



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

CENTRO DE CIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE QUÍMICA ORGÂNICA E INORGÂNICA

CURSO DE QUÍMICA BACHARELADO COM HABILITAÇÃO INDUSTRIAL

FRANCISCA VANDERLÚCIA SOUZA

**REFORMULAÇÃO DE ESMALTE SINTÉTICO COM USO DE RESINA
ALQUÍDICA CURTA EM ÓLEO**

FORTALEZA

2016

FRANCISCA VANDERLÚCIA SOUZA

**REFORMULAÇÃO DE ESMALTE SINTÉTICO COM USO DE RESINA
ALQUÍDICA CURTA EM ÓLEO**

Monografia apresentada ao Curso de Química Bacharelado com habilitação Industrial do Departamento de Química Orgânica e Inorgânica da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Química. Local do estágio: Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento das Tintas Hidracor S/A.

Orientador Didático Pedagógico: Prof. Dr. Jair Mafezoli

Orientador Profissional: Edson Carlos Tognin

FORTALEZA

2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- S238r Souza, Francisca Vanderlúcia.
Reformulação de Esmaltes Sintéticos com uso de Resina Alquídica Curta em Óleo / Francisca Vanderlúcia Souza. – 2016.
50 f.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Curso de Química, Fortaleza, 2016.
Orientação: Prof. Dr. Jair Mafezoli.
1. Esmalte Sintético. 2. Resina Alquídica. 3. Mecanismo de Secagem. I. Título.

CDD 540

FRANCISCA VANDERLÚCIA SOUZA

**REFORMULAÇÃO DE ESMALTE SINTÉTICO COM USO DE RESINA
ALQUÍDIA CURTA EM ÓLEO**

Monografia apresentada ao Curso de Bacharelado em Química do Departamento de Química Analítica e Físico-química da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Química com Habilitação Industrial.

Aprovado em: 06/01/2017

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Jair Mafezoli (Orientador pedagógico)
Universidade Federal do Ceará (UFC).

Químico Edson Carlos Tognin Filho (Orientadora profissional)
Empresa Hidracor S/A

Prof. Dr. Francisco Geraldo Barbosa
Universidade Federal do Ceará (UFC).

A Jesus Cristo, a Virgem Maria e a São José.

Aos meus pais, Francisco e Lúcia, aos meus
irmãos, Francisco Lúcio, Francisco
Vanderlúcio e Francisca Lúcia.

AGRADECIMENTOS

Louvores sejam dados ao Divino Menino Jesus, que por sua Vida deu-me a vida. Tenho o coração cheio de gratidão ao Menino Jesus, a Virgem Maria ao Bom São José, que providenciam durante todos os dias da minha vida experiências maravilhosas com pessoas incríveis, que refletem o amor e a presença de Deus presente entre nós.

Sou grata pela a Santa Madre Militante Igreja Católica Apostólica Romana, que me forma como pessoa, segundo o Coração Misericordioso e Amoroso de Deus.

Sou grata a minha família, na pessoa de meus pais, Maria e Francisco, irmãos, Lúcio, Vanderlúcio e Lúcia, e sobrinhos, Gustavo, Jhonatan e Gabriel. Sou grata porque tenho pessoas incríveis para me espelhar. Exemplos de dedicação, empenho, esforço, simplicidade, alegria, fé, enfim, qualidades que se resumem em Amor, compartilhadas no seio da família.

Sou grata a Universidade Federal do Ceará, em que pude crescer e amadurecer mais e mais na busca do conhecimento, além de conhecer pessoas maravilhosas que levarei por toda a vida no coração.

Sou grata aos Laboratórios em que fiz parte, de forma especial aos orientadores Geraldo Barbosa (LABFITO), Jair Mafezoli (LABFITO) e Otília Loiola (LAFIPLAN), que fizeram parte de minha capacitação e crescimento na academia, além dos meus colegas de laboratório que me auxiliaram em tudo e são grandes amizades.

Sou grata ao Programa de Educação Tutorial (PET Química UFC), em especial as minhas queridas e amadas tutoras, Wladiana Matos e Ruth Vidal, e aos meus tão amados e jamais esquecidos amigos petianos.

Sou grata a Empresa Hidracor S/A, que me proporcionou a oportunidade de elaborar este trabalho. Além de agradecer aos excelentes profissionais, que são grande fonte de minha inspiração profissional, Edson Tognin e Priscilla Braga, e aos meus tão amados colegas de trabalho do LCQ, LPD e LC.

Sou grata por todos os professores da Universidade que foram essenciais na minha formação e tenho muita admiração por todos, em especial aos professores Belmino Romero, Eliana Romero, Izaura Cirino, Ronaldo Ferreira, Wladiana Matos, Jair Mafezoli, Edilberto Silveira e Otília Loiola.

Enfim, sou grata por todos que fizeram, fazem e farão parte de minha vida, meus amigos e amigas, e finalizo com uma frase, de meu amigo do Céu São João Paulo II, que caminhou comigo durante todo este ano:

“Olhar o passado com gratidão, viver o presente com paixão e abraçar o futuro com esperança.”

“O heroísmo do trabalho está em ‘acabar’ cada tarefa.” (São Josemaria Escrivá)

RESUMO

O Brasil se destaca dentre os seis maiores mercados mundiais de tintas, devido sua atualização tecnológica e constante busca em atender as demandas e desafios colocados pela sociedade e mercado. Por conta da atual crise econômica no País, faz-se necessário rever e reformular os produtos, tendo em vista reduzir o custo, manter a competitividade com o mercado e garantir a qualidade dos mesmos. No Norte do Brasil tem crescido a demanda por esmaltes sintéticos de secagem rápida, em que esses esmaltes são tintas de secagem ao ar, que tem por componentes as resinas, se destacando as alquídicas, o solvente, os pigmentos e os aditivos. A variação do comprimento em óleo das resinas alquídicas influencia diretamente na secagem do esmalte, logo, no presente trabalho foi possível realizar a reformulação de esmaltes, substituindo a resina alquídica longa (RAL) por resina alquídica curta (RAC). Os ensaios foram executados em laboratório e em fábrica e os testes realizados seguindo as normas do controle de qualidade. Com a substituição da resina, foi possível estabelecer uma redução de custo, em cerca de 7%, no quilograma das cores do portfólio do produto, apesar da RAC ser uma matéria-prima mais cara que a RAL. Essa mudança proporcionou também a redução do tempo de secagem instrumental em 4 horas, além de diminuir para 20 minutos a secagem ao toque, que representa uma otimização de 50% do tempo gasto. Este trabalho também apresenta um ganho na atividade de pintores e demais clientes, que reduziram pela metade, o tempo de pintura entre demãos, agilizando a execução dos trabalhos com o uso dos novos esmaltes sintéticos de secagem rápida.

Palavras-chave: Esmalte Sintético. Resina Alquídica Longa. Resina Alquídica Curta. Secagem. Redução de custo.

ABSTRACT

Brazil stands out among the six largest paint markets in the world, due to its technological updating and constant search to meet the demands and challenges posed by society and the market. Due to the current economic crisis in the country, it is necessary to review and reformulate the products, in order to reduce the cost, maintain competitiveness with the market and guarantee their quality. In North Brazil, the demand for synthetic fast drying enamels has increased, in which these enamels are air-drying paints, whose components are resins, especially alkyds, solvents, pigments and additives. The variation in the oil length of the alkyd resins directly influences the drying of the enamel, so in the present work it was possible to perform the reformulation of enamels, replacing the long alkyd resin (RAL) with a short alkyd resin (RAC). The tests were carried out in the laboratory and in the factory and the tests carried out following the norms of quality control. With the replacement of the resin, it was possible to establish a cost reduction of around 7% in the kilogram of the colors of the product portfolio, although RAC is a more expensive raw material than RAL. This change also resulted in a reduction of the instrumental drying time in 4 hours, as well as a reduction of the touch drying time to 20 minutes, which represents an optimization of 50% of the time spent. This work also presents a gain in the activity of painters and other customers, which reduced the time of painting between layers half, speeding up the execution of the work with the use of the new synthetic fast drying enamels.

Keywords: Synthetic enamel. Long Alkyd Resin. Short Alkyd Resin. Drying. Cost reduction.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Reação de obtenção de resinas alquídicas tendo por material de partida o monoglicerídeo.....	23
Figura 2- Reação de obtenção de resinas alquídicas tendo por material de partida ácidos graxos livres	24
Figura 3– Representação molecular do óleo glicerídeo. R_1 , R_2 e R_3 representam as cadeias longas de hidrocarbonetos.....	25
Figura 4– Reações envolvidas na reticulação polimérica	26
Figura 5– Mecanismo de ação de secantes na secagem oxidativa de esmalte sintético	27
Figura 6 – Representação do mecanismo de reação em cadeia	27
Figura 7– Representação dos emulsionantes em emulsões de água e óleo.....	31
Figura 8 - Fluxograma do Processo Produtivo de Esmaltes Sintéticos.....	32
Figura 9 - Determinação de teor de sólidos	34
Figura 10 - Representação da máquina de secagem instrumental.....	35
Figura 11 - Ensaio de medição de brilho do esmalte	37
Figura 12 - Fluxograma da metodologia utilizada na execução do trabalho	38
Figura 13 - Fluxograma de preparação de amostra em laboratório	39
Figura 14 - Sistema de dispersão e mistura do esmalte sintético.....	40
Figura 15 - Formação de vórtice com dispersor de Cowless	40
Figura 16 - Resultado do teste de centrifuga da emulsão do protótipo da proposta 1	41
Figura 17 - Fotografia do padrão (esquerda) versus proposta (direita) das cores do portfólio	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Comprimento em óleo de resinas alquílicas e seu efeito nas propriedades	22
Tabela 2 - Formulações dos esmaltes sintéticos	39
Tabela 3 - Tabela de resultados iniciais	41
Tabela 4 - Fórmula da proposta 2	42
Tabela 5 - Tabela de resultados do padrão e propostas.....	43
Tabela 6 - Resultados da proposta 2 nas cinco principais cores do portfólio	44
Tabela 7 - Resultados do lote experimental	45

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Volume de vendas de esmaltes sintéticos no ano de 2015	46
Gráfico 2 - Volume de vendas de esmaltes sintéticos no ano de 2016	46

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

°C	Graus Celsius
μm	Micrometro
ABRAFATI	Associação Brasileira dos Fabricantes de Tintas
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
LC	Laboratório de Colorimetria
LCQ	Laboratório de Controle de Qualidade
ALQ	Alquídico
I.I.	Índice de Iodo
Kg	Quilograma
KU	Kebs
L	Litro
m	Metro
min.	Minutos
h	Horas
UB	Unidades de Brilho
%	Percentual
KU	Krebs Unit
mm	Milímetro
p.	Página
cap.	Capítulo
s	Segundos

S/A	Sociedade Anônima
v.	Volume
rpm	Rotações por minuto
RAL	Resina Alquídica Longa
RAC	Resina Alquídica Curta

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
2	OBJETIVO	20
2.1	Objetivo Geral	20
2.2	Objetivos Específicos	20
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	21
3.1	Resinas.....	21
3.1.1	Resina Alquílica.....	21
3.1.2	Óleos glicerídeos	24
3.1.3	Mecanismo de Secagem	26
3.1.4	Resinas Fenólicas.....	28
3.2	Pigmentos	28
3.3	Solventes.....	28
3.4	Aditivos.....	29
3.4.1	Secantes	29
3.4.2	Anti-pele	30
3.4.3	Antiespumante	30
3.4.4	Emulsificantes.....	30
3.5	Processo Produtivo de Esmaltes Sintéticos	31
4	MATERIAIS E MÉTODOS.....	32
4.1	Equipamentos	32
4.2	Métodos	33
4.2.1	Determinação de estabilidade de emulsões de resinas alquílicas.....	33
4.2.2	Determinação do teor de sólido ou material não volátil	33
4.2.3	Determinação da secagem por medida instrumental.....	34
4.2.4	Determinação de secagem ao toque	35
4.2.5	Determinação da massa específica.....	35

4.2.6	Determinação da viscosidade	36
4.2.7	Determinação do Brilho.....	36
4.3	Preparo das amostras e execução dos ensaios	37
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
6	CONCLUSÃO	47
7	REFERÊNCIAS	48

1 INTRODUÇÃO

As tintas imobiliárias tratam-se de uma mistura homogênea, composta por pigmentos, resina e aditivos dispersos em um meio líquido volátil (água ou solventes orgânicos). Quando a mesma é aplicada sobre um substrato (metal, madeira ou alvenaria) ocorre o processo de evaporação do solvente, possibilitando a formação do revestimento, o qual tem por finalidade proteger e embelezar as superfícies (FAZENDA; DINIZ, 2009).

