

Tinta líquida epóxi-acrilada hidrossolúvel com ação antimicrobiana e antifúngica: Revisão do processo produtivo

Water-soluble epoxy-acrylate liquid paint with antimicrobial and antifungal action: Review of the production process

Pintura líquida epoxi-acrilato soluble en agua con acción antimicrobiana y antifúngica: Revisión del proceso productivo

Recebido: 18/08/2025 | Revisado: 27/08/2025 | Aceitado: 28/08/2025 | Publicado: 29/08/2025

Lucas Schappo Breis

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-2269-0712>
Universidade Regional de Blumenau, Brasil
E-mail: lbreis@furb.br

Diogo Fabrício Campos

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-4024-626X>
Universidade Regional de Blumenau, Brasil
E-mail: dcampos@furb.br

Vanderleia Botton

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7534-4217>
Universidade Regional de Blumenau, Brasil
E-mail: vanderleibotton@furb.br

Resumo

As tintas são amplamente utilizadas como recobrimentos de superfícies, tanto para proteção contra agentes externos quanto para fins decorativos. Estão presentes em diversos ambientes, desde plataformas industriais até consultórios odontológicos. Dentre os diferentes tipos, destacam-se as tintas ecológicas, que não contêm compostos orgânicos voláteis (COVs), são geralmente formuladas à base de água e, em alguns casos, incorporam agentes bactericidas e fungicidas, sendo indicadas para locais com exigências sanitárias elevadas, como hospitais e indústrias alimentícias. Este trabalho teve como objetivo revisar o processo de produção de tintas ecológicas hidrossolúveis com propriedades antimicrobianas, destacando seus componentes, aplicações e impacto ambiental. Foi feita uma revisão bibliográfica baseada em artigos científicos, normas técnicas e dados de mercado sobre tintas sustentáveis. Os resultados apontam para uma crescente demanda por produtos menos agressivos ao meio ambiente, impulsionada por legislações ambientais e maior conscientização dos consumidores. As tintas hidrossolúveis com aditivos antimicrobianos mostraram-se eficazes no controle de microrganismos, ao mesmo tempo em que reduzem significativamente a emissão de COVs. As tintas ecológicas representam uma alternativa viável e promissora às tintas convencionais, especialmente em aplicações que exigem higiene e segurança, embora ainda enfrentem desafios quanto à durabilidade e custo.

Palavras-chave: Tintas ecológicas; Tintas à base de água; Aditivos bactericidas; Aditivos fungicidas.

Abstract

Paints are widely used as surface coatings, both for protection against external agents and for decorative purposes. They are present in a variety of environments, from industrial platforms to dental offices. Among the different types, eco-friendly paints stand out, as they do not contain volatile organic compounds (VOCs), are generally water-based, and, in some cases, incorporate bactericidal and fungicidal agents. They are recommended for locations with high sanitary requirements, such as hospitals and food industries. This study aimed to review the production process of water-soluble eco-friendly paints with antimicrobial properties, highlighting their components, applications, and environmental impact. A literature review was conducted based on scientific articles, technical standards, and market data on sustainable paints. The results point to a growing demand for environmentally friendly products, driven by environmental legislation and increased consumer awareness. Water-soluble paints with antimicrobial additives have proven effective in controlling microorganisms while significantly reducing VOC emissions. Eco-friendly paints represent a viable and promising alternative to conventional paints, especially in applications requiring hygiene and safety, although they still face challenges regarding durability and cost.

Keywords: Eco-friendly paints; Water-based paints; Bactericidal additives; Fungicidal additives.

Resumen

Las pinturas se utilizan ampliamente como recubrimientos de superficies, tanto para la protección contra agentes externos como con fines decorativos. Están presentes en diversos entornos, desde plataformas industriales hasta consultorios dentales. Entre los diferentes tipos, destacan las pinturas ecológicas, ya que no contienen compuestos orgánicos volátiles (COV), generalmente son a base de agua y, en algunos casos, incorporan agentes bactericidas y fungicidas. Se recomiendan para lugares con altos requisitos sanitarios, como hospitales e industrias alimentarias. Este estudio tuvo como objetivo revisar el proceso de producción de pinturas ecológicas hidrosolubles con propiedades antimicrobianas, destacando sus componentes, aplicaciones e impacto ambiental. Se realizó una revisión bibliográfica basada en artículos científicos, normas técnicas y datos de mercado sobre pinturas sostenibles. Los resultados apuntan a una creciente demanda de productos ecológicos, impulsada por la legislación ambiental y una mayor concienciación del consumidor. Las pinturas hidrosolubles con aditivos antimicrobianos han demostrado su eficacia en el control de microorganismos, a la vez que reducen significativamente las emisiones de COV. Las pinturas ecológicas representan una alternativa viable y prometedora a las pinturas convencionales, especialmente en aplicaciones que requieren higiene y seguridad, aunque aún presentan desafíos en cuanto a durabilidad y coste.

Palabras clave: Pinturas ecológicas; Pinturas al agua; Aditivos bactericidas; Aditivos fungicidas.

1. Introdução

A tinta é muito mais do que um simples revestimento colorido, trata-se de uma formulação tecnicamente elaborada, geralmente líquida, composta por pigmentos dispersos e diversos outros componentes, como resinas, aditivos e solventes que, ao passarem pelo processo de cura, formam um filme aderente ao substrato. Esse filme possui como principais funções a proteção contra agentes físicos e químicos, além da valorização estética das superfícies (Fazenda, 2005; Alonso-Villar et al., 2021). De acordo com Nunes (2012), a espessura mínima adequada desse filme é determinada pelo tipo de tinta utilizado e pela agressividade do ambiente ao qual será exposto, sendo essencial para garantir a eficácia na proteção anticorrosiva. Barrios (2017) destaca que a formação do filme é um processo complexo, cuja eficiência influencia diretamente as propriedades finais do produto.

As tintas podem ser classificadas em três grandes categorias: imobiliárias, industriais e especiais (Souza, Gianezini, Watanabe, 2018). Cada uma delas atende a exigências técnicas específicas, o que impulsiona o desenvolvimento constante da indústria do setor, fortalece a economia e demanda conformidade com normas técnicas. No Brasil, essa indústria possui grande relevância, sobretudo no setor da construção civil, que em 2019 representou cerca de 82,1% da produção nacional de tintas (ABRAFATI, 2020).

Entretanto, a maior parte dessas tintas ainda contém compostos orgânicos voláteis (COVs), substâncias tóxicas que, quando liberadas na atmosfera, representam riscos à saúde humana e ao meio ambiente (Cunningham et al., 2019). Esse cenário vai de encontro aos esforços globais e nacionais pelo desenvolvimento sustentável, especialmente na construção civil, considerada um dos setores que mais consomem recursos naturais e geram resíduos (Faria, 2015).

