

DESENVOLVIMENTO DE UMA SOLUÇÃO SECANTE BASEADO NO PROCESSO OXIDATIVO DE RESINAS ALQUÍDICAS UTILIZADAS NA LINHA IMOBILIÁRIA

Vitor Laureano Pereira¹

Josiane da Rocha Silvano²

Resumo: Atualmente o Brasil é um dos maiores produtores mundiais de tintas, se tornando um setor importante na economia, por possuir um campo com grande capacidade e potencial para o crescimento. Fabricam-se no país tintas destinadas a todas as aplicações, com tecnologia de ponta e grau de competência técnica, para atender a necessidade de todas as categorias de consumidores. Esse artigo tem como proposta desenvolver e otimizar uma solução secante utilizada na linha imobiliária sem adição de chumbo, realizando um levantamento dos possíveis secantes em potencial que permitiria ter resultados satisfatórios não perdendo as propriedades da tinta. Os secantes selecionados foram o cobalto, zircônio e cálcio. Foram variadas as concentrações dos secantes a fim de avaliar a influência de cada um deles no processo de secagem oxidativa com foco principal no tempo de secagem. Dessa forma foi possível avaliar o desempenho dos secantes estabelecendo relações entre os secantes primários, secundários e auxiliares. Verificou-se que utilizando os secantes em baixas concentrações obteve-se melhores resultados de secagem. Foi possível verificar a influência do secante cálcio que auxiliou na redução de secagem final e no aumento da dureza do filme. Estima-se uma redução de 54% no tempo de secagem, obtendo um filme mais duro e com uma secagem superficial mais eficiente, utilizando uma solução com baixas concentrações de zircônio, cobalto e cálcio.

Palavras-chave: Secagem. Alquídica. Secantes

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de tintas, tornando-se um setor importante na economia. Com toda essa evolução na indústria de tintas, o mercado atualmente procura por produtos mais sustentáveis, forçando toda a cadeia produtiva se movimentar para oferecer soluções nessa área.

Embora já existam grandes avanços na formulação das tintas imobiliárias, atualmente a composição das tintas ainda apresenta alguns produtos tóxicos.

¹ Graduando em Engenharia Química. E-mail: vitorlaureanopereira@hotmail.com

² Profa. Dra em Engenharia Química. E-mail: josiane.neves@satc.edu.br

Os secantes são os catalisadores da secagem oxidativa. Entretanto o chumbo é um dos secantes mais utilizados, porém por ser um metal pesado vem sendo eliminado. De acordo com a Lei nº 11.762, de 1º de agosto de 2008 esta Lei fixa o limite máximo de chumbo em tintas imobiliárias e de uso infantil e escolar, vernizes e materiais similares de revestimento de superfícies é de 0,06%.

Diante desse cenário o chumbo vem sendo substituído por outros componentes a fim de obter resultados similares. Este estudo tem o propósito de atender a legislação vigente para tintas imobiliárias onde requer a isenção de chumbo em tintas.

Neste sentido a proposta é desenvolver uma solução secante com cobalto, zircônio e cálcio e avaliar o seu desempenho diante do melhor tempo de secagem e dureza.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta seção será apresentada a revisão bibliográfica sobre tintas imobiliárias, bem como suas principais matérias-primas. Além disso será abordado sobre os secantes e o processo oxidativo das resinas alquídicas.

2.1 TINTAS IMOBILIÁRIAS

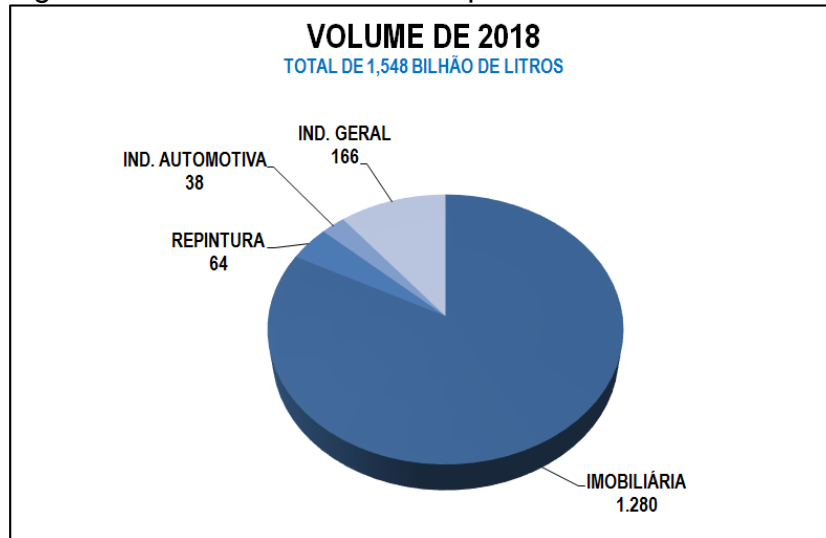
Segundo Linhares (2018), o Brasil encontra-se entre os cinco maiores mercados mundias de tintas, pelo constante investimento do setor no país, buscando fortemente novas tecnologias e maneiras mais sustentáveis para tornar seu produto melhor e assim um mercado mais competitivo no país.

O segmento tem uma gama de produtos, porém destacam-se as linhas industrial, automotiva e imobiliária como mostra a Fig. 1 , sendo que a linha imobiliária corresponde a maior parte da produção nacional com 82,7% do volume total com base no ano de 2018, sendo responsável por 63% do faturamento de acordo com Associação Brasileira de Fabricantes de Tintas (ABRAFATI, 2019).

O aumento do consumo das tintas imobiliárias exige que as indústrias estejam sempre em busca de novas tendências e tecnologias a serem agregadas ao produto, mantendo um produto final de qualidade e que atenda as normatizações

vigentes, uma delas é a NBR 15494 (2015) que estabelece os requisitos de desempenho de tintas para edificações não industriais.

Figura 1: Volume total de tintas produzida em 2018.

