

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**JEFFERSON GALAN OLANCZUK**

**UTILIZAÇÃO DE COMPOSTOS DE COORDENAÇÃO DE ZINCO COMO  
ACABAMENTO ANTIMICROBIANO EM SUBSTRATO TÊXTIL**

**APUCARANA**

**2021**

**JEFFERSON GALAN OLANCZUK**

**UTILIZAÇÃO DE COMPOSTOS DE COORDENAÇÃO DE ZINCO COMO  
ACABAMENTO ANTIMICROBIANO EM SUBSTRATO TÊXTIL**

**Utilization of coordination zinc compounds as an antimicrobial finish on a  
textile substrate**

Trabalho de conclusão de curso de graduação  
apresentada como requisito para obtenção do título de  
Bacharel em Engenharia Têxtil da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).  
Orientador: Prof. Dr. Fabricio Maestá Bezerra  
Coorientador: Prof. Dr. Fabio Alexandre Pereira  
Scacchetti

**APUCARANA**

**2021**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



Ministério da Educação  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Campus Apucarana



COENT – Coordenação do curso superior em Engenharia Têxtil

**TERMO DE APROVAÇÃO**  
**Título do Trabalho de Conclusão de Curso:**

**UTILIZAÇÃO DE COMPOSTOS DE COORDENAÇÃO DE ZINCO COMO  
ACABAMENTO ANTIMICROBIANO EM SUBSTRATO TÊXTIL**

Por

JEFFERSON GALAN OLANCZUK

Monografia apresentada às 17 horas do dia 01 de dezembro de 2021, como requisito parcial, para conclusão do Curso de Engenharia Têxtil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Apucarana. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação e conferidas, bem como achadas conforme, as alterações indicadas pela Banca Examinadora, o trabalho de conclusão de curso foi considerado(a) **APROVADO(A)**.

---

PROFESSOR DR. FABRICIO MAESTÁ BEZERRA - ORIENTADOR

---

PROFESSOR DR. FABIO ALEXANDRE PEREIRA SCACCHETTI -  
COORDENADOR

---

PROFESSORA Dr.<sup>a</sup> CAROLINE APOLONI CIONEK – EXAMINADORA

---

PROFESSORA Dr.<sup>a</sup> TAIS LARISSA DA SILVA – EXAMINADORA

\*A Folha de aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a minha família, pelo apoio e incentivo prestado durante essa minha caminhada.

Aos professores por todos os ensinamentos e oportunidades ofertadas a mim. Agradeço principalmente ao orientador professor Fabricio Maestá e ao meu coorientador Fabio Scacchetti, sempre sanando minhas dúvidas e ajudando em meus trabalhos extracurriculares.

Aos meus amigos, no qual tive a oportunidade de conhecer e ter bons momentos juntos, especialmente aos meus amigos Carlos, Lana, Fernanda, Thaiza, Marília, Taylla, Ana, Jacqueline, Braian, Márcia e aos demais que não irei citar diretamente. Agradeço também a Gabriela Oliveira, sempre disposta a ensinar e ajudar nas horas que mais precisei.

E por fim agradeço a Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) e a empresa Golden Technology, por ter fornecido espaço para os experimentos e todo apoio que precisei.

## RESUMO

Dentre a infinidade de acabamentos têxteis, atualmente se destacam tratamentos que possibilitem a eliminação de bactérias, sobretudo a formação de maus odores e degradação dos substratos têxteis. Existem uma gama enorme de acabamentos com este propósito. Neste presente trabalho, foram sintetizados compostos de coordenação com nitrato de zinco e 2-metil-imidazol, na relação de massa 1:1, 1:4, 1:8, 1:10 e 2:1 (massa:massa) com o intuito de verificar as propriedades antimicrobianas de substratos têxteis funcionalizados. A aplicação foi feita pelo processo de esgotamento em malhas de trama 100% poliéster em simultaneidade ao processo de tingimento com corante do tipo disperso, tendo como finalidade realizar um acabamento no processo de beneficiamento secundário, otimizando a produção. Os resultados foram avaliados por técnica colorimétrica e poder antimicrobiano do tecido funcionalizado. Como resultados não houve interferência na cor do tingimento, princípio básico para que o acabamento possa ocorrer no processo de tingimento, além da eliminação ou inibição bacteriana, após a conjugação.

**Palavras-chave:** Acabamento; Antimicrobiano; Inovação; Poliéster; Tingimento.

## ABSTRACT

Among the infinity of textile finishes, treatments that enable the elimination of bacteria, especially the formation of bad odors and degradation of textile substrates, currently stand out. There is a huge range of finishes for this purpose. In this work, compounds coordination with zinc nitrate and 2-methyl-imidazole were synthesized, in the mass ratio 1: 1, 1: 4, 1: 8, 1:10 and 2: 1 (mass: mass) in order to to verify the antimicrobial properties of functionalized textile substrates. The application was carried out by the exhaustion process on 100% polyester weft knits simultaneously with the dyeing process with dye of the dispersed type, with the purpose of finishing the secondary beneficiation process, optimizing the production. The results were evaluated by colorimetric technique and antimicrobial power of the functionalized tissue. As a result, there was no interference in the dyeing color, a basic principle for the finishing to occur in the dyeing process, in addition to bacterial elimination or inhibition after conjugation.

**Keywords:** Textile finish; Antimicrobial; Innovation; Polyester; Dyeing.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1: Classificação das fibras têxteis.....</b>	<b>15</b>
<b>Figura 2: Monômero do PES .....</b>	<b>16</b>
<b>Figura 3: Representação de compostos de coordenação: a) coordenação linear; b) coordenação tetraédrico; c) coordenação hexaédrico .....</b>	<b>20</b>
<b>Figura 4: Gráfico representando o processo de tingimento e aplicação do coordenado seguido de lavagem reductiva .....</b>	<b>23</b>
<b>Figura 5: Espectroscopia na região do infravermelho: (a) Complexo 1:1; (b) Complexo 2:1; (c) Complexo 1:4 / 2h; (d) Complexo 1:4 / 24h; (e) Complexo 1:8 / 2h; (f) Complexo 1:8 / 24h; (g) Complexo 1:10 / 2h; (h) Complexo 1:10 / 24h.....</b>	<b>27</b>
<b>Figura 6: Imagem da redução bacteriana após a conjugação .....</b>	<b>29</b>
<b>Figura 7: Comportamento bacteriano após as lavagens.....</b>	<b>31</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1: Rendimento da síntese dos complexos.....</b>	<b>25</b>
<b>Tabela 2: Leituras das diferenças do CIELab dos tecidos tratados com o tecido sem tratamento.....</b>	<b>26</b>
<b>Tabela 3: Comportamento antimicrobiano dos tecidos somente tratados após o processo de conjugação.....</b>	<b>28</b>
<b>Tabela 4: Comportamento antimicrobiano dos tecidos tratados e tintos após o processo de conjugação.....</b>	<b>29</b>
<b>Tabela 5: Comportamento antimicrobiano dos tecidos tratados após as lavagens.....</b>	<b>30</b>
<b>Tabela 6: Comportamento antimicrobiano dos tecidos tratados e tintos após as lavagens.....</b>	<b>30</b>



## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Insumos para a síntese dos complexos.....	21
Quadro 2: Insumos para o tingimento de PES .....	21

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AATCC	<i>American Association of Textile Chemists and Colorists</i>
ASTM	<i>American Society for Testing and Materials</i>
ATCC	<i>American Type Culture Collection</i>
CMC	Comitê de medição de cor
Da*	Diferença da cromaticidade verde-vermelho
Db*	Diferença da cromaticidade azul-amarelo
DL*	Diferença de luminosidade
<i>E. coli</i>	<i>Escherichia coli</i>
g	Gramas
H	Horas
m <sup>2</sup>	Metro quadrado
MOF	<i>Metal Organic Framework</i>
PES	Poliéster
S	Segundos
<i>S. aureus</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>
SPM	Sobre Peso Material
UFC	Unidade de Formação de Colônias
°C	Grau Celsius

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
1.1 JUSTIFICATIVA.....	13
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>14</b>
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>15</b>
3.1 FIBRAS TÊXTEIS.....	15
3.2 A FIBRA DE POLIÉSTER.....	15
3.3 PROCESSO DE TINGIMENTO.....	16
3.3.1 Tingimento Poliéster.....	17
3.4 ACABAMENTOS.....	18
3.4.1 Microrganismos e crescimento microbiano em têxteis.....	18
3.4.2 Têxteis antimicrobianos.....	19
3.5 COMPOSTOS DE COORDENAÇÃO.....	19
<b>4 METODOLOGIA.....</b>	<b>21</b>
4.1 MATERIAIS.....	21
4.2 MÉTODOS.....	21
4.2.1 Síntese dos compostos de coordenação.....	21
4.2.2 Tingimento do PES e aplicação do complexo.....	22
4.2.3 Análise colorimétrica.....	23
4.2.4 Espectroscopia na região do infravermelho com transformada de Fourier.....	23
4.2.5 Análise antimicrobiana.....	23
4.2.6 Lavagem do tecido.....	24
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>25</b>
5.1 Compostos de coordenação.....	25
5.2 Análise de cor pelo sistema CIELab.....	25
5.3 Análise FTIR.....	26
5.4 Eficácia antimicrobiana.....	28
<b>6 CONCLUSÃO.....</b>	<b>32</b>
<b>7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>33</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>34</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A utilização de materiais e tecnologias em têxteis, como nanopartículas, emulsões, silicones, ciclodextrinas, zeólitas, íons metálicos e outros, agregam valores funcionais para os materiais têxteis. Chamados de acabamentos têxteis, estes acabamentos funcionais podem incrementar funções como a proteção UV, retardo chamas, propriedades antimicrobianas, fotocatalíticas, entre outros (VENTURA; CARNEIRO; SOUTO, 2011).

