



DESENVOLVIMENTO DE UM CONCENTRADO BRANCO PARA A PRODUÇÃO DE TINTAS ULTRAVIOLETAS

Fernanda Torres Madeira¹

Aline Resmini Melo²

Fabiano Mauricio Figueiredo³

Josiane Da Rocha Silvano Das Neves⁴

Resumo: As indústrias químicas estão investindo em tintas diferenciadas que permitem a redução na evaporação de solventes, sendo assim, a tinta curável por luz UV (ultravioleta), está adquirindo significativa performance no mercado. Os investimentos nesta categoria, induz algumas empresas a procurarem esta tecnologia, almejando um produto mais competitivo no mercado, otimizando as formulações, o processo e consequentemente reduzindo custos do produto. Diante disso, o presente trabalho tem como propósito realizar o desenvolvimento de concentrado branco UV (pigmento em solução) em uma indústria química, com a finalidade de implantar uma formulação única para a linha ultravioleta. O atual estudo foi realizado considerando testes físico-químicos no concentrado desenvolvido, seguido de substituição na formulação de algumas tintas, além de considerar a viabilidade econômica das matérias-primas. Desta forma o projeto apresentou resultados satisfatórios comprovados pela faixa de especificação do produto e aprovação nos ensaios realizados no concentrado como: alastramento, estabilidade, *rub out*, secagem, viscosidade, densidade, opacidade e principalmente o de força de tingimento. Conforme verificado a utilização do concentrado nas fórmulas de tintas, existe a necessidade de ajuste de cor, pois o percentual de dióxido de titânio (TiO_2) utilizado na formulação foi modificado. Este ajuste ocorre particularmente em tintas com coloração clara, já em tintas com coloração mais escura foi constatado menor ajuste de cor. Quando comparada com ao custo a formulação Y apresentou redução de 8,10% utilizada na empresa, a formulação X apresentou um aumento de 11,92%. Deste modo com a análise do custo nas tintas com o concentrado aplicado, ficou válido a necessidade de ajustar todas as tintas da linha UV para esse concentrado desenvolvimento. Outro fator a considerar é o ganho de otimização da fórmula e outros aspectos benéficos que a empresa ganha quando se utiliza uma única formulação.

Palavras-chave: Tinta ultravioleta. Pigmento em solução. Otimização da fórmula.

1 INTRODUÇÃO

O processo de fabricação de tintas do segmento ultravioleta envolve a utilização de concentrados (pigmento em solução) na sua formulação, composta pelas

¹ Graduanda em Engenharia Química, UNISATC. E-mail: fernandatorresmadeira@hotmail.com

² Professora UNISATC. E-mail: aline.melo@satc.edu.br

³ Químico Industrial. E-mail: fabiano@farben.com.br

⁴ Professora UNISATC. E-mail: josiane.neves@satc.edu.br



principais matérias-primas: pré-polímero líquido (oligômero), monômeros, aditivos, fotoiniciadores, pigmentos e de modo suplementar cargas. Os concentrados conferem principalmente a cobertura cor da tinta, são produzidos no processo de moagem a qual possui o objetivo de reduzir o tamanho das partículas para consequente homogeneização da tinta.

Para melhorar a aplicação de concentrados, as empresas procuram deixar seu produto mais competitivo no mercado, a partir da análise de características das matérias-primas para desta forma otimizar as formulações, o processo e consecutivamente o custo final do produto.

Diante disto, verificou-se em uma empresa de tintas a utilização de dois concentrados brancos para a fabricação da tinta ultravioleta. Com isso percebe-se a ineficiência no processo, pois existe a compra de diversas matérias-primas, bem como a produção de dois concentrados, necessitando assim de um maior espaço para acondicionar os materiais em estoque.

Existe uma grande dificuldade para determinar um padrão de concentrado, pois o poder de cobertura interfere no desempenho da cor na tinta aplicada. Portanto, o atual projeto tem como finalidade desenvolver um concentrado de coloração branco na linha de segmentos de tinta ultravioleta que permita ter o índice de TiO_2 que seja aplicado ao maior número de formulações, sem alterar as características principais. Esse estudo será realizado em uma empresa de tintas na região Sul Catarinense, a fim de reduzir o custo do produto e racionalização dos concentrados.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo serão apresentados os principais fundamentos teóricos relativos ao tema, bem como as principais propriedades e características da tinta e dos concentrados curáveis por ultravioleta.

2.1 TINTA POR CURA ULTRAVIOLETA

De acordo com Lucietto et al. (2004), o Brasil iniciou o emprego comercial de cura por radiação UV, em meados dos anos 60, estabelecido no ramo de revestimento pela indústria moveleira, quando foi desenvolvido a primeira cura por UV, através de resinas de poliéster insaturadas, diluídas em monômero de estireno.



Este avanço permitiu o desenvolvimento e estudo da tecnologia ultravioleta, sendo empregado em vários segmentos do mercado, como exemplo, em revestimentos de madeira, tintas, vernizes, eletrônicos, embalagens e artes gráficas.

Segundo Dornelles (2008), a radiação eletromagnética é uma energia propagada por meio do espaço sem imposição de meio de suporte para isso. A radiação, encontra-se de diversas formas, a radiação ultravioleta é emitida entre 100 a 380 (nanômetros). Apesar de atingir a superfície com pequena intensidade, a radiação é capaz de provocar alguns impactos como diminuição de cor em tintas.

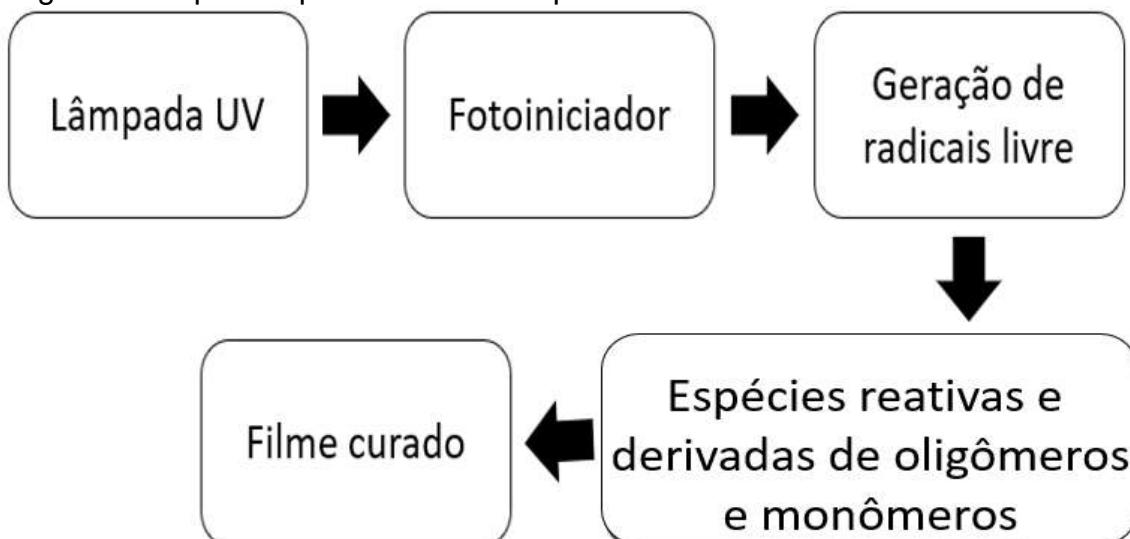
A cura de revestimentos e tintas por radiação, ocorre pela conversão de um líquido reativo (tintas ou vernizes) em um sólido com uma radiação incidente. O comportamento perante à radiação no líquido, propõe o início de reações poliméricas e reticulações entre os componentes presentes. Uma fonte de radiação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

Conforme Ruiz (2003), as fases que envolvem o processo de cura ultravioleta, podem ser vistos, no fluxograma da Fig. 1.