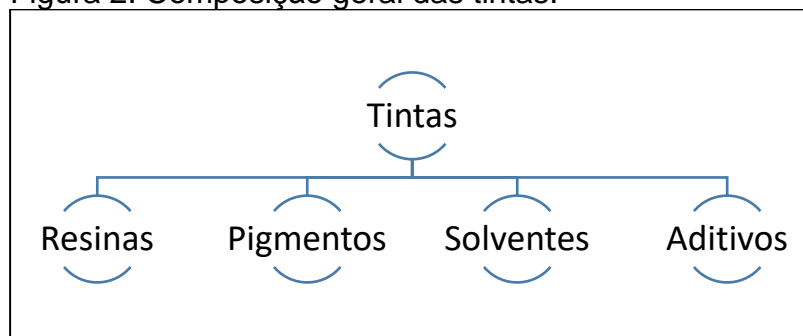


Fonte: ABRAFATI (2018)

Mesmo com as constantes pesquisas e novas formulações, as tintas ainda apresentam insumos que são prejudiciais a saúde humana e ao meio ambiente, como metais pesados, entre eles o chumbo presente em alguns pigmentos e secantes. A tinta é geralmente um líquido viscoso com dispersão de partículas sólidas, que quando aplicada no substrato sofre o processo de cura, formando um filme seco e aderindo ao substrato com a finalidade de proteger, embelezar e dar acabamento a superfície (ANGHINETTI, 2012).

São usados quatro principais matérias-primas que compõem as tintas, como mostra a Fig. 2.

Figura 2: Composição geral das tintas.



Fonte: Do autor (2019)

Como constituintes da tinta temos a resina, que é a parte não-volátil da tinta e tem como propriedade a aglutinação, sendo responsável pela construção do filme seco uniforme (ANGHINETTI, 2012).

Os pigmentos que são partículas sólidas cristalinas e insolúveis, com finalidade de conferir cor, opacidade, resistência, durabilidade, consistência e em algumas com propriedades anticorrosivas (MATOS, 2017).

O solvente é um veículo volátil com baixo ponto de ebulição, incolor e com odor característico. É utilizado no processo para solubilizar as resinas, formando uma mistura homogênea, facilitando a aplicação sobre o substrato e sua aderência (MATOS, 2017).

E os aditivos compreendem uma grande quantidade de componentes que ao serem adicionados nas tintas, proporcionam características individuais as mesmas ou melhorias nas suas propriedades (LAMBOURNE; STRIVENS, 1999). São matérias primas que geralmente correspondem a 5% da formulação e são adicionados em várias partes do processo para obter características específicas tais como antiespumante, antipele, biocida, espessante e catalisadores (ANGHINETTI, 2012).

2.1.1 Resinas alquídicas

De acordo Hare (1994), há uma variedade de resinas, onde sua denominação se dá pelos tipos de ligações ou funcionalidades presentes. As principais resinas utilizadas são: alquídicas, poliéster, epóxi, acrílica e uretânica.

A resina alquídica é um poliéster modificado com óleos, fontes de ácidos graxos que tem como principal função formar o filme em tintas e pode ser classificada em curta, média e longa (VERONA, 2004).

Apresentam uma versatilidade muito grande na indústria de tintas, possuem características essenciais como alto brilho, boa adesão, resistência a intempérie, flexibilidade e com isso ainda o baixo custo, com possibilidade de obter polímeros com diversas propriedades, variando as matérias primas utilizadas (MENEHATTI, 1996). As principais matérias primas utilizadas no processo de síntese de resinas alquídicas estão apresentadas no Qd.1.

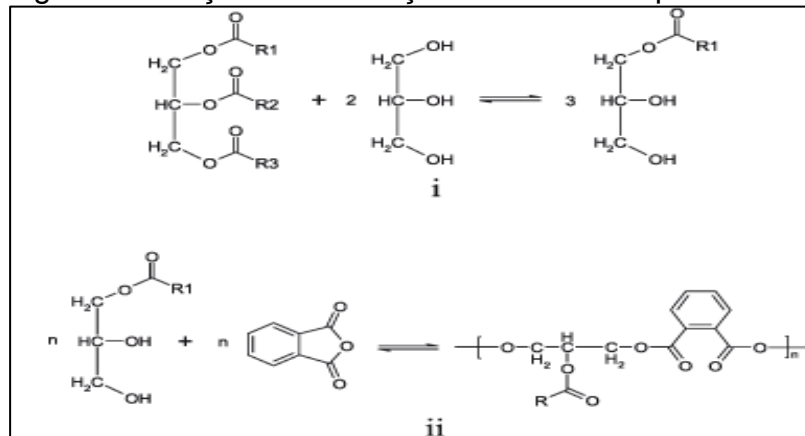
Quadro 1: Principais polióis, poliácidos e óleos vegetais utilizados na síntese de resinas alquídicas.

Polióis	Poliácidos	Óleos vegetais
Glicerol	Ácido ortoftálico	Soja
Pentaeritritol	Ácido isoftálico	Mamona desidratado
Etilenoglicol	Ácido tereftálico	Linhaça
Trimetilolpropano	Ácido malêico	Cocô

Fonte: Meneghatti (1996)

As resinas alquídicas são sintetizadas a partir de duas etapas onde consiste uma reação de alcoólise em sequência a reação de esterificação de poliálcoois, poliácidos e óleo ou ácidos graxos de acordo com a Fig. 3.

Figura 3: Reações de obtenção de resinas alquídicas.



Fonte: Suarez (2007)

Na Fig.3 a reação i etapa de alcoólise, um triglicerídeo é transformado em um monoglicerídeo, a partir da reação com o poliol em condições catalíticas ideais utilizando hidróxido de lítio, a uma faixa de temperatura de 230°C a 250°C com agitação e sistema inerte com nitrogênio, para evitar a presença de oxigênio, dessa forma diminuindo a oxidação do óleo (FAZENDA, 2009).

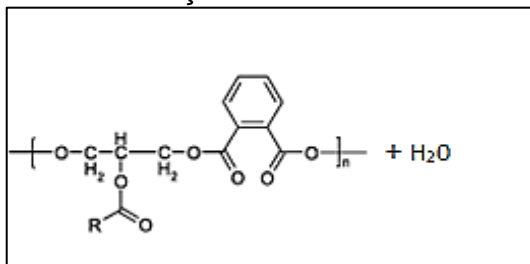
O triglicerídeo por não possuir carboxilas ou hidroxilas livres não tem sua reação diretamente reativa, mas a partir do momento que passa a ser um monoglicerídeo possui agrupamentos de hidroxila e com isso participa da reação de esterificação, fazendo com que sua função carboxila seja adicionada a cadeia polimérica (VERONA, 2004).

