text{TiO}_2$  foi armazenado em condições na ausência de luz.

As amostras foram caracterizadas quanto às propriedades morfológicas, estruturais e físico-químicas por microscopia eletrônica de varredura de alta resolução (FEG-SEM), difratometria de raios X, espectroscopia na região do infravermelho médio e espalhamento de luz dinâmico (DLS).

## 5.2 Microscopia Eletrônica de Varredura de Alta Resolução (FEG-MEV)

Esta técnica foi utilizada com o objetivo de estudar a morfologia das fases cristalinas com resolução de até 1 nm e determinação do tamanho de partículas de dimensão mínima de 10 nm e a composição química do material. Com a técnica de MEV-FEG é possível obter imagens de topografia utilizando elétrons secundários (SE), estudar a porosidade, defeitos, contaminações, granulometria e morfologia dos materiais. Esta técnica também permite, com o uso de elétrons retroespalhados

(BSE), a obtenção de imagens de compostos distintos em uma mesma amostra e, com o uso da espectroscopia por dispersão em energia de raios X (EDS), é possível realizar microanálise química qualitativa pontual ou na forma de mapas.

O experimento foi feito por meio de um microscópio Philips XL Series, modelo XL 30 TMP, acoplado a um sistema de análise espectroscópica por energia dispersiva de raios X – EDX da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da UNESP, Câmpus de Araraquara e calculando o tamanho médio por meio do programa MOCHA, da Jandell (analisador de imagens).

### **5.3 Espalhamento de luz dinâmico**

Análise das amostras quanto ao tamanho de partícula e potencial zeta foi avaliada utilizando a técnica de espalhamento de luz dinâmico. O equipamento utilizado foi o ZetaSizer Nanoseries, Malvern (Worcestershire, Inglaterra) da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da UNESP, Câmpus de Araraquara). Para analisar o tamanho de partícula, foi utilizada uma cubeta de poliestireno e para aferir o potencial zeta, será utilizada célula capilar de policarbonato com eletrodos de berílio/cobre folheados a ouro e também célula de imersão acoplada às cubetas de poliestireno.

As medidas foram realizadas a partir de soluções de concentração de 1,0 g/l à 25°C e caminho óptico de 1 cm. As medidas foram executadas em triplicata.

### **5.4 Difratomia de raios X (DRX)**

Essa técnica permite realizar estudos em materiais, determinando sua estrutura cristalina e sua fração percentual cristalina. Neste trabalho, utilizou-se um difratômetro de raios X SIEMENS D5000 com varredura angular entre 20° e 80°, na montagem de Bragg-Brentano, utilizando-se radiação de Cu ( $k\alpha_1$ ) com passo de 0,05 (2 $\theta$ ), sendo que o tempo de passo foi de 1,0 segundo para cada amostra. A identificação das fases do material foi realizada comparando-se os dados obtidos com as fichas padrões da base de dados mantida pelo software *Crystallographica search match* para identificar a estrutura cristalina das amostras.

## **5.5 Caracterização química por espectroscopia na região do infravermelho médio**

As medidas de espectroscopia na região do infravermelho médio por transformada de Fourier com reflectância total atenuada (ATR-FTIR) foram realizadas usando o espectrofotômetro de infravermelho, Spectrum Two™ da Perkins Elmer. A análise foi realizada em colaboração pré-estabelecida com Núcleo de Pesquisas Avançadas em Matologia-NUPAM, pertencente ao Departamento de Produção Vegetal-DPV, da Faculdade de Ciências Agrônomicas-FCA/UNESP, Câmpus de Botucatu-SP. Os espectros na região do infravermelho médio (FT- IR) são adquiridos, em temperatura ambiente, em condições experimentais de resolução igual a 4 cm<sup>-1</sup> e 100 varreduras em um intervalo de varredura de 4000 – 400 cm<sup>-1</sup>.

## **5.6 Avaliação das nanopartículas no filme de tinta curado**

5.6.1 Avaliação da propriedade antimicrobiana segundo Norma Técnica JIS Z 2801/ISO 22196.

Para a avaliação da atividade antimicrobiana, realizada na Faculdade de Ciências Agrônomicas-FCA/UNESP, o nanocompósito de interesse Ag- WO<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub> foi incorporado em três diferentes composições (1,0; 2,5 e 5,0 µg mL<sup>-1</sup>) em tinta acrílica à base de água. Os controles negativo e positivo consistiram de tinta acrílica à base de água e tinta comercial antimicrobiana, respectivamente (Tabela 1). Após homogeneização, a tinta foi espalhada sobre uma superfície sólidas, de acordo com a Norma JIS Z 2801:2010 “Antimicrobial products – Test for antimicrobial activity and efficacy” (JIZ, 2010), que consiste na avaliar a eficácia antimicrobiana quantificando a redução da carga microbiana na amostra de teste em um período de contato de 24h (Figura 6). A norma técnica JIS Z 2801 foi adotada como procedimento da Organização Internacional de Padronização (ISO), ISO 22196. As bactérias selecionadas para o teste foram *Staphylococcus aureus* (ATCC 6538P), *Klebsiella pneumoniae* (ATCC 4352) e *Escherichia coli* (ATCC 8739).

