

CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA
SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE CAMPINAS
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM **PROCESSOS QUÍMICOS**

CAROLINE REZENDE DA SILVA

**A MAIS NOVA TECNOLOGIA DE TINTAS UV E SUAS
APLICAÇÕES PARA O MERCADO BRASILEIRO:
REALÇADO EM MADEIRA**

CAMPINAS/SP
2023

CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE CAMPINAS
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM **PROCESSOS QUÍMICOS**

CAROLINE REZENDE DA SILVA

**A MAIS NOVA TECNOLOGIA DE TINTAS UV E SUAS
APLICAÇÕES PARA O MERCADO BRASILEIRO:
REALÇADO EM MADEIRA**

Trabalho de Graduação apresentado por **Caroline Rezende da Silva**, como pré-requisito para a conclusão do Curso Superior de Tecnologia em **Processos Químicos**, da Faculdade de Tecnologia de Campinas, elaborado sob a orientação do Prof. **Dr. Juliana Pedrilho Foltin**

CAMPINAS/SP
2023

FICHA CATALOGRÁFICA
CEETEPS - FATEC Campinas - Biblioteca

S586m

SILVA, Caroline Rezende da
A mais nova tecnologia de tintas UV e suas aplicações para o mercado brasileiro: realçado em madeira. Caroline Rezende da Silva. Campinas, 2023.
46 p.; 30 cm.

Trabalho de Graduação do Curso de Processos Químicos
Faculdade de Tecnologia de Campinas.
Orientador: Profa. Dra. Juliana Pedrilho Foltin.

1. Madeira. 2. Tinta. 3. Radiação. I. Autor. II. Faculdade de Tecnologia de Campinas. III. Título.

CDD 667.6

Catálogo-na-fonte: Bibliotecária: Aparecida Stradiotto Mendes – CRB8/6553

TG PQ 23.2

Caroline Rezende da Silva

A mais nova tecnologia de tintas UV e suas aplicações para o mercado brasileiro: com foco em madeira

Trabalho de Graduação apresentado como exigência parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Processos Químicos, pelo CEETEPS / Faculdade de Tecnologia – FATEC Campinas.

Campinas, 05 de dezembro de 2023.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Juliana Pedrilho Foltin
Fatec Campinas



Prof. Nilva Aparecida Rassinetti Pedro
Fatec Campinas



Prof. Daniela Dal Fabbro Amorim
Fatec Campinas

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho ao meu pai, que estaria muito orgulhoso de eu estar completando este curso.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e a minha família, que sem eles nada seria possível, especialmente minha mãe que viveu todo o curso comigo e me deu sempre muita força.

Agradeço a todos da empresa em que trabalho, especialmente meu gerente Allan, que me autorizou realizar a prática em dia de trabalho e poder utilizar tudo em meu estudo, e ao David e Alejandro por me ajudarem tanto esclarecendo minhas dúvidas e explicando tudo sobre o tema.

A minha orientadora, Juliana Foltin, que além de me orientar se tornou uma amiga e não tenho palavras para agradecer toda orientação.

E em especial, todos os meus amigos que fiz nesse período de curso, Andressa, Beatriz, Bianca, Daniel, Erasmo, Julia, Lucas, Milena, Rafaella e Victor, que tornaram esse período mais leve e divertido.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Representação das etapas do processo de cura por radiação ultravioleta e feixe de elétrons. (ALLEN et al, 1991).	17
Figura 2: Etapas esquematizadas em forma simplificada do radical livre	19
Figura 3: Viscosidade em copo DIN 4.....	32
Figura 4: Chapa com aplicação á esquerda, chapa sem aplicação UV à esquerda.	38
Figura 5: Retirando excesso do selador UV aplicado em chapa.....	39
Figura 6: Aplicação da massa acrílica UV em chapa MDP.....	40
Figura 7: Lixamento da chapa MDP.....	41
Figura 8: Finalização da aplicação da chapa.....	42
Figura 9: Teste de aderência sobre a chapa.....	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Quadro comparativo dos sistemas de tinta	13
Tabela 2 - Diferentes características referentes a cada um dos sistemas de cura.....	15
Tabela 3 - Consumo estimado de materiais curáveis por radiação no Brasil	20
Tabela 3 -Divisão dos monômeros em: tetra funcional, tri funcional, di funcional, mono funcional ..	23
Tabela 5 - Especificações do Oligômero.....	34

LISTA DE ABREVIACOES

UV	Ultravioleta
EB	Electro Beam
COV	Compostos Orgânicos Voláteis
MDP	Medium Density Particleboard
CDs	Discos Compactos
PVC	Plicloreto de Vinila
W	Watts
Cm	Centímetro
mL	Mililitro
g	Gramas
KOH	Hidróxido de Potássio
s	Segundos
RPM	Rotação Por Minuto
M	Massa
Fc	Fator de Correção
N	Normalidade

RESUMO

Este trabalho tem como foco apresentar a nova tecnologia utilizada em tintas, como a radiação ultravioleta, utilizando aplicações em chapa MDP. O consumo de tintas tem crescido e o seu desenvolvimento tecnológico tem sido intenso, com isso, o mercado vem sempre realizando estudos, buscando e investindo em novas construções da utilização de novas tecnologias. Assim, a tecnologia em raios ultravioletas para tintas está sendo cada vez mais usado nas indústrias e nas opções do consumidor, devido ao seu alto desempenho de durabilidade, uma secagem mais rápida, maior qualidade ao produto, e o mais importante, causando menores danos ao meio ambiente, devido esta radiação ultravioleta eliminar os compostos orgânicos voláteis (COV) lançados para a atmosfera. Essa tecnologia vem sendo bastante utilizada em revestimentos principalmente em madeira, plásticos, papel e metal, e já tem provado sua efetividade em aplicações. Foi realizado análises para o oligômero, e formulação de um verniz, sendo o maior responsável em brilho e resistência para o material aplicado, sendo realizados testes e análises dentro de especificações para se obter um melhor produto, sendo necessário dar um foco maior em brilho e aderência ao material para não ocorrer um deslocamento. O atual estudo foi realizado considerando formulações e visita a uma fábrica de aplicações ultravioletas em chapas e madeiras, Eucatex em Salto – SP, para contribuir com a aplicação em grande escala, com o objetivo de apresentar vantagens e desvantagens do seu uso, considerando uma boa viabilidade econômica das matérias primas.

Palavras-chave: madeira; tintas; radiação.

ABSTRACT

This work focuses on presenting the new technology used in paints, such as ultraviolet radiation, with applications in MDP (Medium Density Particleboard) sheets. The consumption of paints has been growing, and their technological development has been intense. Consequently, the market is constantly conducting studies, seeking and investing in new constructions using emerging technologies. Thus, ultraviolet radiation technology for paints is increasingly being used in industries and consumer options due to its high performance in durability, faster drying, higher product quality, and most importantly, causing less harm to the environment. This is because ultraviolet radiation eliminates volatile organic compounds (VOCs) released into the atmosphere. This technology has been widely used in coatings, especially on wood, plastics, paper, and metal, and has proven its effectiveness in various applications. Analyses were conducted for the oligomer, and a varnish formulation was developed, with the varnish being the main contributor to shine and resistance for the applied material. Tests and analyses were performed within specifications to obtain a better product, with a focus on achieving greater shine and material adhesion to prevent delamination. The current study considered formulations and included a visit to a factory specializing in ultraviolet applications on sheets and wood, specifically Eucatex in Salto – SP. The aim was to contribute to large-scale application, presenting the advantages and disadvantages of its use while considering the economic viability of raw materials.

Keywords: paints; radiation; wood.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	14
1.2	JUSTIFICATIVA/PROBLEMÁTICA	14
1.3	OBJETIVOS	14
1.3.1	Objetivos geral	14
1.3.2	Objetivos específicos	15
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1	RADICAL LIVRE	18
2.2	CATIÔNICO	19
2.3	LÂMPADAS UV	19
2.4	VANTAGENS E DESVANTAGENS	20
2.4.1	Vantagens	20
2.4.2	Desvantagens	21
2.5	SITUAÇÃO NO MERCADO BRASILEIRO	21
2.6	FORMULAÇÃO DAS TINTAS UV	22
2.6.1	Importância do oligômero	23
2.6.2	Monômeros	23
2.6.3	Pigmentos ou corantes	25
2.6.4	Fotoiniciador	25
2.7	PRINCIPAIS APLICAÇÕES NO BRASIL	26
2.7.1	Revestimento Para Madeira	26
2.7.2	Revestimento Para Papel	26
2.7.3	Revestimento Para Plásticos	27
2.7.4	Revestimento Para Metais	27
3	MATERIAIS E MÉTODOS	28
3.1	MATERIAIS	28
3.1.1	Descrição dos materiais	28
3.2	MÉTODOS	29
3.2.1	Determinação de Extensão de Filme	29
3.2.2	Determinação de Índice de Umidade por Infravermelho	30
3.2.3	Viscosidade Gardner	30
3.2.4	Índice de Acidez	30
3.2.5	Determinação de Amarelecimento	31

3.2.6	Viscosidade em Copo DIN 4.....	31
3.2.7	Determinação de Teor Ácido.....	32
4.2.1	Análise de Brilho e Extensão	33
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
4.1	ANÁLISE DO OLIGÔMERO.....	33
4.1.1	Sólidos	34
4.1.2	Viscosidade.....	34
4.1.3	Índice de Acidez.....	34
4.1.4	Aspecto Visual e Filme.....	35
4.2	REALIZAÇÃO DO VERNIZ.....	36
4.2.2	Análise de Brilho e Extensão	36
4.3	APLICAÇÃO EM CHAPA MDP.....	37
5	CONCLUSÃO	44
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45

1 INTRODUÇÃO

Quando se fala em tintas, tem-se uma grande diversidade: tintas líquidas imobiliárias (base água ou solvente), tintas em pó, tintas guache, tintas para cabelo etc., uma variedade incrível que serve para mudar ambientes, dar cor e vida a diferentes superfícies.

