

**CENTRO PAULA SOUZA**  
**ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL DE SUZANO**  
**Ensino Médio com Habilitação Profissional Técnico em Química**  
**Período Integral**

**TINTA CONDUTIVA COM POLIANILINA**

**Suzano,SP**

**2024**



Aurélio Alves de Oliveira  
Carlos Eduardo Santos Armond  
Daniel Callejon Maldonado

César Tatari

## **TINTA CONDUTIVA COM POLIANILINA**

Relatório apresentado à 8ª FEMIC - Feira  
Mineira de Iniciação Científica.

Orientação do Prof. Cesar Tatari.

**Suzano,SP**

**2024**



## RESUMO

O trabalho "Tinta Condutiva com Polianilina" tem como objetivo desenvolver uma tinta condutora utilizando a polianilina (PANI), um polímero conhecido por suas propriedades elétricas. A pesquisa envolve a síntese do polímero e sua incorporação em uma matriz de tinta alquídica, buscando otimizar a condutividade elétrica por meio de técnicas de dopagem. A polianilina foi escolhida por suas propriedades únicas, que permitem a condução elétrica e a versatilidade em aplicações tecnológicas.

O processo de síntese do polímero incluiu etapas de protonação e oxidação, visando obter a melhor forma condutiva da PANI. Em seguida, a tinta foi formulada combinando o polímero com resinas, pigmentos e solventes, resultando em um produto homogêneo e estável. A tinta passou por uma caracterização rigorosa, onde parâmetros físico-químicos como pH, viscosidade, densidade, brilho, poder de cobertura, tempo de secagem e condutividade foram analisados para garantir a qualidade e funcionalidade do produto final.

Além do desenvolvimento laboratorial, o estudo também investigou o potencial de aplicação da tinta condutiva com polianilina em diferentes setores, como eletrônicos impressos, sensores flexíveis e circuitos integrados. Essas aplicações exploram as vantagens de um revestimento que combina propriedades elétricas e a facilidade de aplicação da tinta tradicional, abrindo novas oportunidades para a eletrônica vestível e sistemas de sensores portáteis.

A pesquisa destaca ainda o compromisso com a sustentabilidade, buscando soluções menos agressivas ao meio ambiente e promovendo a substituição de materiais tradicionais por alternativas mais ecológicas. A tinta condutiva desenvolvida representa uma abordagem inovadora que combina ciência e tecnologia para criar soluções eficientes e versáteis para a indústria eletrônica.

**Palavras-chave:** polianilina, tinta condutiva, sustentabilidade.



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>5</b>
<b>2 JUSTIFICATIVA .....</b>	<b>6</b>
<b>3 OBJETIVO GERAL .....</b>	<b>7</b>
<b>4 METODOLOGIA .....</b>	<b>8</b>
<b>5 RESULTADOS OBTIDOS .....</b>	<b>9</b>
<b>6 CONCLUSÕES OU CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>10</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>11</b>



## 1 INTRODUÇÃO

A história dos polímeros condutores começou no final da década de 1970, quando os cientistas Hideki Shirakawa, Alan MacDiarmid e Alan Heeger realizaram descobertas que mudariam a forma como esses materiais eram vistos. Até então, os polímeros eram amplamente conhecidos por suas propriedades isolantes, sendo utilizados em aplicações que exigiam baixa condutividade elétrica. Contudo, em 1977, Shirakawa, trabalhando na Universidade de Tsukuba, no Japão, dopou poliacetileno com iodo, aumentando sua condutividade de maneira significativa. Essa descoberta abriu novas possibilidades para a pesquisa e aplicação dos polímeros condutores (Zoppei, 1999).

A introdução da polianilina como um dos primeiros polímeros orgânicos condutores marcou o início de uma revolução na área dos materiais. Ao combinar características como flexibilidade e leveza, a polianilina e outros polímeros condutores se mostraram promissores em aplicações como dispositivos eletrônicos orgânicos, sensores e baterias eletroquímicas. Essas inovações tecnológicas foram reconhecidas globalmente, culminando na concessão do Prêmio Nobel de Química, em 2000, a Shirakawa, MacDiarmid e Heeger, pelo desenvolvimento de polímeros condutores (Almeida, 2017).