Tecidos antimicrobianos têm como função a anulação dos microrganismos presentes no artigo, responsáveis pelos maus odores, desbotamento dos corantes em substratos têxteis e até mesmo a degradação do artigo. Entretanto para serem antimicrobianos, não podem ser prejudiciais ao meio ambiente ou aos usuários. Sua permanência deve ser resistente, pois não se pode perder este efeito após as lavagens do artigo (SÁNCHEZ, 2006).

Um exemplo é o íon de zinco, este elemento é pertencente ao grupo 12 dos metais de transição, sendo localizado como último metal da primeira série dos elementos do bloco d (LEE, 1999). O zinco e os metais correspondentes ao grupo 12, formam complexos tetraédricos e octaédricos para seu estado iônico  $M^{+2}$  (WELLER, 2017; HOUSECROFT, 2013), garantindo ao tecido o efeito antimicrobiano. Outro ponto a se destacar é a aplicação direta destes acabamentos ao tecido, que no caso de íons metálicos podem causar problemas de tingimento. Uma alternativa, seria a produção de um composto coordenado para aplicação no tecido.

Compostos coordenados são constituídos por um íon metálico, no qual são coordenados por ligantes, estes que podem ser de classe orgânica. Os ligantes compartilham um par de elétrons com o metal, determinando o número de coordenação baseado na quantidade de ligantes em volta do íon metálico (RODGERS, 2016). Um composto que pode ser utilizado é o ligante orgânico 2-metilimidazol, que faz parte das aminas heterocíclicas, ou seja, apresentam no mínimo um átomo de nitrogênio em seu anel (MCMURRY, 2005).

Neste contexto, o estudo tem como objetivo sintetizar um acabamento antimicrobiano e avaliar o comportamento do tingimento disperso do poliéster, quando feito um processo de acabamento simultâneo, a fim de avaliar os resultados antimicrobianos e sua influência na coloração do substrato final. Este processo garante o desenvolvimento de um tecido biofuncional, agregando tecnologia e

inovação a um importante setor da economia brasileira.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

O presente estudo trata-se da incorporação de um acabamento antimicrobiano no processo de tingimento, uma vez que a conjugação dos acabamentos propicia uma aplicação mercadológica além da economia em processos posteriores, já que as indústrias têxteis consomem um grande volume de água por material processado. As etapas de tingimentos e acabamentos são os setores que mais contaminam a água em seu processo comparado aos outros setores como tecelagem e malharia (MONTEIRO, 2018).

Devido à grande contaminação de água nos processos de beneficiamento, pretende-se com o estudo, a redução de um processo, sem perder o valor que se deseja agregar, ou seja, tingir e ter efeitos benéficos aos usuários, favorecendo em questões econômicas, otimização do tempo do processo e redução no impacto ambiental, gerando menos consumo de recursos como energia e água e geração de menos efluentes.

Um efeito benéfico seria o acabamento antimicrobiano, já que sem ele pode haver manchas, odores e diminuição da vida útil do artigo, além de poder ocasionar infecções nos usuários (MAGALHÃES, 2015).

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho teve como objetivo a síntese, e aplicação conjugada com o tingimento, de compostos de coordenação de zinco para obtenção de malhas de poliéster com propriedade antimicrobiana.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para alcançar o objetivo geral, os seguintes objetivos específicos foram designados:

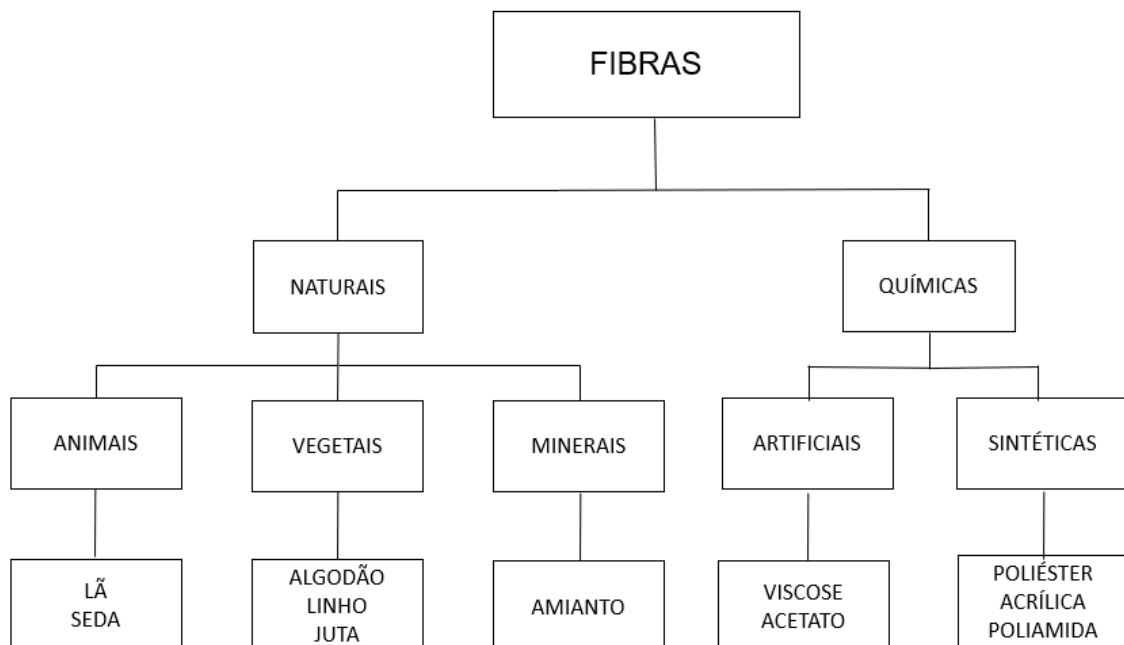
- Sintetizar compostos de coordenação de zinco a partir da utilização de nitrato de zinco e 2-metil-imidazol com estudos estequiométricos;
- Conjugar o processo de tingimento e a aplicação do acabamento com composto coordenado para a fibra de poliéster;
- Verificar os compostos de coordenação por espectroscopia na região do infravermelho com transformada de Fourier;
- Analisar a influência da conjugação do acabamento com o tingimento por colorimetria e comparar as amostras;
- Medir a atividade antimicrobiana dos tecidos de poliéster funcionalizados de acordo com a ASTM E2149-13A;
- Avaliar a durabilidade a lavagem dos substratos funcionalizados, de acordo com a AATCC 143.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 FIBRAS TÊXTEIS

As fibras têxteis são divididas em fibras naturais e fibras químicas, estas podendo ser classificadas como sintéticas ou artificiais. As fibras naturais, como o nome já diz, provem de meios naturais sem modificações químicas, as fibras artificiais são fibras químicas processadas por meio das fibras naturais, já as fibras sintéticas têm sua formação somente por processos químicos (SILVA, 2018). A Figura 1 apresenta a classificação das fibras.

**Figura 1: Classificação das fibras têxteis**



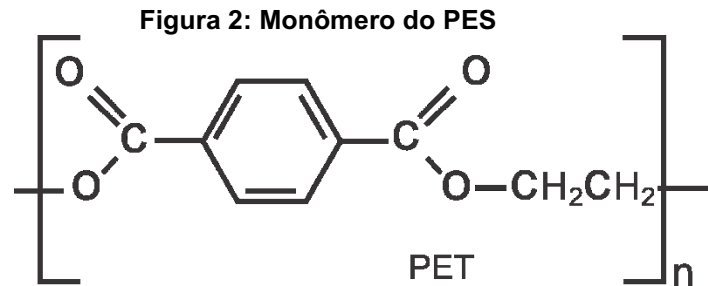
**Fonte: Adaptado Burkinshaw (2016)**

As fibras naturais são aquelas obtidas por meio da natureza, sendo de origem animal, vegetal ou mineral. Elas possuem zonas amorfas e regiões cristalinas encontradas de forma aleatória devido a sua falta de ordenamento. Já as fibras sintéticas são formadas por polímeros por meio de ação mecânica e as artificiais por meio de polímeros naturais reagidos com substâncias químicas (SOUSA, 2011).