Tinta é uma composição química, geralmente na forma líquida, pigmentada ou não, utilizada para revestimentos. Elas são importantes para proteção de edifícios, produtos, e embelezar ambientes e superfícies, e até capazes de evitar processos corrosivos.

Um sistema de cura ultravioleta UV são similares a qualquer tinta líquida, como mostra a tabela 1, contendo resina (oligômeros), pigmentos, solvente (monômeros), cargas. Seu surgimento ocorreu nos anos 50 na Europa, em revestimentos para madeira, utilizando poliésteres insaturados. No Brasil, começou-se a implementar essa tecnologia nos anos 60, também usados para revestimentos em madeira. Através de reações de polimerização e reticulação ativadas por UV, vira polímero sólido, insolúvel e infusível, contendo resinas e solventes que reagem através de duplas ligações ativas.

Para uma tinta com radiação UV ter a sua cura, além das matérias primas necessárias que se contém em tintas convencionais, ela precisa de um fotoiniciador para realmente ocorrer a sua cura, sem o fotoiniciador, a tinta não atinge a cura necessária, sendo imprescindível a utilização de máquinas com luz ultravioleta, sendo a Gálio e Mercúrio para a sua cura.

Tabela 1: quadro comparativo dos sistemas de tinta.

Base Solvente	Base Água	Base UV
Resina	Resina	Resina
Solvente	Água	Monômero
Pigmento	Pigmento	Pigmento
Carga	Carga	Cargo / Pigmento
Aditivos de Nivelamento	Aditivos de Nivelamento	Aditivos de Nivelamento
N/A	N/A	Fotoiniciador
30 % à 65 % sólido	30 % à 65 % sólido	97 % à 100 % sólido

Fonte: Imagraf Brasil, 2010

Desde que se criou essa tecnologia, tem-se um grande crescimento mundial, devido as vantagens que esse processo tem em relação a cura UV comparada aos processos convencionais de cura pelo calor, além de proporcionar maior durabilidade e qualidade aos produtos. E vantagens para a preservação do meio ambiente, pois elimina os compostos orgânicos voláteis lançados para a atmosfera.

Atualmente, essa tecnologia está sendo aplicada em praticamente todos os tipos de estruturas, usados por diversos equipamentos de impressão e processos de investimentos, auxiliado por equipamentos de cura adequados, resinas e fotoiniciadores adequados, podendo ter suas aplicações em diversas áreas do nosso cotidiano:

- Papéis de parede;
- Discos Compactos (CDs);
- Capas de revistas;
- Móveis;
- Revestimentos para madeira ou PVC;
- Cartões de crédito;
- Refletores e lanternas de veículos;
- Rótulos autoadesivos.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

O trabalho atual abordará o tema de como surgiu a tecnologia da radiação ultravioleta e porque aderir essa tecnologia, apresentando desta forma quais são as suas aplicações no mercado brasileiro, se ela é confiável ou não, abordando então, as suas vantagens e desvantagens.

Segundo CASTANHO, A., et al. "Por que a cura UV e EB? progressos e desafios na virada do milênio." Página 307 (1999) "Desde o início de sua utilização, a tecnologia de cura por radiação tem apresentado relevante crescimento mundial. A cura de tintas, vernizes, adesivos e revestimentos consiste na maior aplicação comercial da radiação no Brasil que atingiu cerca de 30 % ao ano no período entre 1993 e 1998."

Diversos estudos e artigos defendem a ideia de que as aplicações UV são a nova tecnologia para diversos seguimentos e que o seu uso só irá crescer em decorrer dos anos, como a ABRAFATI - Associação Brasileira dos Fabricantes de Tintas representa a cadeia produtiva de tintas, reunindo fabricantes e seus fornecedores.

1.2 JUSTIFICATIVA/PROBLEMÁTICA

Quando se fala sobre radiação, vem-se logo algo negativo sobre o tema, devido à falta de informação sobre o que é a radiação ultravioleta, entende-se que essa tecnologia seja algo prejudicial e contenha mais desvantagens do que vantagens, o que não é verídico, sendo apresentado então como retirar esse preceito a respeito desse assunto, entendendo por que essa nova tecnologia está crescendo tanto no mercado brasileiro e sendo utilizada em diversos seguimentos, assim apresentando onde podem ser realizadas as suas aplicações.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivos geral

Este trabalho irá mostrar as principais áreas de utilização da nova tecnologia UV, a fim de projetar e entender seus potenciais de aplicações, discutindo o que influencia o crescimento desta tecnologia e quais suas vantagens e desvantagens, apresentando o posicionamento do mercado e sua situação atual da tecnologia no Brasil e no mundo.

1.3.2 Objetivos específicos

- Apresentar vantagens e desvantagens das tintas líquidas com radiação ultravioleta;
- Analisar a composição química das matérias primas utilizadas (resinas, cargas, solventes, pigmentos) e sua funcionalidade com relação ao material em estudo;
- Apresentar onde realizar as aplicações e porque aderir as tintas ultravioletas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A cura de revestimentos e tintas por radiação, ocorre pela conversão de um líquido reativo (tintas ou vernizes) em um sólido com uma radiação incidente. O comportamento perante à radiação no líquido, propõe o início de reações poliméricas e reticulações entre os componentes presentes. Uma fonte de radiação que pode ser empregada para iniciar uma reação de polimerização é a utilização exclusiva da luz ultravioleta (FAZENDA, 2009).

De acordo com Ruiz, Carmen (2003, p. 4)

As formulações utilizadas nestes sistemas são formadas essencialmente de oligômeros, monômeros e aditivos. O oligômero é responsável pelas propriedades do filme curado e sua aparência. O monômero é utilizado como um diluente reativo, permanecendo no produto final. Nos processos de cura por radiação UV é necessário o uso de fotoiniciadores, pois, apesar do oligômero e monômero serem capazes de absorver radiação UV através de suas insaturações, a taxa na qual isto ocorre é muito lenta, levando a um processo técnica e economicamente inviável. Os aditivos são incorporados à formulação com a finalidade de conferir propriedades específicas de aplicação, como alastramento, nivelamento, aderência, mudanças na tensão superficial e otimizar as características desejáveis no produto curado.

O uso de cura por radiação UV tem sofrido um grande desenvolvimento devido à melhoria da reatividade e eficiência dos fotoiniciadores, aumentando cada vez mais a utilização desta tecnologia, nomeadamente em tintas, vernizes, revestimentos, metais, componentes eletrônicos e fibras óticas (Santos e Oliva, 2014).

Tabela 2: diferentes características referentes a cada um dos sistemas de cura.

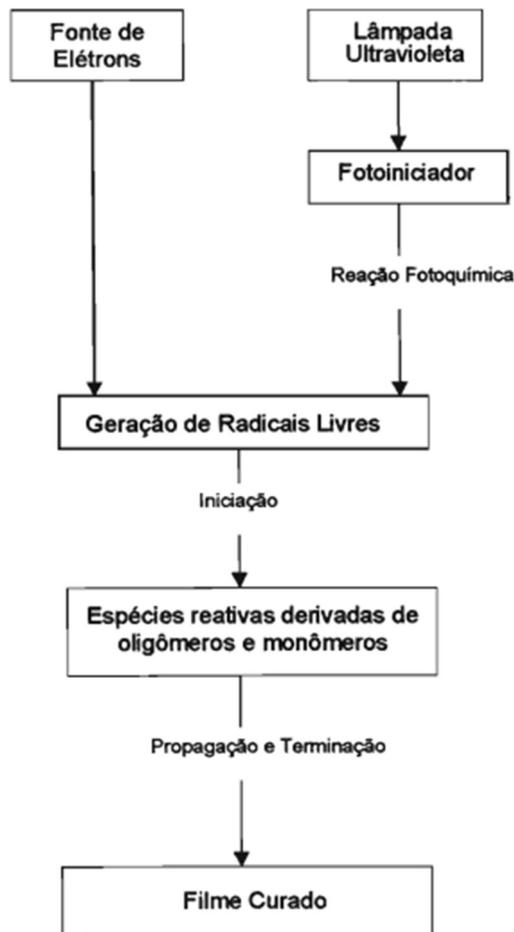
	Cura por radiação UV	Cura térmica
Consumo de energia	Baixo	Elevado
Temperatura de utilização	Baixa	Elevada
Espaço ocupado	Pouco	Elevado
Formulações com COVs	Não	Sim
Sistemas reativos	100 %	Variável
Viscosidade	Estável	Instável

Fonte: Características da cura por radiação UV e da cura térmica. Adaptado de Bon, 2003; Caforio, 2010;

A demanda por produtos curáveis por radiação produzidos no Brasil ainda é bastante concentrada no segmento de madeira com aproximadamente 75 % do total, seguido do segmento de artes gráficas que vem apresentando expansão crescente, ocupando 24 % do total. Apenas 1 % da demanda total é destinada para outras aplicações, havendo um grande potencial de ampliação do uso da tecnologia. Rotta, Albio Calvete et al. (2001) p. 662.