No final do processo de alcoólise tem-se uma mistura de poliol não reagido, monoglicerídeos, diglicerídeos e óleo não reagido, as quantidades desses produtos se dá pela relação inicial de poliol e óleo e também temperatura, tempo e catalisador.

Para identificar se houve uma conversão ideal é realizado um teste empírico com metanol onde é avaliada a solubilidade do solvente no meio resínico, partindo do princípio que o metanol é insolúvel em óleo e solúvel em monoglicérides (WICKS, 1992).

Na Fig.3 a reação ii ocorre a etapa de esterificação partindo do produto da alcoólise e assim dando continuidade ao processo reacional. Alguns polióis e poliácidos são adicionados durante o processo a fim de conferir algumas propriedades à resina alquídica como resistência física e mecânica. O processo deve ser conduzido em sistema inerte com nitrogênio, onde é adicionado solvente em pequena quantidade para manter um refluxo constante e dessa forma facilitar a retirada da água gerada no processo como pode ser visto na Fig. 4. Com a retirada da água o equilíbrio da reação desloca-se no sentido de formação dos produtos assim obtendo uma melhor conversão (VERONA, 2004).

Figura 4: Produtos gerados na reação de esterificação.



Fonte: Adaptado de Suarez (2004, p 674)

2.1.4 Aditivos Secantes

Conforme Fazenda (2009) atualmente há uma grande variedade de aditivos utilizados na indústria de tintas e vernizes, pois são matérias-primas que envolvem muita tecnologia e quando adicionada ao meio apresentam uma grande eficiência e influenciam significativamente nas propriedades das tintas.

Os catalisadores também usualmente chamados de secantes, utilizados na polimerização oxidativa de sistemas insaturados, são carboxilatos de metais de transição onde são diluídos em ácidos carboxílicos naturais ou sintéticos. Os secantes em meio sintético possibilitam garantir uma maior pureza e baixo custo para esse

insumo onde são amplamente empregados pois dessa forma garante uma homogeneidade no meio resínico (MENEGETTI, 1996).

A polimerização oxidativa é dividida em duas etapas: oxidação e polimerização. Há secantes que agem em determinadas etapas com isso são classificados como secantes primários, secundários e auxiliares.

a) Octoato de chumbo

O mais importante secante que age nas camadas mais profundas do filme, sendo responsável por uma secagem uniforme de todo o filme por polimerização, obtendo um filme duro e flexível, mas quando usado sozinho não apresenta bom resultado (MENEGETTI, 1996).

Porém seu uso vem sendo cada vez mais extinto devido a Lei Federal 11.762 onde fixa o limite máximo de chumbo permitido na fabricação de tintas imobiliárias e de uso infantil e escolas, proibindo concentração igual ou superior a 0,06% de chumbo em peso (BRASIL, 2008).

b) Octoato de cobalto

Secante primário que apresenta uma compatibilidade grande com resinas alquídicas, muito utilizado devido a alta complexidade, age na etapa de oxidação e possui coloração vermelho violeta com isso pode afetar a cor do líquido, porém dificilmente afeta a cor da tinta seca (BIELEMAN, 2002).

Por ser um composto muito ativo sua reação ocorre muito rapidamente, podendo causar enrugamento na película pois age na superfície do filme. Com essa formação rápida, cria uma barreira na película impedindo a passagem de oxigênio no interior do filme e dificultando a reação subsequente de polimerização (MENEGETTI, 1996).

c) Octoato de manganês

Classificado como um secante primário o manganês tem suas funções muito similar à do octoato de cobalto com relação a sua secagem superficial, mas tem

maior polimerização no interior do filme que o cobalto. Aconselha-se ser usado em conjunto com secante auxiliar para não ocorrer enrugamento e dependendo de sua dosagem causa amarelamento em tintas brancas (BIELEMAN, 2002).

d) Octoato de zircônio

É classificado como secundário, pois sua função é facilitar o mecanismo de reação dos secantes cobalto e manganês e também vem como alternativa para a substituição do octoato de chumbo.

Não apresenta limitações de aplicações ligadas à toxicidade. Atua na secagem no interior do filme e tem grande participação na etapa de polimerização da película. Conferindo características como dureza, cor e brilho da película e também evitando o enrugamento do filme (MENEGETTI, 1996).

e) Octoato de Cálcio

Seguindo os secantes auxiliares, o cálcio tem como função melhorar a dureza e o brilho, é muito eficiente quando usado com cobalto e zircônio contribuindo para que a secagem ocorra mesmo em condição de baixas temperaturas e alta umidade, além disso ajuda como umectante e dispersante de pigmentos, com isso evita a formação e sedimentação da pele (BIELEMAN, 2002).

3.2 SECAGEM OXIDATIVA

Na secagem das tintas alquídicas é possível identificar vários estágios. O processo inicial é a secagem física que é a evaporação do solvente presente, formando um filme fechado a partir da união das partículas aglutinadas. Na sequência acontece a secagem química também conhecida como secagem oxidativa, um processo de auto-oxidação lipídica onde a tinta é seca com oxigênio molecular e sua reação de reticulação é acelerada com adição de secantes (GORKUM; BOUWMAN, 2005).

No decorrer do processo de secagem ocorrem 4 fases sobrepostas, que são os períodos de indução, formação de hidroperóxido, decomposição de hidroperóxido em radicais livres e polimerização ou reticulação.

A primeira fase da oxidação chamada de indução, é determinada pelo início da aplicação da tinta no substrato até o momento em que o filme começa a absorver o oxigênio do ar. O processo de indução ocorre porque os efeitos do solvente, anti-pele e antioxidantes presentes na resina alquídica devem ser superados para que o processo de secagem possa começar (BIELEMAN, 2002).

A auto-oxidação das cadeias insaturadas dá origem a formação do hidroperóxido a partir da absorção do oxigênio da atmosfera, com o início da decomposição do hidroperóxido de acordo com o Qd.2 as Eq. 3 e 4, tem como resultado a formação de sítios ativos por meio das ligações cruzadas. Os peróxidos e alcóxidos são responsáveis pelo processo de polimerização interagindo por meio de ligações nas moléculas insaturadas (MENEGHETTI, 1996).

A polimerização se dá por reações de terminações de radicais promovendo a reticulação das cadeias de acordo com o Qd.2 as Eq. 7 a 10, com esse processo há um aumento rápido da viscosidade até a secagem e endurecimento do filme, as ligações cruzadas são irreversíveis, com isso quando a tinta secar não será facilmente removida (GORKUM; BOUWMAN. 2005).