Apesar de seus benefícios, os polímeros condutores (PCs) apresentam desafios significativos. Um dos principais problemas enfrentados pelos pesquisadores está relacionado à estabilidade química limitada desses materiais, o que dificulta sua durabilidade e uso em larga escala. Além disso, o processamento dos PCs pode ser complexo, demandando metodologias específicas para garantir a eficiência de sua condutividade. A dopagem, processo fundamental para melhorar as propriedades condutoras dos polímeros, também influencia diretamente suas características elétricas e mecânicas (Faez et al., 2000; Mattoso, 1993).

A polianilina, por exemplo, possui diferentes estados de oxidação, o que afeta sua condutividade e coloração. O estado conhecido como Sal de Esmeraldina é o que apresenta melhor desempenho condutivo, sendo obtido em meio ácido e possuindo uma coloração verde. Já o estado de Base Esmeraldina, semicondutor e de coloração azul, surge em meio alcalino (Stejskal et al., 1996). O controle dessas variações é crucial para o uso eficiente da



polianilina em aplicações industriais, como sensores flexíveis, circuitos impressos e revestimentos condutores.

Portanto, o desenvolvimento e aprimoramento de polímeros condutores continuam a ser um campo de grande interesse na ciência dos materiais. Pesquisas atuais buscam aumentar a estabilidade, melhorar o processamento e ampliar as aplicações tecnológicas desses materiais inovadores. Com o avanço da ciência, é possível que novos polímeros condutores mais eficientes e duráveis sejam desenvolvidos, impulsionando ainda mais seu uso em tecnologias emergentes.

## **2 JUSTIFICATIVA**

A combinação de uma matriz polimérica alquídica com um polímero condutor, um polímero condutor, representa uma abordagem inovadora no desenvolvimento de materiais com propriedades elétricas e de revestimento, podendo abrir novas oportunidades em aplicações diversas.

A busca por materiais mais sustentáveis é uma tendência crescente na indústria. Investigar uma tinta alquídica condutora pode contribuir para o desenvolvimento de revestimentos mais eficientes e ambientalmente amigáveis, reduzindo o uso de materiais nocivos e o impacto ambiental.

As tintas condutoras têm potencial para serem aplicadas em diversas áreas, como na fabricação de sensores, circuitos eletrônicos flexíveis, dispositivos de impressão eletrônica, entre outros. Um estudo aprofundado sobre a síntese, propriedades e aplicações desses materiais pode gerar insights valiosos para a indústria

## **3 OBJETIVOS**

### **3.1 Objetivo geral**

Produção de uma tinta alquídica condutora a base de polímero condutor.

### **3.2 Objetivos específicos**

Sintetizar um polímero condutor de média capacidade condutora;

Testar a condutividade do polímero;

Aumentar sua condutividade;



Sintetizar a tinta alquídica;  
Combinação da polianilina na tinta alquídica;  
Deixar o polímero sobre a superfície da tinta;  
Testar a capacidade condutiva da tinta com polímero.

## **4 METODOLOGIA**

### **4.1 Síntese do polímero**

Método:

Método de polimerização por protonação e oxidação.

Materiais:

- Béquer 100 mL
- Funil de Büchner
- Papel de filtro
- Pipeta de Pasteur

Reagentes:

- Ácido clorídrico P.A. (HCl)
- Anilina (C<sub>6</sub>H<sub>7</sub>N)
- Etanol
- Persulfato de amônia 98% ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>)

Equipamentos:

- Agitador magnético
- Bastão magnético
- Bomba a vácuo

Procedimento:

Adicionou-se 20 mL de água no béquer de 100 mL, em seguida adicionou-se 3 mL de HCl em agitação.

Em agitação acrescentou-se 5 mL de anilina, pesou-se 2,6 g de persulfato de amônia e homogeneizou-se em 10 mL de água, e com a pipeta de Pasteur adicionou-se lentamente a solução de persulfato de amônia



Após a agitação, polimerização e oxidação da solução, filtrou-se o precipitado em papel filtro com auxílio de um funil de Büchner e bomba a vácuo, pouco a pouco, até todo precipitado ficar no papel filtro e lavou-se com etanol.