Atualmente, a cura por radiação UV é utilizada em diversas áreas do nosso cotidiano, como odontologia, ótica, artes gráficas, eletrônica, indústrias madeireiras e automotivas. Com isso, e com base de ter uma grande resistência física, mecânica, brilho e boa qualidade de impressão, considera-se que a cura por radiação UV apresenta diversas vantagens com relação a cura térmica. (Rodrigues e Neumann, 2003; Schwalm, 2006).

Figura 1: Representação das etapas do processo de cura por radiação ultravioleta e feixe de elétrons. (ALLEN et al, 1991).



Fonte: Esquema das etapas do processo de cura por radiação ultravioleta e feixe de elétrons (ALLEN et al., 1991).

Os mecanismos de cura por radiação UV são divididos em dois tipos: radical livre e catiônico.

2.1 RADICAL LIVRE

Os radicais livres são responsáveis pelo início dos processos de polimerização por meio das duplas ligações do solvente e resina, dando a característica de grande densidade de ligações cruzados no revestimento tornando-o termofixo e insolúvel.

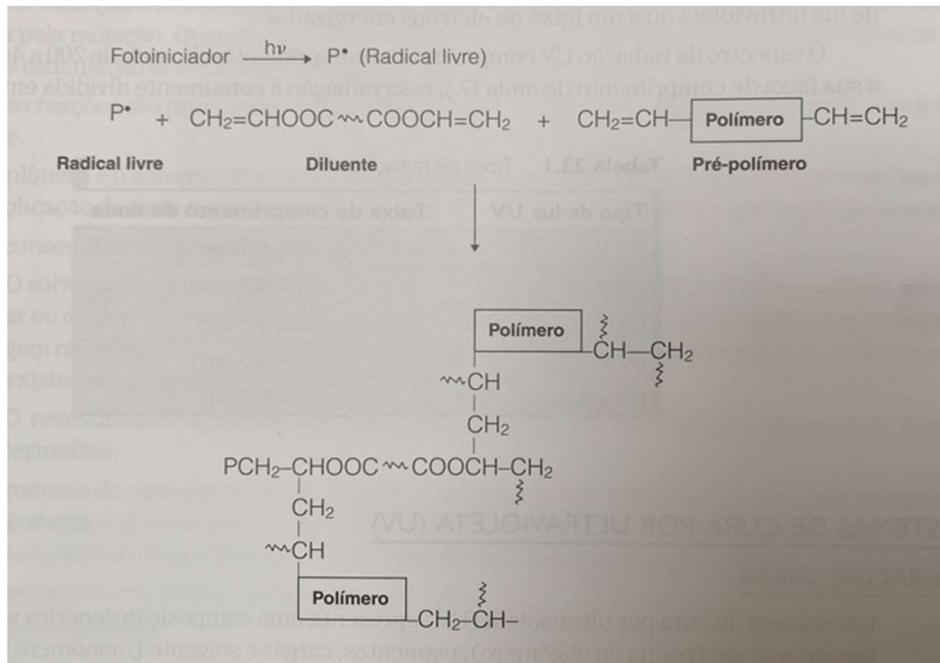
Segundo BON, Ary Luiz, 2003, os componentes, resina e solvente têm a capacidade de reagir entre si por meio de duplas ligações ativas presentes tanto no polímero quanto no solvente. Para que esta reação ocorra por meio da ação da radiação UV, é necessário adicionar à composição do verniz uma substância sensível a tal radiação denominada fotoiniciador, o mesmo é transformado em radicais livres por meio da ação da luz ultravioleta.

A formação de radicais através da decomposição do fotoiniciador acontece quando é exposto à radiação UV, contendo radiação com comprimento de onda entre 200 nanômetros e 400 nanômetros. Os radicais livres reagem com a dupla ligação do oligômero e do monômero, formando espécies propagadoras, estas espécies propagadoras dão origem a polimerização, e como consequência, a cura através da formação de ligações cruzadas. A velocidade de cura por UV depende da velocidade de geração de radicais livres que, por sua vez, é função das características da fonte de radiação (lâmpada UV) em conjunto com o sistema de fotoiniciadores escolhidos e da funcionalidade das resinas (oligômeros) e dos monômeros utilizados. (FAZENDA, 2009)

Uma vez gerados os radicais livres, a polimerização pode então prosseguir. Se a polimerização não tem continuidade, a formação do filme não ocorrerá. A característica comum do mecanismo de cura nos processos UV é a dupla ligação $C=C$ necessária para que ocorra a polimerização por radicais livres (ALLEN et al, 1991).

Uma forma esquematizada da polimerização realizada pelos radicais livres, pode ser observada na figura 2, podendo ser observada os processos da estrutura molecular de um polímero.

Figura 2: etapas esquematizadas em forma simplificada do radical livre



Fonte: Estrutura molecular Radical Livre (Fazenda, 2009)

2.2 CATIÔNICO

O mecanismo de cura catiônico é mais complexo do que o de radical livre, pois, além da radiação UV, necessita também de calor para que a polimerização ocorra. O sistema de cura UV catiônico apresenta maior custo, menor velocidade de cura e menor diversidade de matéria-prima disponível quando comparado ao sistema de cura UV por radical livre. Entretanto, apresenta vantagens como excelentes propriedades de adesão em substratos difíceis, excelentes propriedades mecânicas e menor migração. (FAZENDA, 2009)

O fotoiniciador catiônico deve formar um cátion, direta ou indiretamente, quando exposto à luz UV, e este deve ser capaz de iniciar a polimerização através de um mecanismo catiônico sendo que, geralmente, estas reações necessitam de energia térmica. (FAZENDA, 2009).

2.3 LÂMPADAS UV

Ruiz (2003) afirma que para eficiência do processo, a lâmpada precisará produzir fótons suficientes para converter a energia elétrica a ela fornecida em radiação ultravioleta e possuir

estabilização rápida. A lâmpada mais empregada no mercado é a de vapor de mercúrio devido à geração de 60% de radiação UV, esta lâmpada permite a pré-cura de técnicas poliéster-estirenos aplicado em acabamentos de madeira, possuindo a finalidade de atrair substratos para a superfície e motivar resultados especiais na tinta.

As lâmpadas UV operam atualmente com especificação de 160 W/cm em para chapas planas e de 240W/cm para latas de duas peças. As lâmpadas de maior potencial aumentam a eficiência e o custo efetivo do sistema de cura.

2.4 VANTAGENS E DESVANTAGENS

Entre as diversas vantagens e desvantagens das aplicações com tintas UV, as mais importantes são:

2.4.1 Vantagens

Segundo FAZENDA, 2009, o solvente (monômero) faz parte do revestimento: ao contrário das tintas líquidas convencionais na qual o solvente se evapora, nos sistemas de cura por radiação, o solvente, ao reagir com o veículo, torna-se parte integrante da tinta, admitindo-se que a perda por evaporação não é superior a 5%. Como consequências imediatas têm-se a economia do processo e a ausência de poluição ambiental.

Segundo CASTANHO, A., et al. (1999), o crescimento desde então tem sido atribuído a um número significativo de fatores como:

- Redução das emissões de componentes orgânicos voláteis — as formulações são, geralmente, sistemas com aproximadamente 100% de componentes reativos.
- Economia de energia — a energia é liberada diretamente sobre o revestimento;
- Energia limpa, sem emissões de gases e vapores — a eletricidade é a fonte de energia direta;
- Taxa de produção mais elevada: o processo de cura é uma reação química que ocorre em uma fração de segundo;
- Ganho de espaço — unidades de cura compactas podem substituir grandes estufas;
- Melhores propriedades do revestimento podem ser obtidas — a reação de reticulação pode produzir revestimentos com melhor dureza, resistência química e ao risco;

- Capacidade de cura sobre superfícies sensíveis ao calor — a cura por radiação se processa à temperatura ambiente, sendo especialmente adequada às aplicações sobre superfícies termos sensíveis;

- Economia no uso — por se tratar de um sistema isento de catalisador, pode sofrer interrupções no uso sem que ocorra polimerização indesejável do material formulado.