Quadro 2: Mecanismo de auto-oxidação de alquídicas catalisada por metais.

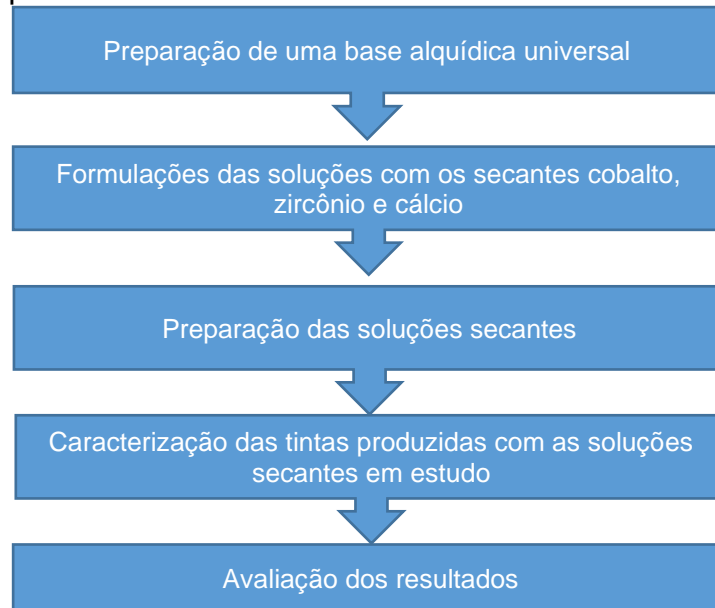
Iniciação	
$\text{In}_2 \rightarrow 2 \text{In}\cdot$	(1)
$\text{In}\cdot + \text{RH} \rightarrow \text{R}\cdot + \text{InH}$	(2)
$\text{ROOH} + \text{M}^{n+} \rightarrow \text{RO}\cdot + \text{M}^{(n+1)+} + \text{OH}^-$	(3)
$\text{ROOH} + \text{M}^{(n+1)+} \rightarrow \text{ROO}\cdot + \text{M}^{n+} + \text{H}^+$	(4)
Propagação	
$\text{R}\cdot + \text{O}_2 \rightleftharpoons \text{ROO}\cdot$	(5)
$\text{ROO}\cdot + \text{RH} \longrightarrow \text{ROOH} + \text{R}\cdot$	(6A)
$\text{RO}\cdot + \text{RH} \rightarrow \text{ROH} + \text{R}\cdot$	(6B)
Terminação	
$\text{R}\cdot + \text{R}\cdot \rightarrow \text{R-R}$	(7)
$\text{RO}\cdot + \text{R}\cdot \rightarrow \text{ROR}$	(8)
$\text{ROO}\cdot + \text{R}\cdot \rightarrow \text{ROOR}$	(9)
$\text{RO}\cdot + \text{RO}\cdot \rightarrow \text{ROOR}$	(10)

Fonte: Adaptado de Gorkum; Bouwman (2005, p. 12)

3 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

Este trabalho foi organizado em 5 etapas para seu desenvolvimento e conclusão, conforme ilustrado na Figura 5:

Figura 5: Etapas de desenvolvimento do procedimento



Fonte: Do autor (2019)

3.1 PREPARAÇÃO DA BASE UNIVERSAL

Preparou-se uma mistura universal para a tinta imobiliária, utilizando balança analítica pesou-se uma resina alquídica, solvente e emulsificante sendo colocado em dispensor cowles a 900 rotações por minuto por 5 minutos, ao finalizar o tempo foi aumentado a velocidade do dispensor para 1300 rpm onde iniciou-se a adição de água deionizada utilizando um bureta graduada por 50 minuto manter vórtice do dispensor cowles sendo direcionado a água para dentro do vórtice, após o termino da adição manter por mais 10 minutos para homogeneizar. Foi carregado solventes, antiespumante e antioxidante, adicionou-se um item de cada vez, dentro do vórtice, agitando a 900 rpm ao finalizar a adição deixou-se em agitação por mais 10 minutos.

Ao finalizar a base foi adicionado a um concentrado branco sendo previamente preparado e as soluções secantes variando 3 tipos de secantes a partir das formulações

3.2 FORMULAÇÕES DAS SOLUÇÕES SECANTES

De acordo com os estudos foram selecionados os seguintes secantes para o presente trabalho: zircônio, cobalto e cálcio. Com isso realizou-se os cálculos das formulações variando os 3 tipos de secantes com relação ao teor de óleo da resina utilizada. Primeiramente foi estabelecido uma relação entre o secante primário e o secundário a fim de determinar as influências sobre a tinta imobiliária conforme a Tab.1.

Vale ressaltar que o Zircônio é adquirido em forma de solução contendo 18% em massa de Zircônio. Conforme pode-se verificar foram calculadas as massas em gramas de zircônio e transformadas em número de mols, a fim de calcular razão entre zircônio e cobalto.

Tabela 1: Formulação de zircônio em função do cobalto.

Solução Zr 18%(g)	Zr(g)	Nº mols	Razão	
0,1096	0,0197	0,0002163	0,5	Zr/Co
0,1754	0,0316	0,0003462	0,8	Zr/Co
0,2193	0,0395	0,0004327	1	Zr/Co
0,3947	0,0710	0,0007788	1,8	Zr/Co
0,5702	0,1026	0,0011250	2,6	Zr/Co
0,7894	0,1421	0,0015577	3,6	Zr/Co
0,9868	0,1776	0,0019471	4,5	Zr/Co
1,1622	0,2092	0,0022933	5,3	Zr/Co

Fonte: Do autor (2019)

A partir da razão Zr/Co apresentada na Tab. 1 optou-se por manter constante a quantidade de cobalto e cálcio e avaliar a influência do zircônio conforme descrito na Tab. 2. Vale ressaltar que a quantidade de cálcio está calculada para a quantidade de óleo da resina utilizada nesse estudo.

Tabela 2: Formulação da solução secante zircônio em função do cobalto.