O mercado indica que o setor de tintas no Brasil obteve um faturamento líquido de R\$ 10,174 bilhões no ano de 2015, com um volume produzido de 1,318 bilhão de litros, o que mantém o país dentre os seis maiores mercados mundiais para tintas. Dentre os segmentos em que o setor se divide, 80,3% do volume total e 63% do faturamento representam o setor de tintas imobiliárias (ABRAFATI, 2015).

Sob o binômio custo-benefício, as tintas constituem provavelmente o produto industrial mais efetivo no mundo. Por exemplo, uma tinta com espessura 75 μm representa somente 0,8% do valor total de um carro médio e ainda assim o protege da corrosão, provê cor e aspecto ‘glamuroso’. Uma tinta com espessura de um décimo de um fio de cabelo humano protege a lata de alimento da corrosão, mantém o sabor, embeleza a lata, tudo a custo não superior de 0,4% do custo total de venda do consumidor (WISMAR, 1984, p.4 *apud* FAZENDA; DINIZ, 2009).

Com a crise política e econômica e o consequente impacto da desvalorização do real, refletiram sobre o custo das matérias-primas, em cerca de 62% das que tem seu preço atrelado ao dólar. Com o prolongamento da crise, o adiamento de projetos de reforma, a redução de investimento em construção habitacional, a queda de demanda, a não realização de obras de infraestrutura juntamente com o aumento do custo resulta em um impacto negativo no setor financeiro e na competitividade na indústria de tintas. No entanto, o mercado de tintas no Brasil é forte, atualizado tecnologicamente, acompanha as principais tendências internacionais e lançam constantemente novidades, o que afirma o preparo do país para a retomada do crescimento e para novos desafios e demandas que a sociedade e o mercado os colocam (FERREIRA, 2016).

O principal componente das tintas são as resinas ou ligantes, que são polímeros que conferem propriedades de aderência, impermeabilidade e flexibilidade às tintas. Estes ligantes, a partir do início do século XX, obtiveram grande desenvolvimento tecnológico que possibilitou a criação de uma diversidade de materiais poliméricos com diferentes finalidades e aplicações, dentre os quais, se destacam as resinas alquídicas (HARTMANN, 2011).

As resinas alquídicas são polímeros resultantes de uma reação química de poliácidos com polióis na presença de ácidos graxos ou óleos vegetais. As mesmas são importantes componentes de revestimento, e se destacam pelo excelente balanço custo/desempenho, pela sua composição monomérica de origem renovável e pela a possibilidade de reagir com outros polímeros (FAZENDA; FILHO; DEUTSCH, 2009), além de serem conhecidas por apresentar acentuada flexibilidade, adesão, brilho, secagem, solubilidade e compatibilidade com outros materiais (OKON; IBANGA, 2009).

Os atributos das resinas alquídicas, fez com que obtivessem grande versatilidade no mercado dos esmaltes sintéticos, que são tintas brilhantes de secagem oxidativa, utilizada em interiores e exteriores para proteção e decoração de superfícies como: alvenarias, madeiras e metais ferrosos. Conferem acabamento opaco, duro e brilhante e são conhecidas também como tinta alquídica, fazendo referência às resinas alquídicas (ABNT NBR 15949, 2015).

A secagem oxidativa dos esmaltes trata-se de um mecanismo de reticulação polimérica, que se dá através da ação do oxigênio do ar sobre as duplas ligações dos ácidos graxos presentes na estrutura do polímero alquídico. Desta forma, o percentual desses ácidos graxos na cadeia polimérica, que é denominado comprimento de óleo, é de suma importância na escolha da resina alquídica, pois podem indicar tipos de propriedades específicas, desde acabamentos duros, de alto brilho, rápida secagem e boa retenção de cor, quando escolhido resina curta em óleo, até acabamentos mais flexíveis e macios, com secagem lenta e menor brilho, quando escolhido resina longa em óleo (FAZENDA; FILHO; DEUTSCH, 2009).

2 OBJETIVO

2.1 Objetivo Geral

O presente trabalho teve por objetivo reformular uma linha de esmalte sintético, substituindo resina alquídica longa em óleo por curta em óleo, visando diminuir o tempo de secagem instrumental e reduzir para 20 minutos a secagem ao toque (tempo estimado, a partir de pesquisa de concorrentes, de esmaltes de secagem rápida), tendo por desafio a redução de custos.

2.2 Objetivos Específicos

- Substituir resina alquídica longa em óleo pela a curta em óleo na formulação de esmaltes sintéticos;
- Reduzir para 20 minutos o tempo de secagem ao toque;
- Avaliar o desempenho do protótipo por meio de testes de laboratório;
- Execução de lote experimental na fábrica;
- Reduzir custos, aumentar competitividade no mercado, implementar e cadastrar nova formulação.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Resinas

As resinas, conhecidas como ligantes, *binder* ou veículo não volátil, são os componentes mais importantes das tintas, pois conferem propriedades de aderência, impermeabilidade e flexibilidade. Atualmente, a maioria das resinas é de natureza polimérica, sendo estas macromoléculas com elevado peso molecular, resultantes da reação de polimerização entre compostos químicos de baixo peso molecular (monômeros) ligados entre si por ligação covalente (FAZENDA, 2009, cap. 2).

Com a Revolução Industrial, Waitin, em 1773, descreveu tecnicamente a indústria de tintas e vernizes como a conhecemos hoje pela primeira vez. Tendo as primeiras fábricas de vernizes se estabelecido na Inglaterra, na França, na Alemanha e na Áustria entre os períodos de 1790 e 1843 (FAZENDA; DINIZ, 2009). No Brasil, tem-se datado no ano de 1886, a criação da primeira fábrica de tinta em Blumenau, Santa Catarina (ANGHINETTI, 2012).

O impacto científico e tecnológico e o desenvolvimento da petroquímica no século XX, influenciou no surgimento de resinas oriundas por via sintética e no aprimoramento dos ligantes de origem natural, como óleos vegetais (óleo de tungue, linhaça, girassol, soja, dentre outros). Dessa forma, a indústria de tintas tornou-se uma das aplicações mais importantes dos materiais poliméricos na atualidade, destacando-se o surgimento em 1910-1919 das resinas fenólicas, em 1920-1922 as resinas alquídicas, em 1925-1931 as resinas vinílicas e acrílicas, em 1936-1940 as resinas poliuretânicas e em 1943-1951 as resinas epóxi, em que cada uma das mesmas permite obter um sistema polimérico adequado para cada tipo de aplicação (FAZENDA, 2009, cap. 2).

3.1.1 Resina Alquídica

As resinas alquídicas são resultados de uma reação de poliácidos com polióis na presença de ácidos graxos ou óleos vegetais que surgiram da necessidade de melhoramento das propriedades físico-químicas dos óleos utilizados em tintas.

As resinas alquídicas são classificadas de acordo com o comprimento em óleo, que significa o teor de óleo usado na reação de síntese do ligante. O comprimento em óleo varia de 30-45% (curta), de 45-55% (média) e de 55-85% (longa). As resinas alquídicas curtas

e médias são usadas na preparação de esmaltes de cura em estufa com resinas amínicas na preparação de esmaltes com secagem rápida ao ar, enquanto as resinas alquídicas longas são usadas em esmaltes sintéticos de secagem oxidativa empregados em aplicações arquitetônicas (FAZENDA; FILHO; DEUTSCH, 2009).

Tabela 1- Comprimento em óleo de resinas alquídicas e seu efeito nas propriedades

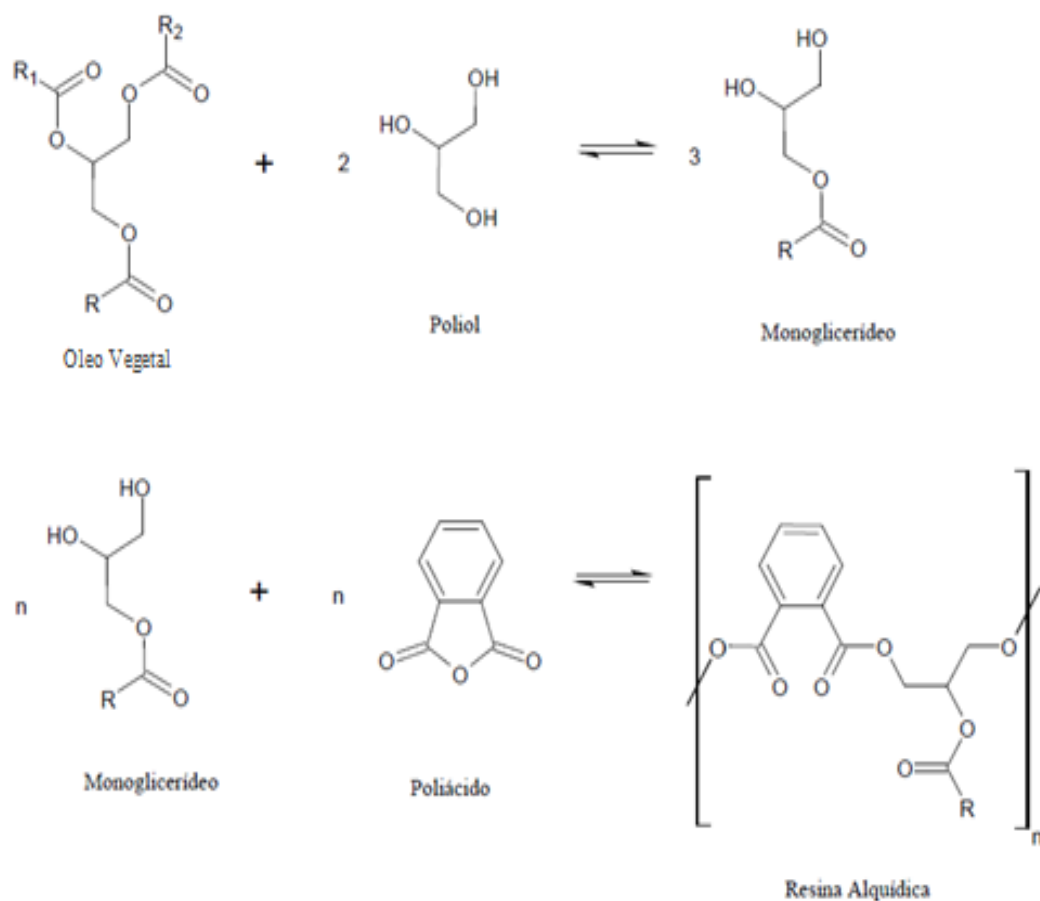
Tipo de Alquídica	Curta em óleo	Média em óleo	Longa em óleo
% óleo ou ácido graxo	30-45	45-55	55-85
% anidrido ftálico	38-50	30-38	10-30
Tipo de cura	Química ou Oxidativa: Secagem em estufa ou ao ar	Oxidativa: Secagem ao ar	Oxidativa: Lenta secagem ao ar
Brilho	Alto a Semi-brilho	Alto	Alto
Dureza	Alta dureza	Dureza moderada	Dureza moderada e macia
Área de utilização	Automotivo	Automotivo Industrial Arquitetônico	Industrial Arquitetônico

Fonte: (HARTMANN, 2011)

A principal reação de obtenção das resinas alquídicas é a reação de esterificação, que pode ser conduzida na presença de catalisadores, que aceleram a reação, e é submetida a temperaturas de 180 a 260 °C, que facilita a remoção de água e de outros voláteis formados. Ela pode se dar por dois métodos que se diferenciam pelo material de partida.