Frente a essas preocupações ambientais, as chamadas tintas ecológicas, particularmente aquelas à base de água, vêm ganhando destaque (Chen et al., 2025). Essas formulações eliminam ou reduzem significativamente o uso de agentes tóxicos, utilizam matérias-primas de origem natural e minimizam o odor forte característico das tintas convencionais (Cunningham et al., 2019; Ifijen, 2022; Jiménez-López & Hincapié-Llanos, 2022). Além disso, substâncias como fungicidas e bactericidas podem ser incorporadas a essas tintas, conferindo propriedades adicionais de proteção microbiológica. Essa característica amplia suas aplicações para além da estética, tornando-as especialmente atrativas para ambientes que exigem altos padrões de higiene, como hospitais, clínicas e indústrias alimentícias (Breis, Lima & Botton, 2023).

Portanto, há uma crescente demanda por soluções sustentáveis no setor de tintas, especialmente frente aos impactos ambientais e à toxicidade dos compostos orgânicos voláteis (COVs) presentes em formulações convencionais. As tintas ecológicas, em especial as hidrossolúveis, representam uma alternativa promissora por reduzirem riscos à saúde humana e ao meio ambiente, alinhando-se às diretrizes de construções sustentáveis. Além disso, a incorporação de agentes bactericidas e

fungicidas amplia suas aplicações em ambientes que exigem altos padrões de higiene, como hospitais e indústrias alimentícias. Considerando os desafios técnicos e a necessidade de inovação, este trabalho busca reunir e analisar informações sobre o mercado, a composição e o processo produtivo de tintas epóxi-acriladas hidrossolúveis com propriedades bactericidas e fungicidas, contribuindo para o avanço de tecnologias ambientalmente responsáveis no setor (Breis, Lima, Botton, 2023).

Diante desse contexto, o presente trabalho tem como objetivo revisar o processo de produção de tintas ecológicas hidrossolúveis com propriedades antimicrobianas, destacando seus componentes, aplicações e impacto ambiental.

2. Metodologia

Este trabalho teve como objetivo revisar o processo de produção de tintas ecológicas hidrossolúveis com propriedades antimicrobianas, destacando seus componentes, aplicações e impacto ambiental.

Este trabalho consiste em uma revisão de literatura visando reunir e analisar informações publicadas sobre a produção de tintas com menor impacto ambiental e o desenvolvimento de novas tecnologias na área. A revisão contempla publicações datadas entre 2007 e 2025, focando na apresentação de dados relevantes e atualizados relacionados ao tema. Os resultados aqui apresentados são provenientes de leituras e análises de informações técnico-científicas disponíveis na literatura especializada.

A busca bibliográfica foi realizada entre os anos de 2020 e 2025, priorizando artigos científicos e publicações acadêmicas, tanto nacionais quanto internacionais. Os principais bancos de dados utilizados para a pesquisa foram: ScienceDirect, Scientific Electronic Library Online (SciELO) e Google Acadêmico.

No banco de dados ScienceDirect, foi observada uma tendência de crescimento significativo nas publicações sobre tintas ecológicas. Ao utilizar o termo *ecological paints*, foram encontrados 1.589 artigos no período de 2002 a 2012. Já entre 2012 e 2022, o número de publicações subiu para 5.298, demonstrando um aumento expressivo do interesse acadêmico sobre o tema, o que motivou a realização deste trabalho.

As palavras-chave utilizadas na busca incluíram: tintas à base de solvente, tintas à base de água, tinta hidrossolúvel, tinta líquida epóxi-acrilada hidrossolúvel com propriedades bactericidas e fungicidas, e tecnologias na produção de tintas.

Após a leitura dos materiais encontrados, os documentos foram selecionados com base na relevância em relação ao tema proposto, sendo posteriormente utilizados como referências para a elaboração desta revisão.

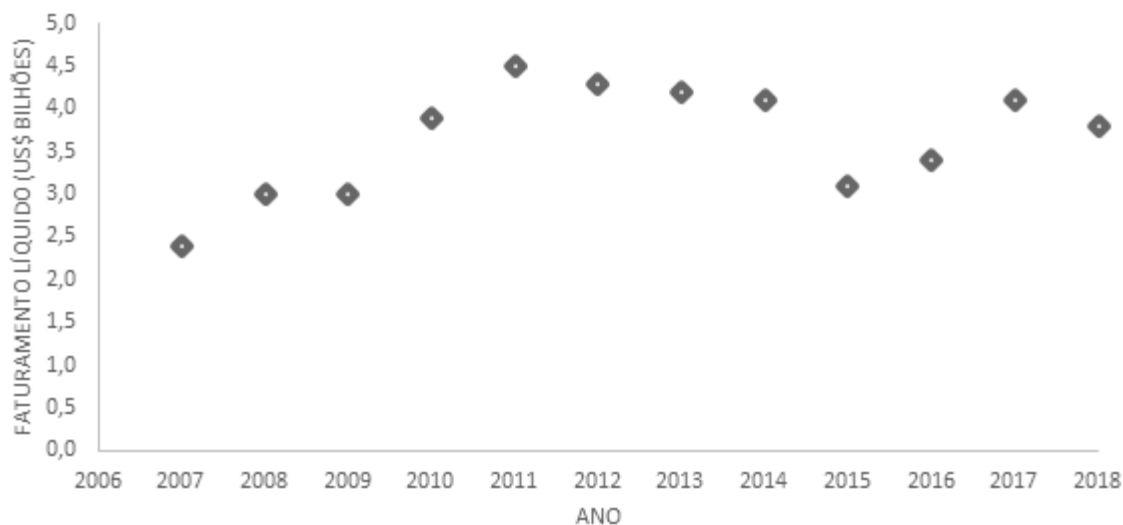
No que diz respeito à aplicação das tintas, as hidrossolúveis foram destacadas por sua possibilidade de cura em temperatura ambiente ou por meio de estufas. Para os fins deste estudo, considerou-se o uso de tintas cuja cura ocorre à temperatura ambiente, alinhando-se à proposta de menor impacto energético e ambiental.

3. Resultados e Discussão

3.1 Panorama econômico das tintas

No ano de 2018 o faturamento líquido da indústria química no Brasil foi de aproximadamente US\$ 127,9 bilhões, aproximadamente 4,9% desse total foram representados pela indústria de tintas, esmaltes e vernizes (ABIQUIM, 2020). Na Figura 1 está mostrada a evolução do mercado econômico no setor de tintas, esmaltes e vernizes de 2007 até 2018.

Figura 1 - Evolução do faturamento líquido no setor de tintas, esmaltes e vernizes de 2007 a 2018.



Fonte: Adaptado de ABIQUIM (2020).