**Tabela 1** - Formulações das tintas contendo o nanocompósito Ag-WO<sub>3</sub>/TiO<sub>3</sub>

<b>Amostra</b>	<b>Composição da tinta</b>
Controle negativo	Tinta acrílica comercial
Controle positivo	Tinta comercial antimicrobiana
Tinta F1*	Tinta acrílica NPs 1,0 µg/ml <sup>-1</sup>
Tinta F2*	Tinta acrílica NPs 2,5 µg/ml <sup>-1</sup>
Tinta F3*	Tinta acrílica NPs 5,0 µg/ml <sup>-1</sup>

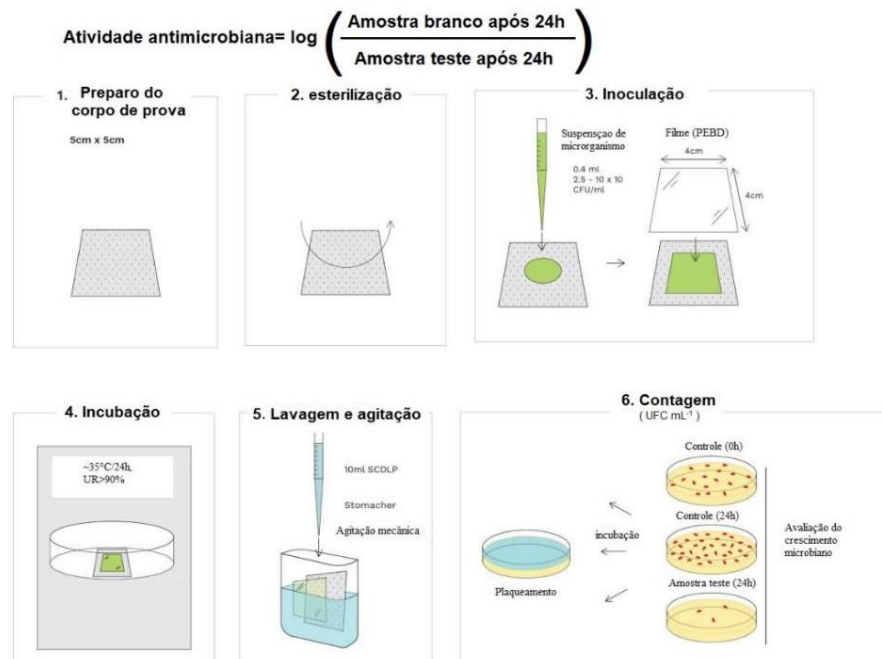
\*Amostra de tinta acrílica comercial também usada no controle negativo com inserção do nanocomposto antimicrobiano.

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

Os corpos de prova, em triplicatas, utilizados nos testes microbiológicos consistiram de folhas de papel com gramatura 280 g/cm<sup>2</sup>. As amostras foram revestidas com duas camadas de tinta com intervalo de 24h e mantidas na posição horizontal por 7 dias à temperatura de (25±2)°C. Após a etapa de secagem, os corpos de prova foram dimensionados em área igual a 25 cm<sup>2</sup> e posicionados individualmente em uma placa de Petri. Um inóculo de 400 µl de suspensão bacteriana (1,0 x 10<sup>5</sup> células ml<sup>-1</sup>) foi adicionado sobre a superfície de cada corpo de prova (n=3). Folhas de polietileno de baixa densidade (PEBD) foram cortadas em dimensões de 4cm x 4cm para cobrir todas as amostras com o intuito de garantir o espalhamento do inóculo e minimizar a evaporação durante o período de incubação de 24h em estufa bacteriológica a 36°C a 90% de umidade relativa (condição de aerobiose). Após este período, os corpos de prova foram retirados com o auxílio de uma pinça e transferidos para um saco de amostragem estéril contendo 10 ml de caldo SCDLP (meio com peptona de caseína, lecitina de soja e polissorbato 20) seguido da diluição seriada 10<sup>-5</sup>, 10<sup>-6</sup> e 10<sup>-7</sup> em solução tampão PBS. Em seguida, uma alíquota de 1,0 ml de cada diluição é plaqueado com Agar Contagem Padrão pelo Pour Plate. Após a solidificação do meio de cultura, as placas de Petri são incubadas invertidas em estufa bacteriológica a 36°C por 24h. A porcentagem de redução e redução logarítmica pela contagem das UFC ml<sup>-1</sup> é determinada nos tempos 0h para as amostras do controle negativo (sem tratamento antimicrobiano) e 24h para as amostras revestidas com tinta

antimicrobiana.

A eficácia antimicrobiana de um produto antimicrobiano, segundo a JIS Z 2801: 2000 em seu valor aplicado em uma média, sendo efetiva se o valor da atividade antimicrobiana for  $\log \geq 2$ , conforme Equação demonstrada na Figura 6.



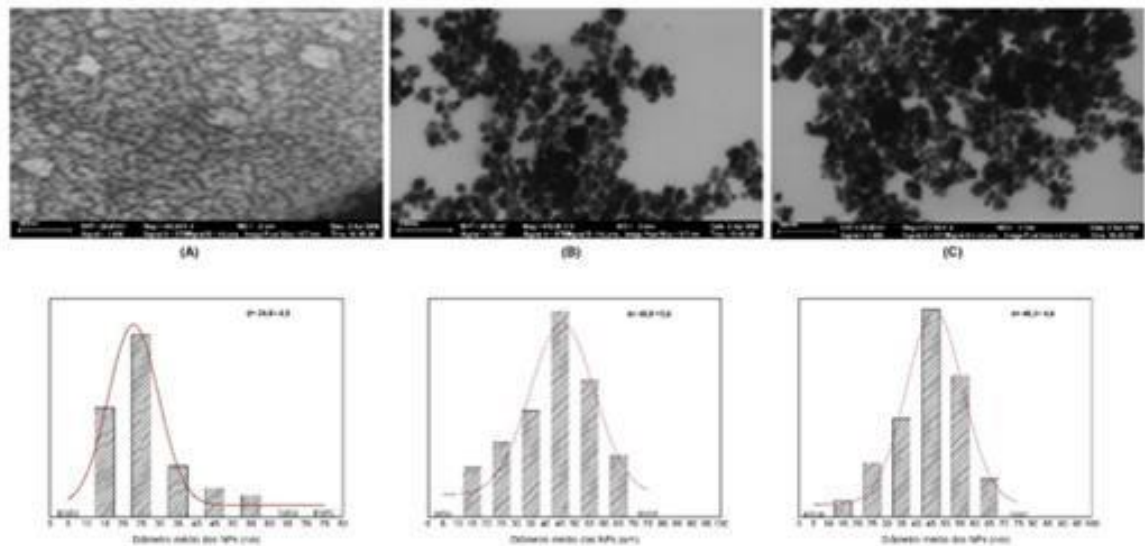
**Figura 6** - Diagrama das etapas experimentais para o teste de atividade e eficiência antimicrobiana, técnica realizada por Pour Plate, utilizando o plaqueamento com 1,0 ml de alíquota de cada diluição, totalizando nove amostras.