Então levou-se até a estufa e permaneceu em aquecimento até a retirar toda a umidade.

#### **4.2 Síntese da tinta**

Método:

Método de produção de tinta alquídica a base de solvente

Materiais:

- Bastão de silicone
- Béquer 100 mL
- Béquer de plástico
- Reagentes
- Dispersante (Glicerina)
- Oxido de titânio ( $\text{TiO}_2$ )
- Resina alquídica curta 70%
- Solvente (Tinner)

Equipamentos:

- Balança semi-analítica KN 5500/1

Procedimento:

Em um béquer adicionou-se 8,40 g de Oxido de titânio e homogeneizou-se com 24,80 g de glicerina.

Em outro béquer homogeneizou-se 33,20 g de Resina alquídica com 15,00 g de Tinner.

Adicionou-se a solução de Oxido de titânio na solução de Resina, e acrescentou-se mais 16,30 g de Tinner, e homogeneizou-se até a formação da tinta.

##### **4.2.1 Caracterização da Tinta**

Materiais:

- Béquer de 50 mL
- Placa de vidro
- Tubo de ensaio



Reagentes:

- Tinta

Equipamentos:

- Centrifuga
- Extensor de 400  $\mu\text{m}$
- Viscosímetro de BrookField

Procedimentos:

Viscosidade:

Em um béquer de 50 mL foi adicionado a tinta, e foi realizado 5 testes no viscosímetro com a lâmina de número 4 a 40 rpm.

Filme:

Com a placa de vidro adicionou-se uma quantidade de tinta suficiente para o extensor de 400  $\mu\text{m}$  formar uma fina camada de filme sobre o vidro para análise de cargas.

Separação de fases:

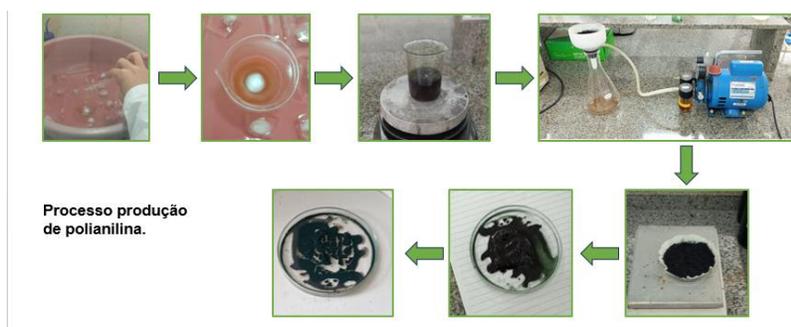
Em um tubo de ensaio foi adicionado tinta até metade do mesmo e em outro tubo adicionou-se água para equilibrar a centrifuga, e permaneceu na centrifuga durante cerca de 30 minutos a 1500 rpm, para análise de separação de fases.

## 5 RESULTADOS OBTIDOS

### 5.1 Síntese da polianilina

A polianilina apresentou bons resultados, com a condutividade estável e nenhuma resistência a eletricidade.

**Fluxograma 1, Processo de produção da polianilina**



Fonte: Acervo pessoal (2024)



## 5.2 Síntese da Tinta

A produção e caracterização da tinta foram bem-sucedidas, obtendo uma média de viscosidade de 928 CPS, e uma separação de 2 fases entre solvente, pigmento, resina e quantidades boas de cargas, a tinta também apresentou um bom tempo de secagem.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho demonstrou o potencial da tinta condutiva à base de polímero condutor, especificamente com a utilização da polianilina. A síntese e caracterização do polímero e da tinta foram satisfatórias, embora desafios tenham sido enfrentados, como a baixa condutividade inicial e o tempo prolongado de secagem da tinta. A partir de uma abordagem metodológica clara e estruturada, foi possível obter um produto com propriedades relevantes, o que indica a viabilidade de desenvolver novos materiais condutores para aplicações em áreas tecnológicas diversas, como sensores e dispositivos eletrônicos.