Ruiz (2003) afirma que para eficiência do processo, a lâmpada precisará produzir fótons suficientes para converter a energia elétrica a ela fornecida em radiação ultravioleta e possuir estabilização rápida. A lâmpada mais empregada no mercado é a de vapor de mercúrio devido à geração de 60% de radiação UV, esta lâmpada permite a pré-cura de técnicas poliéster-estirenos aplicado em acabamentos de madeira, possuindo a finalidade de atrair substratos para a superfície e motivar resultados especiais na tinta.

A velocidade de cura por UV depende diretamente da geração de radicais livres, que é função das peculiaridades da lâmpada UV, isto é, da fonte de radiação, em conjunto com o sistema de fotoiniciadores, oligômeros e dos monômeros, empregados (FAZENDA, 2009).

Figura 1: Etapas do processo de cura por UV.



Fonte: Adaptado de Ruiz (2003, p. 5)

2.2 PRINCIPAIS MATERIAIS-PRIMAS DA TINTA ULTRAVIOLETA

Os componentes utilizados nas formulações de tinta e revestimentos, curáveis por UV, são os pré-polímeros ou também conhecidos como oligômeros, monômeros, pigmentos, aditivos, cargas e à presença de fotoiniciadores (BARDI, 2014).

Conforme Figueiredo (2007), as resinas conhecidas como pré-polímero líquido ou oligômero, são utilizadas nos sistemas curados por UV e conferem as seguintes propriedades finais: dureza, resistência química, flexibilidade e resistência à abrasão. São comumente, poliéster insaturados e acrilados derivados de epóxi, uretanos e poliéster.

De acordo com Ruiz (2003), os monômeros possuem a função idêntica dos solventes convencionais, auxiliando para diminuir a viscosidade dos pré-polímeros e são compostos reativos que continuam no filme de revestimento curado. Os principais atributos na seleção do conjunto de monômeros, são o poder de diluição, as características mecânicas fornecidas ao filme, reatividade, resistência ao envelhecimento, volatilidade e o encolhimento do meio após a irradiação.

Conforme Lima (2012), os aditivos são os principais responsáveis pela estabilidade da cor, brilho, adesão ao substrato da superfície da tinta. Atua na prevenção de defeitos ou para atingir propriedades especiais da tinta. São



encontrados na indústria, como: antiespumantes, aditivos para cura à radiação, dispersantes, promotores de aderência, antioxidantes, agentes hidrofobizantes, entre outros.

Aguila (2003), afirma que os fotoiniciadores são um dos componentes de maior importância nas formulações, pois a reação de polimerização, só consegue ser estabelecida quando as moléculas dos fotoiniciadores são excitadas e consequentemente dissociadas sob ação da radiação UV. Apresentam as seguintes propriedades: baixa toxicidade, estabilidade na escuridão, baixo custo e inodoro.

Segundo Castro (2009), os pigmentos desempenham diversas funções na formulação de uma tinta, fornecem cor e cobertura, assegurando a durabilidade e proteção da pintura, diminuindo os impactos de intemperismo. Além de serem responsáveis por alterações das propriedades físico-químicas das tintas, controlando o brilho e aumentando o conteúdo de sólidos e possuem propriedades especiais como: proteção anticorrosiva e prevenção de incrustações.

Para Blumtritt (2014), as cargas minerais dispõem um custo relativamente baixo, pois costumam ser utilizadas em conjunto com outros pigmentos para alcançar um tipo específico de tinta. Como exemplo é difícil realizar uma dispersão para tinta utilizando apenas o TiO₂ como pigmento, então para tornar a tinta mais viável financeiramente é utilizado o CaCO₃ (carbonato de cálcio), acompanhado com TiO₂ para alcançar uma maior opacidade e brancura em produtos foscos ou semibrilhosos.

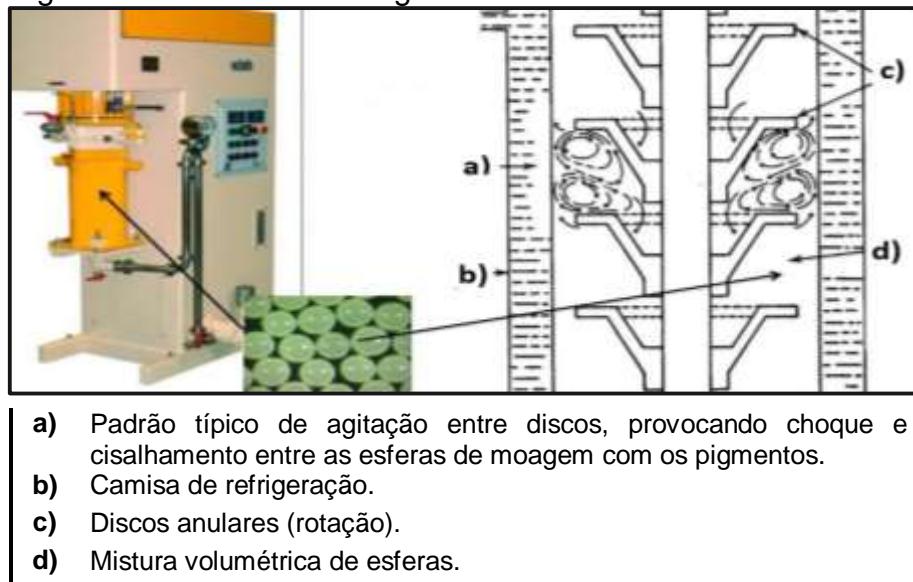
2.3 MOAGEM DE CONCENTRADOS

No processo de moagem os pigmentos são diminuídos e os agentes característicos da tinta como poder de cobertura, força de tingimento de cor, e resistência a proteção tornam-se aflorados. Nesta etapa pode ocorrer a quebra da partícula, esta fragmentação da partícula primária do pigmento é capaz de reduzir a efetividade e expõe-se a problemas indesejáveis como: diminuição do brilho, escurecimento e dessaturação da cor (PEIXOTO, 2016).

Segundo Bernardo e Oliveira (2017), moinhos são equipamentos empregados para desaglomeração dos pigmentos. No decorrer do processo produtivo os agentes de moagem, impactam contra as partículas dos pigmentos e proporcionam a umectação destas partículas por meio do aglutinante ou resina empregada. Na

indústria de tinta, utiliza-se moinhos para auxílio no processo de dispersão, entre eles moinhos de rolos, esferas, horizontais e verticais representado na Fig. 2.

Figura 2: Processo de moagem no moinho industrial.



Fonte: Adaptado de Bernardo e Oliveira (2017, p. 7)

2.4 PROPRIEDADES DA TINTA ULTRAVIOLETA

Conforme Verona (2004), uma das primícias do controle de qualidade envolve avaliação da conformidade do produto que se trata da conferência do produto produzido em relação aos padrões pré-estabelecidos. Para um produto ter êxito é indispensável ter um controle efetivo que é avaliado de acordo com exigências e técnicas solicitadas pelo cliente.

Para a aprovação de uma tinta também é necessário ponderar uma série de propriedades seja na tinta líquida ou na película seca (revestimento). Para a tinta ser aprovada é necessário seguir especificações que contenham os seguintes parâmetros: aplicabilidade, ambiental, óptico, de durabilidade, resistência e rendimento. Além da verificação da qualidade das matérias-primas e a compatibilidade da formulação (CONCEIÇÃO, 2006).