2.4.2 Desvantagens

Há cerca de 10 anos, a cura por radiação UV ainda não era utilizada em grande escala porque apresentava algumas desvantagens como (Caforio, 2010; Schwalm, 2006):

- Custos das matérias-primas elevados;
- Na presença de estabilizadores, a velocidade da cura reduz;
- Dificuldades na cura em revestimentos pigmentados, opacos e espessos;
- Equipamentos que permitam realizar uma cura 3D ainda se encontram numa fase experimental inicial.

2.5 SITUAÇÃO NO MERCADO BRASILEIRO

LUCIETTO, Luiz Carlos et al. (1995), p. 187 “No Brasil, como também acontece em outros países do mundo, as indústrias que utilizam a cura por radiação, quase que na sua totalidade, só possuem equipamentos de cura UV.”

Equipamentos que permitam realizar uma cura 3D ainda se encontram numa fase experimental inicial.

A tabela 3 mostra uma estimativa do consumo de produtos curáveis por radiação produzidos no país e da taxa de crescimento anual esperado para os próximos 3 anos. LUCIETTO, Luiz Carlos et al. (1995), p. 187

Tabela 3: Consumo estimado de materiais curáveis por radiação no Brasil

Área	Consumo (ton/ano) * valores aproximados	Crescimento anual esperado (em %)
Revestimento de madeira (selante, massa e vernizes)	700	10
Área gráfica: (transparentes e pigmentados)	300	10
Eletrônicos (máscara de solda, circuitos impresso, etc...)	10	2
Adesivos	6	5
Outros (vidros, fibras ópticas, disco laser, material odontológico, etc...)	20	5
Total	1.036	

Fonte: LUCIETTO, Luiz Carlos et al. (1995), p. 187

2.6 FORMULAÇÃO DAS TINTAS UV

A formulação de tintas UV, pode variar de acordo com a aplicação específica e os requisitos de desempenho desejados. Os revestimentos são duros e resistentes à riscos, solventes e calor, contendo um aspecto excelente. Como formulação básica tem-se os oligômeros, fotoiniciador, pigmentos/corantes, aditivos, monômeros.

Como quantidade de componentes químicos pode-se citar (variando com o tipo de aplicação):

0-5% de monômeros

50-70% de oligômero

20-40% de pigmentos ou corantes (variando de acordo com a cor desejada)

2-10% de fotoiniciador (varia de acordo com a velocidade de cura necessária)

0-5% de aditivos (dependendo dos requisitos da aplicação)

A formulação deve-se ter um peso final sempre de 100%.

2.6.1 Importância do oligômero

Os oligômeros são os principais componentes presentes nas fórmulas das tintas que possuem a cura através da luz UV, importante para seu revestimento, sendo indispensáveis para a sua produção, garantindo um papel fundamental para um bom desempenho para os materiais. Garantindo melhores resultados para os acabamentos, maior durabilidade, resistência, dureza, flexibilidade, adesão, entre outros benefícios. (Yamasaki, 1996)

Estes, quando expostos à radiação UV, vão se polimerizar e endurecer, formando uma película sólida e durável. Para cada tipo de aplicação e funcionalidade, existe uma espécie de oligômero a ser utilizado, podendo citar os principais tipos de oligômeros como: epóxi acrilado, uretano acrilado, poliéster acrilado, poliéter acrilado, acrílico acrilado. Cada um vai variar com relação a sua reatividade, dureza e viscosidade. (FAZENDA, 2009).

Os poliésteres acrilados desempenham um papel fundamental na obtenção de propriedades mecânicas aprimoradas, na melhoria de processos de revestimento e na redução de VOCs, aumentando simultaneamente a reatividade. Caracterizados por uma baixa viscosidade, esses polímeros são altamente versáteis, tornando-os compatíveis com diversas aplicações. Sua utilização facilita o manuseio e proporciona previsibilidade em alterações de formulações. A cura eficiente, comumente realizada por radiação ultravioleta (UV) ou feixe de elétrons (EB), resulta em um processo rápido e eficaz. Os benefícios obtidos incluem notável flexibilidade, dureza, resistência ao amarelamento e resistência superficial. (FAZENDA, 2009)

2.6.2 Monômeros

Os monômeros têm a mesma função que os solventes em um sistema de tinta convencional: reduzir a viscosidade dos pré-polímeros. Nessas formulações UV, não se utiliza os solventes não reativos. Estes, são líquidos com a viscosidade mais baixa tendo a função de facilitar a aplicação, permanecendo no revestimento final curado e não se perdendo durante a cura. (Yamasaki, 1996)

Os revestimentos utilizados são de sistemas acrilados, ou seja, os monômeros são ésteres acrilados, onde sua molécula individual pode ter de um a três sítios de reação ativos, que quando contém mais de um sítio ativo, chama-se polifuncionais. Quanto maior o número de sítios

reativos, mais rapidamente este monômero vai reagir. Isto vai ocorrer devido o maior número de oportunidades para reagir com outros monômeros e outros elementos insaturados presentes na formulação, como os oligômeros. Porém, deve-se tomar cuidado com o aumento da funcionalidade do monômero, pois o filme curado tornasse mais quebradiço e pode encolher. (FAZENDA, 2009).

Os efeitos são causados pelo aumento da reticulação entre monómeros e os pré-polímeros. Ao invés de apresentar um grupo de longas cadeias com apenas uma pequena concentração de ligações reticuladas, o resultado será uma estrutura de uma malha apertada, altamente reticulada com menos flexibilidade. Quando a reticulação aumenta, a densidade aumenta. Isto gera o encolhimento e prejudica a adesão. (Yamasaki, 1996)

A viscosidade de cada monômero difere, alguns reduzem mais a viscosidade do que outros. Estes com a viscosidade mais baixa, vão apresentar uma formulação com a viscosidade menor.

Os monômeros mais utilizados em cura por radiação são os acrilatos, como por exemplo Triacrilato de pentaeritritol (PETIA), Trimetilolpropano triaculato (TMPTA), o Tripropileno glicol diacrilato (TPGDA), Acrilato de 2-hidroxietil (2-HEA). De acordo com a tabela 3, esses monômeros podem ser observados e diferenciados em viscosidade, reatividade, dureza e reatividade. (Yamasaki, 1996)

Tabela 4: divisão dos monômeros em: tetra funcional, tri funcional, di funcional, mono funcional.

	Viscosidade	Reatividade	Dureza	Exemplos
Tetra Funcional	Alta	Alta	Alta	Triacrilato de pentaeritritol (PETIA)
Tri Funcional	Média	Média	Média	Trimetilolpropano triaculato (TMPTA)
Di Funcional	Média baixa	Média baixa	Média baixa	Tripropileno glicol diacrilato (TPGDA)
Mono Funcional	Baixa	Baixa	Baixa	Acrilato de 2-hidroxietil (2-HEA)

Fonte: autoria própria

2.6.3 Pigmentos ou corantes

Os pigmentos ou corantes utilizados para as formulações de cura UV, tem a mesma funcionalidade que os utilizados em tintas convencionais, porém, nos sistemas convencionais a escolha desse pigmento ou corante vai depender do seu custo, cor, resistência química. Já na formulação UV, a sua escolha é um pouco diferente, sendo de acordo com pigmentos que podem catalisar uma reação de polimerização incerta, não devendo ser utilizados devido poder diminuir o tempo de estocagem do revestimento. (FAZENDA, 2009).

Estes pigmentos devem ser formulados a ponto de garantir uma maior resistência à exposição de luz ultravioleta, mantendo sua cor e propriedades durante a cura. Alguns destes pigmentos podem ser orgânicos, pigmentos à base de carbono que absorvem a luz UV e a convertem em calor, iniciando o processo de cura, como de diazônio, ftalocianina e quinacridona. E pigmentos inorgânicos: sendo compostos não-carbonados que podem ser usados como cargas de tinta, mas também podendo ter propriedades de absorção UV, como dióxido de titânio. (Yamasaki, 1996)

2.6.4 Fotoiniciador

O que caracteriza uma tinta de cura por UV é que a resina e o solvente têm a capacidade de reagir entre si através de duplas ligações ativas, presentes em ambos. Para que a reação se processe através da ação da radiação UV, há a necessidade de adicionar à composição da tinta uma substância sensível a tal radiação: é o denominado fotoiniciador. A luz ultravioleta deve então adentrar o revestimento para que o fotoiniciador a absorva, com isso, necessita-se de duas condições: a luz ultravioleta deve conter bastante energia e o revestimento não deve ter opacidade com relação a radiação. (FAZENDA, 2009).