Assim, este estudo contribui para o avanço no campo de materiais condutores à base de polímeros, abrindo novas possibilidades de desenvolvimento de tecnologias sustentáveis e ambientalmente seguras. Os resultados alcançados até o momento são promissores, e futuras investigações podem focar na melhoria das propriedades condutivas e na redução do tempo de secagem, a fim de maximizar o desempenho e ampliar as aplicações desta tinta no mercado.



## REFERÊNCIAS

- ABRAFATI - A ABRAFATI – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS FABRICANTES DE TINTAS- Livros de Rótulos da ABRAFATI. São Paulo: Edgard Blücher, 2005
- ABRAFATI-Associação brasileira dos Fabricantes de Tintas, disponível em :< <https://abrafati.com.br/>>, Acesso em: 17 de março de 2024.
- ALBUQUERQUE, J.E., MATTOSO, L.H.C., BALOGH, D.T, FARIA, R.M, MASTERS, J.G, MACDIARMID, A.G . A simple method to estimate the oxidation state of polyanilines. *Synthetic Metals*, 113, 2000. 19-22.
- ALMEIDA, Álvaro de Melo; FORNARI JR., Celso Carlino Maria; LENZ, Denise Maria. Aplicações tecnológicas da Polianilina: Um polímero condutor. **REVISTA TECNOLOGIA E TENDÊNCIAS**, Canoas, p. 9-18, 5 set. 2017. E-book (10 p.).
- CAMPOS, Regiane Ap. M.; REZENDE, Mirabel C.; FAEZ, Roselena. **SÍNTESE QUÍMICA DE POLIPIRROL: INFLUÊNCIA DE SURFACTANTES ANIÔNICOS NAS PROPRIEDADES TÉRMICAS E CONDUTORAS**. Foz do Iguaçu: [s. n.], 2009. 7 p. E-book (7 p.).
- COMO FAZER um Polímero Condutor? (Polianilina). Gravação de Ciência Chave. [S. l.: s. n.], 2020. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=8dHxSsedBgE>. Acesso em: 17 abr. 2024.
- DIAZ, A. F. & LOGAN, J. A. **ELECTROACTIVE POLYANILINE** Films, J. *Electroanal. Chem.* v111, 1980.
- FAEZ, R.; REIS, C.; FREITAS, P. S.; KOSIMA, O. K.; RUGGERI, G.; PAOLI, M. A. **POLIMEROS CONDUTORES**. n. 11, mar. 2000. 13-18.
- FAZENDA, J. M. R.; **Tintas: Ciência e Tecnologia**, São Paulo: Editora Blucher, 4ª Ed., 2009.
- FAZENDA, João M.R. **Tintas e Vernizes: Ciência e Tecnologia**. 3. ed. São Paulo: EDGARD BLUCHER, 2005. 1064 p. ISBN 9788521203742. Disponível em: [https://www.academia.edu/34605679/Tintas\\_e\\_vernizes\\_Ci%C3%Aancia\\_e\\_Tecnologia\\_3\\_a\\_edi%C3%A7%C3%A3o\\_Jorge\\_M\\_R\\_Fazenda](https://www.academia.edu/34605679/Tintas_e_vernizes_Ci%C3%Aancia_e_Tecnologia_3_a_edi%C3%A7%C3%A3o_Jorge_M_R_Fazenda). Acesso em: 26 jul. 2024.
- HANLEY, Michael J. W. **The Science and Practice of Paint Technology**. Chichester: Wiley, 1996. 492 p. ISBN 978-0471941037. E-book (492 p.).
- HELERBROCK, Rafael. **Circuito elétrico**. [S. l.]: Mundo educação, 2024. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/circuito-eletrico.htm>. Acesso em: 30 ago. 2024.
- JULIANO, Valmir Fascio. **CONSTRUÇÃO DE EQUIPAMENTO PARA ELETROQUÍMICA E CARACTERIZAÇÃO DE FILMES DE POLIPIRROL**. Orientador: Marco-Aurelio de Paoli. 1991. 175 f. Tese (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas Instituto de Química, Campinas, 1992. E-book (174 p.).
- KAUFMAN, M.; WILSON, J. A. **Eletrônica Básica**. São Paulo: [s. n.], 1982. 542 p.
- LEWIS, Peter A. **Pigment Handbook**. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 1988. 700 p. v. 1. ISBN 978-0471818618. E-book (700 p.).