O primeiro método tem por material de partida o monoglicerídeo e ocorre pelo o processo via transesterificação, em que o óleo vegetal reage com poliálcool, geralmente glicerina, para gerar o monoglicerídeo. Ao produto desta etapa é adicionado um poliácido, na forma de anidrido ftálico, que atua na formação da resina via esterificação. Por conta do óleo vegetal ser uma matéria-prima mais barata e mais disponível, é o método mais utilizado no Brasil.

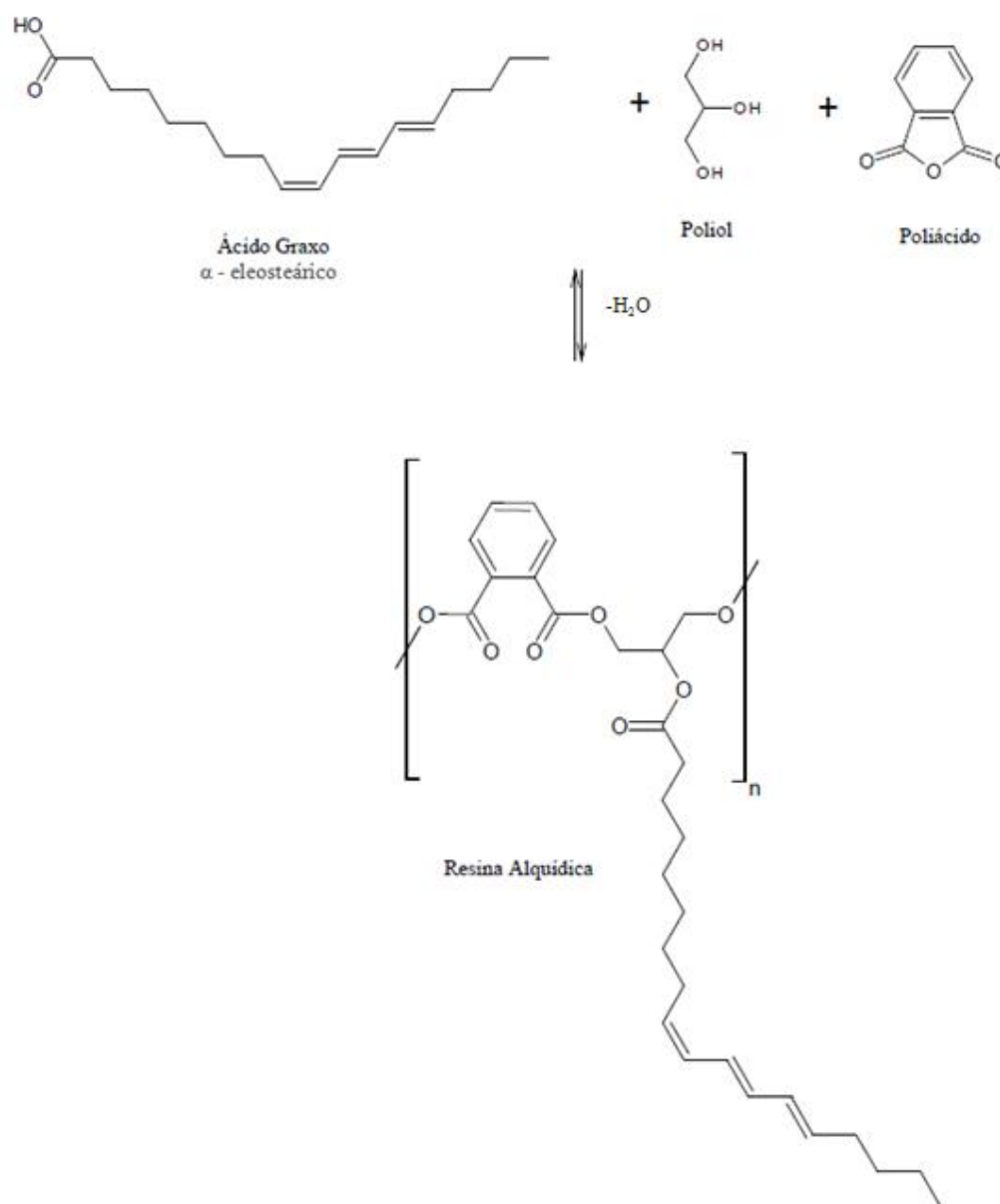
Figura 1 - Reação de obtenção de resinas alquídicas tendo por material de partida o monoglicerídeo



Fonte: (HARTMANN, 2011)

O segundo método se utiliza de ácidos graxos livres, ao invés de óleos vegetais, para reagir com o poliálcool e o anidrido ftálico em uma única etapa para gerar a resina alquídica, isso resulta em tintas com melhores propriedades e com menor tempo de processamento e maior controle no processo (HARTMANN, 2011).

Figura 2- Reação de obtenção de resinas alquídicas tendo por material de partida ácidos graxos livres



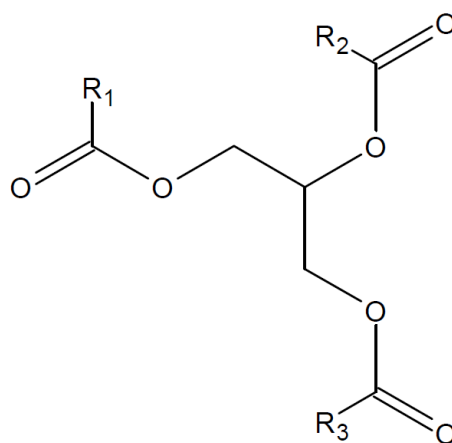
Fonte:(HARTMANN, 2011)

3.1.2 Óleos glicerídeos

Os óleos glicerídeos, que representam de 30 a 70% da composição das resinas alquídicas são provindos de origem renovável e são compostos que possuem em sua estrutura molecular uma porção predominante de ácidos graxos e uma porção minoritária de glicerina. Os ácidos graxos, que correspondem a cerca de 90% do peso molecular do óleo glicerídeo, são cadeias carbônicas (saturadas ou insaturadas), com 6 a 22 átomos de carbonos.

Os óleos vegetais não são compostos puros, pois se tratam de uma mistura de glicerídeos com diferentes composições de ácidos graxos (linolênico, oléico, linoléico, etc.) e esta composição pode variar em um mesmo óleo dependendo das condições de desenvolvimento da cultura (clima, solo, umidade, época da colheita, dentre outros). A obtenção dos óleos glicerídeos se dá pelo processo de extração ou prensagem de sementes de plantas, no entanto, necessitam de tratamento prévio, por se tratar de um óleo bruto, com impurezas do tipo carboidratos e fosfatídeos, que podem afetar determinadas reações químicas e propriedades como brilho e secagem de resinas alquídicas.

Figura 3– Representação molecular do óleo glicerídeo. R_1 , R_2 e R_3 representam as cadeias longas de hidrocarbonetos



Óleo Glicerídeo

Fonte: (FROEHNER *et al.*, 2007)

O grau de insaturação da cadeia dos ácidos graxos dos óleos é indicado pelo o Índice de Iodo (I.I.), que é uma técnica de titulação volumétrica (método de Wijs) baseada na reação de adição do Iodo às duplas ligações da molécula orgânica e se trata de um índice útil na classificação desses óleos em secativos (I.I. maior que 150 g Iodo/g Óleo), semi – secativos (I.I. entre 100-150 g Iodo/g Óleo) e não secativos (I.I. menor que 100 g Iodo/g Óleo). Quanto maior o índice de iodo, maior será o número de insaturações (pontos reativos na secagem oxidativa) e melhor será a secagem ao ar.

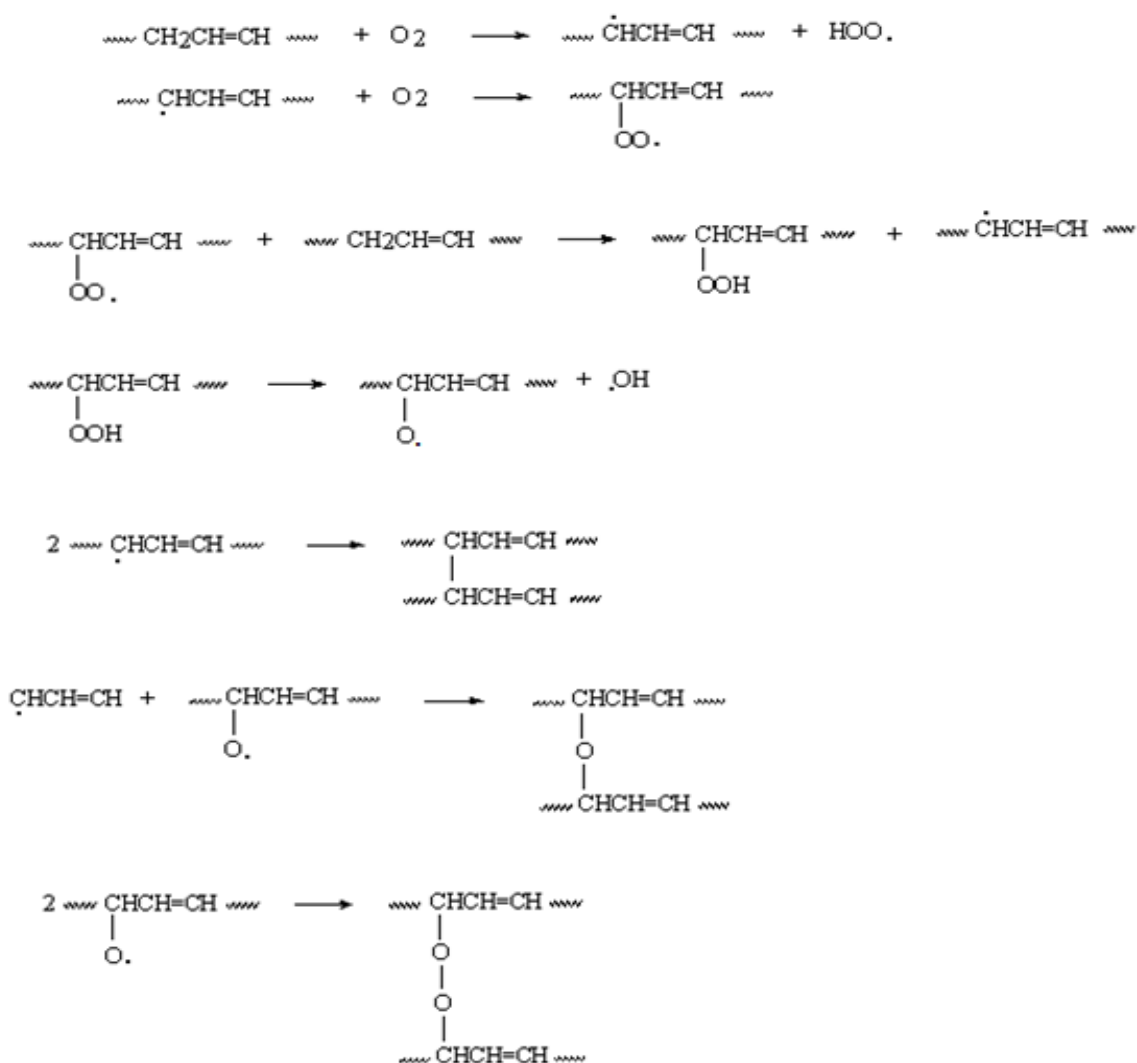
A composição dos óleos glicerídeos, que depende do tipo de ácidos graxos, da quantidade e do tipo de insaturações, da configuração (*cis* ou *trans*) dos substituintes, das condições de temperatura e umidade, dentre outros, está diretamente relacionada à secagem,