Os fotoiniciadores são essenciais na fotopolimerização, pois são eles que vão ser excitados com a luz UV e iniciar a reação de polimerização. Deste modo é necessário que os fotoiniciadores absorvam energia na zona do UV, entre os 100 e os 380 nm. Os monômeros são compostos insaturados que sofrem polimerização mediante a iniciação por radicais livres. Numa formulação curável por UV podem também encontrar-se oligômeros, que são

constituídos por um número finito de monômeros, são também denominados por polímeros de baixo peso molecular. (Rodrigues, et al., 2003) (Chartoff, 2006) (Bhattacharya, 2000).

O fotoiniciador é a matéria prima que absorve a radiação UV e provoca a sua cura, estando envolvido na produção de radicais livres necessários para que ocorra a polimerização do revestimento nas tintas UV. A sua escolha vai depender do tipo de aplicação: clear, pigmentada, alta ou baixa camada, cura superficial, cura em profundidade. (Yamassaki, 1991).

2.7 PRINCIPAIS APLICAÇÕES NO BRASIL

2.7.1 Revestimento Para Madeira

Constitui uma das maiores aplicações desse tipo de cura e foi iniciada comercialmente em meados dos anos de 1960. A princípio, o sistema mais usado era o formado por poliéster-estireno e era, essencialmente, uma extensão do sistema curado através do mecanismo de peróxido. Atualmente, os sistemas acrilados ou acrílicos são os mais importantes, porém, em alguns casos, o poliéster-estireno continua sendo usado. (FAZENDA, 2009).

O maior volume de material curável por radiação consumido no país, está no segmento de revestimento de madeira. Nesta área, cerca de 30% e 40% das resinas curáveis ainda são a base de poliéster insaturado diluído em estireno. O restante é constituído por sistemas acrilados (principalmente resinas de poliéster e epóxi acrilados). (LUCIETTO, Luiz Carlos et al., 1995)

Segundo ROTTA, Albio Calvete et al. (2001) p. 662, “uma vantagem significativa do uso da tecnologia de cura por radiação para o segmento de madeira é que os tempos de cura foram reduzidos de algumas horas -nos revestimentos convencionais- para menos que 30 segundos, para revestimentos UV. As aplicações UV para objetos tridimensionais têm crescido muito, uma vez que o uso para painéis planos já se consolidou.”

2.7.2 Revestimento Para Papel

Os sistemas de cura por UV são extremamente úteis na formulação de vernizes de sobreimpressão a serem aplicados sobre papel e papelão. Como o próprio nome indica, estes vernizes são aplicados sobre a impressão a fim de, protegê-la e, ao mesmo tempo, melhorar o

aspecto do papel ou do papelão. É um processo altamente competitivo diante de outros usados, como a laminação. (FAZENDA, 2009).

As maiores vantagens desta tecnologia aplicada sobre papel são a baixa temperatura, aplicação desde revestimentos ultrafinos a espessos e, finalmente, as vantagens de custo de processo. Vernizes de sobreimpressão tem o maior volume dentre todas as aplicações da tecnologia de cura por radiação sendo usados para acabamento de produto de alta qualidade. (ROTTA, 2001).

2.7.3 Revestimento Para Plásticos

Jorge M. R. Fazenda, (2009), p. 920: “Os revestimentos de cura por UV são usados como acabamentos de uma grande variedade de plásticos, abrangendo um grande número de aplicações.”

Como revestimentos básicos fornecem resistência à abrasão, química e ao calor e, em muitos casos, sua função como verniz é proteger camadas impressas oferecendo uma alternativa eficiente de custo para filmes laminados. Revestimentos curáveis por UV sobre plásticos rígidos fornecem produtos superiores a vidro em desempenho, mas mais leves e com menor possibilidade de quebra. Além disso, estes revestimentos oferecem excelente resistência a riscos e abrasão bem como a solventes. (ROTTA, 2001).

2.7.4 Revestimento Para Metais

As propriedades dos revestimentos curados por radiação UV para metal dependem de vários parâmetros: oligômeros, monômeros, promotores de aderência e fotoiniciadores, assim como dos equipamentos de cura UV. Os uretanos acrilados alifáticos dão boa flexibilidade, boa resistência e, parcialmente, alta resistência ao risco. As propriedades de resistência à corrosão de um dado oligômero, frequentemente, não são transferíveis de uma formulação para outra. (FAZENDA 2009).

O uso de revestimentos curáveis por radiação para metal, principalmente sobreimpressão, vem sendo bastante empregado em aplicações específicas oferecendo

vantagens de alto brilho e resistência química. O obstáculo da dificuldade de adesão do revestimento UV sobre metal tem sido bem resolvido por alguns fabricantes. (ROTTA, 2001).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi executado por meio de pesquisas e leitura em livros e sites, e visita técnica a fábrica de madeira Eucatex, em Salto-SP, para uma visualização completa de aplicações de cura por radiação UV em placas MDP e madeira.

3.1 MATERIAIS

3.1.1 Descrição dos materiais

Os materiais utilizados para o seguinte trabalho foram:

Erlenmayer 250,0 mL;

Bureta 50 mL;

Balança analítica;

Extensor barra 75 μm ;

Extensor espiral 30 μm ;

Espátula;

Túnel de cura UV;

Lixa;

Tubo de Gardner;

Copo Din 4;

Barra de vidro;

Leneta de cobertura;

Analisador de Umidade;

Viscosímetro Gardner;

Medidor De Brilho Byk;

Cronômetro;

Calculador.

3.2 MÉTODOS

Os métodos utilizados para realizar este trabalho, foram realizadas pesquisas em livros de acordo com referências bibliográficas. Foi realizada análise físico-químicas de acordo com especificações de um oligômero contendo índice de acidez, sólidos, teor ácido e viscosidade, para então ser feita formulação de um verniz UV e a sua aplicação em uma chapa de MDP. Foi realizada uma visita técnica na empresa Eucatex Madeira para poder ver a realização da aplicação de tintas UV em chapas, pisos e madeiras.

3.2.1 Determinação de Extensão de Filme

Para a determinação de extensão do filme, foi-se colocado em um vidro, um pouco de amostra do padrão ao lado esquerdo, e do lado direito um pouco da amostra, e puxou-se com extensor espiral de 30 mm, e avaliou-se se havia pontos sobre a extensão feita. Quanto o padrão, como o teste, apresentou uma boa extensão, livre de pontos, atendendo a especificação desejada para continuidade das análises do oligômero.

3.2.2 Determinação de Índice de Umidade por Infravermelho

Com uma espátula foi colocado 2 g de amostra do oligômero em um pedaço de papel alumínio, em seguida colocou-se em um prato de alumínio que há na balança Gehaka para umidade. A amostra ficou 20 minutos a 110° C, até que ocorresse a secagem de umidade, para se obter o teor de sólidos necessários para uma boa análise.

3.2.3 Viscosidade Gardner

A avaliação em escala Gardner tem como referência a norma internacional ASTM D1545.

Após se estabilizar a amostra em 25° C, a viscosidade é comparada com à viscosidades de líquidos de padrões Gardner, de acordo como uma observação da velocidade de deslocamento da bolha de ar interna nos tubos, comparando amostra e padrões, lado a lado invertidos. Essas viscosidades dos padrões são desenvolvidas através de letra e números, como A5 á A1, A á Z, e Z1 a Z10. O tubo A5 representa a menor viscosidade, e o tubo Z10 representa a maior viscosidade.

No caso do oligômero analisado, a especificação a ser seguida é de V-X. Então o líquido foi colocado no tubo com a temperatura correta, aguardando 20 minutos para estabilização de temperatura, e realizado a análise com dois tubos.

3.2.4 Índice de Acidez

A determinação do índice de acidez foi realizada pelo método que utiliza como solução titulante a solubilização, em Erlenmeyer de 250,0 mL, de 0,5 mL de oligômero em 50,0 mL de xilol e adição de 3 gotas de fenolftaleína 0,1% m/v. A mistura foi titulada com KOH 0,1 N. Nesta determinação, buscou-se apenas estimar o índice de acidez.

Foi adicionado 0,1 g/cm³ de hidróxido de potássio (KOH) no Erlenmeyer com 0,5 da amostra analisada, o índice de acidez deve dar abaixo de 20 g, obtendo um resultado de 12,35 mg KOH/g indicando estar ideal para o seu uso.

O seu cálculo foi realizado através da conta de Índice de Acidez Teórico, apresentado a seguir, após o seu resultado, multiplicando por 100 e dividido pelo resultado obtido na análise de sólidos.

Equação 1:

$$\text{Índice de Acidez Teórico} = \frac{Vg \times N \times Fc \times 56,1}{M}$$

Em que:

Vg = Volume de KOH gasto na titulação em mL.

N = normalidade da solução de KOH.

Fc = fator de correção da solução de KOH.

M = massa da amostra em gramas.

3.2.5 Determinação de Amarelecimento

A determinação do amarelecimento foi realizada em um béquer de 250 mL, em uma balança analítica, pesando 24 g da amostra a ser analisada e 1 g de fotoiniciador. Sendo realizado tanto amostra padrão, como amostra teste. Homogeneizado, colocado em uma leneta ao lado esquerdo o padrão, e ao lado direito o teste do oligômero, e realizada a sua extensão com um extensor espiral de 30 µm e passado na chapa de túnel UV com velocidade de 27 RPM e lâmpadas 100 % mercúrio e 50 % gálio.