3 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

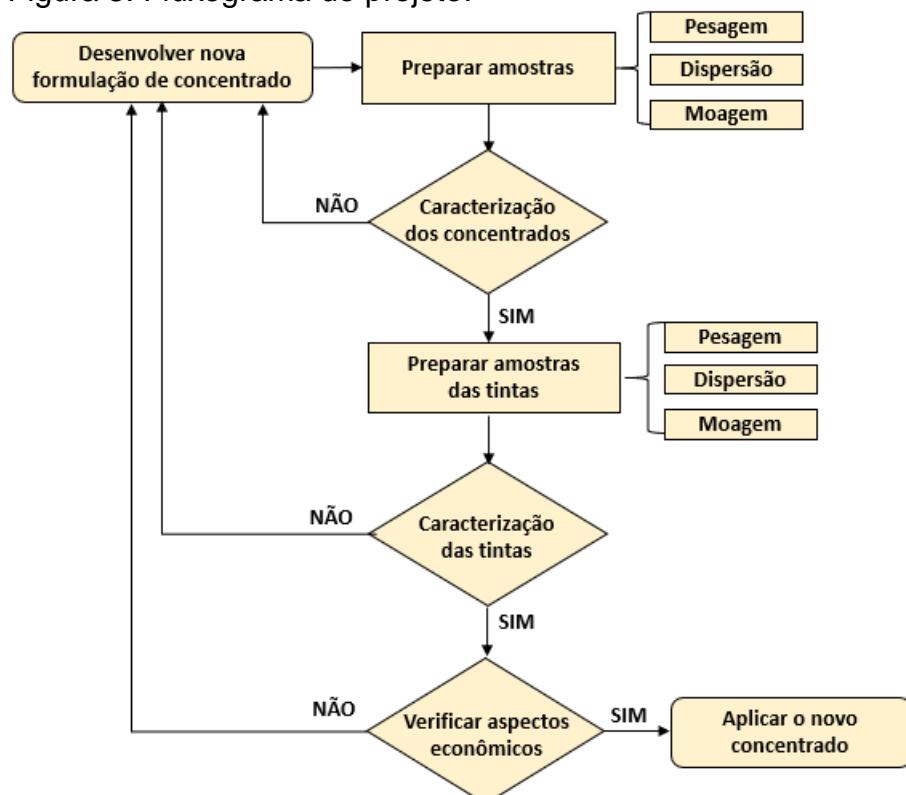
Neste estudo foram produzidos concentrados com 65% de dióxido de titânio na formulação do concentrado branco ultravioleta. Este valor foi determinado

mediante a porcentagem dos dois concentrados brancos existentes na empresa de estudo que são de 55% e 77% de TiO₂, desta forma foi possível utilizar uma faixa intermediária de especificação buscando manter as características e propriedades do concentrado efetivo.

Os ensaios foram realizados nas instalações do Laboratório de Desenvolvimento de Tintas da Empresa Farben S/A Indústria Química, bem como o fornecimento das matérias-primas utilizadas. Todos os procedimentos dos testes físico-químicos foram embasados na norma técnica interna da Empresa

As etapas deste projeto, estão representados por meio de um fluxograma, demonstrado na Fig. 3.

Figura 3: Fluxograma do projeto.



Fonte: Do autor (2019)

3.1 NOVA FORMULAÇÃO DO CONCENTRADO BRANCO ULTRAVIOLETA

Primeiramente, realizou-se um levantamento, verificando os produtos que possuem em sua formulação os concentrados brancos. A representativa dos concentrados perante os produtos que possuem nesta linha UV de produção, dos

concentrados X e Y, conferem respectivamente o percentual de 58,50 e 41,50% produtos.

De acordo com o levantamento, as formulações atuais dos concentrados apresentam variações de pigmento de dióxido de titânio, o concentrado X possui uma composição de 55% e o concentrado Y apresenta 77%. A partir destas informações sobre o estudo de viabilidade econômica e dos testes preliminares de substituição do concentrado Y na fórmula do concentrado X, foi possível desenvolver um concentrado de faixa intermediária de TiO_2 , contendo 65% na formulação.

Portanto as formulações desenvolvidas com este conceito intermediário de TiO_2 e as formulações atuais dos concentrados brancos existentes na linha ultravioleta de uma indústria química, podem ser observados na Tab. 1.

Tabela 1: Dados das formulações dos concentrados branco, com percentual de 65% de dióxido de titânio.

Composição	Concentrado X Quantidade (g)	Concentrado Y Quantidade (g)	Concentrado Teste Quantidade (g)
Resinas	780,00	180,00	690,00
Aditivos	75,00	180,00	120,00
Monômeros	495,00	330,00	240,00
Pigmentos	1650,00	2310,00	1950,00
Total	3000	3000	3000

Fonte: Do autor (2019)

3.2 PREPARAÇÃO DO CONCENTRADO

Foram produzidos 3000 g de cada amostra em escala laboratorial, passando por três etapas principais: pesagem, dispersão e moagem.

O processo de pesagem, foi preparada com o auxílio de uma balança de precisão, onde todas amostras foram pesadas.

Na etapa de dispersão, utilizou-se um dispersor do tipo que possui um disco circular com dentes revezando para baixo e para cima, em rotação de 1700 rpm durante 5 min para uma breve homogeneização e após a colocação do pigmento de dióxido de titânio, elevou-se o tempo para 20 min.

O processo de moagem foi realizado por intermédio do equipamento moinho vertical de escala laboratorial (equipamento similar ao da produção), onde o concentrado foi colocado na parte superior do moinho e a amostra teste passou entre esferas de óxido de zircônio medindo aproximadamente 1,8 mm a 2,00 mm (milímetros). Movimento rotativo destas esferas, foi capaz de diminuir as partículas da



amostra promovendo maior homogeneização e permitindo que a composição torna-se mais compacta.

Após a passagem do concentrado pelo moinho foi retirada uma amostra e colocou-se no equipamento grindômetro e observou-se a fineza de moagem da amostra, caso não tenha obtido um resultado satisfatório ocorre a necessidade de passar novamente no moinho, até a obtenção da fineza ideal no concentrado. Tendo como objetivo de fineza entre 6 a 7 H (Hegman).

Em seguida, foi adicionado o restante dos itens da formulação, resina e monômeros, sendo dispersados novamente no dispersor cowles, entretanto com rotação de 700 rpm período de 10 min.

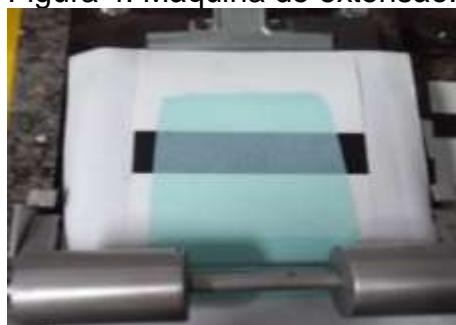
3.3 CARACTERIZAÇÃO DOS CONCENTRADOS

Os testes de caracterização dos concentrados permitem verificar as propriedades físicas do concentrado, com isto assegura a qualidade da nova formulação. Para esse estudo utilizou-se os concentrados atuais como padrão a fim de avaliar de forma comparativa os resultados obtidos com as amostras produzidas.

O teste de alastramento, foi efetuado a partir da introdução da amostra de concentrado em uma superfície plana e realizado a aplicação em uma cartela leneta com extensor de 25 µm (microns). Para esta análise utilizou-se a máquina de extensão, que permite maior precisão, pois a aplicação ocorre de maneira contínua com mesma pressão e extensão ao longo do material, conforme Fig. 4.

Após a extensão da amostra na cartela de leneta, colocou-se na máquina para secagem completa da tinta. A velocidade utilizada na máquina de UV foi 16 m/min e as luzes de Hg (mercúrio) e Ga (gálio). É importante destacar, que esses parâmetros de secagem foram aplicados em todos os testes realizados neste projeto.

Figura 4: Máquina de extensão.



Fonte: Do autor (2019)



O processo de secagem acontece mediante a radiação da luz UV e é verificado a completa secagem através do toque. Vale ressaltar que para formulações com cura ultravioleta a amostra será secada mediante a utilização de máquina UV, mas para que isto ocorra, a formulação deve estar com a composição perfeita, caso o contrário mesmo com a máquina não será possível a secagem plena da amostra.

Para a constatação da secagem do concentrado além da aplicação em leneta aplicou-se em painel de MDF (Placa de fibra de média densidade) e secou na máquina de secagem UV. A fim de avaliar esta qualidade de secagem, foi desenvolvida uma formulação de diluição do concentrado e utilizado para os concentrados atuais também e determinou-se a medição do brilho. O método adotado para mensuração do brilho foi com o ângulo de 60°, definido para tintas semibrilhosas. A composição pode ser observada na Tab. 2.

