

**UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE - UNESC**

**CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA**

**MARIA VIRGINIA BAUER SALA**

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA COLORIMÉTRICA DOS CONCENTRADOS DE  
PIGMENTOS AMARELO DICROMATO-OURO E AZUL FTALOCIANINA NO  
PROCESSO DE PRODUÇÃO DE ESMALTES SINTÉTICOS AUTOMOTIVOS**

**CRICIÚMA - SC**

**2018**

**MARIA VIRGINIA BAUER SALA**

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA COLORIMÉTRICA DOS CONCENTRADOS DE  
PIGMENTOS AMARELO DICROMATO-OURO E AZUL FTALOCIANINA NO  
PROCESSO DE PRODUÇÃO DE ESMALTES SINTÉTICOS AUTOMOTIVOS**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado  
para obtenção do Grau de Engenheira no curso  
de Engenharia Química da Universidade do  
Extremo Sul Catarinense, UNESC.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria Alice Prado  
Cechinel

**CRICIÚMA - SC**

**2018**

**MARIA VIRGINIA BAUER SALA**

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA COLORIMÉTRICA DOS CONCENTRADOS DE  
PIGMENTOS AMARELO DICROMATO-OURO E AZUL FTALOCIANINA NO  
PROCESSO DE PRODUÇÃO DE ESMALTES SINTÉTICOS AUTOMOTIVOS**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado  
para obtenção do Grau de Engenheira no curso  
de Engenharia Química da Universidade do  
Extremo Sul Catarinense, UNESC.

Criciúma, 04 de julho de 2018.

**BANCA EXAMINADORA**

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria Alice Prado Cechinel - UNESC - Orientadora

Christian Volpato– Químico Industrial–Anjo Tintas

Prof<sup>a</sup>. Msc. Juliana Pavei Pizzolo- UNESC

**Dedico este trabalho aos meus grandes amores, meus pais, que fizeram dos meus sonhos o deles.**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus pela força que foi concedida para vencer todas as etapas ao longo deste caminho, por ter me abençoado com inteligência, sabedoria e discernimento para cumprir os meus deveres e obrigações com sucesso e possibilitar o meu amadurecimento.

Aos meus familiares, pois sem seu apoio e compreensão também não seria possível concluir esse projeto de vida. Por várias vezes, nas dificuldades encontradas eles foram os pilares, sustentando e ajudando a realizar com êxito a minha tarefa.

Agradeço em especial ao meu pai Paulo Tadeu Sala e minha mãe Claudete Bauer Sala pelo amor incondicional e incentivo dado a todas as minhas escolhas.

Agradeço ao meu namorado Murilo Magnus Pires por toda paciência e por compreender os meus momentos de ausência e por estar ao meu lado nos momentos mais difíceis.

Agradeço a minha orientadora Maria Alice Prado Cechinel por toda a atenção, conhecimento transmitido e dedicação para a construção deste trabalho.

Agradeço aos meus amigos e colegas de faculdade, em especial a Aline Souza, Amanda da Silva Serafim, Davi Vieira Gomes, Morgana Pozzolo e Renata Vitória Rosso por todo companheirismo e amizade em todos os momentos.

Agradeço a todos os professores que passaram pela minha graduação, em especial ao professor Luiz Alexandre por todo o conhecimento que foi transmitido e também ao Christian Volpato e a Professora Juliana Pavei por aceitar o convite de compor a banca examinadora e poder enriquecer este trabalho.

Agradeço à empresa Anjo Tintas pela oportunidade de desenvolver este trabalho, aos meus colegas de trabalho pelo apoio e pela oportunidade de por em prática os ensinamentos adquiridos na graduação, em especial ao Christian Volpato e a minha colega e amiga Renata Milioli Vieira por toda ajuda ofertada para a elaboração deste trabalho.

**“Não importa o que aconteça, continue a nadar”.**

**WALTERS, GRAHAM (Procurando Nemo, 2003)**

## RESUMO

Tendo em vista a importância da indústria de recobrimentos superficiais e a necessidade de conhecimento sobre os concentrados de pigmentos, este trabalho tem por objetivo apresentar as informações relativas do processo de desenvolvimento e fabricação de concentrados de pigmentos nas linhas de esmaltes sintéticos automotivos, sendo importante construir um sistema de controle de processo padronizado para evitar o problema da variabilidade e resultados indesejados. Realizou-se uma pesquisa coletando os dados de concentrados de maior saída de mercado para realizar o estudo. Para o desenvolvimento do concentrado, inicialmente verificou-se como estava os discos do processo atual e o processo de dispersão, após verificar foi redimensionando os discos conforme o tanque para cada pigmento, e no processo de moagem realizou-se a manutenção das esferas do moinho, para obter uma fineza melhor em uma quantidade de passes menor. No processo 1 foi utilizado à dispersão rápida, ou seja, a mesma do processo atual, no processo 2 a dispersão utilizada foi a lenta. Após os estudos dos processos, realizaram-se os ensaios de avaliação colorimétrica, fineza e estabilidade para os processos em estudo. Os resultados obtidos para os processos modificados foram eficiente, no processo 1 os dois concentrados de estudo obtiveram a fineza deseja com um passe a menos, já para o processo 2 o concentrado azul ftalocianina apresentou uma força tintorial inferior ao processo 1, mas o delta E apresentou um valor muito próximo a zero e muito satisfatório, já o concentrado de pigmento de amarelo dicromato-ouro não teve uma eficiência satisfatória para o processo 2, apesar de ter obtido um delta E muito próximo de zero, a força tintorial foi muito inferior ao processo 1. Os resultados obtidos foram muito satisfatórios, além de diminuir um passe para os concentrados, o delta E melhorou e para o concentrado de pigmento amarelo dicromato-ouro obteve uma redução de pigmento em forma de pó na formula de uma redução de aproximadamente 8%, reduzindo o custo de 10,22 R\$/kg para 9,90 R\$/kg.

**Palavras-chave:** Força Tintorial, Fineza, Esmalte Sintético.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma do processo de fabricação de tintas automotivas.....	15
Figura 2 – Etapas do processo de dispersão.....	16
Figura 3 - Ilustração do posicionamento e das dimensões corretas do disco de dispersão.....	17
Figura 4 - Ilustração de um moinho vertical.....	18
Figura 5 - Estrutura molecular do azul ftalocianina .....	25
Figura 6 - Pigmento azul ftalocianina em forma de pó .....	25
Figura 7 - Pigmento Amarelo de Cromo em forma de pó.....	26
Figura 8 - Grindomêtro .....	27
Figura 9 - Viscosímetro Krebs Stormer .....	28
Figura 10 - Espaço Colorimétrico CIE LAB (1976).....	29
Figura 11 - Espaço Colorimétrico CIE LAB (Corte Bidimensional).....	30
Figura 12 - Fluxograma com as etapas de processo atual e as duas etapas de dispersão com o processo modificado. ....	31
Figura 13 - Etapa de pré-mistura e agitação .....	33
Figura 14 - Moinho Vertical (a) e esferas de óxido de zircônio (b) .....	34
Figura 15 - Esquema de fluxo laminar e turbulento.....	35
Figura 16 - Dispersão rápida (a e b) e lenta (c e d) para os concentrados de pigmentos o amarelo dicromato-ouro e pigmento azul ftalocianina.....	43

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Função de alguns aditivos utilizados na fabricação de tintas e vernizes...	23
Tabela 2 - Propriedades Físico-químicas dos pigmentos.....	24
Tabela 3- Representação CIE Lab .....	29
Tabela 4 - Número de passes necessário para cada concentrado de pigmento e o tempo de moagem para o processo atual. ....	37
Tabela 5 - Deltas colorimétricos, força tintorial (%) e fineza (H) obtidos para o processo atual. ....	38
Tabela 6 - Dimensões dos tanques e dos discos utilizados na etapa de dispersão primária do processo atual. ....	39
Tabela 7 - Valores de fineza (H) e força tintorial (%) das amostras obtidas para o Processo 1. ....	41
Tabela 8 - Deltas colorimétricos, força tintorial (%) e fineza (H) obtidos para o Processo 1. ....	42
Tabela 9 – Parâmetros após alteração da velocidade periférica para cada tanque de acordo com Re 2000. ....	44
Tabela 10 - Valores de fineza (H) e valores de força tintorial (%) dos passes em cada concentrado em relação ao processo 2. ....	45
Tabela 11 - Deltas colorimétricos, força tintorial (%) e fineza (H) obtidos para o Processo 2. ....	46
Tabela 12 - Comparativo de tempo (em horas) do Processo atual e Processos 1 e 2. ....	46

## **LISTA SIGLAS E ABREVIATURAS**

ABRAFATI - Associação Brasileira dos Fabricantes de tintas

ABS - Acrilonitrila Butadieno Estireno

CIE – Comissão Internacional de Iluminação

PbO - Litargírio

PP - Polipropileno

PS - Poliestireno

PU - Poliuretano

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
1.1	OBJETIVOS	12
1.1.1	<b>Objetivo geral.....</b>	<b>12</b>
1.1.2	<b>Objetivos específicos.....</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>14</b>
2.1	O MERCADO DE TINTAS E VERNIZES NO BRASIL	14
2.2	PROCESSO PRODUTIVO DE ESMALTE SINTÉTICO PARA TINTAS AUTOMOTIVAS	15
2.3	COMPOSIÇÃO DE TINTAS E VERNIZES	19
2.3.1	<b>Resina.....</b>	<b>19</b>
2.3.2	<b>Solventes .....</b>	<b>20</b>
2.3.3	<b>Cargas Minerais.....</b>	<b>21</b>
2.3.4	<b>Aditivos .....</b>	<b>22</b>
2.3.5	<b>Pigmentos .....</b>	<b>22</b>
2.4	PADRONIZAÇÃO DE COR	26
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>31</b>
3.1	AVALIAÇÃO DA CONDIÇÃO DE PROCESSO EXISTENTE	32
3.2	PROCESSO 1 – DIMENSIONAMENTO DOS DISCOS DO TANQUE DE MISTURA	34
3.3	PROCESSO 2 – INFLUÊNCIA DA VELOCIDADE DE DISPERSÃO	34
3.4	AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DOS CONCENTRADOS DE PIGMENTOS OBTIDOS NO O PROCESSO ATUAL E NOS PROCESSOS MODIFICADOS	35
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>37</b>
4.1	PROCESSO DE FABRICAÇÃO DO CONCENTRADO ATUAL	37
4.2	PROCESSO 1 – DIMENSIONAMENTO DOS DISCOS DO TANQUE DE MISTURA	39
4.3	PROCESSO 2 – INFLUÊNCIA DA VELOCIDADE DE DISPERSÃO	42
4.4	AVALIAÇÃO DOS GANHOS DE PRODUTIVIDADE E GANHO COLORIMÉTRICO	46
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>48</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>50</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O mercado de tintas tem apresentado um crescimento significativo nos últimos anos, e com isso novas tecnologias, tintas com maior qualidade e com funções específicas surgiram.

A tinta é uma preparação, o que significa que há uma mistura de vários insumos na sua produção. A combinação dos elementos sólidos e voláteis define as propriedades de resistência e de aspecto, bem como o tipo de aplicação e custo do produto final.

Atualmente, o setor brasileiro de tintas é composto pelas tintas imobiliárias, automotivas e industriais (YAMANAKA et al, 2006). A produção de tintas é basicamente o mesmo para os tipos de aplicação, geralmente possuem quatro componentes básicos, que são as resinas, solventes, pigmentos e aditivos.

O pigmento é um corante em formato de pó, seco e insolúvel (SHREVE; BRINK, 1985). É um sólido insolúvel responsável por atribuir a tonalidade e intensidade da cor (SCARPETA, 2007). Cada pigmento possui características específicas e, por este motivo, antes da escolha de um pigmento é necessário a que condições o material será exposto (intempéries, calor, luz, agentes químicos, solventes, etc.). Também devem ser analisados o tamanho de partícula, poder de cobertura, poder de tingimento e grau de dispersabilidade.

A etapa de dispersão, que é onde acontece à mistura do pigmento no veículo líquido, é muito importante para uma pré-umectação da partícula do pigmento que garante uma melhor dispersão no processo de moagem do concentrado.

A moagem é uma operação unitária importante na preparação de tintas, visto que o principal objetivo é alcançarmos a fineza necessária para a etapa seguinte, sendo esta propriedade determinada com um grindômetro, onde o valor de 7H na escala de Hegman é o resultado ideal para o decorrer do processo. Pode ser realizada em moinho vertical ou horizontal e o número de passes pelo moinho depende do tipo de pigmento a ser moído. Um fator importante a ser observado na moagem é o tipo de elemento de moagem utilizado.