**Fonte:** modificado de JIS L 1902/ISO 20743 Test (2010).  
<https://www.situbiosciences.com/product/jis-z-2801-test-for-antimicrobial-activity-of-plastics>

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1 Microscopia Eletrônica de Varredura de Alta Resolução (FEG-MEV)

A Figura 7 apresenta as micrografias das amostras de pó de  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{WO}_3/\text{TiO}_2$  e  $\text{Ag-WO}_3/\text{TiO}_2$ .



**Figura 7** - Micrografias de alta resolução (FE-SEM) e histogramas de distribuição de tamanho das partículas de  $\text{TiO}_2$  (A) e nanocompósitos  $\text{WO}_3/\text{TiO}_2$  (B) e  $\text{Ag-WO}_3/\text{TiO}_2$  (C).

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

Pode-se observar uma morfologia esférica das nanopartículas de  $\text{TiO}_2$ , e também, para os nanocompósitos. O tamanho médio dos aglomerados foi calculado por meio do programa MOCHA, da Jandell (analisador de imagens), a partir da contagem de 100 regiões das micrografias obtidas por MEV, com um tamanho médio entre 45 a 50 nm, em acordo com os resultados de difração por Raios X (DRX).

## 6.2 Difractometria de raios X (DRX)

A técnica de caracterização estrutural por difratometria de raios X foi realizada para avaliar as fases cristalinas das nanopartículas de  $\text{WO}_3$  e  $\text{Ag-WO}_3$ ,  $\text{TiO}_2$  e nanocompósito  $\text{Ag-WO}_3/\text{TiO}_2$ , sendo que os picos de difração foram comparados quanto à posição angular ( $2\theta$ ) com a ficha padrão do banco de dados JCPDS (*Joint Committee on Powder Diffraction Standards*) (ICDD, 2022).

O tamanho médio dos cristalitos ( $L$ ) das amostras foi calculado em nanômetros (nm) pela equação de Debye-Scherrer (Figura 8), substituindo os valores de comprimento de onda incidente ( $\lambda$ ) do padrão de Cu, fator  $k$  ( $k = 0.94$ ), ângulo de difração de Bragg ( $\theta$ ) e a largura total de um pico a meia altura da intensidade máxima ( $\beta$ ) em radianos (AHMED et al., 2022).

$$L = \frac{k \lambda}{\beta \cos \theta}$$

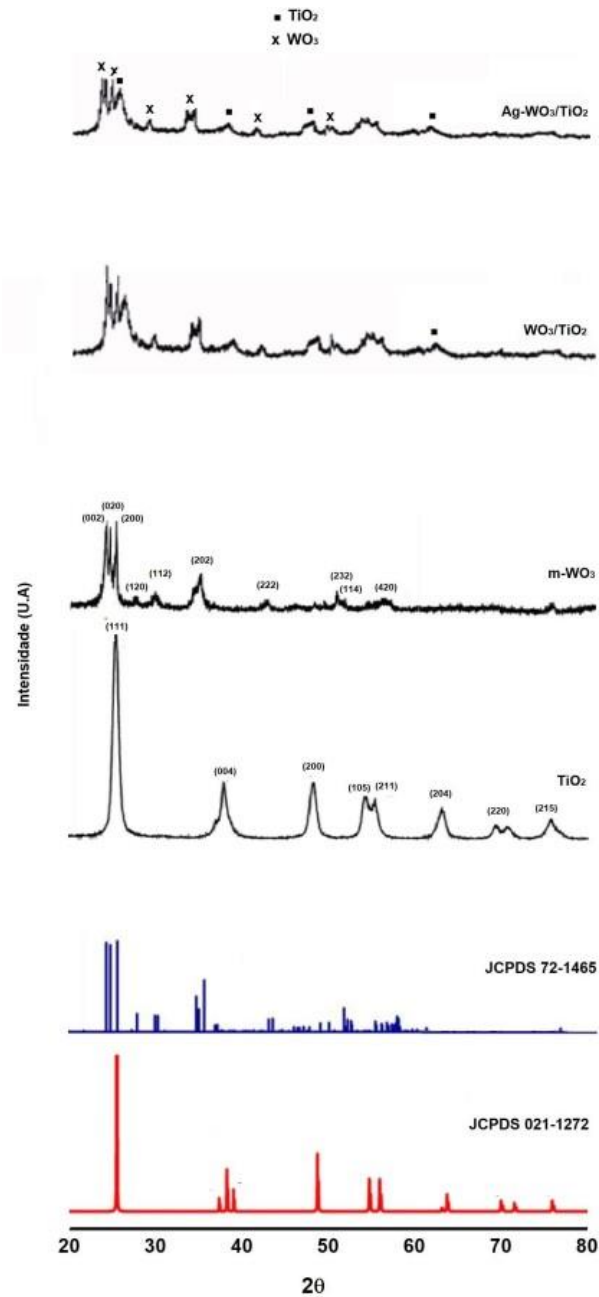
**Figura 8** - Equação de Debye-Scherrer  
**Fonte:** Elaborado pelo autor

No difratograma para  $\text{WO}_3$  sintetizado por processo hidrotérmico-micro-ondas a 900W por 10 min, foram observados os valores dos picos de difração em  $2\theta$  igual a 23.1, 23.5, 24.4, 28.8, 34.2 e 41.8 (JCPDS No. 72-1465) que corresponde aos planos cristalinos (002), (020), (200), (112), (202) e (222), respectivamente. Portanto, pode-se confirmar a obtenção de óxido de tungstênio em fase cristalina (SUNGPANICH, THONGTEM, THONGTEM, 2012).