Houve queda de 7,9% do faturamento líquido das tintas de 2018 em relação ao ano anterior (2017). Esse decréscimo ocorreu por diversos fatores econômicos, um deles é o preço das matérias-primas utilizadas para a fabricação das tintas, esmaltes e vernizes. As variações no mercado mundial dos produtos com bases derivadas do petróleo têm impactado negativamente os balanços financeiros das grandes empresas da indústria química no Brasil. Aliado a isso, a pressão dos principais reguladores ambientais tem sido cada vez maior no sentido de reduzir ou extinguir, os processos que envolvam emissões de poluentes atmosféricos ou rejeitos que possam causar qualquer tipo de dano ao meio ambiente. Por este motivo, estudos envolvendo a utilização de matérias-primas limpas e renováveis na indústria química estão sendo realizados (Jiao et al., 2021).

No ano de 2017, o Brasil ocupava a sexta posição no ranking mundial de vendas líquidas da indústria química com US\$ 104 bilhões, ficando atrás apenas da China (US\$ 1.597 bilhões), dos Estados Unidos (US\$ 526 bilhões), do Japão (US\$ 194 bilhões), da Alemanha (US\$ 191 bilhões) e da Coreia (US\$ 166 bilhões) (ABIQUIM, 2020).

O mercado de tintas no Brasil é promissor totalizando em 2019 um volume de 1,569 bilhões de litros produzidos. Deste volume as tintas imobiliárias representaram 82% (ABRAFATI, 2020). Dentro desse segmento uma nova tendência de mercado é promissora, são as tintas à base de água conhecidas como tintas ecológicas.

No ano de 2019 o Brasil exportou US\$ 140 milhões e importou US\$ 144 milhões em tintas, o que representa um aumento de 1,4% em volume, comparado com o ano de 2018 (ABRAFATI, 2020).

3.2 Composição das tintas

As tintas são formadas por resinas, solventes, pigmentos, e aditivos, como os bactericidas, fungicidas, secantes e espessantes, conforme Figura 2.

Figura 2 - Componentes básicos das tintas.



Fonte: Autores (2025).

Na formulação destaca-se a influência do teor de pigmentos para tintas com alto teor de resina e baixo teor de pigmentos, o aspecto é mais brilhante, enquanto as altamente pigmentadas são foscas. Outro fator importante na sua formulação das tintas é a determinação do Pigment Volume Content (PVC) - Concentração de Pigmento em Volume (CPV). Essa relação define algumas características da tinta como por exemplo, para uma película lisa, brilhante e impermeável, o PVC é baixo e para uma película rugosa, fosca e permeável, o PVC é alto (Yebra & Weinell, 2009).

3.2.1 Pigmentos

Os pigmentos são utilizados nas tintas com a finalidade de promover cor, opacidade, consistência, durabilidade e resistência. São partículas com tamanho entre 0,05 μm e 5 μm , não voláteis, insolúveis e podem ser inorgânicos ou orgânicos (Fazenda, 2009).

Silva e colaboradores (2019) ressaltaram que a utilização de metais pesados em tintas tais como, o cádmio (amarelo), o cobre (verde), o chumbo e o cromo, para obtenção de pigmentos, ocasionam problemas ao meio ambiente e ao consumidor desde o processo de fabricação até chegar ao destino final.

Devido aos problemas ambientais que podem ser causados pelos pigmentos, no presente projeto, investigou-se a produção de uma tinta na cor branca, utilizando como pigmento o dióxido de titânio (TiO_2), que é um pigmento atóxico, possui boa dispersão e estabilidade química (Das, Ambardekar & Bandyopadhyay, 2022).

3.2.2 Resinas

As resinas possuem a característica de aglutinar as partículas sólidas e devido a sua composição, auxiliam na formação do filme. Para tintas à base de água, utiliza-se resinas látex vinílicas e acrílicas - epóxi-acrílicas. Já para tintas à base de solvente orgânico, utiliza-se resinas alquídicas.

As resinas sintéticas mais utilizadas na indústria de tintas são as acrílicas, alquídicas, uretanas e epóxi (ACA, 2022).

Neste item é feita uma abordagem sobre as resinas alquídicas e poliésteres, acrílicas e vinílicas, poliuretânicas,

amínicas, fenólicas, celulósicas, epoxídicas, hidrocarbônicas.

A resina alquídica é um polímero obtido pela esterificação de poliácidos e ácidos graxos com poliálcoois, usadas para tintas que secam por oxidação ou polimerização por calor. Se caracterizam por ser um poliéster modificado com ácidos graxos, principalmente os polinsaturados que proporcionam melhor secagem ao ar. Tem como principais vantagens o custo de produção e sua biodegradabilidade, além disso a tinta com essa resina é aplicada a diversos tipos de substratos, devido a sua boa aderência, é amplamente empregada a ambientes industriais (Ifijen, 2022).

As resinas de poliéster são obtidas pela reação entre álcool e ácido carboxílico onde um éster é sintetizado, quando essa reação acontece diversas vezes, obtém-se vários grupos funcionais éster na cadeia principal da resina, a resina poliéster. Apresentam boas resistência química, alta estabilidade e baixa permeabilidade por absorção física e são utilizadas como retardantes de chama (Motlatle et al., 2022).

As resinas acrílicas são formadas através da polimerização de monômeros acrílicos e metacrílicos e depois copolimerizados com estireno. Quando a polimerização ocorre em emulsões - base de água, denomina-se emulsões acrílicas que são utilizadas em tintas látex. Tem como característica principal a resistência química e fotoquímica, ideal para uso em ambientes com alta incidência de radiação UV (Winkelaar, 2009).

As resinas vinílicas possuem em sua estrutura química o grupamento vinil. São polímeros gerados a partir da polimerização em emulsão do acetato de etila com alguns monômeros, como por exemplo, acrilato de butila e di-butil maleato, que são utilizadas nas tintas látex vinílicas e vinil acrílicas. São revestimentos para aplicação em ambientes extremos devido suas propriedades químicas e mecânicas, com capacidade de autocura e alta proteção contra a corrosão (Jaswal e Gaur, 2014).