O processo de fabricação de tintas, por apresentar características físico-químicas que envolvem especificidades, propriedades e variáveis que influenciam diretamente na qualidade das tintas, necessita de um controle e padronização para

garantir a qualidade e a satisfação dos clientes. Para garantir a repetitividade de cor dos concentrados de pigmentos, deve ser avaliado o poder tintorial, a tonalidade, o poder de cobertura e a fineza dos pigmentos utilizados em comparativo à amostra padrão. Estes critérios também devem ser avaliados nos concentrados de pigmentos.

A proposta deste trabalho de conclusão de curso foi aumentar a eficiência colorimétrica dos concentrados de pigmentos Amarelo Dicromato-ouro (inorgânico) e Azul Ftalocianina (orgânico), diminuindo a quantidade de passes no moinho e elevando o poder tintorial, modificando também a dispersão destes pigmentos no processo de fabricação de esmaltes sintéticos automotivos.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo geral

Aumentar a eficiência colorimétrica dos concentrados de pigmentos amarelo de cromo e azul ftalocianina no processo de fabricação de esmaltes sintéticos automotivos.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- Identificar os métodos utilizados para moagem e o aumento do poder tintorial dos concentrados de pigmentos;
- Avaliar o processo produtivo atual por meio da dispersão rápida e lenta, tempo de moagem e poder tintorial dos concentrados;
- Comparar a eficiência de dispersão lenta com o processo atual de dispersão rápida;
- Verificar o método de moagem através do redimensionamento dos discos e tanques;
- Determinar o ganho de eficiência (número de passes e poder tintorial dos concentrados) no redimensionamento dos tanques;

- Realizar a repadronizar das fórmulas de acordo com o resultado do poder tintorial;
- Analisar a redução de custo após repadronização do processo;

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 O MERCADO DE TINTAS E VERNIZES NO BRASIL

Segundo o Guia Técnico Ambiental Tintas e Vernizes - série P+L de 2006, o mercado brasileiro de tintas e solventes já é bem consolidado. As tintas e solventes possuem aplicações em diversas áreas tais como a construção civil, revestimento de equipamentos, veículos automotivos, móveis, brinquedos, impressão, serigrafia, eletrodomésticos e outros. O mercado de tintas no Brasil abrange as linhas de produtos imobiliária, industrial e automotiva. O setor de tintas e vernizes tem apresentado números expressivos e um grande potencial para crescimento.

O Brasil é o quinto produtor mundial para tintas, com um mercado formado por grandes empresas (nacionais e multinacionais) e fabricantes de médio e pequeno porte. Os dez maiores fabricantes de tintas brasileiros respondem por 75 % do total das vendas. No Brasil fabricam-se tintas destinadas a todas as aplicações, com tecnologia de ponta e grau de competência técnica comparável aos mais avançados centros mundiais de produção (ABRAFATI, 2017). Em 2017, estima-se que o volume produzido de tintas nos Brasil foi de 1,5 bilhão de litros e, comparado com o ano de 2016, o crescimento em volume de tintas foi de 1,9 %.

Os segmentos em que o setor de tintas se divide são tintas imobiliárias, que representa cerca de 83,3 % do volume total produzido, tintas automotivas, destinada às montadoras, com volume de 2,3 %, tinta para repintura automotiva representam 4 % do volume e as tintas para indústria em geral (eletrodomésticos, móveis, autopeças, naval, aeronáutica, tintas de manutenção, etc.) representam 10,3 % do volume (ABRAFATI, 2017).

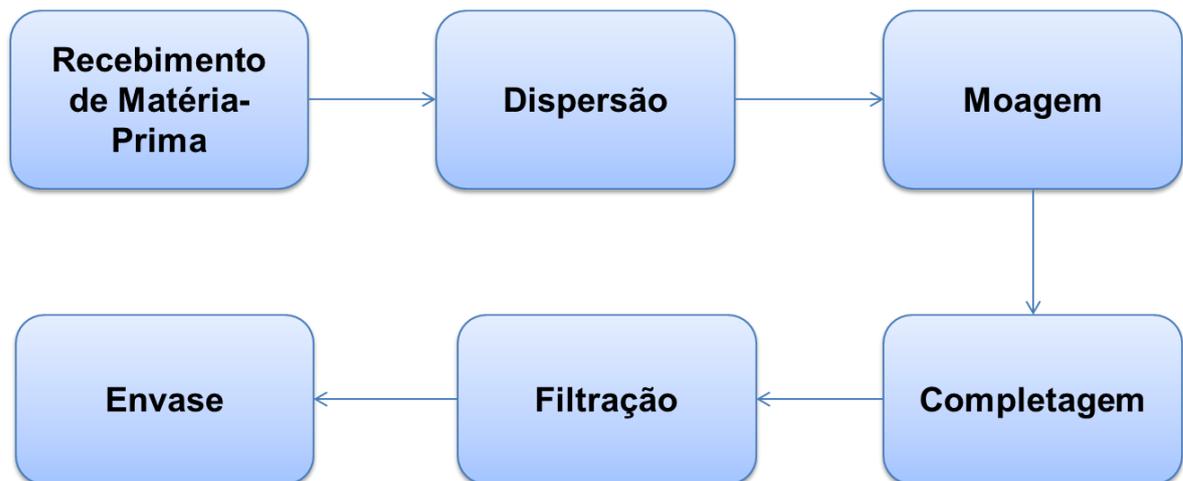
Dentre os segmentos de produção, o de repintura automotiva apresentou um crescimento representativo nos últimos anos, devido ao crescimento da produção e vendas dos veículos e das necessidades pós-venda, como reparação e repintura de veículos. O maior desafio da indústria de tintas neste segmento é fazer com que o veículo fique com o aspecto e com a mecânica igual ao de um veículo novo após a reaplicação da pintura.

## 2.2 PROCESSO PRODUTIVO DE ESMALTE SINTÉTICO PARA TINTAS AUTOMOTIVAS

A indústria de tintas utiliza um grande número de matérias-primas e produz uma elevada gama de produtos em função da grande variedade de superfícies a serem aplicadas e dos atributos desejados.

A fabricação é caracterizada pela produção em lotes, valendo-se do sistema de amostragem para o ajuste da cor e o acerto final das propriedades da tinta. O fluxograma do processo de produção de tintas automotivas é apresentado na Figura 1. As etapas de fabricação que predominam são as operações físicas, como a dispersão, moagem, completagem e filtração, e as conversões químicas acontecem na produção dos componentes da tinta, como resinas e pigmentos, e na secagem do filme após aplicação.

Figura 1 – Fluxograma do processo de fabricação de tintas automotivas.



Fonte: Autora (2018).

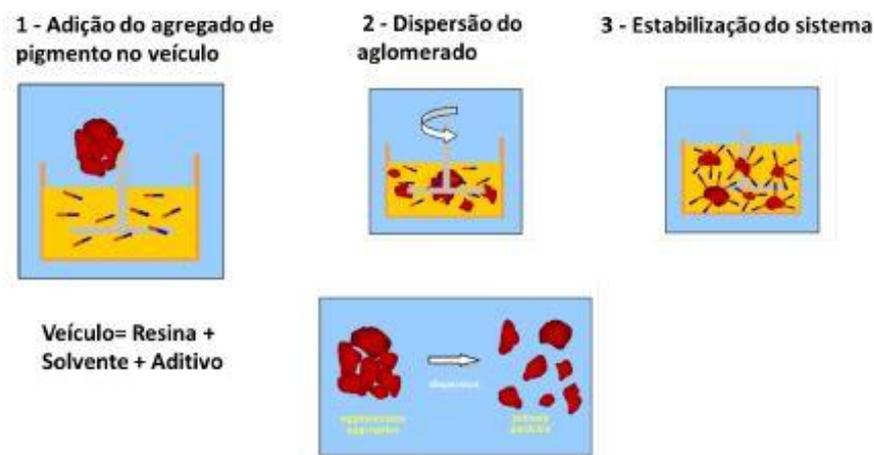
No recebimento da matéria-prima, fase de significativa importância, são feitas análises de alguns parâmetros conforme o tipo de insumo (líquido ou sólido). As matérias-primas como os pigmentos e resinas, podem variar entre os fornecedores, sendo necessária a análise de parâmetros como viscosidade e densidade dos insumos para saber se a matéria-prima está em concordância com o necessário para o uso na produção.

Na fase de dispersão, os insumos são adicionados em um tanque (aberto ou fechado) provido de agitação adequada, segue uma ordem de adição

previamente determinada pelo documento básico para a produção de uma tinta, no qual indica a sua formulação. Segundo Kairalla et al., (2009), o objetivo da dispersão dos pigmentos é a sua umectação e separação das partículas primárias ou unitárias de seus aglomerados, provocando a estabilização do veículo.

A primeira etapa envolve a dispersão primária, onde acontece a incorporação de partículas de pó em um veículo líquido gerando uma base de moagem. Num dispersor, como mostra a Figura 2, adiciona-se a resina, parte do solvente e o aditivo. Estes produtos são rapidamente misturados, e formam o veículo para receber o pigmento. Inicia-se, então, a adição de pequenas parcelas do pigmento, lentamente no veículo sob agitação. Findada a adição, aumenta-se drasticamente a rotação do dispersor, até atingir a velocidade periférica de aproximadamente 25 m/s, que é a velocidade onde se obtém alta taxa de cisalhamento. Nesta etapa, inicia-se a desaglomeração dos agregados, e a estabilização da suspensão, até conseguir uma relativa homogeneização. Além disso, os pigmentos são reduzidos ao seu tamanho primário, aflorando os atributos desejados, como poder de cobertura, força de tingimento, cor, resistência e proteção.

Figura 2 – Etapas do processo de dispersão.

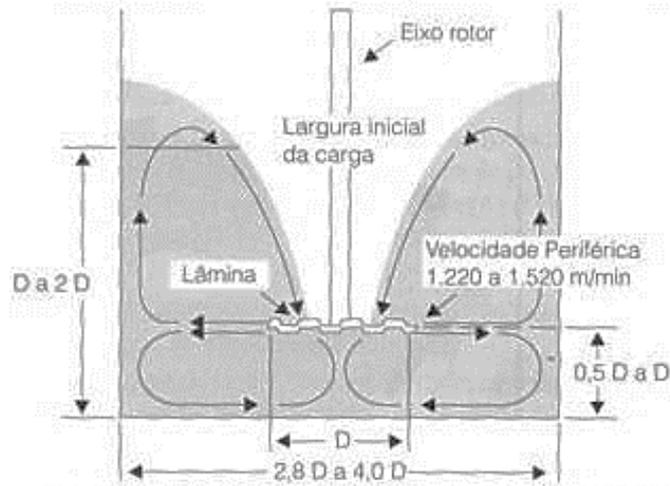


Fonte: Additives, (2005).

Na etapa de dispersão é formada a chamada “pasta de moagem”, que é uma mistura de resina, solvente, aditivo e pigmento com alta concentração de sólido, a mais alta possível, para que possa ser bombeado através do moinho, equipamento utilizado na próxima etapa.

De acordo com Kairalla et al., (2009), os discos dos dispersores são disponíveis de várias formas e tamanhos. A Figura 3 ilustra a posição do dispersor e as dimensões ideais para garantir uma dispersão eficiente.

Figura 3 - Ilustração do posicionamento e das dimensões corretas do disco de dispersão.