do tipo oxidativa, que constitui a base química da transformação do esmalte sintético num revestimento (FAZENDA; FILHO; DEUTSCH, 2009).

3.1.3 Mecanismo de Secagem

A reticulação polimérica se dá pela a oxidação de pontos reativos da alquídica, que podem ser os grupos metileno vizinho das duplas ligações ou grupos carboxila dos ácidos graxos. Na presença do ar, esses pontos são oxidados, resultando em peróxidos ou hidroperóxido, que se decompõem em radicais livres e iniciam uma polimerização do tipo polimerização em cadeia.

Figura 4– Reações envolvidas na reticulação polimérica

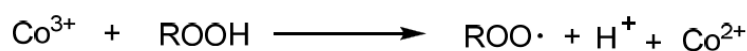
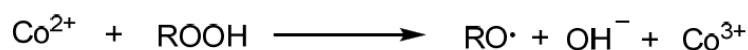


Fonte: (POLIURETANOS, 2002)

A polimerização por adição, também conhecida por polimerização em cadeia, se caracteriza pela a adição de um monômero a uma espécie química ativa, que pode ser um monômero ativado ou uma cadeia polimérica em crescimento (FAZENDA, 2009, cap. 2). A reação não é espontânea, logo necessita da presença que um catalisador, ou iniciador, que irá promover a diminuição da energia de ativação.

Os secantes são os catalisadores usados nas formulações dos esmaltes e são sais de ácidos orgânicos combinados com metais (cálcio, zinco, cobalto, zircônio, dentre outros). Eles auxiliam na decomposição dos hidroperóxidos e peróxidos formados, atuando pelo o mecanismo de oxi-redução e de transferência de oxigênio, para gerar radicais livres, iniciando a reação polimerização por adição (FAZENDA; FILHO; DEUTSCH, 2009).

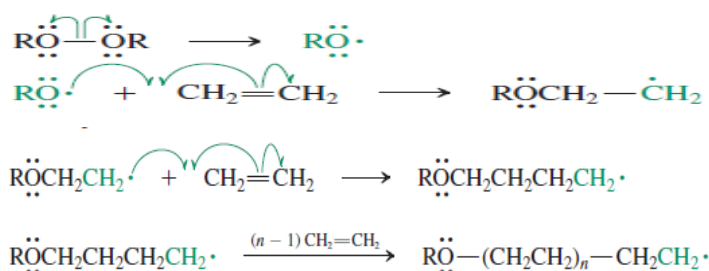
Figura 5– Mecanismo de ação de secantes na secagem oxidativa de esmalte sintético



Fonte: (THANAMONGKOLLIT,2008)

A propagação da reação em cadeia ocorre pelo o ataque das moléculas de monômeros pelos os radicais, que formam novos radicais mais reativos e que em seguida atacam outro monômero, dando sequência ao crescimento da cadeia polimérica de estrutura tridimensional. A reação continua até que as espécies monoméricas sejam gastas, ou até quando as estruturas radicalares se combinem gerando estruturas não radicalares (VOLLHARDT; SCHORE, 2013), conforme mostrado na figura 6.

Figura 6 – Representação do mecanismo de reação em cadeia



Fonte: (VOLLHARDT; SCHORE, 2013)

O mecanismo em que há a reticulação oxidativa de esmaltes sintéticos sobre o substrato (superfície de metal ou madeira) para a formação do filme ou película por polimerização, é denominado cura. Já o mecanismo em que ocorre a evaporação do solvente, é denominado secagem. No caso dos esmaltes a base de resinas alquílicas, esses dois mecanismos ocorrem de maneira concomitante, em que, a medida que o solvente evapora, ocorre a incorporação do oxigênio que inicia a formação do revestimento (GNECCO; MARIANO; FERNANDES, 2009).

3.1.4 Resinas Fenólicas

As resinas fenólicas comerciais são obtidas a partir de uma reação entre o fenol e um aldeído, sendo o formaldeído o mais usado para a preparação da maioria destas resinas. As resinas fenólicas contribuem significativamente nas propriedades das tintas, proporcionando maior dureza, melhor resistência a água e aos solventes comuns. Quando combinadas às resinas alquílicas proporcionam excelente aderência por conta de suas fortes ligações C-C-C e ligações C-O-C presentes em sua estrutura química. Nas formulações elas devem ser devidamente doseadas, pois as mesmas podem causar amarelecimento do filme (FAZENDA; FILHO, 2009).

3.2 Pigmentos

Os pigmentos são substâncias minerais ou orgânicas com partículas sólidas finamente divididas (granulometria entre 0,05µm e 5µm), que concedem cor, poder de cobertura, opacidade, volume e certas características de resistência. A dispersão dessas partículas no meio forma um sistema coloidal, que provém de uma série de processos que se inicia com a umectação (contato entre as partículas sólidas do pigmento com o líquido do meio), seguido de um processo de dispersão (separação dos aglomerados de pigmento em cristais individuais, que pode ser facilitado pelo uso de moinhos e/ou dispersor de Cowless e agem sob a aplicação de uma tensão de cisalhamento, capaz de romper as forças envolvidas no aglomerado), finalizando com a estabilização da dispersão, que consiste na não mudança no número total de partículas com o passar do tempo (ASSIS *et al.*, 2009).

3.3 Solventes

É o veículo volátil da tinta, incolor e estável, que tem por função dissolver a resina e manter todos os componentes em uma mistura homogênea. Esses veículos

proporcionam viscosidade adequada durante a aplicação da tinta em um substrato, promovem a dispersão da resina sobre toda a superfície, contribuem para o nivelamento, controlam a taxa de evaporação e influenciam na aparência final do filme. A solvência é o fator que determina a miscibilidade dos componentes da tinta com o solvente, em que estes podem ser de natureza orgânica (hidrocarbonetos, solventes oxigenados e clorados) ou de natureza aquosa (NATALENSE; GRAZIANI; KURIYAMA, 2009).

Em tintas a base de solventes orgânicos, após a aplicação do material, a formação do filme se dá pelo o processo de evaporação do solvente, deixando no substrato a resina e o pigmento, seguido da secagem oxidativa da resina que reage com o oxigênio do ar formando a película do revestimento. Em tintas base de água, com a aplicação do material, a formação do filme se dá pelo o processo de coalescência, em que pela a evaporação da água ocorre à aproximação das partículas de pigmento a resina, e nas últimas etapas de evaporação da água, por ação capilar, as partículas do ligante unem-se com maior força, fundindo-se ao pigmento e formando um filme contínuo (MORAIS, 2011).

3.4 Aditivos

Os aditivos estão presentes em baixas concentrações nas tintas (raramente excedem 5% da composição) e têm por função aperfeiçoar uma série de características necessárias à aplicação das mesmas (ANGHINETTI, 2012). Proporcionam estabilidade, qualidade, bom aspecto do filme aplicado, atuam na cinética da secagem, na inibição da formação de espuma, na melhoria do espalhamento da película e umectação, na dispersão dos pigmentos, na preservação de microrganismos, dentre outros (MORAIS, 2011).

3.4.1 Secantes

São aditivos que atuam como catalisador, promovendo ou acelerando a secagem interna e externa do filme e promovem o endurecimento de resinas à base de óleos vegetais. São soluções de sais orgânicos metálicos e se classificam em primário e secundário. Os secantes primários são os que atuam diretamente na catálise da oxidação, em que se destacam os sais de cobalto (Co^{2+}) (atuam na secagem superficial da película da tinta) e de manganês (Mn^{2+}) (atuam na produção de filmes mais duros). Os secantes secundários são ativantes dos secantes primários, porém só, não catalisam a oxidação. São exemplos os sais de zinco (Zn^{2+}), zircônio (Zr^{4+}) e cálcio (Ca^{2+}), que podem atuar na superfície do filme, mantendo-o aberto

para a entrada de oxigênio (forma um filme de secagem uniforme) e juntamente com o cobalto e manganês produzem um filme com maior dureza, flexibilidade, aderência e brilho. Esses aditivos são incorporados na última fase da fabricação, para evitar qualquer reação durante o processo (ROCHA *et al.*, 2009).

3.4.2 Anti-pele

Em tintas com secagem oxidativa expostas em recipientes abertos ou parcialmente cheios, tende a ocorrer à formação de película na superfície, que com o tempo aumentam até o completo endurecimento do produto. Esse fenômeno ocorre pelo o mesmo mecanismo de secagem de uma película sobre uma superfície, logo para evitá-lo, além de manter os recipientes bem vedados, é adicionado aditivo que retarda a formação da pele, sendo estes antioxidantes voláteis, que ao aplicar a tinta, evaporam, permitindo a secagem natural da mesma. As oximas (metiletilcetoxima) e derivados dos fenóis (ortometoxifenol) são os inibidores da formação de pele mais usados, sendo os mesmos adicionados na formulação das tintas em percentuais de 0,1-0,2% (ROCHA *et al.*, 2009).