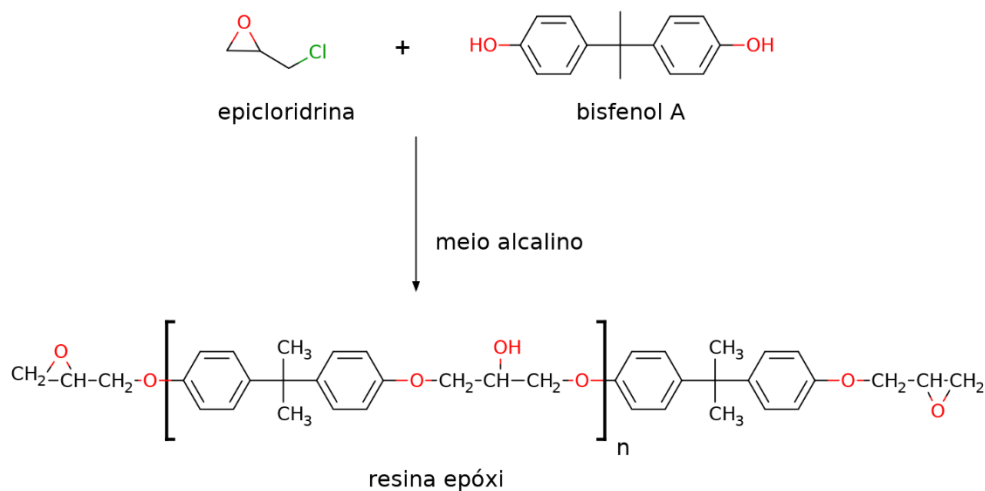
As resinas amínicas são resultado das reações de aminas, amidas e imidas com formaldeído, onde as resinas uréicas e melamínicas são as resinas mais importantes do grupo das resinas anímicas. Geralmente essa reação não é utilizada para fabricar novas resinas, e sim, para modificar as resinas que apresentam em sua estrutura grupos amidas. As resinas de ureia são tradicionalmente utilizadas em revestimento para madeira, papéis, filmes e lâminas e aplicações industriais e é preferível o seu uso em ambientes internos devido a sua sensibilidade a umidade. Já as resinas melamínicas, que são mais demandas que a anterior, são altamente resistentes ao intemperismo natural e agregam alta proteção química.

A formação das resinas fenólicas ocorre através da reação entre fenóis. Antes da mistura os fenóis possuem funcionalidade nula, são os derivados hidroximetilados - metilolados – criados a partir da reação com o formol – que promovem a polimerização. Para tintas e vernizes as resinas fenólicas são usadas para modificar outros polímeros ou também como agentes de reticulação no processo de cura.

A principal matéria-prima das resinas celulósicas é a celulose, que é obtida de plantas e árvores, especialmente do algodão e do pinho. Este segmento de resinas possui diversos derivados celulósicos, como por exemplo, a nitrocelulose, o etilcelulose, o etil-hidroxiethylcelulose e o acetato-butirato de celulose. Para as tintas os mais utilizados são os ésteres celulósicos, termoplásticos de alto peso molecular e não sofrem alteração química durante a formação do filme ocorrendo apenas a evaporação dos solventes.

A resina epoxídica é um polímero termorrígido que endurece a partir da mistura com um agente catalisador ou agente de cura e apresenta grande resistência mecânica e química, com capacidade de aderência a metais, cerâmicas e madeiras. Essas resinas são utilizadas em uma grande variedade de revestimentos de proteção e decorativos, devido à sua boa adesão e boa resistência mecânica e química. São caracterizadas pela presença de grupos glicídila em sua molécula. A resina epoxídica de maior interesse na produção de tintas anticorrosivas é obtida através da reação de condensação da epiclorigrina com bisfenol A (Jin, Li & Park, 2015; Marin et al., 2023), conforme Figura 3.

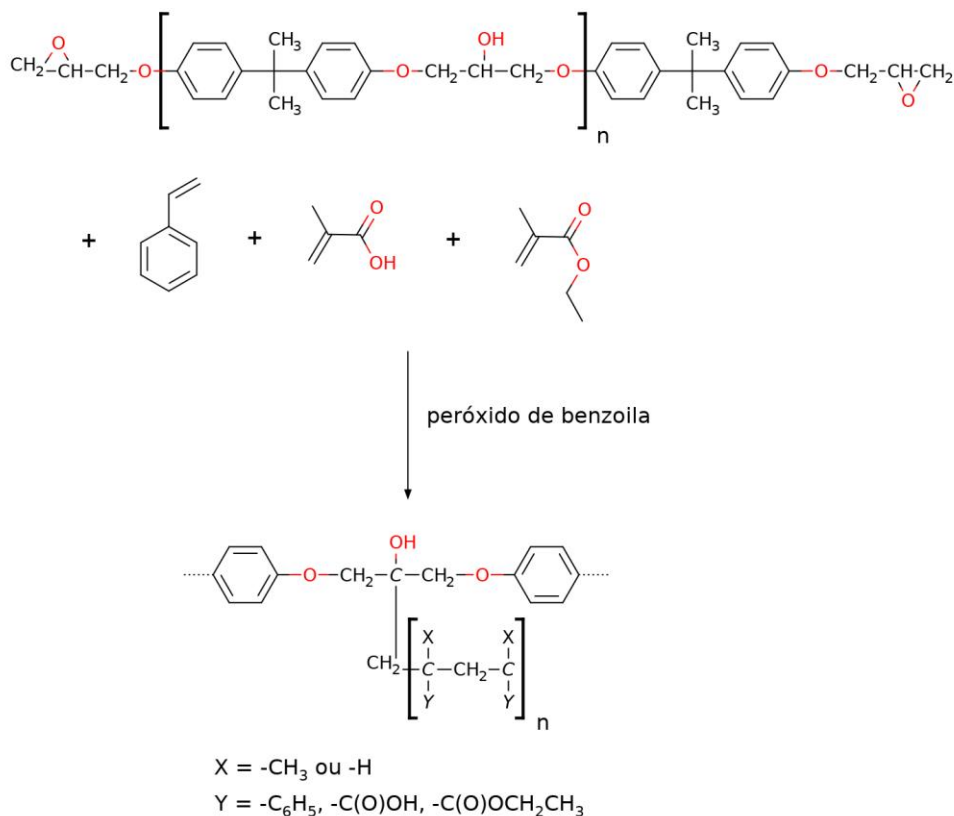
Figura 3 - Esquema da reação de bisfenol A e epícloridrina para obtenção de resinas epóxi.



Fonte: Autores (2025).

Resinas epoxídicas não são utilizadas para tintas à base de água, por ser insolúvel em água, ocasionando a não cura do produto. Para que isso seja possível, é necessário modificá-la quimicamente para se adequar a sistemas aquosos. Na Figura 4 está mostrada a técnica que permite combinar uma resina epóxi base e uma resina acrílica, obtendo-se polímeros com estabilidade hidrolítica (Duan, Huo & Duan, 2017). Essa resina epóxi-acrilada foi estudada no presente trabalho, para a produção da tinta líquida hidrossolúvel com propriedades bactericidas e fungicidas, com a cura à temperatura ambiente.

Figura 4 - Esquema da sequência de reações químicas.



3.2.3 Solventes

Os solventes, líquidos orgânicos voláteis, inertes quimicamente, tem como principais funções facilitar a formulação, conferir viscosidade adequada para aplicação da tinta e contribuir para o seu nivelamento e secagem. Para obter-se um melhor aproveitamento dos solventes é necessária uma escolha adequada, levando em consideração todos os parâmetros requeridos para o produto (Streitberger & Goldschmidt, 2018).