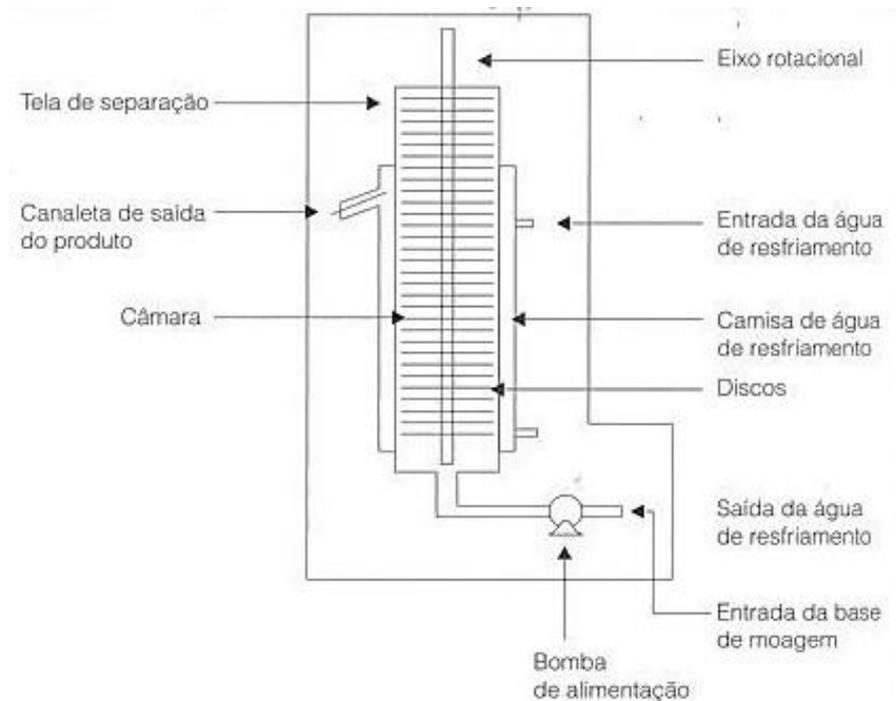
Fonte: Kairalla et al. (2009)

A fase de moagem consiste na passagem da pasta de moagem pelo moinho, onde os pigmentos são reduzidos ao seu tamanho primário, aflorando os atributos desejados, como poder de cobertura, força de tingimento, cor, resistência e proteção. Esta é a etapa de maior fornecimento de energia à mistura e a operação combina impacto, compressão, abrasão e atrito. É importante ressaltar que não ocorre a quebra de partícula. A quebra da partícula primária do pigmento diminui a sua eficiência e causa efeitos indesejáveis como a dessaturação da cor, escurecimento, diminuição do brilho e etc.

Os moinhos podem ser do tipo moinho de bolas, vertical, horizontal entre outros. Conforme Kairalla et al., (2009), o moinho vertical é um dispersor contínuo e pode ser dividido em dois componentes: um estacionário e outro rotacional. O componente estacionário é composto por uma câmara cilíndrica vertical montada com um eixo perpendicular longitudinal, que conserva os elementos de moagem em seu interior. O componente rotacional é composto de um eixo provido de uma série de discos anulares montados equidistantemente. O fundo da câmara é fechado, exceto por uma válvula de entrada de material. No topo do casco, localiza-se a saída da base de moagem, circundada por uma tela (KAIRALLA et al., 2009). Durante a

passagem ascendente através da zona de agitação, a base de moagem é retida e moída entre as esferas, em forte ação de cisalhamento. Esta ação efetua a dispersão do pigmento no veículo. Ao emergir da parte ativa, o concentrado disperso atravessa uma tela, que o permite a passagem do líquido enquanto retém o agente de moagem (esfera). Após este processo o concentrado é estocado ou é bombeado novamente para o moinho para repetir o processo. O número de passes no moinho varia de acordo com o tipo de pigmento (Kairalla et al., 2009). A Figura 4 esboça os componentes de um moinho vertical.

Figura 4 - Ilustração de um moinho vertical.



Fonte: Kairalla et al. (2009)

Na fase de completagem, o produto é bombeado para o tanque de processo, que são geralmente cilíndricos e cuja função é agitar o produto para garantir a incorporação de todos os ingredientes. O sistema de agitação é, na maioria dos casos, uma turbina de quatro pás inclinadas que tem como objetivo a não formação de vortex (como nos dispersores) e sim a geração de turbulência. Esta é a fase que compreende a adição dos ingredientes restantes da fórmula, como alguns aditivos e parte da resina, etc. Também, é nesta etapa onde ocorrem os ajustes das propriedades do produto final, dentre eles a viscosidade e a cor.

Na fase de filtração o produto já está pronto, aguardando para o envase. O filtro é colocado antes da máquina de enchimento e tem por objetivo reter as sujidades decorrentes do processo, tubulação e tanques, para que não sejam conduzidas para a embalagem final. A filtração geralmente ocorre por ação da pressão, forçando o líquido a atravessar uma malha fina, com poros que são de 5  $\mu\text{m}$  para acabamentos automotivos e 75  $\mu\text{m}$  para tintas decorativas.

O envase é a fase final da produção das tintas e concentra o maior número de operadores, visto que embora as máquinas de envase sejam automatizadas, deve-se proceder à alimentação manual das máquinas com embalagens, estrados, tampas e outros acessórios.

## 2.3 COMPOSIÇÃO DE TINTAS E VERNIZES

A Associação Brasileira dos Fabricantes de Tintas (ABRAFATI, 2018), em suas diversas publicações, define as tintas e vernizes como uma preparação, geralmente na forma líquida, cuja finalidade é a de revestir uma dada superfície ou substrato para conferir beleza e proteção. Uma tinta líquida geralmente possui quatro componentes básicos, que é resinas, solventes, pigmentos e aditivos. Quando essa tinta não contém pigmentos, ela é chamada de verniz. Por ter pigmentos, a tinta cobre o substrato, enquanto o verniz deixa transparente.

Na linha industrial, as tintas são aplicadas de modo pulverizado em substratos como Poliestireno (PS), Polipropileno (PP), Acrilo Butadieno Estireno (ABS), alumínio, aço inoxidável e laminado a frio, podendo ser aplicada diretamente sobre estas superfícies ou ainda em sistema de três camadas: primer, tinta e verniz (FAZENDA et al., 2005).

### 2.3.1 Resina

A resina é o principal componente de uma tinta ou verniz. Com características particularmente desejáveis na aplicação final destes produtos, a resina responde pela maioria das propriedades físico-químicas da formulação (GENTIL, 1996). São formadoras da película da tinta e são responsáveis pela maioria das características físicas e químicas desta, pois determinam o brilho, a

resistência química e física, a secagem, a aderência e outras (YAMANAKA et al., 2006, p.31).

De acordo com Mark (1964, p.61), a resina é a parte não volátil da tinta, que serve para aglomerar as partículas de pigmentos. A resina também denomina o tipo de tinta ou revestimento empregado, como exemplo tintas acrílicas, alquídicas, epoxídicas, dentre outras. Antigamente, as resinas eram à base de compostos naturais, vegetais ou animais. Hoje em dia, são obtidas através da indústria química ou petroquímica por meio de reações complexas, originando polímeros que conferem às tintas propriedades de resistência e durabilidade muito superior às antigas.

Há basicamente duas formas de classificação das resinas: as termofixas, que são obtidas por reações de polimerização do sistema de resinas juntamente com a evaporação de solventes, e as termoplásticas, em que o filme é obtido somente por evaporação de solvente. As propriedades dos filmes termofixos são superiores aos termoplásticos com relação ao brilho, à resistência química, à resistência mecânica, à durabilidade e outras (BATISTA, 2004).

Dentre as resinas, as alquídicas se destacam por serem utilizadas na formulação de tintas sintéticas e que foram importantes no processo de melhoria das propriedades físico-químicas dos óleos utilizados na fabricação de tintas, pois tinham o inconveniente de secar lentamente, baixa resistência às intempéries, amarelamento e termo-plasticidade (amolecimento com o calor) (MARK, 1964, p.61).

As resinas alquídicas são classificadas em dois grupos: as alquídicas puras, que são resultado da polimerização de uma composição que contém poliálcoois, poliácidos, monoácidos e, eventualmente, monoálcoois; e asalquídicas modificadas, que além dos constituintes das alquídicas puras, também possuem em sua composição diferentes produtos, como, por exemplo, resinas fenólicas, resinatos de breu, poliuretânicos e outros. Modificações particularmente importantes são a estirenização e a acrilização, por meio das quais são introduzidas na sua composição “porções” poliméricas poliacrílicas e poliestirênicas.

### 2.3.2 Solventes

Solventes são produtos que possuem a capacidade de dissolver outros materiais sem alterar suas propriedades químicas. O resultado dessa interação é

denominado solubilização. Geralmente, o solvente é líquido e tem afinidade química com os materiais a serem dissolvidos (VERNERET, 1984, p.675). Os solventes podem ser orgânicos ou a água e são responsáveis pelo aspecto líquido da tinta com uma determinada viscosidade. Após a aplicação da tinta, o solvente evapora deixando uma camada de filme seco sobre o substrato (YAMANAKA et al, 2006, p.33). Estes são utilizados na solubilização da resina, no controle e acerto de viscosidade e auxilia no processo de fabricação das tintas e na aplicação. Os solventes são classificados em verdadeiros, auxiliares e falsos (VERNERET, 1984, p.675). Os verdadeiros são aqueles que são miscíveis, em qualquer proporção, com uma determinada resina; os solventes auxiliares são aqueles que não solubilizam a resina, mas auxiliam o solvente verdadeiro na solubilização do veículo; e os falsos solventes são aqueles possuem baixo poder de solvência (GENTIL 1996).

Os solventes são geralmente divididos em dois grupos: os hidrocarbonetos e os oxigenados. Por sua vez, os hidrocarbonetos podem ser subdivididos em dois tipos: alifáticos e aromáticos, enquanto que os oxigenados englobam os álcoois, acetatos, cetonas, éteres, etc. Os solventes mais usados na linha industrial na produção de tintas são etanol, acetato de etila, acetato de butila, éter butílico do etilenoglicol, metil benzeno e dimetil benzeno.

A solubilidade da resina é necessária para que haja um melhor contato da tinta com o substrato, favorecendo a aderência. O uso de solventes inadequados, que não tenham poder de solvência sobre a resina, pode causar problemas nas tintas, como a coagulação ou precipitação da resina, perda de brilho, diminuição da resistência à água, entre outros. É importante selecionar corretamente os solventes, pois muitas propriedades da tinta líquida e do seu desempenho depois da aplicação estão diretamente relacionadas ao tipo de solvente utilizado na formulação (VERNERET, 1984).

### 2.3.3 Cargas Minerais

As cargas minerais são partículas sólidas, insolúveis no meio, destinadas a melhorar as propriedades físicas, mecânicas e químicas e com natureza semelhante à dos pigmentos. Porém, devido seu menor índice de absorção de óleo e menor poder de cobertura, as cargas possuem um menor custo quando comparadas aos pigmentos (VERGÉS, 2005). As cargas minerais são essenciais na

produção de tintas látex e seus complementos, esmaltes sintéticos foscos e acetinados, tintas a óleo e tinta de fundo (YAMANAKA et al, 2006, p.33).

Dentre as suas variadas funções e composições químicas, as cargas minerais possuem ação anticorrosivas (como os silicatos de alumínio e carbonato de cálcio), ação fosqueante (como as sílicas), as ceras, que possuem ação deslizante, diminuindo o coeficiente de atrito na superfície revestida e ação secundária também como fosqueante.

#### 2.3.4 Aditivos

Aditivos são ingredientes que, adicionados às tintas, proporcionam características especiais às mesmas ou melhoram as suas propriedades. São utilizados para auxiliar as diversas fases da fabricação e conferir características necessárias à aplicação das tintas.

Os aditivos estão nas tintas em proporções relativamente pequenas e influenciam significativamente na manufatura, estabilidade, aplicabilidade, qualidade e aspecto do filme aplicado (MARTENS, 1974). Em uma formulação qualquer, raramente o total de aditivos excedem 5 % da composição total e esses são usualmente divididos por funções e não por composição química ou forma física (FAZENDA et al, 2005).

Podemos dizer que existe uma variedade enorme de aditivos usados na indústria de tintas e vernizes, como secantes, anti-sedimentantes, niveladores e antiespumante. Suas principais funções são descritas na Tabela 1.

#### 2.3.5 Pigmentos

O pigmento é o componente básico em uma tinta, responsável principalmente por sua cor e pela maior durabilidade. O pigmento é um material sólido finamente dividido, insolúvel no meio, utilizado para conferir cor, opacidade, características de resistência e outros efeitos. São divididos em pigmentos coloridos (conferem cor), não coloridos e anticorrosivos, que conferem proteção aos metais (FAZENDA et al., 2005).

Tabela 1- Função de alguns aditivos utilizados na fabricação de tintas e vernizes

<b>Aditivos</b>		<b>Função</b>
<b>Aditivos de Cinética</b>	Secantes	Catalisadores da secagem oxidativa de resinas alquídicas e óleos vegetais polimerizados.
	Antipele	Evitam a formação de uma película semi-sólida de tinta ou verniz na parte superior desta na fase líquida.
<b>Aditivos de Processos</b>	Dispersantes	Melhoram a dispersão dos pigmentos nas tintas.
	Flow	Ajudam a corrigir defeitos de alastramento em um revestimento.
	Antiespumantes	Evitam a formação de bolhas de ar, espumas, na tinta líquida ou no verniz.
	Umectantes	Nos sistemas aquosos aumentam a molhabilidade de cargas e pigmentos, facilitando sua dispersão.
	Desaerantes	Estouram as espumas formadas durante e após a agitação.
<b>Aditivos de preservação</b>	Bactericidas	Evitam a degradação do filme da tinta devido à ação de bactérias, fungos, etc.