3.4.3 Antiespumante

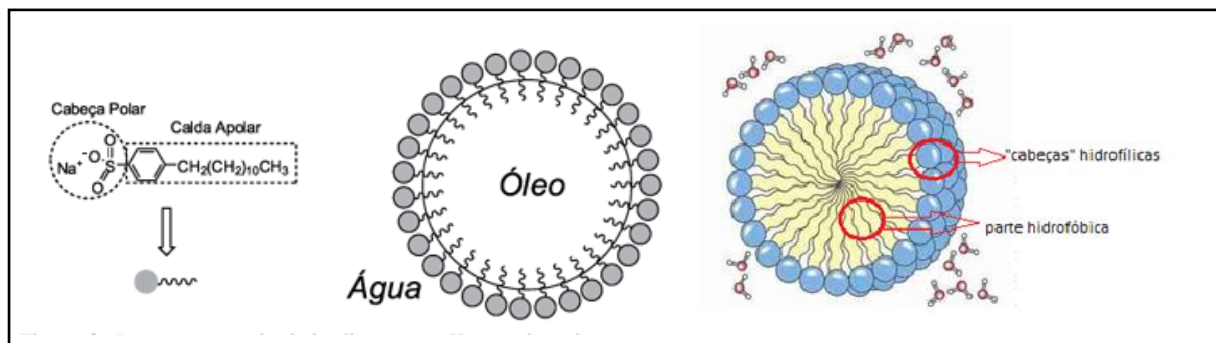
Trata-se um aditivo (à base de óleo mineral ou silicone) usado para eliminar e reduzir as bolhas de ar e espuma que são formadas durante o processo de fabricação ou movimentação da tinta no recipiente e no rolo de aplicação da tinta. As bolhas causam danos e defeitos na superfície e impedem o desenvolvimento das propriedades superficiais das tintas, reduzindo sua função protetora. A falta de antiespumante pode acarretar problemas como a falsa viscosidade, a elevação de volume, que interfere na medição da densidade e causam problemas as indústrias que trabalham com a densidade para o cálculo de custos e no envasado produto acabado (ANGHINETTI, 2012).

3.4.4 Emulsificantes

São aditivos que tem a função de produzir interfaces estáveis entre água e resina e são moléculas que possuem uma extremidade hidrofílica (carbonila, sulfato, sulfonado ou álcool), que interage com a água, e outra lipofílica (longas cadeias de ácidos graxos, hidrocarboneto de petróleo ou hidrocarboneto aromático), que interage com o óleo. Agem como um “sabão” nas tintas, reduzindo a tensão superficial entre água e ar, e pela a produção

de espuma favorecem a mistura de líquidos imiscíveis (óleo e água) e permite a melhor dispersão das partículas de pigmentos (ROCHA *et al.*, 2009).

Figura 7– Representação dos emulsionantes em emulsões de água e óleo



Fonte: (FROEHNER *et al.*, 2007)

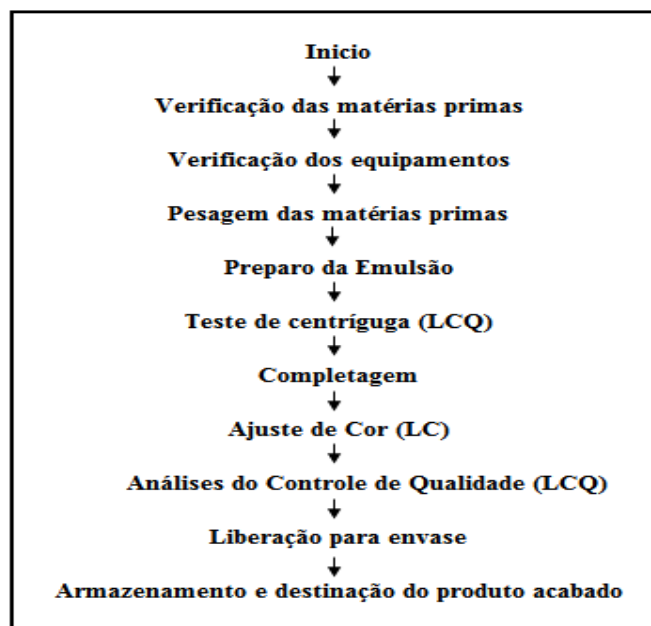
3.5 Processo Produtivo de Esmaltes Sintéticos

Inicialmente, faz-se a seleção das matérias-primas que serão utilizadas com as devidas quantidades e verifica-se se os equipamentos estão em boa condição de uso e adequados para os procedimentos que serão realizados. Após o procedimento inicial, pesam-se todas as matérias primas (manuais e/ou no sistema de aditivos) conforme a quantidade que será necessária para a produção do esmalte.

A primeira etapa se dá pelo o preparo da emulsão, que consiste na homogeneização, em um tanque, da resina, solvente e aditivos, por cerca de 10min. Em seguida, faz-se a adição da quantidade de água pesada e deixa-se o sistema em agitação por cerca de 20 min. até se obter um líquido branco pastoso. Posteriormente, a emulsão é transferida para um rotor extrator que promove cisalhamento e reduz o tamanho das partículas, garantindo a estabilização da emulsão. Após o término da primeira etapa, uma amostra da emulsão é encaminhada para o Laboratório de Controle de Qualidade (LCQ) que, por meio do teste de centrifuga, certifica se a mistura está estável. A segunda etapa (completagem) do esmalte consiste na adição dos demais componentes (aguarrás, secantes, demais aditivos). Por fim, o esmalte é pigmentado no Laboratório de Colorimetria (LC) e submetido aos testes de controle de qualidade.

Com a aprovação do lote do esmalte pelo LCQ, o produto é envasado por meio de máquinas automatizadas e encaminhado para a expedição, onde é feito o armazenamento do produto final.

Figura 8 - Fluxograma do Processo Produtivo de Esmaltes Sintéticos



Fonte: Elaborado pela autora

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Equipamentos

Os equipamentos utilizados para a avaliação do desempenho de esmaltes sintéticos foram: Picnômetro metálico marca Byk-Gardner modelo SCB-1131; Extensores marca TKB Erchsen Instruments (tipo barra quadrangular com abertura de 0,6 mm de 75 e 150 μm e tipo espiral de 150 μm); Balança analítica marca Precision Standard modelo CS-267; Cartela zebrada Hidracor; Cartela de PVC marca Byk-Gardner, tipo Leneta, modelo P121-10N; Máquina de secagem instrumental marca BYK Gardner modelo DB 2711; Suporte Metálico marca BYK Gardner modelo DB 2720; Extensor redondo de 75 μm marca BYK Gardner modelo DB 2723; Medidor de brilho (Glossômetro) marca BYK Gardner modelo GB 4520; Centrífuga para tubos marca Quimis modelo Q-22T208; Estufa de secagem e esterilização marca Fanem modelo 315 SE; Viscosímetro de Stormer modelo VS0304.

4.2 Métodos

4.2.1 Determinação de estabilidade de emulsões de resinas alquídicas

A determinação da estabilidade de emulsões é realizada em centrífuga e tem o intuito de verificar se ocorre a quebra de emulsão que é provinda da sedimentação, floculação ou não coalescência das partículas de água e resina. Esta técnica se baseia na ação da força centrífuga sobre emulsões diluídas com solvente apropriado, em que a diluição proporciona um ambiente crítico que demonstra a eficácia da emulsão.

4.2.1.1 Ensaio

Pesou-se em um béquer de 250 mL 20 g de emulsão e, homogeneizando, adicionou-se 20 g de Xileno até dissolver toda emulsão. Em seguida, em um tubo de vidro graduado, completou-se 15 mL. O tubo foi levado, juntamente com outro tubo de vidro com 15 mL de água, para a centrífuga, em que os mesmos foram colocados em posições opostas para evitar danos no eixo do equipamento. Ajustou-se o tempo de rotação da centrífuga por 30 minutos e após decorrido o tempo, retirou-se o tubo com a amostra e avaliou se houve separação inferior (água) ou superior (solvente).

4.2.2 Determinação do teor de sólido ou material não volátil

Trata-se de um método que se baseia na normativa ABNT NBR 15315 e avalia o teor de componentes não voláteis que restam no esmalte quando os componentes voláteis evaporam. Os não voláteis são os pigmentos, alguns aditivos e resina que é responsável pelas propriedades de aderência, união entre os pigmentos, flexibilidade e impermeabilidade da tinta. Em esmaltes sintéticos deve-se ter no mínimo 30% de sólidos.

4.2.2.1 Ensaio

Pesou-se um o papel alumínio (5x5 cm) e anotou-se o valor. Zerou-se a balança e adicionou-se 2 g de esmalte com uma espátula, espalhou-se sobre toda a superfície do papel. O papel com a amostra foi levado para estufa à 100 °C por 3 horas. Após decorrido o tempo, retirou-se o material da estufa, esperou-o esfriar e verificou-se o peso final. E por fim, determinou-se o teor percentual de sólidos aplicando a fórmula abaixo.

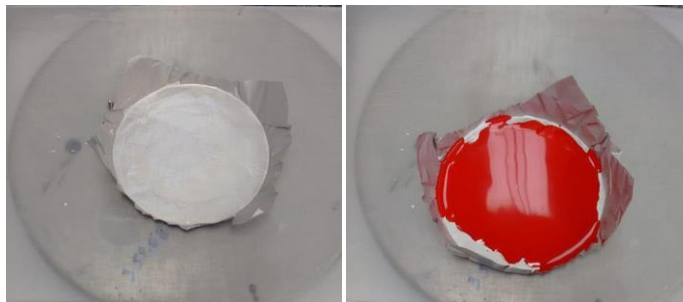
$$\text{Teor de sólidos (\%)} = \frac{C - A}{B} \times 100$$

A: Peso do papel alumínio;

B: Peso de esmalte adicionado sobre o papel alumínio;

C: Peso final

Figura 9 - Determinação de teor de sólidos



Fonte: Fotografia registrada pela autora

4.2.3 Determinação da secagem por medida instrumental

Trata-se de uma técnica que se baseia na normativa ABNT NBR 15311 e analisa o tempo de secagem de uma película de esmalte disposto numa extensão de 75 µm sobre uma lâmina de vidro. O equipamento funciona por 24 horas, em que uma agulha risca a superfície da película em uma gradação de profundidade, superficialidade até não mais danificá-la, quando o esmalte seca. Segundo a norma, o tempo máximo em que a agulha pode cortar a película é de 10 horas.

4.2.3.1 Ensaio

Homogeneizou-se previamente a amostra de esmalte e com papel umedecido com álcool limpou-se as ponteiros das agulhas e as placas de vidro. Em seguida efetuou-se a extensão da tinta sobre a placa de vidro, utilizando-se o extensor redondo de 75 µm. As placas foram dispostas no aparelho de secagem e posicionaram-se as agulhas do aparelho na posição inicial (marcação zero). Acrescentaram-se pesos de 5 g sobre as agulhas e acionou-se o funcionamento do equipamento por um período de 24 horas.

A leitura da secagem foi realizada verificando-se o tempo final de risco realizado na película de esmalte e o teste foi executado em triplicada.

Figura 10 - Representação da máquina de secagem instrumental



Fonte: Fotografia registrada pela autora

4.2.4 Determinação de secagem ao toque

Segundo a norma ABNT NBR 9558-86, o estágio de secagem ao toque é atingido (com condições de temperatura e umidade controladas) quando, ao tocar levemente a película com o dedo, não há transferência de tinta.

4.2.4.1 Ensaio

Inicialmente preparou-se a placa de vidro limpando a superfície com álcool e posteriormente fez-se a extensão do esmalte com o extensor em barra de 150 μm .

Após aplicação do filme, em intervalos de tempo de 5 minutos, verificou-se tocando levemente com o dedo o desprendimento da película e a transferência de tinta para o dedo.

4.2.5 Determinação da massa específica

A massa específica ou densidade, de acordo com a norma ABNT NBR 5829, “é a massa de certo volume de tinta em um recipiente chamado de picnômetro”.