Zr/Co	0,5	0,8	1	1,8	2,6	3,6	4,5	5,3
Co (g)	0,425	0,425	0,425	0,425	0,425	0,425	0,425	0,425
Ca (g)	2,125	2,125	2,125	2,125	2,125	2,125	2,125	2,125
Zr (g)	0,110	0,175	0,219	0,395	0,570	0,789	0,987	1,162
Total	2,660	2,725	2,769	2,945	3,120	3,339	3,537	3,712

Fonte: Do autor (2019)

Ao finalizar as formulações das soluções foi realizado um teste preliminar de secagem ao ar em temperatura ambiente de aproximadamente 25°C para que fosse possível verificar o tempo de secagem com essas relações. O melhor resultado médio foi utilizado para dar continuidade aos ajustes e com isso estabelecer uma nova relação entre o secante primário e auxiliar como apresentado na Tab.3.

Tabela 3: Formulação de cálcio em função de cobalto

Solução Ca 4%(g)	Ca (g)	Nº mols	Razão	
0,3462	0,0138	0,00034615	0,8	Ca/Co
0,4327	0,0173	0,00043269	1	Ca/Co
0,7788	0,0312	0,00077885	1,8	Ca/Co
1,2115	0,0485	0,00121154	2,8	Ca/Co
1,6442	0,0658	0,00164423	3,8	Ca/Co
2,1202	0,0848	0,00212020	4,9	Ca/Co
2,5529	0,1021	0,00255289	5,9	Ca/Co
2,9856	0,1194	0,00298558	6,9	Ca/Co

Fonte: Do autor (2019)

Após a relação estabelecida foi desenvolvida as soluções agora sendo cálcio em função do cobalto conforme a Tab.4. A partir da razão Ca/Co apresentada na Tab. 3 optou-se por manter constante a quantidade de cobalto e zircônio e avaliar a influência do cálcio conforme descrito na Tab. 4. Vale ressaltar que as quantidades de cobalto e zircônio foram obtidas dos testes preliminares descritos anteriormente.

Tabela 4: Formulação da solução secante de cálcio em função cobalto

Ca/Co	0,8	1	1,8	2,8	3,8	4,9	5,9	6,9
Co (g)	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28
Zr (g)	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53
Ca (g)	1,04	1,30	2,34	3,63	4,93	6,36	7,66	8,96
Total	2,84	3,10	4,14	5,43	6,73	8,16	9,46	10,76

Fonte: Do autor (2019)

3.3 CARACTERIZAÇÃO DAS TINTAS

A fim de verificar a influência das soluções secantes nas tintas foram realizados dois métodos de caracterização para avaliação, o tempo de secagem e a dureza.

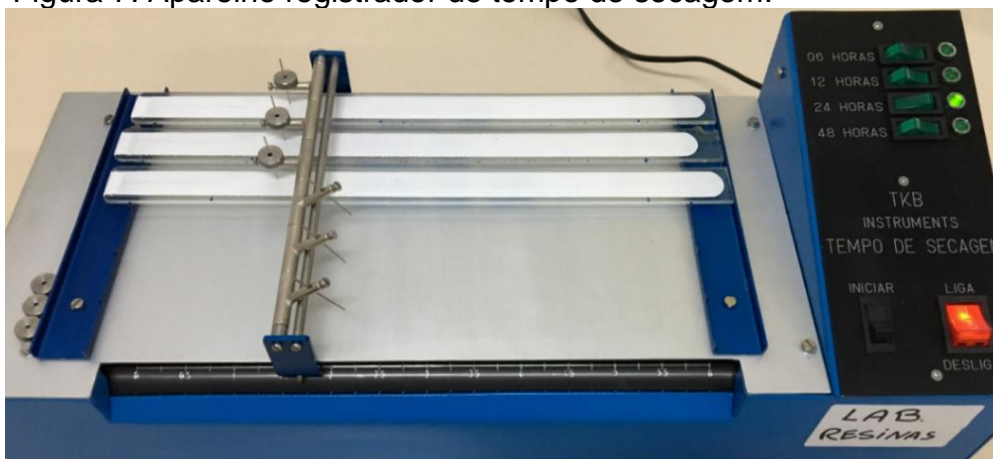
a) Tempo de secagem

Para avaliação do tempo de secagem foi seguida a norma NBR 15311 (2016) que é o método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais que tem como objetivo a determinação do tempo de secagem de tintas e vernizes por medida instrumental.

De acordo com indicações da Norma é necessário fazer o controle de temperatura e umidade da sala onde foi realizado o ensaio. Foi utilizado o aparelho registrador de tempo de secagem da marca TKB Erichsen conforme a Fig.7.

Inicialmente deverá ser homogeneizou-se as tintas testes, para a preparação de três corpos de prova conforme estabelecido pela norma. O equipamento disponibiliza um extensor de 75 micrômetros e placas de vidro para a preparação dos corpos de prova. Vale ressaltar que essa preparação dos três corpos de prova deve ser inferior ou igual a 5 minutos.

Figura 7: Aparelho registrador de tempo de secagem.



Fonte: Do autor (2019)

Transferiu-se os corpos de prova para o equipamento de medição de tempo de secagem, regulou-se o aparelho na posição 24h, em seguida foram abaixadas as agulhas e inseri o peso sobre elas, ajustando as agulhas para que risquem a película perpendicular ao filme, após esses ajustes foi iniciado o ensaio.

Ao finalizar as 24 horas de ensaio é realizado a leitura do teste de secagem, levantou-se os suportes com as agulhas, retirando a placa de vidro do suporte e

colocou-se sobre um fundo de contraste com o filme, marcando o ponto onde as agulhas pararam de riscar o filme, ao serem feitas as marcações colocou-se no aparelho novamente e foi realizado a leitura do tempo de secagem.

b) Dureza

Para avaliar a dureza das tintas foi realizada a caracterização utilizando a NBR 14946 (2017), essa norma avalia o desempenho de tintas para edificações não industriais utilizando o pêndulo de König marca TKB Erichsen como ilustrado na Fig. 8.

Figura 8: Pêndulo de König.



Fonte: Do autor (2019)

Inicialmente limpou-se com álcool o painel de vidro de 10 cm de largura, 20 cm de comprimento e 6 mm de espessura a fim de remover toda a sujeira da superfície. Aplicou-se o filme da amostra sobre o painel de vidro onde foi usado um extensor de barra de espessura de 90 micrômetros.