Fonte: FAZENDA et al. (2005).

Os pigmentos podem ser orgânicos ou inorgânicos (PATTON, 1973, p. 535). Os pigmentos orgânicos são substâncias corantes que normalmente não têm características ou funções anticorrosivas. Um dos aspectos mais importantes a se observar é a sua durabilidade ou propriedade de permanência sem alteração da cor, principalmente para ambientes externos. Incluem aqui os pigmentos de cores mais brilhantes. São mais caros que os inorgânicos e possuem alto poder de tingimento, com propriedades de cor como intensidade, tonalidade e limpeza. Dentre os pigmentos inorgânicos estão todos os pigmentos brancos, cargas e uma grande faixa de pigmentos coloridos, sintéticos ou naturais. Geralmente não são tão brilhantes quanto os orgânicos (ASSIS, 2009). A Tabela 2 apresenta uma comparação físico-química entres os pigmentos orgânicos e inorgânicos.

Tabela 2 - Propriedades Físico-químicas dos pigmentos.

<b>PROPRIEDADE</b>	<b>INORGÂNICO</b>	<b>ORGÂNICO</b>
Densidade	Alta	Baixa
Área superficial	Baixa	Alta
Tamanho de partícula	Maior	Menor
Poder de cobertura	Alto	Baixo
Transparência	Baixa	Alta
Poder de tingimento	Baixo	Alto
Resistência térmica	Alta	Baixa
Resistência a agentes Químicos	Normalmente alta	Depende da Família
Resistência à luz	Alta	Depende da Família
Resistência a intempéries	Normalmente alta	Depende da Família

Fonte: KAIRALLA et al., (2005).

### 2.3.5.1 Pigmentos amarelo de cromo e azul ftalocianina

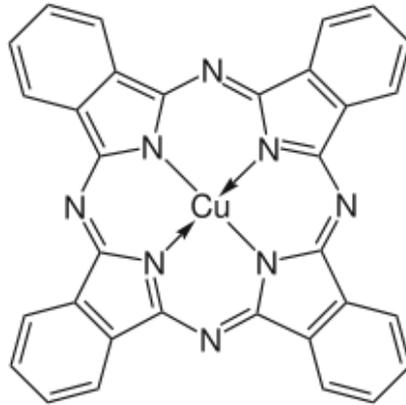
O pigmento azul ftalocianina é um pigmento orgânico muito utilizado na indústria de tinta. Os pigmentos desta classe são reconhecidos como representantes do mais alto padrão de resistência à luz (corte e pleno), calor, solventes e produtos químicos dentre todos os pigmentos orgânicos.

Os azuis de Ftalocianina podem se apresentar em diversas formas cristalinas, sendo as principais comercializadas a forma  $\alpha$ , que possui tonalidade azul mais avermelhada, e a forma  $\beta$ , que possui tonalidade azul mais esverdeada. Com relação ao poder de tingimento, a forma de  $\alpha$  tem uma intensidade 20 % maior que a forma  $\beta$  (FAZENDA et al., 2005). A Figura 5 mostra a estrutura molecular do azul ftalocianina forma  $\alpha$  e a Figura 6 o pigmento azul ftalocianina em forma de pó.

O azul Ftalocianina, sem qualquer tratamento é passíveis de flocular e recristalizar durante a estocagem em tintas que contenham solventes fortes, principalmente solventes aromáticos como metil benzeno e dimetil benzeno, o que se caracteriza por uma perda do tingimento, alteração de tom e presença de pontos duros e escuros na tinta. Essa solubilização pode ser maior ou menor conforme o

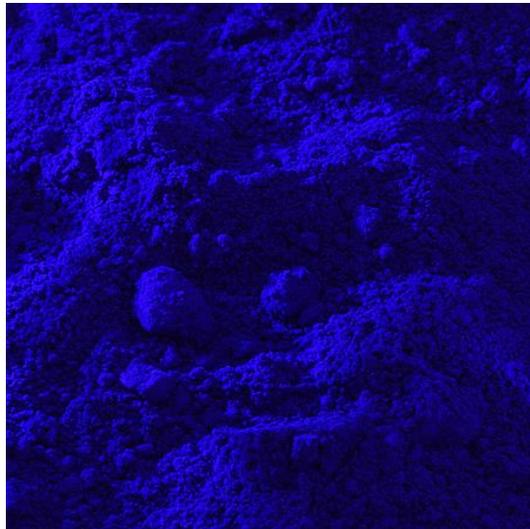
processo de fabricação e certos tratamentos que esse pigmento pode sofrer no decorrer de sua fabricação. A temperatura também desempenha um papel importante na solubilização do pigmento e, na maioria dos casos, não se devem utilizar altas temperaturas de moagem para dispersão do pigmento.

Figura 5 - Estrutura molecular do azul ftalocianina



Fonte: (FAZENDA et al., 2005).

Figura 6 - Pigmento azul ftalocianina em forma de pó



Fonte: Pigment.tokyo (2018).

O pigmento amarelo de cromo é um pigmento de cromato de chumbo, que é uma classe de pigmentos inorgânicos com cores amarela e laranja cuja tonalidade varia desde o amarelo de cromo (amarelo esverdeado), passando pelo amarelo de cromo claro, amarelo de cromo médio, amarelo de cromo ouro (amarelo avermelhado). A Figura 7 apresenta o pigmento amarelo de cromo em forma de pó.

Figura 7 - Pigmento Amarelo de Cromo em forma de pó



Fonte: Pigment.tokyo (2018).

Esses pigmentos são obtidos basicamente a partir da reação entre sal solúvel de chumbo com um sal solúvel de dicromato. Os íons sulfato e molibdato estão presentes em quantidades variáveis, dependendo do tipo de classe desejada. O sal de chumbo solúvel normalmente utilizado é o nitrato de chumbo, obtido a partir da dissolução de litargírio (PbO) com ácido nítrico, como apresentado na Equação 1.



## 2.4 PADRONIZAÇÃO DE COR

Segundo Yoshida et al., (2009), a cor é um dos itens mais importante na concepção das tintas automotivas. Embora os consumidores afirmem que estão preocupados com segurança, dois dos atributos principais na escolha de um automóvel são o design e a cor.

Para garantir a repetitividade do processo de fabricação das tintas automotivas é necessário estabelecer procedimentos de avaliação para pigmentos e concentrados. Os itens a serem avaliados são o poder tintorial, a tonalidade, o poder de cobertura e a dispersabilidade (fineza) em comparativo à amostra padrão (YOSHIDA et al. 2009). Os pigmentos, como já descrito, é parte fundamental na composição das tintas, visto que são responsáveis pela coloração e, por este motivo,

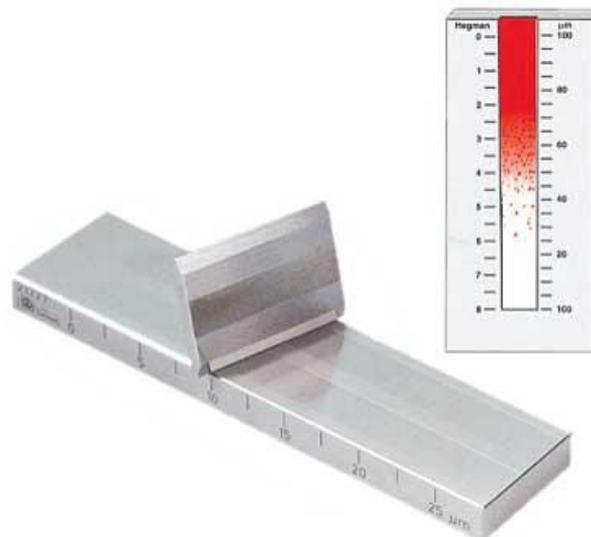
é muito importante que os concentrados estejam calibrados para que as formulações os lotes de tintas não apresentem desvios do padrão desejado.

O método de avaliação da cor (poder tintorial, tonalidade e cobertura) requer realização da moagem do pigmento num veículo determinado, e posterior corte com branco para pigmentos coloridos, e corte com preto e azul para pigmento branco. A avaliação dos resultados baseia-se no espectro de cor CIE Lab de 1976, iluminante D65 (luz do dia).

Para concentrados de pigmentos também devem ser avaliadas a viscosidade e densidade do produto. Os critérios e métodos de avaliação variam conforme o analista.

A fineza mede o grau de dispersão do pigmento no veículo após processo de moagem. A análise é realizada em um aparelho chamado grindômetro, o qual fornece o resultado em Hegman ou microns, como a mostra a Figura 8.

Figura 8 - Grindômetro



Fonte: BYK (S/D).

A densidade mede a relação entre a massa e volume de uma determinada substância. A medição da densidade é feita com auxílio de um picnômetro. A densidade dos concentrados é importante devido sua utilização em sistema tintométrico, pois a dosagem da máquina é realizada em volume.

A viscosidade dos concentrados de pigmento deve ser verificada em viscosímetro Krebs Stormer, como apresentado na Figura 9, e é medida através da

resistência oferecida pelo concentrado ao giro de uma haste. A viscosidade ideal para concentrados é de 70 a 120 KU.

Figura 9 - Viscosímetro Krebs Stormer



Fonte: BYK (S/D).

A cor é a percepção de luz por um observador e depende de três fatores: o objeto, o observador e a fonte de luz. Portanto pode ser afetada pela textura, translucidez, brilho, opacidade, ângulo de reflexo e tipo de iluminante. A análise da cor também pode ser feita através de um equipamento chamado espectrofotômetro. Existem vários sistemas de avaliação de cor, porém o sistema CIE Lab é um dos mais utilizados atualmente. Este método baseia-se em como o observador percebe a cor e pequenas diferenças de cor seguindo os conceitos de tonalidade, claridade e saturação, a Tabela 3 apresenta a Representação CIE Lab.

A diferença entre os valores mensurados para cada critério da amostra contra o padrão são os valores a serem analisados para liberação de produtos. Também devem ser analisados os valores de diferença de tonalidade (DH) e diferença total de cor (DE). O sistema também mede a força tintorial ou poder tintorial dos concentrados, que representa o poder de tingimento que estes pigmentos têm, no qual o valor é dado comparando com a cor padrão do concentrado que corresponde a 100%, ou seja a cor real do concentrado. A faixa para a força é entre 95 a 105 % para que o concentrado fique dentro da cor padrão.

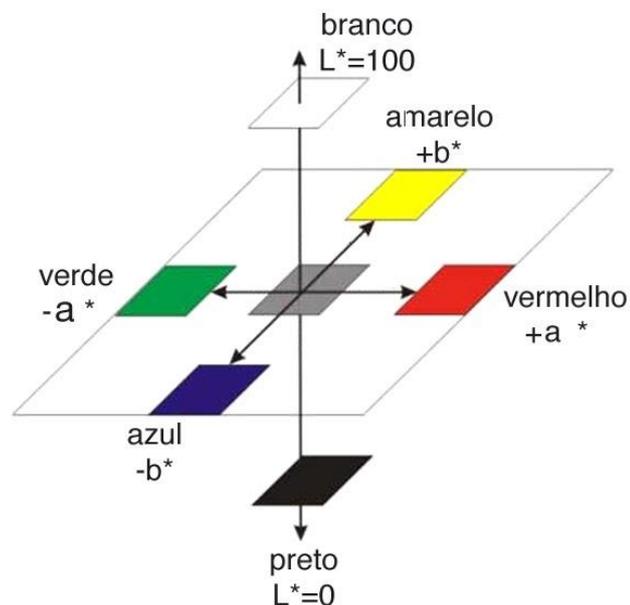
Tabela 3- Representação CIE Lab

PROPRIEDADE	POSITIVO (+)	NEGATIVO (-)
Luminosidade ou Claridade (L)	Mais Claro	Mais Escuro
Medida de Saturação (C)	Menos Saturado (Mais Limpo)	Mais Saturado (Mais Sujo)
Eixo Vermelho/Verde (a)	Mais Vermelho	Mais Verde
Eixo Amarelo/Azul (b)	Mais Amarelo	Mais Azul

Fonte: Autora (2018).

O CIE LAB possui uma escala colorimétrica, apresentada na Figura 10, para três eixos branco-preto ( $L^*$ ), vermelho-verde ( $a^*$ ) e amarelo-azul ( $b^*$ ), que indicam como a cor é percebida através de reações do olho a sensações de cores opostas.

Figura 10 - Espaço Colorimétrico CIE LAB (1976).