Para a amostra de  $\text{TiO}_2$ , os picos característicos da fase cristalina anatase foram identificados em  $2\theta$  25.1°, 37.8°, 48.1°, 53.8° e 54.9° (JCPDS No.021-1272), correspondendo aos planos (101), (004), (200), (105) e (211), respectivamente. A presença das fases cristalinas dos materiais  $\text{TiO}_2$  e  $\text{WO}_3$  foram também confirmadas pelos espectros de DRX para os nanocompósitos  $\text{WO}_3/\text{TiO}_2$  e  $\text{Ag-WO}_3/\text{TiO}_2$ .

Os tamanhos médios de cristalitos calculados pela equação de Scherrer para

TiO<sub>2</sub>, WO<sub>3</sub> e Ag- WO<sub>3</sub> foram de ~21,3, ~32,1 e 33,2 nm, respectivamente. Para os nanocompósitos WO<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub> e Ag-WO<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub>, os tamanhos de cristalitos foram de 43,7 (TiO<sub>2</sub>) e 49,2 (WO<sub>3</sub>) nm (Figura 9).



**Figura 9** - Difratoogramas de raios X dos pós dos materiais TiO<sub>2</sub>, WO<sub>3</sub>, WO<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub> e Ag- WO<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub>.  
**Fonte:** Elaborado pelo autor.

### 6.3 Espalhamento de luz dinâmico

Os dados apresentados na Tabela 2 correspondem a relação do diâmetro médio e potencial zeta das amostras de nanopartículas  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{WO}_3$  e  $\text{Ag-WO}_3$  dos nanocompósitos  $\text{WO}_3/\text{TiO}_2$  e  $\text{Ag-WO}_3/\text{TiO}_2$ . Os métodos usuais para a determinação da distribuição de tamanho das nanopartículas consistem em espectroscopia de correlação de fótons (potencial zeta) e microscopia eletrônica de varredura (MEV). Valores ideais para potencial zeta ficam próximos a  $-30\text{mV}$ , para a polidispersividade (PDI) o ideal para um sistema nanoestruturado é que apresente valores até 0,3. No estudo de Jing et al. (2015), o potencial zeta das nanopartículas exibiu valores mais negativos que  $-30\text{ mV}$  (XU et al., 2009).

**Tabela 2** - Propriedades estruturais e físico-químicas das nanopartículas  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{WO}_3$  e  $\text{Ag-WO}_3$  de e nanocompósitos  $\text{WO}_3/\text{TiO}_2$  e  $\text{Ag-WO}_3/\text{TiO}_2$ .

Amostra	Tamanho de cristalito <sup>(a)</sup>	Diâmetro médio <sup>(b)</sup>	Potencial zeta
	(nm)	(nm)	(mV)
$\text{TiO}_2$	21,3	31,29	-10,23
$\text{WO}_3$	32,1	38,47	-25,47
$\text{Ag-WO}_3$	33,2	42,62	-28,71
$\text{WO}_3/\text{TiO}_2$	43,7	63,61	-35,45
$\text{Ag-WO}_3/\text{TiO}_2$	49,2	58,23	-40,34

<sup>(a)</sup> calculado pela equação de Debye-Scherrer

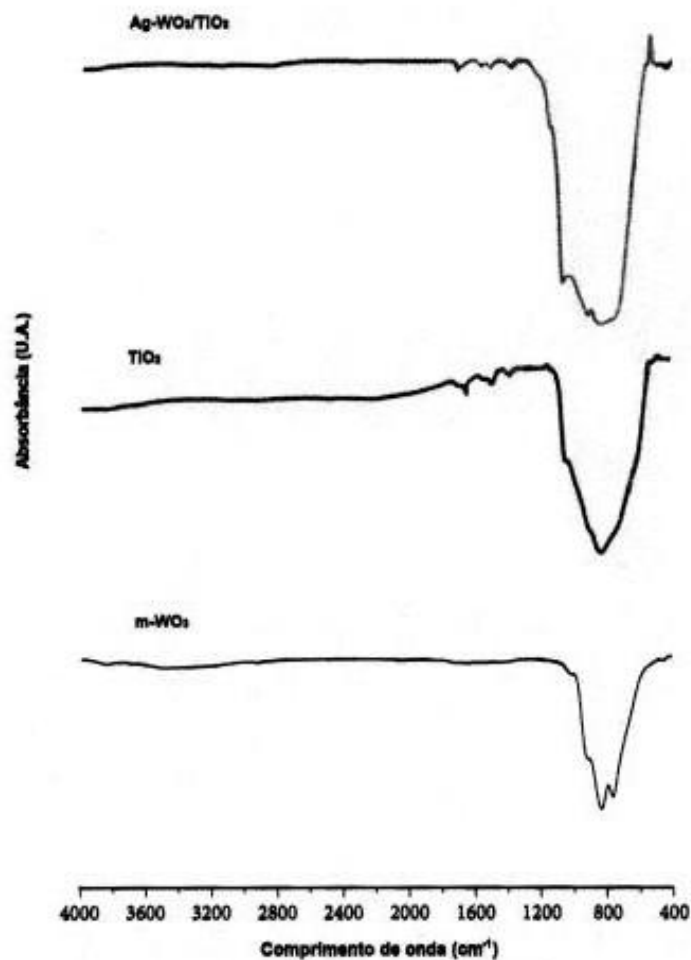
<sup>(b)</sup> medido experimentalmente pela técnica de espalhamento de luz dinâmico

### 6.4 Caracterização química por espectroscopia na região do infravermelho médio

Os espectros obtidos na região do infravermelho médio por reflectância total atenuada (ATR-FTIR) (Figura 10) permitiram confirmar os modos de vibração referentes ao  $\text{WO}_3$  e  $\text{TiO}_2$ . Pelo espectro do pó da amostra de  $\text{WO}_3$ , as bandas dos

modos vibracionais ( $W-O$ ),  $\nu(W-O-W)$  and  $\nu(W-O, W=O)$  a 710, 810 and 963  $cm^{-1}$ , respectivamente (MANCIU et al., 2010; NGUYEN et al., 2011; GIMENO-FABRA et al., 2013; BHOSALE et al., 2017; EROI et al. 2020). Os modos de vibração de estiramento  $O-H$  e  $C=O$  não foram identificados no espectro, em acordo com Ingham, Chong, Tallon (2005) e Salmaoui, Sediri, Gharbi (2010), sugerindo a ausência de formas cristalinas hidratadas de  $WO_3$  (INGHAM, CHONG, TALLON, 2005; SALMAOUI, SEDIRI, GHARBI, 2010).