4.2.5.1 Ensaio

Ajustou-se a temperatura do esmalte para $25 \pm 1^\circ \text{C}$ com o auxílio de um banho de gelo e verificação com o termômetro. Pesou-se o picnômetro com a tampa e tarou-se a balança. Em seguida, completou-se com o esmalte o picnômetro até a formação do menisco gerado pela tensão superficial da amostra. Colocou-se a tampa e o excedente extravasado pelo o orifício da tampa, foi limpo com papel toalha. Pesou-se o picnômetro cheio e verificou-se o valor de massa específica do esmalte.

4.2.6 Determinação da viscosidade

A viscosidade é a resistência de um líquido a uma força aplicada e ela pode ser medida pelo o equipamento de Stormer. O mesmo é utilizado para a medição de viscosidade de fluídos de comportamento tixotrópico. Esse tipo de fluido tende a alterar sua viscosidade de acordo com a agitação mecânica que lhe é aplicada, ou seja, se esta agitação aumenta, a viscosidade diminui. O viscosímetro é constituído por uma roda dentada acoplada a uma haste. Sob ação de um peso com massa conhecida preso a um cordão, a roda gira e faz girar também a haste. Quanto maior a massa, mais rapidamente a haste gira e quanto mais viscosa a amostra, mais massa é necessária para fazê-la girar. A viscosidade é dada em unidades Krebs (KU em inglês). A precisão do Krebs está entre 49 e 140 KU, e o peso varia entre 75 e 1000 gramas.

4.2.6.1 Ensaio

Ajustou-se a temperatura do esmalte para $25 \pm 1^\circ \text{C}$ com o auxílio de um banho de gelo e verificação com o termômetro. Acoplou-se o recipiente contendo o esmalte no local apropriado do viscosímetro e elevou-o até a linha de graduação demarcada na haste. Adicionaram-se pesos de massas conhecidas no suporte do cordão e liberou-se a roda dentada para girar. Com o auxílio de um cronômetro, marcou-se o tempo desde a liberação da roda até que a haste completar 100 rotações (significa marcar o tempo para uma volta completa do ponteiro conta-giros do aparelho). Ajustaram-se os pesos de modo que o tempo ficasse entre 27 e 33 segundos, que é o intervalo aceitável. Por fim, verificou-se o valor final na tabela de interpolação de Krebs (relaciona peso usado e tempo cronometrado) de acordo com o peso e o tempo cronometrado.

4.2.7 Determinação do Brilho

A técnica se baseia na norma e tem por objetivo determinar o brilho em películas de esmaltes com base na medida fotoelétrica da reflexão da luz incidente nos ângulos 20° , 60° e 85° diretamente na superfície da película, conforme a norma ABNT NBR 15299:2015. De acordo com a norma, o valor mínimo de unidades de brilho no ângulo de 60° é de 70 UB.

4.2.7.1 Ensaio

Inicialmente preparou-se a placa de vidro limpando a superfície com álcool e posteriormente fez-se a extensão do esmalte com o extensor em barra de $150 \mu\text{m}$. A placa foi

condicionada num período de 24 horas em ambiente com troca de ar, à temperatura de $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $60 \pm 5\%$, na posição horizontal. A leitura com o Glossômetro foi efetuada nas placas de vidro, que foram posicionadas sobre a cartela de PVC preta. Foram efetuadas três leituras em pontos diferentes na película e calculou-se a média dos resultados.

Figura 11 - Ensaio de medição de brilho do esmalte

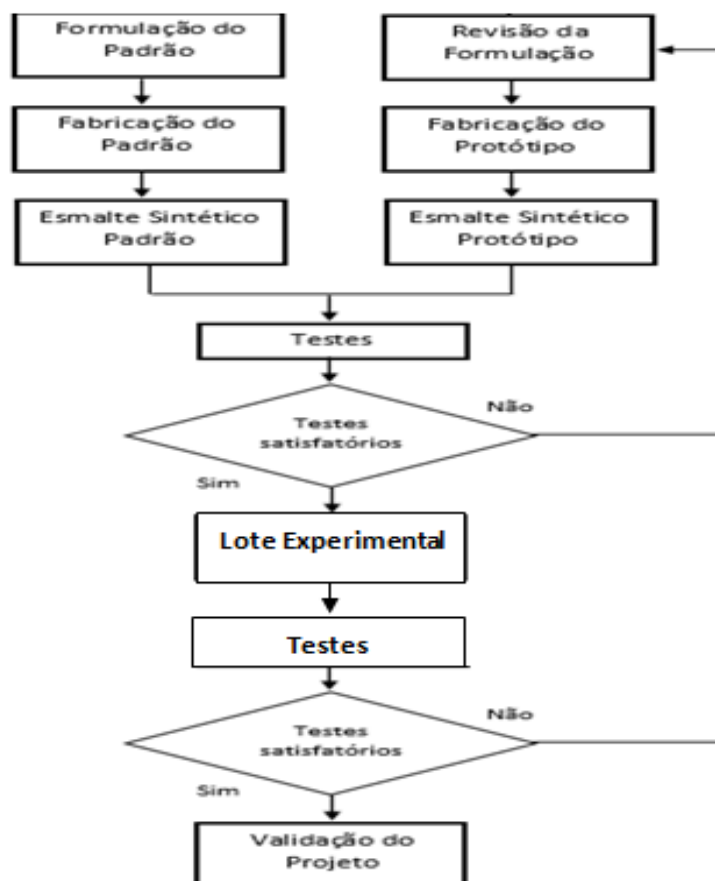


Fonte: Fotografia registrada pela autora

4.3 Preparo das amostras e execução dos ensaios

Para a execução do trabalho foi escolhido a cor vermelha na realização dos testes iniciais por convenção. Após estabelecimento de fórmula, os ensaios foram realizados com as outras cores da linha. O percentual de sólidos na resina alquídica longa (RAL) utilizada foi de 80% e na resina alquídica curta (RAC) foi de 60%. No início prepararam-se os padrões dos esmaltes, e a partir do padrão, fabricaram-se as propostas.

Figura 12 - Fluxograma da metodologia utilizada na execução do trabalho



Fonte: Elaborado pela autora

Para a formulação do protótipo utilizou-se a fórmula padrão como modelo para o desenvolvimento do esmalte com resina alquídica curta em óleo. Por questões de sigilo, os nomes comerciais das matérias primas não foram informados no trabalho (apenas os nomes genéricos serão explicitados), sendo as mesmas escolhidas com o auxílio da empresa Hidracor S/A. Após a fabricação dos esmaltes sintéticos, dos testes e do acompanhamento do desempenho dos mesmos em laboratório, executou-se a fabricação do lote experimental do protótipo na fábrica, em que amostras da emulsão e do produto acabado foram submetidas à aprovação do laboratório de controle de qualidade (LCQ).

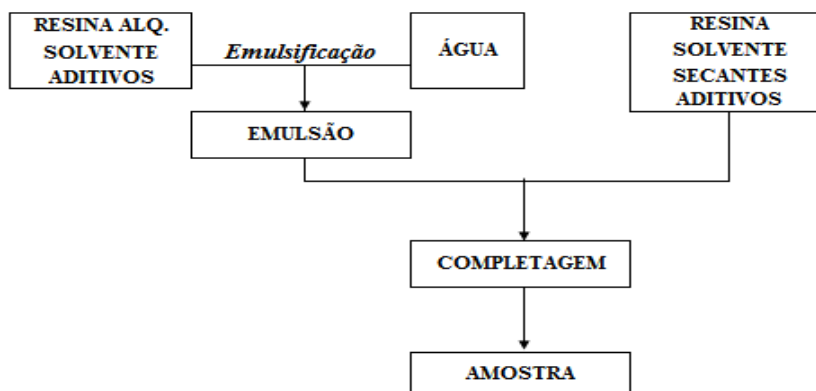
Na tabela 2 segue as formulações dos esmaltes sintéticos padrão e da proposta inicial com as informações de percentuais das matérias-primas. A escolha dos insumos foi realizada com o auxílio da empresa onde o trabalho foi executado. Os ensaios foram feitos em laboratório de acordo com o fluxograma (Figura 12).

Tabela 2 - Formulações dos esmaltes sintéticos

PADRÃO		PROPOSTA 1	
EMULSÃO ALQ LONGA 80%		EMULSÃO ALQ CURTA 60%	
Descrição	%	Descrição	%
RESINA ALQ LONGA 80%	29,0	RESINA ALQ CURTA 60%	30,0
SOLVENTE	18,0	SOLVENTE	12,0
EMULSIONANTE	3,0	EMULSIONANTE	3,0
ÁGUA	50,0	ÁGUA	55,0
	100,0		100,0
COMPLETAGEM		COMPLETAGEM	
Descrição	%	Descrição	%
EMULSÃO ALQ LONGA 80%	50,0	EMULSÃO ALQ CURTA 60%	52,0
RESINA ALQ LONGA 80%	7,0	RESINA ALQ CURTA 60%	20,0
RESINA FENOLADA	20,0	RESINA FENOLADA	6,0
SOLVENTE	16,0	SOLVENTE	15,0
SECANTE	1,7	SECANTE	1,7
ANTIESPUMANTE	0,1	ANTIESPUMANTE	0,1
ANTIPELE	0,2	ANTIPELE	0,2
PIGMENTO	5,0	PIGMENTO	5,0
	100,0		100,0

Fonte: Elaborado pela autora

Figura 13 - Fluxograma de preparação de amostra em laboratório



Fonte: Elaborado pela autora

Um motor elétrico com entrada para acoplagem e eixo (dispersor), com regulação de altura e rotação (rpm), foi o sistema adotado para a realização dos ensaios. O dispersor usado, conhecido como *Cowless*, consiste em um disco serrado com bordas alternadas montadas em um eixo de alta velocidade de rotação, em que o mesmo é colocado verticalmente em um recipiente cilíndrico que contém o esmalte.

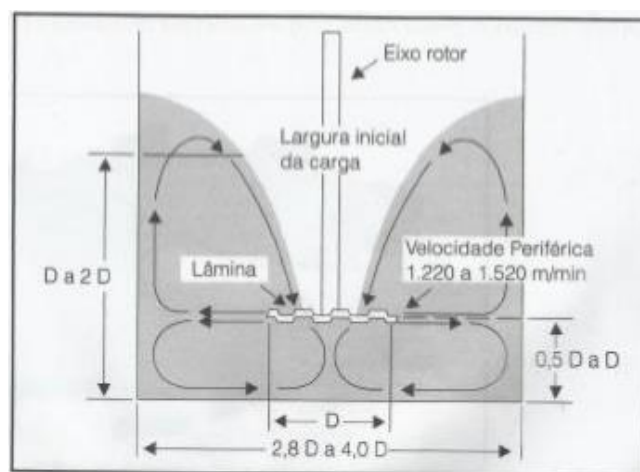
Figura 14 - Sistema de dispersão e mistura do esmalte sintético



Fonte: Fotografia registrada pela autora

Na rotação, é necessária a formação de vórtice para que a dispersão ocorra de maneira eficaz, logo, a velocidade de operação nos ensaios foi entorno de 900rpm, para que se formasse uma matriz giratória de circulação devida á rotação da lâmina de impulsão. O vórtice é necessário para que ocorra, de maneira igualitária a dispersão das partículas tanto da parte superior quanto inferior da mistura.