As regulamentações visam a diminuição da poluição do ar, para isso as emissões de COVs estão sendo limitadas para solventes. Os COVs ao entrar em contato com óxidos de nitrogênio (NOx) presentes na atmosfera reagem fotoquimicamente, produzindo ozônio de baixo nível que, por sua vez, é o principal componente do “smog”, nevoeiro contaminado por fumaças (Porwal, 2015).

Devido a preocupações ambientais diante da liberação de solventes tóxicos ao ar, a Agência de Proteção ao Meio Ambiente (EPA – Environmental Protection Agency) dos Estados Unidos (EUA), estabeleceu Padrões Nacionais de Emissão para Poluentes Perigosos para o Ar (NESHAP – National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants). O xileno e o tolueno são dois solventes que estão classificados como tóxicos para o ar (HAP – Harardous Air Pollutants) e são utilizados em revestimentos (Gao et al., 2021). Portanto, a demanda por solventes ambientalmente amigáveis apresenta forte crescimento nas últimas décadas, fazendo com que fosse criado um agrupamento de produtos, os solventes verdes (Clarke et al., 2018).

O solvente verde deve apresentar bom desempenho na aplicação, minimização da toxicidade à saúde humana, minimização da toxicidade ao meio ambiente e minimização dos impactos ambientais. Gu e Jérôme (2013) definem solvente verde de acordo com os seguintes critérios: disponibilidade, preço, reciclabilidade, pureza, processo de síntese, toxicidade, biodegradabilidade, performance, estabilidade, flamabilidade, facilidade de estocagem e renovabilidade.

Tintas à base de solvente são as mais utilizadas por apresentarem melhor relação entre custo e desempenho, entretanto com o aumento das exigências e legislações de controle de poluição do ar, as tintas à base de água vêm ganhando um espaço considerável no mercado (Precedence Research, 2022).

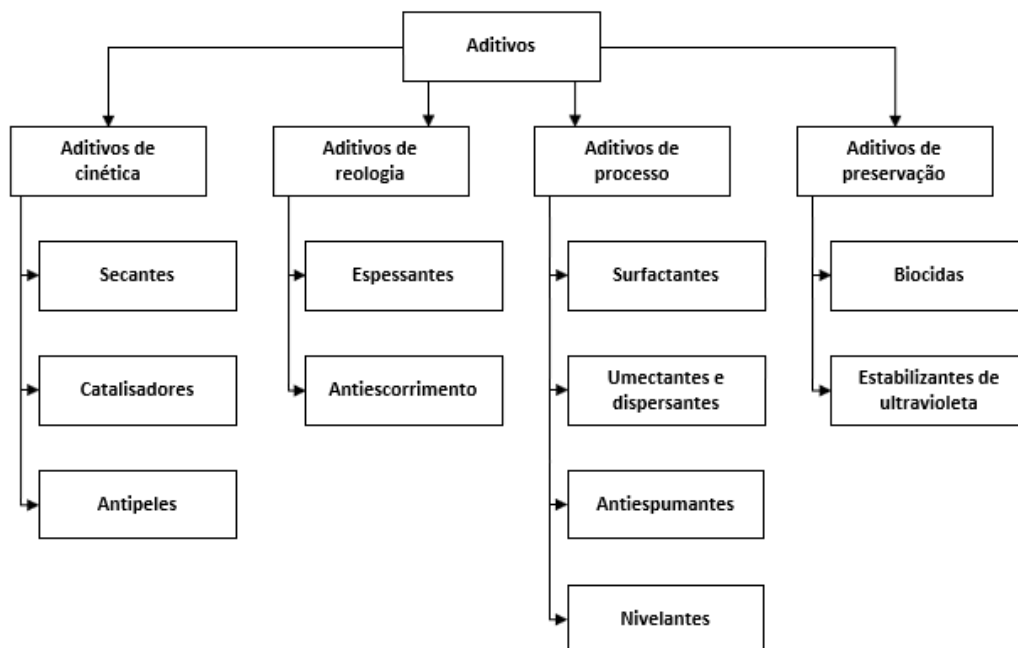
A produção da tinta epóxi-acrilada hidrossolúvel com propriedades bactericidas e fungicidas, demonstra-se viável visto o crescente nicho de mercado, que são as tintas à base de água.

3.2.4 Aditivos

Os aditivos são constituintes que aparecem de acordo com a conveniência do formulador da tinta, com objetivo de melhorar certas características ou propriedades. Pode-se, portanto, formular uma tinta sem esses componentes.

Na Figura 5 está apresentada a classificação quanto aos mecanismos de atuação dos aditivos (Streitberger e Goldschmidt, 2018).

Figura 5 - Mecanismo de atuação dos aditivos.



Fonte: Autores (2025).

3.3 Composição da tinta epóxi-acrilada hidrossolúvel com propriedades bactericidas e fungicidas

Para que se obtenha uma tinta de boa qualidade faz-se necessário obter um equilíbrio entre resinas, pigmentos, cargas, aditivos e água (Mello e Suarez, 2012).

Na Tabela 1, está mostrada uma proposta de formulação básica para a produção de tinta líquida epóxi-acrilada hidrossolúvel com propriedades bactericidas e fungicidas.

Tabela 1 - Composição da tinta epóxi-acrilada hidrossolúvel com propriedades bactericidas e fungicidas.

Matéria-prima	% (em massa)
Solvente (água)	10,3
Aditivo dispersante	1,0
Aditivo antiespumante	0,2
Aditivo de superfície (antipele)	0,5
Pigmento dióxido de titânio (branco)	25
Carga silicato de alumínio hidratado 98%	5
Aditivo antimicrobiano	0,2
Aditivo fungicida	0,5
Solvente coalescente (butil-glicol)	0,7
Resina (43%)	53,2

Reagente hidróxido de amônia	0,1
Aditivo coalescente	2,0
Aditivo plastificante	0,7
Aditivo antiespumante	0,2
Aditivo dispersante	0,3
Tinta líquida concentrada (amarelo óxido)	0,05
Tinta líquida concentrada (preto)	0,05
Total	100

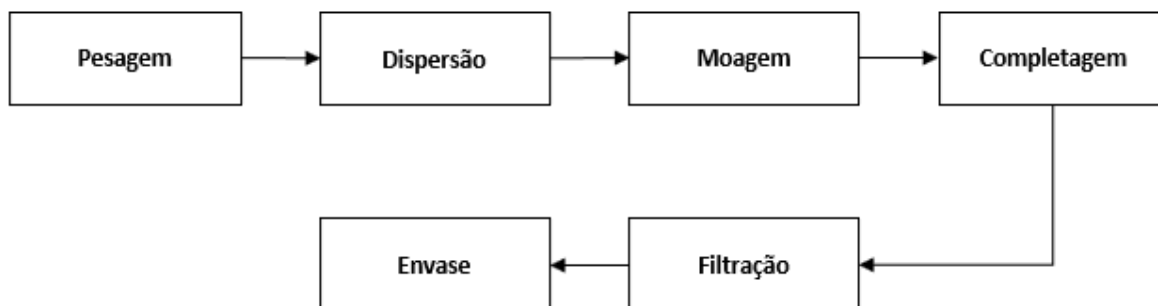
Fonte: Autores (2025).