As nanopartículas de  $TiO_2$  apresentaram uma banda na região de 1400  $cm^{-1}$ , correspondente à ligação  $Ti-O-Ti$ . O espectro do nanocompósito  $Ag-WO_3/TiO_2$  apresentou um deslocamento das bandas características dos materiais  $WO_3$  e  $TiO_2$  (SAFAEI, MOHEBBI, 2016).



**Figura 10** - Espectros de ATR-FTIR dos pós de  $TiO_2$ ,  $WO_3$  e  $Ag-WO_3/TiO_2$ .  
Fonte: Elaborado pelo autor

## 6.5 Avaliação das nanopartículas no filme de tinta curado

### 6.5.1 Determinação da espessura do filme

Os corpos-de-prova obtidos com a aplicação da tinta (controle e teste) apresentaram valores de espessuras da camada seca entre 100-130  $\mu\text{m}$ .

### 6.5.2 Avaliação da propriedade antimicrobiana segundo Norma Técnica JIS Z 2801/ISO 22196

Os resultados das médias dos números de células viáveis e atividade antimicrobiana das amostras testadas contra as bactérias *Staphylococcus aureus* (ATCC 6538P), *Klebsiella pneumoniae* (ATCC 4352) e *Escherichia coli* (ATCC 8739), conforme a norma JIS Z 2801:2010//ISO 22196 estão descritos na Tabela 3, sendo que o material testado é considerado eficiente quando o valor de atividade antimicrobiana é  $\log \geq 2$ . Como pode ser observado que o resultado da atividade antimicrobiana da tinta acrílica a base de água com as nanopartículas de Ag-WO<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub> apresentaram valores maiores que 3, com redução de bactérias em 99,99% atendendo ao padrão de eficiência antimicrobiana segundo a norma JIS Z 2801/ISO 22196.

**Tabela 3** - Resultados das atividades antimicrobianas e porcentagem de redução de bactérias dos corpos de prova frente a *Staphylococcus aureus* (ATCC 6538P), *Escherichia coli* (ATCC 8739) e *Klebsiella pneumoniae* (ATCC 4352).

Amostra	Número de bactérias (24h) de contato (UFC/ml)	Atividade antimicrobiana*	Redução (%)
<i>Staphylococcus aureus</i> (ATCC 6538P)			
Controle	1,5x10 <sup>6</sup>	0	0
Tinta antimicrobiana comercial	1,1x10 <sup>3</sup>	3,13	99,99
Tinta acrílica NPs 1,0 µg/ml	1,7x10 <sup>3</sup>	3,00	99,99
Tinta acrílica NPs 2,5 µg/ml	1,0x10 <sup>2</sup>	4,18	99,99
Tinta acrílica NPs 5,0 µg/ml	1,0x10 <sup>1</sup>	5,17	99,99
<i>Escherichia coli</i> (ATCC 8739)			
Tinta acrílica NPs 1,0 µg/ml	1,5x10 <sup>3</sup>	3,00	99,99
Tinta acrílica NPs 2,5 µg/ml	3,8x10 <sup>2</sup>	3,60	99,99
Tinta acrílica NPs 5,0 µg/ml	4,1x10 <sup>1</sup>	4,56	99,99
<i>Klebsiella pneumoniae</i> (ATCC 4352)			
Tinta acrílica NPs 1,0 µg/ml	5,8x10 <sup>2</sup>	3,41	99,99
Tinta acrílica NPs 2,5 µg/ml	5,2x10 <sup>2</sup>	3,46	99,99
Tinta acrílica NPs 5,0 µg/ml	1,3x10 <sup>3</sup>	3,06	99,99

\*Atividade antimicrobiana= log (controle negativo/amostra teste)  
N° de bactérias no tempo zero (UFC/ml)= 1,0 x 10<sup>5</sup>

**Fonte:** Elaborado pelo autor

## 7 CONCLUSÕES

- O presente estudo demonstrou que nanocompósitos a base de Ag-WO<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub> sintetizados pela rota hidrotérmica-micro-ondas pouco consolidada ainda pela literatura especializada pode ser considerada uma metodologia alternativa viável, com tempo reduzido de síntese química e livre de uso de surfactantes tóxicos.
- As caracterizações das propriedades morfológicas, químicas e estruturais demonstraram que as nanopartículas de TiO<sub>2</sub>, WO<sub>3</sub> e Ag-WO<sub>3</sub> possuem formato esférico com aglomerados no tamanho médio entre 45 a 50nm.
- Na Difractometria de raios X obteve cristalitos com tamanhos médios de 43 a 50 nm para os nanocompósitos WO<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub> e Ag-WO<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub>.
- O potencial zeta do nosso composto, feito por espalhamento de luz dinâmico, ultrapassou o valor médio de -30mV, chegando a -40,34mV demonstrando a sua viabilidade.
- Na caracterização química por espectroscopia na região do infravermelho médio, tivemos um deslocamento das bandas características dos materiais WO<sub>3</sub> e TiO<sub>2</sub>.
- Os nanocompósitos incorporados em tinta acrílica a base de água, na avaliação das nanopartículas no filme de tinta curado, apresentaram eficiência antimicrobiana tanto para bactérias Gram-positivas quanto Gram-negativas, ultrapassando o valor médio de log>2, com redução de 99,99% atendendo o padrão de eficiência antimicrobiana segundo a norma JIS Z 2801/ISO 22196.