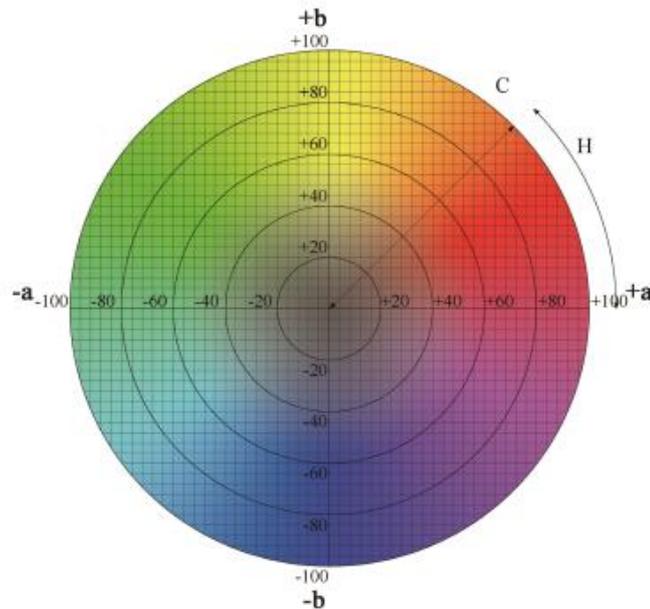


Fonte: Fazenda (2009).

Outro método de especificar a cor é por meio de coordenadas polares ao invés de coordenadas retangulares. Esta forma é chamada de espaço de cor CIEL<sup>\*</sup>C<sup>\*</sup>h ou CIELCH, onde  $L^*$  continua sendo a luminosidade, os valores plotados são dos eixos branco-preto,  $C^*$  é saturação que indica quando a cor está limpa ou

suja e que corresponde também à distância desta cor ao centro, e  $h$  que é definido como cor e é a medida do ângulo em que a cor se encontra partindo de um ângulo zero, como apresentado na Figura 11.

Figura 11 - Espaço Colorimétrico CIE LAB (Corte Bidimensional).



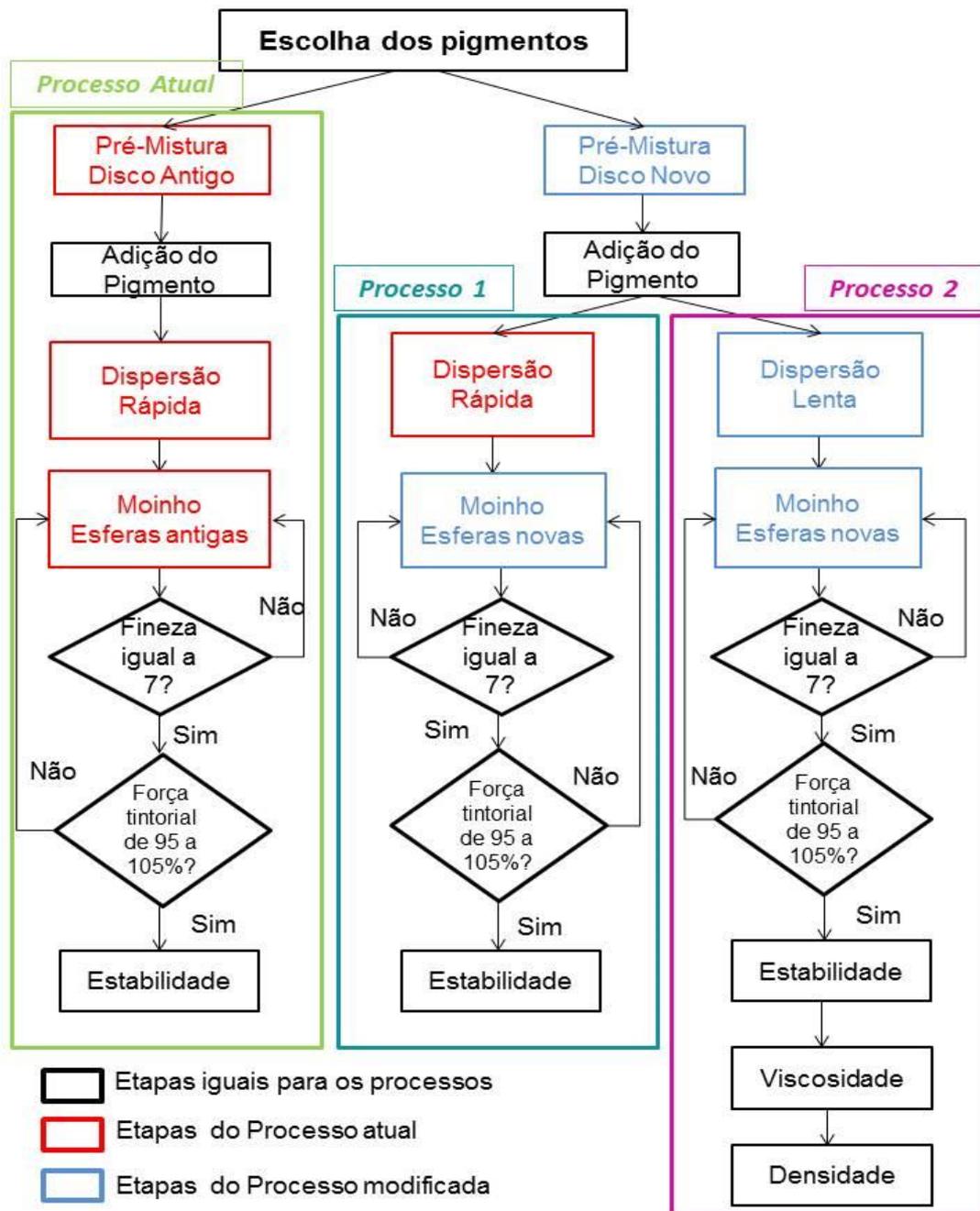
Fonte: Fazenda (2009).

Segundo Fazenda (2009), a tonalidade é a grandeza que caracteriza a qualidade da cor, permitindo diferenciar as cores e está associada a certo comprimento de onda do espectro visível. A luminosidade é a qualidade que caracteriza o grau de percepção da claridade da cor pelos seres humanos. A claridade depende da refletância (percentagem a luz refletida) da cor. A claridade de uma cor está associada também à sensação produzida por uma superfície dessa cor quando iluminada por uma luz branca.

### 3 METODOLOGIA

Para facilitar o entendimento da metodologia aplicada neste estudo, a Figura 12 apresenta o fluxograma metodológico utilizado para definir as etapas do processo atual e as modificações realizadas no processo.

Figura 12 - Fluxograma com as etapas de processo atual e as duas etapas de dispersão com o processo modificado.



Fonte: Autora (2018).

Atualmente, a empresa Anjo Tintas produz 19 concentrados sintéticos, que são utilizados para a formulação dos esmaltes sintéticos automotivos. Para desenvolver a padronização dos concentrados foi necessário, inicialmente, realizar uma pesquisa junto à área comercial para avaliar os concentrados de maior volume saídos através dos históricos de vendas. Dos 19 concentrados existentes, foram avaliados os de maior volume para os pigmentos orgânicos e inorgânicos, totalizando 2 concentrados avaliados. Os concentrados de pigmento sintéticos escolhidos para avaliação foram o amarelo dicromato-ouro, de caráter inorgânico, e azul ftalocianina, de caráter orgânico.

As etapas desenvolvidas nesse trabalho e que foram apresentadas na Figura 12 serão detalhadas a seguir.

### 3.1 AVALIAÇÃO DA CONDIÇÃO DE PROCESSO EXISTENTE

O processo de fabricação do concentrado iniciou-se com a pesagem dos aditivos e pigmentos em balança industrial com capacidade até 250 kg (Toledo do Brasil 2124-P10) e das resinas e solventes em balança industrial com capacidade até 2000 kg (UIGI-TRON VLP-2000/5) para formulação do veículo na pré-mistura. Os percentuais necessários para preparação do concentrado amarelo dicromato-ouro são 17,5 % de solventes aromáticos e alifáticos, 28 % resina alquídicas média, 1 % argila organofílica, 3,5 % aditivos dispersantes e 50 % pigmentos. Para o concentrado Azul ftalocianina são necessários 32,5 % de solventes aromáticos e alifáticos, 49 % resina alquídicas média, 3,5 % aditivos dispersantes e 15 % pigmentos.

Para preparação das misturas, os solventes aromáticos e alifáticos foram adicionados à resina alquídicas média, a argila organofílica (para o pigmento amarelo dicromato-ouro) e aos aditivos dispersantes, e a mistura primária é homogeneizada por 5 minutos em um dispersor pneumático, com motor elétrico por indução de potência equivalente a 30 CV e rotação 1500 rpm, como mostra a Figura 13.

Após a homogeneização primária, foram adicionadas pequenas parcelas do pigmento na mistura inicial sob agitação para que se iniciasse a sua dispersão na mistura. Para o processo que ocorre atualmente na empresa, a dispersão é rápida,

então aumentou-se a rotação do dispersor drasticamente deixando em agitação sob rotação de 2800 rpm por 20 minutos.

Figura 13 - Etapa de pré-mistura e agitação



Fonte: Autora (2018).

Após a dispersão rápida, encaminha-se a mistura para moagem, que é realizada por meio de moinhos verticais, como apresentado na Figura 14. O elemento de moagem é composto por esferas de óxido de zircônio (Figura 14b) e os moinhos têm capacidade de 50 L, sendo que o volume ocupado do elemento de moagem é de 60 %.

A cada passe realizado no moinho foi necessário coletar uma amostra para verificar se a fineza do concentrado atingiu o valor de no mínimo 7H. Caso não tenha atingido este valor, a base volta para o moinho até se obter o valor esperado. Quando a fineza atingiu o valor de 7 H, foi realizada a avaliação colorimétrica para verificar se a força tintorial estava na faixa entre 95 a 105 %. Em caso de não conformidade, ou interesse em aumentar o poder de tingimento, a amostra passaria novamente pelo moinho até que os resultados fossem dentro do esperado. Após obtenção do poder de tingimento ideal, foi realizado o teste de estabilidade em estufa a 60 °C, de 15 e 30 dias.

Figura 14 - Moinho Vertical (a) e esferas de óxido de zircônio (b)



(a)



(b)

Fonte: Autor (2018).

### 3.2 PROCESSO 1 – DIMENSIONAMENTO DOS DISCOS DO TANQUE DE MISTURA

Para que a dispersão realizada seja ideal, o diâmetro do disco deve ter um terço do tamanho do tanque, para garantir a formação do vórtice, conforme apresentado na Figura 3. Verificou-se, então, se o disco utilizado na pré-mistura atendia a relação de  $1/3$  do diâmetro do tanque e, caso não atendesse a relação, foi determinado qual seria o diâmetro ideal para o tanque utilizado em cada pigmento. Após a conferência e troca do disco, realizou-se a dispersão primária, a adição dos pigmentos, a dispersão rápida, a moagem e as análises de fineza, força tintorial e estabilidade, conforme citado para o processo atual conforme o item 3.1.

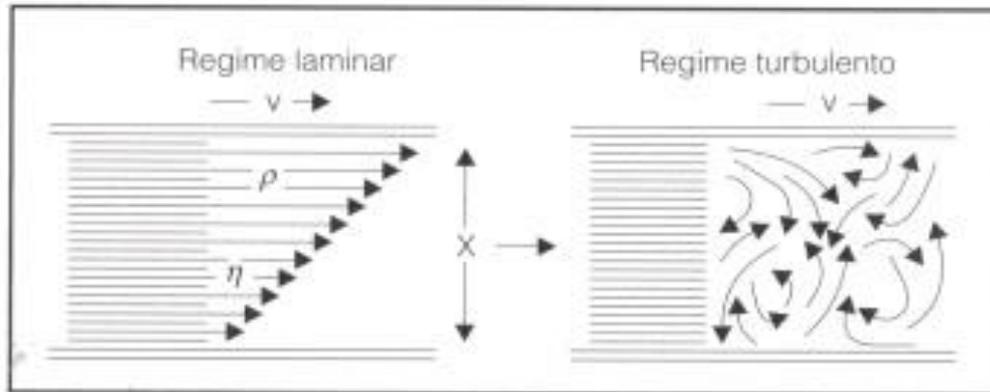
### 3.3 PROCESSO 2 – INFLUÊNCIA DA VELOCIDADE DE DISPERSÃO

O disco dispersor produz dois tipos de forças na dispersão: de impacto (regime turbulento) e de atrito (regime laminar), conforme apresentado na Figura 15. Para o processo 2, verificou-se através do número de Reynolds (Equação 2) qual seria a velocidade de dispersão necessária para se obter um regime laminar.

$$Re = \frac{v\rho x}{\mu} \quad (2)$$

onde  $v$  é a velocidade expressa em cm/s,  $\rho$  é a massa específica em g/cm<sup>3</sup>,  $x$  é a distância do disco ao fundo do tanque e  $\mu$  é a viscosidade em poise (g/cm.s).