3.2.6 Viscosidade em Copo DIN 4

Nesse método, a sua finalidade é a determinação da viscosidade cinemática, a 25° C, de líquidos, com propriedades newtonianas, de escoamento de 20 s a 200 s. Deve-se fechar o orifício com o dedo, preencher o copo com a amostra até o nível mais elevado, remover o excesso com uma espátula, retirar o dedo e acionar simultaneamente o cronômetro de acordo com a figura 3. Observar a temperatura do fluxo. Na primeira interrupção do fluxo, deve-se parar o cronometro e anotar o tempo transcorrido em segundos.

Figura 3: Viscosidade em copo DIN 4.



Fonte: De autoria própria

3.2.7 Determinação de Teor Ácido

Na etapa de determinação de análise do teor ácido, foi realizado o valor obtido na análise do Índice de Acidez, multiplicando por 0,128 e obtendo o resultado de 1,58.

4.2.1 Análise de Brilho e Extensão

Na etapa de análise de brilho e extensão, foi colocado em uma leneta um pouco do padrão, ao lado esquerdo, e ao lado direito, a amostra. Passou-se então a leneta ainda úmida, em um túnel UV a uma velocidade de 23 e radiação em 100 % Mercúrio e 50 % Gálio. Após a passagem, observou-se se a amostra estava de acordo com o padrão, obtendo um resultado ainda superior com relação ao padrão.

E para a análise de brilho, foi realizada com um medidor de brilho que permite a apresentação de valor em 20°, 60° e 85°. Para produtos como verniz, o ângulo para a leitura foi utilizado 20°, obtendo um valor de 95,4° para a amostra, e 97,1° para o padrão. Obtendo uma aprovação para a amostra, onde a especificação determina brilho mínimo 80°.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção apresenta os resultados da pesquisa sobre as aplicações de tintas UV no mercado brasileiro. Os resultados estão organizados de acordo com as propriedades físicas e químicas das tintas UV, bem como seu desempenho em várias aplicações práticas. Além disso, discutimos as implicações desses resultados e destacamos quaisquer descobertas notáveis. Também reconhecemos as limitações desta pesquisa e fornecemos sugestões para trabalhos futuros.

4.1 ANÁLISE DO OLIGÔMERO

Material com peso molecular intermediário entre os materiais de baixo peso molecular e os polímeros; oligômeros = poucos meros; o termo oligômero é algumas vezes utilizado como sinônimo de pré-polímero; os oligômeros possuem normalmente grau de polimerização entre 5 e 100. (ROSA, 2007)

Antes de começar a formular a tinta, necessitou analisar o oligômero para determinar o índice de umidade por infravermelho, determinação de viscosidade Gardner, determinação do índice de acidez, determinação de aspecto visual, determinação de extensão de filme, determinação de teor ácido, determinação de amarelecimento.

O oligômero na tinta vai ser utilizado como uma resina.

4.1.1 Sólidos

O resultado obtido nos sólidos, foi realizado de acordo com a determinação de umidade por infravermelho, onde é um método utilizado para que se obtenha a evaporação do teor de umidade, à medida que a umidade evapora, o peso da amostra varia até secar completamente, determinando o teor de sólidos presente na amostra.

Com a amostra utilizada, a especificação necessária deve ocorrer em no mínimo 90 % de sólidos presentes, e foi obtido um resultado de 92,66 %, o que está dentro da especificação e de acordo para um bom funcionamento.

4.1.2 Viscosidade

Outra análise realizada foi através do método de determinação de viscosidade Gardner, onde a viscosidade de um líquido pode ser definida através de padrões pré-estabelecidos, comparando-se a velocidade de deslocamento de uma bolha de ar dentro dos tubos de padrões (bubble viscosimeter tubes) e da amostra a ser analisada. A avaliação da viscosidade do polímero em formação, dissolvido em tipo e teor. (Ferreira, R. K. M., 2017).

O resultado de viscosidade da amostra vai ser expresso por duas viscosidades padrões sequenciais (letra ou letra e número) que apresentam velocidade de bolha imediatamente superior e inferior à da amostra, tendo um resultado obtido nesta análise, um valor encontrado de viscosidade em Y, significando que a viscosidade está acima da especificação, o que ocasiona em um verniz necessitando de maior quantidade de monômero para atender a viscosidade especificada.

4.1.3 Índice de Acidez

No índice de acidez, foi indicado a quantidade de ácidos livres ou compostos ácidos presente no material polimérico. Ele é expresso em miligramas de hidróxido de potássio essencial para neutralizar os ácidos presente na amostra. Ele vai ser importante para indicar se há impurezas, resíduos ou outros produtos que podem degradar e afetar negativamente o

resultado a execução do material. O seu índice quando tem um resultado muito alto, pode irritar os olhos e corroer a lata da tinta.

A determinação do índice de acidez foi feita por meio de uma titulação ácido-base, onde a especificação esperada nesta análise com máximo 20, e após realizada a titulação encontrou-se um valor de 12,13, sendo resolvida através da conta de Índice de Acidez Teórico:

$$\text{Índice de Acidez Teórico} = \frac{1,02 \times 0,1 \times 1 \times 56,1}{0,5}$$

$$\text{Índice de Acidez Teórico} = 11,44 \text{ mg KOH/g}$$

Obtendo o resultado, multiplicou-se por 100 e dividiu o resultado pelo valor de sólidos encontrado, obtendo um resultado:

$$\frac{11,44 \times 100}{92,66} = 12,35$$

4.1.4 Aspecto Visual e Filme

Na determinação de aspecto visual, o procedimento consistiu em comparar o teste que está sendo analisado com o padrão, obtendo um resultado visualmente de cor, aspecto entre um e outro, comparando se o teste a ser utilizado está parecido com o padrão e sem ponto. Então, de acordo com a análise realizada visualmente, o teste do oligômero apresentou um aspecto ainda melhor com relação ao padrão utilizado.

As análises realizadas seguem métodos de teste especificados de acordo com a empresa e definida pelos formuladores, podendo ser observadas de forma resumida na tabela 4.

Tabela 4: Especificações do Oligômero

ESPECIFICAÇÃO	VALORES	RESULTADOS
Aspecto	Liq. Transparente	Ok
Filme	Sem Pontos	Ok
Acidez	Máx. 20	12,35
Viscosidade Gardner	V - X	Y

Sólidos IV 20' 110º C	Min 90	92,66
Teor de Ácido	Máx. 4,50	1,58
Amarelamento	Igual ao Padrão	Ok

Fonte: De autoria própria

4.2 REALIZAÇÃO DO VERNIZ

Nesta etapa, após analisado todo o oligômero e obtendo os resultados dentro das especificações, foi realizada a formulação do verniz UV.

Então, foi realizada 0,500 Kg de verniz em uma lata de 0,900 Kg. Acrescentando primeiramente o monômero, oligômero e deixando dispersar por 10 minutos. Em seguida, acrescentou-se mais monômero, aditivos e dispersou-se por mais 10 minutos em 500 bpm. Por último, colocou-se o fotoiniciador e deixou dispersar por 5 minutos.

Após colocar todas as matérias, primas, foi realizada as análises necessárias para avaliar se o verniz feito estava de acordo com as especificações necessárias para uma possível aprovação da tinta.

De acordo com a especificação do produto, ele deve conter de 50 a 70 segundos, mas como o oligômero estava com a sua viscosidade alta, implicou na viscosidade do produto final, obtendo um valor de 120 segundos, sendo necessário adicionar 3 % de monômero no verniz, para se atingir a viscosidade correta do produto.

4.2.2 Análise de Brilho e Extensão

Na etapa de análise de brilho e extensão, foi colocado em uma leneta um pouco do padrão, ao lado esquerdo, e ao lado direito, a amostra. Passou-se então a leneta ainda úmida, em um túnel UV a uma velocidade de 23 e radiação em 100 % Mercúrio e 50 % Gálio. Após a

passagem, observou-se se a amostra estava de acordo com o padrão, obtendo um resultado ainda superior com relação ao padrão.

E para a análise de brilho, foi realizada com um medidor de brilho que permite a apresentação de valor em 20°, 60° e 85°. Para produtos como verniz, o ângulo para a leitura foi utilizado 20°, obtendo um valor de 95,4° para a amostra, e 97,1° para o padrão. Obtendo uma aprovação para a amostra, onde a especificação determina brilho mínimo 80°.

4.3 APLICAÇÃO EM CHAPA MDP

A aplicação do UV, foi realizada em uma chapa de MPD, que é uma placa de partículas de média densidade, e é um processo de revestimento usado para melhorar a aparência, durabilidade, resistência e maior brilho a chapa. A sua aplicação do UV envolve a cura do revestimento líquido com base de resina usando a luz ultravioleta.