#### 3.2 A FIBRA DE POLIÉSTER

A fibra de poliéster é composta de uma macromolécula caracterizado por  $n$  funções multiéster (SALEM, 2010) como mostrado na Figura 2. Para a síntese do poliéster, utiliza-se como matéria-prima o para-xileno, o ácido tereftálico, o

dimetiltereftalato e o etileno glicol (NETO, 1996), sendo o mais empregado o ácido tereftálico com o etileno glicol (SALEM, 1010).



Fonte: Silva (2016)

As fibras de poliéster apresentam: alta resistência à tensão, alta resistência ao calor, ponto de fusão em torno de 250 a 260°C, boa resiliência, resistente à abrasão, termoplástica, entretanto flexível, tem boa estabilidade à luz, resistência a ácidos e bactérias, baixa resistência a meio alcalino em altas temperaturas, alta cristalinidade, dificultando a adsorção e difusão dos corantes, tingível com corantes dispersos (PINTO, 2019).

A fibra de poliéster tem característica não-iônica, ou seja, não permite o tingimento por mecanismos iônicos e com corantes hidrossolúveis, sendo possível apenas com corantes dispersos (SALEM, 2010).

### 3.3 PROCESSO DE TINGIMENTO

O tingimento é um processo de beneficiamento têxtil, cuja finalidade é a aplicação de um corante em substrato têxtil afim de se obter uma cor diferente da original. Algumas características devem ser seguidas no processo de tingimento, sendo elas: a afinidade, a igualização, a solidez e a economia. Com relação a afinidade o corante deve interagir com o substrato, de modo que faça parte da estrutura dele. A igualização está relacionada de como a cor está uniforme no substrato, deposição/difusão de forma homogênea. Já a solidez se relaciona à resistência do corante permanecendo no substrato com a ação de agentes externos levando ao desbotamento, como o suor, lavagens, luz etc., e na economia se leva em conta o quanto de material utilizado para se ter essas características sem ultrapassar a quantidade de corantes, produtos auxiliares e o tempo de realização (ALCÂNTARA, 1995; GARFEJO, 2016).



Os fatores que influenciam o processo de tingimento podem ser de natureza física e química. Os fatores físicos se relacionam com a estrutura do material, levando em consideração os espaços vazios das fibras permitindo a difusão do corante no substrato. Os fatores químicos incluem características referentes às moléculas dos corantes. Assim, o comportamento dos corantes na solução vai depender da fibra que está sendo utilizada e o corante de maior interação com ela, ocasionando afinidade entre elas, o processo de tingimento pode ser feito por dois métodos, impregnação e esgotamento (SÁ, 2008).

### 3.3.1 Tingimento Poliéster

A presença de cristalinidade e alta orientação molecular do poliéster torna difícil a realização da difusão do corante na fibra. Entretanto há duas maneiras de aumentar esta difusão dos corantes-fibras, utilizando os agentes transportadores chamados de *carriers*, no qual elas dilatam temporariamente os espaços intermoleculares das fibras, ou aumentando a difusão pelo aumento de temperatura do tingimento (SALEM, 2010).

Pelo aumento da temperatura leva-se em consideração a estrutura molecular da fibra. Em temperaturas inferiores a 70°C, suas estruturas estão quase que paralisadas e conforme há o aumento de temperatura, elas começam a vibrar, aumentando a deslocação dos segmentos poliméricos nas regiões amorfas, abrindo cavidades onde os corantes possam se difundir (ANDRADE, 2018). Com o aumento de temperatura pode-se ser feito os tingimentos por esgotamento em temperaturas entre 128 a 130°C com uma pressão em torno de 3,5 atm. Ou por tingimentos curtos de 60 a 120 s com calor seco entre 200 a 220°C (SALEM, 2010).

Para o tingimento dos substratos é necessário a utilização de compostos chamados de corantes que são compostos de moléculas que compreendem dois grupos: o grupo cromóforo, responsável pela cor, e o grupo funcional, que se liga às fibras do substrato correspondente. Há diversos corantes conhecidos na literatura, que são classificados por sua natureza química ou de sua aplicação ao tipo de fibra (GUARATINI; ZANONI, 2000).

Os corantes dispersos são chamados de corantes não-iônicos. Em água fria é quase insolúvel, com o aumento de temperatura chegando próximo à temperatura de tingimento, pode-se ter uma solubilidade superior a 100 mg/L. Para sua aplicação

são necessários agentes dispersantes, com a finalidade de evitar uma aglomeração de corantes no tingimento, evitando resultados indesejados (SALEM, 2010; MONTIBELLER, 2018). São aplicados em fibras como poliéster, poliamida, diacetato de celulose e fibras acrílicas.

### 3.4 ACABAMENTOS

Para que haja a formação de um artigo têxtil, ele passa por vários processos na cadeia produtiva têxtil, sendo eles: obtenção da fibra, processo de fiação, processo de tecelagem ou malharia, processo de beneficiamento e processo de confecção (COSTA; ROCHA, 2009).

A etapa de beneficiamento é dividida em primário, secundário e terciário. O primário tem a finalidade de limpar e/ou branquear e/ou preparar o substrato para os beneficiamentos posteriores, já secundário têm a função de colorir o artigo, por meio do tingimento ou da estamparia e o beneficiamento terciário tem como objetivo ocasionar transformações físico-químicas no substrato agregando características específicas (SALIM, 2017).

Os acabamentos têxteis podem tornar o produto mais atraente em seu aspecto ou na sua funcionalidade (LIMA, 2020). Eles podem ser tanto acabamentos físicos, químicos ou biológicos, no qual o físico é o responsável pela mudança do aspecto em sua superfície (SENAI, 2015). O acabamento biológico pode mudar a superfície do artigo, utilizando enzimas ou biopolímeros (ANDREAS, 2010). Por último o acabamento químico, ele torna possível funcionalização do artigo, como características antichamas, proteção UV, propriedades antimicrobianas, entre outras (GOMES; COSTA; MOHALLEM, 2016).

#### 3.4.1 Microrganismos e crescimento microbiano em têxteis

Os microrganismos nos têxteis podem ser adquiridos durante o processo de fabricação, uso ou armazenamento do artigo. Os principais agentes de ataque da fibra são as bactérias e os fungos, as bactérias mais comuns presentes em têxteis são a *Echerechia. coli* e a *Staphylococcus. aureus* (MAGALHÃES, 2015). A *E. coli* é caracterizada como bactéria Gram negativa e são responsáveis por cerca de 50% de infecções hospitalares (KORB, 2013). Já a *S. aureus*, uma bactéria Gram positiva, se encontram frequentemente nas mucosas nasais e na pele (SILVA, 2017). A principal

diferença entre essas membranas são suas paredes celulares, a Gram positiva é constituída por uma única camada espessa e a Gram negativa possuem uma camada interna de peptidoglicano e uma externa de proteínas, lipoproteínas e lipopolissacarídeos (CONCEIÇÃO; ALMEIDA; SHIMOKAWA, 2020).

A fixação bacteriana depende do tipo de bactéria, superfície do material e o ambiente que se encontra. No começo do processo as bactérias estão na superfície do tecido, ocorrendo uma fixação estável, em condições ideais (pH, temperatura, umidade) elas se dividem e formam colônias, após esse crescimento, as bactérias são revestidas por um biofilme formado de polissacarídeos. Sendo que quando as bactérias estão envoltas desse biofilme se torna mais resistente que as bactérias livres na superfície do artigo (MAGALHÃES, 2015; VILAÇA, 2016; POPIOLSKI, 2021).

#### 3.4.2 Têxteis antimicrobianos

Os têxteis antimicrobianos têm a função da inibição ou inativação de bactérias e fungos, que podem acarretar o desbotamento e degradação do artigo. Estes têxteis podem ser classificados em bioestáticos ou biocidas. Artigos bioestáticos inibem o crescimento das bactérias, retardando a biodegração do substrato. Já os biocidas inativam os microrganismos, tornando o material esterilizado (CORADI, 2018).