## 8 PERSPECTIVAS

Para a próxima etapa do trabalho, pode ser proposto a avaliação de imperismo acelerado sobre radiação UV. O teste atende as exigências das normas ASTM G 154:06 e ASTM D4587:01, com execução em ciclo de 8h de exposição nas seguintes condições: 4h de exposição à irradiação UV-B, com temperatura variando de 57°C a 63°C; e 4h de exposição à condensação, com temperatura variando de 47°C a 53°C (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, 2003). O teste objetiva reproduzir os efeitos da umidade, calor e raios UV da luz solar, com as amostras submetidas a exposição em ciclos repetitivos de luz e umidade sob condições controladas de tempo e temperatura. Desta forma, a radiação é emitida por meio de lâmpadas de vapor de mercúrio de alto desempenho. Uma combinação especial de vapores metálicos gera uma forte radiação na faixa de UV tipo B. A radiação eletromagnética do tipo UV-B tem comprimento de onda entre 280 nm e 315 nm.

## REFERÊNCIAS

ABRAFITI. Associação Brasileira dos Fabricantes de Tinta [homepage]. São Paulo. Representa a cadeia produtiva de tintas, reunindo fabricantes e seus fornecedores. [citado 22 nov. 2022]. Disponível em: <https://abrafati.com.br/setor-de-tintas/dados-do-setor/>

Ahmed LM, Alkaim AF, Halbus AF, Hussein FH. Photocatalytic hydrogen production from aqueous methanol solution over metallized TiO<sub>2</sub>. *Int Jour Chem Tech Resch.* 2016; 9(10): 90-8.

Akzo Nobel.[homepage on the internet]. Amsterdam Inc. 2022; [cited 2022 Nov 22]. Available from: <https://www.akzonobel.com/en/countries/akzonobel-brasil>

Anghinetti ICB. Tintas, suas propriedades e aplicações imobiliárias [monografia]. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia; 2012.

Bhosale NY, Mali SS, Hong CK, Kadam AV, Hydrothermal synthesis of WO<sub>3</sub> nanoflowers on etched ITO and their electrochromic properties. *Electrochim. Acta* 246, 2017.1112–20.

Brasil. Lei n. 9431 de 6 de Janeiro de 1997. Dispõe sobre a obrigatoriedade da manutenção de programa de controle de infecções hospitalares pelos hospitais do País. [citado 22 nov. 2022]. Disponível em: <https://presrepublica.jusbrasil.com.br/legislacao/127123/lei-9431-97>. Acesso em: 22 nov 2022.

Biswas PK, Dey S. Effects and applications of silver nanoparticles in different fields. *Inter J Recent Scient Res.* 2015;6(8):5880-3.

Castro, IA. Síntese de WO<sub>3</sub> e de heteroestruturas WO<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub> pelo método de oxidação por peróxido e avaliação do potencial como fotocatalisadores [tese]. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia; 2015.

Costa LA, Dias R, Machado RAFM, Freitas F, Czize-Weski T, Wilmsen J. Desenvolvimento de tinta epóxi base água com alta resistência e ação bacteriana. XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química. 2014:19-22 out; Florianópolis, BR.

Cowan MM, Abshire KZ, Houk SL, Evans SM. Antimicrobial efficacy of a silver-zeolite matrix coating on stainless steel. *J Ind Microbiol Biotechnol.* 2003;30(2):102-6.

Ernawatia L, Wahyuono RA, Muhammada AA, Nurislam Sutantoa AR, Maharsiha IK, et al. Mesoporous WO<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub> nanocomposites photocatalyst for rapid degradation of methylene blue in aqueous medium. *IJE Transactions A: Basics.* 2019. 32(10): 1345-52.

Eroi SN, Ello AS, Diabate D, Ossoonon DB, Yao JM. Catalytic activity of using tungsten oxide with hydrogen peroxide for methyl orange degradation. *Afr. J. Pure Appl. Chem.* 2020;14(4): 69-80.

FAZENDA, J.M.R. Tintas e vernizes: Ciência e tecnologia. 3. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.

Ferreira HS, Rangel MC. Nanotecnologia: aspectos gerais e potencial de aplicação em catálise. Quím. Nova. 2009; 32(7):1860-70.

Garcia LM, César ICO, Braga CA, Souza GAAD, Mota EC. Perfil epidemiológico das infecções hospitalares por bactérias multidrogarresistentes em um hospital do norte de Minas Gerais. Rev Epidemiol Control Infect. 2013; 3(2):45-9. [citado 22 nov. 20 22]. Disponível em: <https://online.unisc.br/seer/index.php/epidemiologia/article/view/3235/2792>

Gimeno-Fabra M, Dunne P, Grant D, Gooden P, Lester. Continuous flow synthesis of tungsten oxide (WO<sub>3</sub>) nanoplates from tungsten (VI) ethoxide. Chem. Eng. J.2013; (226):22-9.

Hammes IS. Aplicação de nanopartículas de prata em produtos agrícolas e seus efeitos no meio ambiente: uma revisão [monografia]. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Departamento de engenharia Química e de Engenharia de Alimentos; 2020.

Hiroshi S, Araki T. Plástico integrado à prata nanométrica tem ação bactericida. Melo M. Agência USP de Notícias [homepage].2013. São Paulo. Universidade de São Paulo. [citado 22 nov. 2013]. Disponível em: <https://www5.usp.br/noticias/pesquisa-noticias/plastico-integrado-a-prata-nanometrica-tem-acao-bactericida/>.

ICDD. Powder Diffraction File. JCPDS. Intern Cent Diffraction Data.USA[homepage on the internet]: 2022. [cited 2022 Nov 22]. Available from: <https://www.icdd.com/pdfsearch/>

Ingham B, Chong SV, Tallon JL. Layered tungsten oxide-based organ-ic—Inorganic hybrid materials: an infrared and raman study. J Physical Chemistry B. 2005;109(11):4936–40.

Jawad TM, Ahmed LM. Synthesis of WO<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub> nanocomposites for use as photocatalysts for eosin yellow dye degradation. IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng. 2021; 1067 (012153):1-12.