Figura 15 - Esquema de fluxo laminar e turbulento.



Fonte: Kairalla et al (2009).

A etapa de dispersão lenta foi realizada conforme valor de  $Re$  calculado para um regime laminar, estando sob agitação por 40 minutos a uma rotação menor de 850 rpm. A dispersão rápida seguiu os parâmetros usados no processo atual: rotação de 2800 rpm por 20 minutos.

### 3.4 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DOS CONCENTRADOS DE PIGMENTOS OBTIDOS NO O PROCESSO ATUAL E NOS PROCESSOS MODIFICADOS

A avaliação da qualidade dos concentrados de pigmentos obtidos nos processos modificados (Processo 1 e 2 do Fluxograma metodológico da Figura 12) foi realizado comparando-se os valores obtidos nos testes de qualidade com aqueles obtidos para o processo atual. Foram realizados o teste de estabilidade em estufa a 60°C, de 15 e 30 dias, o teste de fineza e a avaliação colorimétrica do concentrado de cada passe dado no moinho para os três processos.

A avaliação colorimétrica foi realizada para as amostras líquidas coletadas em cada passe no moinho realizados nos três processos. Essas amostras foram dispersadas em um dispersor de bancada a 1000 rpm durante 3 minutos. Uma quantidade da amostras dispersada foi aplicada em um papel Le neta com o auxílio

de um extensor de 100 mm para se obter um filme homogêneo e uma espessura uniforme necessária para o ensaio. Realizou-se a medição dos dados colorimétricos pelo método CIELAB, com os critérios de observador a 10 graus, brilho excluído e iluminante D65. Os dados obtidos foram comparados com o corte padrão, salvo no espectrofotômetro.

O teste de fineza foi realizado com auxílio de um grindomêtro também para todas as amostras obtidas nos passes do moinho realizados em cada processo. Para isso, colocou-se uma porção do concentrado de pigmento na extremidade mais profunda ponto 0 na escala Hegman (NS), com o grindomêtro apoiado horizontalmente e com a régua raspadora (fio) levemente inclinada para frente, e estendeu-se a tinta ao longo de toda a canaleta uniformemente. Efetuou-se a leitura, levando o grindomêtro TKB ERICHSEN à altura dos olhos e contra luz e verificou-se no grindomêtro a parte da extensão onde apresenta visualmente a pasta com aspecto uniforme e sem partículas.

Os testes de viscosidade e de massa específica foram realizados apenas para as amostras obtidas no Processo 2. Para determinação da viscosidade, ajustou-se a temperatura das amostras para aproximadamente 25°C. Mediu-se a viscosidade em um viscosímetro Krebs Brookfield, que é dada pela rotação do produto em contato com o equipamento calibrado. A análise da massa específica foi realizada com o auxílio de um picnômetro.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os concentrados de pigmentos amarelo dicromato-ouro e azul ftalocianina, utilizado neste trabalho, foram produzidos pela empresa Anjo Tintas que atua há mais de 30 anos no mercado de tintas e solventes. Uma de suas unidades é dedicada exclusivamente à produção de complementos e tintas automotivos.

### 4.1 PROCESSO DE FABRICAÇÃO DO CONCENTRADO ATUAL

Cada pigmento possui um número de passes diferentes no moinho, devido à dificuldade de dispersão de cada concentrado. Pigmentos orgânicos, em virtude de suas características físico-químicas, apresentam maior dificuldade de dispersão, em comparação aos inorgânicos. Cada concentrado é submetido ao número de passes necessários para atingir o valor de fineza de no mínimo 7H e força tintorial na faixa de 95 a 105%

Atualmente, para se atingir as especificações descritas anteriormente, são necessários 3 passes pelo moinho, com duração de 24 horas, para o pigmento Amarelo dicromato-ouro e 5 passes, com duração de 40 horas, para o pigmento Azul ftalocianina, como apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 - Número de passes necessário para cada concentrado de pigmento e o tempo de moagem para o processo atual.

<b>Concentrado</b>	<b>Número de passes</b>	<b>Tempo de moagem (horas)</b>
Amarelo dicromato-ouro	3	24
Azul ftalocianina	5	40

Fonte: Autora (2018).

O processo atual para o concentrado de pigmento amarelo dicromato-ouro apresentou um número de passes considerável e um tempo de moagem bom, já o concentrado de pigmento azul ftalocianina apresentou um número de passes superior ao outro concentrado de pigmento e, conseqüentemente, um tempo de moagem maior.

A Tabela 5 mostra os resultados de controle colorimétrico de cada concentrado, após ser submetido ao número de passes correspondente no processo atual. Os resultados foram obtidos por meio da comparação com o corte padrão, salvo no espectrofotômetro.

A Equação 3 apresenta a relação do espaço de cores  $L^*a^*b^*$ , ou seja, valores numéricos que definem a propriedade de cada cor. Para verificar a situação de uma cor em relação a uma referência chamada Delta E, se faz a diferença ou a distância entre duas cores utilizando o espaço  $L^*a^*b^*$  para definir os valores de cada cor. E quanto mais perto do valor 0, ou seja, quanto menor a diferença, mais próximo do padrão selecionado, se o valor de dE for superior a 1, é necessário avaliar os valores de dL, da e dB, verificando a diferença de cada delta em relação à luminosidade e os deltas de coloração, conforme apresenta a Figura 10.

$$dE = \sqrt{dL^2 + dA^2 + dB^2} \quad (3)$$

Tabela 5 - Deltas colorimétricos, força tintorial (%) e fineza (H) obtidos para o processo atual.

	Concentrados	
	Amarelo dicromato – ouro	Azul ftalocianina
Delta L	0,15	0,30
Delta A	-0,80	-1,07
Delta B	1,20	-0,59
Delta E	1,45	1,25
Força Tintorial (%)	95,8	102,6
Fineza (H)	7,0	7,0

Fonte: Autora (2018).

Analisando a Tabela 5, observou-se que ambos os concentrados de pigmentos que foram submetidos ao processo de preparação atual apresentam os resultados dentro do limite mínimo esperado para a força tintorial, que é de 95 %, e não passaram o limite máximo de 105 %. O poder tintorial, atingido foi o máximo em que o pigmento conseguiu desenvolver para este processo atual e, mesmo

efetuando mais passes, a força tintorial continua constante para avaliação colorimétrica dos pigmentos. A Tabela 5 apresenta os valores dos deltas colorimétricos e apesar do Delta E ter dado maior que 1 para os dois concentrados de pigmentos os valores ficaram dentro da cor de cada pigmento.

Com relação à estabilidade do pigmento após teste em estufa, para as amostras obtidas no processo atual, foi constatada algumas variações na força de tingimento, diminuindo cerca de 0,5 %. Como alguns concentrados são utilizados para o sistema tintométrico, é necessário que no teste de estabilidade não apresente perda de cor, pois quando for aplicada na superfície, assim que for exposta a luz e ao calor, a cor da tinta irá sofrer alteração.

#### 4.2 PROCESSO 1 – DIMENSIONAMENTO DOS DISCOS DO TANQUE DE MISTURA

A etapa de dispersão primária, que é onde acontece à mistura do pigmento no veículo líquido, é muito importante para uma pré-umectação da partícula do pigmento que garante uma melhor dispersão no processo de moagem do concentrado. A Tabela 6 mostra as dimensões dos tanques e dos discos de dispersão usados no preparo da pré-mistura para cada pigmento estudado e que são utilizadas no processo atual.

Tabela 6 - Dimensões dos tanques e dos discos utilizados na etapa de dispersão primária do processo atual.

	Concentrados	
	Amarelo dicromato – ouro	Azul ftalocianina
<b>Diâmetro do tanque (cm)</b>	110	111
<b>Diâmetro do disco (cm)</b>	25	25
<b>Relação <math>D_{tanque}/D_{disco}</math></b>	4,40	4,44

Fonte: Autora (2018).

Conforme a Tabela 6, para uma dispersão ideal o diâmetro do disco deve ter um terço do tamanho do diâmetro do tanque. Isso garante a formação do vórtice e permitir a quebra do aglomerado de partículas do pigmento. Analisando a Tabela

6, percebe-se que a relação entre diâmetro do tanque e do disco está maior que 3, não proporcionando as condições ideais para uma dispersão mais eficiente. Um novo diâmetro de disco foi calculado, seguindo relação  $D/3$ , obtendo-se um valor de 37 cm para ambos os tanques. Diante destes resultados, efetuou-se a mudança dos discos dispersores para verificar se de fato haveria aumento da eficiência da dispersão primária.

Para a dispersão no processo 1 foi analisado o regime de fluxo realizado na dispersão primária no processo atual e verificou-se que a velocidade aplicada variava entre 2000 a 3000 rpm, gerando um número de Reynolds entre 2800 a 5100, ou seja, um regime turbulento e uma dispersão rápida. Aplicando a mesma dispersão do processo atual no processo 1, com o aumento drástico da rotação do dispersor a uma velocidade periférica de 25 m/s, se obtém alta taxa de cisalhamento. Nesta etapa, iniciou-se a desaglomeração dos agregados, e a estabilização da suspensão. Importante ressaltar que os ensaios foram realizados em modo de dispersão rápida para que se fosse comparada apenas a influência do tamanho dos discos de dispersão.

Após o processo de dispersão, os concentrados de pigmentos são submetidos à etapa de moagem. Observou-se que os moinhos da linha de produção estavam em boas condições de uso, mas verificou-se um desgaste considerável no elemento de moagem (esferas de óxido de zircônio), o que prejudica na redução do tamanho primário das partículas e, conseqüentemente, na força de tingimento e fineza. Visando um melhor resultado, realizou-se a troca dos elementos de moagem e criou-se um procedimento de manutenções periódicas mais curtas para prevenir que possíveis desgastes interfiram na qualidade do processo de fabricação dos concentrados futuros.

Depois das modificações efetuadas no processo, realizou-se uma avaliação colorimétrica nos lotes dos concentrados de pigmentos obtidos, que são apresentados na Tabela 7 juntamente com os valores obtidos no processo atual. Verifica-se que os resultados de força tintorial e fineza dos concentrados de pigmento apresentaram-se dentro da especificação com um menor número de passes pelo moinho em comparação ao processo atualmente executado na empresa. Apesar de terem atingido a fineza desejada já com um passe a menos do

que o esperado, foi realizado mais um passe para cada pigmento para verificar o comportamento da força tintorial, que se mantiveram constantes.

Tabela 7 - Valores de fineza (H) e força tintorial (%) das amostras obtidas para o Processo 1.

	Amarelo dicromato-ouro		Azul ftalocianina	
	Fineza	Força tintorial	Fineza	Força tintorial
<b>1º passe</b>	6,5	Não realizado	4,5	Não realizado
<b>2º passe</b>	7,0	109,5	5,0	Não realizado
<b>3º passe</b>	7,0	109,5	6,5	Não realizado
<b>4º passe</b>	Não realizado	Não realizado	7,0	104,4
<b>5º passe</b>	Não realizado	Não realizado	7,0	104,4
<b><sup>A</sup> Processo Atual</b>	7,0	95,8	7,0	102,6

Fonte: Autora (2018). <sup>A</sup>Valores para o processo atual obtidos com 3 passes para Amarelo dicromato-ouro e 5 passes para Azul ftalocianina.

Foi possível constatar também que além de atingir as especificações com um número menor de passes pelo moinho, o concentrado amarelo dicromato-ouro desenvolveu uma força tintorial mais alta que o limite máximo da especificação de 105 %, com um aumento de aproximadamente 14 % em relação ao processo anterior. Já o concentrado de azul ftalocianina apresentou uma força tintorial próximo do limite máximo, mas ainda dentro do especificado, com um aumento de força tintorial de aproximadamente 2 %, resultado inferior ao obtido com o pigmento amarelo, mas igualmente importante para o processo.

A avaliação colorimétrica dos concentrados obtidos com menor número de passes pelo moinho foi realizada para verificação da qualidade do produto e é apresentada na Tabela 8. Os resultados dos deltas colorimétricos foram satisfatórios e não irão interferir nas formulações das cores dos esmaltes sintéticos, pois a variação entre eles foram próxima a 1 e não foram significativas para alteração de cores dos esmaltes sintéticos.

Tabela 8 - Deltas colorimétricos, força tintorial (%) e fineza (H) obtidos para o Processo 1.