Aguardou-se até o filme secar/ curar em seguida colocou-se o painel com o filme no durômetro de pêndulo de König, elevando o painel para que a esfera

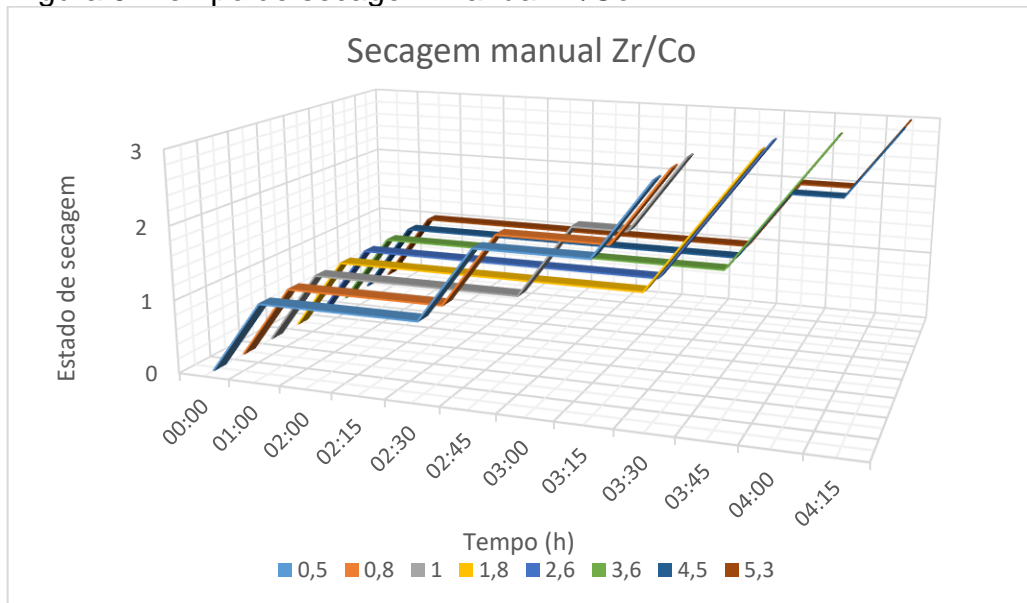
entrasse em contato com o filme, posicionando o pêndulo na posição inicial de 90°, zerou-se o contador e em seguida foi liberado o pêndulo iniciando as oscilações, aguardou-se até que as oscilações não afetassem a contagem

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Fig.9 apresenta o teste de secagem manual preliminar aplicado na primeira relação zircônio/cobalto conforme apresentados na Tab. 2.

Para avaliar a secagem manual dessas formulações foi estabelecido uma legenda como referência de estado de secagem, onde 1 é o estado de secagem com pega (filme ainda mole), 2 apresenta leve pegajosidade (um filme superficialmente mais seco) e 3 filme sem pega (totalmente seco sem marcas).

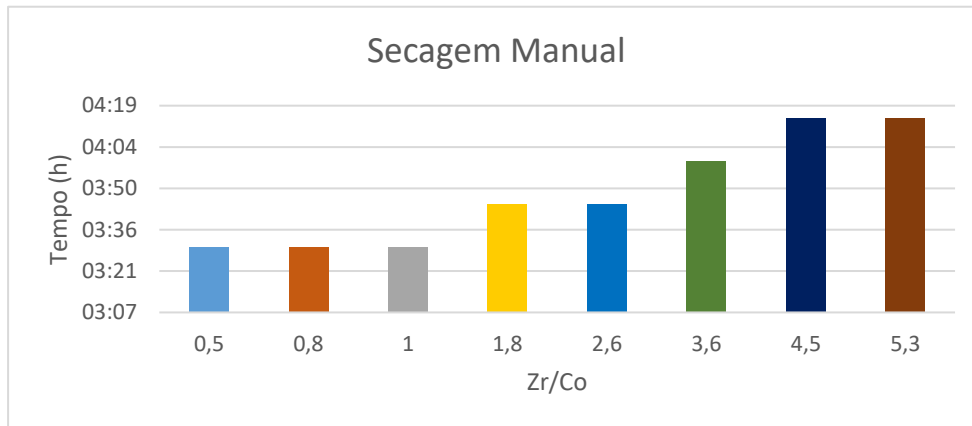
Figura 9: Tempo de secagem manual Zr/Co.



Fonte: Do autor (2019)

De acordo com os resultados apresentados observa-se que conforme o aumento da razão entre Cobalto e Zircônio as amostras levaram um tempo maior para a secagem. Para melhor visualização a Fig. 10 apresenta apenas a secagem final das amostras. É possível verificar que conforme o aumento no teor de zircônio mais tempo leva para a secagem final. As amostras com razão de 0,5; 0,8 e 1,0 foram as que apresentaram os resultados com tempo de secagem mais baixo, ficaram em torno de 3:30h de secagem final.

Figura 10: Tempo de secagem manual Final Zr/Co.

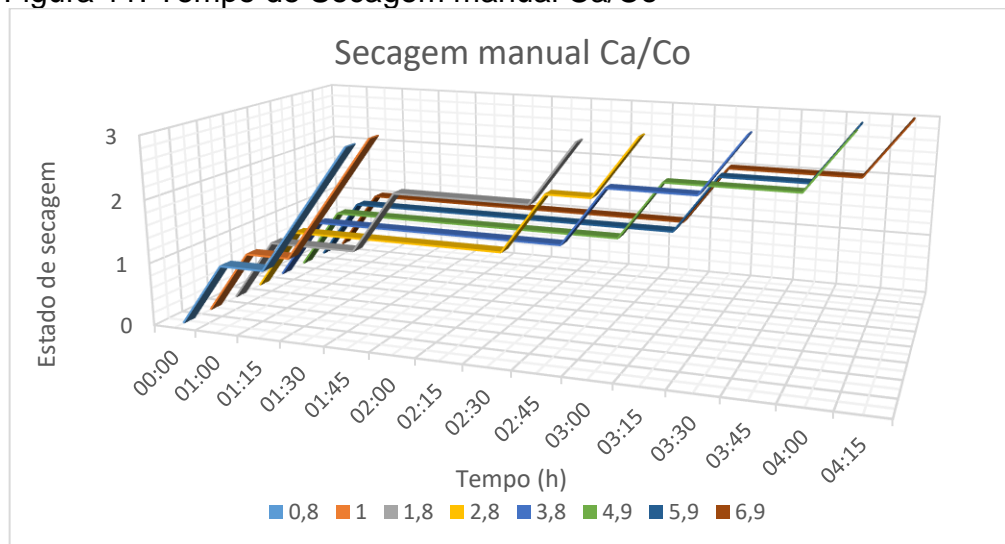


Fonte: Do autor (2019)

Após essa avaliação do tempo de secagem final, a razão de 0,8 de Zr/Co foi a selecionada para compor a próxima relação mantendo-se constante em todas as amostras conforme a preparação das formulações apresentado na Tab. 4.