Jing Xu, Chen Wen, Li Jia, Chang Xiao. Ag/WO<sub>3</sub>-codoped TiO<sub>2</sub> nanoparticles: relation between structure, sorption, and photocatalytic activity. Second International Conference Smart Mat Nanotech Engineer. SPIE Proceed. 2009;(7493):1-7.

JIS. Japanese Industrial Standard (JIS) Z 2801 Test for antibacterial activity and efficacy. International Organization for Standardization Antibacterial products. 2010. [cited 2022 Nov 22]. Available from:<https://www.situbiosciences.com/product/jis-z-2801-test-for-antimicrobial-activity-of-plastics/>

Kataoka FP. Estudo da eficiência fotocatalítica em função da morfologia de nanoestruturas de TiO<sub>2</sub> sintetizadas pelo método hidrotérmico [dissertação]. Bauru.

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências; 2011.

Lopes LFS. Síntese e caracterização do  $WO_3$ -Ag preparado via rota hidrotérmica [dissertação]. Bauru: Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências; 2017.

Manciu FS, Enriquez JL, Durrer WG, Yun Y, Ramana CV, Gullapalli SK. Spectroscopic analysis of tungsten oxide thin films. *J. Mater. Res.* 2010; (25):2401-6.

MAYER, R. Manual do artista. 3. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2006.

Meio Ambiente [homepage]. 2013. [citado 22 nov. 2022]. Disponível em: <http://professoralucianekawa.blogspot.com/2013/09/tungstenio-w.html>.

Mello VM, Suarez PAZ. As formulações de tintas expressivas através da história. *Rev. Virtual Quim.* 2012; 4(1):2-12.

Nakano V, Nishiyama S, Avila-Campos MJ. Beta-lactamases: sua importância na resistência bacteriana [homepage]. São Paulo. Universidade de São Paulo, Departamento de Microbiologia.[s.d]. [citado 23 nov. 2022]. Disponível em: <https://microbiologia.icb.usp.br/cultura-e-extensao/textos-de-divulgacao/bacteriologia/fisiologia/beta-lactamases/>

NANOTECHNOLOGY PRODUCTS DATABASE [homepage] 2022. [homepage on the internet]: 2022. [cited 2022 Nov 22]. Available from: [https://product.statnano.com/search?count\\_per\\_page=50&nature%5B%5D=5&industries%5B%5D=84&nano\\_material%5B%5D=10&refine=1](https://product.statnano.com/search?count_per_page=50&nature%5B%5D=5&industries%5B%5D=84&nano_material%5B%5D=10&refine=1)

Nguyen TA, Park S, Kim JB, Kim TK, Seong GH, Choo J et al. Polycrystalline tungsten oxide nanofibers for gas-sensing applications. *Sens. Actuators B Chem.* 2011;160(1):549–54.

POLITO, G. Principais sistemas de pinturas e suas patologias [dissertação]. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia. Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, 2006.

Pimenta, JO. Influência do tratamento térmico assistido por pressão nas propriedades óptica e elétrica do trióxido de tungstênio [tese]. Araraquara: Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Instituto de Química; 2015.

Safaei E, Mohebbi S. Photocatalytic activity of nanohybrid Co-TCPP@TiO<sub>2</sub>/WO<sub>3</sub> in aerobic oxidation of alcohols under visible light. *J. Mater. Chem. A.* 2016;4(10):3933-46.

Salmaoui S, Sediri F, Gharbi N. Characterization of h- WO<sub>3</sub> nanorods synthesized by hydrothermal process. *Polyhedron.* 2010;29 (7):1771–5.

Sungpanich J, Thongtem T, Thongtem S. Large-scale synthesis of WO<sub>3</sub> nanoplates by a microwave-hydrothermal method. *Ceramics Inter.* 2012;38(2):1051–5.

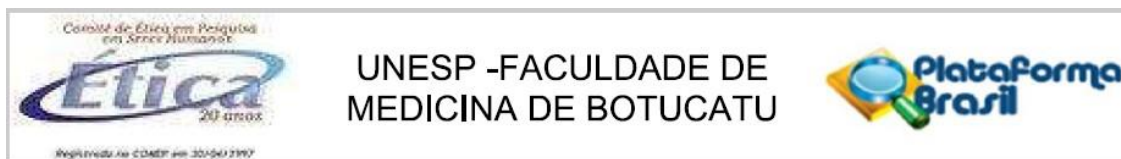
Valadares DS. Estudos de síntese e dopagem de TiO<sub>2</sub> Nanoparticulado. [monografia]. Brasília: Universidade de Brasília, Instituto de Química; 2017.

Wojcik PJ, Santos L, Pereira L, Martins R, Fortunato E. Tailoring nanoscale properties of tungsten oxide for inkjet printed electrochromic devices. *Nanoscale*.2015;1696–708.

Xu JY, Wen C, Jia LM, Xiao CF. Ag/WO<sub>3</sub>-codoped TiO<sub>2</sub> nano-particles: relation between structure, sorption, and photocatalytic activity. *Proceedings Spie. Sec Inter Conference on Smart Materials Nanotec Engineering*.2009; (7493):1-7.

Zhou L, Zou J, Yu M, Lu P, Wei J, Qian Y et al. Green synthesis of hexagonal-shaped WO<sub>3</sub>. 0.33H<sub>2</sub>O nanodiscs, composed of nanosheets. *Cryst Growth Des*.2008;8(11): 3993–8.

## ANEXO 1 – Ofício de Aprovação – CEP



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** Síntese de nanopartículas TiO<sub>2</sub>/WO<sub>3</sub>-Ag, caracterização e avaliação in vitro do potencial antimicrobiano para aplicação em ambientes hospitalares.