	<b>Amarelo dicromato- ouro</b>	<b>Azul ftalocianina</b>
<b>Delta L</b>	-0,84	-0,46
<b>Delta A</b>	-0,56	-0,83
<b>Delta B</b>	0,35	-0,45
<b>Delta E</b>	1,07	1,05
<b>Delta E<sup>1</sup></b>	1,45	1,25

Fonte: Autora (2018).<sup>1</sup>Delta colorimétrico para o processo atual.

A avaliação de estabilidade dos lotes produzidos com menos passes pelo moinho apresentou um comportamento mais estável do que as amostras avaliadas antes das modificações, sendo este um resultado de extrema importância, pois a maioria dos concentrados é vendida para o sistema tintométrico, que consiste na pigmentação de uma base para formulação da tinta final a ser aplicada, sendo de extrema importância que o concentrado não sofra alterações após exposição de alguns fatores como luz e calor.

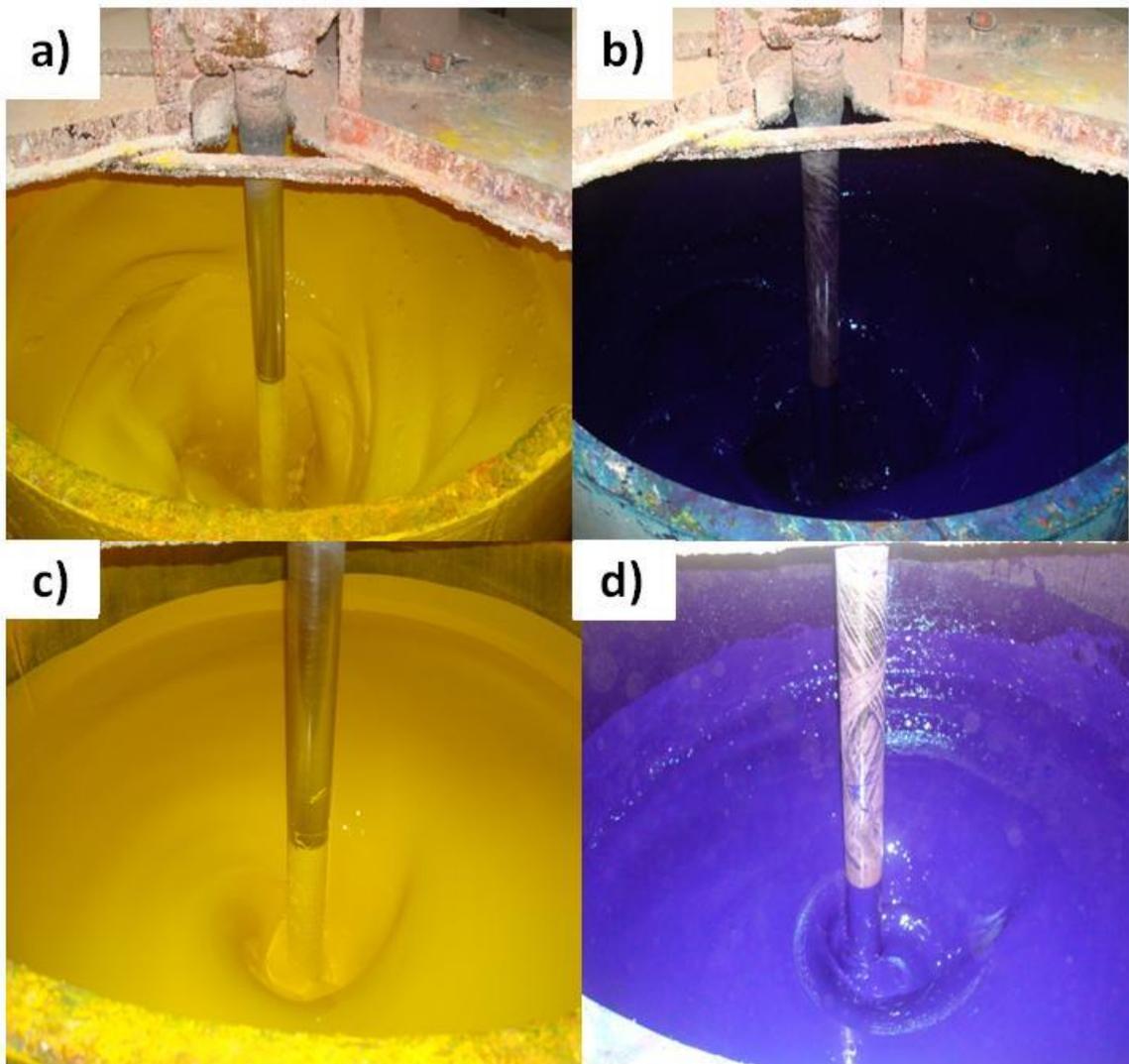
#### 4.3 PROCESSO 2 – INFLUÊNCIA DA VELOCIDADE DE DISPERSÃO

De acordo com Fazenda (2009), o disco dispersor produz dois tipos de forças na dispersão: de impacto e de atrito. O atrito é atingido em fluxo laminar e qualquer ocorrência de turbulência pode prejudicar a ação das forças de atrito, fazendo com que as partículas de pigmento tendam a girar em torno delas, ao invés de colidirem entre si.

Conforme Kairalla et al (2009), a dispersão em regime turbulento pode parecer mais eficiente que o laminar. Entretanto, em regime turbulento formam-se bolsões de materiais que não dispersam, enquanto que em regime laminar a dispersão é mais efetiva, visto que promove o arraste de uma camada sobre a outra rompendo acúmulos de pigmentos e separando-os. Para um processo mais eficaz, pode-se realizar a mistura do veículo e do pigmento em um regime turbulento e realizar a dispersão em regime laminar.

A fim de melhorar este processo, efetuou-se a modificação da velocidade aplicada na dispersão primária. Aplicou-se uma agitação turbulenta para efetuar a mistura veículo-pigmento com duração de 3 a 5 minutos, como já é aplicado no processo atual e, em seguida, a velocidade periférica foi diminuída para obter um número de Reynolds de aproximadamente 2000. Este valor foi calculado considerando o novo diâmetro do disco dispersor de 37 cm. Esta agitação com regime laminar foi realizada por 15 minutos. A Figura 16 apresenta os vórtices formados para a dispersão rápida (Figura 16a e 16b) e lenta (Figura 16c e 16d) realizada para os concentrados de pigmentos estudados.

Figura 16 - Dispersão rápida (a e b) e lenta (c e d) para os concentrados de pigmentos o amarelo dicromato-ouro e pigmento azul ftalocianina



Fonte: Autora (2018).

A Tabela 9 mostra a nova velocidade periférica aplicada para cada tanque, de acordo com a média de viscosidade e massa específica das cores, considerando Reynolds de 2000. A viscosidade foi medida em KU e convertida para Poise, por meio da tabela em Anexo.

Tabela 9 – Parâmetros após alteração da velocidade periférica para cada tanque de acordo com Re 2000.

<b>Tanque</b>	<b>Amarelo</b>	<b>Azul</b>
<b>Diâmetro do disco (cm)</b>	37	37
<b><math>\rho</math> (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1,6	1,4
<b><math>\mu</math> (KU)</b>	115	105
<b><math>\mu</math> (Poise)</b>	26	20
<b>V (cm/s)</b>	1756,7	1544,40
<b>V(rpm)</b>	907	800

Fonte: Autora (2018).

Os valores obtidos para a densidade e viscosidade dos concentrados de pigmentos sob nova agitação não sofreram alterações significativas, estando os valores dentro da faixa determinada pela empresa. Depois das modificações efetuadas no processo de dispersão, realizou uma avaliação colorimétrica nos lotes dos concentrados, observando-se a evolução da base de moagem em cada passe realizado, agora para a nova dispersão, e que são apresentados na Tabela 10. Verifica-se que os resultados de força tintorial e fineza dos concentrados apresentaram-se dentro da especificação em um passe anterior ao dado pelo processo atual para o concentrado de pigmento azul ftalocianina. Para o concentrado de pigmento amarelo dicromato-ouro houve uma melhoria no poder de tingimento com a mesma quantidade de passes realizados no processo atual.

Para o concentrado de pigmento amarelo dicromato-ouro, os valores de fineza, força tintorial e número de passes obtidos no Processo 2 foram muito semelhantes aos resultados obtidos no processo atual e inferiores aos resultados obtidos no Processo 1. Para o concentrado de pigmento azul ftalocianina, os valores de fineza e força tintorial obtidos no processo 2 foram próximo aos valores obtidos

pelo processo atual. Para o número de número de passes, houve uma diminuição no Processo 2 em relação ao processo atual, e comparando-se com o Processo 1 não houve alteração.

Tabela 10 - Valores de fineza (H) e valores de força tintorial (%) dos passes em cada concentrado em relação ao processo 2.

	Amarelo dicromato-ouro		Azul ftalocianina	
	Fineza	Força tintorial	Fineza	Força tintorial
<b>1º passe</b>	6,5	99,9	4,0	-
<b>2º passe</b>	7,0	100,7	5,0	-
<b>3º passe</b>	7,0	102,8	6,5	-
<b>4º passe</b>	Não realizado	-	7,0	102,4
<b>5º passe</b>	Não realizado	-	7,0	102,4
<b>Processo Atual<sup>A</sup></b>	7,0	95,8	7,0	102,6
<b>Processo 1<sup>B</sup></b>	7,0	109,5	7,0	104,4

Fonte: Autora (2018). <sup>A</sup> Valores para o processo atual obtidos com 3 passes para Amarelo dicromato-ouro e 5 passes para Azul ftalocianina; <sup>B</sup>Valores para o Processo 1, obtidos com 2 passes para Amarelo dicromato-ouro e 4 passes para Azul ftalocianina

Os dados da média dos deltas colorimétricos para o último passe de cada concentrado obtido no processo 2 estão dispostos na Tabela 11. Em relação ao Processo 2, o resultado obtido foi muito satisfatório, pois a variação entre os Deltas E foi menor que 1, o que indica que apesar de não ter havido ganho na força tintorial, como demonstrado na Tabela 10, o valor de Delta E obtido é o menor dentre os processos testados, o que indica que a cor ficou muito próxima a cor padrão.

A estabilidade para as amostras obtidas no Processo 2 apresentou o mesmo comportamento obtido para as amostras do Processo 1, ou seja, após as modificações do processo, as amostras possuíram comportamento mais estável que as amostras obtidas no processo atual.

Tabela 11 - Deltas colorimétricos, força tintorial (%) e fineza (H) obtidos para o Processo 2.

	<b>Amarelo dicromato- ouro</b>	<b>Azul ftalocianina</b>
<b>Delta L</b>	0,13	-0,03
<b>Delta A</b>	0,01	0,03
<b>Delta B</b>	-0,10	-0,26
<b>Delta E</b>	0,16	0,26
<b>Delta E<sup>1</sup></b>	1,45	1,25
<b>Delta E<sup>2</sup></b>	1,07	1,05

Fonte: Autora (2018).<sup>1</sup>Delta calorímetro para o processo atual.<sup>2</sup>Delta calorímetro para o processo 1.

#### 4.4 AVALIAÇÃO DOS GANHOS DE PRODUTIVIDADE E GANHO COLORIMÉTRICO

Devido à redução no número de passes no moinho, houve um decréscimo no tempo de produção dos concentrados para o Processo 1. Já no Processo 2, houve apenas a redução de 1 passe para o pigmento azul ftalocianina. Na Tabela 12 estão os novos tempos de produção e a redução em comparação ao tempo do processo atual.

Tabela 12 - Comparativo de tempo (em horas) do Processo atual e Processos 1 e 2.

	<b>Processo atual</b>		<b>Processo 1</b>		<b>Processo 2</b>	
	<b>Passes</b>	<b>Tempo</b>	<b>Passes</b>	<b>Tempo</b>	<b>Passes</b>	<b>Tempo</b>
<b>Amarelo dicromato-ouro</b>	3	24	2	16	3	24
<b>Azul ftalocianina</b>	5	40	4	32	4	32

Fonte: Autora (2018).

Verifica-se que houve uma redução no tempo de processo de 33 % na produção do concentrado de pigmento amarelo dicromato-ouro e 20 % na produção do concentrado de pigmento azul ftalocianina. Isto é, consegue-se produzir com menor tempo, maximizando a produtividade e, por consequência, otimiza-se a produção de esmaltes sintéticos e a reposição de estoques.