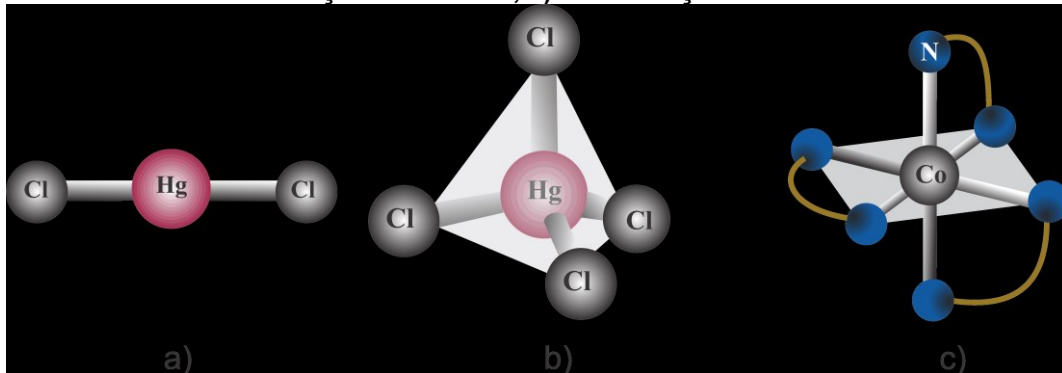
Esses materiais funcionalizados evitam a propagação de agentes patogênicos, inibi os odores ocasionados pelo suor e pela ação microbiana e a degradação do substrato principalmente em fibras naturais (SILVA, 2018). Eles podem agir de três maneiras sob a bactéria: inativando as enzimas essenciais; destruindo ou inativando o material genético; e causando reação com a membrana permitindo sua penetração, ocorrendo a perda dos constituintes celulares (SCHEIBE, 2016).

### 3.5 COMPOSTOS DE COORDENAÇÃO

Werner, que formulou a teoria da coordenação em 1983, explicou a natureza das ligações dos complexos, apresentando dois tipos de valências no metal: valências primárias e secundárias. As valências primárias não são direcionais, sendo responsável pelo número de cargas do íon positivo do complexo, tendo que ser compensada por cargas de íons negativos. Já as valências secundárias são direcionais, classificando o número de coordenação do composto dando-lhe formas

características (LEE, 1999; SANTOS, 2014), a Figura 3 mostra algumas formas de coordenação.

**Figura 3: Representação de compostos de coordenação: a) coordenação linear; b) coordenação tetraédrico; c) coordenação hexaédrico**



Fonte: Adaptado Souza (2016)

As teorias sobre os compostos de coordenação tentam explicar a geometria, o magnetismo e a ligação que os metais estabelecem com os compostos a que estão coordenados. Com a teoria do campo cristalino, os elétrons doados pelo ligante tem carga negativa, repelindo os elétrons das orbitais *d* do íon metálico. Portanto baseia-se no desdobramento dessas orbitais em grupos de energias diferentes, justificando e correlacionando ao espectro óptico, estabilidade termodinâmica e suas propriedades magnéticas (SHRIVER; ATKINS, 2008). Esta tal geometria está ligada com a disposição eletrônica do metal utilizado em sua camada de valência. Na maioria dos casos, o número de coordenação é 6, podendo também ser 2, 4 e ainda 8 (VOGEL, 1981).

Portanto esses materiais formam uma grande rede de íons metálicos coordenados a ligantes orgânicos, com isso tendo uma grande variabilidade de metais e ligantes disponíveis, pode-se conseguir diferentes características para o complexo, algumas podem formar materiais cristalinos ou amorfos, materiais porosos ou não porosos e podem trazer também diferentes funcionalidades, baseado no metal empregado (OLIVEIRA, 2013).

Os complexos com zinco vêm sendo empregadas como aditivos antimicrobianos, devido ao seu pequeno tamanho molecular, ser atóxico em grandes concentrações e ao seu baixo custo (CAPELEZZO, 2018). O ligante de imidazol possui um átomo de nitrogênio com elétrons livres que atuam sobre o íon metálico, formando os complexos (HARAHAP; ANORGANIK, 2018).

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 MATERIAIS

O tingimento e a aplicação dos complexos, foram feitas em amostras de malha de trama 100% Poliéster de gramatura  $142 \pm 7,2$  g/m<sup>2</sup>. Para a síntese dos complexos foram utilizados os materiais descritos no Quadro 1.

**Quadro 1: Insumos para a síntese dos complexos**

Reagente	Fabricante
Nitrato de zinco	Êxodo Científica
2-metil-imidazol	Sigma Aldrich
Hidróxido de Sódio	Neon Química

Fonte: Autoria própria (2021)

Para o processo de tingimento, foram utilizados os seguintes materiais descritos no Quadro 2.

**Quadro 2: Insumos para o tingimento de PES**

Reagente	Fabricante
Corante Preto SS 400	Golden Technology
Sulfato de Amônio	Êxodo Científica
Hidrossulfito de Sódio	Neon Química
Hidróxido de Sódio	Neon Química

Fonte: Autoria própria (2021)

Para os testes antimicrobianos foram utilizados solução tampão fosfato-salino, meios de cultura Agar Mac Conkey e Mueller-Hinton. Ainda, serão utilizados outros materiais de grau analítico.

### 4.2 MÉTODOS

#### 4.2.1 Síntese dos compostos de coordenação

Para a síntese dos compostos de coordenação serão utilizadas as relações estequiométricas (m:m) de 1:1, 1:4, 1:8, 1:10 e 2:1 com a utilização do nitrato de zinco e o ligante orgânico 2-metil-imidazol, respectivamente. Foi preparado uma solução de

100 mL de água com 7,25 g de nitrato de zinco e 2 g de 2-metil-imidazol (estes valores para a relação estequiométrica de 1:1) e submetidos a agitação constante, no mesmo sistema, com a inserção de uma solução de hidróxido de sódio com concentração de 13 mols até o pH 10.

O hidróxido de sódio foi utilizado somente nos complexos 1:1 e 2:1, as demais estequiometrias foram sintetizadas sem a adição do hidróxido de sódio em um tempo de 2 horas e 24 horas de agitação. A solução foi filtrada e secada em estufa á 80 °C. Após a completa secagem dos complexos foi realizado os cálculos de rendimento, no qual foi feito uma relação com a quantidade de reagente utilizados ao total de reagido obtido por meio da Equação (1).

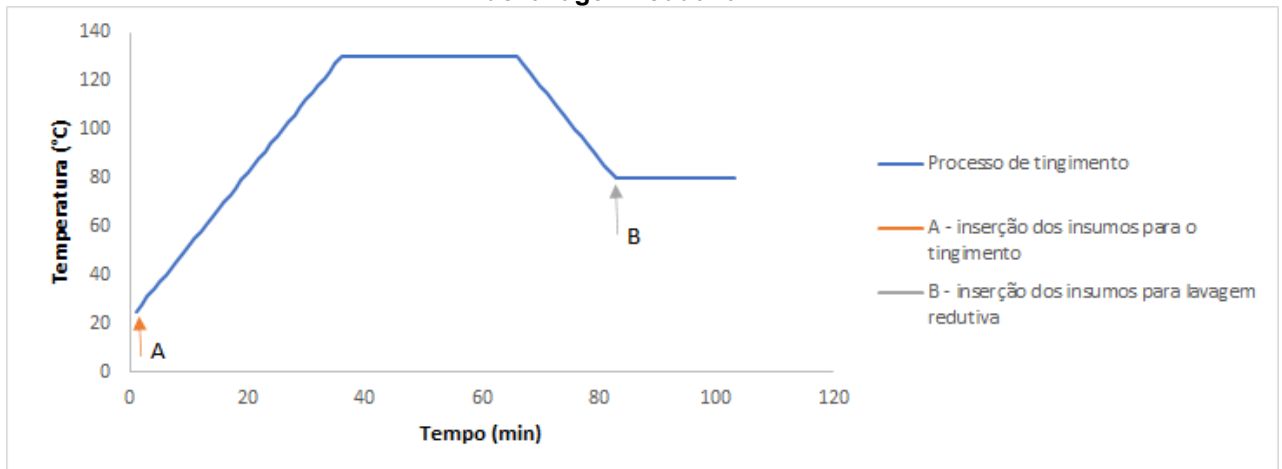
$$R\% = \frac{\text{Reagente obtido}}{\text{Reagente utilizado}} * 100 \quad (1)$$

#### 4.2.2 Tingimento do PES e aplicação do complexo

O processo de tingimento e acabamento foram realizados na máquina HT (Mathis, ALT-1-B), nela foi inserida  $5 \pm 0,05$  g de poliéster, 5 mL do corante preto (solução mãe 1:100), 1 mL de sulfato de amônio, 5% spm do complexo e a adição de 67 mL de água. O processo foi realizado em sistema *all-in* por esgotamento, a temperatura de 130 °C por 30 minutos com um gradiente de 3 °C/min.