Figura 15 - Formação de vórtice com dispersor de Cowless



Fonte: (FAZENDA, 2009)

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A primeira fase de avaliação dos resultados foi o de verificar se ocorreu separação de fases da emulsão do protótipo com resina alquídica curta (RAC), que de acordo com a figura 16, observa-se que não ocorreu desestabilidade da mesma. Na emulsão do esmalte sintético padrão, com resina alquídica longa (RAL), também não ocorreu separação de fases, logo, prosseguiu-se com a etapa seguinte de completagem e pigmentação, tendo os resultados dos testes explicitados na tabela 3.

Figura 16 - Resultado do teste de centrifuga da emulsão do protótipo da proposta 1



Fonte: Fotografia registrada pela autora

Tabela 3 - Tabela de resultados iniciais

Testes	PADRÃO	PROPOSTA 1
Viscosidade (KU)	65	74
Densidade (g/mL)	0,95	0,97
Cobertura (%)	89,12	88,6
Brilho 60° (UB)	78,62	75,14
Teor de sólidos (%)	34,17	33,67
Secagem Instrumental (h)	7:30:00	6:00:00
Secagem ao toque (min)	45	25
Custo por Kg (R\$)	4,23	3,92
Custo por L (R\$)	4,02	3,80

Fonte: Elaborada pela autora

Por meio dos resultados é possível verificar que os valores estão em conformidade com suas respectivas normas, podendo-se verificar a perceptível redução do tempo de secagem instrumental e ao toque com a troca das resinas, no entanto, a meta de

secagem de 20 min. ao toque não foi atingida (de acordo com pesquisa realizada pela Empresa com concorrentes, esmaltes de secagem rápida têm secagem ao toque entorno de 20 min.).

Com o auxílio do químico formulador da empresa foi elaborado uma proposta 2, com os percentuais dos componentes da formulação ajustados, conforme tabela 4, de modo a garantir uma melhor secagem superficial, sem causar danos a película formada, garantindo também à redução de custo desejada.

Tabela 4 - Fórmula da proposta 2

PROPOSTA 2	
EMULSÃO ALQ CURTA 60%	
Descrição	%
RESINA ALQ CURTA 60%	35,0
SOLVENTE	12,0
EMULSIONANTE	3,0
ÁGUA	50,0
	100,0
COMPLETAGEM	
Descrição	%
EMULSÃO ALQ CURTA 60%	49,0
RESINA ALQ CURTA 60%	21,0
RESINA FENOLADA	7,0
SOLVENTE	15,7
SECANTE	2,0
ANTIESPUMANTE	0,1
ANTIPELE	0,2
PIGMENTO	5,0
	100,0

Fonte: Elaborada pela autora

Na emulsão reduziu-se o teor de água, que dentre os componentes, é a que possui menor taxa de evaporação, e aumentou-se o teor de resina. Na etapa de completagem reduziu-se o percentual de emulsão, de modo a diminuir cerca de 10% do teor de água na fórmula e aumentou-se o percentual de RAC, secante e resina fenolada, em que esta auxilia na formação de um filme com maior dureza e resistência, propiciando melhor secagem ao toque.

Tabela 5 - Tabela de resultados do padrão e propostas

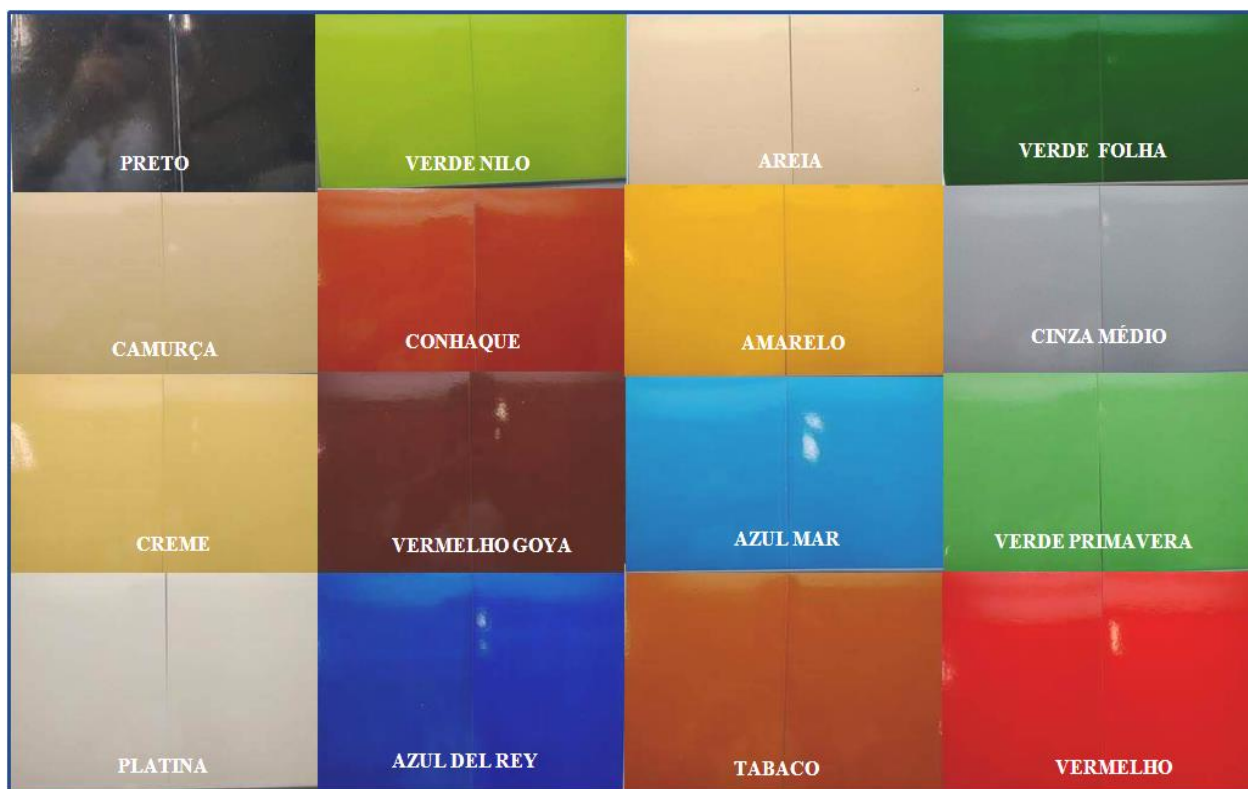
Testes	PADRÃO	PROPOSTA 1	PROPOSTA 2
Viscosidade (KU)	65	74	78
Densidade (g/mL)	0,95	0,97	0,99
Cobertura (%)	89,12	88,6	89,52
Brilho (UB)	78,62	75,14	73,27
Teor de sólidos (%)	34,17	33,67	35,52
Secagem Instrumental (h)	7:30:00	4:00:00	3:10:00
Secagem ao toque (min)	45	25	20
Custo por Kg (R\$)	4,23	3,92	3,98
Custo por L (R\$)	4,02	3,80	3,94

Fonte: Elaborada pela autora

Com base nos dados referentes à nova proposta, foi possível atingir a meta de redução de tempo de secagem ao toque desejada, de 20 minutos, além da maior redução do tempo de secagem instrumental. Na proposta 2, o valor do brilho está dentro das especificações, no entanto, há uma redução de aproximadamente 5 UB em relação ao valor de brilho padrão, e este fenômeno pode ser justificado pelo tempo de secagem que passou a ser menor, logo a reticulação pode não ter o tempo suficiente para se formar, interferindo, desta forma, no brilho do filme gerado.

Tendo por base o esmalte sintético RAC vermelho desenvolvido, os mesmos procedimentos foram tomados para as outras cores do portfólio da linha. As cores do portfólio do esmalte apresentaram desempenho semelhante (figura 17) o que garantiu reprodutibilidade dos dados.

Figura 17 - Fotografia do padrão (esquerda) versus proposta (direita) das cores do portfólio



Fonte: Fotografia registrada pela autora

A variação nos valores de custo se dá por conta do tipo e quantidade de pigmento utilizado em cada cor. Os resultados da proposta 2 das cinco cores principais estão explicitados na tabela 6.

Tabela 6 - Resultados da proposta 2 nas cinco principais cores do portfólio

Testes	Cinza	Platina	Tabaco	Verde Folha	Creme
Viscosidade (KU)	76	79	75	76	78
Densidade (g/mL)	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96
Cobertura (%)	88,29	89,63	87,98	89,12	89,52
Brilho (UB)	74,33	73,58	75,31	73,94	74,85
Teor de sólidos (%)	33,62	35,11	33,25	33,98	34,69
Secagem Instrumental (h)	3:15:00	3:10:00	3:15:00	3:00:00	3:10:00
Secagem ao toque (min)	20	20	20	20	20
Custo por Kg (R\$)	3,63	3,60	3,39	3,61	3,61
Custo por L (R\$)	3,48	3,46	3,25	3,47	3,47

Fonte: Elaborada pela autora

Com os testes satisfatórios na etapa de laboratório, prosseguiram-se os ensaios para macro escala na realização de um lote experimental do esmalte sintético com resina alquídica curta na fábrica. A formulação desenvolvida em laboratório do esmalte foi executada na produção com sucesso, sendo a mesma acompanhada pelo LPD e as amostras de emulsão e produto acabado analisadas pelo LCQ. Não houve desestabilidade da emulsão e os dados obtidos no LCQ (tabela 7) estão de acordo com as especificações e com o protótipo da proposta 2 aprovada pelo o LPD.

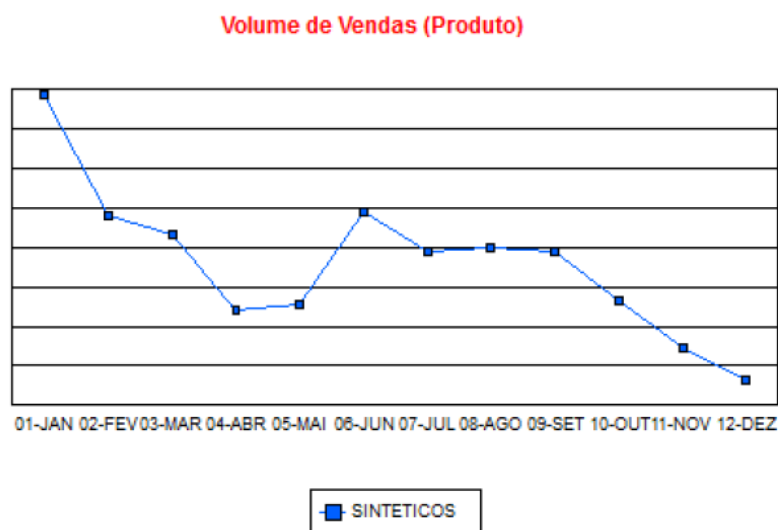
Tabela 7 - Resultados do lote experimental

TESTES	PROPOSTA 2	LOTE EXPERIMENTAL
Viscosidade (KU)	78	79
Densidade (g/mL)	0,99	0,99
Cobertura (%)	89,52	89,88
Brilho 60° (UB)	73,27	72,88
Teor de sólidos (%)	35,52	35,47
Secagem Instrumental (h)	3:10:00	3:15:00
Secagem ao toque (min)	20	20

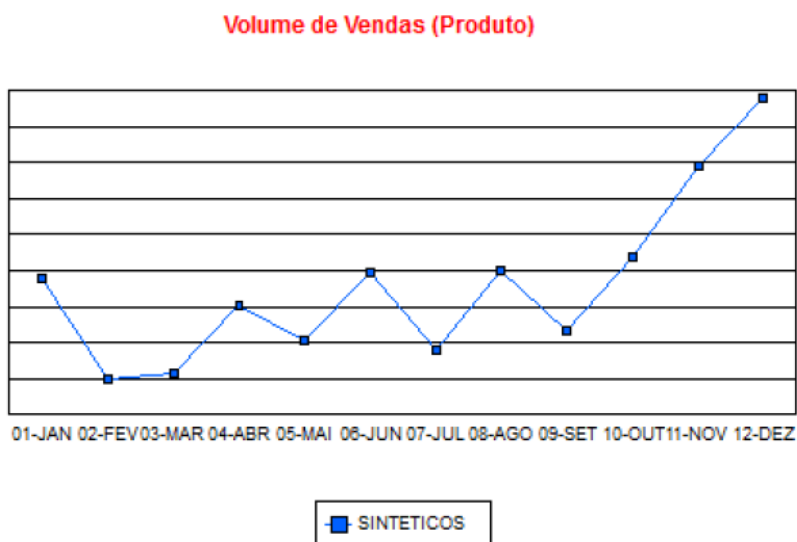
Fonte: Elaborada pela autora

Apesar do uso de uma resina alquídica mais cara e com um teor de sólidos menor, foi possível atingir a meta de redução de custo fórmula em 7,39%, que representa cerca de R\$ 528.954 de redução no faturamento projectado do ano de 2017, de acordo com informações da Empresa. Foi possível otimizar em cerca de 4 horas o tempo de secagem completa da película de esmalte (secagem instrumental), além da otimização do tempo de secagem ao toque para 20 minutos.