Diante do aumento de força tintorial apresentados nos concentrados amarelo dicromato-ouro, percebeu-se a oportunidade de diminuir a porcentagem de pigmento nas formulações para, assim, se enquadrarem dentro da especificação de 95 a 105 % e evitar possíveis divergências nos ajustes das cores nos esmaltes sintéticos, já que estes concentrados estão com maior poder de tingimento. Esta modificação traz um efeito positivo de reduzir o custo da formulação dos concentrados. Os valores indicam uma redução de aproximadamente 8% na quantidade de pigmento amarelo dicromato-ouro na formulação do concentrado, reduzindo o custo de 10,22 R\$/kg para 9,90 R\$/kg.

## 5 CONCLUSÃO

Os concentrados de pigmentos são uma parte extremamente importante para a composição da tinta, pois dão a tonalidade desejada para o produto final e é extremamente importante que estes estejam dentro dos limites aceitáveis para que não haja interferência na qualidade do produto final.

Ao decorrer do estudo, optou-se em executar ações na dispersão primária, pois esta etapa permite maiores variações, como a modificação de discos e ajustes na velocidade periférica. Já na moagem, as condições são fixas, gerando maior dificuldade para possíveis alterações, sendo feita apenas a troca das esferas, criando-se um cronograma mais específico para a troca destas, evitando o seu desgaste e a interferência na qualidade da moagem.

Além de se obter um aumento de produtividade do processo de dispersão e moagem dos colorantes sintéticos, obteve-se consequências positivas na qualidade do produto. O Processo 1, aonde foram efetuados o redimensionamento dos discos dispersores e a troca das esferas do moinho, foi o processo que apresentou os resultados mais positivos. Além de diminuir um passe no moinho em cada concentrado de pigmento em estudo, o concentrado de pigmento amarelo dicromato-ouro teve um resultado acima da faixa de força tintorial especificada no controle, obtendo uma redução de 8% de pó de pigmento na formulação do concentrado de pigmento amarelo dicromato-ouro e uma redução de custo de 32 centavos por kg de pigmento utilizado.

Já no Processo 2, além das mudanças feitas no Processo 1 também houve o ajuste na velocidade de dispersão primária, que desempenhou uma melhoria na umectação e redução nos aglomerados de partículas, facilitando o processo de moagem, trazendo aos pigmentos um desenvolvimento e estabilidade mais eficientes, sendo que para o concentrado azul ftalocianina conseguiu se obter a fineza desejada com um menor número de passes comparado ao processo atual. Já para o concentrado de pigmento amarelo dicromato-ouro foi obtida a fineza desejada com a mesma quantidade de passes do processo atual, sendo que o Processo 1 conseguiu-se obter a fineza com um passe a menos no moinho. Apesar de a força tintorial ser inferior a obtida no Processo 1, os valores de diferença de cor (Delta E) foram mais satisfatórios, pois foram obtidos valores menores que 1 e valores de Delta A, Delta B e Delta L bem próximos.

Apesar de ambos os processos modificados apresentarem valores satisfatórios, para o concentrado de pigmento amarelo dicromato-ouro o Processo 1 permitiu uma redução significativa de pigmento em pó e foi o melhor resultado obtido dentre os testados. Além de ganho de força tintorial houve um ganho de produtividade por conta de realizar um passe a menos no moinho. Para o concentrado de pigmento azul ftalocianina, os dois processos modificados apresentaram resultados bem próximo, mas o processo que obteve uma eficiência melhor, embora uma força tintorial menor, foi o Processo 2, pois a diferença de cor entre o corte padrão e o concentrado de pigmento em estudo foi bem próximo de zero e chegando muito próximo da cor real.

Diante disso, conclui-se que as modificações implantadas foram extremamente satisfatórias, agregando ao processo produtividade, redução de custos e qualidade ao produto.

## 6 REFERÊNCIAS

ABRAFATI – **ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS FABRICANTES DE TINTAS**. Disponível em: <<http://www.abrafati.com.br>> Acesso em: 03 Março 2018.

Additives, B. W. **Borcher's Wetting and Dispersing Additives. Borcher's Wetting and Dispersing Additives. Langenfeld**, Alemanha, 2005.

ASSIS, W. A. et al. Pigmentos, cor, aditivos, plastificantes e solventes. In: JORGE M. R. FAZENDA (São Paulo) (Org.). **Tintas: Ciência e Tecnologia**. 4. ed. São Paulo: Editora Blucher, 2009. p. 676-690.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS FABRICANTES DE TINTAS (ABRAFATI). **Indicadores no mercado do setor de tintas**, 2017. Disponível em: <<https://www.abrafati.com.br/indicadores-do-mercado/numeros-do-setor/>>. Acesso em: 21 março 2018.

BATISTA, M. A. J. **Síntese de e caracterização de revestimentos poliésteres e caracterização de revestimentos poliéster/ melamina após degradação em intemperismo acelerado**. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia química de Lorena. Lorena. p. 30, 2004.

BYK. **Grindômetro**. Disponível em: <<https://www.byk.com/es/instrumentos/productos/download.php?>>. Acesso em: 02 março 2018.

BYK. **Viscosímetro Krebs Stormer** <<https://www.byk.com/es/instrumentos/productos/download.php?>>. Acesso em: 02 março 2018.

FAZENDA, J. M. et al. **Tintas e vernizes**. 3 ed São Paulo: Edgard Blücher, 2005. p. 6-8

FAZENDA, J. M. et al. **Tintas e vernizes**. 4 ed São Paulo: Edgard Blücher, 2009.

GENTIL, V. **Corrosão**. 3 ed. São Paulo: LTC, 1996. p. 345.

KAIRALLA, R. B. et al. **Processo de Aplicação**. In: JORGE M. R. FAZENDA (São

Paulo) (Org.). **Tintas: Ciência e Tecnologia**. 4. ed. São Paulo: Editora Blucher, 2009. p. 676-690.

MARTENS, Charles R. **Waterbone Coatings**. 1 ed. Hardcover, 1974, p.617.

PATTON, T. C. **Paint Flou and Pigment Dispersion**, Interscienu Publishers, John Wiley & Sons, Nova York, 1973, p.535.

PIGMENT.TOKYO, **Chrome Yellow Titanium**<  
[https://pigment.tokyo/product/detail?id=2006&category\\_name\\_en=/PIGMENTS/Pigments&category\\_name\\_ja=%E9%A1%94%E6%96%99/%E3%83%94%E3%82%B0%E3%83%A1%E3%83%B3%E3%83%88](https://pigment.tokyo/product/detail?id=2006&category_name_en=/PIGMENTS/Pigments&category_name_ja=%E9%A1%94%E6%96%99/%E3%83%94%E3%82%B0%E3%83%A1%E3%83%B3%E3%83%88) > Acesso em 02 de março 2018.

PIGMENT.TOKYO, **Phthalocyanine Blue** Disponível em: <  
[https://pigment.tokyo/product/detail?id=1896&category\\_name\\_en=/PIGMENTS/Pigments&category\\_name\\_ja=%E9%A1%94%E6%96%99/%E3%83%94%E3%82%B0%E3%83%A1%E3%83%B3%E3%83%88](https://pigment.tokyo/product/detail?id=1896&category_name_en=/PIGMENTS/Pigments&category_name_ja=%E9%A1%94%E6%96%99/%E3%83%94%E3%82%B0%E3%83%A1%E3%83%B3%E3%83%88) > Acesso em 02 de março 2018.

SCARPETA, E. **Flexografia: manual prático**. São Paulo: Bloco Comunicação, 2007

SHREVE, R. N.; BRINK JR. J. A. **Indústria de processos químicos**. 4. ed. Rio de Janeiro: Roogan, 1985.

VERGÉS, G. R. **Estudo do desempenho de sistemas de pintura para materiais das redes de distribuição de energia elétrica situadas em regiões litorâneas**. Dissertação de Mestrado: Universidade Federal do Paraná. Curitiba: 2005.

VERNERET, H. **Solventes Industriais: Rodhia**. Toledo. 1984, p.675.

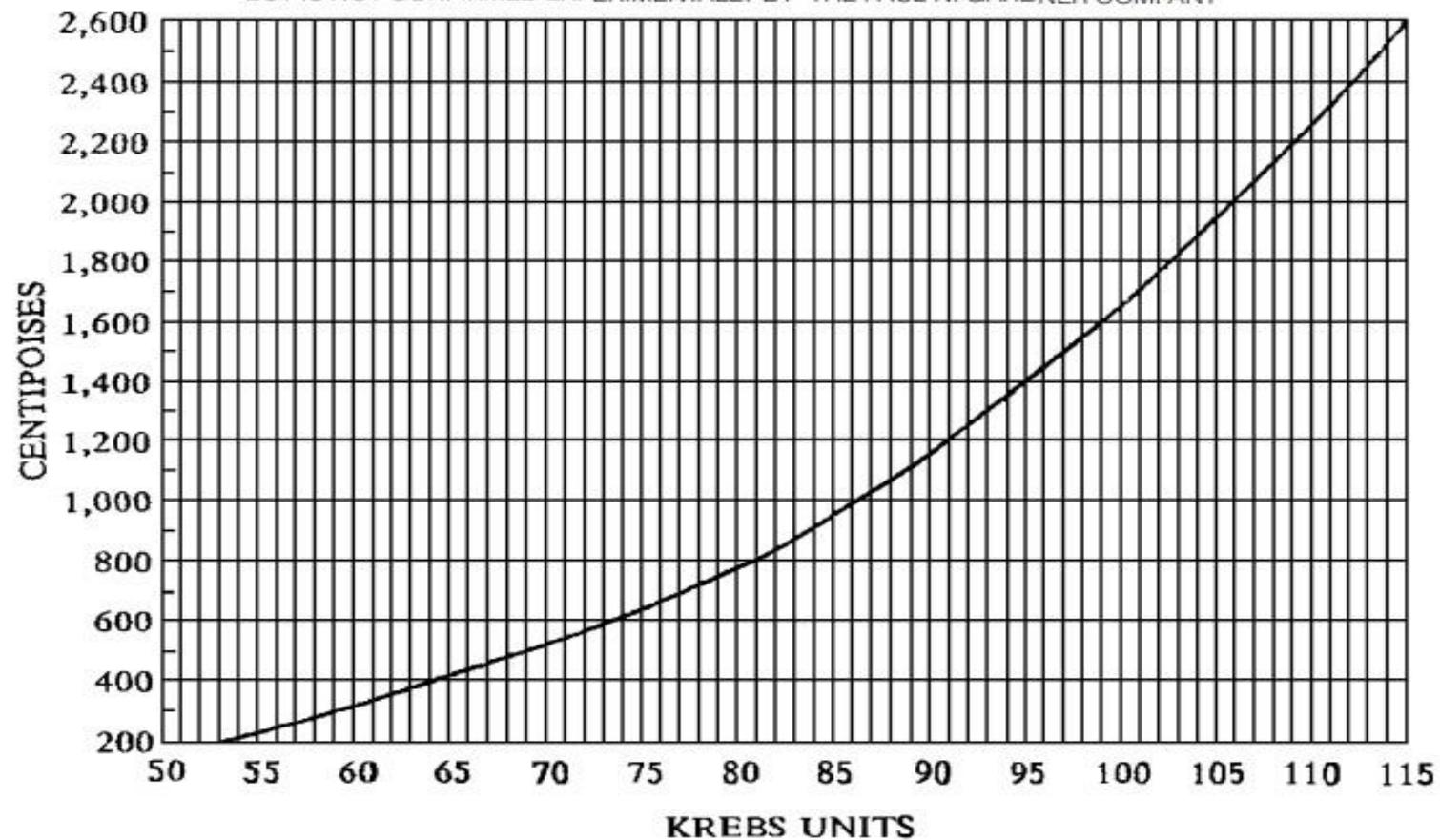
YAMANAKA, Hélio Tadashi et al. **Guia Técnico Ambiental Tintas e Vernizes - Série P+L**. São Paulo: FIESP/SESI/SENAI/IRS, 2008. Disponível em: <<http://www.crq4.org.br/downloads/tintas.pdf>>. Acesso em: 02 março 2018.

YOSHIDA, W. C. P. S. et al. **Colorimetria**. In: JORGE M. R. FAZENDA (São Paulo) (Org.). **Tintas: Ciência e Tecnologia**. 4. ed. São Paulo: Editora Blucher, 2009. p. 676-690.

ANEXO 1 – TABELA DE CONVERSÃO DE KREBS UNITS (KU) PARA POISE (P).

**KREBS UNITS TO CENTIPOISE VISCOSITY CONVERSION**  
**FURNISHED AS A COURTESY OF THE PAUL N. GARDNER COMPANY**

THIS GRAPH IS BASED ON THE BEST AVAILABLE INFORMATION  
BUT IS NOT CONFIRMED EXPERIMENTALLY BY THE PAUL N. GARDNER COMPANY



FONTE:FAZENDA (2009).