Após, as amostras foram resfriadas até a temperatura de 80°C, no qual realizou a lavagem redutiva com 0,2 g de hidrossulfito de sódio e 2,3 mL de NaOH 50°Bé, durante 20 minutos em constante agitação. A Figura 5 representa o esquema do tingimento e aplicação do complexo. Os parâmetros do tingimento foram realizados de acordo com os processos industriais da empresa Golden Technology.

**Figura 4: Gráfico representando o processo de tingimento e aplicação do coordenado seguido de lavagem redutiva**



Fonte: Autoria própria (2021)

#### 4.2.3 Análise colorimétrica

As análises de cor foram realizadas nas amostras tintas sendo um padrão apenas tinta, com as demais contendo o complexo por meio do espectro da Datacolor Spectraflash SF600X, sendo realizadas quatro leituras em cada amostra, com essas leituras obtivemos os valores da diferença de luminosidade do tecido funcionalizado com o tecido sem acabamento ( $DL^*$ ), a diferença de cromaticidade do eixo verde-vermelho ( $Da^*$ ), a diferença de cromaticidade do eixo azul-amarelo ( $Db^*$ ) e a distância que a coordenada está de um ponto tridimensional no sistema Lab ( $\Delta E$ ).

#### 4.2.4 Espectroscopia na região do infravermelho com transformada de Fourier

A espectroscopia na região do infravermelho com transformada de Fourier, na região 4.000 – 600, foi realizada utilizando o aparelho Nicollete Avatar, software OMNIC (Versão 6.2). Os complexos foram preparados em uma placa pontual de diamante para a realização de sua leitura.

#### 4.2.5 Análise antimicrobiana

As atividades antimicrobianas das malhas de poliéster foram realizadas de acordo com uma adaptação a ASTM E2149-13A - Método de Teste Padrão para Determinação da Atividade Antimicrobiana de Agentes Antimicrobianos Imobilizados sob Condições Dinâmicas. Este método de teste é adotado para avaliar agentes

antimicrobianos que não são removidos da superfície em condições aquosas.

Para a realização do teste, uma nova cultura de bactérias em Caldo (MH) estéril foi preparada a  $35\pm 2^\circ\text{C}$  por 24 horas. Após, a cultura foi diluída em solução tampão estéril a fim de obter uma concentração de aproximadamente  $1,5 \times 10^5$  UFC/mL (0,5 McFarland).

As amostras (15mm x 15mm) esterilizadas por radiação ultravioleta (UV), foram colocadas em um frasco e inoculadas com a suspensão de microrganismos (50 mL) em um shaker ( $37\pm 2^\circ\text{C}$  por 1h) e imediatamente diluídas em série. Cada amostra foi semeada em agar (em duplicata). Como controle positivo, um frasco com 50mL de tampão e a mesma UFC/mL, mas diluições em série e técnicas de contagem de placa padrão do “inóculo apenas” ocorreram no tempo “0”.

Os resultados foram expressos em média de UFC/mL. A porcentagem de redução e redução do log bacteriano foi determinada de acordo com as seguintes equações:

$$\text{Redução \% (UFC/mL)} = (B-A)/B * 100 \quad (2)$$

$$\text{Log}_{10} \text{ Redução de Bactérias} = \text{Log}_{10} (B) - \text{Log}_{10} (A) \quad (3)$$

Onde A indica o número de unidades formadoras de colônias por mL para o frasco contendo a amostra têxtil com acabamento após o tempo de contato (1h) e B representa o número de unidades formadoras de colônias por mL para o “inóculo somente” no tempo “0”. Como resultado, as médias dos valores obtidos na amostra com a contagem realizada de acordo com o método de contagem em placa de ágar.

#### 4.2.6 Lavagem do tecido

A norma utilizada foi a AATCC 143, esta norma promove a lavagem do artigo simulando 5 lavagens domésticas. O processo foi feito utilizando a máquina de canecas (KIMAK AT1-SW) em agitação constante, nela foram inseridas as amostras, em um volume de banho de 150 mL, 0,15% spf de detergente não-iônico, juntamente com 50 esferas de aço inoxidável, sendo realizado a uma temperatura de  $49^\circ\text{C}$  ( $\pm 2$ ) por um tempo de 45 min. Após esse processo, as amostras lavadas passaram novamente pela análise antimicrobiana como descrito no tópico 4.2.5 a fim de verificar a durabilidade do equipamento.



## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 Compostos de coordenação

Os compostos de coordenação foram sintetizados em duplicata, realizando a média e seu desvio padrão, alterando a estequiometria de síntese, obtemos os seguintes resultados apresentado na Tabela 1.

**Tabela 1: Rendimento da síntese dos complexos**

<b>Amostra</b>	<b>Rendimento (%)</b>
Complexo 1:1	39,87±0,21
Complexo 2:1	33,28±0,40
Complexo 1:4 / 2h	37,93±3,43
Complexo 1:8 / 2h	30,47±2,18
Complexo 1:10 / 2h	24,56±1,08
Complexo 1:4 / 24h	38,90±3,005
Complexo 1:8 / 24h	30,93±1,35
Complexo 1:10 / 24h	25,29±1,58

**Fonte: Autoria própria (2021)**

Podemos observar que a estequiometria de 1:1 e 1:4 foram o que tiveram maior porcentagem de rendimento. Também foi possível ver, que quando os compostos de coordenação 1:10 tanto o de 2h ou 24h de sintetização, houve bastante erro, fazendo que o imidazol (ligante orgânico) se sobressaísse, tornando a substância de aspecto amarelado e cheiro forte, por isso que tiveram a menor quantidade de rendimento.

O rendimento do material está relacionado aos reagentes utilizados, pela maneira e condições da síntese (LIMA NETO, 2018). Podemos relacionar isso com a diferença de rendimento das amostras, por exemplo a coordenação 1:1 foi sintetizada em um pH 10 (alcalino), já a coordenação 1:10 foi sintetizado somente com agitação sem a alteração do seu pH.

### 5.2 Análise de cor pelo sistema CIELab

Após a realização dos tingimentos conjugados com o acabamento, realizou-se a leitura das amostras obtendo as diferenças das coordenadas Lab, já mencionadas na metodologia, os resultados são apresentados na Tabela 2:

**Tabela 2: Leituras das diferenças do CIELab dos tecidos tratados com o tecido sem tratamento**

<b>Amostra</b>	<b>DL*</b>	<b>Da*</b>	<b>Db*</b>	<b><math>\Delta E</math></b>
PES tinto com coordenação 1:1	0,52 ± 0,28	0,005 ± 0,06	0,05 ± 0	0,70 ± 0,03
PES tinto com coordenação 1:4 2h	0,91±0,28	-0,02±0,03	0,03±0,16	1,14±0,06
PES tinto com coordenação 1:8 2h	0,17±0,25	-0,005±0,05	0,06±0,06	0,25±0,31
PES tinto com coordenação 1:10 2h	0,06±0,32	0±0,01	0,005±0,07	0,30±0,18
PES tinto com coordenação 1:4 24h	0,89±0,15	-0,02±0	0,015±0,24	1,1±0,13
PES tinto com coordenação 1:8 24h	0,48±0,06	0,03±0	-0,05±0,07	0,57±0,19
PES tinto com coordenação 1:10 24h	0,16±0,3	0,035±0,04	0,085±0,14	0,29±0,34
PES tinto com coordenação 2:1	0,3 ± 0,55	0,06 ± 0,04	0,06 ± 0,05	0,53 ± 0,57