A partir do segundo semestre do ano de 2015, o volume de vendas diminui e se manteve constante, com pouco crescimento, até o início do segundo semestre de 2016. No entanto, com o lançamento dos novos esmaltes secagem rápida, foi possível aumentar a competitividade no mercado da Empresa Hidracor S/A, em que, a partir do mês de implantação da linha (set-2016), as vendas aumentaram como apresentado nos gráficos. O volume de vendas no ultimo mês do ano de 2016 superou o volume de vendas no mesmo período de 2015 em cerca de 65%, indicando boas perspectivas de venda para o ano de 2017.

Gráfico 1 - Volume de vendas de esmaltes sintéticos no ano de 2015¹

Fonte: Elaborado pela autora

Gráfico 2 - Volume de vendas de esmaltes sintéticos no ano de 2016¹

Fonte: Elaborado pela autora

¹Dados do eixo vertical (Volume de Vendas) omitidos por conta de segredo de fábrica.

6 CONCLUSÃO

Com a reformulação dos esmaltes sintéticos, utilizando resina alquídica curta em óleo, foi possível reduzir em 4 horas o tempo de secagem instrumental, além de otimizar para 20 minutos o tempo de secagem ao toque. Os novos esmaltes atendem as tendências de esmaltes sintéticos de secagem rápida, além de contribuírem na agilidade e bom desempenho dos trabalhos de pintores (principais responsáveis pela a boa aplicação e acabamento dos produtos), que passaram a finalizar os serviços em um tempo menor.

Apesar da resina alquídica curta em óleo possuir um percentual de sólidos menor (60%) frente à resina alquídica longa (80%), com a nova formulação obteve-se um percentual de sólidos (analisando todas as cores do portfólio da linha) acima de 30%, que se trata do percentual mínimo exigido pela a norma ABNT NBR 15315.

A nova proposta, além da melhor desempenho de secagem instrumental e ao toque, dentre outros atributos, superou o desafio no custo fórmula (considerando que a resina alquídica curta em óleo possui um preço maior frente a resina alquídica longa em óleo), obtendo-se uma redução de custo em cerca de 7,23% no quilograma do produto, o que representa uma prospecção de redução de R\$ 290.000 no ano de 2017.

Essa redução de tempo de secagem e custo influenciou diretamente na competitividade da empresa Hidracor S/A, que passou a ter um volume maior de vendas de esmaltes sintéticos a partir do mês de setembro de 2016, que foi o mês de lançamento do novo esmalte. O volume de vendas no ultimo mês do ano de 2016 superou em cerca de 65% o volume de vendas, no mesmo período, de 2015, o que indica um mercado de vendas aquecido no ano de 2017.

7 REFERÊNCIAS

ANGHINETTI, I.C.B. **Tintas, suas propriedades e aplicações imobiliárias**. 2012. 65 p. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

ABRAFATI. *Indicadores do mercado: O setor de tintas no Brasil*. 2015. Disponível em: <<http://www.abrafati.com.br/indicadores-do-mercado/numeros-do-setor/>>. Acesso em 10 out 2016.

ASSIS, W.A.; ALMEIDA, G.; QUINDICI, M.L.Z.; OLIVEIRA, M.F.; MOTA, L.M. Pigmentos. In: FAZENDA, J.M.R. (Org.). **Tintas: Ciência e tecnologia**. São Paulo: Editora Bucher, 2009. Cap. 10, p. 341-440.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 15949. **Tintas para construção civil**: Requisitos de desempenho de tintas para edificações não industriais - Tinta brilhante à base de solvente com secagem oxidativa. Rio de Janeiro, ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 15299:2015. **Tintas para construção civil**: Método de avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais – Determinação de brilho. Rio de Janeiro, ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 15311. **Tintas para construção civil**: Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais, determinação do tempo de secagem de tintas e vernizes por medida instrumental. Rio de Janeiro, ABNT, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 15315. **Tintas para construção civil**: Método de ensaio de tintas para edificações não industriais – Determinação do teor de sólidos. Rio de Janeiro, ABNT, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 5829. **Tintas, vernizes e derivados**: determinação da massa específica. Rio de Janeiro, ABNT, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 9558-86. **Tintas, determinação do tempo de secagem**: método de ensaio. Rio de Janeiro, ABNT, 1986.

BERTAN, R.R. **Importância de agentes coalescentes em tintas acrílicas decorativas base água e sua influência na resistência à abrasão úmida**. 2014, 40 p. Monografia (Graduação em Engenharia Industrial Química) – Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena.

ENAMELPAINT. *Enamel Paint*. 30 nov. 2015. Disponível em: <www.enamelpaint.org>. Acesso em: 12 out 2016.

FAZENDA, Jorge M.R.. Tintas: Ciência e tecnologia. 4. Ed. São Paulo: Bucher, 2009.

FAZENDA, J.M.R.; DINIZ, F.D. Introdução, história e composição básica. Tintas: Ciência e tecnologia. *In*: FAZENDA, J.M.R. (Org.). **Tintas: Ciência e tecnologia**. São Paulo: Editora Bucher, 2009. Cap. 1, p. 4-10.

FAZENDA, J.M.R. Polimerização: Considerações teóricas. *In*: _____. **Tintas: Ciência e tecnologia**. São Paulo: Editora Bucher, 2009. Cap. 2, p. 13-150.

FAZENDA, J.M.R.; FILHO, C.T. Resinas Fenólicas. *In*: FAZENDA, J.M.R. (Org.). **Tintas: Ciência e tecnologia**. São Paulo: Editora Bucher, 2009. Cap. 8, p. 300-310.

FAZENDA, J.M.R.; FILHO, C.T.; DEUTSCH, P. Óleos glicerídeos, resinas alquídicas e poliésteres. *In*: FAZENDA, J.M.R. (Org.). **Tintas: Ciência e tecnologia**. São Paulo: Editora Bucher, 2009. Cap. 3, p. 154-191.

FERREIRA, D. *Ameaça à competitividade das tintas*. ABRAFATI, 24 fev. 2016. Disponível em: <www.abrafati.com.br/noticias-e-artigos/ameacas-a-competitividade-das-tintas/>. Acesso em: 04 out. 2016.

FROEHNER, Sandro; LEITHOLD, Juliana e LIMA JUNIOR, Luiz Fernando. Transesterificação de óleos vegetais: caracterização por cromatografia em camada delgada e densidade. *Quím. Nova* [online]. 2007, vol.30, n.8, p.2016-2019.

GNECCO, C.; MARIANO, R.; FERNANDES, F. Pintura de manutenção industrial. *In*: FAZENDA, J.M.R. (Org.). **Tintas: Ciência e tecnologia**. São Paulo: Editora Bucher, 2009. Cap. 21, p. 798-873.

GNECCO, C. Ensaios para determinação da composição e caracterização de tintas. *In*: FAZENDA, J.M.R. (Org.). **Tintas: Ciência e tecnologia**. São Paulo: Editora Bucher, 2009. Cap. 26, p. 1009-1082.

HARTMANN, D. **Alquídicas base água emulsionadas por inversão de fase**. 2011. 104 p. Dissertação (Mestrado Profissional em Química) – Instituto de Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

KAIRALLA, R.B.; GIANFARDONI, Ana L.C.; PRADO, P.S.; TIANO, P.C.M. Processo de Fabricação. *In*: FAZENDA, J.M.R. (Org.). **Tintas: Ciência e tecnologia**. São Paulo: Editora Bucher, 2009. Cap. 16, p. 628-671.

MELLO, V. M.; SUAREZ, P. A. Z. As Formulações de Tintas Expressivas Através da História. **Revista Virtual Química**, n.1, v.4, p. 2-12, 2012.

MORAIS, A.G.B. **Avaliação de viscosidade como parâmetro de controle de qualidade em materiais de recobrimento**. 2011, 43 p. Monografia (Graduação Química Industrial). Universidade Estadual de Goiás, Anápolis.

NATALENSE, J.C.; GRAZIANI, M.; KURIYAMA, R. Solventes. *In*: FAZENDA, J.M.R. (Org.). **Tintas: Ciência e tecnologia**. São Paulo: Editora Bucher, 2009. Cap. 14, p. 558-578.

OLIVEIRA, D.V.; WOLF, C.R.; VERONA, C.C.; CORRÊA, D.S. Análise de polióis e poliácidos constituintes de resinas alquídicas visando CQ ou desenvolvimento de novos polímeros para tintas base óleo. **Revista de Iniciação Científica da ULBRA**, n.2, p. 120-125, 2003.

OKON D.E.; IBANGA, O.I. **Estudos cinéticos sobre poliesterificação de óleos insaturados e diácidos no processo de alcoólise**. Research Journal of Applied Sciences, 2009, n.4, v.4, 125.

PAINT QUALITY INSTITUTE. *Understanding Paint: Water based vs Solvent based*. Disponível em: <www.paintquality.com/en/understanding-paint/water-based-vs-solvent-based>. Acesso em: 12 out 2016.

POLIURETANOS, *Monocomponentes*. Disponível em: <<http://www.poliuretanos.com.br/Cap7/732monocomponentes.htm>>. Acesso em: 12 out 2016.

RELATÓRIO FINAL: Impacto ambiental das tintas imobiliárias. 2007. Disponível em: <http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/2007_10_31_FINEP_KAI.pdf>. Acesso em: 17/11/2016.

ROCHA, A.N.; KAIRALLA, R.B.; FERRACIOLI, A.C.; FILHO, C.A. Aditivos. *In*: FAZENDA, J.M.R. (Org.). **Tintas: Ciência e tecnologia**. São Paulo: Editora Bucher, 2009. Cap. 12, p. 496-547

THANAMONGKOLLIT, Narin. *Modification of tung oil for bio-based coating*. Master of Science Degree. University of Akron, Ohio, 2008.

VOLLHARDT, P.; SCHORE, N. **Química orgânica: estrutura e função**. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 1416 p.