Tabela 2: Formulação do concentrado diluído.

Composição	Quantidade (g)
Concentrado Branco	96,00
Fotoiniciadores	4,00
Total	100,00

Fonte: Do autor (2019)

Para a realização deste teste, primeiramente foi lixada a madeira e para a aplicação utilizou-se o extensor de 10 µm. Foram estendidos os concentrados, a esquerda o concentrado X, ao centro o concentrado teste e a direita o concentrado Y.

Em seguida, realizou-se os testes de controle de qualidade na amostra desenvolvida. O primeiro teste determinado foi o de viscosidade, com o intuito de verificar a resistência ao escoamento da amostra, para os ensaios utilizou-se Copo Ford (CF), de número seis que possui uma maior abertura. Logo realizou a medição da densidade da amostra com o auxílio do equipamento picnômetro.

Efetuou-se a leitura do poder de cobertura (opacidade) e da força de tingimento do concentrado no espectrofotômetro *X-Rite Color-i5*. Para a verificação da força de tingimento é necessário utilizar concentrações de tinta verde, aplicado no concentrado, com isto é averiguado o quanto o concentrado consegue tingir uma tinta. Esta coloração verde de tinta é utilizada devido a norma de procedimento técnico da indústria, para verificar a leitura de tingimento.

As proporções desta fórmula utilizando o novo concentrado, está exposto na Tab. 3.



Tabela 3: Concentração da tinta verde.

Composição	Quantidade (g)
Base Clear	20,00
Concentrado em teste	20,00
Fotoiniciador	1,70
Concentrado Verde	2,00
Total	43,70

Fonte: Do autor (2019)

Colocou-se o restante da amostra de tinta verde produzida com o concentrado teste, em uma embalagem metálica de 225 ml, em seguida foi fechada e inserida dentro da estufa por 16 h em uma temperatura de 60°C, depois pelo período de 72 h a 60°C. Do mesmo modo realizou-se para o concentrado branco.

Posteriormente retirou-se as amostras e com o auxílio de uma espátula, verificou-se visualmente se no fundo da amostra havia sedimentação ou qualquer alteração relevante no aspecto da amostra.

3.4 PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS DAS TINTAS

Foram produzidas 200 g de cada amostra de tinta em escala laboratorial, passando pelas etapas de pesagem e dispersão. Na etapa de dispersão, a velocidade utilizada no dispersor *cowles* foi de 700 rpm por 10 min, com o objetivo de homogeneizar a mistura.

Para a preparação das tintas efetuou-se a colocação do novo concentrado nas fórmulas de tinta, em seguida analisou-se as propriedades físico-químicas e controle de qualidade.

3.5 CARACTERIZAÇÃO DAS TINTAS

Para a caracterização das tintas primeiramente realizou-se o teste de alastramento da amostra, onde a amostra de tinta é colocada em uma superfície plana e em seguida, realizada a aplicação em uma cartela leneta com extensor de 25 µm, com o auxílio da máquina de extensão. Para comparar a amostra testada utilizou-se os padrões das tintas que possuem na formulação os concentrados X. Foi definida que a amostra padrão é sempre estendida ao lado esquerdo da amostra teste.

As composições das amostras utilizadas para o projeto, podem ser observados na Tab. 4.

Tabela 4: Formulações das tintas coloridas utilizando o concentrado X.

Composição	Padrão A (g)	Tinta A (g)	Padrão B (g)	Tinta B (g)	Padrão C (g)	Tinta C (g)
Resinas	74,70	92,50	73,80	79,40	83,40	84,10
Monômeros	-	-	-	-	40,00	40,00
Extensor	-	-	-	-	4,00	4,00
Concentrado Branco	116,0	98,20	94,00	88,40	4,60	3,90
Concentrado Preto	0,30	0,30	4,00	4,00	28,00	28,00
Concentrado Vermelho	0,20	0,20	4,20	4,20	21,00	21,00
Concentrado Amarelo	2,20	2,20	16,00	16,00	13,60	13,60
Fotoiniciadores	6,60	6,60	5,40	5,40	5,40	5,40
Total	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00

Fonte: Do autor (2019)

As formulações das tintas realizadas utilizando o concentrado Y, estão apresentadas na Tab. 5.

Tabela 5: Composições de tintas utilizando o concentrado Y.

Composição	Padrão D (g)	Tinta D (g)	Padrão E (g)	Tinta E (g)
Resinas	95,40	84,64	84,02	67,50
Monômeros	17,00	17,00	16,90	16,90
Concentrado Branco	58,22	68,96	89,58	106,10
Concentrado Preto	7,70	7,70	0,20	0,20
Concentrado Vermelho	3,50	3,50	1,00	1,00
Concentrado Amarelo	12,20	12,20	1,80	1,80
Fotoiniciadores	6,00	6,00	6,50	6,50
Total	200,00	200,00	200,00	200,00

Fonte: Do autor (2019)

A verificação de *rub out* foi outra análise efetuada, este procedimento consiste em aplicar a amostra da tinta em uma leneta na máquina de extensão com o auxílio do extensor de 25 µm. Com a amostra úmida procedeu movimentos rotativos com o dedo indicador nas proximidades inferiores das amostras e colocou-se o puxa para secagem na máquina de UV. Por fim, verificou-se visualmente se houve flotação dos pigmentos fundamentado por mudanças na coloração da amostra.

Em seguida, procedeu a mensuração da cor e poder de cobertura da amostra. As leituras destes ensaios, foram determinadas no equipamento de espectrofotômetro *X-Rite Color-i5*.

Com a aprovação destas análises, realizou-se a verificação da resistência ao escoamento da tinta através do procedimento de viscosidade, além do teste de verificação da densidade do produto final.



3.6 VERIFICAÇÃO DA VIABILIDADE ECONÔMICA

Um fator de extrema relevância para comprovação da nova formulação do concentrado é a verificação da viabilidade econômica. Desta forma, realizou-se à comparação dos valores das matérias-primas, com as novas proporções de formulações e comparação direta com os concentrados existentes.

- Se a nova formulação do concentrado branco for econômica, realizar mais testes de caracterização nas tintas e aplicação do único concentrado para linha.
- Se não for viável o novo concentrado, verificar se as características físico-químicos foram melhores que os atuais concentrados e se obteve outros benefícios, caso não sejam positivos, não aplicar o novo concentrado.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Conforme discutido na seção 3.1, foi desenvolvida uma formulação de concentrado com porcentagem de 65% de dióxido de titânio, portanto a quantidade de pigmentos e aditivos utilizados foi intermediário com relação aos concentrados atuais, referente as resinas o concentrado desenvolvido teve maior quantidade que o concentrado Y e menor proporção relacionado ao concentrado X, já os monômeros empregados foi em concentração menor. Deve-se ressaltar que com a mudança na concentração da composição do concentrado a diferença é colocada na resina, conforme destacado na Tab. 1.

Após a preparação e passagem das amostras pelo moinho descrita no item 3.2, realizou-se o teste de fineza para avaliar a característica de moagem sem perder as propriedades fundamentais da formulação, os resultados podem ser observados na Tab. 6, juntamente com tempo de processamento.

Tabela 6: Tempos do processo de moagem do concentrado e fineza.

Amostras	Ciclos	Tempo de moagem (min)	Fineza (H)
Concentrado Teste	3	75	6,5

Fonte: Do autor (2019)

Foi possível constatar após a moagem do concentrado que as aberturas de pigmentos começaram a ser observados a partir da faixa de graduação de 6,5 H. Este

resultado confere a atual especificação dos concentrados brancos que variam de 6,5 a 7 H, sendo assim, o teste de fineza está de acordo com as medidas técnicas.

Um fator de relevância nesta análise é verificar se a passagem do concentrado foi com facilidade e se não houve nenhuma dificuldade durante o processamento. O número de ciclos influencia no tempo, isto é, quanto mais ciclos de passagem de amostra no moinho, haverá um tempo maior no processo de fabricação.