3.4 Processo produtivo das tintas líquidas hidrossolúveis

As tintas hidrossolúveis podem ser curadas em temperaturas ambientes ou então a cura pode ser realizada em estufas (Lewarchik, 2015). Para o presente estudo, sugere-se que a tinta utilizada é curada em temperatura ambiente.

O processo de produção das tintas à base de solvente ou a base de água são iguais, o que as difere é a utilização de solventes diferentes para cada processo. Basicamente o processo é composto por seis etapas conforme Figura 6.

Figura 6 - Diagrama de processo simplificado para uma tinta hidrossolúvel.



Fonte: Autores (2025).

3.4.1 Pré-mistura

Na pré-mistura, composta pela pesagem e dispersão, é realizado a determinação mássica de todas as matérias-primas que, geralmente encontram-se em sacos ou big bags. Na sequência, são colocadas em tanques abertos ou fechados providos de agitação adequada na ordem indicada na fórmula.

A etapa de pré-mistura é necessária, pois muitas matérias-primas sólidas, geralmente apresentam aglomerados, devido a diversos fatores, tais como: depósitos intersticiais remanescentes da evaporação de água, sinterização de partículas durante o método de preparação e principalmente a pressão de forças de compactação desenvolvidas quando os sacos de pigmentos são empilhados uns sobre os outros.

Inicialmente no tanque é adicionado o solvente, neste projeto utilizou-se a água. Depois disso, são adicionadas as matérias-primas sólidas, como, os aditivos, as cargas e os pigmentos. Para que as partículas em pó sejam bem dispersas nos veículos líquidos, é necessário ter um controle dos tanques de dispersão, para que haja um boa homogeneização e estabilidade

da mistura dispersa.

Na etapa de pré-mistura são utilizados os cowless, disco dispersor de alta velocidade, um disco serrado com bordas alternadas acoplado em um eixo de alta rotação vertical que é colocado em um tanque cilíndrico. No modelo mais simples, a lâmina impulsora é plana já o disco possui bordas chapadas. Os discos dispersores são considerados equipamentos híbridos, pois produzem dois tipos de força, o atrito e o impacto. Geralmente para uma dispersão satisfatória dos pigmentos, a velocidade periférica da lâmina de impulsão pode chegar a 20,3 m/s ou mais.

A velocidade gerada, têm por consequência a formação de um vórtice, que têm a função de levar a partícula que está na superfície para o fundo do tanque. O tanque cilíndrico deve ser livre de placas defletoras ou cantos vivos, preferencialmente com um fundo abaulado, ou seja, curvado.

Os dispersores possuem algumas variáveis do processo que devem ser cautelosamente analisadas e definidas. Para determinar a viscosidade da base de moagem deve-se pensar que o dispersor transmite nominalmente uma ação dispersora da base até o fundo do tanque. Caso a aplicação da força cesse na base da moagem as forças transmitidas nas camadas seguintes são perdidas ou enfraquecidas. Desta forma, se a viscosidade da base de moagem reduzir drasticamente, as tensões aplicadas tendem a aumentar, porque não existem forças opositoras no qual as tensões podem trabalhar. Nesse caso, a base de moagem não é dispersa pois a energia é despendida, e, mesmo que a geometria dos cantos auxilie na adição de movimento às camadas superiores, isso não acontece caso a base da moagem diminua excessivamente sua consistência.

Outro fator importante é a temperatura, pois um pequeno aumento pode afetar na diminuição da viscosidade da base de moagem, diminuindo assim a eficiência de dispersão. Um dispersor a disco consome de 5 a 10% da potência para a ação de dispersão, sendo o restante utilizado para movimentação do meio.

Basicamente, a pré-mistura é o carregamento da água – solvente, em um tanque cilíndrico sob agitação, e que após essa adição, as matérias-primas em pó devem ser adicionadas aos poucos para não gerar grumos nas paredes do tanque. A agitação é necessária para que não haja uma reação apenas na superfície da base de moagem, ao acrescentar os pós.

3.4.2 Moagem

A moagem é um processo de separação dos aglomerados de partículas de pigmentos e de cargas formados durante a mistura das partículas com o veículo, solvente orgânico ou água, em partículas primárias.

Na maioria dos casos, a dispersão inicial não é eficaz para obter os parâmetros desejados da tinta final. Por isso, utiliza-se um moinho de bolas. Outro fator determinante é que o pigmento - dióxido de titânio - entra bruto no processo na forma de pó, sendo necessário realizar o processo de moagem, visto que não se desagrega totalmente somente com a dispersão.

O moinho de bolas é um cilindro giratório horizontal ou vertical, com bolas de cerâmica ou aço, seixos ou diagonais de aço, no seu interior. O meio de moagem cascadeia nas paredes internas do moinho fazendo com que haja cisalhamento e impacto, gerando assim a dispersão.

A dispersão maximizada e estabilizada permite a otimização do poder de cobertura e da tonalidade da tinta durante um período correspondente a sua validade.

Como a velocidade rotacional do moinho está diretamente ligada ao seu raio, é necessário conhecer as melhores condições para que haja o rolamento perfeito do agente de moagem.

O processo de moagem pode levar um tempo para ser finalizado, portanto, para obter uma eficiência maior, recomenda-se preencher o moinho de bolas com somente a metade do seu volume com o agente de moagem - também chamado de bolas de moagem. A este nível de carga ocorre o cascadeamento através de todo o diâmetro do moinho e a potência atinge valores máximos. As bolas devem ser o menor e mais densas possível para uma melhor eficiência na dispersão; um

diâmetro médio adequado é de 2,5 cm.

O carregamento ideal do moinho é de 50% do volume interno, uma vez que, a este nível, a ação de cascata ocorre ao longo de todo o diâmetro do moinho. Antes da operação, o moinho está ocupado somente com as bolas e os espaços vazios (ar). Assim, para obter uma eficiência máxima, é necessário preencher os vazios com o produto a ser moído até a superfície das bolas. O empacotamento das bolas, normalmente é de 60% em agente de moagem e 40% em espaços vazios. Assim, a carga do moinho será composta por: 30% de bolas, 20% de dispersão e 50% de zona de vapores.

Dentre as vantagens de se utilizar o moinho de bolas, pode-se destacar: capacidade de dispersão de pigmentos com alta dureza, baixo custo de manutenção, pode atuar em diversas faixas de viscosidade, entre outros. Porém, não é aconselhado para ciclos curtos de processo ou quando é necessário volumes diferenciados.