Na Fig. 11 são apresentados os testes de secagem manual das novas amostras, ou seja, verificando a influência do cálcio.

Figura 11: Tempo de Secagem manual Ca/Co

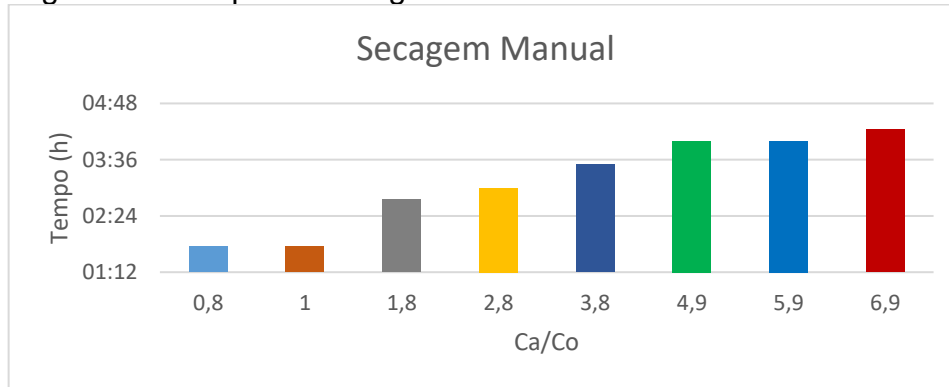


Fonte: Do autor (2019)

Foi possível observar que nas relações de 0,8 e 1 obteve-se um tempo de secagem de 1:45h reduzindo pela metade o tempo inicial obtido na relação Zr/Co que foi de 3:30h. Enquanto para as outras amostras com uma quantidade maior de cálcio observou-se um tempo maior para a secagem final. Esses resultados dão indícios que

se quantidade de cálcio for a mais, acaba interferindo de forma negativa, atrasando a secagem do filme.

Figura 12: Tempo de secagem manual Ca/Co



Fonte: Do autor (2019)

A partir dessa etapa foi realizada as secagens baseadas na norma, ou seja, utilizando o método de secagem em máquina. Obtendo a influência das razões de Zr/Co e Ca/Co como apresentado na Tab. 5 e Tab. 6. O teste de secagem em máquina foi realizado em triplicata e obtido uma média dos resultados.

Tabela 5: Tempo de secagem em máquina Zr/Co

Zr/Co	0,5	0,8	1	1,8	2,6	3,6	4,5	5,3
Picotado	6:05	6:15	7:00	6:40	4:33	4:30	7:15	6:55

Fonte: Do autor (2019)

De acordo com os resultados apresentados na Tab. 5, observa-se que essas formulações apresentaram um tempo de secagem final de aproximadamente 6:00 h. Comparando os resultados de secagem em máquina com secagem manual, apresenta-se muito diferente. Por exemplo a razão de 0,8 levou aproximadamente 3:30 h de secagem manual e 6:15 h em máquina. Pode-se sugerir que essa diferença está no fato de que a secagem manual determina a secagem por meio do toque no filme superficialmente, assim é possível dizer que houve uma secagem superficial efetiva, porém no interior do filme ainda apresentava uma dureza mais baixa.

Para confirmar essa hipótese foi realizado o teste de dureza conforme apresentado na Tab.6. Essa determinação da dureza foi realizada em duplica e os resultados apresentados são uma média.

Tabela 6: Determinação da dureza Zircônio/ Cobalto

Zr/Co	0,5	0,8	1	1,8	2,6	3,6	4,5	5,3
Tempo	28,00s	26,60s	25,20s	28,70s	25,90s	27,30s	29,40s	28,70s

Fonte: Do autor (2019)

De acordo com os resultados mostrados na Tab. 6 fica evidente a baixa dureza, corroborando com o resultado de secagem manual e em máquina, onde na secagem em máquina foi possível verificar um maior tempo de secagem, indicando que houve uma secagem superficial de aproximadamente 3:30 h e secagem total de 6:00 h.

A Tab.7 mostra os resultados do tempo de secagem em máquina para a razão Ca/Co a fim de avaliar a influência do cálcio no tempo de secagem.

Tabela 7: Tempo de secagem em máquina Ca/Co

Ca/Co	0,8	1	1,8	2,8	3,8	4,9	5,9	6,9
Picotado	3:30	3:25	5:50	4:10	5:15	4:41	4:30	4:55

Fonte: Do autor (2019)

Os resultados mostram uma redução no tempo de secagem, ou seja, foi possível reduzir o tempo de secagem pela metade. Quando se comparado a razão de 0,8 de Zr/Co que apresentou uma secagem de 6:15 h com a razão de Ca/Co com uma secagem de 3:30 h pode-se dizer que houve uma redução de 50% no tempo de secagem. Quando se avalia a dureza para essas formulações obtive-se os seguintes resultados apresentados na Tab.8.

Tabela 8: Determinação da Dureza Cálcio/ Cobalto

Ca/Co	0,8	1	1,8	2,8	3,8	4,9	5,9	6,9
Tempo	49,00s	43,40s	39,90s	36,40s	36,40s	32,20s	30,80s	30,10s

Fonte: Do autor (2019)

Conforme esperado, a redução no tempo de secagem refletiu no aumento da dureza. Novamente fazendo uma comparação na razão de 0,8 Zr/Co que apresentou uma dureza em 26,6 s para a razão de Ca/Co essa dureza ficou em 49 s, os resultados indicam que o cálcio tem uma influência nas soluções secantes.

A análise de brilho é de muita relevância quando se avalia o tempo de secagem, pois, as concentrações de secantes podem interferir nos resultados de brilho. Assim a Tab. 9 apresenta os resultados obtidos da determinação de brilho.

Tabela 9: Determinação do brilho Zircônio/ Cobalto

Ca/Co	0,5	0,8	1	1,8	2,6	3,6	4,5	5,3
média	91,95 UB	93,35 UB	93,00 UB	92,90 UB	92,75 UB	90,30 UB	91,00 UB	92,45 UB

Fonte: Do autor (2019)

Conforme pode-se observar os resultados obtidos foram superiores a 90 UB. Esse valor de unidade de brilho classifica uma tinta como sendo brilhante, mostrando que não houve alterações significativas nos resultados apresentados.