Pode-se concluir que moagem do concentrado foi eficiente, sem nenhuma complexidade e a quantidade de ciclos está conforme os concentrados X e Y. Perante isto, o teste de fineza apresentou resultado satisfatório.

Os resultados dos testes de caracterização do concentrado, podem ser analisados na Tab. 7.

Tabela 7: Resultados dos testes de caracterização do concentrado branco.

Testes	Concentrado X	Concentrado Y	Concentrado Teste
Alastramento	OK	OK	OK
Estabilidade	OK	OK	OK
Faixa da Densidade (g/cm ³)	1,76-1,86	2,35-2,45	-
Densidade (g/cm ³)	1,86	2,41	2,09
Secagem	OK	OK	OK
Faixa de Viscosidade (s)	55-65	145-235	-
Viscosidade CF nº6 (s)	65	233	149

Fonte: Do autor (2019)

Como pode ser visualizado na Tab. 7, as análises de alastramento e estabilidade apresentaram características aceitáveis conforme padrão dos concentrados existentes. Os testes de densidade e viscosidade condisseram com a especificação e com a porcentagem intermédia de TiO₂ colocado no concentrado, quanto maior concentração de dióxido maior serão os valores de viscosidade e dependendo da característica da tinta pode aumentar o valor de densidade, deste modo, o concentrado teste ficou mais viscoso que o concentrado X e menos viscoso que o concentrado Y.

A aplicação da formulação de solubilização do concentrado visto na Tab. 2, pode ser considerada adequado, obteve boa secagem, aplicação e textura. Conforme exposta na Fig. 5, seguida dos resultados encontrados no brilho presentes na Tab. 8.

Figura 5: Aplicação dos concentrados em MDF
(a) concentrado X, (b) concentrado teste e (c) concentrado Y.



Fonte: Do autor (2019)

Tabela 8: Resultados da análise de brilho com aplicação em MDF.

Medições	Análise	Concentrado X	Concentrado Y	Concentrado Teste
Faixa	Brilho (UB)	75-85	85-90	-
1°	Brilho (UB)	83,1	90,1	89,9
2°	Brilho (UB)	81,2	88,8	88,2
3°	Brilho (UB)	79,6	86,8	72,2
Média	Brilho (UB)	81,3	88,6	83,4

Fonte: Do autor (2019)

Pode-se verificar que o efeito do brilho na aplicação, ficou mediano as especificações técnicas dos concentrados existentes, assim o valor encontrado de brilho para a amostra teste foi de 83,4. Enquanto o concentrado X foi de 81,3 e 88,6 para o concentrado Y, sendo assim comprova-se que o percentual de dióxido interfere no poder de luminância de uma amostra.

Segundo explicação da Tab. 3, os resultados dos testes com o concentrado utilizando tinta verde estão apresentados na Tab. 9.

Tabela 9: Resultados obtidos da opacidade do concentrado.

Teste	Concentrado X	Concentrado Y	Concentrado Teste
Faixa	70-80	75-85	-
Opacidade	78,51	84,26	83,10
Opacidade	78,67	84,51	83,56
Média	78,59	84,39	83,33

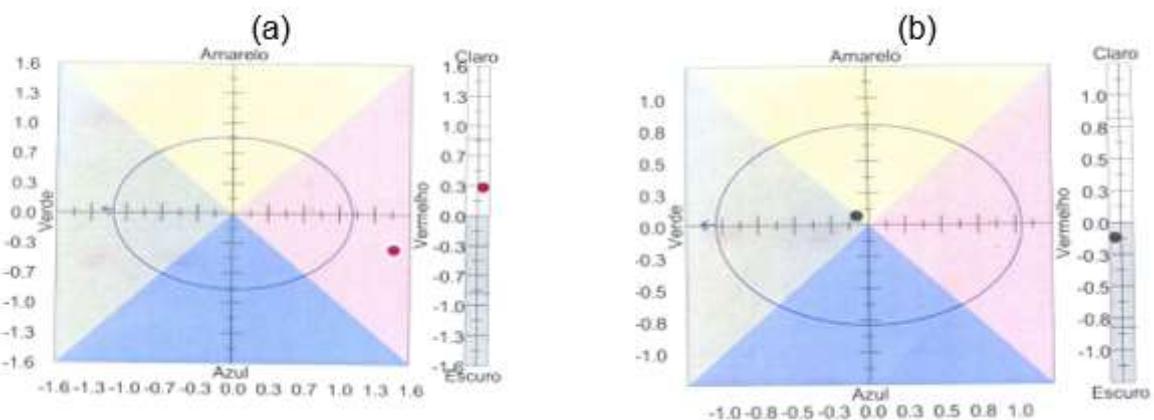
Fonte: Do autor (2019)

De acordo com os valores de opacidades, pode-se comprovar que a porcentagem de TiO_2 influência diretamente no poder de cobertura do concentrado. O concentrado X atingiu o valor de 78,59, o concentrado Y por ter maior concentração de TiO_2 alcançou o resultado de 84,39 e o concentrado teste 83,33, admitindo assim um resultado esperado já que na formulação a porcentagem do pigmento de dióxido utilizada foi intermediária.

Deste modo, a formulação desenvolvida do concentrado está dentro das especificações esperadas, pois está de acordo com o limite de aceitação do

concentrado Y, sendo o concentrado que possui maior concentração de dióxido titânio. Na Fig. 6, apresenta-se os resultados de força de tingimento comparando o novo concentrado com os concentrados X e Y.

Figura 6: Representação do sistema colorimétrico CIELab. (a) concentrado X versus Teste e (b) concentrado Y versus Teste.



Fonte: Do autor (2019)

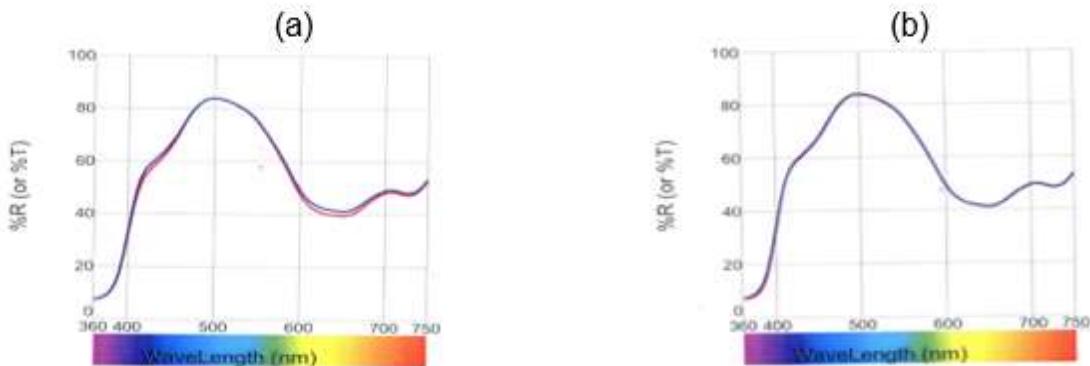
Pode-se observar que na Fig. 6 (a), o concentrado teste comparado com o concentrado X não ficou no círculo de aceitação, o qual refere-se a faixa padrão obtendo maior intensidade da cor vermelha. Por outro lado, na Fig. 6 (b) consegue-se verificar que com relação ao concentrado Y o concentrado teste está no círculo de aceitação e muito próximo do centro, com pequena intensidade na coloração amarela e verde. A intensidade da cor é analisada através dos pontos na imagem.

Outro ponto de comparação das amostras é através do índice de refração para cada comprimento de onda, apresentado na Fig. 7.

A partir da Fig. 7 (a), pode ser visto que a linha vermelha é o concentrado X e a linha azul o concentrado teste, portanto é constatado que a amostra apresentou valores de refração maiores quando comparados com o X, indicando que o concentrado está mais claro, ou seja, a amostra conseguiu tingir mais a tinta. Valor este previsto, devido ao maior percentual de dióxido de titânio apresentado na fórmula, portanto a amostra de concentrado X ficou mais escura, destacando a aparência da cor mais verde na amostra.