Quando o processo de moagem está completo, uma parte da água necessária para o acerto da formulação é utilizada como limpeza do moinho, gerando assim uma economia com a água de limpeza industrial.

3.4.3 Completagem

A etapa de completagem é feita em um tanque provido de agitação onde são feitos o acerto da cor e as correções necessárias para que se obtenham as características especificadas da tinta. É neste momento do processo que são adicionados os demais aditivos, a resina e o restante da água - solvente, a fim de completar a formulação necessária. Além disso, tintas concentradas são adicionadas para o acerto de cor, reagentes para acerto de pH e caso haja necessidade para o acerto de viscosidade é ainda adicionado mais resina.

Nessa etapa pode ocorrer a precipitação da resina ou ainda uma má homogeneização, decorrente da incompatibilidade entre o veículo da completagem e a base da moagem. Para minimizar esses possíveis problemas, é necessário manter o agitador em velocidades de fluxo suficientemente elevadas, impedindo a sedimentação das partículas ou a separação das fases. Também pode-se alterar a ordem de adição, colocando o solvente sobre a base a ser completada sob alta agitação, evitando assim a precipitação.

3.4.4 Filtração

Depois de obter todas as características necessárias para o produto, o lote é filtrado para remover qualquer partícula do tamanho acima do máximo permitido.

Geralmente nessa etapa, os filtros são do tipo tela, feltros ou cartuchos, que podem ser feitos de fibra sintética como propileno, nylon, poliéster, aço inox, celulose (Dias, 2007).

Dentre os principais tipos de filtros utilizados para esse processo tem-se o filtro Sparkler, o filtro tipo cartucho, o filtro bag (bolsa) e os filtros automáticos (autolimpantes).

3.4.5 Envase

O envase e seu processo anterior, a filtração, ocorrem simultaneamente, visto que o filtro está presente na tubulação que leva a tinta até o envase. É necessário determinar o tipo de embalagem a ser utilizada, e após isso, o dosador enche essas embalagens com o volume correto, com o auxílio de balanças. Logo em seguida, as embalagens são vedadas com tampas, agrupadas em pallets e encaminhadas para a expedição.

A redução de processos que geram impactos ambientais, vem ganhando força no mercado mundial. Órgãos fiscalizadores, atenuam cada vez mais as legislações pertinentes à emissão de agentes tóxicos ao meio ambiente. É visto que ao longo da evolução industrial fatores como alterações climáticas, degradação da fauna e flora e prejuízos à saúde humana, têm

sido impactados diretamente devido à produção desenfreada de produtos que utilizam matérias-primas tóxicas e nocivas (Cunningham et al., 2019; Jiménez-López & Hincapié-Llanos, 2022; Choi et al., 2025).

Em paralelo a isso, produtos conhecidos como “verdes”, ou ainda, “ecologicamente corretos”, estão substituindo matérias-primas como derivados de petróleo, visando a diminuição dos impactos ambientais (Cunningham et al., 2019). Na indústria de tintas e vernizes, as tintas à base d’água são uma solução para esse problema visto que, os solventes tóxicos são substituídos pela água. Assim, o presente estudo se torna de cunho relevante para o desenvolvimento do setor, auxiliando na produção de tintas que não impactam o meio ambiente e no desenvolvimento de novas tecnologias.

4. Considerações Finais

Nesse cenário de crescente preocupação com os impactos ambientais e à saúde humana causados pelos compostos orgânicos voláteis (COVs), torna-se fundamental o desenvolvimento e a adoção de soluções mais sustentáveis no setor de tintas. A tinta escolhida para este estudo de revisão foi definida por apresentar um forte apelo ambiental, utilizando a água como solvente principal, uma alternativa menos agressiva ao meio ambiente e à saúde, se comparada aos solventes orgânicos comumente empregados nas indústrias de tintas e vernizes. As tintas hidrossolúveis, como a epóxi-acrilada abordada neste trabalho, não apenas atendem às exigências técnicas e funcionais dos revestimentos industriais, mas também se alinham às diretrizes de sustentabilidade, especialmente por contribuírem para a redução das emissões de COVs, substâncias responsáveis por problemas como a degradação da camada de ozônio.

Além disso, a possibilidade de incorporar agentes bactericidas e fungicidas amplia significativamente suas aplicações, tornando-as ideais para ambientes que demandam elevados padrões de higiene, como hospitais, clínicas e indústrias alimentícias.

Para trabalhos futuros, recomenda-se a investigação e o desenvolvimento de tintas hidrossolúveis formuladas com matérias-primas de origem vegetal e renovável, como forma de reduzir ainda mais a dependência de insumos petroquímicos e minimizar os impactos ambientais ao longo de todo o ciclo de vida do produto.

Referências

- ABIQUIM. (2020). A indústria química. Associação Brasileira Da Indústria Química (ABIQUIM). <https://abiquim.org.br/industriaQuimica>.
- ABRAFATI, Associação Brasileira Dos Fabricantes De Tintas (2020). <https://abrafati.com.br/>
- ACA. (2022) The Demand for Coatings Raw Materials to 2022. <https://www.paint.org/coatingstech-magazine/articles/demand-coatings-raw-materials-to-2022/>
- Alonso-Villar, E. M., Rivas, T., & Pozo-Antonio, J. S. (2021) Resistance to artificial daylight of paints used in urban artworks. Influence of paint composition and substrate. *Progress in Organic Coatings*, 154, 106180. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2021.106180>.
- Barrios, S. (2017) Manual descomplicado de tecnologia de tintas: um guia rápido e prático para formulação de tintas e emulsões. São Paulo: Edgard Blücher, 228 p.
- Breis, L. S., Lima, & B. O., & Botton, V. (2023). Processo produtivo de tinta líquida epóxi-acrilada hidrossolúvel com propriedades bactericidas e fungicidas. In: Anais do 24º Congresso Brasileiro De Engenharia Química, 2023, Salvador. Anais eletrônicos..., Galoá, 2023. <https://proceedings.science/cobeq-2023/trabalhos/processo-produtivo-de-tinta-liquida-epoxi-acrilada-hidrossoluvell-com-propriedade?lang=pt-br>
- Chen, H., Zhou, Z., Zheng, B., Yang, H., Chen, Y., Huang, Y., Zhang, N., Zhang, X., Xiao, M., Ye, J., & Yang, Y. (2025) Development and characterization of biodegradable water- and oil-resistant coatings based on derivatized cellulose, sodium alginate, and shellac for paper-based packaging. *International Journal of Biological Macromolecules*, 303, 140490. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2025.140490>
- Choi, M., Yu, J., Kim, H., Choi, B., Cha, B., Bang, Y. K., Kim, Y. S., Lee, W., & Yoo, Y. (2025) Green water-based cooling coating engineered for durability and LCA-verified emission cuts. *Journal of Building Engineering*, 111, 113382. <https://doi.org/10.1016/j.job.2025.113382>
- Clarke, C. J., Tu, W. C., Levers, O., Bröhl, A., & Hallett, J. P. (2018) Green and sustainable solvents in chemical processes. *Chemical Reviews*, 118, 747-800. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.7b00571>