**Pesquisador:** BRUNO ARTIOLI NETO

**Área Temática:**

**Versão:** 1

**CAAE:** 51834921.3.0000.5411

**Instituição Proponente:** Faculdade de Medicina de Botucatu/UNESP

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 5.022.708

#### Apresentação do Projeto:

As informações apresentadas nos campos “Apresentação do Projeto”, “Objetivo da Pesquisa” e “Avaliação dos Riscos e Benefícios” foram retiradas do arquivo Informações Básicas da Pesquisa.

Trata-se do projeto de mestrado proposto pelo discente Bruno Artioli Neto, sob orientação da Profa. Dra. Carla dos Santos Riccardi. No projeto, o proponente cita que, com a ocorrência de novos microrganismos em ambientes hospitalares, é constantemente necessário o desenvolvimento de produtos inovadores com ação antimicrobiana/antibactericida visando proteção dos pacientes. Nesse contexto, a utilização de materiais nano-estruturados está sendo cada vez mais difundida e, nas últimas décadas, percebe-se um grande interesse das indústrias de transformação em insumos com propriedades bactericidas, principalmente na indústria de tintas. Devido à grande variedade de moléculas orgânicas e inorgânicas presentes nos diferentes tipos de tintas, diferentes tipos de microrganismos podem crescer nesses substratos se houverem condições favoráveis. Diante disso, o objetivo do projeto de pesquisa é desenvolver um material composto por nanopartículas de TiO<sub>2</sub>/WO<sub>3</sub>-Ag que possa ser incorporado à tintas e recobrimentos para produzir materiais com características diferenciadas aos produtos comercialmente disponíveis no mercado. O projeto propõe na sequência a avaliação in vitro da ação microbiológica do nanomaterial sintetizado e em formulação comercial, sem envolver direta ou indiretamente seres humanos.

**Endereço:** Chácara Butignolli, s/n

**Bairro:** Rubião Junior

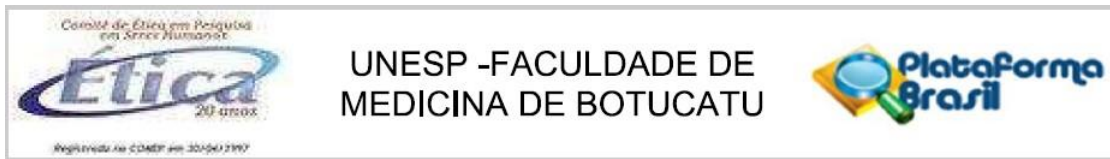
**CEP:** 18.618-970

**UF:** SP

**Município:** BOTUCATU

**Telefone:** (14)3880-1609

**E-mail:** cep@fmb.unesp.br



Continuação do Parecer: 5.022.708

**Objetivo da Pesquisa:**

Desenvolver um material composto por nanopartículas de TiO<sub>2</sub>/WO<sub>3</sub>-Ag que possa ser incorporado à produtos a base de tintas e recobrimentos com características diferenciadas aos produtos comercialmente disponíveis no mercado.

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

A pesquisa não envolve ações diretas ou indiretas com seres humanos, portanto, não cabe avaliação dos riscos e benefícios da pesquisa.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

A pesquisa não envolve seres humanos de forma direta ou indireta.

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

O proponente solicita dispensa do uso do TCLE, visto que a pesquisa não envolve ações diretas ou indiretas com seres humanos. Considero adequada a justificativa apresentada.

Todos os demais documentos foram apresentados de forma adequada.

**Recomendações:**

Sem recomendações.

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Após análise em REUNIÃO ORDINÁRIA, o Colegiado deliberou APROVAÇÃO do PROJETO de Pesquisa apresentado.

**Considerações Finais a critério do CEP:**

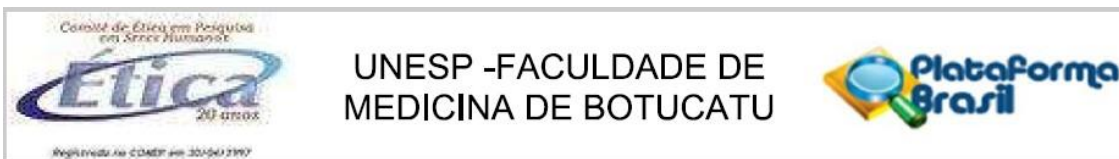
Conforme deliberação do Colegiado, em REUNIÃO ORDINÁRIA do Comitê de Ética em Pesquisa FMB/UNESP, realizada em 04/10/2021, do PROJETO de Pesquisa apresentado encontra-se APROVADO. O projeto de pesquisa deverá ter início somente após aprovação deste CEP.

Ao final da execução da pesquisa, o Pesquisador deverá enviar o Relatório Final de Atividades, na forma de Notificação, via Plataforma Brasil.

Atenciosamente,

Comitê de Ética em Pesquisa FMB/UNESP

**Endereço:** Chácara Butignolli, s/n  
**Bairro:** Rubião Junior **CEP:** 18.618-970  
**UF:** SP **Município:** BOTUCATU  
**Telefone:** (14)3880-1609 **E-mail:** cep@fmb.unesp.br



Continuação do Parecer: 5,022,708

**Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:**

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1596502.pdf	23/08/2021 15:02:39		Aceito
Cronograma	Cronograma.doc	23/08/2021 14:57:48	BRUNO ARTIOLI NETO	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	ProjetoDePesquisa_BrunoArtioli.doc	23/08/2021 14:51:04	BRUNO ARTIOLI NETO	Aceito
Declaração de concordância	TermoDeAnuencialInstitucional.pdf	20/08/2021 18:22:00	BRUNO ARTIOLI NETO	Aceito
Folha de Rosto	folha_de_rosto.pdf	20/08/2021 18:20:19	BRUNO ARTIOLI NETO	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

BOTUCATU, 06 de Outubro de 2021

---

**Assinado por:  
Trajano Sardenberg  
(Coordenador(a))**

**Endereço:** Chácara Butignolli, s/n

**Bairro:** Rubião Junior

**CEP:** 18.618-970

**UF:** SP

**Município:** BOTUCATU

**Telefone:** (14)3880-1609

**E-mail:** cep@fmb.unesp.br