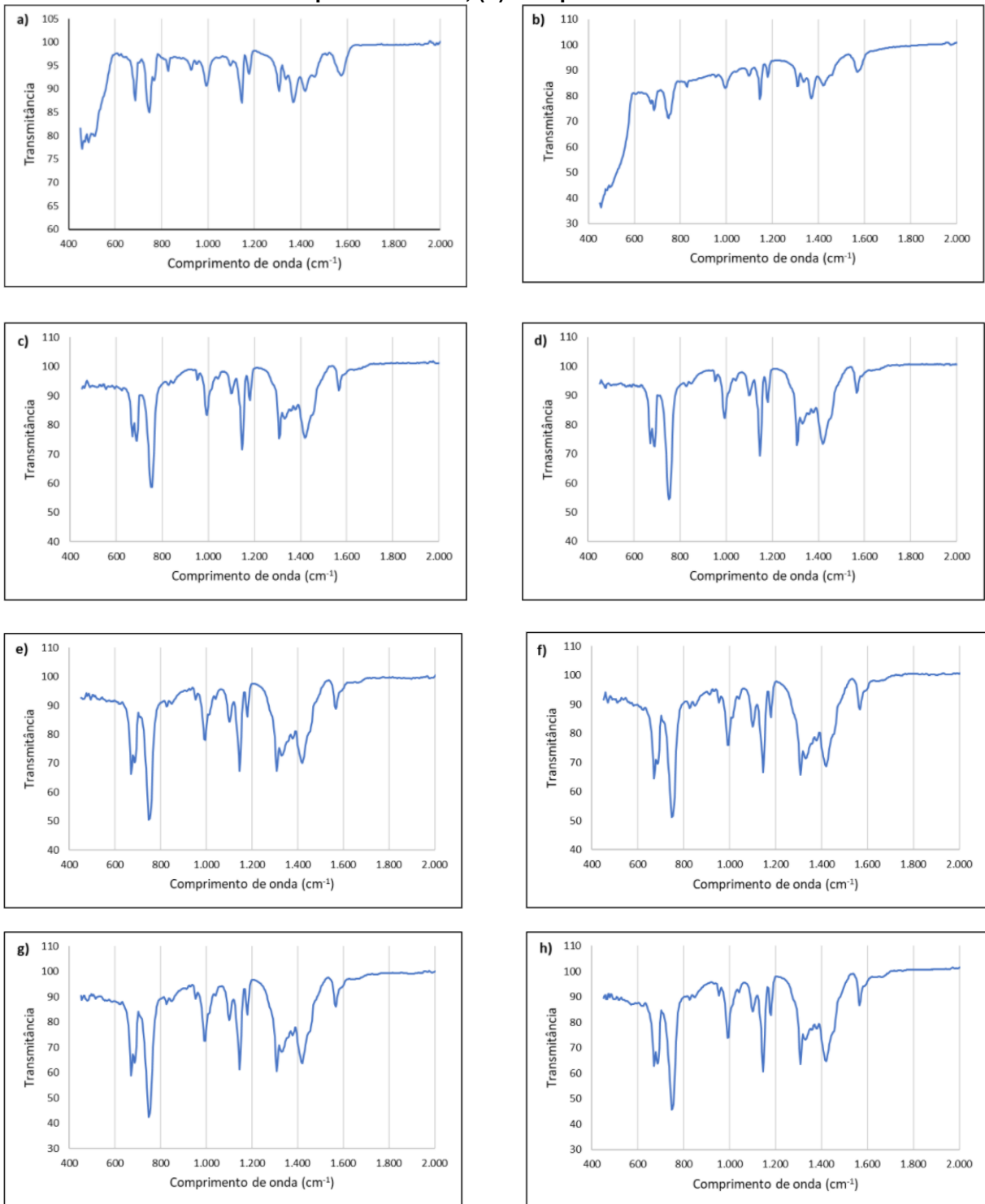
**Fonte: Autoria própria (2021)**

Podemos considerar que quanto mais perto de 0 o  $\Delta E$ , mais próximo a cor do tecido tratado está da cor do tecido somente tinto. Com isso podemos considerar que não houve alteração da cor de forma que prejudique a conjugação dos processos de tingimento com acabamento, ou seja, não prejudica a cor final do produto.

### 5.3 Análise FTIR

A Figura 6 nos traz as leituras dos compostos de coordenação através do infravermelho por transformada de Fourier, sendo: composto de coordenação 1:1 a imagem (a); composto de coordenação 1:2 a imagem (b); composto de coordenação 1:4 com 2 h de sintetização na imagem (c); composto de coordenação 1:4 com 24 h de sintetização na imagem (d); composto de coordenação 1:8 com 2 h de sintetização na imagem (e); composto de coordenação 1:8 com 24 h de sintetização na imagem (f); composto de coordenação 1:10 com 2 h de sintetização na imagem (g); e composto de coordenação 1:10 com 24 h de sintetização na imagem (h).

**Figura 5: Espectroscopia na região do infravermelho: (a) Complexo 1:1; (b) Complexo 2:1; (c) Complexo 1:4 / 2h; (d) Complexo 1:4 / 24h; (e) Complexo 1:8 / 2h; (f) Complexo 1:8 / 24h; (g) Complexo 1:10 / 2h; (h) Complexo 1:10 / 24h**



**Fonte: Autoria própria (2021)**

As leituras apresentadas nos complexos 1:1 e 2:1 não apresentaram diferenças apenas algumas bandas mais intensas que outras, já nas leituras dos compostos 1:4, 1:8 e 1:10 se diferenciaram das 1:1 e 2:1 com uma banda a mais no comprimento de onda  $1370\text{ cm}^{-1}$  entretanto apresentaram bandas semelhantes entre

elas com diferenças em suas intensidades nas bandas também. A diferença entre os compostos 1:1 e 2:1 das demais, pode ser devido a utilização do hidróxido de sódio utilizado em sua sintetização. A banda no comprimento de onda de 1584  $\text{cm}^{-1}$  apresenta C=N no qual surge com a compressão do ZIF-8, ambas as leituras realizadas apresentaram essa banda (HU, 2013). A banda no comprimento de onda de 1420  $\text{cm}^{-1}$  e 1350  $\text{cm}^{-1}$  corresponde a deformação do anel do imidazol (SHARMA, 2019). As bandas entre 1145 á 1150 e 990 á 995  $\text{cm}^{-1}$  apresentam estiramento do grupo C-N também presentes no ZIF-8 quando apresenta compressão, no qual em todas as leituras realizadas apresentaram essas bandas (ORDONEZ, 2010). As bandas inferiores a 800  $\text{cm}^{-1}$  estão fora do plano do anel do imidazol (JAMES; LIN, 2016).

#### 5.4 Eficácia antimicrobiana

Primeiramente se realizou o teste antimicrobiano nas amostras logo após a conjugação do tingimento com o composto de coordenação, obtendo os resultados apresentado na Tabela 3 com os tecidos somente tratados e a Tabela 4 com os tecidos tratados e tintos.

**Tabela 3: Comportamento antimicrobiano dos tecidos somente tratados após o processo de conjugação**

Amostra	Nº de bactérias no tempo zero E. coli	Nº de bactérias após 1 hora E. coli	Redução logarítmica	Redução (%)
Tecido tratado (1:1)	$4,23 \cdot 10^4$	$6,40 \cdot 10^3$	0,82	84,86
Tecido tratado (1:4)	$4,23 \cdot 10^4$	$5,40 \cdot 10^3$	0,89	87,23
Tecido tratado (1:8)	$4,23 \cdot 10^4$	$9,90 \cdot 10^3$	0,63	76,59
Tecido tratado (1:10)	$4,23 \cdot 10^4$	$1,66 \cdot 10^4$	0,4	60,75
Tecido tratado (2:1)	$4,23 \cdot 10^4$	$9,10 \cdot 10^3$	0,66	78,48

Fonte: Autoria própria (2021)

**Tabela 4: Comportamento antimicrobiano dos tecidos tratados e tintos após o processo de conjugação**

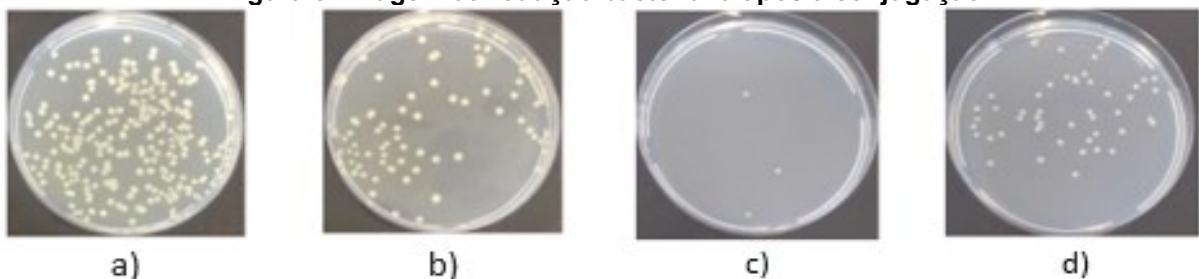
Amostra	Nº de bactérias no tempo zero E. coli	Nº de bactérias após 1 hora E. coli	Redução logarítmica	Redução (%)
Tecido tratado (1:1) e tinto	$8,6 \cdot 10^4$	$2,13 \cdot 10^4$	0,60	75,23
Tecido tratado (1:4) e tinto	$8,6 \cdot 10^4$	$1,75 \cdot 10^4$	0,69	79,65
Tecido tratado (1:8) e tinto	$8,6 \cdot 10^4$	$3,33 \cdot 10^4$	0,41	61,27
Tecido tratado (1:10) e tinto	$8,6 \cdot 10^4$	$2,40 \cdot 10^4$	0,55	72,09
Tecido tratado (2:1) e tinto	$8,6 \cdot 10^4$	$2,98 \cdot 10^4$	0,46	65,34

Fonte: Autoria própria (2021)

Os resultados indicam que todos os tecidos tratados com os complexos apresentam redução bacteriana superiores 60%, sendo o tecido apenas tratado com o complexo 1:10, apresentou a menor redução, pode ser devido a predominância do imidazol na sua sintetização, já que segundo D'água (2015) o zinco pertence ao grupo de inorgânicos antimicrobianos, que quanto maior for sua concentração e menor for sua partícula, maior será o efeito antimicrobiano. Podemos observar também que na maioria dos tecidos somente tratados, houve uma maior redução comparado aos tecidos tratados e tintos de maneira conjugada, com exceção da estequiometria (1:10).