Os resultados de brilho obtidos a partir das formulações da razão Ca/Co é apresentado na Tab. 10.

Tabela 10: Determinação do brilho Cálcio/ Cobalto

Ca/Co	0,8	1	1,8	2,8	3,8	4,9	5,9	6,9
Média	89,50 UB	90,23 UB	90,57 UB	90,10 UB	90,20 UB	88,67 UB	89,37 UB	88,40 UB

Fonte: Do autor (2019)

Observa-se que para essas formulações o brilho apresentou uma pequena redução quando comparado com as formulações Zr/Co. Porém em todos os casos o brilho atende a normatização com relação as tintas imobiliárias, onde tintas classificadas como brilhantes devem apresentar brilho superior a 85 UB.

Segundo estudos publicados por Bieleman (2002) o cálcio apresentou influência no aumento do brilho. Entretanto esse resultado de aumento de brilho não foi possível verificar nesse estudo. Sugere-se que devido as concentrações de cálcio serem baixas não foi possível verificar essa característica de aumento de brilho.

5 CONCLUSÕES

Por meio dos resultados obtidos foi possível verificar a influência dos secantes quando associados em baixas concentrações.

Durante a execução do projeto, produziu-se 16 amostras a fim de avaliar a influência do secante primário, secundário e auxiliar. Dentre essas, observou-se que os secantes produzidos com cálcio constante e variando a quantidade de zircônio os resultados de secagem foram maiores, ou seja, apresentaram um tempo médio de secagem de 6 horas. Enquanto para as formulações com zircônio e cobalto e variando

cálcio obteve-se uma redução de 50%, ou seja, a secagem passou para 3 horas em média.

Dessa forma, conclui-se que os secantes tiveram influência significativa em baixas concentrações, apresentando resultados de secagem dentro da normatização que rege as tintas imobiliárias.

Outro ponto a ser destacado é em relação aos custos, pois conclui-se que a utilização de baixas concentrações é mais eficiente, conseqüentemente reduz o uso das matérias primas, impactando no custo final da tinta.

Uma sugestão para trabalhos futuros seria testar novas formulações alterando as concentrações de zircônio e cálcio dessa forma seria possível avaliar a influência dos secantes por completo.

REFERÊNCIAS

ANGHINETTI, Izabel Cristina Barbosa. **Tintas, suas propriedades e aplicações imobiliárias**. 2012. 65 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia de Materias e Construção Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2012.

ABNT. **NBR 14946**: Tintas para construção civil - Avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais - Determinação da dureza König. Rio de Janeiro: Moderna, 2017. 4 p.

ABNT. **NBR 15311**: Método para avaliação de desempenho de tintas para edificação não industriais- determinação do tempo de secagem de tintas e vernizes por medida instrumental. Rio de Janeiro, 2016. 5 p.

ABNT. **NBR 15494**: Tintas para construção- requisitos de desempenho de tintas para edificação não indústrias- tintas brilhantes à base de solvente com secagem oxidativa. Rio de Janeiro, 2015. 4 p.

ABRAFATI. **Números do Setor de Tintas**. Disponível em: <<https://www.abrafati.com.br/numeros/>>. Acesso em: 15 mar. 2019.

BIELEMAN, Johan H.. Driers. **Chimia**. Switzerland, p. 184-190. maio 2002

BRASIL. Lei nº 11.762, de 1º de agosto de 2008. Fixa o limite máximo de chumbo permitido na fabricação de tintas imobiliárias e de uso infantil e escolar, vernizes e materiais similares e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 1 dez. 2008.

FAZENDA, Jorge M. R. **Tintas Ciências e Tecnologia**. São Paulo: Blucher, 2009.

GORKUM, Remy V.; BOUWMAN, Elisabeth. The oxidative drying of alkyd paint catalysed by metal complexes. **Coordination Chemistry Reviews**. Switzerland, p. 1709-1728. set. 2005.

HARE, Clive H. **Protective Coatings Fundamentals of Chemistry and Composition**. Pittsburgh: Technology Pub. Co, 1994.

LINHARES, Henrique. **31 maiores fabricantes de tintas do Brasil**. Disponível em: <<http://sohelices.com.br/31-maiores-fabricantes-de-tintas-do-brasil/>>. Acesso em: 12 nov. 2018.

LAMBOURNE, R.; STRIVENS, T. A. **Paint and Surface Coating: Theory and Practice**. 2. ed. Cambridge England: Woodhead Publishing Ltd, 1999. 950 p.

MATOS, Mariana. **Uma visão química das Tintas Imobiliárias e sua questão ambiental**. 2017. 28 f. Monografia (Especialização) - Curso de Química, Universidade Federal de São João Del-rei, São João Del-rei, 2017.

MENEGHETTI, Simoni Margareti Plentz. **Estudo catalítico da polimerização oxidativa em sistemas alquídicos- utilização do modelo óleo de linhaça**. 1996. 160 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 1996.

SANTOS, Ana Carolina Bispo dos; SILVA, Daiana Ferreira da; SILVA, Danieli Barbosa da. **Desenvolvimento e análises de tintas e vernizes na linha de pulverizados**. 2012. 40 f. Monografia (Especialização) - Curso de Tecnólogo em Processos Químicos, Faculdade de Pindamonhangaba, Pindamonhangaba, 2012.

SUAREZ, Paulo A. Z. et al. Transformação de triglicerídeos em combustíveis, materiais poliméricos e insumos químicos: algumas aplicações da catálise na oleoquímica. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 3, p.667-676, jun. 2007. Bimestral.

VERONA, Cenira Cristine. **Estudo do impacto da variabilidade de resinas alquídicas nas propriedades de tintas**. 2004. 124 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Profissionalizante em Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

WICKS, Zeno W. **Organic Coatings: Science and Technology**. New York: John Wiley & Song, 1992

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus que me permitiu chegar até aqui com energia e saúde para concluir este trabalho. Aos meus pais que sempre incentivaram ao estudo e também com todo o suporte que me proporcionaram para que eu tivesse um caminho mais fácil e prazeroso durante esses anos. A minha professora orientadora e ao Sr. Valter que me auxiliaram durante o processo.