Perante a comparação com o concentrado Y, Fig. 7 (b), o índice de refração ficou muito próximo, indicando uma leve redução, considerando que o concentrado teste está levemente mais escuro, pois o percentual de TiO_2 era menor na formulação, sendo assim tingiu menos a amostra.

Figura 7: Curvas de refletância espectral (a) concentrado X versus Teste e (b) concentrado Y versus Teste.



Fonte: Do autor (2019)

Em concordância com a seção 3.3, os valores da leitura de força de tingimento no concentrado, estão apresentados na Tab. 10.

Tabela 10: Resultados encontrados na leitura do espectrofotômetro.

Teste	Especificação	Concentrado Teste versus X	Concentrado Teste versus Y
Força de tingimento (%)	95 -105%	91.48	100.61
Luminosidade (ΔL^*)	0	0,31	-0,12
Tonalidade de cor (ΔE)	1.00	0.88	0.11

Fonte: Do autor (2019)

Avaliando o resultado de força de tingimento encontrada na Tab. 10, observa-se que o concentrado desenvolvido obteve força de tingimento adequada com relação ao concentrado Y, obtendo um valor de 100.61%. Por outro lado, alcançou um valor de 91.48% comparando com X, indicando uma ineficiência em tingir, resultado esse já esperado, por apresentar uma quantidade menor de pigmento.

Conforme previsto o delta de luminosidade da formulação teste comparando com o concentrado Y apresentou o valor de -0,12, indicando que o concentrado teste está mais escuro, em compensação quando comparado ao concentrado X atingiu o número de 0,31 indicando que está mais claro que o padrão. Este resultado de ΔL^* vem confirmando os valores já obtidos anteriormente como o de força de tingimento e opacidade.

Um parâmetro importante para avaliar a cor é a variação de tonalidade (ΔE), que deve apresentar valores menores que 1.0. Apresentando valores de 0,88 para o

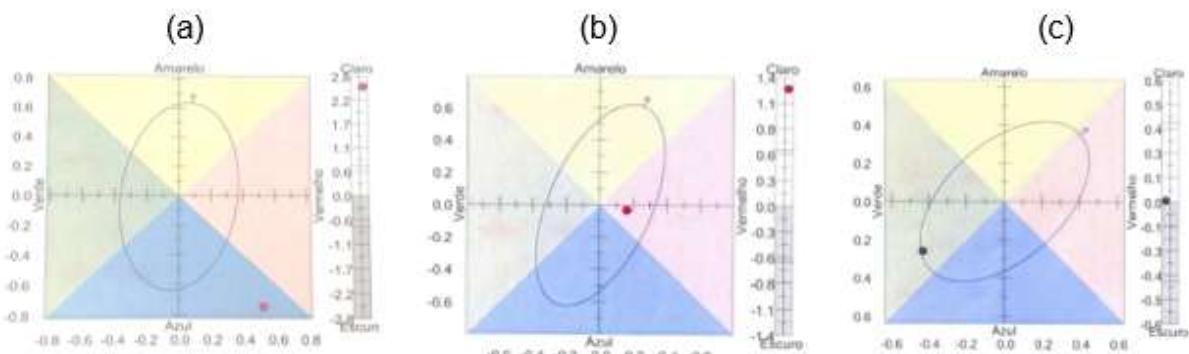
concentrado X e 0,11 concentrado Y, indicando resultados aceitáveis e consequentemente, validando a tonalidade de cor dentro do permitido.

Apesar da nova formulação não sobressai sobre o concentrado X, não significa que o concentrado não atingiu totalmente a propriedade necessária de tingimento, pois é provável, já que foi colocado quantidade menor de pigmento na amostra.

A estabilidade da amostra de concentrado com tinta verde apresentou-se de forma adequada sem nenhuma mudança de característica na tinta, sem descolamento de tinta ou sedimentação. Mediante as formulações das tintas na Tab. 4, os valores de cor não foram considerados aceitáveis em virtude de exibirem valores distantes do padrão (concentrado X). Esta afirmação é constada pelo sistema colorimétrico visto na Fig. 8.

Com a utilização do concentrado teste na amostra, foi notável que as tintas com coloração mais escura obtiveram aceitação no teste de cor e será necessário pequeno ajuste na cor. Diante da análise da Fig. 8 a tinta B e C ficaram no círculo de aceitação obtendo apenas uma intensidade maior na cor vermelha e verde, respectivamente. Em contrapartida a tinta A, não ficou no eixo de aceitação de cor devido a cor ter refletância na cor azul, sendo necessário ajuste na formulação.

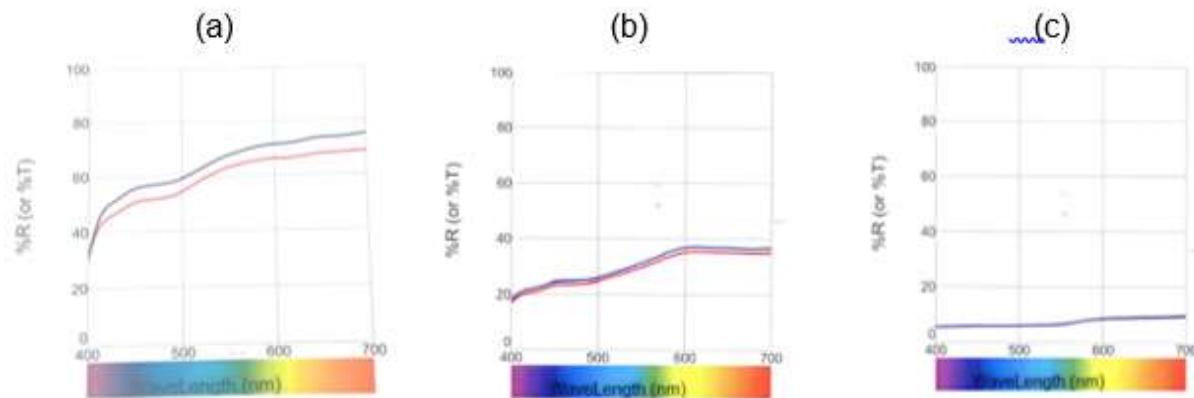
Figura 8: Representação do sistema colorimétrico CIELab. (a) para tinta A, (b) tinta B e (c) Tinta C, comparando o concentrado teste com o concentrado X.



Fonte: Do autor (2019)

Outro resultado analisado é a refletância das cores, exposto na Fig. 9.

Figura 9. Curvas de refletância espectral da tinta clara. (a) para tinta A, (b) tinta B e (c) Tinta C.



Fonte: Do autor (2019)

Segundo análise da Fig. 9, na qual a linha vermelha trata-se do padrão e a linha azul da amostra teste, as tintas A e B apresentaram valores de refração maiores que o padrão, assim sendo, pode-se afirmar que a coloração das tintas está mais clara.

Com relação a tinta C, o índice de refração ficou muito próximo ao padrão, tornando se difícil de identificar se a coloração está mais clara ou escura, validando o resultado encontrado na Fig. 9 (c), onde mostra que a tinta comparada ao padrão ficou muito próxima no quesito luminosidade, ou seja, nem clara e nem escura, comprovando a utilização do concentrado teste, onde o mesmo foi adequado e apresentou-se suficiente na questão de luminosidade.

De acordo com os resultados provenientes da leitura do espectrofotômetro será necessário ajustar a formulação de tinta A e B, aumentando as proporções dos concentrados coloridos, segundo consta na Tab. 11.

Tabela 11: Ajuste de cor para tintas que utilizavam o concentrado X.