A primeira etapa envolve preparação na chapa, como limpeza da superfície, para remover pó, poeira e outras impurezas que possam afetar a aderência do revestimento. Em seguida realizar a aplicação da tinta a base de água em papel, para dar cor a chapa, podendo variar as cores de acordo com o que se deseja realizar com a chapa, onde primeiramente ela tem uma aparência fosca, como mostrado na figura 4, onde ao lado esquerdo tem-se a chapa já com aplicação de um UV, com maior brilho, podendo ser observado a lâmpada de luz sobre a chapa, e já ao lado direito a chapa crua sem nenhum revestimento UV e com a aparência fosca.

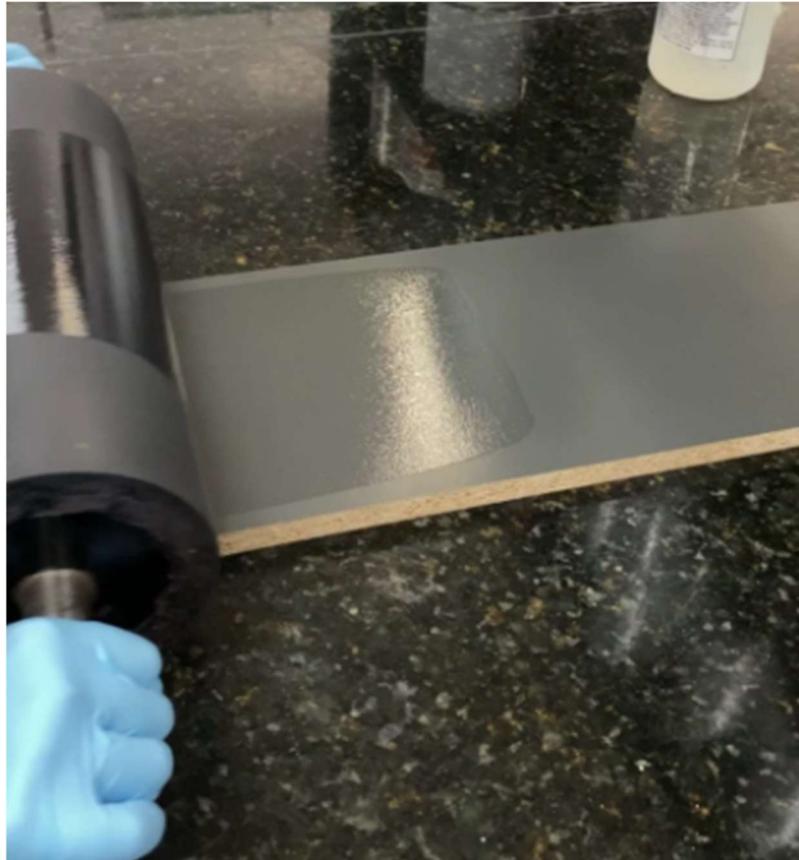
Figura 4: Chapa com aplicação á esquerda, chapa sem aplicação UV à esquerda.



Fonte: De autoria própria

Após realizada a preparação da chapa, foi aplicado um selador acrílico UV, para oferecer diversas vantagens como, proteção a chapa, maior durabilidade, melhoria estética, facilidade de manutenção e resistência aos raios UV. A aplicação do selador é a primeira etapa com a chapa ainda crua, sendo necessário retirar o excesso com um rolo como mostrado na figura 5. Após a aplicação, a chapa foi inserida em túnel UV com velocidade de 23 RPM e lâmpada 100 % Mercúrio e 50 % Gálio.

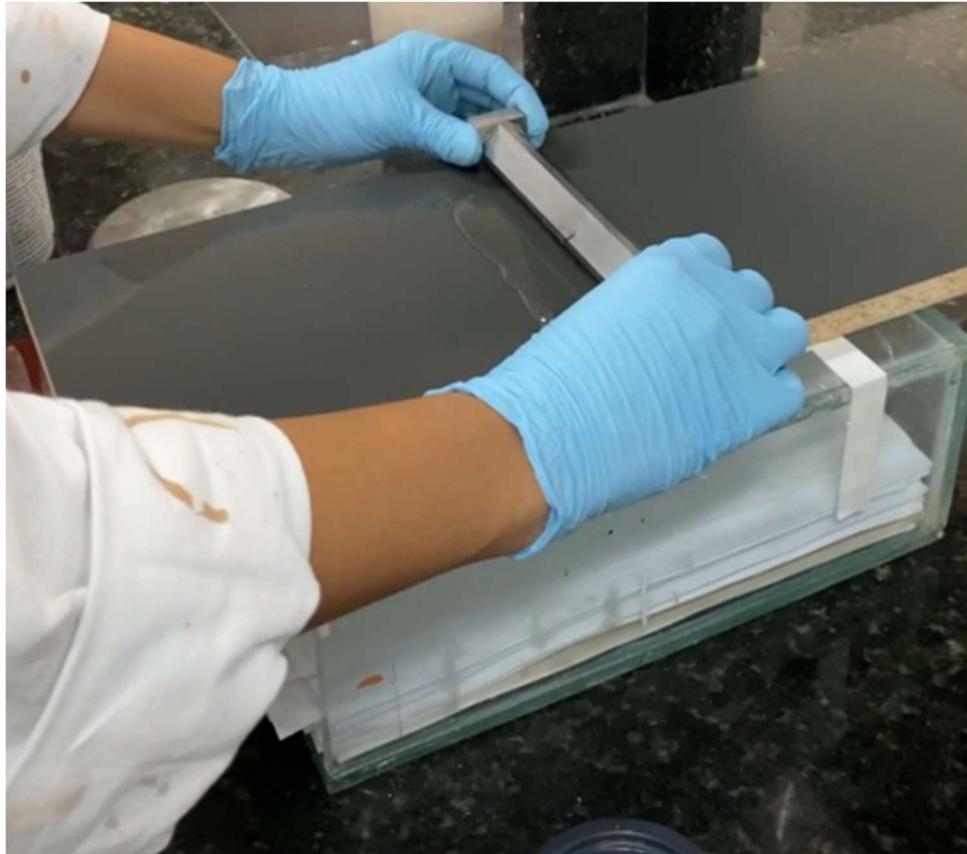
Figura 5: Retirando excesso do selador UV aplicado em chapa.



Fonte: De autoria própria

Logo em seguida, foi realizada a aplicação da massa acrílica UV, que vai servir para a cura endurecer e solidificar, além de proporcionar melhor estética, proteção contra umidade, resistência a danos, facilidade de limpeza e preparação para revestimentos adicionais. A aplicação da massa pode ser observada na figura 6, onde foi realizada com extensor de barra 75 μm , e inserida novamente em túnel UV com velocidade de 23 RPM e lâmpada 100 % Mercúrio e 50 % Gálio.

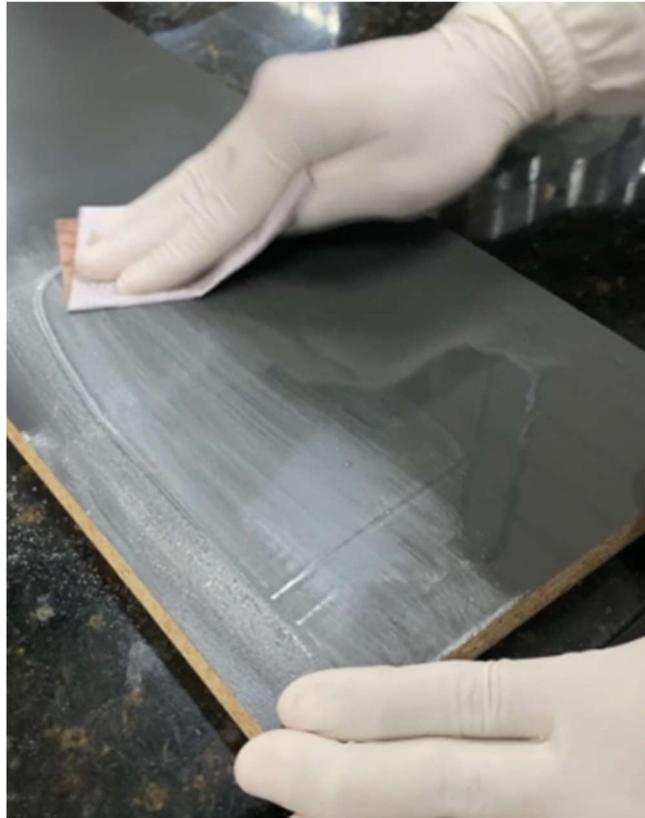
Figura 6: Aplicação da massa acrílica UV em chapa MDP.



Fonte: De autoria própria

Após retirar a chapa revestida com massa e selador do túnel UV, foi necessário lixar o revestimento, como pode ser observado na figura 7, para que pudesse receber o verniz realizado neste trabalho, para poder ter uma melhor aderência e alastramento ao produto.

Figura 7: Lixamento da chapa MDP.