Essa diminuição na redução pode ser devido a influência do corante, podendo ter agido na proliferação das bactérias ou devido adesão do complexo ao tecido ter sido menor, já que o corante/complexo por estarem sendo aplicados de maneira conjugada ocasionaria uma maior dificuldade na difusão do complexo, dando prioridade para o corante. Podemos observar a redução pela Figura 7, onde a) é o controle no tempo 0; b) é o tecido sem tratamento; c) é o tecido tratado com a coordenação 1:1; e d) é o tecido tratado com a coordenação 1:1 e tinto.

**Figura 6: Imagem da redução bacteriana após a conjugação**



Fonte: Autoria própria (2021)

Após a coleta destes dados realizou-se uma simulação de 5 lavagens

domésticas, a fim de verificar se a função antimicrobiana permaneceria, trazendo os resultados da Tabela 5 para os tecidos tratados e a Tabela 6 para os tecidos tratados e tintos.

**Tabela 5: Comportamento antimicrobiano dos tecidos tratados após as lavagens**

Amostra	Nº de bactérias no tempo zero E. coli	Nº de bactérias após 1 hora E. coli	Redução logarítmica	Crescimento/Redução (%)
Tecido tratado (1:1)	$1,11 \cdot 10^3$	$1,25 \cdot 10^3$	-	+12,52
Tecido tratado (1:4)	$1,11 \cdot 10^3$	$1,71 \cdot 10^3$	-	+53,75
Tecido tratado (1:8)	$1,11 \cdot 10^3$	$1,04 \cdot 10^3$	0,02	-6,52
Tecido tratado (1:10)	$1,11 \cdot 10^3$	$1,03 \cdot 10^3$	0,03	-7,15
Tecido tratado (2:1)	$1,11 \cdot 10^3$	$7,73 \cdot 10^2$	0,15	-30,85

Fonte: Autoria própria (2021)

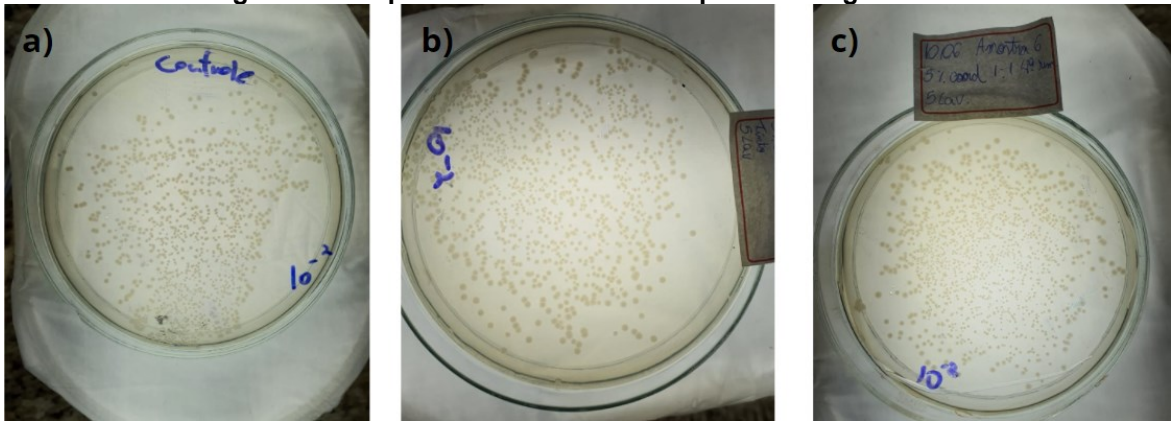
**Tabela 6: Comportamento antimicrobiano dos tecidos tratados e tintos após as lavagens**

Amostra	Nº de bactérias no tempo zero E. coli	Nº de bactérias após 1 hora E. coli	Redução logarítmica	Crescimento/Redução (%)
Tecido tratado (1:1) e tinto	$1,11 \cdot 10^3$	$9,69 \cdot 10^2$	0,05	-13,32
Tecido tratado (1:4) e tinto	$1,11 \cdot 10^3$	$1,01 \cdot 10^3$	0,04	-9,12
Tecido tratado (1:8) e tinto	$1,11 \cdot 10^3$	$1,23 \cdot 10^3$	-	+10,64
Tecido tratado (1:10) e tinto	$1,11 \cdot 10^3$	$1,77 \cdot 10^3$	-	+58,76
Tecido tratado (2:1) e tinto	$1,11 \cdot 10^3$	$1,03 \cdot 10^3$	0,03	-7,33

Fonte: Autoria própria (2021)

Após a lavagem a redução foi baixa e em alguns casos não houve a redução e sim um crescimento de bactérias, isso nos mostra que o composto de coordenação não permaneceu no tecido, supondo então que no processo de conjugação o complexo permaneceu somente na superfície da fibra. A Figura 8 mostra as placas com as colônias de bactérias, onde a) é o controle no tempo 0; b) é o tecido tratado com coordenado 1:1 e tinto; e c) é o tecido tratado com coordenado 1:1.

Figura 7: Comportamento bacteriano após as lavagens



Fonte: Autoria própria (2021)

## 6. CONCLUSÃO

Com a busca de materiais que auxiliam no combate e na não proliferação de doenças causadas por vírus, bactérias e fungos e a necessidade de produção rápida neste atual cenário pandêmico, este trabalho trouxe alguns benefícios para diminuir a cadeia produtiva e apontou um estudo inicial de material antimicrobiano.

Com a conjugação do processo de tingimento com acabamento, foi possível perceber que pode ser realizado de modo simultâneo, já que este não alterou a cor do produto, somente diminuiu a capacidade antimicrobiana do complexo quando comparado com as amostras não tintas, entretanto deve-se levar em consideração o metal empregado, já que estes têm suas características próprias.

Nota-se que os FTIR das amostras possuem bandas conhecidas nos MOF do tipo ZIF-8, podendo trazer indícios que foi sintetizado algum tipo de coordenação.

O material apresentou ação antimicrobiana após sua aplicação superior a 60%, porém após a lavagem do material para verificar sua aderência, nota-se que não apresenta mais essas características antimicrobianas, devido a uma coordenação fraca, ou que o material ficou depositado sobre sua fibra e não se ligou com a fibra de maneira intermolecular.

Mesmo sem a eficácia após as lavagens o material pode ser empregado em têxteis de uso único, sem a necessidade de lavagem, como os materiais hospitalares que após o seu uso devem ser descartadas, como máscaras e toucas e que agregariam uma segurança a mais com um acabamento para inibição dos vírus e bactérias.



## 7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Segue algumas sugestões para melhoramento do trabalho ou futuras pesquisas:

- Sintetizar os complexos alterando o solvente e as condições da síntese, também pode-se tentar alterar o ligante orgânico para tentar melhorar o rendimento do estudo;
- Comparar os resultados de ação antimicrobiana com outros tipos de complexos sintetizados a partir de outros tipos de metais, por exemplo o cobre que também é um metal com propriedades antimicrobianas;
- Aplicar os compostos de coordenação de maneira diferente, a fim de obter uma maior resistência a lavagens.