Ajuste da formulação	Tinta A Quantidade (g)	Tinta B Quantidade (g)
Concentrado Preto	0,20	0,60
Concentrado Amarelo	0,60	-

Fonte: Do autor (2019)

Os resultados dos testes de alastramento, secagem e *rub out* apresentaram características aceitáveis. As análises de viscosidade e densidade não sofreram grandes alterações com a substituição do novo concentrado, como pode-se analisar na Tab. 12.

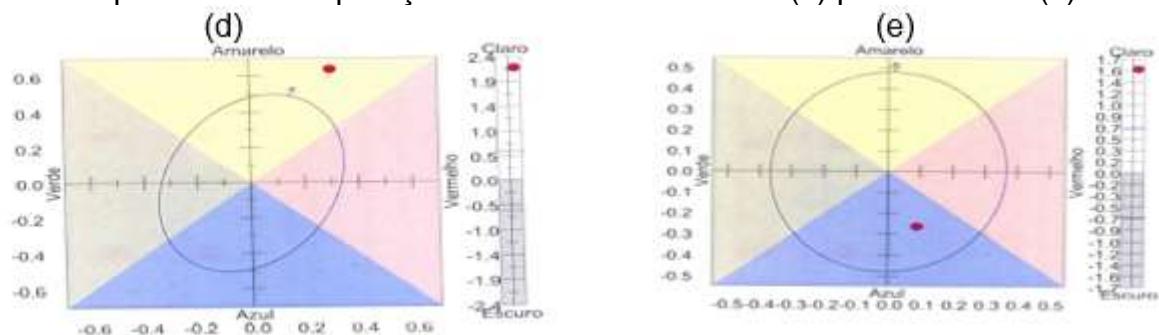
Tabela 12: Valores obtidos das análises na tinta utilizando o concentrado teste.

Testes	Tinta A Padrão X	Tinta A Teste	Tinta B Padrão X	Tinta B Teste	Tinta C Padrão X	Tinta C Teste
Alastramento	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Faixa da Densidade (g/cm ³)	1,70-1,73	-	1,59-1,69	-	1,35-1,45	-
Densidade (g/cm ³)	1,76	1,79	1,62	1,66	1,44	1,45
<i>Rub out</i>	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Secagem	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Faixa da Viscosidade (s)	50-60	-	45-55	-	40-50	-
Viscosidade CF n° 6 (s)	70	88	49	53	40	41

Fonte: Do autor (2019)

Ao se analisar as formulações desenvolvidas na Tab. 5, utilizando o concentrado Y como padrão, nota-se uma variação de resultados no ensaio de cor. Tais variações podem ser verificadas na leitura do espectrofotômetro na Fig. 10.

Figura 10: Representação do sistema colorimétrico CIELab. Utilizando o concentrado Y como padrão em comparação ao concentrado Teste. (d) para tinta D e (e) tinta E.

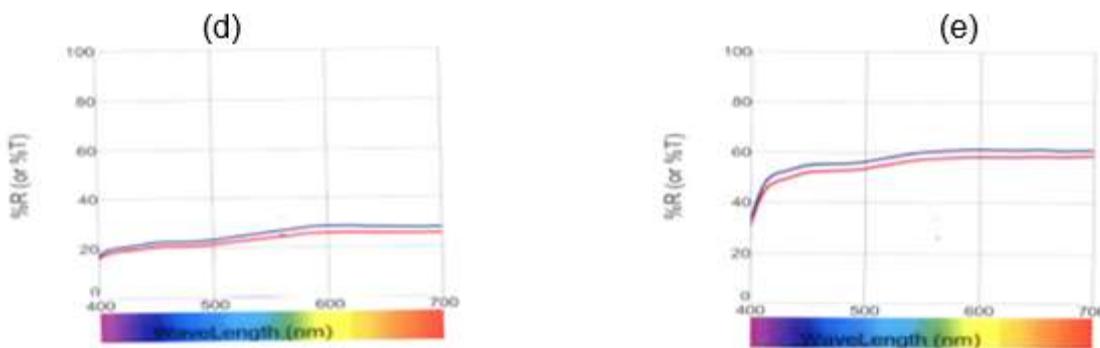


Fonte: Do autor (2019)

É possível observar que a tinta D não está no círculo de aceitação de cor, sendo evidente a reflexão na cor amarela, diante disso será necessário um maior ajuste de cor. No entanto a tinta E está dentro do círculo de aceitação, obtendo uma maior refletância na coloração azul. Na Fig. 11 está exposto a curva de refletância.

O resultado da curva de refletância na Fig. 11, apresentou para ambas tintas, valores de refração maiores que o padrão, representadas pela linha azul. Com isto pode-se afirmar que utilizando o concentrado teste a tinta ficou clara, devido a maior proporção de concentrado branco necessários para compensar o poder de cobertura do concentrado Y, tornando-se mais evidente o clareamento da amostra, conforme demostrado na Tab. 5.

Figura 11. Curvas de refletância espectral da tinta clara. (d) para tinta D e (e) tinta E comparando o concentrado teste com o concentrado Y.



Fonte: Do autor (2019)

Isto justifica que para cada tipo de tinta o concentrado vai apresentar comportamento de refletância diferente. Para melhor performance da cor, realizou-se ajuste, segundo visualizado na Tab. 13. Apesar da tinta E está no círculo de aceitação de cor, aplicou-se ajuste para deixar o mais próximo do centro de aceitação.

Tabela 13: Ajuste de cor para tintas que utilizavam o concentrado Y.

Ajuste da formulação	Tinta D Quantidade (g)	Tinta E Quantidade (g)
Concentrado Preto	0,40	0,30
Concentrado Amarelo	0,40	-

Fonte: Do autor (2019)

Os testes físico-químicos como alastramento, *rub out*, secagem apresentaram características ideais, bem como os testes de viscosidade e densidade sem alterações significativas no padrão da tinta. Os resultados dos ensaios estão apresentados na Tab. 14.

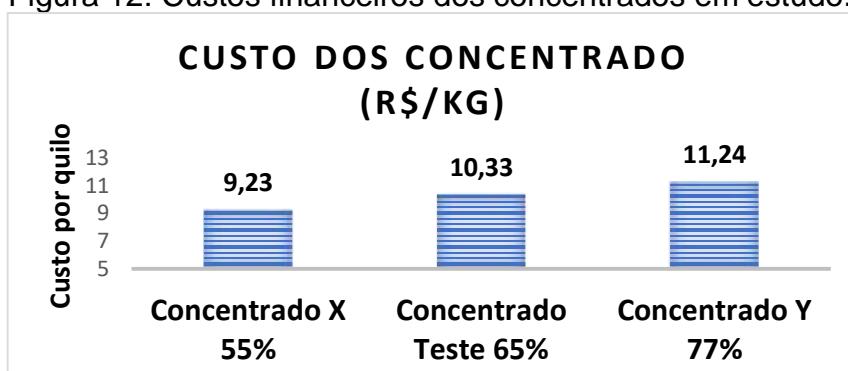
Tabela 14: Valores obtidos das análises na tinta utilizando o concentrado teste.

Testes	Tinta D Padrão Y	Tinta D Teste	Tinta E Padrão Y	Tinta E Teste
Alastramento	OK	OK	OK	OK
Faixa da Densidade (g/cm ³)	1,50-1,60	-	1,65-1,70	-
Densidade (g/cm ³)	1,57	1,58	1,68	1,68
<i>Rub out</i>	OK	OK	OK	OK
Secagem	OK	OK	OK	OK
Faixa Viscosidade (s)	50-65	-	65-75	-
Viscosidade CF nº6 (s)	54	61	69	67

Fonte: Do autor (2019)

Similarmente, um item de grande importância é a análise da viabilidade econômica abordado na seção 3.5. Dessa forma mediante as formulações na Tab. 1, realizou-se a comparação dos concentrados existentes com a amostra teste, considerado o custo por quilograma, apresentado na Fig. 12.

Figura 12: Custos financeiros dos concentrados em estudo.



Fonte: Do autor (2019)

Consta-se um aumento de 11,92% no custo da formulação do concentrado teste comparando o concentrado X e uma redução de 8,10% no custo quando ao o concentrado Y.