Fonte: De autoria própria

Logo após o lixamento, a chapa recebeu uma camada de verniz UV com silicone, sendo utilizado um extensor espiral de 30 μm e inserida novamente em túnel UV com velocidade de 23 RPM e lâmpada 100 % Mercúrio e 50 % Gálio.

A chapa precisa ter um monte acabamento e brilho após realizada a aplicação, como pode ser observada na figura 8, onde é possível observar até o reflexo de uma pessoa sobre a chapa.

Figura 8: Finalização da aplicação da chapa.



Fonte: De autoria própria.

Após realizada a última aplicação e ter a chapa pronta, é necessário realizar um procedimento de aderência para observar se o UV da chapa não vai deslocar de acordo com quedas, pressões sobre a chapa, como pode ser observado na figura 9. Após riscar a chapa, aplicar a fita, e puxar a mesma, a aplicação deve continuar na chapa e não sair junto da fita. Podendo observar então que o produto obteve um bom desempenho em sua aplicação.

Figura 9: Teste de aderência sobre a chapa.



Fonte: De autoria própria

A aplicação de UV em chapas de MDP oferece uma série de benefícios, incluindo maior resistência à umidade, abrasão e raios UV, além de proporcionar uma superfície mais durável e esteticamente agradável. Isso é extremamente importante em aplicações onde a qualidade e a aparência são fundamentais, como na fabricação de móveis e na indústria de design de interiores.

5 CONCLUSÃO

A aplicação de tinta UV em chapas MDP é uma técnica que oferecem diversas vantagens e benefícios. Esta tinta obtém um revestimento que utiliza a luz ultravioleta para secar e curar rapidamente, proporcionando um maior acabamento durável e maior qualidade ao produto. A sua formulação e aplicação foi realizada de forma detalhada, visando atender às especificações de qualidade estabelecidas para se obter uma boa tinta.

A análise do oligômero, a formulação do verniz e as etapas de aplicação, foi-se obtido um produto final de alta qualidade. Sua viscosidade, mesmo diante da viscosidade alta inicial do oligômero, reflete a adaptação do processo às exigências específicas do produto. A adição de 3% de monômero para atingir a viscosidade correta do produto final, é um exemplo prático para se garantir a conformidade de acordo com as especificações.

As análises de brilho e extensão revelaram resultados superiores aos padrões estabelecidos, destacando a excelência alcançada no processo. O cuidado na escolha e aplicação dos materiais, como o selador acrílico UV e a massa acrílica UV, demonstras a preocupação não apenas com a estética, mas também com a proteção, durabilidade e resistência do produto final.

Com a aplicação do UV na chapa de MDP foi descrita em detalhes, desde a preparação da superfície até a aplicação do verniz com silicone, evidenciando a complexidade e a precisão do processo. A inclusão de etapas como o lixamento, fundamental para garantir a aderência do verniz, destaca o comprometimento com um acabamento final de alta qualidade. A avaliação da aderência através do teste de deslocamento após a aplicação do UV reforça a confiabilidade e durabilidade do revestimento, elementos cruciais, especialmente em aplicações sujeitas a pressões, quedas e outros impactos.

Diante do exposto, a aplicação de UV em chapas de MDP não apenas atende às especificações técnicas, mas também proporciona benefícios significativos, incluindo resistência a elementos ambientais adversos e a criação de uma superfície esteticamente agradável. Esse processo representa um avanço significativo na indústria, especialmente em setores como fabricação de móveis e design de interiores, onde a qualidade e a durabilidade são essenciais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, N.S.; JOHNSON, M.A., OLDRING, P.K.T. and SALIM, M.S., Prepolymers and Reactive Diluents for UV & EB Curable Formulations, IN: Chemistry and Technology of UV & EB Formulation for Coatings, Inks and Paints, Vol 2, editado por P.K.T. OLDRING, SITA Technology Ltda, Londres, 1991. Acesso em 19 ago 2023.

BHATTACHARYA, A. Progress in Polymer Science, 25. 2000. P. 371-401. Acesso em: 24 jul. 2023.

BON, Ary Luiz - A tecnologia da cura. 2003. p. 1–11. Acesso em: 16 de abril de 2023.

CASTANHO, A.; CARILLO, C.; MACHADO, L.D.B.; MARIOTTO, L.E. Por que a cura UV e EB? progressos e desafios na virada do milênio. *In*: CONGRESSO INTERNACIONAL DE TINTAS, 6., 28-30 set, 1999, Sao Paulo, SP. *Anais...* Associação Brasileira dos Fabricantes de Tintas (ABRAFATI), 1999. p. 307-316. Disponível em: <http://repositorio.ipen.br/handle/123456789/13957>. Acesso em: 24 jul. 2023.

Chartoff, R. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 85. 2006. P. 213-217. Acesso em: 16 de abril de 2023.

FAZENDA, Jorge M. R. Tintas: Ciência e Tecnologia. 4. ed. São Paulo: Blucher, 2009.

FERREIRA, Roberta Karoline Morais et al. Desenvolvimento de resina poliuretânica para aplicação flexográfica. 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/185452>. Acesso em: 28 out. 2023.

FILHO, Sérgio Rossi. Variáveis do processo ofsete. ROSSI Tecnologia Gráfica, 2018. Disponível em: <https://www.rossigraf.com/tintas-uv-x-tintas-convencionais>. Acesso em: 16 abr. 2023.

IMAGRAF, Indústria de Tintas. Treinamento de Tecnologia UV. 2010. Disponível em: http://www.imagrafbrasil.com.br/v1/cursos/tecnologia_uv.pdf. Acesso em: 23 de out. 2023.

LUCIETTO, L.C.; CAMPOS, A.C.S.; RICHARDSON, N.; YAMASAKI, M.C.R. Utilização de ultravioleta e feixe de elétrons na tecnologia de cura de tintas, vernizes e revestimentos. Situação atual e perspectivas. *In*: 4o. CONGRESSO INTERNACIONAL DE TINTAS, 16-18 de outubro, 1995, Sao Paulo, SP. 1995. p. 184-191. Disponível em: <http://repositorio.ipen.br/handle/123456789/12668>. Acesso em: 16 de abril de 2023.

MADEIRA, Fernanda Torres *et al.* DESENVOLVIMENTO DE UM CONCENTRADO BRANCO PARA A PRODUÇÃO DE TINTAS ULTRAVIOLETAS. **Revista Vincci-Periódico Científico do UniSATC**, 2020. Disponível em: <https://revistavincci.satc.edu.br/index.php/Revista-Vincci/article/view/217>. Acesso em: 28 maio 2023.

OLIVA, Vanessa; SANTOS, Jaqueline Alves. Viabilidade da utilização de lâmpadas LED no processo industrial de cura de vernizes. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação)-

Universidade do Vale do Paraíba. Graduação em Engenharia Química, 2014. Acesso em: 21 maio 2023.

RODRIGUES, Máira R.; NEUMANN, Miguel G. - Fotopolimerização: princípios e métodos. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, 2003. P. 276–286. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/po/a/mqZ3TBBvfMRF5SkhRgN7zXN/?lang=pt>. Acesso em: 16 abr. 2023.

ROSA, Elisandro Cerveira da. Oligômeros: Informações Sobre Oligômeros. Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial - SENAI-RS Escola de Educação Profissional SENAI Nilo Bettanin, 2007 Disponível em: <https://www.senairs.org.br/sites/default/files/documents/oligomeros.pdf> Acesso em 15 out. 2023.

ROTTA, A.C.; MACHADO, L.D.B.; PANICO, A.; MARIOTTO, L. Um panorama das novas aplicações UV/EB para o mercado brasileiro. *In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE TINTAS*, 7., 19-21 set, 2001, São Paulo, SP. *Anais...* Associação Brasileira dos Fabricantes de Tintas (ABRAFATI), 2001. p. 659-666. Disponível em: <http://repositorio.ipen.br/handle/123456789/15316>. Acesso em: 16 de abril de 2023.

RUIZ, Carmen Silvia Bentivoglio. Avaliação da formação e degradação de filmes de vernizes curados por radiação ultravioleta e feixe de elétrons e expostos ao envelhecimento acelerado. 2003. 246 f. Tese (Doutorado) - Curso de Química na Área de Físico-química, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/46/46132/tde-24032009-141102/pt-br.php>. Acesso em: 10 set. 2023.

SCHWALM, Reinhold - UV coatings: Basics, recent developments and new applications. Elsevier Science, 2006. P. 1–310. Acesso em: 16 abr. 2023.

VINAGRE, Adriana Sofia Cardoso. Desenvolvimento de tintas e vernizes funcionais curáveis por radiação ultravioleta para aplicação em substratos de base celulose. **Repositório Ipen**, 2018. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/114114/2/277677.pdf>. Acesso em: 16 abr. 2023.

YAMASAKI, M.C.R. Nocoos básicas de cura por radiação. *In: 36o. CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA*, 2-5 de setembro, 1996, São Paulo, SP. 1996. p. 25. Disponível em: <http://repositorio.ipen.br/handle/123456789/13599>. Acesso em: 18 out. 2023.