- Cunningham, M. F., Campbell, J. D., Fu, Z., Bohling, J., Leroux, J. G., Mabece, W., & Robert, T. (2019) Future green chemistry and sustainability needs in polymeric coatings. *Green Chemistry*, 21, 4919-4926. <https://doi.org/10.1039/C9GC02462J>
- Das, R., Ambardekar, V., & Pratim Bandyopadhyay, P. (2022) Titanium dioxide and its applications in mechanical, electrical, optical, and biomedical fields. *IntechOpen*. doi: 10.5772/intechopen.98805
- Dias, T. (2007) Sistemas de filtragem agregam pureza e qualidade às tintas durante o processo de fabricação. *Revista Meio Filtrante*, 28. <https://meiofiltrante.com.br/Artigo/1433/tintas-sem-contaminacao>
- Duan, Y., Huo, Y., & Duan, L. (2017) Preparation of acrylic resins modified with epoxy resins and their behaviors as binders of waterborne printing ink on plastic film. *Colloids and surfaces a: physicochemical and engineering aspects*, 535, 225-231. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2017.09.041>
- Faria, F. C. (2015) Produção de tintas naturais para construção civil: testes de preparação, aplicação e avaliação do intemperismo acelerado. [Dissertação de Mestrado, – Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba/Paraná – Bazil], 116 p.
- Fazenda, J. M. R. (2005) Polimerização: considerações teóricas, In: Fazenda, J.M.R. (Coord.), Tintas & Vernizes: Ciência e Tecnologia. 3º edição. São Paulo: Edgard Blücher.
- Fazenda, J.M.R. (2009) Tintas: Ciência e Tecnologia. (4º ed.). Editora Edgard Blücher, 1146 p.
- Gao, M., Teng, W., Du, Z., Nie, L., An, X., Liu, W., Sun, X., Shen, Z., & Shi, A. (2021) Source profiles and emission factors of VOCs from solvent-based architectural coatings and their contributions to ozone and secondary organic aerosol formation in China. *Chemosphere*, 275, 129815. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.129815>
- Gu, Y., & Jérôme, F. (2013) Bio-based solvents: an emerging generation of fluids for the design of eco-efficient processes in catalysis and organic chemistry. *Chemical Society Reviews*, 42, 9550-9570. <https://doi.org/10.1039/C3CS60241A>
- Ifijen, I. H. (2022) Review on solvents based alkyd resins and water borne alkyd resins: impacts of modification on their coating properties. *Chemistry Africa*, 5, 211-225. <https://doi.org/10.1007/s42250-022-00318-3>
- Jaswal, S., & Gaur, B. (2014) New trends in vinyl ester resins. *Reviews in Chemical Engineering*, 30, 567-581. <https://doi.org/10.1515/revce-2014-0012>
- Jiao, C., Sun, L., Shao, Q., Song, J., Hu, Q., Naik, N., & Guo, Z. (2021) Advances in waterborne acrylic resins: Synthesis principle, modification strategies, and their applications. *ACS Omega*, 6, 2443-2449. <https://doi.org/10.1021/acsomega.0c05593>
- Jiménez-López, A. M., & Hincapié-Llanos, G. A. (2022) Identification of factors affecting the reduction of VOC emissions in the paint industry: Systematic literature review-SLR. *Progress in Organic Coatings*, 170, 106945. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2022.106945>
- Jin, F. L., Li, X., & Park, S. J. (2015) Synthesis and application of epoxy resins: A review. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 29, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2015.03.026>
- Lewarchik, R. (2015) Fundamentals of Waterborne Resin Technology. Prospector Knowledge Center. <https://knowledge.ulprospector.com/3069/pe-fundamentals-waterborne-resin-technology/>
- Marin, D., Chiarello, L. M., Wiggers, V. R., Oliveira, A. D., & Botton, V. (2023) Effect of coupling agents on properties of vegetable fiber polymeric composites: review. *Polímeros: ciência e tecnologia*, 33, 1-11.
- Mello, V. M., & Suarez, P. A. Z. (2012) As formulações de tintas expressivas através da história. *Revista virtual de química*, 4, 2-12. <https://doi.org/10.5935/1984-6835.20120002>
- Motlatle, A. M., Ray, S. S., Ojijo, V., & Scriba, M. R. (2022) Polyester-based coatings for corrosion protection. *Polymers*, 14, 3413. <https://doi.org/10.3390/polym14163413>
- Nunes, L.P. (2012) Materiais: Aplicações de Engenharia, Seleção e Integridade. 1º edição. Rio de Janeiro: Interciência, 406 p.
- Porwal, T. (2015) Paint pollution harmful effects on environment. *International Journal of Research-GRANTHAALAYAH*, 3, 1-4. <https://doi.org/10.29121/granthaalayah.v3.i9SE.2015.3204>
- Precedence Research (2022) Waterborne Coatings Market. <https://www.precedenceresearch.com/waterborne-coatings-market>
- Silva, J. P., Ferreira, M. M. G., Medeiros, K. J. P., & Rodrigues, H. C. (2019) As cores da mãe terra: produção de tintas ecológicas feitas a base de solo para o desenvolvimento de ambientes sustentáveis/ Earth mother colors: production of soil based ecological paints for developing sustainable environments. *Brazilian Applied Science Review*, 3, 2221-2232. <https://doi.org/10.34115/basrv3n5-024>
- Souza, A. G. R., Gianezini, M., & Watanabe, M. (2018) Panorama do setor de tintas no Brasil: mercado, gestão e tecnologias para o segmento de tintas imobiliárias. *Revista Gestão Inovação e Tecnologias*, 8, 4430-4446.
- Streitberger, H.-J., Goldschmidt, A. (2018). BASF Handbook Basics of Coating Technology: 3rd Revised Edition. Hannover: Vincentz Network, 2018.
- Winkelaar, A. (2009) Coatings Basics: 1st Edition. Hannover: Vincentz Network, 474 p. <https://doi.org/10.1515/9783748602200>
- Yebara, D. M., & Weinell, C. E. (2009) 13 - Key issues in the formulation of marine antifouling paints, Editor(s): Claire Hellio, Diego Yebara, In Woodhead Publishing Series in Metals and Surface Engineering, Advances in Marine Antifouling Coatings and Technologies, Woodhead Publishing, 308-333. <https://doi.org/10.1533/9781845696313.2.308>