O custo financeiro das matérias-primas considerando o concentrado aplicado nas tintas, bem como todos os ajustes considerados na Tab. 11 e Tab. 13, estão expostos na Tab. 15.

Conforme análise do custo, observa-se um pequeno aumento no custo quando se aplica o concentrado nas tintas.

Tabela 15: Resultados da viabilidade econômica do concentrado aplicado a tintas.

Amostra (Concentrado branco)	Padrão: Custo total (R\$/Kg)	Nova formulação: Custo total (R\$/Kg)	Nova formulação com ajuste: Custo total (R\$/Kg)	Porcentagem do custo (%) e Status
Tinta A (Padrão X)	1,9000	1,9099	1,9218	1,15% ↑
Tinta B (Padrão X)	2,0985	2,1650	2,1713	3,47% ↑
Tinta C (Padrão X)	1,8416	1,8420	1,8420	0,02% ↑
Tinta D (Padrão Y)	1,9575	1,9755	1,9833	1,32% ↑
Tinta E (Padrão Y)	2,0591	2,0875	2,0964	1,81% ↑

Fonte: Do autor (2019)

Pode-se afirmar que esse aumento do custo de no máximo 5% é praticamente insignificante, quando se levar em conta todo o retorno no meio produtivo que será ganho para a empresa produzir um único concentrado, desde a



compra das matérias-primas até a tinta final, tendo redução de estoque. Vale ressaltar que não realizou-se uma análise econômica no processo produtivo.

Finalmente afirma-se que esse estudo foi satisfatório, onde conseguiu reduzir para um único concentrado branco em uma linha UV, sendo necessário reajustar todas tintas para este concentrado.

CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos do projeto, pode-se concluir que a realização dos testes físico-químicos com a nova formulação desenvolvida de concentrado branco, obteve resultados satisfatórios nos testes aplicados a tinta comparando com os concentrados existentes. Os ensaios de alastramento, secagem e *rub out* não apresentaram nenhuma mudança característica após a aplicação.

Para os testes de viscosidade e densidade, constatou-se que os resultados obtidos ficaram na faixa intermediária de especificação, valor esse esperado. Entretanto quando aplicados nas tintas, ocorreu interferência na propriedade de tingimento da cor, sendo assim, houve uma necessidade de maiores ajustes nas tintas de cores claras e acertos mínimos nas tintas escuras. Sendo constatado que as variações que ocorrem perante o índice de refração discorrem da característica de cor de cada tinta, não da interferência da propriedade do concentrado.

A viabilidade econômica do concentrado apresentou um aumento do custo na formulação de 11,92% comparado com o concentrado X e redução econômica de 8,10% em relação ao concentrado Y, mas para não aumentar o custo quando aplicado nas tintas, deve-se avaliar todas as cores das tintas e adaptar as formulações a este concentrado. Deste modo, através da racionalização dos pigmentos em solução, a indústria ganha performance com uma única formulação aplicada para a linha toda e benefícios no processo produtivo.

Para complemento do projeto em estudo, foi definida propostas: fazer teste piloto no moinho industrial, reajustar todas as formulações de tintas para o novo concentrado e realizar levantamento do custo econômico produtivo.

REFERÊNCIAS

AGUILA, Zaida Jova. **Desenvolvimento de sistemas fotocuráveis a partir da utilização de modelos de predição por contribuição de grupos.** 2003. 160 f.



Tese (Doutorado)- Curso de Engenharia Química, Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2003. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/jspui/bitstream/REPOSIP/267402/1/JovaAguila_Zaida_D.pdf>. Acesso em: 08 set. 2018.

BARDI, Marcelo Augusto Gonçalves. **Avaliação do impacto ambiental gerado por tintas gráficas curadas por radiação ultravioleta ou feixe de elétrons em materiais para embalagens plásticas convencionais ou biodegradáveis pós-consumo.** 340 f., 2014. Tese (Doutorado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear). Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Atuarquia associada à Universidade de São Paulo, 2014. Disponível em: <http://pelicano.ipen.br/PosG30/TextoCompleto/Marcelo%20Augusto%20Goncalves%20Bardi_D.pdf>. Acesso em: 08 set. 2018.

BERNARDO, Romildo, OLIVEIRA, Marcos. Dispersão de pigmentos no processo de fabricação por moagem e sua umectação. São Paulo, ano 4, out. 2017. **Revista acadêmica Oswaldo Cruz.** Disponível em: <<http://revista.oswaldocruz.br/Artigos>>. Acesso em: 20 mar. 2018.

BLUMTRITT, Gustavo. **Incorporação de pó de mármore reciclado como carga em tinta acrílica:** uma proposta Ambiental. 2014. 92 f. Monografia (Especialização) - Curso de Tecnologia em Processos Ambientais, Faculdade Senai de Tecnologia Ambiental, São Bernardo do Campo, 2014. Disponível em: <http://www.abrafati2017.com.br/2015/Dados/PDF/Paper_101.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2018.

CASTRO, Carmen Dias. **Estudo da influência das propriedades de diferentes cargas minerais no poder de cobertura de um filme de tinta.** 2009. 157 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/37394/000818735.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 2 set. 2018.

CONCEIÇÃO, Paulo Ricardo Nunes da. **Utilização de análise multivariada de dados na otimização de misturas minerais industriais para a formulação de tintas.** 2006. 166 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/10427/000598011.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 02 out. 2018.

DORNELLES, Kelen Almeida. **Absortância solar de superfícies opacas:** Métodos de determinação e base de dados para tintas látex acrílica e PVA. 2008. 152 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Faculdade Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/257698/1/Dornelles_KelenAlmeida_D.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2019.



FAZENDA, J. M. R. **Tintas e vernizes: ciência e tecnologia.** 4. ed. São Paulo: Edgar Blücher, 2009.

FIGUEIREDO, Fabiano Mauricio. **Desenvolvimento e pesquisa de uma linha de produtos para o setor moveleiro pelo processo de secagem por ultravioleta**
Desenvolvimento e pesquisa de uma linha de produtos para o setor moveleiro pelo processo de secagem por ultravioleta. 2007. 52 f. TCC (Graduação) - Curso de Química Industrial, Unisul, Universidade do Sul Catarinense, Tubarão, 2007.

LIMA, Geonir Moreira de. **Produção de tintas e sua correlação com os materiais poliméricos.** 2012. 87 f. TCC (Graduação) - Curso de Tecnologia em Polímeros, Centro Paula Souza, Faculdade de Tecnologia de Sorocaba, Sorocaba, 2012. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/2443609-Faculdade-de-tecnologia-de-sorocaba-curso-de-tecnologia-em-polimeros-producao-em-plasticos.html>>. Acesso em: 23 set. 2018

LUCIETTO, L. C.; CAMPOS, A.C.; RICHARDOSON, N.; YAMASAKI. **Utilização de ultravioleta e feixe de elétron na tecnologia de cura de tintas, vernizes e revestimentos:** situação atual e perspectivas. 2004.8 f. 4º Congresso internacional de Tintas, São Paulo, 2004. Disponível em: <<http://repositorio.ipen.br:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/12668/029410001.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> Acesso em: 02 set. 2018.

PEIXOTO, Artur Leães. **Ajuste de cor e tintas no estado líquido.** 2016. 141 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, Escola de Engenharia, Universidade do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/156339/001015233.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 16 mar. 2019.

RUIZ, Carmen Silvia Bentivoglio. **Avaliação da formação e degradação de filmes de vernizes curados por radiação ultravioleta e feixe de elétrons e expostos ao envelhecimento acelerado.** 2003. 246 f. Tese (Doutorado) - Curso de Química na Área de Físico-química, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/46/46132/tde-24032009-141102/pt-br.php>>. Acesso em: 08 set. 2018.

VERONA, Cenira Cristiane. **Estudo do impacto da variabilidade de resinas alquídicas nas propriedades de tintas.** 2004. 124 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/4753>>. Acesso em: 16 mar. 2019.