- M. Satoh, K. Kaneto and K. Yoshino, *Synth. Het.*, 14 (1986) 289.
- MACDIARMID, A. G. & EPSTEIN, A. J. **CONDUCTING POLYMERS: SCIENCE AND TECHNOLOGY**, II Brazilian Conference on Polymers, Brazil / São Paulo, 1993.
- MADATHIL, R., PARKESH, R., PONRATHNAM, S., & LARGE, M. C. J. (2004). **Patterning of Conductive Polyaniline Films from a Polymerization-Induced Self-Assembled Gel**. *Macromolecules*, 37(6), 2002–2003. doi:10.1021/ma035361o.
- MASON, Nick G. K. R. **Handbook of Organic Solvents**. Oxford: Elsevier, 2004. 624 p. ISBN 0878199330, 9780878199334. E-book (624 p.).
- MATTOSO, L. H. C. **SINTESE, CARACTERISAÇÃO E PROCESSAMENTO DE POLIANILINA E SEUS DERIVADOS**. Tese de Doutorado, UFSCar, DEMA, 1993.
- MELLO, C. P. **POLÍMEROS CONDUTORES**. *Ciência Hoje*, v6, n36, p40-47.
- NETO, H. M.; **TRATAMENTO DE EFLUENTES NAS INDÚSTRIAS DE TINTAS E VENIZES**. *Revista TAE*, 2014.
- NORRIS, S. R, JOSEPH, A. B, **INDÚSTRIAS DE TINTAS E CORRELATOS**. Ed. 4ª, 1997.
- POLÍMEROS CONDUTORES, 2008, Valencia. **Polímeros Conductores [...]**. Valencia: [s. n.], 2008. 123 p. *E-book* (123 p.). Tema: Polímeros Condutores.
- R. MacNeill, D. E. Weiss and D. Willis, *Aust. J. Chem*, 18 (1965), 447.
- SAPURINA, I., & STEJSKAL, J. (2008). **The mechanism of the oxidative polymerization of aniline and the formation of supramolecular polyaniline structures**. *Polymer International*, 57(12), 1295–1325. doi:10.1002/pi.2476.
- SCOTT, John Richard. **Handbook of Common Polymers: Fibres, Films, Plastics, and Rubbers**. Michigan: CRC Press, 2011. 688 p. ISBN 0878199330, 9780878199334. E-book (688 p.).
- STEJSKAL, J.; KRATOCHVIL, P.; JENKINS, A. D. The formation of polyaniline and the nature of its structure. **POLYMER**, 37, n. 2, 1996. 367-369.
- STENGER, Smith J. D. Intrinsically electrically conducting polymers. Synthesis, characterization, and their applications. **PROGRESS IN POLYMER SCIENCE**, 23, 1998. 57-79.
- WICKS JR, Zeno W.; JONES, Frank N.; PAPPAS, S. Peter; WICKS, Douglas A. **Organic Coatings: Science and Technology**. 3. ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2007. 744 p. ISBN 978-0-471-69806-7. E-book (744 p.).
- YAMANAKA, Hélio Tadashi; BARBOSA, Fábio Saad; BETTIOL, Neliane L. S.; TAMDJIAN, Renata M. Mariano; FAZENDA, Jorge; BOLFIM, Gisele; FURLANETI, Fernando; SILVA, Luis Eugênio P.; MARTINS, Jaime; SICOLIN, Airton; BEGER, Ricardo. **TÉCNICO AMBIENTAL TINTAS E VERNIZES-SÉRIE P+L**. São Paulo: CETESB, 2006. 70 p. *E-book* (70 p.).



YIN, H.; YANG, J. A novel strategy for the controlled synthesis of silver halide/polyaniline nanocomposites with different polyaniline morphologies. **MACROMOLECULAR MATERIALS AND ENGINEERING**, 296, n. 3, março 2012. 203-208.

ZOPPEI, Reinaldo Takara. **Polianilina: Síntese, Filme, Dopagem e Condução DC**.

Orientador: Valmir Antônio Chitta. 1999. 63 p. Dissertação (Mestrado) - IFSC- Universidade de São Paulo, São Carlos, 1999. E-book (77 p.).