## REFERÊNCIAS

- ALCÂNTARA, M. R.; **A química do processamento têxtil.**; Instituto de Química; Universidade de São Paulo – São Paulo – SP; 1995.
- ANDRADE, Augusto Tairum de. **Reutilização de banhos de tingimento de poliéster em batelada com corantes dispersos.** 2018. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- ANDREAUS, Jürgen et al. **Aplicação de ciclodextrinas em processos têxteis.** Química Nova, v. 33, n. 4, p. 929-937, 2010.
- ASTM E2149- 13A. **Standard test method for determining the antimicrobial activity of antimicrobial agents under dynamic contact conditions.**
- BURKINSHAW, Stephen M. **Physico-chemical aspects of textile coloration.** John Wiley & Sons, 2016.
- CAPELEZZO, Ana P. et al. **Polímero Biodegradável Antimicrobiano através da Aditivção com Compostos à Base de Zinco.** Química Nova, v. 41, n. 4, p. 367-374, 2018.
- CONCEIÇÃO, Carolina Ferreira da; ALMEIDA, Érica Bomfim; SHIMOKAWA, Silvia Helena Mayumi. **ATIVIDADE ANTIMICROBIANA DO KEFIR SOBRE AS BACTÉRIAS GRAM POSITIVAS, GRAM NEGATIVAS E FUNGOS LEVEDURIFORMES.** TCC-Biomedicina, 2020.
- CORADI, Michaela et al. **Têxteis antimicrobianos produzidos pela modificação superficial de tecidos de algodão e imobilização de enzima pectinolítica.** 2018.
- COSTA, Ana Cristina Rodrigues da; ROCHA, Érico Rial Pinto da. **Panorama da cadeia produtiva têxtil e de confecções e a questão da inovação.** 2009.
- DÁGUA, Raquel Martins de Oliveira et al. **Desenvolvimento de técnicas de impregnação de nanopartículas de óxido de zinco de baixo custo com propriedades antimicrobianas em tecidos.** 2015. Tese de Doutorado.
- GARFEJO, Maria João et al. **Estudo da Reprodutibilidade Laboratorial no Processo de Tingimento Têxtil.** 2016.
- GOMES, Anne Velloso Sarmento; COSTA, Ney Róblis Versiani; MOHALLEM, Nelcy Della Santana. **Os tecidos e a nanotecnologia.** Revista Química Nova na Escola, v. 38, n. 4, p. 288-296, 2016.
- GUARATINI, Cláudia CI; ZANONI, Maria Valnice B. **Corantes têxteis.** Química nova, v. 23, n. 1, p. 71-78, 2000.
- HARAHAP, Hotma Wardhani; ANORGANIK, Bidang Keahlian Kimia. **Sintesis Senyawa Kompleks Co (II) Dengan Ligan 2-Metil Imidazol dan 2, 4, 5-Trifenil-1H-Imidazol Sebagai Agent Anti Kanker.** 2018. Tese de Doutorado. Institut Teknologi

Sepuluh Nopember.

HOUSECROFT, Catherine et al. **Química inorgânica** / Catherine E. Housecroft e Alan G. Sharpe; tradução Edilson Clemente da Silva, Júlio Carlos Afonso e Oswaldo Esteves Barcia. – 4. ed. – Rio de Janeiro: LTC, 2013.

HU, Yue et al. **Evidence of pressure enhanced CO<sub>2</sub> storage in ZIF-8 probed by FTIR spectroscopy**. Journal of the American Chemical Society, v. 135, n. 25, p. 9287-9290, 2013.

JAMES, Joshua B.; LIN, Y. S. **Kinetics of ZIF-8 thermal decomposition in inert, oxidizing, and reducing environments**. The Journal of Physical Chemistry C, v. 120, n. 26, p. 14015-14026, 2016.

KORB, Arnildo et al. **Perfil de resistência da bactéria Escherichia coli em infecções do trato urinário em pacientes ambulatoriais**. Rev Biol Ciênc Terra, v. 13, n. 1, p. 72-9, 2013.

LEE, J. D.; **Química inorgânica não tão concisa**; tradução da 5ª ed. Inglesa: Henrique E. Toma, Koiti Araki, Reginaldo C. Rocha – São Paulo: Edgard Blucher, 1999. Páginas [99, 100, 425, 430]

LIMA, Janaina de Souza et al. **Imobilização de celulase em caulim e sua aplicação em processos de acabamento têxtil**. 2020.

LIMA NETO, Otávio José de. **Síntese eletroquímica de nano-MOF à base de zinco e avaliação de sua capacidade adsortiva de ibuprofeno**. 2018. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.

MAGALHÃES, Andreia Patrícia Sousa Alves de. **Atividade antimicrobiana em têxteis**. 2015.

MCMURRY, J.; **Química orgânica, vol. 2** / John McMurry; tradução técnica Ana Flávia Nogueira e Izilda Aparecida Bagatin. – São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2005. Página [881].

MONTEIRO, Patrícia Aparecida. **Diagnóstico do consumo de água nos processos de beneficiamento de jeans no polo confeccionista de Divinópolis/MG**. Mestrado em Tecnologia ambiental, 2018.

MONTIBELLER, Larissa; LOPO, Wallace Nóbrega. **METODOLOGIA DE PREPARAÇÃO E TINGIMENTO SIMULTÂNEOS COM CORANTES DISPERSOS PARA ARTIGOS DE POLIÉSTER**. 6º CONTEXMOD, v. 1, n. 6, 2018.

NETO, P. P. A.; **Fibras têxteis** / Pedro Pita Aguiar Neto. – Rio de Janeiro: SENAI-CETIQT: CNPq: IBICT: PADCT: TIB, 1996. V.1. Página [290]

OLIVEIRA, Carlos Alberto Fernandes de. **De compostos de coordenação a metal-organic frameworks: Síntese, Caracterização e Propriedades Fotofísicas de Novos Materiais**. 2013.

ORDONEZ, Ma Josephine C. et al. **Molecular sieving realized with ZIF-8/Matrimid® mixed-matrix membranes**. Journal of Membrane Science, v. 361, n. 1-2, p. 28-37, 2010.

PINTO, Cátia Marlene Leite. **Melhoria das propriedades do poliéster através da funcionalização com poli (álcool de vinilo)**. 2019. Tese de Doutorado.

POPIOLSKI, Tatiane Michele; WILIMZIG, Markus; SOLDI, Valdir. **Atividade antibacteriana de fibras têxteis contendo nanopartículas de poli (óxido de etileno-b-ácido láctico) com óleos essenciais incorporados**. Matéria (Rio de Janeiro), v. 26, n. 1, 2021.

SÁ, M. M. A. M.; **Aplicação de  $\beta$ -Ciclodextrinas no Tingimento de Materiais Têxteis.**; Universidade do Minho; Dissertação de Mestrado; 2008. Páginas [27, 28, 31, 32].

SALEM, V.; **Tingimento têxtil: fibras, conceitos e tecnologias** / Vidal Salem. – São Paulo: Blucher: Golden Tecnologia, 2010.

SALIM, Márcia Michele Fialho Farias et al. **Oxidação fotoquímica UVC/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> de águas residuárias têxteis visando o reuso no beneficiamento têxtil**. 2017.

SÁNCHEZ, José Cegarra. **Têxteis inteligentes**. Revista Química Têxtil, v. 82, p. 58-77, 2006

SANTOS, Leandro Marcos et al. **Química de Coordenação: Um Sonho Audacioso de Alfred Werner**. Revista Virtual de Química, v. 6, n. 5, p. 1260-1281, 2014.

SCHEIBE, Ana Silvia et al. **Caracterização de óleos resultantes da pirólise do lodo têxtil**. 2016.

SENAI, Departamento Region. **Beneficiamento têxtil**. São Paulo: SENAI-SP Editora, 2015

SHARMA, S. K. et al. **Investigation of compression-induced deformations in local structure and pore architecture of ZIF-8 using FTIR, X-Ray absorption, and positron annihilation spectroscopy**. The Journal of Physical Chemistry C, v. 123, n. 36, p. 22273-22280, 2019.

SHRIVER, D. F.; ATKINS, P.; **Química inorgânica.**; tradução: Roberto de Barros Faria. – 4 ed. – Porto Alegre: Bookman, 2008. Página [481]

SILVA, José Bezerra da et al. **Avaliação do desempenho de blocos de concreto estrutural dosados com politereftalato de etileno (PET) micronizado**. 2016.

SILVA, Juliana Fonseca Moreira; FEITOSA, Amanda Campos; RODRIGUES, Rosimeire Mendes. **Staphylococcus aureus em alimentos**. DESAFIOS-Revista Interdisciplinar Da Universidade Federal Do Tocantins, v. 4, n. 4, p. 15-31, 2017.

SILVA, Márcia Gomes da. **Corantes naturais no tingimento e acabamento antimicrobiano e anti-UV de fibras têxteis.** 2018.

SOUSA, Ricardo Gil Araújo de. **Caracterização de produtos finais com diferentes especificações de qualidade nas diferentes fibras têxteis.** 2011. Tese de Doutorado. Instituto Politécnico de Bragança, Escola Superior de Tecnologia e Gestão.

SOUZA, Anne. **ESTEREOQUÍMICA E ISOMERIA DE COMPOSTOS DE COORDENAÇÃO,** 2016.

VENTURA, Sandra; CARNEIRO, Noémia; SOUTO, A. Pedro. **Acabamento de têxteis multifuncionais com nanocompósitos poliméricos.** Nova Têxtil, v. 97, n. 1<sup>a</sup>, p. 8-13, 2011.

VILAÇA, Sílvia Catarina Gonçalves. **Estudo da influência do encapsulamento de agentes antimicrobianos por nanopartículas de sílica na atividade antimicrobiana de têxteis funcionais.** 2016. Tese de Doutorado.

VOGEL, A; JEFFERY, G. H; BASSETT, J; MENDHAM, J; DENNEY, R.C. **Química Analítica Qualitativa,** 5<sup>o</sup> Edição, Editora Mestre Jou, 1981.

WELLER, Mark et al. **Química Inorgânica.** Bookman Editora, 2017.